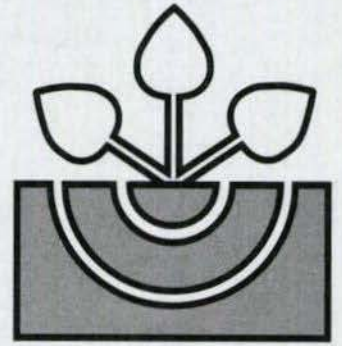


DBG



DEUTSCHE

BODENKUNDLICHE

GESELLSCHAFT

EXKURSIONS- FÜHRER

DBG · Band 105 · 2005 · ISSN · 0343-1071

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

Boden @ Landschaft



*Die dünne Haut
der Erde*



Exkursionsführer

P. Felix-Henningsen, P. Kühn & C. Opp (Hrsg.)

Vielfalt, Funktion und Schutz der Böden in Hessen

„Es gibt in der Natur keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den Boden! Es ist ja der Boden, welcher die Erde zu einem freundlichen Wohnsitz des Menschen macht; er allein ist es, welcher das zahllose Heer der Wesen erzeugt und ernährt, auf welchem die ganze belebte Schöpfung und unsere eigene Existenz letztlich beruhen.“

Diese Aussage des Naturwissenschaftlers F. A. FALLOU, der im 19. Jahrhundert lebte, ist zeitlos gültig. Dennoch ist der Boden nicht immer dementsprechend behandelt worden, denn er unterliegt vielfältigen Nutzungen und divergierenden Nutzungsinteressen. So bedurfte es mehr als hundert Jahre später einer gesetzlichen Regelung, die sicherstellen soll, dass die nötige Vorsorge im Umgang mit dem Boden und bei seiner Nutzung betrieben wird und dass einmal eingetretene schädliche Bodenveränderungen in geregelter Weise saniert werden.

Bodenschutz braucht wissenschaftliche Grundlagen. Wir müssen die Böden in ihrer räumlichen Verbreitung sowie ihre unterschiedlichen Eigenschaften und Funktionen kennen. Dazu müssen diese Informationen allen, die mit Böden umgehen – von der Planung bis zur Bewirtschaftung – zur Verfügung gestellt und Methoden entwickelt werden, wie diese Bodendaten zu bewerten sind. Die Bodenkartierung durch die Geologischen Landesdienste, die durch die Universitäten unterstützt wird, ist die Ausgangsbasis unseres Wissens über die Böden. Mit Hilfe moderner Informationstechnik werden kontinuierlich weitere Datenquellen, wie die Bodenschätzung und anlassbezogene Bodenuntersuchungsergebnisse in das Bodeninformationssystem integriert.

Bodenschutz ist Daseinsvorsorge für heutige und künftige Generationen. Dies ist eine Daueraufgabe, für die die Bodenwissenschaften nicht nur die Datenbasis liefern, sondern auch anwendungsbezogene Fragen beantworten müssen. Der wissenschaftliche Austausch und die praktische Anschauung von Böden und Problemfällen vor Ort sind hierfür unerlässlich.

Die Böden in Hessen sind in ihrer Vielfalt und Fruchtbarkeit einmalig. Das Mosaik der Böden entspricht den abwechslungsreichen Landschaften mit unterschiedlicher Vegetation und Nutzung, wie etwa:

- die landwirtschaftlich wertvollen, fruchtbaren Lössböden in der Wetterau oder der Fritzlarer Börde,
- die durch den Weinanbau geprägten Böden im Rheingau,
- die flachgründigen, steinigen Böden im Taunus, Vogelsberg oder in der Rhön sowie
- die nährstoffarmen Böden in den Flugsandgebieten der Rheinebene mit benachbarten fruchtbaren Schwemmlandböden.

Dieser Exkursionsführer spiegelt mit seinen Veranstaltungen die Vielfalt der Böden und Bodenlandschaften in Hessen wider. Dabei werden unter anderem die ökologischen Funktionen der Böden betrachtet, aber auch die heutige Bodennutzung mit den damit verbundenen Problemen wird nicht ausgespart. Es werden sogar einige der erstaunlichen Geheimnisse gelüftet, die der Boden in Hessen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte birgt. Ich wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern interessante Erlebnisse auf ihrer Entdeckungsreise durch Hessen!



Hessischer Minister für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Vorwort der Tagungspräsidenten

Vor 32 Jahren fand die letzte Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Gießen statt, die seinerzeit von den MitarbeiterInnen des Instituts für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus Liebig-Universität organisiert wurde. Seither ist der Erkenntnisgewinn über die Böden und ihre bedeutenden Funktionen in den Landschaften Mittelhessens beständig angewachsen und verdient es im Rahmen einer DBG-Tagung vorgestellt zu werden. Mittelhessen ist als bodenkundlicher Exkursionsraum in einem hohen Maße attraktiv, da die Region durch Landschaften sehr unterschiedlichen Alters mit einer großen Vielfalt der Bodengesellschaften und ihrer Funktionen geprägt ist. Hier grenzen das Rheinische Schiefergebirge (Devon, Karbon), das nordhessische Bergland (Mesozoikum), der Vogelsberg (Miozän) und die lößgefüllten Beckenregionen und Flusstäler (Quartär) aneinander.

Die diesjährige Tagung wird unter dem Motto *Boden@Landschaft - Die dünne Haut der Erde* in Kooperation zwischen dem Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus Liebig-Universität Gießen und dem Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg vorbereitet und in Marburg durchgeführt.

An der Ausrichtung der großen Vielzahl an Exkursionen beteiligen sich zudem zahlreiche weitere Institute der Universitäten Gießen, Marburg, Frankfurt und Kassel, sowie bodenwissenschaftliche arbeitende Institutionen aus Hessen. Neben dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn sollen die Exkursionen insbesondere die Erfahrung vermitteln, dass die Existenz der heutigen Böden in den geologisch alten, periglaziär überprägten Mittelgebirgsregionen in eine lange Geschichte der Landschaftsentwicklung eingebettet ist. Ohne ihre Kenntnis ist ein tieferes Verständnis der Eigenschaften, Funktionen, Nutzungspotenziale und räumliche Variabilität der Böden nicht zu erlangen.

Allen Beteiligten an den Tagungs- und Exkursionsvorbereitungen sei hiermit unser Dank und unsere Anerkennung ausgesprochen. Dieses gilt insbesondere den Verfassern der Beiträge für die Einführung in den Exkursionsraum, die uns damit einen leichten und umfassenden Einstieg in den Naturraum sowie die Natur- und Kulturgeschichte der Landes Hessen ermöglichen. Alle Exkursionsleiter bereiteten mit Engagement und Kreativität die Exkursionen vor und werden sich für einen reibungslosen und interessanten Verlauf nach Kräften einsetzen. Aus verschiedensten Gründen hat die Teilnahme an den Exkursionen der DBG-Tagungen in den letzten Jahren abgenommen. Doch wir sollten uns als aktive BodenwissenschaftlerInnen bewusst machen, dass die Geländeuntersuchungen von Böden in einer Vielzahl von Landschaften eine bewährte Grundlage unserer Fachdisziplin ist. Deshalb freuen wir uns darauf, allen TagungsteilnehmerInnen ein in hohem Maße interessantes Exkursionsprogramm in den vielfältigen Landschaften Hessens anbieten zu können. Möge ihre zahlreiche Teilnahme und der aus spannenden Diskussionen an den Profilen resultierende Erkenntnisgewinn den großen Aufwand der Exkursionsvorbereitungen rechtfertigen.

Gießen und Marburg im Februar 2005

Prof. Dr. Peter Felix-Henningsen

Prof. Dr. Christian Opp

Inhaltsverzeichnis

Einführung in den Exkursionsraum

Die geologisch-geomorphologischen Grundlagen Hessens.....	7
W.W. Jungmann, H. Brückner	
Das Klima in Hessen und im rheinland-pfälzischen Rheinhessen.....	12
K. Mollenhauer	
Hydrogeologie und Grundwasserverhältnisse in Hessen und im rheinland-pfälzischen Rheinhessen.....	17
K. Mollenhauer	
Die Bodenlandschaften Hessens.....	21
K.-J. Sabel	
Die naturräumliche Gliederung und Naturraumtypen Hessens.....	27
T. Harrach	
Die Besiedlung Hessens in ur- und frühgeschichtlicher Zeit.....	31
L. Fiedler	
Vegetation und Kulturlandschaftsentwicklung in Hessen: Rot-Buchen-Wälder und ihre Ersatzgesellschaften.....	34
A. Otte	
Forstwirtschaft in Hessen.....	38
K.-P. Rödiger	
Landwirtschaft in Hessen.....	41
K. Graß	
Sonderkultur Wein.....	45
K. Schaller	
Bodenschutz und Bodenbelastung in Hessen.....	49
K.-H. Emmerich	

Exkursionen

Zweitagesexkursionen

Z 1: Bodenlandschaften Südhessens.....	52
K.-J. Sabel, H. Thiemeyer, R. Dambeck	

Ganztagesexkursionen

G 1: Periglaziäre Lagen, Bodenökologie und Bodenwasserhaushalt in den Hessischen Mittelgebirgen.....	68
Th. Scholten, D. Sauer, Th. Behrens, L. Breuer, H.-G. Frede, H. Fröhlich, R. Gerber, A. Otte, R. Waldhardt	
G 2: Genese, Funktionen und Nutzungseigenschaften von Böden im Vogelsberg.....	82
H.-R. Wegener	
G 3: Forstökologische Exkursion in die Rhön.....	90
R. Hocke, K.-J. Sabel, T. Ullrich	
G 4: Zur geographischen Landeskunde des Marburger Landes unter besonderer Berück- sichtigung der geologischen, geomorphologischen und bodenkundlichen Grundstrukturen.....	97
W. W. Jungmann	
G 5: Karst und Paläoböden im Limburger Becken.....	105
H. Brückner, M. Hottenrott, D. Kelterbaum, K.-H. Müller, H. Rittweger, A. Zander, H. Zankl	

G 6: Weinbergböden und Bodenschutz in den Weinbaugebieten Rheingau und Mittelrhein.....	115
K. Emde, K. Friedrich, O. Löhnertz	
G 7: Langjährige Bodenbearbeitungsversuche in Hessen.....	123
R. Düring, S. Gäth, U. Groß, T. Harrach, H. Seufert, F. Tebrügge	
G 8: Bodenschätzung im Rheinischen Schiefergebirge und Westerwald.....	131
B. Keil, V. Herche	
G 9: Bodenhorizonte und Lagen im Taunus und dessen südlichem Vorland.....	143
A. Semmel, H. Thiemeyer	
G10: Böden in Nordhessen unter ökologischer Bewirtschaftung.....	154
H. Wildhagen, M. Brandt unter Mitwirkung von J. Godt, J. Heß, R.G. Jörgensen	
G 11: Aufbau, Genese und quartäre Überprägung der Mesozoisch-Tertiären Verwitterungs- decke (MTV) im Hintertaunus (Rheinisches Schiefergebirge).....	164
P. Felix-Henningsen und E. Eberhardt	

Halbtagesexkursionen

H 1: Alternative Oberflächenabdichtung von Deponien.....	176
S. Gäth, B. Pfeiffer	
H 2: Bodenentwicklung und Bodenvergesellschaftung auf Buntsandstein im Burgwald.....	178
C. Opp	
H 3: H 3: Bodenlehr- und -erlebnispfad "Tatort Boden" in Wetzlar.....	182
T. Klein, D. Fritsch, B. Neugirg, Th. Vorderbrügge	
H 4: Naturwaldreservate und 150-jährige Beobachtungsflächen Rockenberg und Laubach.....	186
K.-J. Sabel, J. Willig, T. Ullrich	
H 5: Wüstungen am Rande des Amöneburger Beckens. Geographischsiedlungs-archäologische Befunde und Deutungen von Flurrelikten.....	190
A. Pletsch	
H 6: Drei Ansätze zur Standortbewertung landwirtschaftlich genutzter Böden im Amöneburger Becken...	193
T. Harrach, W. Ernst, B. Keil, L. Schrader	
H 7: Bodenbildung auf einer Düne aus Laacher See-Tephra.....	197
T. Poetsch, G. Werner	
H 8: Böden der nördlichen Wetterau und am Obergermanischen Limes.....	202
P. Kühn, S. Bender, L. Popa, P. Felix-Henningsen	
H 9: Das Lahntal bei Waldgirmes in römischer Zeit.....	205
H. Thiemeyer, A. Becker, G. Rasbach	
H 10: Probleme des Grundwasser- und Bodenschutzes unter dem Einfluss einer Rüstungsalzlast.....	208
A. Look, H. J. Wolff	
Methoden.....	211

Die geologisch-geomorphologischen Grundlagen Hessens

W.-W. Jungmann, H. Brückner

Eine naturräumliche Landeskunde hat zum Ziel, die charakteristischen natürlichen Strukturen von Ausschnitten der Geosphäre zu beschreiben und Raumeinheiten mit gleichartiger Ausprägung abzugrenzen. In diesen Landschaften sind die Interdependenzen der naturräumlichen Faktoren Geologie, Relief, Boden, Klima, Wasser und Vegetation einerseits (primäres Ökosystem) und ihre Veränderung durch den Menschen andererseits (sekundäres Ökosystem) in ihrem komplexen Wirkungsgefüge begrifflich zu machen.

Die vorliegende geologisch-geomorphologische Beschreibung des Landes Hessen gibt eine Übersicht über Verbreitung und Genese der wichtigen landschaftsprägenden Faktoren Relief und Gestein.

Höhenverhältnisse

Hessen gehört zum überwiegenden Teil zur Mitteldeutschen Gebirgsschwelle. Im Süden reicht der Oberrheingraben in das hessische Gebiet hinein. Charakteristisch für den Mittelgebirgsraum sind die kleinräumigen Wechsel von Becken, Senken und Hochgebieten. Mit 950 m ü.NN ist die Wasserkuppe in der Rhön der höchste Punkt des Landes (vgl. Abb. 1).

Zwischen dem Rheinischen Schiefergebirge im Westen und den Thüringisch-Fränkischen Hochgebieten im Osten ist Hessen Teil eines geomorphologischen Grenzraumes. Reliefanteile mit mehr als 550 m ü. NN finden sich großflächig vor allem im Rothaargebirge und im Westerwald, ferner im Osthessischen Bergland, der Rhön und dem Spessart. Häufig reichen allerdings nur Ausläufer dieser Gebirge auf hessisches Gebiet.

Inselhaft über ganz Hessen verstreut sind eine Reihe weiterer Erhebungen über 550 m ü. NN. Die bedeutendsten liegen im Meißner, Kaufunger Wald, Habichtswald, Kellerwald, Knüll, Taunus, Vogelsberg und Odenwald. Verfolgt man den Verlauf der 400 m-Isohypse auf der Topographischen Karte, stellt man einen flächig recht ausgeprägten Sockel der hessischen Mittelgebirge fest.

Von den Tiefenzonen ist die Westhessische Senke die morphologisch gliedernde Achse des Landes. Sie ist Teil der so genannten Mittelmeer-Mjösen-Zone. Charakteristisch für den hessischen Bereich ist eine Folge von kleineren und größeren Einsenkungen: vom Oberrhein-Graben über Wetterau, Giessener Becken, Amöneburger Becken, Schwalm, Fritzlar-Waberner Becken bis zum Kasseler Becken. In Beckenlage werden Höhen zwischen 100 und 200 m im Süden bzw. 150 bis 250 m in den nördlichen Landesteilen erreicht. Die Osthessische Senkenzone an Fulda und

Werra hat nicht die gleiche geomorphologische Bedeutung.

Geomorphologische Großgliederung

Rheinisches Schiefergebirge

Die ältesten Oberflächenformen sind Verebnungen, deren Ausformung i.w. vor mehr als 25 Millionen Jahren abgeschlossen war. Diese ehemals großräumigen Rumpfflächensysteme sind im Mittelgebirgsraum Hessens zumeist in Höhen über 400 m verbreitet. Besonders gut ausgeprägt sind sie im Rheinischen Schiefergebirge. In sie eingesenkt sind so genannte Trogtäler – Übergangsformen zwischen Flächen und Tälern. Definitive Linearerosion der Flüsse Rhein, Lahn, Weil, Eder u.a. erfolgte dann im Pleistozän. Dadurch wurde der Gebirgskörper stark zerschnitten. Petrovarianz und Tektonik bedingen eine zusätzliche Vielfalt der Formen des Rheinischen Schiefergebirges. Raumprägend wurden Quarzite, Sandsteine, Kieselschiefer und Kalke gegenüber den vorherrschenden Tonschiefern durch Verwitterung und Abtragung herauspräpariert. Im Diabas der Lahn-Dill-Mulde bildeten sich typische Kegel- und Kuppenformen. Sonderformen tektonischen Ursprungs stellen die Beckenzonen innerhalb des Rheinischen Schildes dar, beispielsweise das flachwellige, zumeist von Löss bedeckte Limburger Becken in etwa 200 m Meereshöhe, die Idsteiner Senke und das Becken von Usingen. Geologisch fremdartig erscheint der Westerwald mit seinen tertiären Basalt- und Tuffdecken, die häufig lockere tertiäre Sande, Tone und Kiese überlagern.

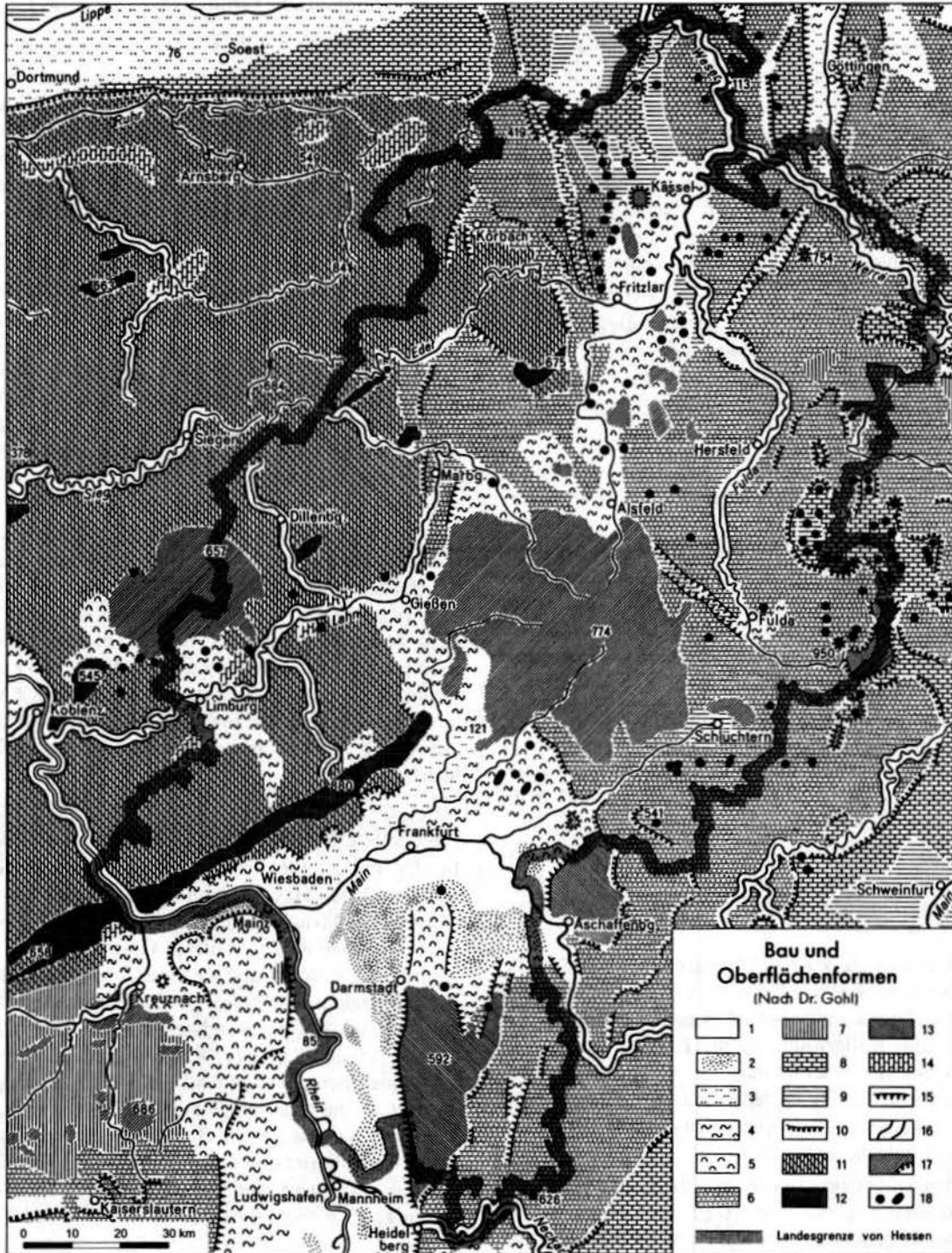
Osthessisches und Hessisch-Fränkisches Bergland

In der geomorphologischen Struktur unterscheidet sich der Ostteil Hessens vom Reinhardswald bis zum Odenwald gänzlich vom Rheinischen Schiefergebirge. Gegenüber stark verfalteten Gesteinen im Grundgebirge wird Nord- und Osthessen vorwiegend aus flachlagernden, mächtigen Deckschichten des Mesozoikums, v.a. des Buntsandsteins, in Resten auch des Muschelkalks und des Keupers, aufgebaut. Sie bestimmen heute weitgehend das Relief der Region. Typisch ist die wechselnde morphologische Härte der Ton- und Sandsteine der Buntsandsteinlandschaften. Durch fluviale Erosion sowie Prozesse der Denudation und gravitative Massenbewegungen kam es zur Bildung des osthessischen Schichtstufen- und Tafellandes.

Besondere morphologische Akzente setzen im Hessischen Mittelgebirge die zahlreichen vulkanischen Formen. Der schildartige Vogelsberg deckt ältere sedimentäre Schichten des Mesozoikums und Tertiärs zu. Das radiale Entwässerungsnetz unterstützt den Eindruck eines Schildvulkans, obwohl die Magmenförderung aus hunderten von Aufstiegskanälen er-

folgte. Vom Rande her werden die Basaltdecken von scharf eingeschnittenen Tälern aufgeschlitzt. Kleinere Vulkanlandschaften wie Rhön, Knüll und

Meißner sitzen den mesozoischen Deckschichten ebenfalls auf. Die höchsten Teile dieser Vulkanregionen zeigen aufgrund der Basaltdecken einen Hochflä-



Niederungen und Hügelland

- 1 Talniederungen
- 2 Flugsanddecken und Dünen
- 3 Börde (Lößebene), in der südlichen westfälischen Bucht auch Altmoränenebene
- 4 Lößhügelland
- 5 Fladwelliges Hügelland aus Tonen, Sandsteinen, teilweise auch Konglomeraten

Schichtstufenland

- 6 Wellige Flächen aus Sandstein
- 7 Stärker gegliedertes Bergland aus Sandstein und Konglomeraten
- 8 Flächen aus Kalkstein
- 9 Flöhen und Hügelland aus Mergel und Tongestein
- 10 Landstufe

Mittelgebirge

- 11 Bergland und Hochflächen des Schiefergebirges
- 12 Härtingszüge aus Quarzit
- 13 Bergland und Hochflächen aus kristallinen Gesteinen
- 14 Hochflächen und Bergland aus Kalk
- 15 Bruchstufe
- 16 Durchbruchstal
- 17 Hochplateaus und Bergland aus Vulkangestein
- 18 Einzelvulkankuppen

Abb. 1: Geomorphologische Karte von Hessen (Quelle: siehe Literaturverzeichnis)

chencharakter. Die Kuppenrhön wird durch einzelne Vulkankegel auf hochliegenden Muschelkalk- und Keupersockeln gebildet (Hessisches Kegelspiel).

Geomorphologisch sind Spessart und Odenwald zweigeteilt. Beide Mittelgebirge werden im östlichen Teil von Buntsandstein aufgebaut. Schichtstufen und Landterrassen dominieren. Jeweils im Westen sind durch intensive Abtragung die mesozoischen Deckschichten soweit entfernt, dass Tiefengesteine, vor allem Granite und Gneise, freigelegt wurden. Tiefe Kerbtäler, dem Main bzw. Rhein tributär, haben eine kuppige, stark zerschnittene Landschaft im Vorderen Odenwald und Spessart entstehen lassen.

Westhessisches Berg- und Senkenland, Rhein-Mainisches Tiefland und nördliches Oberrheintiefland

Kern des westhessischen Berg- und Senkenlandes ist die vom Kasseler Becken bis zur Oberhessischen Schwelle reichende Senkenzone. Sie besteht aus einer Vielzahl von kleinen lössbedeckten Ausräumungs- und Einbruchsbecken. Diese werden durch flache Schwellen getrennt. Basaltkuppen und -kegel geben der Landschaft ein besonderes Gesicht. Die Bergländer Nordhessens, z.B. das Waldecker Tafelland, ähneln jenen Osthessens oder aber dem Rheinischen Schiefergebirge, wie z.B. der Kellerwald. Das Habichtswälder Bergland lässt sich am ehesten mit Teilen der Kuppenrhön vergleichen.

Insgesamt ist das Rhein-Main-Tiefland flachwellig bis eben. Lediglich das Messeler- sowie das Büdinger-Meerholzer Hügelland ähneln den Formengesellschaften Osthessens. Die wellige Wetterau und das Rheingau-Taunusvorland gehören zu den mit Lössdecken überzogenen Agrarlandschaften Südhessens. Die Untermainebene ist eine weite Ausräumungs- und Terrassenlandschaft des Mains, vorwiegend mit Schottern und Flugsandfeldern bedeckt.

Die Oberrheinniederung ist eine historische Flusslandschaft. Die Vielfalt der Flussschlingen in der mehrere Kilometer breiten Stromlandschaft war vor der Regulierung des Rheins das Charakteristikum der Niederung bis Basel. Mit einer deutlichen Stufe von 6-15 m abgesetzt, schließen sich im Osten die Schotter- und Dünenfelder und Schwemmlandebenen der Hessischen Rheinebene an. Die Hessische Bergstraße bildet die Fußfläche für den steilen Anstieg zum Vorderen Odenwald.

Geologische Übersicht

In Tabelle 1 sind die Bildungsprozesse und wichtigsten Vorkommen der häufigsten Gesteine zu den jeweiligen Erdzeitaltern verzeichnet. Grundlage ist eine stark generalisierte geologische Karte (Abb. 2). In Hessen sind Triasschichten die am weitesten verbreiteten Gesteine. Am Ende des Mesozoikums waren die geotektonischen Grundstrukturen im heutigen Mittel-

europa weitgehend festgelegt. Im oberen Mesozoikum und vor allem im Tertiär kam es aufgrund tiefgründiger Verwitterung in tropisch feuchten Klimaten und flächenhafter Abtragung in (semi-) ariden Phasen zur Rumpfflächenbildung. Die Kaltzeit/Warmzeit-Zyklen des Pleistozäns bei gleichzeitiger Hebung des Rheinischen Schildes führten zur Entstehung tief eingeschnittener Täler und zur Genese von Flussterrassen an den Talflanken.

Literatur

Geologische Karte von Hessen : Quelle: Vereinfacht nach Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 und benachbarter Gebiete. 3. geringfügig geänderte Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften. Hannover 1981.

Geomorphologische Karte von Hessen: Quelle: Ernst, E. u. H. Klingsporn (Hrsg.) (1969): Bau- und Oberflächenformen (nach Dr. Gohl). In: Hessen in Karte und Luftbild. Topographischer Atlas Teil I. Neumünster, S. 59.

Heidenreich, B. u. K. Böhme (Hrsg.) (2003): Hessen. Land und Politik. Schriften zur politischen Landeskunde Hessens, Band 6, S. 12.

Müller, K.-H. (1984): Geographische Grundlagen Hessens. In: Geschichtlicher Atlas von Hessen. Text- und Erläuterungsband, Marburg, S. 1-18.

Pletsch, A. (1989): Hessen. Darmstadt.

Sandner, G. (1960): Naturräumliche Gliederung Deutschlands: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 125 Marburg. Bad Godesberg.

Sammel, A. (1990): Der Naturraum und seine Veränderungen. In: *Hermann, F.-R. u. A. Jockenhövel* (Hrsg.) (1990): Die Vorgeschichte Hessens. Theiss, Stuttgart, S. 15-39.

Anschrift

Philipps-Universität Marburg, FB Geographie, Deutschhausstr. 10, 35037 Marburg

Tab. 1: Geologische Entwicklung Hessens

Erdzeit	Häufigste Gesteine	Bildungsprozesse	Vorkommen
Silur	älteste Gesteine: verfaltete, stark metamorphisierte Sedimente u. Tiefengesteine (Granite, Diorite, Gabbros, Hornfelschiefer, Phyllite, Serizitgneise, Grünschiefer)	kristalliner Sockel (später bei Heraushebung und Abtragung der jüngeren Deckschichten wieder freigelegt)	Vortaunus, Odenwald, Spessart
Devon	in küstennahen Gebieten: gröbere Sandsteine, Grauwacken und Konglomerate; Rifffalkstein; Ergussgesteine: Diabase und Keratophyre; Erzlagerstätten (in Lahn-Dill-Mulde)	mariner Senkungsraum wird mit mehreren tausend Meter mächtigen feinkörnigen Sedimenten gefüllt; bei nachfolgender Orogenese immer wieder Aufbrüche der untermeerischen Erdkruste (=> Vulkanismus); Riffbildung auf submarinen Schwellen	Rheinisches Schiefergebirge
Karbon	Tonschiefer und Quarzite	Variskische Orogenese: Hauptphase der intensiven Faltung und Hebung des ehemaligen Geosynklinalraumes (vor allem: Oberkarbon); Beginn der Abtragung mit Heraushebung über den Meeresspiegel => Bildung der permokarbonen Rumpffläche	Rheinisches Schiefergebirge
Perm (Rotliegendes)	von grobklastischen Konglomeraten bis zu Schiefertönen; Melaphyre und Porphyre (Messeler Hügelland)	Fazies differenziert nach Nähe der Sedimentationsräume zum Gebirge; ferner magmatische Gesteine	Gebirgsvorland des Rheinischen Schiefergebirges, epirogene Senkungsfelder
Perm (Zechstein)	Fazies in Hessen meist mit groben Konglomeraten und Sandsteinen einsetzend; in Senkungszonen Abfolge von Schiefertönen, z.T. erzhaltig, bis leicht löslichen Salzen (Stein- und Kalisalz).	Flachmeer dringt von Norden nach Mitteleuropa; Trockenklima bewirkt Eindampfung des Meereswassers in abgeschnittenen Becken; insgesamt vier Ton-Salz-Serien; an Küsten des tropisch warmen Meeres Bildung von Korallenriffen	Hessen (in Salinargebieten Ost Hessens bis 600 m mächtig), Rifffalke im Werra-gebirge
Trias (Buntsandstein)	Sandsteine	meistens terrestrische Ablagerung rotbunter, überwiegend sandiger Sedimente (bis 1200 m mächtig); häufig rhythmische Folge von Sanden u. tonigen Lagen	Germanisches Becken
Trias (Muschelkalk)	überwiegend Kalke und graue bis gelbliche Mergelserien, z.T. sehr fossilreich	Ablagerung vorwiegend mariner Sedimente; in Osthessen gestalten diese Gesteine die Oberflächenformen	Germanisches Becken
Trias (Keuper)	charakteristisch sind wechselnde marine und terrestrische Ablagerungen, z.B. bunte Letten (Tonsteine)	Vorherrschaft des Meeres in Mitteleuropa vorübergehend zurücktretend	
Jura	Lias-Gesteine	Meer erreicht größte Ausdehnung in der Erdgeschichte Europas; quer durch Hessen zwischen Schiefergebirge und Böhmischer Masse begann sich durch epirogene Bewegungen ein Festland herauszubilden	jurassische Gesteine (Lias) in Hessen nur in tektonischen Gräben erhalten
Kreide		Festland; intensive Abtragung der älteren Deckschichten in tropischem Klima	Kreide tritt in Hessen nicht auf
Tertiär	unter/mittelliozäne marine Sande sowie unter/mittelmiozäne marine Lockersedimente und Braunkohlen; in den großräumigen Einsenkungen des Rheinischen Schiefergebirges (z.B. Westerwald, Limburger Becken, Idsteiner Senke) Akkumulation von grobklastischen Sedimenten (abgerollte Milchquarze) sowie kaolinitreichen Tonen als Abtragungsprodukten der alten, tiefverwitterten Landoberfläche (Rumpfflächenlandschaft); vulkanische Gesteine	epirogene und tektonische Bewegungen; magmatische Eruptionen; tiefgründige Verwitterung in tropisch humiden Klimaten und flächenhafte Abtragung in ariden Phasen (Rumpfflächenbildung); Bruchschollentektonik mit Vulkanismus aufgrund der alpidischen Orogenese; ab Unteroligozän: Entwicklung der Grabenbruchzone vom Oberrhein über Westhessische Senke bis zur Nordsee; Meerestransgressionen im Unter/Mittelliozän sowie im Unter/Mittelmiozän; tektonische Verstellungen der Triasschollen um bis zu mehrere hundert Meter; weitere Abtragung der jüngeren Hochschollen => Schichtstufenlandschaft; Abtragung der Zechsteinschichten am Rand des Schiefergebirges => Freilegung der permokarbonen Rumpffläche	Beckenlandschaften in Hessen; Entstehung neuer Vulkangebiete im Westerwald, Vogelsberg, Rhön, Knüll, Habichtswald und Meißner (Höhepunkt des Vulkanismus im Obermiozän)
Tertiär (Pliozän)	Talformen; Höhengschotter (Quarzschotter)	Relief Hessens in seinen heutigen Grundstrukturen weitgehend festgelegt; Flussnetz hatte praktisch seine rezente Struktur; Flusstäler waren flache, weite Mulden, heute etwa 280-300 m hoch; hohe Gebirgsteile um 400 m und höher gleichen den heutigen weitgehend	Rumpfflächenreste und Trogtäler in vielen Gebieten des Rheinischen Schiefergebirges und Ost Hessens
Quartär (Pleistozän)	Frostschutt, Flussschotter, Löss	Periglazialraum während der Glazialzeiten mit Solifluktuationsprozessen, Frostverwitterung und Lössakkumulation; in Interglazialen veränderte Abtragungs- und Fließdynamik der Flüsse und Erosionsvorgänge mit vorwiegender Tendenz zur Linearerosion; Ausbildung von Flussterrassen	Bildung der tief eingeschnittenen Täler von Rhein, Lahn, Eder, Fulda, Werra und Main; Lössakkumulation in Beckenlandschaften
Quartär (Holozän)	Auelehm	Warmzeit (seit ca. 11.500 Jahren); üppige Fauna und Flora; zuletzt: Anthropozän	Flusstäler

Das Klima in Hessen und im rheinland-pfälzischen Rheinhessen

K. Mollenhauer

a) Hessen

Allgemeines

Hessen liegt in der Zone des warm-gemäßigten Regenklimas der mittleren Breiten, ist jedoch regional, bei gleichzeitiger leichter west-östlicher Tendenz zu stärker kontinentalen Bedingungen, durch eine große Vielfalt unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse gekennzeichnet; dies ist auf seine starke orographische Gliederung und Differenzierung seiner Oberflächengestalt durch mehr oder weniger in Nord-Süd-Richtung verlaufende Großstrukturen und durch den kleinräumigen Wechsel von Bergland und größeren oder kleineren Senken und Becken zurückzuführen; die überwiegend westlichen Winde führen ganzjährig feuchte Luftmassen vom Atlantik heran; der von Nordwest nach Südost abnehmende ozeanische Einfluss bewirkt milde Winter und nicht zu heiße Sommer (HLUG, 2005; Pletsch, 1989).

Bei den in Hessen vornehmlich mit den Winden aus westlichen Richtungen kommenden Niederschlägen (vgl. Karte 1) zeigt sich deutlich der Einfluss des Rheinischen Schiefergebirges (Taunus, Westerwald, Rothaargebirge), das mit seiner Ostabdachung bis weit nach Hessen hineinreicht und in den nach Osten angrenzenden Senken (nördliches Rhein-Main-Gebiet, Wetterau, Gießener Becken, nordhessische Beckenlandschaften) zu erheblichen Lee-Effekten in Form von mehr Sonnenschein, geringerer Bewölkung und geringeren Niederschlagshöhen führt; an die im wesentlichen in Nord-Süd-Richtung verlaufenden westhessischen Senkenlagen schließt sich nach Osten das Osthessische Bergland (Vogelsberg, Knüll, Rhön, Fulda-Werra-Bergland) an, das infolge seiner orographischen Ausprägung steigende Niederschläge und abnehmende Temperaturen mit zunehmenden Höhenlagen aufweist, aber auch Lee-Effekte hervorruft (Pletsch, 1989). Die ebenen Lagen Südhessens sind von den Lee-Effekten des Hunsrücks, des Saar-Nahe-Berglandes und der Haardt geprägt und stellen die trockenste und wärmste Region Hessens dar; gegen die in Nordhessen häufigen Kaltlufteinbrüche sind sie durch die Barriere des Vogelsbergs geschützt (Pletsch, 1989). Mit dem Anstieg des Odenwaldes östlich der Rheinebene steigen auch wieder die Niederschläge, deren Höhe dort im scharfen Kontrast zu der in der Rheinebene steht (vgl. Karte 1).

Generell kann man von einer Zweiteilung der klimatischen Struktur Hessens sprechen (Kalb & Vent-Schmidt, 1981; Pletsch, 1989): In den Mittelgebirgslagen fällt bei gleichmäßigerer Niederschlagsverteilung der Hauptanteil der Niederschläge in den Wintermonaten (mit zeitweise geschlossener Schneedecke in den Hochlagen), und der Jahrestemperaturgang – bei geringer werdenden mittleren Lufttemperaturen

mit steigender Geländehöhe – weist weniger Extreme auf. In den Niederungen, Senken und Becken, also in Lagen unterhalb von etwa 300 m ü. NN, hat das Klima einen stärker kontinentalen Charakter mit geringeren Niederschlagshöhen, größeren Amplituden der Temperaturextreme bei gleichzeitig höheren mittleren Lufttemperaturen und geringeren Windgeschwindigkeiten; der Hauptanteil der Niederschläge fällt, bedingt vor allem durch konvektive Niederschläge, in den Sommermonaten. Neben dieser klimatischen Zweiteilung besteht zudem ein Nord-Süd-Gegensatz, der sich nicht zuletzt in einem deutlichen phänologischen Vorsprung Südhessens vor Nordhessen niederschlägt und so von erheblicher agrarwirtschaftlicher Bedeutung ist (Pletsch, 1989). Überlagert wird die klimatische Zweiteilung jedoch von der für Hessen charakteristischen Aufgliederung und Kammerung des Landes in zahlreiche Einzellandschaften mit einer starken kleinräumigen und lokalen Differenzierung, die Pauschalierungen schwermacht.

Bioklimatisch betrachtet sind die großen hessischen Flusstäler und besonders das Rhein-Main-Gebiet Belastungszonen, die Lagen zwischen 200 m und 600 m ü. NN eher Zonen mit für den Menschen schonendem Klima, während die höheren Mittelgebirgslagen Zonen ausgeprägter bioklimatischer Reize sind (Kalb & Vent-Schmidt, 1981; HLUG, 2005).

Klimaparameter

Die mittleren Jahres-Niederschlagshöhen (1971-2000) schwanken von etwa 500 mm in der hessischen Rheinebene bis etwa 1200-1300 mm im nordwesthessischen Teil des Rothaargebirges bzw. im Hohen Vogelsberg. Gebiete mit Jahresniederschlägen von 500 bis 600 mm sind der Rheingau, die mittlere bis nördliche Wetterau und die Fritzlar-Waberner Senke in Nordhessen. Weitere Gebiete mit hohen Jahresniederschlägen von mehr als 1100 mm sind die Hohe Rhön, der Hohe Meißner, der südliche Odenwald, Teile des hessischen Spessarts und der Westerwald (HLUG, 2005).

In diesen Gebieten mit hohen Jahresniederschlägen und im Rothaargebirge vermerkt die **Starkregenstatistik** (1951-1980) (Kalb et al., 1985) im Mittel über 25, teilweise über 40 Tage pro Jahr mit Niederschlagshöhen von mindestens 10 mm. Dies geht auch in die hessische „Gefahrenstufenkarte Bodenerosion durch Wasser“ (Teil der „Standortkarte von Hessen“) (Richtscheid, 1996) ein. Die Gebiete mit der niedrigsten Anzahl von Tagen mit mindestens 10 mm Niederschlag liegen im Südwesten Hessens am Rhein. Das von dieser Starkregenstatistik vermittelte Bild entspricht in seinen räumlichen Unterschieden im Prinzip auch dem der R-Faktoren der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung in Hessen (Mollenhauer et al., 1990). Gewitterbildung und starke sommerliche Schauerniederschläge hoher Intensität sind in den für

Hessen typischen Beckengebieten etwas häufiger als in den Mittelgebirgslagen (Pletsch, 1989).

Von der großräumigen morphologischen Struktur Hessens sind auch die **Lufttemperaturen** abhängig, wobei besonders die Niederungen Südhessens, vor allem der Oberrheingraben, als besonders warm, die höheren Mittelgebirgslagen, namentlich im Westerwald, im Rothaargebirge, in der Rhön und im Vogelsberg, als besonders kalt gekennzeichnet werden können (HLUG, 2005). Allerdings führt die kleinräumige Varianz von Einflüssen (Orographie, Vegetationsdecke, Siedlungsdichte) zu häufigen Abweichungen von dem allgemeinen Bild abnehmender Temperaturen mit zunehmender Geländehöhe. Auch können bei den im Winter häufigen Nord- und Nordost-Lagen Einbrüche von Kaltluft auftreten, die in die Niederungen, Flusstäler und Becken absinkt, so dass dort – bei gleichzeitiger Anwesenheit von wärmerer Luft in den Höhenlagen – Inversionsituationen entstehen, die zusammen mit Emissionen Smog-Effekte zur Folge haben können (Pletsch, 1989). In den osthessischen Beckenlandschaften, vor allem im Hersfelder und im Fuldaer Becken kommt es zudem durch aus den umgebenden Mittelgebirgslagen einfließende Kaltluft zur Bildung von Kaltluftseen; dort wurden seit Beginn der Beobachtungen bis 1970 im Januar bzw. im Februar absolut tiefste Minima der Lufttemperaturen von -33°C gemessen, während in den benachbarten Hochlagen von Vogelsberg, Rhön und Knüll im gleichen Zeitraum nur Kältegrade von -25°C bis -27°C erreicht wurden (Kalb & Vent-Schmidt, 1981; Pletsch, 1989).

Die absolut höchsten Maxima der Lufttemperaturen wurden in den Julimonaten (und teilweise auch noch im August) mit 38°C im Rhein-Main-Gebiet, in Gießen und in der Oberrheinischen Tiefebene gemessen (z. B. in Gelnhausen, Frankfurt, Geisenheim, Gernsheim, Darmstadt und Bensheim-Auerbach), wobei allerdings Lagen auch in Nord-, Mittel- und Osthessen mit $+36^{\circ}\text{C}$ bis $+37^{\circ}\text{C}$ nur wenig darunter lagen (z.B. Kassel, Witzenhausen, Marburg, Fulda); auch in Hochlagen wie Willingen (Rothaargebirge), Herchenhain (Vogelsberg) und Wasserkuppe (Rhön) erreichten diese Maxima noch $+31^{\circ}\text{C}$ bis $+33^{\circ}\text{C}$ (Kalb et al., 1985).

Der bereits erwähnte klimatische Nord-Süd-Gegensatz in Hessen zeigt sich unter anderem auch in den Monatsmitteln der Lufttemperaturen (Beobachtungszeitraum 1931-1960), die im Jahresverlauf im Rhein-Main-Gebiet, in der Oberrheinischen Tiefebene, in der Wetterau oder im Limburger Becken deutlich höher liegen und die Null-Grad-Grenze nicht unterschreiten; die Jahresmittel der Lufttemperaturen liegen in diesen Landesteilen (und allerdings auch im Kasseler Becken) um $+9^{\circ}\text{C}$ bis $+10^{\circ}\text{C}$, in den übrigen Gebieten dagegen teilweise erheblich darunter, in den Hochlagen des Rothaargebirges und der Rhön sogar

nur noch bei etwa $+5^{\circ}\text{C}$ (Kalb und Vent-Schmidt, 1981; Kalb et al., 1985).

Der klimatische Gegensatz zwischen Nordhessen und Südhessen und zwischen Beckenlagen und Mittelgebirgslagen manifestiert sich auch in entsprechenden Unterschieden in den phänologischen Daten. Zur Orientierung über mittleren Beginn, Ende und Dauer der **Vegetationszeit** können die Tage (5-tägig übergreifend) mit Tagesmitteln der Lufttemperatur von mindestens $+5^{\circ}\text{C}$ als Kennzeichen für Beginn und Ende des produktiven Pflanzenwachstums herangezogen werden (siehe: Kalb et al., 1985). Für Bensheim (an der Bergstraße) zum Beispiel ergibt sich dabei eine Dauer von 261 Tagen, für Beerfelden (Odenwald) von 224 Tagen, für Geisenheim von 257 Tagen, für Gießen von 243 Tagen, für Frankenberg/Eder von 220 Tagen, für Hersfeld und Fulda von 232 bzw. 230 Tagen, für Witzenhausen von 243 Tagen (Daten des Zeitraums 1951-1980). Hierbei kommen neben dem Nord-Süd-Gegensatz allerdings auch die Höhe über NN, eventuelle Senkenlagen und die Exposition, also kleinräumige Aspekte zum Tragen. Bezieht man die Hochlagen der Mittelgebirge in diese Betrachtung mit ein, ergibt sich eine ungefähre Spanne der mittleren Vegetationszeiten von weniger als 200 Tagen in sehr ungünstigen Lagen einerseits und von mehr als 250 Tagen in sehr günstigen Lagen andererseits. Der Beginn der Vegetationsperiode (Daten für den Zeitraum 1951-1980) liegt im klimatisch bevorzugten Rheingau (Geisenheim) in der ersten Märzdekade, ihr Ende in der zweiten Novemberdekade, während auf der Wasserkuppe (Rhön) dafür ein Zeitraum von etwa der dritten Aprildekade bis zur dritten Oktoberdekade anzusetzen ist (Kalb et al., 1985).

Die *Ellenberg'sche Wuchsklima*-Karte von Hessen charakterisiert die hessischen Teile der Rheinebene, das Rhein-Main-Gebiet, die Wetterau und einige Flussniederungen und deren Umfeld vor allem in der Südhälfte Hessens als „mild“ bis „sehr warm“ (Wärmesummen-Stufen, relativ) mit einer landbaulichen Eignung, die Obstbau und Sonderkulturen meist zulässt, in „sehr milden“ bis „sehr warmen“ Lagen mit sehr geringer Spätfrostgefahr (Bergstraße am Westfuß des Odenwalds, Rheingau) auch Weinbau. Die übrigen hessischen Gebiete erscheinen (neben verbreitet „milden“ Lagen in Teilen des Odenwalds und des westlichen Hessens und teilweise in den bereits genannten Flussniederungen) überwiegend als „ziemlich kühl“ bis „sehr rau“, wobei mit den „ziemlich rauhen“ Gebieten in zahlreichen mittleren Mittelgebirgslagen ein Grenzklima für rationellen Ackerbau ausgewiesen wird, in den „sehr rauhen“ Hochlagen vor allem von Rhön, Meißner und Rothaargebirge auch ein Grenzklima für Wiesennutzung (Ellenberg & Ellenberg, 1974).

Die mittlere potenzielle **Verdunstung** (Grasreferenzverdunstung) bewegt sich in Hessen (HLUG, 2005)

zwischen > 625 mm im Rheingau und < 426 mm in der Hohen Rhön und im Rothaargebirge (Mittel der Jahre 1971-2000). Die höchsten monatlichen potenziellen Verdunstungswerte treten mit mehr als 105 mm im Juli in der Rheinebene und im Rhein-Main-Gebiet auf bei gleichzeitig etwa 70 mm in der Hochrhön. Im Dezember mit der landesweit niedrigsten potenziellen Verdunstung sind es weniger als 11 mm vor allem in Nord-, Ost- und Mittelhessen und 11-15 mm in etwas wärmeren Lagen in Teilen West-, Mittel- und vor allem Südhessens (Mittel der Jahre 1971-2000). Die mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe in Hessen wird im Hydrologischen Atlas von Deutschland (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2000 ff.) für die Zeitreihe 1961-1990 mit einem Niedrigstwert von 350 mm und mit mehr als 650 mm als Höchstwert angegeben.

Die jährliche **Klimatische Wasserbilanz** als Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung ist im Mittel der Jahre 1971-2000 (siehe HLUG, 2005) am Rhein, in weiten Bereichen des Rheingaus und in Teilen des Rhein-Main-Gebietes (Raum Frankfurt), in Teilen der Wetterau und im unteren Schwalm-Eder-Gebiet in Nordhessen leicht negativ, wobei die stärksten Defizite mit mindestens 100 mm in einigen rheinnahen Lagen des Rheingaus auftreten. Die höchsten positiven Werte ergeben sich bei hohen Niederschlägen und geringer Verdunstung in den Hochlagen der Mittelgebirge (z. B. bis über 900 mm im Rothaargebirge sowie um 800 mm im Vogelsberg und in der Hochrhön). Im Jahresverlauf wird die Klimatische Wasserbilanz allerdings bereits im April in weiten Gebieten Hessens mit Ausnahme der höheren Mittelgebirgslagen negativ, am Rhein bereits mit -20 bis -30 mm. Nahezu ausschließlich negativ – wenige Hochlagen ausgenommen – ist die mittlere monatliche Klimatische Wasserbilanz im August mit Maximal-Defiziten von mehr als 50 mm in Teilen des Rheingaus und 40-50 mm in der Rheinebene. Im September ist sie in den großen Niederungen, auch in kleineren Senken und in einzelnen Flusstälern noch negativ, im Mittelgebirge (auch in den meisten unteren Mittelgebirgslagen) bereits positiv, um dann im gesamten Winterhalbjahr bis einschließlich März positiv zu bleiben (im März jedoch bereits wieder mit einigen Ausnahmen am Rhein) mit einem durchschnittlichen Höchststand im Dezember mit Maximalwerten von 140-150 mm in einigen Hochlagen.

b) Rheinhessen

Das linksrheinische und zu Rheinland-Pfalz gehörende Rheinhessen reicht etwa von den Rheinebenen im Norden, im Osten und im Südosten, bis zu den Rändern des Saar-Nahe-Berglandes im Südwesten und der Haardt im Süden und zum Land um die untere Nahe im Westen. In seinem überwiegenden Teil ist es

als Rheinhessisches Tafel- und Hügelland zu kennzeichnen, das um ca. 50 bis 150 m das Niveau der rheinhessischen Rheinniederung (letztere etwa bei 90 m über NN) übersteigt. Rheinhessen ist von den Lee-Effekten des Hunsrücks, des Saar-Nahe-Berglandes und der Haardt beeinflusst und durch ein niederschlagsarmes, kontinentales Klima geprägt (Leser, 1969).

Die **Niederschläge**, deren Maximum im hydrologischen Sommerhalbjahr liegt (Fischer, 1989), betragen im langjährigen Jahresmittel deutlich weniger als dies im hessischen Teil des Oberrheingrabens der Fall ist. Dies zeigt ein Vergleich der mittleren Jahresniederschläge für den Zeitraum 1931-1960 (Kalb & Vent-Schmidt, 1981): Während in diesem Zeitraum auf der hessischen Seite zwischen 550 mm (in Rheinnähe) und 750 mm (weiter östlich) fielen, ergaben sich für Rheinhessen nur Niederschläge zwischen weniger als 500 mm an der unteren Nahe und im Raum Alzey und um 550-600 mm in Rheinnähe. Auch die mittlere jährliche Anzahl der Tage mit Niederschlagshöhen von mindestens 10 mm differiert erheblich: Im Zeitraum 1951-1980 waren es im hessischen Teil des Oberrheingrabens zwischen 12 und 20 Tage, in Rheinhessen dagegen im wesentlichen weniger als 14 bzw. 12 Tage (Kalb et al., 1985). Erhebliche Unterschiede ergeben sich auch hinsichtlich der Niederschläge in der Vegetationsperiode (letztere definiert als mittlere Anzahl der Tage mit mittlerer Tagestemperatur von mindestens +5°C): Im Zeitraum 1951-1980 waren es in Darmstadt 562 mm, dagegen in Worms 460 mm, in Alzey 380 mm und in Bad Kreuznach 389 mm bei etwa vergleichbaren Vegetationsperioden (Kalb et al., 1985). Nach Süden (Richtung Haardt), nach Südwesten (Richtung Pfälzer Bergland) und westlich der Nahe steigen die Jahresniederschläge wieder über 600 mm und mehr an. Kleinstäumig betrachtet kommt es im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland in einigen Gebieten zu doppelten Lee-Effekten, wenn die Leelage der gesamten Landschaft (s. o.) noch durch entsprechende Effekte des Reliefs innerhalb des Tafel- und Hügellandes selbst verstärkt wird; auf diese Weise haben sich ausgesprochene Trockengebiete mit Jahresniederschlägen erheblich unter 500 mm herausgebildet (Leser, 1969).

Rheinhessen gehört nicht nur zu den trockensten, sondern auch zu den wärmsten Gebieten Deutschlands mit mittleren Tagesmitteln der **Lufttemperatur** von +10°C in der Oberrhein-Niederung und +8,5°C bis +9°C im Tafel- und Hügelland (Fischer, 1989).

Die potenzielle **Verdunstung** (Grasreferenzverdunstung) liegt bei pauschaler Betrachtung in Rheinhessen im Mittel zwischen 600 und 650 mm jährlich (Datenbasis: 1961-1990) und entspricht somit der in den benachbarten Regionen der Oberrheinischen Tiefebene und des Rhein-Main-Raumes. Dies führt bei mittleren Jahresniederschlägen (des gleichen Zeitraums)

zwischen unter 550 mm und über 700 mm in weiten Bereichen zu einer **Klimatischen Wasserbilanz**, die für Standorte im Alzeier Hügelland mit -62 mm (+81 mm im Winterhalbjahr, -143 mm im Sommerhalbjahr) angegeben wird (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2000 ff.).

Anschrift:

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2000) ff.: Hydrologischer Atlas von Deutschland. Bonn/Berlin.

Ellenberg, H., & Ellenberg, Ch. (1974): Wuchsklimagliederung von Hessen 1:200000 auf pflanzenökologischer Grundlage. – Hrsg.: Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Wiesbaden.

Fischer, H. (1989): Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West) – IV. Rheinland-Pfalz und Saarland (aus d. Reihe: Wissenschaftliche Länderkunden, Bd. 8). Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2005): Umweltatlas Hessen. Wiesbaden.

<http://atlas.umwelt.hessen.de>

Kalb, M., H. Bartels & G. Augter (Deutscher Wetterdienst, Offenbach) (1985): Das Klima von Hessen – Standortkarte im Rahmen der Agrarstrukturellen Vorplanung, Teil II. – Wiesbaden.

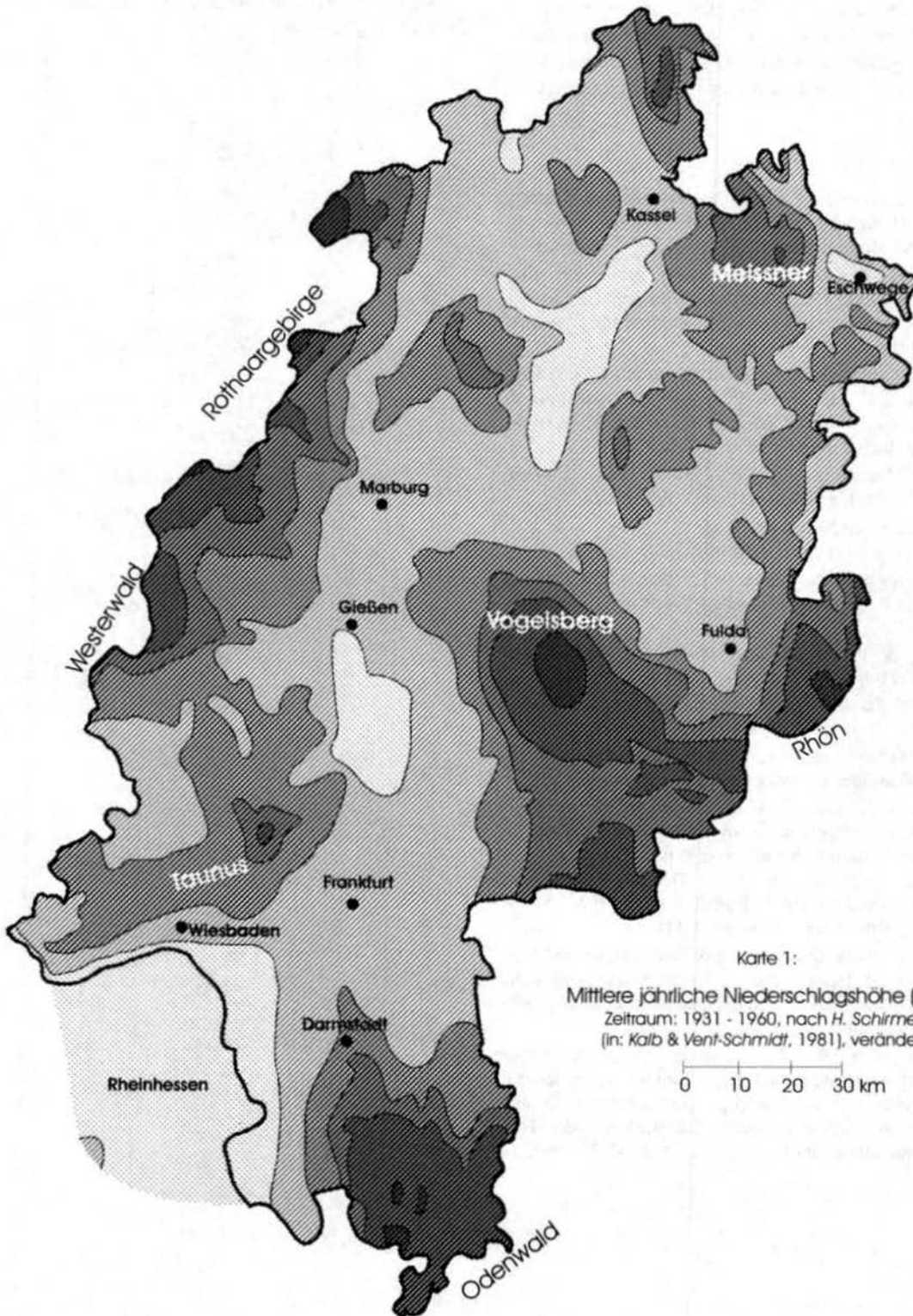
Kalb, M., & V. Vent-Schmidt (Deutscher Wetterdienst, Offenbach) (1981): Das Klima von Hessen – Standortkarte im Rahmen der Agrarstrukturellen Vorplanung, Teil I. – Wiesbaden.

Leser, H. (1969): Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen. – Gebrüder Bornträger, Berlin/Stuttgart.

Mollenhauer, K., Rathjen, C.-L., Christiansen, Th. & Erpenbeck, Ch. (1990): Zur Erosivität der Niederschläge im Gebiet der deutschen Mittelgebirge, besonders im hessischen Raum. – Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V., Heft 86, S. 79-162, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Pletsch, A. (1989): Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West) – III. Hessen (aus der Reihe: Wissenschaftliche Länderkunden, Band 8). Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

Richtscheid, P. (1996): Die Karte der potentiellen Erosionsgefährdung Hessens und deren Umsetzung in der Bodenschutzpraxis. – In: Vorsorge vor Bodenerosion und Sanierung von Erosionsschäden; Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Nr. 18, S. 31-36, Jena.



Hydrogeologie und Grundwasserverhältnisse in Hessen und im rheinland-pfälzischen Rheinhessen

K. Mollenhauer

a) Hessen

Das Hydrogeologische Kartenwerk Hessen (1:300000) weist 9 hydrogeologische Großeinheiten aus (vgl. Abb. 1):

- Im Norden und bis nach Mittelhessen hineinreichend das **Nordhessische Buntsandsteingebiet** (1),
- das von der **Niederhessischen Senke und dem Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens** durchzogen (2)
- und im Nordwesten vom **Rheinischen Schiefergebirge** (3) gefolgt wird, das sich durch das westliche Hessen und teilweise bis an den Rhein zieht;
- das östliche und teilweise auch das nordöstliche und südöstliche Hessen wird hydrogeologisch als **Osthessisches Buntsandsteingebiet** (5) angesprochen, das auch Teile des Spessarts einschließt;
- eine weitere Großeinheit bildet der **Basalt des Vogelsberges und des (östlichen) Westerwaldes** (4);
- Südhessen wird geprägt vom **Tertiär und Quartär des Unterraingebietes und des Rheingaus** (6),
- dem **Rotliegenden und Kristallin in Spessart und Odenwald** (7),
- dem **Quartär des Oberrheingrabens** (8)
- und dem **Buntsandstein des (östlichen) Odenwaldes** (9)

(Diederich et al., 1991).

Die hydrogeologischen Großeinheiten (1) bis (9) in Hessen im einzelnen

(nach: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2000 ff.; Diederich et al., 1991; Fritsche et al., 2002; HLU, 2005)

Das **Nordhessische Buntsandsteingebiet** (1) besteht vorwiegend aus Kluftgrundwasserleitern unterschiedlicher Durchlässigkeit; allerdings treten in seinen westlichen Teilen im Übergangsbereich zum Rheinischen Schiefergebirge und weiter östlich im Fritzlar-Naumburg-Wolfhagener Graben im Zechstein bzw. im Muschelkalk verbreitet Karstgrundwasserleiter auf. Die Buntsandsteingebiete westlich der Nieder-Niederhessischen Senke sind bedeutende Grundwasserneubildungs- und -vorratsgebiete und dienen z. B. der Versorgung des Raumes Marburg-Gießen. In ihren mittelhessischen Teilgebieten (z.B. im Burgwald) liefern sie meist ein weiches bis sehr weiches Wasser.

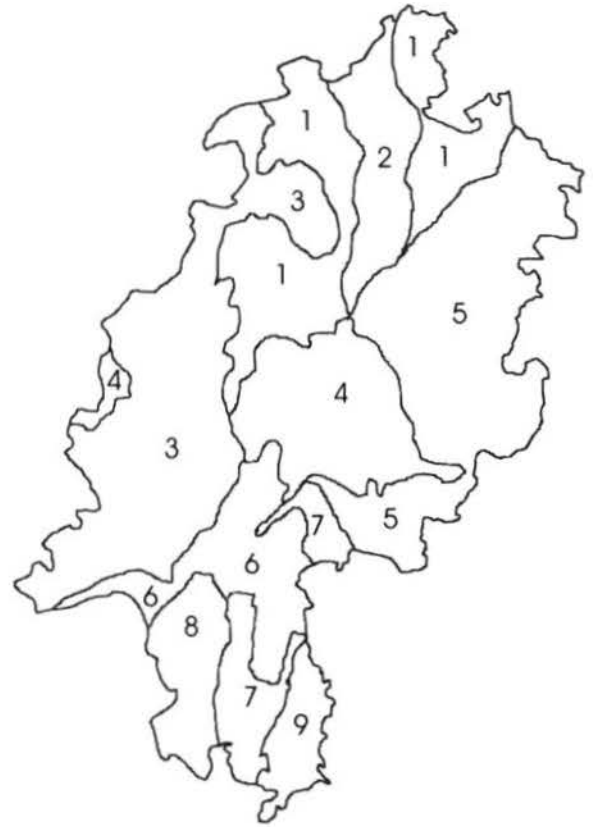


Abb. 1: Hydrogeologische Großeinheiten Hessens (nach Diederich et al., 1991)

Die **Niederhessische Senke** (2) ist geprägt von Sedimenten unterschiedlicher Durchlässigkeit tertiären und teilweise auch quartären Ursprungs (erstere verbreitet als Grundwasserhemmer anzusprechen) und von Bereichen mit erheblichen Lössauflagen. Die tertiären Deckschichten sind als meist schlechte Grundwasserleiter für größere Grundwassererschließungen nicht geeignet. Allerdings kann mit tiefen Brunnen, die unter diese Schichten reichen, Wasser in erheblichen Mengen aus dem Mittleren Buntsandstein gewonnen werden. Das Grundwasser ist überwiegend als hart zu bezeichnen.

Nördlich des Kasseler Grabens (2) finden sich im **Muschelkalk** ausgedehnte Karstgrundwasserleiter, daneben und darunter liegend treten sehr gering durchlässige Lagen des **Röt** (Oberer Buntsandstein) auf, die als Grundwassernichtleiter eingestuft sind. In den liegenden Schichten des Mittleren Buntsandstein wird jedoch gespanntes Grundwasser in beträchtlicher Menge angetroffen, wobei Wasserqualitätsprobleme durch hohe Mineralisierung überregionale Wassererschließungen hier nicht empfehlenswert erscheinen lassen.

Die hydrogeologische Großeinheit des **Rheinischen Schiefergebirges** (3), die den überwiegenden Teil des westlichen Hessen einnimmt, hat mit ihren Ge-

steinen aus dem Paläozoikum (vor allem Tonschiefer und Grauwacken des Unterkarbons und Quarzite des Devons) meist nur schlecht durchlässige Kluftgrundwasserleiter und ist damit überwiegend Grundwassermangelgebiet. Ausnahmen bilden hier vor allem einzelne Lagen mit mitteldevonischen, oft verkarsteten Massenkalkzügen im Raum Wetzlar-Braunfels-Limburg (mit meist harten Grundwässern) und Störungszonen wie das Limburger Becken, die Idsteiner Senke und der Goldene Grund im Taunus. Zudem werden aus dem Quarzit der Taunus-Hauptkammzone beträchtliche Mengen Grundwasser gewonnen. Im Norden überwiegen weiche bis mittelharte Grundwässer, im Taunus sind sie meist weich bis sehr weich mit Ausnahme der Grundwässer der Idsteiner Senke und des Hintertaunus, die wie diejenigen in weiten Bereichen des Gladenbacher Berglandes und den östlichen Teilen des Westerwaldes mittelhart bis ziemlich hart sind. Porengrundwasserleiter spielen keine Rolle, da das Rheinische Schiefergebirge ein Erosionsgebiet ist, das nur wenige Flächen mit in Senken akkumuliertem Abtragungsmaterial aufweist.

Die hydrogeologische Großeinheit des **Osthessischen Buntsandsteingebiets** (5) reicht vom Westrand des Buntsandsteinspessarts über das Fulda-Werra-Bergland bis zum unteren Werratal. Hauptgrundwasserleiter sind die sandig entwickelten Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins. Diese treten besonders neben den Festgesteins-Kluftgrundwasserleitern des Sandsteins mit mäßiger bis geringer, örtlich auch mittlerer Durchlässigkeit auf. Auch die Kluft- bzw. Karstgrundwasserleiter der Kalksteinschichten des Muschelkalks und des Zechsteins sind in Teilen des Schlüchtern Beckens, der Nordrhön, des Ringgaus, des Richelsdorfer Gebirges bzw. an der unteren Werra regional von gewisser Bedeutung. Nachrangig und für größere Grundwassererschließungsmaßnahmen ungeeignet sowohl in ihrer Flächenausdehnung als auch wasserwirtschaftlich betrachtet sind die Basaltvorkommen der Hohen Rhön, des Landrückens, des Knülls und des Meißners. Allerdings können Basaltstöcke örtlich hydraulische Verbindungen zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken schaffen. Das Fulda-Werra-Bergland ist bruchtektonisch stark überprägt und weist zahlreiche tektonische Gräben auf, die häufig eine erhöhte Wasserwegsamkeit haben und insofern für die Wassergewinnung von Interesse sind. Salzlagertstätten des Zechsteins bedingen lokal südlich von Fulda, vor allem aber im Raum östlich von Hersfeld den Aufstieg von stark mineralisiertem Grundwasser. Die Grundwässer sind im Süden der Großeinheit überwiegend weich bis sehr weich, im Norden in den von den Gesteinen des Muschelkalks und des Zechsteins geprägten Gebieten mittelhart bis sehr hart.

Das tertiäre Vulkangebiet des **Vogelsberges** (4) ist gekennzeichnet durch eine Abfolge mächtiger **Basalte** und dazwischengeschalteter Lagen aus Tuff und

Verwitterungsmaterial. Es besteht so ein mehrschichtiges System von Grundwasserstockwerken mit unterschiedlichem hydrostatischen Druck, wobei die Basalte Kluftgrundwasserleiter mit geringen bis sehr hohen Durchlässigkeiten darstellen, während die Tuffe und Verwitterungshorizonte nur geringe bis äußerst geringe Durchlässigkeiten besitzen. Man unterscheidet im Wesentlichen eine Zone schwebender Grundwasserstockwerke über einem einheitlich grundwassergefüllten Gebirgskörper von einer Zone durchgehender Grundwassersättigung. Kleinere schwebende Grundwasserstockwerke können nur temporär wasserführend sein. Bäche und Quellen, die aus ihnen gespeist werden, fallen daher im Sommer häufig trocken. Die Grundwasserergiebigkeit von Einzelbrunnen liegt bei starker räumlicher Variabilität im Mittel bei 15 bis 40 l/s, ist also beträchtlich und hat daher für die überregionale Wasserversorgung große Bedeutung. Das Grundwasser ist weich bis sehr weich. Der hessische Teil des **Westerwalds** (4) (Basalte und tertiäre Sedimente; Kluft- und Kluft/Porengrundwasserleiter; vereinzelt auch Stockwerkbildung von Basaltdecken und Tufflagen) hat, bei hohen Niederschlägen, günstige Grundwasserneubildungsraten. Das Grundwasserdargebot reicht auch für überörtliche Versorgungen aus. Eine Besonderheit stellen die zur Wassergewinnung ausgebauten Stollen ehemaliger Braunkohlengruben im Liegenden des Basalts am Nordostrand des Westerwaldes dar, deren Wässer allerdings erhöhte Eisen- und Sulfatkonzentrationen aufweisen.

Die hydrogeologische Großeinheit des **Tertiärs und Quartärs des Untermaingebietes und des Rheingaus** (6) wird geprägt von tertiären Lockergesteinen mit Mächtigkeiten von bis zu 150 bzw. 200 m und aufgelagerten, überwiegend geringmächtigen, lediglich in Teilen der Hanau-Seligenstädter Senke bis zu 30 m mächtigen quartären Sedimenten. Am Untermain und im Rheingau werden die tertiären Schichten von bis zu 20 m mächtigen Terrassensanden und -kiesen überlagert. Verbreitet bestehen Deckschichten aus Löss in teilweise erheblicher Mächtigkeit. Insgesamt handelt es sich überwiegend um Porengrundwasserleiter mit zum Teil hoher Durchlässigkeit im Rhein-Main-Gebiet und in der Hanau-Seligenstädter Senke und mit geringer bis mittlerer Durchlässigkeit in der Wetterau. Die Wässer in den tertiären Sedimenten sind mittelhart bis sehr hart, in den pleistozänen Sanden und Kiesen der Hanau-Seligenstädter Senke aber teilweise auch weich bis sehr weich. Im tiefen Untergrund des gesamten Tertiärgbietes treten hochmineralisierte Wässer auf, die am Taunussüdrand und in der westlichen Wetterau an den Taunusrandstörungen aufsteigen.

Das **Kristallin in Spessart und Odenwald** (7), gebildet aus metamorphen und magmatischen Gesteinen und als Festgesteins-Kluftgrundwasserleiter ausgebildet, ist überwiegend von geringer bis äußerst ge-

ringer Durchlässigkeit. Lediglich die bereichsweise grusigen Ablagerungen über dem Festgestein und die quartären fluvialen Sedimente in den Flusstälern bilden Lockergesteins-Porengrundwasserleiter von mittlerer bis mäßiger Durchlässigkeit. Wassergewinnung findet lediglich mittels Quelfassungen und Flachbrunnen in den Talauen statt. Die Ablagerungen des **Rotliegenden** (7) im Sprendlinger Horst (nördlich des Odenwalds) und in der südöstlichen Wetterau (nordwestlich von Gelnhausen) sind Festgesteins-Kluftgrundwasserleiter von geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit mit wenig, allenfalls lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Das Grundwasser im Kristallin ist meist weich; nur in Teilen des Odenwalds mit mehr oder weniger mächtigen Lössdecken kann es auch mittelhart bis hart sein. In den Rotliegenden-Gebieten ist das Grundwasser wegen des verbreiteten Kalkgehalts in den Gesteinen meist ziemlich hart.

Die Oberrheinebene zwischen dem Odenwald und dem Rhein und im Norden bis zum Main reichend stellt – mit Ausnahme eines Bereichs an der Mainmündung – die hydrogeologische Großeinheit des hessischen Teils des **Quartärs des Oberrheingrabens** (8) dar. Dieser weist – über einer bis über 2000 m mächtigen Grabenfüllung aus Lockergestein – eine durchschnittliche Quartärmächtigkeit von 100 m auf. Der Oberrheingraben enthält über weniger gut durchlässigen, mächtigen tertiären Schichten einen durch mehr oder minder große Tonhorizonte unterteilten mehrstöckigen, nach Westen zu jedoch meist nur noch gemeinsamen Porengrundwasserleiter aus pliozänen und vor allem pleistozänen Lockergesteins-Ablagerungen überwiegend guter, teilweise auch mittlerer Durchlässigkeit. Teile des Gebiets werden von verlandeten Altwässern des Neckar und des Rheins (Neckarried, Rheinried) und zudem des Mains durchzogen. Das Grundwasser fließt von Osten nach Westen auf den Rhein zu. Dort, wo entlang des Rheines und des ehemaligen Neckar-Altlaufes Decken aus Auen- bzw. Hochflutlehm bestehen, ist das Grundwasser des oberen Grundwasserstockwerks teilweise gespannt. Der Grundwasserflurabstand beträgt in weiten Bereichen nur etwa 2 m, in Lagen mit Flugsandauflagerungen allerdings über 5 m und bei allmählich ansteigendem Gelände im Ostteil des Gebietes teilweise über 20 m. Die intensive Wassergewinnung hat in jüngerer Zeit allerdings zu einer Absenkung des Grundwassers geführt, die jedoch durch künstliche Grundwasser-Anreicherung mittels aufbereitetem Rheinwasser kompensiert wird. Das Grundwasser ist überwiegend hart, in Rheinnähe sehr hart, im nordöstlichen Teil südlich von Frankfurt teilweise weich, mittelhart oder ziemlich hart, im Bereich Darmstadt ebenfalls teilweise ziemlich hart. Die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Oberrheingrabens ist hoch, sowohl für die Trinkwasserversorgung des Rhein-Main-Raumes als auch für die landwirtschaftlichen und gärtnerischen Beregnungskulturen in die-

ser zumindest in ihrem Westteil niederschlagsarmen Region.

Das Gebiet des **Buntsandstein des Odenwalds** (9) besteht im Norden, Süden und Westen aus Gesteinen des Unteren Buntsandsteins mit Mächtigkeiten bis zu 230 m. Nach Osten hin folgen im zentralen Bereich die gröberen und festeren, unter 200 m mächtigen Schichten des Mittleren Buntsandsteins, im Michelstädter Graben und weiter östlich zudem geringer mächtige feinkörnige bis schluffig-tonige Schichten des Oberen Buntsandsteins (Röt). Bei Michelstadt treten außerdem kleinräumig verkarstungsanfällige Gesteine des Muschelkalks auf. Die Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins sind hauptsächlich Kluftgrundwasserleiter mäßiger bis hoher Durchlässigkeit, in einzelnen grobkörnigen, bindemittelarmen Lagen auch Porengrundwasserleiter. Wenig durchlässig dagegen sind die Feinsand- bis Schluffsteine des Oberen Buntsandsteins (Röt). Das Grundwasser ist überwiegend sehr weich.

b) Rheinhessen

(nach: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2000 ff.; Leser, 1969; Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Abteilung Wasserwirtschaft, 1998 und 1999)

Das Quartär des Oberrheingrabens setzt sich westlich des Rheins in **Rheinhessen** zunächst teilweise fort. Die quartären Ablagerungen (vorwiegend Kiese und Sande, oftmals von Auenlehm überlagert) erreichen dort eine Mächtigkeit von maximal 250 m, das darunter liegende Pliozän von maximal 500 m; Ton- und Schlufflagen bedingen lokal oder regional mehrere Grundwasserstockwerke. Das an die Rheinebene anschließende, zu einem erheblichen Anteil lössüberdeckte Rheinhessische Tafel- und Hügelland mit seinen – in einigen Bereichen schon in Rheinnähe auftretenden – tertiären Ablagerungen hat einen auch die Grundwasserverhältnisse bestimmenden zweigliedrigen Stockwerksaufbau. Über den älteren tertiären Mergeln und Tonen der Eozäns und des Oligozäns treten weiträumig Kalksteine und untergeordnet auch Mergel, Tone und Sande des Miozäns und des Pliozäns auf. Die Kalksteine der durch diese jüngeren tertiären Schichten gebildeten Plateaus sind stellenweise tiefgründig verkarstete Kluftgrundwasserleiter. Die Tone und Mergel der älteren tertiären Schichten wirken oft als Stauer für die darüber liegenden grundwasserleitenden Kalksteine. Hier befindet sich an der Gesteinsgrenze zwischen den älteren tertiären Ton- und Mergelschichten und den Kalksteinen des jüngeren Tertiärs der wichtigste Hauptquellhorizont für fast das gesamte Rheinhessische Tafel- und Hügelland. Kleinere Quellen treten an lokalen Tonmergelhorizonten innerhalb der Ablagerungen des Miozäns und des Pliozäns auf. Die Grundwässer in Rheinhessen sind in den meisten Fällen ziemlich hart bis hart.

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2000) ff.: Hydrologischer Atlas von Deutschland. Bonn/Berlin.

Diederich, G., A. Finkenwirth, B. Hölting, E. Kaufmann, D. Rambow, H.-J. Scharpff, W. Stengel-Rutkowski & K. Wiegand (1991): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1:300000. Geologische Abhandlungen Hessen, Bd. 95, Wiesbaden.

Fritsche, H-G., M. Hemfler, D. Kämmerer, B. Leßmann, G. Mittelbach, A. Peters, W. Pöschl, S. Rumohr & I. Schlösser-Kluger (2003): Beschreibung der hydrogeologischen Teilräume von Hessen gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). Geologisches Jahrbuch Hessen, Bd. 130 (2002), Wiesbaden.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2005): Homepage (<http://www.hlug.de>), Fachgebiet Geologie und Boden; Wiesbaden.

Leser, H. (1969): Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen. – Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart.

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Abteilung Wasserwirtschaft (Hrsg.) (1998): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Rheinhessen; Mainz.

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Abteilung Wasserwirtschaft (Wasserwirtschaft RLP online) (1999): Beschreibung der Grundwasserlandschaften.

<http://www.wasser.rlp.de/gis/grundwasser.htm>

Anschrift

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen

Die Bodenlandschaften Hessens

K.-J. Sabel

Grundzüge der Bodenbildung in Hessen

Als Ausgangsgesteine der Bodenbildung spielen durchweg geologisch jüngere Lockergesteine wie Auen- und Hochflutablagerungen, Löss, Sandlöss, Flugsand, Laacher-See-Tephra und Solifluktsdecken die größte Rolle. Sie können als metermächtige, quasi homogene Sedimente vorliegen oder als Gesteinsgemische wie die jüngeren pleistozänen Solifluktsdecken, in denen sich z. B. Löss oder Laacher-See-Tephra zumindest noch mineralogisch nachweisen lassen.

Auch dort, wo der unverwitterte Untergrund oberflächennah ansteht, entwickelten sich die Böden in der Regel nicht direkt aus diesen Gesteinen, sondern aus periglaziär gebildeten Solifluktsdecken (Lagen). Im einstigen Periglazialraum zwischen den nordischen und alpinen Eismassen wurde der oberflächennahe Untergrund durch Kryoklastik, -turbation und Gelisolifluktion strukturell verändert. Darüber hinaus wurde z.T. äolisches Fremdmaterial, vornehmlich Löss, Sandlöss, Flugsand, Laacher-See-Tephra, eingeweht und beigemischt. Daher kann die mineralogische und geochemische Zusammensetzung lagen-spezifisch variieren. Dies kann erhebliche Auswirkungen auf den Stoffhaushalt der Böden haben und von der Chemie des Anstehenden deutlich abweichen.

Der wiederholte morphodynamische Prozess des Bodenfließens und -vermischens, der zu einer mehrgliedrigen Schichtung der Solifluktsdecke (Haupt-, Mittel-, Basislage) führen konnte (AG Boden 1994: 363), dauerte bis in das jüngste Pleistozän an (Sammel 1964: 282). Er fand seinen Abschluss erst im Übergang von der Jüngeren Tundrenzeit/Jüngere Dryas zum Präboreal und überformte somit auch jungpleistozäne Sedimente wie Löss, Hochflutablagerungen oder Flugsand, die daher zumindest im oberen Profilbereich polymiktisch zusammengesetzt sind. Die Hauptlage ist folglich nur mit Ausnahme holozäner Sedimente und Felsdurchragungen ubiquitär verbreitet (Harrach 1974: 321, Schönhals 1974: 13, Semmel 1964: 283). Ihre weitgehende Erhaltung ist darauf zurückzuführen, dass die kaltzeitliche erosive Morphodynamik mit dem sehr zügigen Einsetzen der holozänen Vegetationsausbreitung und der Wiederbewaldung zum Erliegen kam sowie keine überregionale denudative Erosionsphase mehr folgte. Zu ergänzen ist diese eindeutig gelisolifluidale Deckschichtenabfolge durch die Oberlage, die auf die Hochlagen der Mittelgebirge und auf das Vorfeld von Felsen und Klippen beschränkt ist, deren periglaziale Entstehung jedoch fraglich ist (Fried 1984: 77, Emmerich 1994: 178, Semmel 1999: 221).

Der Vollständigkeit halber seien weitere Bodenausgangssubstrate erwähnt, die für das Bodenmosaik

lokal von Bedeutung, aber nicht großflächig verbreitet sind. Dazu zählen organische Substrate, wie z.B. Torfe, Schwemmfächersedimente, Abschwemmmassen und Kolluvien, verstürzte Schutte, Rutschmassen sowie anthropogene künstliche Materialien.

Wie in allen Mittelgebirgslandschaften begann die rezente Pedogenese schon im ausgehenden Würm/Weichsel, spätestens im frühen Holozän. Zeugnisse älterer, auch präquartärer Bodenbildungen finden sich allerdings allenthalben, sind aber unter jüngeren Sedimenten begraben oder in sie eingemischt und werden in der Regel nicht mehr traditionell weiterentwickelt.

Es besteht weitgehend Konsens, dass schon im Spätglazial neben den allgegenwärtigen frostdynamischen Prozessen auch erste pedogen relevante chemische Veränderungen einsetzten. Dazu zählen sicher eine initiale, mehr oder minder synsedimentäre Entkalkung und Oxidation des solifluidal bewegten Lösses, vor allem in den feuchteren Landesteilen und im Bergland. So könnten die mehrschichtigen Lessivés als Frühstadium schon eine parabraunerdeähnliche Profilmorphologie gewonnen haben (Plass 1966, Semmel 1964). In der trocken-kalten Lösstundra dagegen dürfte die Bodenbildung kaum über das Stadium von Pararendzina hinausgegangen sein.

Mit dem Präboreal setzte unter vergleichsweise kontinentaleren Klimabedingungen in den niederschlagsarmen Börden und Beckenlagen auf Löss und lössähnlichen Sedimenten eine Tschernosemgenese ein, deren Relikte u. a. noch in der Wetterau (Sabel, 1982) und in der Fritzlarer Börde (Hauptenthal, 1978), aber auch auf den ältesten Auenablagerungen des Rheins (Weidner, 1990) erhalten sind. Eine oft aus der Tschernosemgenese abgeleitete längerfristig existente Steppenlandschaft mit der ihr typischen Vegetationsgesellschaft kann in Hessen walddeschichtlich nicht eindeutig belegt werden, auch wenn für den „Rheintal-Tschernosem“ der pollenanalytische Nachweis dominanter Anteile von Steppen- und Wiesen-elementen zitiert wird (Zakosek, 1991). Wahrscheinlicher sind dagegen lichte, krautreiche Wälder (Dambek & Bos, 2002), in denen die später einwandernde, stark beschattende Buche fehlte. Außerhalb der Trockeninseln und mit zunehmender Humidität wird es natürlich auch im Frühholozän schon Übergangsbodenformen bis hin zur Parabraunerde gegeben haben (Sammel, 2000), ohne dass sich die Grenzen der beiden Bodengesellschaften heute noch verlässlich rekonstruieren lassen.

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte der nomadisierende Mensch als Jäger und Sammler kaum bodenverändernd in den Naturraum eingegriffen. Dies änderte sich grundsätzlich mit der die Sesshaftigkeit und den Ackerbau begleitenden Rodungstätigkeit der linearbandkeramischen Kultur im frühen Atlantikum. Vollkommen natürliche Ökotope wurden von da an immer mehr zurückgedrängt und sind heutzutage auf Extremstandorte begrenzt, während die Folgen des

kulturellen Handelns des Menschen durch die Veränderung von Flora und Fauna sowie der Böden manifest wurden.

Offenkundig bevorzugt wurden von dieser ersten Ackerbau treibenden Gesellschaft die Tschernosemgebiete und ihre Übergänge zur Parabraunerde, in denen sich schnell die Wälder lichteten, die Bodenoberfläche aufgebrochen und erosive Bodenumlagerungen ausgelöst wurden (Thiemeyer, 1988). Erste, noch tief dunkel gefärbte, stark humose Kolluvien datieren aus dieser Zeit (Sammel, 1995).

Im Laufe des Atlantikums wurden auch die Tschernosemgebiete von der überregional zunehmenden Ozeanität des Klimas beeinflusst. Infolge dessen sank der pH-Wert, setzten verstärkt Humusabbau, Silikatverwitterung, Tonmineralneubildung und Verlagerung ein, was die Degradation der Schwarzerde einleitete und regional bis hin zur Lessivégenese führte. In vielen Parabraunerdegebieten (z.B. südliche Wetterau, Untermaingebiet) bezeugen heute nur noch die unter Kolluvien begrabenen fossilen Bodenrelikte die einst ungleich größere Verbreitung tschernosemartiger Böden im Alt- und Frühholozän.

Mit der Entwicklung und Verbreitung der Metallverarbeitung seit dem späten Neolithikum und verstärkt im Zuge des Ausbaus von bronzezeitlichen Höhensiedlungen und eisenzeitlichen Oppida sowie dem römischen Limes nahm auch die Rodungstätigkeit im Bergland erheblich zu. Siedlungsschwerpunkte waren aber nach wie vor die ertragreichen Tschernoseme und Parabraunerden aus Löss z. B. der Wetterau, die von den Römern gezielt kultiviert und ihrem Herrschaftsbereich eingegliedert wurde. Aber auch außerhalb des römischen Einflussbereiches lagen die urbanen Zentren der Kelten und Germanen überwiegend in landwirtschaftlichen Vorzugsgebieten.

Für die Zeit nach dem Untergang des römischen Reiches und während der instabilen Völkerwanderungszeit wird allgemein eine Erholung und erhebliche Wiederausweitung des Waldes postuliert. Danach folgte aber die Landnahme und Reurbanisierung der Altsiedellandschaften Südhessens durch die Alemannen und nachfolgend die Franken bzw. in Nord- und Osthessen durch die Sachsen. Spätestens im Hochmittelalter setzte infolge der Bevölkerungsexplosion mit der Binnenkolonisation in großem Stil die Rodung der Mittelgebirgswälder ein. In Ermangelung einer forstwirtschaftlichen Kompensation hatte die Zerstörung des Großteils des Waldbestandes katastrophale Folgen. Die Bodenerosion nahm jetzt auch im Bergland sprunghaft zu und belieferte die Auen mit gewaltigen Sedimentmengen.

Auf den ohnehin kargen Waldstandorten beschleunigte die Entwaldung und Übernutzung die Nährstoffverarmung und den Humusabbau, was die Versauerung und Podsolierung sowie die Pseudovergleyung beschleunigte. Die Folgen des exzessiven Raubbaus

und der Devastierung gerade der Berglandschaften wurden durch das „Little-Ice-Age“ (ca. AD 1450 bis AD 1850), einer markanten Klimaverschlechterung des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit, so verstärkt, dass der steten Kulturlandausweitung eine anhaltende, durch sozioökonomische Wandlungen und Kriegswirren noch verschärfte Wüstungsperiode folgte, in der die landwirtschaftliche Ökumene deutlich zurückgenommen werden musste.

Der größte Teil der Erosionsstandorte unter Wald dürfte aus dieser Zeit stammen. Ihre weite Verbreitung und „Erhaltung“ zeigt, dass die erosiv gekappten Böden ihre Materialverluste leider noch immer nicht durch Tiefenentwicklung kompensiert haben (Bauer, 1993, Semmel, 1977, 1998).

Im Zuge der Industrialisierung entwickelte sich die heutige Forstwirtschaft und es wurden bevorzugt aufgelassene und erosionssträchtige Agrarstandorte wieder bestockt. Vor allem der Humuskörper erholte sich und eine Regradation der übernutzten Böden wurde eingeleitet. Die einfacheren Anbaumethoden, die gesicherte Versorgung mit Saatgut, die große Nachfrage nach Bauholz und ihre Toleranz gegenüber den „ausgelaugten“ Böden führten aber auch dazu, die versauerten und staunassen Flächen bevorzugt mit schnellwüchsigen und anspruchslosen Koniferen zu bestocken, die längerfristig den latenten Bodenversauerungsprozess und die Podsolierungstendenz sogar noch verstärkten. Infolge dessen baute sich vor allem in den Hochlagen der Mittelgebirge eine mächtige Humusaufgabe auf, die regional bis zum Rohhumus angewachsen ist.

Zu den jüngsten, profilprägenden Prozessen zählen die Krümenvertiefung durch die moderne Pflugtechnik, Oberbodenverdichtung durch unsachgemäßen Maschineneinsatz oder zunehmend der völlige Verlust von Böden durch Abgrabung oder Überbauung. Zugleich erlaubt die Technik immer schneller, immer umfangreichere Erdbewegungen. Verfüllung, Rekultivierung und Bodenaufbringungsmaßnahmen sowie Landschaftsmodellierungen schaffen stetig neue Oberflächen, also neue Böden. Als „Stadtböden“ eröffnen sie völlig neue Bodenwelten, deren Ausgangssubstrate künstlich, deren Vergesellschaftung zufällig, deren Eigenschaften und Merkmale extrem heterogen sind.

In der Gegenwart werden die Immissionen besonders beklagt, die vor allem die bewaldeten Böden der Hochlagen mit exorbitant hohen Metallfrachten sowie organischen und anorganischen Verbindungen belasten und in den Auflagehorizonten oder den Oberböden schon toxische Konzentrationen erreichen können. Parallel dazu schwächen eingetragene Säuren die Pufferfähigkeit der Böden, die so ihre Wirksamkeit als Schadstoffsänke verlieren und in der Folge gar zur Schadstoffquelle mutieren können. Die Auswirkungen lassen sich derzeit noch nicht in ihrer Tragweite überblicken. Dies gilt auch für gezielt aus-

gebrachte Stoffe, deren Wirkung und Abbau erprobt und bewährt, deren Metabolite aber oft nur wenig bekannt sind.

Die Bodenlandschaften Hessens (siehe Karte)

Um die wesentlichen Strukturen der Bodenlandschaften zu beschreiben, erfordert der Betrachtungsmaßstab eine Konzentration auf die wichtigsten Bodenausgangsgesteine unter Berücksichtigung der Landschaftsformen, Reliefelemente und Klimaverhältnisse mit ihren orographischen und meridionalen Variationen. Die Schwerpunkte liegen daher auf den Bodengesellschaften aus fluvialen Auenablagerungen in Flusslandschaften und Torfen. Des Weiteren auf den Bodengesellschaften aus pleistozänen, vornehmlich fluvial und äolisch entstandenen Sedimenten (Hochflutlehm, Flugsand, Löss, Sandlöss oder Lösslehm, Laacher-See-Tephra) überwiegend, aber nicht ausschließlich, in den Becken und Börden. Den flächenmäßig weitesten Raum nehmen die Böden aus solifluidalen Ausgangsgesteinen der Berg- und Hügellandschaften des Grund- und Deckgebirges sowie der Vulkanlandschaften ein.

Bodengesellschaften der Auensedimente und Moore (Bodeneinheiten 1 + 2)

Die Böden der holozänen Auen sind einerseits geprägt von der Bodenart der Sedimente, dem Alter und der Art der pedogenen Einwirkungen, andererseits von der Dynamik des Grundwassers. Die klassische Bodengesellschaft reicht typologisch von Auengley bis zu Vega. In Altläufen treten auch Nassgley und vermoorte Böden auf. Massive Eingriffe in die Auedynamik vor allem der größeren Flüsse, wie z. B. Grundwasserförderung oder Regulierungsmaßnahmen an den Flussläufen, haben in der Regel zu einem Absinken des Grundwasserstandes und der Verhinderung der periodischen Überflutung geführt. Die bodenprofilmorphologisch erkennbaren Grundwasserschwankungshorizonte entsprechen daher häufig nicht mehr der aktuellen Dynamik. Andernorts, wie z. B. am Bergstraßenneckar, wurde die Grundwasserabsenkung rückgängig gemacht und reliktsche Horizonte „wiederbelebt“. Neben den namensgebenden „Auenlehmen“ der meisten Flussniederungen, belegen gerade größere Auen, wie die des Oberrheins, ein räumlich wie zeitlich differenziertes Bild der Substrat- und Bodengenese (Weidner, 1990). So tragen die spätpleistozänen/frühholozänen sandig-lehmigen Auensedimente vorwiegend Kalktschernosem-Parabraunerde, die mittel- bis jungholozänen tonigen Ablagerungen hingegen Auengley-Auenpelosol-Bodengesellschaften mit ausgehärtetem reliktschen oder fossilen grundwasserbürtigen Kalkanreicherungs-horizonten (regional: Rheinweiß) sowie die jüngsten Sedimente Auengley oder Vega. Gerade die älteren Altläufe am Rhein sowie der Altneckar-

lauf sind vertorft und bergen Niedermoore mit fortgeschrittener Vererdung.

Daneben seien noch die allerdings in Hessen nur sehr lokalen Hochmoore erwähnt.

Bodengesellschaften aus pleistozänen Lockersedimenten (Bodeneinheiten 3 - 6)

Das Tiefland ist meist tektonisch angelegt und reicht orographisch selten höher als 200 m NN. Oberflächennah stehen im wesentlichen äolische Gesteine mit durchweg pleistozänem Alter an. Diese unterlagen in der Regel auch noch der spätpleistozänen frostdynamischen Überformung (Solimixtion), die, wenn nicht makroskopisch sichtbar, bei der Bodenformansprache unberücksichtigt bleibt.

Am Oberrhein und Untermain werden die Hochflutsedimente und älteren Terrassen, aber auch das Tiefland bis zum Anstieg des Odenwaldes und des Messeler Hügellandes von weiten Flugsandfeldern und Dünenzügen bedeckt. Tiefgründige (Bänder-)Braunerden und Bänderparabraunerden charakterisieren diese Standorte, wobei die Bänderung in größerer Tiefe über dem noch kalkhaltigen Flugsand oft zu kompakten Bt-Horizonten aufläuft. Auf den primär meist kalkfreien Flugsanden am Untermain entwickelten sich dagegen saure, teilweise podsolierete (Bänder-)Braunerden (Bodeneinheit 5). Eine ähnliche Bodengesellschaft (Bodeneinheit 4) ist auch auf der Kelsterbacher Terrasse südlich Frankfurt verbreitet, wo vor allem Flugsand die äolische Fremdkomponente in der sandig-kiesigen Hauptlage über den Terrassenablagerungen des Mains repräsentiert. Die verbreitet durch Anbau von Sonderkulturen genutzten Flugsande werden immer wieder äolisch reaktiviert und zeigen dann Bodengesellschaften mit Pararendzina oder Regosol und Kolluvisol aus Äolium. Mit zunehmendem Geländeanstieg dünnt der in situ liegende Flugsand schnell aus, tritt dann solifluidal umgelagert und schließlich nur noch als äolische Fremdkomponente in einer Solifluktsionsdecke auf. Auf den schluffreichen pleistozänen Hochflutsedimenten ist dagegen die Bodengesellschaft durch Lessivés charakterisiert (Bodeneinheit 3).

Größte Bedeutung als Ausgangssubstrat der Bodenbildung und als sehr weit verbreitete Beimischung in Solifluktsionsdecken kommt dem Löss zu (Bodeneinheit 6). Nur in den trockenen Zentralbereichen der Börden wie der Wetterau und Fritzlarer Börde sind noch schwarzerdeähnliche Reliktböden erhalten, die zu den feuchteren Randgebieten hin zur Parabraunerde hin überleiten. Im Untermaingebiet, Kasseler, Limburger und Fuldaer Becken, Ebsdorfer Grund und in der Gießener Talweitung dominieren durchweg Parabraunerde-Bodengesellschaften. Während die Lessivés in Südhessen meist in 1 m Tiefe scharf und ohne Übergang über dem Karbonatanreicherungs-horizont enden, sind für den maritimeren nordhessischen Raum wesentlich tiefer entwickelte, aber

schwächer horizontierte Varietäten typisch, die zudem zur Haftnässepseudovergleyung neigen. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung hat gerade auf den extrem erosionsanfälligen Lössböden z. T. verheerende Erosionsschäden hinterlassen. So zeigt die stärker reliefierte Lösslandschaft, wie beispielsweise das Reinheimer Hügelland in Südhessen, flächenhaft verbreitet nur noch Pararendzina und komplementär Kolluvisol. In den weit verstreuten kleineren Lössinseln und den Randbereichen der Börden weisen die leeseitigen Hangflanken noch mächtige Lössvorkommen auf, während der Löss im Luv ausdünn, oft schon solifluidal umgelagert und völlig entkalkt ist. Diese Standorte zeigen alle Übergänge zu Pseudogley. In der Schutzposition der schwach reliefierten Hochflächen der Mittelgebirge wie z. B. im südlichen und westlichen Vogelsberg trifft man noch großflächig entkalkte und umgelagerte Lössderivate als Lösslehm selbst in größeren Höhen an. Ansonsten verschlechtern sich mit Zunahme der Hängigkeit und Reliefenergie die Erhaltungsbedingungen solcher Ablagerungen. Allerdings lebt die Allgegenwärtigkeit des Lösses bzw. Lösslehms noch als äolischer Eintrag in den Solifluktsdecken fort.

Die Laacher-See-Tephra ist in Hessen in situ nur sehr gering verbreitet (Westerwald, Raum Gießen-Marburg, Lahn-Dill-Bergland, Taunuskamm), tritt aber als Bestandteil der jüngsten Solifluktsdecke (Hauptlage) praktisch ubiquitär auf. Ist die Tephra der Hauptlage in ausreichender Konzentration beigelegt, entwickelt sich Lockerbraunerde (Bodeneinheit 9). Vor allem die selektive Verwitterung der vulkanischen Gläser zu Allophan führte zur namensgebenden Lockerheit und Stabilität des Bodengefüges. Lockerbraunerden kommen vornehmlich in den Hochlagen der Mittelgebirge Westerwald, Lahn-Dill-Bergland, Taunus, Vogelsberg, Rhön und Willinger Upland vor.

Größerflächig sind vor allem in den Beckenlandschaften Hessens tertiäre, meist lockere Ablagerungen (Kies, Sand, Ton, seltener Kalk) verbreitet, deren Eigenschaften sich auf die der bodenbildenden Ausgangsgesteine durchpausen und die Pedogenese wesentlich beeinflussen können (Bodeneinheiten 7 + 8). Hervorzuheben sind staunasse Böden über Tonen in der Niederhessischen Senke und der Gießener Talweitung, oder Rendzinen aus Kalkstein im Rhein-Main-Gebiet.

Der Rigosol, eine nutzungsbedingte Bodenform in Hessen, soll nicht unerwähnt bleiben. Mit Schwerpunkten im Rheingau, Mittelrheintal, am Untermain und an der Bergstraße werden seit alters her die Böden der Weinberge durch tiefes Umgraben für eine Neubestockung hergerichtet und dabei die obersten Bodenhorizonte vermischt, mit Fremdmaterial angereichert, melioriert und gedüngt. Bis zur Rodung und erneuten Wiederherrichtung des Weinberges vergingen früher viele Jahrzehnte, während heute ange-

sichts maschinellen Rigolens kürzere Intervalle bevorzugt werden. Diese Bodengesellschaft ist als eigenständige Bodeneinheit in der Karte nicht eigens ausgewiesen.

Bodengesellschaften aus solifluidalen Sedimenten des Berg- und Hügellandes (Bodeneinheiten 9 - 19)

In den Berg- und Hügelländern (Grundgebirge, Schichtstufenlandschaft, Vulkangebiete) bilden Solifluktsdecken das Ausgangssubstrat der Pedogenese. Aufbau und Zusammensetzung der Schuttdecken ist in erster Linie von der Hangform und -position abhängig. In steilen, konvexen und divergenten Reliefpositionen dominiert Materialverlust und Kompensation der Auftautiefe durch stete kryoklastische Aufarbeitung und kryoturbate Nachlieferung von Untergrundgestein. Hier ist häufig nur die Hauptlage ausgebildet. Sie ist arm an erosionsanfälligem, äolisch eingetragenen Feinmaterial, aber reich an Anteilen von Untergrundgestein. Das Solum der Böden ist dann nur ca. 0,5 - 0,7 m mächtig, grobkörnig und geochemisch vom oberflächennah Anstehenden stark geprägt. In flachen, konkaven und konvergenten Reliefpositionen überwiegt stattdessen Materialerhalt und -akkumulation sowie solifluidale Zulieferung von den Seiten. Diese Standorte sind daher tiefgründiger und reich an eingetragener äolischer Fremdkomponente. Infolgedessen ist der lokale Gesteinsanteil gering, das Bodensubstrat löss- oder flugsandreich und grobbodenarm. Den gesteinspezifischen Zerfall berücksichtigend lassen sich alle Gebirgsstandorte zwischen diesen beiden unterschiedlichen Entwicklungsbedingungen einreihen.

Die Bodengesellschaften des Grundgebirges (Bodeneinheiten 15 - 19)

Die Vielfaltigkeit der mehr oder weniger intensiv gefalteten Gesteine und die Oberflächenformung des Grundgebirges bedingen die besonders große Heterogenität der Bodenformengesellschaften. In der räumlichen Struktur ähnlich, hinsichtlich des Geochemismus jedoch konträr stellen sich die Bodengesellschaften über Quarziten und Sandsteinen (Taunuskamm, Bodeneinheit 16) und der Metabasalte (Westerwald, Lahn-Dill-Bergland, Bodeneinheit 18) dar. Als Härtlinge ragen sie aus der Landschaft heraus und tragen verbreitet flach- bis mittelgründige, skelettreiche Böden (Braunerden, Ranker), die über dem quarzreichen Gestein zum Podsol tendieren. Die Böden werden fast ausschließlich forstwirtschaftlich genutzt.

Eine vergleichbar hohe Reliefenergie weist der immens zertalte Kristalline Odenwald auf. Auch seine Bodengesellschaft (Bodeneinheit 19) ist geprägt durch flach- bis mittelgründige, lössarme Böden. Sie sind allerdings grobskelettärmer, da die granitoiden Gesteine des Odenwaldes wegen ihrer körnigen Textur eher zu sandig-grusigem Zerfall neigen. Stellenweise ist noch saprolithische, infolge der so genann-

ten Wollsackverwitterung sehr tiefreichende Vergrusung erhalten. Sie stellt ein Relikt einer wesentlich älteren Bodenbildung dar. Dafür liefern vornehmlich die für das Grundgebirge so typischen, z. T. schon vor dem Tertiär geformten Flächen eindeutige Beweise. Vor allem die meist von Schiefem, Grauwacken, Gneisen, Phylliten und ähnlichen Gesteinen aufgebauten Verebnungen tragen verbreitet als Rest einer fersiallitischen tropoiden Verwitterung noch einen weißlich-grauen, lehmig-tonigen Saprolith, der solifluidal vor allem der Basislage beigemischt ist. Angesichts seines hohen kaolinitischen Tonanteils fördert er die Neigung der Bodendecke zur Staunässe (Bodeneinheit 15).

Andere Gesteine, wie z. B. die mitteldevonischen Massenkalken, liegen meist unter Löss bzw. im Liegenden mächtiger Solifluktsdecken und werden allenfalls nur kleinflächig als Rendzina pedogen wirksam (Bodeneinheit 17). Als fossile Böden sind in Dolinen und Karstspalten gelegentlich Terrae calcis zugänglich. Ähnlich verhält es sich mit Kalksteinen und Dolomiten des Zechsteins, die vor allem in Nordosthessen verbreitet sind.

Die Bodengesellschaften des Deckgebirges (Bodeneinheiten 12 - 14)

Ein großer Teil Hessens wird vom nicht gefalteten Deckgebirge eingenommen, das verbreitet als Schichtstufenlandschaft in Erscheinung tritt. Für deren morphologische Ausbildung ist ein Wechsel von flach lagernden Ton- und Sandsteinen, Mergel und Kalksteinen charakteristisch. Strukturelles Kennzeichen ihrer Bodengesellschaft ist die gesteins- und hangformabhängige Differenzierung des Bodenmosaiks. Auf der Stufe, die im Spessart und Odenwald von widerständigen Sandsteinen gebildet wird, sind saure Braunerden der verbreitete Bodentyp (Bodeneinheit 13). Zur exponierten, steilen Stufenstirn gehen sie in flachgründige, durchweg bewaldete, podsolierte Braunerden und Podsole über. Der Übergang vom konvexen Trauf zum konkaven Hangfuß erfolgt an der Grenze zum unterlagernden morphologisch weicherem Gestein, z. B. Tonstein (Bodeneinheit 15). Analog werden die Solifluktsdecken mächtiger und feinerdereicher. In der Bodengesellschaft dominieren jetzt basenreiche Braunerde, Zweischicht-Parabraunerde und Pseudogley. Im Bereich der Schichtquellhorizonte kommt kleinräumig auch Quellengley vor. Auf Kalksteinschichtstufen wird die Schichtfläche von flachgründiger Braunerde-Rendzina und Rendzina, vereinzelt auch Braunerde-Terra fusca, die Stufenstirn oft sogar von Syrosem und Felshumusboden eingenommen (Bodeneinheit 14). Im Hangfuß setzt sich die Bodengesellschaft dagegen aus Tonmergel-Rendzina, Rendzina-Braunerde, Zweischicht-Parabraunerde und pseudovergleyten Böden zusammen.

In Mittel- und Nordhessen lagern die Gesteinsschichten flacher mit weit gespannten Ebenheiten, auf denen auch Ton- und Schluffsteine die Gesteinsoberfläche einnehmen. Hier treten in der Bodengesellschaft verbreitet staunasse Böden wie Pseudogley und sogar Stagnogley auf (Reinhardswald, Kaufunger Wald, Burgwald). In analogen Reliefpositionen ist auch für die Mergel des Oberen Muschelkalkes Pseudogley typisch (Ringgau).

Wenn auch die lang gestreckten, aber sehr schmalen geologischen Gräben in Ost- und Nordhessen keine großen Flächen einnehmen, so stellen ihre Bodengesellschaften eine reizvolle Besonderheit dar. Senkrecht zum Grabenverlauf werden auf sehr kurzer Entfernung sehr verschiedene Gesteine der Trias und des Quartärs mit sehr unterschiedlichen Bodenformen angetroffen.

Bodengesellschaften der Vulkanlandschaft (Bodeneinheiten 10 - 11)

Die Bodenlandschaften der vulkanischen Gebirge des Tertiärs wie z. B. dem Vogelsberg werden von zwei Bodengesellschaften charakterisiert. Vor allem die Bergländer des basaltischen Westerwaldes und des Vogelsberges sind von Talzügen geprägt, die in sich weit öffnenden Talschlussmulden enden, und dazwischenliegenden Bergrücken als Interfluvien. Auf deren konvexen Rücken, in Oberhang- und Mittelhangposition, sind skelettreiche lössarme Schutte verbreitet, in denen grobporenreiche, edaphisch trockene, aber aufgrund des basaltischen Lockergesteinsanteils basenreiche Braunerden entwickelt sind. In exponierten Lagen entstanden vereinzelt auch Blockströme mit Skelett- und Felshumusböden. Vielfach wurden im Hang Vulkaniklastite angeschnitten, über denen schwebende Grundwasserstockwerke in die Solifluktsdecken entwässern. Die Bodengesellschaft ist durch Quellengley und Hanggley in unmittelbarer Nachbarschaft zu Braunerde gekennzeichnet. In Unterhangposition dagegen, in konkaven Hangflanken und vor allem in den Talschlussmulden treten feinerdereiche, häufig stark verdichtete Mittellagen auf. Ähnliche morphologische Situationen ergeben sich auch am Rande der Basaltmassive oder in stark aufgelösten Vulkanlandschaften, wenn das liegende sedimentäre Tertiär angeschnitten ist. Die Bodengesellschaft reicht von saurem, basenarmem Pseudo- zu Stagnogley, von Quellengley und Anmoor- zu Moorgley. Diese Reliefelemente werden wegen der Vernässung bevorzugt als Grünlandstandorte genutzt. Ackerbauliche Nutzung ist dagegen auf die trockenen Hangflanken begrenzt. Hinderliche Gesteinsblöcke wurden ausgelesen und zum Bau von Ackerterrassen verwendet oder am Feldrain abgelegt, wo sich später Hecken ansiedelten, die heute die Fluren der vulkanischen Mittelgebirge charakterisieren.

Infolge tektonischer Absenkung blieben im Vorderen Vogelsberg, nördlich der Wetterau große Flächen

hämatitreicher fersiallitischer und feralitischer Böden aus dem Tertiär von der Erosion verschont. Oberflächennah wurden diese Bodenbildungen während des Pleistozäns solimixtiv oder -fluidal verändert und mit Löss/Lösslehm angereichert, doch lassen sich die Bodenrelikte aufgrund der intensiven roten Färbung, vor allem auf frisch gepflügten Feldern, leicht erkennen.

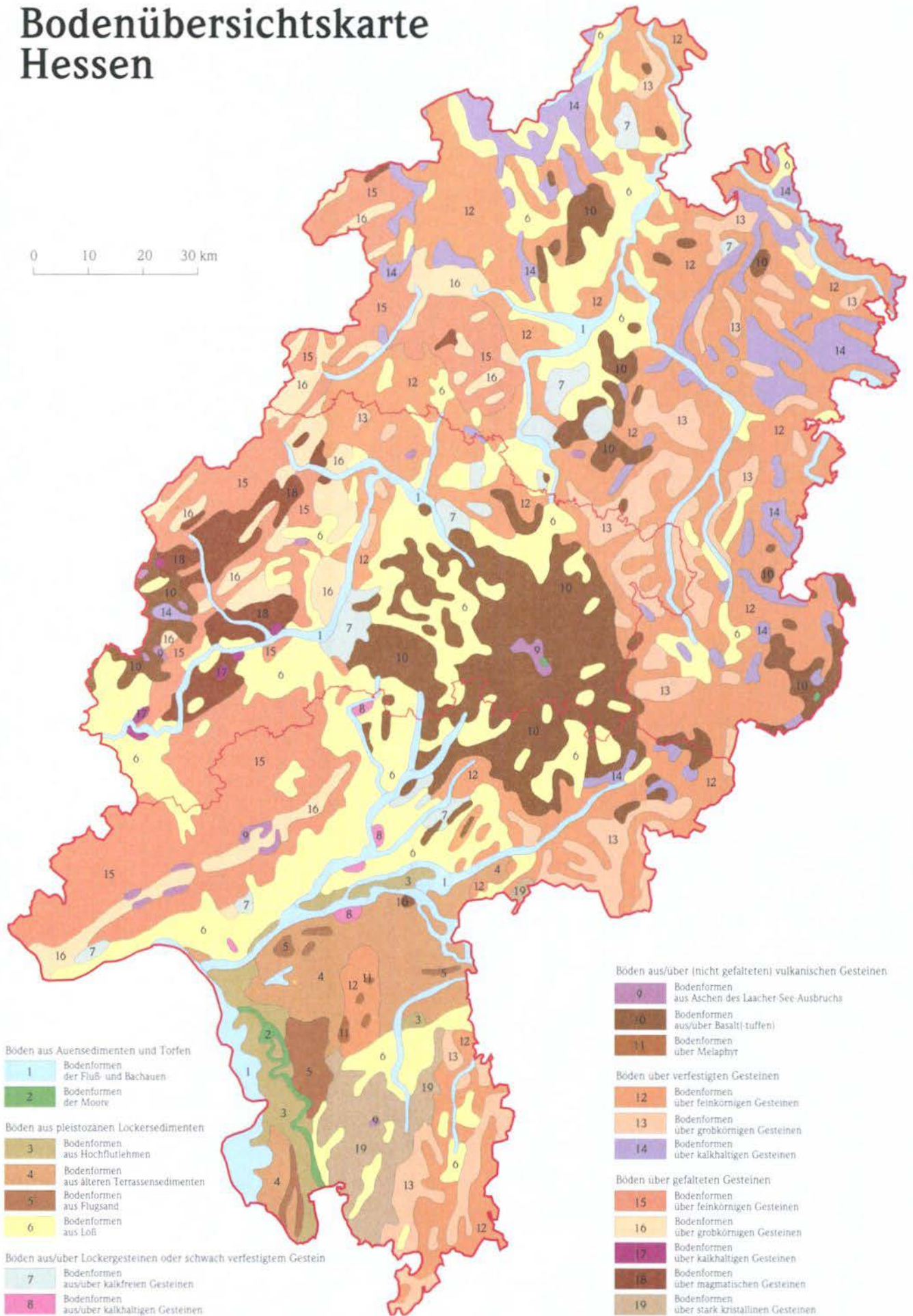
Literatur:

- AG Boden* (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Aufl., 392 S.; Hannover.
- Altemüller, H. J. & Poetsch, T.* (1984): Zur Mikromorphologie der Bodenbildung aus basaltischem Zersatzmaterial. - *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 39: 61 -66; Bonn.
- Bauer, A. W.* (1993): Bodenerosion in den Waldgebieten des östlichen Taunus in historischer und heutiger Zeit. - Ausmaß, Ursachen und geoökologische Auswirkungen. - *Frankfurter geowiss. Arb.*, D 14: 194 S.; Frankfurt am Main.
- Dambeck, R. & Bos, J.A.A.* (2002): Lateglacial and Holocene Landscape evolution of the northern Upper Rhine-Rift-Valley. - *Z. Geomorph., N. F., Suppl.-Bd.*, 128: 101-127; Berlin, Stuttgart.
- Emmerich, K.- H.* (1994): Podsole im Buntsandstein-Odenwald. - *Geol. Jb. Hessen*. 122: 173-184; Wiesbaden.
- Felix-Henningsen, P.* (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge. - Relief, Boden, Paläoklima, 6: 192 S.; Berlin.
- Fried, G.* (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald. - *Frankfurter geowiss. Arb.*, D 4: 201 S.; Frankfurt/Main.
- Friedrich, K. & Sabel, K.- J.* (2004): Die Böden und ihre Verbreitung in den hessischen Weinbaugebieten. - In: *Der Weinbaustandortatlas von Hessen.-Geol. Abh. Hessen* 114: 59-69; Wiesbaden.
- Harrach, T.* (1974): Kritische Bemerkungen zur Genese und Systematik der „Verwitterungsböden“. - *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 18: 320-326; Göttingen.
- Hauptenthal, C.* (1978): Über Schwarzerden in der Niederhessischen Senke. - *Geol. Jb. Hessen*, 106: 319 - 366; Wiesbaden.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie* (2002): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 50 000.- 578 S.; Wiesbaden.
- Plass, W.* (1966): Braunerden und Parabraunerden in Nordhessen. - *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk.*, 114: 14-27; Weinheim.
- Poetsch, Th.* (1975): Untersuchungen von bodenbildenden Deckschichten unter besonderer Berücksichtigung ihrer vulkanischen Komponente. - *Gießener geol. Schr.*, 4: 180 S.; Gießen.
- Sauer, D.* (2002): Genese, Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen im Rheinischen Schiefergebirge - anhand von Beispielen aus Westerwald, Hunsrück und Eifel. - *Boden und Landschaft*, 36: 294 S.; Gießen.
- Sakr, R. und Meyer B.* (1970): Mineral-Verwitterung und -Umwandlung in typischen sauren Lockerbraunerden in einigen Mittelgebirgen Hessens. - *Göttinger Bodenkl. Ber.*, 14; Göttingen.
- Sabel, K.- J.* (1982): Ursachen und Auswirkungen bodengeographischer Grenzen in der Wetterau (Hessen). - *Frankfurter geowiss. Arb.*, D. 3: 116 S.; Frankfurt/Main.
- Schönhals, E.* (1954): Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 300 000. - *Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 2: 258 S.; Wiesbaden.
- Schönhals, E.* (1975): Die Bedeutung geologischer, insbesondere quartärgeologischer Vorgänge für die Bodenbildung in Hessen. - *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 18: 11 - 17; Göttingen.
- Schellmann, W.* (1966): Die Bildung von Roterde und Bauxitknollen im Vogelsberg. - *N. Jahrbuch f. Mineralogie, Mh.*, 11.: 321 - 341; Wiesbaden.
- Semmel, A.* (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. - *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 92: 275 - 285; Wiesbaden.
- Semmel, A.* (1968): Studien zum Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. - *Frankfurter Geogr. Hefte*, 45: 133 S.; Frankfurt/Main.
- Semmel, A.* (1977) *Grundzüge der Bodengeographie.* - 119 S.; Stuttgart.
- Semmel, A.* (1995): Bodenkundliche Hinweise auf Acker- und intensive Bodenerosion um 8 000 B.P. im Rhein-Main-Gebiet. - *Archäol. Korrespondenzbl.*, 25: 157-163, Mainz.
- Semmel, A.* (1998): Historische Bodenerosion und ihre geoökologischen Folgen in Mittelgebirgswäldern. - *Bochumer geogr. Arb., Sonderbd.* 13: 73-75; Bochum.
- Semmel, A.* (1999): Spezielle Formen quasinatürlicher Massenverlagerungen in Odenwald und Taunus. - *Tübinger geowiss. Arb.*, D5: 213-229; Tübingen.
- Semmel, A.* (2000): Holozäne Umweltentwicklung im Spiegel der Böden. - *Bayer. Ak. Wiss., Rundgespräche Komm. Ökol.*, 18: 129-137; München.
- Thiemeyer, H.* (1988): Bodenerosion und holozäne Dellenentwicklung in hessischen Lößgebieten. - *Rhein-Main-Forsch.*, 105: 174 S.; Frankfurt am Main.
- Weidner, E.* (1990): Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1 : 50 000. - *Hess. Landesamt f. Bodenforsch.*; Wiesbaden.
- Wirtz, R.* (1972): Beitrag zur Kenntnis der Paläosole im Vogelsberg. - *Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 61:159 S. Wiesbaden
- Zakosek, H.* (1991): Zur Genese und Gliederung des Rheintal-Tschernosems im nördlichen Oberrheingraben. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, 20: 159-176; Mainz.

Anschrift:

Prof. Dr. Karl-Josef Sabel
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden
mail: k.sabel@hlug.de, Tel.: 06116939 959

Bodenübersichtskarte Hessen



Böden aus Auensedimenten und Torfen

- 1 Bödenformen der Fluß- und Bachauen
- 2 Bödenformen der Moore

Böden aus pleistozänen Lockersedimenten

- 3 Bödenformen aus Hochfultlehm
- 4 Bödenformen aus älteren Terrassensedimenten
- 5 Bödenformen aus Flugsand
- 6 Bödenformen aus Löß

Böden aus/über Lockergesteinen oder schwach verfestigtem Gestein

- 7 Bödenformen aus/über kalkfreien Gesteinen
- 8 Bödenformen aus/über kalkhaltigen Gesteinen

Böden aus/über (nicht gefalteten) vulkanischen Gesteinen

- 9 Bödenformen aus Aschen des Laacher-See-Ausbruchs
- 10 Bödenformen aus/über Basalt(-tuffen)
- 11 Bödenformen über Melaphyr

Böden über verfestigten Gesteinen

- 12 Bödenformen über feinkörnigen Gesteinen
- 13 Bödenformen über grobkörnigen Gesteinen
- 14 Bödenformen über kalkhaltigen Gesteinen

Böden über gefalteten Gesteinen

- 15 Bödenformen über feinkörnigen Gesteinen
- 16 Bödenformen über grobkörnigen Gesteinen
- 17 Bödenformen über kalkhaltigen Gesteinen
- 18 Bödenformen über magmatischen Gesteinen
- 19 Bödenformen über stark kristallinen Gesteinen

Die naturräumliche Gliederung und Naturraumtypen Hessens

T. Harrach

Die Aufgaben, Methoden und Abgrenzungskriterien der naturräumlichen Gliederung werden von Uhlig (1978) sowie von Jungmann & Brückner (2005, in diesem Band) dargestellt.

In einer jüngeren naturräumlichen Gliederung der Bundesrepublik Deutschland (Tietze u.a. 1990) wird der größte Teil von Hessen der „Zentraleuropäischen Mittelgebirgsschwelle“ und der südliche Landesteil dem „Süddeutschen Schichtstufenland mit Oberrheinischem System“ zugeordnet.

Der **Naturraumgliederung von Hessen** nach Pletsch (1989) in Abb. 1 und Übersicht 1 liegt die traditionelle naturräumliche Gliederung Deutschlands (E. Meynen, J. Schmithüsen u.a. 1962) zugrunde.

Die in der hessischen Verwaltung gebräuchliche Version der gleichen Gliederung von *Klausing* (1988) enthält einige unglückliche Bezeichnungen, z. B. für die Naturräume 233 oder 320, die etwas irreführend sind.

Pletsch (1989, S. 9) bemängelt, dass die Naturraumgliederung Deutschlands teils sehr heterogene Teilräume zusammenfasst und die zugrunde gelegten Kriterien nicht immer stringent genug eingehalten worden sind. Die von ihm benutzten Bezeichnungen für die naturräumliche Großgliederung Hessens wurden in die Übersicht 1 mit den Buchstaben A bis D eingefügt. Die zweistelligen Ziffern kennzeichnen die Großeinheiten und dreistellige Ziffern die Haupteinheiten der naturräumlichen Gliederung in der Version von Pletsch (1989).

Von der festgelegten Naturraumgliederung Deutschlands etwas losgelöst können **Naturraumtypen** unterschieden werden, die sich hinsichtlich ihrer geologischen-geomorphologischen Struktur, der vorkommenden Bodengesellschaften und der vorherrschenden Bodennutzung übersichtlicher charakterisieren lassen. Unter Berücksichtigung entsprechender Kenntnisse (Jungmann & Brückner 2005, Henningssen & Katzung 2002, Pletsch 1989, Sabel 2005 sowie HLFB 1989) lassen sich die wichtigsten Naturraumtypen in Hessen wie folgt gliedern:

Naturraumtypen in Hessen

- a) Rhein-Main-Ebene
 1. Landschaften der Nördlichen Oberrheinniederung
 2. Landschaften der Hessischen Rheinebene
 3. Landschaften der Untermainebene und des Messeler Hügellandes
- b) Lößgebiete (Beckenlandschaften bzw. Gebirgs-vorländer)
 4. Lößlandschaften

- c) Mittelgebirge und Hügellandschaften
 5. Kristallgebiete
 6. Rheinisches Schiefergebirge
 7. Rotliegend-Landschaften
 8. Landschaften des Mesozoikums
 9. Junge Vulkangebiete

Die Abgrenzung der Naturraumtypen erfolgt im wesentlichen nach geologischen-geomorphologischen Kriterien im Sinne von *Jungmann & Brückner* (2005). Die Naturraumtypen lassen sich eindeutig durch jeweils charakteristische Bodengesellschaften kennzeichnen (s. *Sabel* 2005). Daraus folgen naturraumspezifische Standortbedingungen für die Landnutzung. Aus Platzgründen können die einzelnen Naturraumtypen Hessens an dieser Stelle nur schlaglichtartig besprochen werden, wobei hauptsächlich auf die Standortbedingungen für die landwirtschaftliche und forstliche Nutzung eingegangen wird.

1. Landschaften der Nördlichen Oberrheinniederung

In entwässerten und durch Deiche geschützten Teilgebieten überwiegt der intensive Ackerbau mit hohem Feldgemüseanteil auf humosen, tonreichen Böden. Der Hochwasserschutz mit großen Pumpstationen hat einen hohen Stellenwert, während Feuchtgebiete für den Naturschutz und die Wasserretention unverzichtbar sind.

2. Landschaften der Hessischen Rheinebene

In den Flusslandschaften mit eher schluffreichen Böden herrschen sehr günstige Bedingungen für einen intensiven Ackerbau mit Zuckerrüben und viel Feldgemüse vor, wobei die Feldberegnung weit verbreitet ist. Die tonreichen Hochflutlehme des Neckars weisen teils Staunässe auf, während das ehemalige Flussbett des Neckars Feuchtbiotope aufweist. Die ausgedehnten Flugsandgebiete haben einen höheren Waldanteil, meistens mit Kiefernbestockung. Sonst floriert hier der Spargelanbau.

3. Landschaften der Untermainebene und des Messeler Hügellandes

In diesem Landschaftsraum herrschen nährstoffarme Sandböden, größtenteils Flugsand, teils auch fluviale Sande, vor, auf denen ausgedehnte Waldgebiete mit hohem Anteil an Kiefern vorkommen. Außerdem hat der Spargelanbau größere Bedeutung. Im übrigen ist der Flächenverbrauch für Siedlung, Industrie und Verkehr in diesem Ballungsgebiet sehr hoch.

4. Lößlandschaften

Seit dem Neolithikum sind Lößgebiete bevorzugte Agrarstandorte. In der Fruchtfolge spielt die Zuckerrübe eine zentrale Rolle. Im Rheingau sowie an der Hessischen Bergstraße wird jedoch überwiegend Wein und im Main-Taunus-Vorland vielfach Obst angebaut.

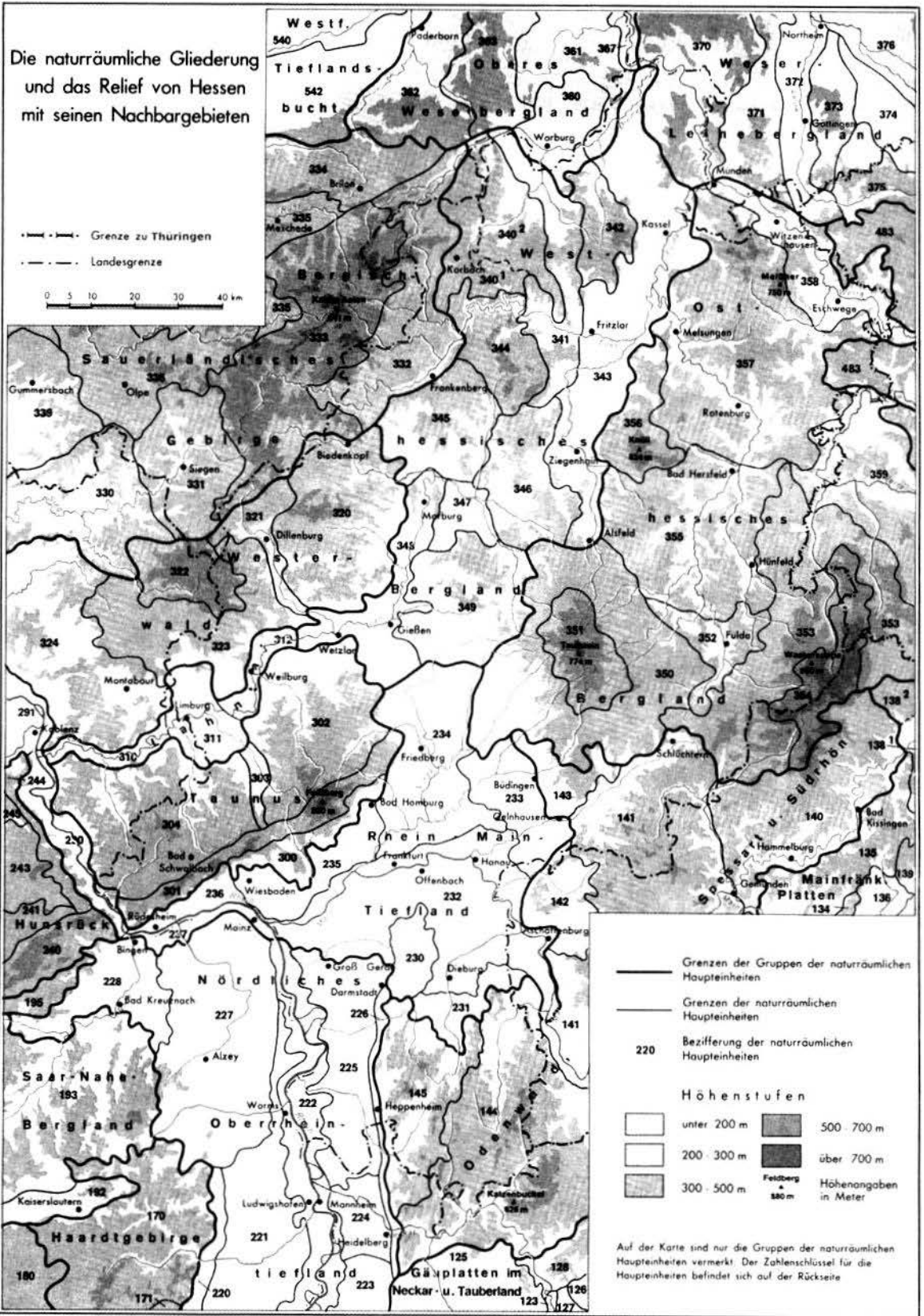
5 Kristallgebiete

Vor allem im Vorderen (Kristallinen) Odenwald wird die Bodennutzung stärker durch das bewegte Relief (Rand des Rheintalgrabens) als durch die Bodenqualität bestimmt, zumal das Klima sehr günstig ist: warm und relativ niederschlagsreich. Die sehr abwechslungsreiche Landschaft mit hohem Laubwaldanteil bietet gute Voraussetzungen für den Tourismus.

Übersicht 1:

Haupteinheiten der naturräumlichen Gliederung innerhalb der Grenzen von Hessen

- | | |
|---------------------------------------|--|
| Südhessische Becken und Gebirgsländer | 33 Bergisch-Sauerländisches Gebirge |
| 14 Odenwald, Spessart und Südrhön | 332 Ostsauerländer Gebirgsrand |
| 140 Südrhön | 333 Hochsauerland (Rothaargebirge) |
| 141 Sandsteinspessart | |
| 142 Vorderer Spessart | <i>C. Westhess. Bergland und Westhess. Senke</i> |
| 143 Büdinger Wald | 34 Westhessisches Bergland |
| 144 Sandsteinodenwald | 340 Waldecker Tafelland |
| 145 Vorderer Odenwald | 340 ¹ Waldecker Gebirgsvorland |
| 22 Nördliches Oberrheintiefend | 340 ² Waldecker Wald |
| 222 Nördliche Oberrheinniederung | 341 Ostwaldecker Randsenken |
| 225 Hessische Rheinebene | 342 Habichtswälder Bergland |
| 226 Bergstraße | 343 Westhessische Senke |
| 23 Rhein-Main-Tiefland | 344 Kellerwald |
| 230 Messeler Hügelland | 345 Burgwald |
| 231 Reinheimer Hügelland | 346 Oberhessische Schwelle |
| 232 Untermainebene | 347 Amöneburger Becken |
| 233 Ronneburger Hügelland | 348 Marburger-Gießener Lahntal |
| 234 Wetterau | 349 Vorderer Vogelsberg |
| 235 Main-Taunus-Vorland | |
| 236 Rheingau | <i>D. Osthessisches Bergland und Osthessische Senke</i> |
| <i>B. Rheinisches Schiefergebirge</i> | 35 Osthessisches Bergland |
| 30 Taunus | 350 Unterer Vogelsberg |
| 300 Vortaunus | 351 Hoher Vogelsberg (mit Oberwald) |
| 301 Hoher Taunus | 352 Fuldaer Senke |
| 302 Östlicher Hintertaunus | 353 Vorder- und Kuppenrhön (mit Landrücken) |
| 303 Idsteiner Senke | 354 Lange Rhön |
| 304 Westlicher Hintertaunus | 355 Fulda-Haune-Tafelland |
| 31 Lahntal (s. auch 348) | 356 Knüll und Homberger Becken |
| 310 Unteres Lahntal | 357 Fulda-Werra-Bergland |
| 311 Limburger Becken | 358 Unteres Werratal |
| 312 Weilburger Lahntal | 359 Salzunger Werrabergland |
| 32 Westerwald | 37 Weser-Leine-Bergland |
| 320 Lahn-Dill-Bergland | 370 Reinhardswald |
| 321 Dilltal | 371 Sollingvorland |
| 322 Hoher Westerwald | 372 Leine-Ilme-Senke |
| 323 Oberwesterwald | 47/48 Randplatten des Thüringer Beckens |
| 324 Niederwesterwald | 483 Ringgau, Hainich, Obereichsfeld
und Dün-Hainleite |



Quelle: Naturräumliche Gliederung Deutschlands 1 : 1 000 000 und Deutscher Planungsatlas von Hessen 1 : 600 000

6 Rheinisches Schiefergebirge

Die Vielfalt der Gesteine bezüglich Härte und Basengehalt hat deutlichen Einfluss auf das Landschaftsbild. Harte, verwitterungsresistentere Gesteine (Quarzit, Kieselschiefer, Diabas, Massenkalk) bilden Erhebungen, während die Basennachlieferung die Trophie des Bodens beeinflusst. Die hessische forstliche Standortkartierung stuft die Böden auf Kalkstein, Diabas und Schalstein meist als eutroph (Humusform Mull) ein, während Böden auf Tonschiefer in der Regel als mesotroph (Humusform Moder) kartiert werden, wobei die quartären Deckschichten und anthropogene Einflüsse zu deutlichen Modifikationen führen können. Auf Quarzgesteinen hängt die Trophie von den Deckschichten ab. Auf Lößlehm herrschen im Bergland mesotrophe Verhältnisse vor. Auch Laacher-See-Tephra ist verbreitet, im Taunus und im Lahn-Dill-Bergland z. B. nicht selten bis über 50 cm mächtig. Die darauf entwickelten Lockerbraunerden sind noch mesotroph, aber merklich ärmer als der Lößlehm. Noch größeren Einfluss hat die quartäre Bedeckung auf den Wasserhaushalt der Böden (nFK und Gründigkeit). In Leelagen ist die nFK der Böden im Wurzelraum höher. In solchen Landschaftsteilen kommen eher landwirtschaftlich genutzte Flächen vor. Sonst ist der Waldanteil im Schiefergebirge recht hoch, wobei auf basischen Gesteinen der Laubwald vorherrscht.

7 Rotliegend-Landschaften

Das Ronneburger Hügelland wird, von den bewaldeten Basaltrüben abgesehen, überwiegend landwirtschaftlich genutzt, da die permzeitlichen Gesteine weitgehend von Löß überlagert sind. Lediglich in Luvlagen kommen skelettreiche Böden auf Sandstein bzw. Pelosole auf Tonstein vor.

8 Landschaften des Mesozoikums

Große Landesteile im östlichen Hessen werden von mesozoischen Gesteinen – vor allem von Buntsandstein – beherrscht. Die Sandsteingebiete, z. B. Büdinger Wald, Spessart, Sandsteinodenwald, sind die walddreichsten Landschaften Hessens, wobei auf den nährstoffarmen Böden vorwiegend Nadelhölzer kultiviert werden. Sandsteingebiete sind für die Trinkwasserversorgung von Ballungsgebieten bedeutend. Landwirtschaft wird eher auf tonigen Buntsandsteinsubstraten und in stärker lößbeeinflussten Lagen betrieben. In NO-Hessen wechseln Gesteine und Standortqualität besonders stark. Hervorzuheben sind hier naturnahe Kalkbuchenwälder und artenreiche Kalkmagerrasen auf Muschelkalk.

9 Junge Vulkangebiete

Der ganze Vogelsberg, der Hohe Westerwald und Teile der Rhön bestehen aus basaltischen Massen. Außerdem prägen verbreitete Basaltrüben vor allem entlang der Westhessischen (Niederhessischen) Senke zwischen Alsfeld und Kassel das Landschaftsbild. Im Vogelsberg und Hohem Westerwald herrscht bei

sanftem Relief meist die landwirtschaftliche Nutzung vor, wobei in den höheren Lagen das Grünland dominiert. Demgegenüber stocken auf den skelettreichen, eutrophen Böden der Basaltrüben meist naturnahe, artenreiche Buchenwälder. Die ausgedehnten Fichtenforste im Hohen Vogelsberg entstanden durch die Aufforstung stark degraderter Böden unter Borstgrasen als Ergebnis extensiver Weidewirtschaft in historischer Zeit (Exkursion G 2).

Literatur

- Jungmann, W.-W. & H. Brückner* (2005): Die geologisch-geomorphologischen Grundlagen Hessens. Mitt.Dtsch.Bdcl.Ges. Bd. 105.
- Henningsen, D. & G. Katzung* (2002): Einführung in die Geologie Deutschlands. 6. Aufl., Heidelberg u. Berlin.
- HLfB – Hess. Landesamt für Bodenforschung*, 1989: Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000, 4. Aufl., Wiesbaden.
- Hocke, R.* (1995): Waldbodenzustand in Hessen. Wald in Hessen, Forschungsbericht, Bd. 19, Wiesbaden.
- Klausing, O.* (1988): Die Naturräume Hessens mit Karte 1:200 000. Schriftenreihe der Hess. Landesanstalt für Umwelt, Heft 67, Wiesbaden.
- Liedtke, H.* (1995): Namen und Abgrenzungen von Landschaften in der Bundesrepublik Deutschland. Forschungen zur deutschen Landeskunde. Bd. 239, Trier.
- Pletsch, A.* (1989): Hessen. Wissenschaftliche Länderkunden 8/III, Darmstadt.
- Tietze, W., K.-A. Boesler, H.-J. Klink & G. Voppel* (Hrsg.) (1990): Geographie Deutschlands – Bundesrepublik Deutschland. Bornträger Berlin, Stuttgart
- Sabel, K.-J.* (2005): Die Bodenlandschaften Hessens. Mitt.Dtsch.Bdcl.Ges. Bd. 105.
- Uhlir, H.* (1978): Die Naturräumliche Gliederung – Methoden, Anwendung und Bedeutung für die Regionalplanung, mit Beispielen aus Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland –. Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 121, S. 83 – 124.

Anschrift:

Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26 –32, D-35392 Gießen

Die Besiedlung Hessens in ur- und frühgeschichtlicher Zeit

L. Fiedler

Galten noch bis vor wenigen Jahren die Vermutungen über das hohe, altpleistozäne Alter der urtümlichen Artefakte von Hünfeld-Großenbach in Fachkreisen als zu gewagt, so müssen wir heute zur Kenntnis nehmen, dass stratigraphisch gesicherte, paläomagnetisch datierbare und mit spätaltpleistozäner Fauna begleitete Steingeräte aus Dorn-Dürkheim (nördlicher Oberrhein) vorliegen, die älter als 780 000 Jahre sind (Fiedler & Franzen, 2002). Aus altpleistozänen Werraablagerungen im thüringisch-hessischen Grenzbe- reich konnte G. Landeck Artefakte bergen, die sowohl dem paläomagnetischen Jaramillo-Event, entsprechend etwa 1 Mio. Jahre, als auch einer noch davor zu datierenden Warmzeit angehören. Das Alter des berühmten Unterkiefers von Mauer bei Heidelberg wird heute nach Abschätzung aller geologischer und paläontologischer Anhaltspunkte zwischen 600 000 und 780 000 Jahren angenommen (Wagner, 1996). Diese drei, aus der Peripherie Hessens stam- menden Funde bestärken die Vermutung, dass für die archaischen Artefakte aus der Wetterau bei Münzen- berg nicht nur aus typologischen Erwägungen eine Herstellung in der Zeit des *Homo erectus* wahrschein- lich ist. Die leider bescheidenen stratigraphischen Anhaltspunkte für diesen Artefaktkomplex besagen lediglich, dass er älter als eine Lößfolge der vorletz- ten Kaltzeit („Riss“) ist (Krüger, 1994).

Überhaupt ist das an altsteinzeitlichen Funden reiche Land Hessen seltsamerweise arm an geologischen *in-situ*-Positionen, die dafür brauchbare naturwissen- schaftliche Altersangaben erbrachten. Die meisten Steingerätkomplexe lassen sich nur formenkundlich beurteilen. Grobe Faustkeile, massive diskoide Kerne und überwiegend dicke Abschlüge aus Quarzit fanden sich bei Oberaula-Hausen (Schwalm-Eder-Kreis) sowie südlich und östlich von Schwalmthal-Rainrod (Vogelsbergkreis). Sie lassen sich möglicherweise zeitlich an das Fundmaterial von Münzenberg anschließen und könnten so auf ein Alter zwischen 300 000 und 500 000 Jahre kommen. Auch von der Quarzitkuppe „Reutersruh“ bei Schwalmstadt- Ziegenhain gibt es neben typischen mittelpaläolithi- schen Funden solche, die vielleicht noch einem älter- en Abschnitt der Faustkeilkultur zuzurechnen sind.

Mittelpaläolithische Funde aus der Zeit der Neander- taler gibt es aus fast allen Regionen Hessens. Zu vie- len dieser Steingerätkomplexe gehören neben annä- hernd herzförmigen Faustkeilen auch flächig behau- ene Schaber, Keilmesser, Faustkeilblätter, Blattspitzen sowie tendenziell dünne diskoide Kerne. Ihre Zuord- nung zu archäologischen Formengruppen mit jeweils speziellen kulturellen Hintergründen, ist heute nicht mehr tragbar, denn die Ausprägung der Inventare hängt mehr von den verfügbaren Rohmaterialien, den

Aufenthaltszeiten, Gruppengrößen und ausgeübten Aktivitäten ab, als von speziellen ethnisch geprägten Verhaltensmustern. Trotzdem lassen es technologi- sche und formale Besonderheiten der Artefakte zu, die hessischen Funde in einem weiträumigen Bezie- hungsgeflecht zwischen west- und osteuropäischen Traditionen zu sehen, deren charakteristische Geräte- formen hier vorhanden sind.

Der bedeutendste Fundplatz dieser Zeit ist der von Edertal-Buhlen. Hier konnte an einem in das Netze- Tal vorspringenden Dolomitfelsen eine mehrschichti- ge Besiedlung festgestellt werden, die vom Ende der vorletzten Kaltzeit bis zum späten Mittelpaläolithi- kum reichte. Besonders wichtig ist der sogenannte Untere Fundplatz mit den Resten einer beheizten rundlichen Behausung sowie zahlreichen Jagdbeute- resten und Steingeräten (Fiedler, 1990 u. 1994). Ob- wohl bisher noch nicht genügend zur Kenntnis ge- nommen, liefert dieser Befund doch entscheidende Aussagen zum Leben und zu Verhaltensweisen der Neandertaler, indem hier erstmalig in Mitteleuropa der aus Steinblöcken errichtete Grundring einer Hütte aufgedeckt werden konnte, in dem eine deutliche Aufteilung von unterschiedlichen Aktivitätsbereichen nachweisbar ist. Neuerdings liegen mehrfach ähnl- iche Befunde aus der Südosteifel in der Nähe von Koblenz vor (v. Berg, 2003)

Interessanterweise gibt es in Hessen auffallend viele Inventare, die mit größter Wahrscheinlichkeit einer sehr späten Phase der Neandertalerzeit zugeschrieben werden können. Es sind Fundkomplexe, in denen dünne Blattspitzen, bogenförmig retuschierte Scha- ber, rundliche oder spitze Kratzer, Geräte mit flächigen Endretuschen sowie oft ein deutlicher Anteil von schmalen Klingen vorkommen. Der Anteil jungpaläolithischer Geräteformen ist auffallend und die flie- ßenden Übergänge machen es schwer, hier noch von einem kennzeichnenden Mittelpaläolithikum zu spre- chen. Die ¹⁴C-Datierungen derartiger Inventare im östlichen Mitteleuropa, die zweifelsfrei eine allmähli- che Entwicklung zum jungpaläolithischen Aurigna- cien erkennen lassen, liegen zwischen 60 000 und 40 000 BP.

Leider gibt es aus dem frühen Jungpaläolithikum aus ganz Europa bis zum Zeitpunkt dieser Niederschrift keine sicher datierten Menschenreste, die dem Cro- Magnon-Menschen, dem *Homo sapiens sapiens* zu- geschrieben werden können. Insofern kann man es nur als hypothetisch bezeichnen, wenn den Aurigna- cienfunden aus der Wildscheuerhöhle bei Runkel- Steeden an der Lahn oder dem Aurignacienkomplex von Gilsa (Schwalm-Eder-Kreis) dieser moderne Menschentyp zugeordnet wird. Der Sachverhalt ändert sich aber mit dem mittleren Jungpaläolithikum, dem Gravettien, in das nach neuesten Datierungen die berühmten Skelettreste von CroMagnon gehören. Neben der Wildscheuerhöhle lieferten aus dieser Zeit nur ein Fundplatz bei Marburg sowie ein anderer aus

Kirchberg (Schwalm-Eder-Kreis) bescheidene Funde. Diese Fundarmut betrifft auch das jüngere Jungpaläolithikum, das Magdalénien, von dem wiederum die Wildscheuerhöhle die meisten Zeugnisse erbrachte. Erst aus dem ausklingendem Jungpaläolithikum ist die Funddichte in ganz Hessen wieder auffallend. Der wichtigste Platz wurde um 1990 bei Rüsselsheim ausgegraben. Hier konnten in einem fossilen Dünen- gelände die Reste einer Behausung sowie einer zweiten, leider nur halb erhaltenen Zeltstelle freigelegt werden. Die Rüsselsheimer Befunde gehören in eine Zeit des sich wandelnden eiszeitlichen Klimas (Alleröd), in der es am Main lichte Kiefern/Birkenwälder gab.

In die volle Nacheiszeit (Präboreal, Boreal und frühes Atlantikum) gehören in Hessen zahlreiche Oberflächenfundstellen des Mesolithikums. Ergrabene Funde liegen nur aus dem Sandsteinabri „Riesenstein“ bei Heimarshausen (Kreis Kassel) sowie aus der Lahnaue bei Niederweimar südlich von Marburg vor. Letztere waren um eine Feuerstelle gruppiert in der sich verbrannte Zahnreste vom Hirsch fanden. Neben Mikrolithen und anderen Steingeräten wurde hier auch eine zerbrochene „Schminkplatte“ aus Sandstein mit beidseitigen Nutzungsflächen entdeckt.

Trotz sehr zahlreicher bekannter Siedlungsstellen und einer größeren Anzahl neuerer Grabungen gibt der älteste Abschnitt des bäuerlichen Neolithikums noch immer einige Rätsel bezüglich der Ursprungsgebiete und rascher Ausbreitung auf. Denn zusammen mit früher und mittlerer Bandkeramik fanden sich in den letzten Jahren auch immer wieder Scherben, die einerseits auf Südwesteuropa hinweisen und andererseits solche, die stilistisch der sehr frühen Jungsteinzeit Südosteuropas entsprechen. Waren die Träger des frühen Neolithikums in Hessen akkulturierte Einheimische, Einwanderer oder eine Art Mischbevölkerung? Ihre Siedlungen breiten sich entlang der Flußsysteme hauptsächlich auf Lößflächen aus. Allerdings gibt es in Mittelhessen, vor allem aber im hessischen Ried am alten Main und Neckar auch reine Sandböden, die genutzt wurden. Diese Verhältnisse dauerten während des mittleren Neolithikums an, während im Jung- und Spätneolithikum auch zunehmend Mittelgebirgslagen besiedelt wurden. In der Eisenzeit schließlich wurde die gesamte hessische Landschaft agrarisch genutzt. Großflächige Rodungen setzten aber erst im beginnenden Hochmittelalter ein.

Literatur:

v. Berg, A. (2003), Siedlungsreste aus der Zeit der Neanderthaler im Wannenvulkan bei Ochtendung, Kreis Mayen-Koblenz. Archäologie an Mittelrhein und Mosel Nr. XXX, 14-17.

Fiedler, L. (1990): Ein mittelpaläolithischer Hütengrundriß aus Edertal-Buhlen in Nordhessen. EAZ 31, 65-73.

Fiedler, L. (1994): Alt- und mittelsteinzeitliche Funde in Hessen. Führer zur Hessischen Vor- und Frühgeschichte 2, Wiesbaden.

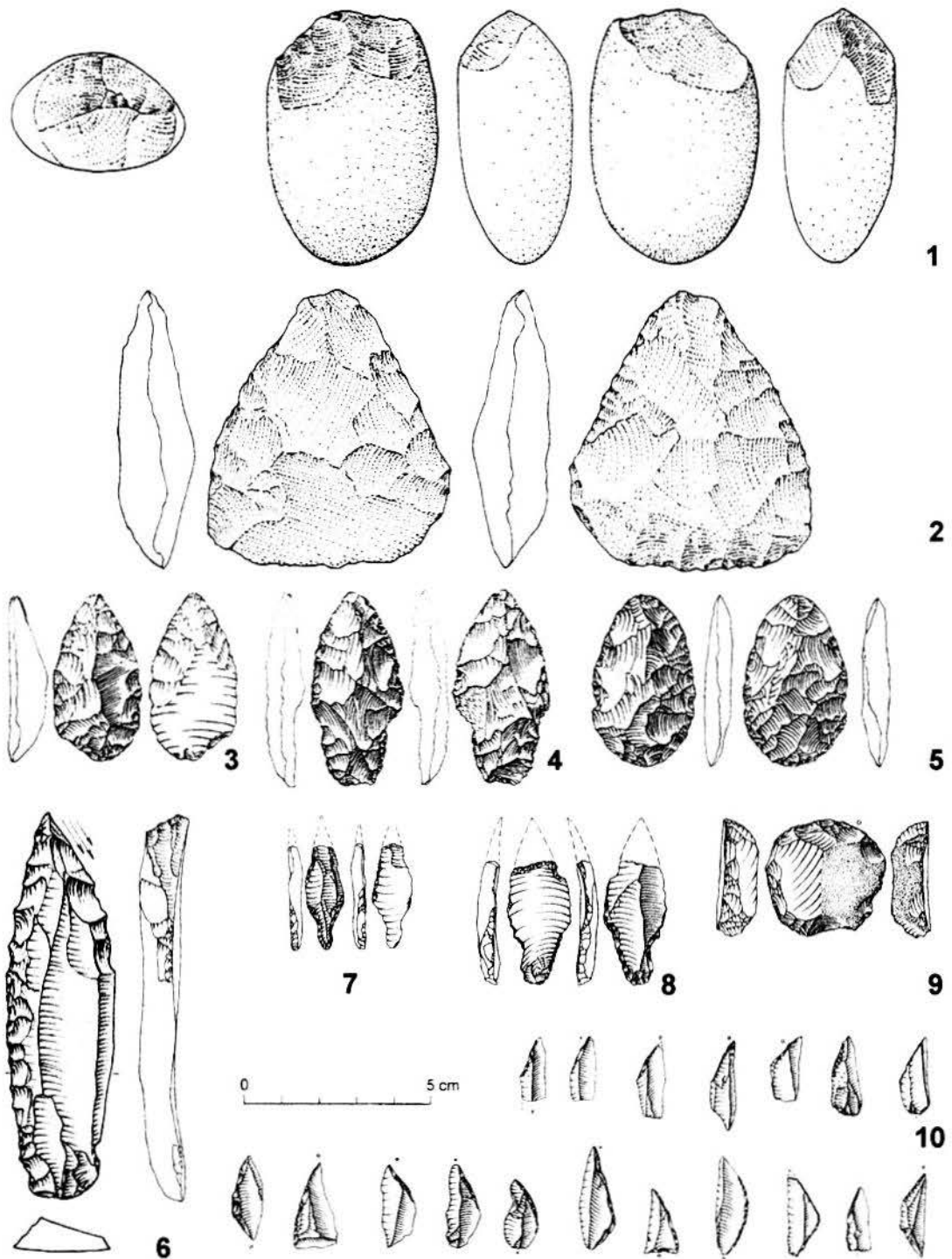
Fiedler, L. & J.L. Franzen (2002): Artefakte vom altpleistozänen Fundplatz "Dorn-Dürkheim 3" am nördlichen Oberrhein. Germania 80², 421-440.

Krüger, H. (1994): Die altpaläolithische Geröllgeräte-Industrie der Münzenberger Gruppe in Oberhessen. Materialien zur Vor- und Frühgeschichte von Hessen 10.

Wagner, G.A. (1996): Überlegungen zur Zeitstellung der Fundsicht des Homo erectus heidelbergensis in den Sanden von Mauer. In: K.W. Beinbauer, R. Kraatz & G.A. Wagner (Hrsg.), Homo erectus heidelbergensis von Mauer. Neue Funde und Forschungen zur frühen Menschheitsgeschichte Eurasiens mit einem Ausblick auf Afrika. Resümees/Summeries, Kolloquium 1 (20. - 22.01.1995 in Heidelberg). Mannheimer Geschichtsblätter, Beiheft 1, 53-55.

Anschrift:

Prof. Dr. Lutz Fiedler und
Frh.-v.-Stein-Str. 10
35085 Ebsdorfergrund-Beltershausen
und
La Geyrie
F-24320 Cercles



Artefakte als Besiedlungsnachweis: 1 altpaläolithisches Chopping-tool aus Großenbach, 2 mittelpaläolithischer Faustkeil aus Rörshain, 3-5 spät-mittelpaläolithische Blattspitzen aus Cölbe, Harle und Roßdorf, 6 jungpaläolithische Klinge mit Stichelspitze aus Kirchberg, 7-9 endpaläolithische Stielspitzen und ein Kratzer aus Rhünda, 10 mesolithische Mikrolithen aus Niederweimar. Maßstab wie angegeben

Vegetation und Kulturlandschafts- entwicklung in Hessen: Rot-Buchen- Wälder und ihre Ersatzgesellschaften

A. Otte

Zur Entwicklungsgeschichte der Rot-Buchen- Wälder

Hessen liegt im Zentrum des natürlichen Buchenwaldgebietes (Bohn et al. 2000/2003). Das heutige Bild des Buchenwaldes ist Ergebnis einer langen Entwicklungsgeschichte zwischen Klima, Boden und Mensch (Pott 1995, Ellenberg 1996). Eine natürliche, vom Menschen nicht beeinflusste Pflanzendecke gibt es in Deutschland nicht, denn bereits die nacheiszeitliche Entwicklung der Buchenwälder ist seit der Eichenmischwaldzeit (= Atlantikum, 6.000 - 3.000 v. Chr.) mit den Eingriffen des Menschen verknüpft (Neolithikum). So waren Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) zu dieser Zeit im Gehölzarteninventar noch nicht etabliert und die Formierung von Buchen- und Buchenmischwäldern, die heute die potentielle natürliche Vegetation Mitteleuropas beherrschen, stand noch völlig aus (Küster 1991). Erst während des Subboreals (3.000 - 800 v. Chr., Bronzezeit) erreichte die Rot-Buche das Nord- und Ostsee-Küstengebiet, viel später um Christi Geburt Südengland und ca. 1.000 n. Chr. Südschweden (Pott 1995). Die standörtliche Amplitude der Buche ist so groß, dass sie unter den derzeitigen klimatischen Bedingungen von der Ebene bis in die montane Stufe von Sizilien (ca. 38° nördl. Breite) bis nach Südnorwegen (Oslo-Fjord, ca. 5° nördl. Breite) ein geschlossenes Areal bildet (Ausnahme: sommer-trockene Gebiete).

Bestandesstruktur, floristische Zusammensetzung, Standorte

Die Rot-Buche neigt zur Bildung dichtgeschlossener und im Sommer sehr schattiger, daher straucharmer Hallenwälder. Reiche und dichte Baumverjüngung setzt erst bei Auflichtung durch das Absterben alter Bäume oder bei Windwurf ein. Je nach Größe der entstehenden Lücken bildet sich in der Verjüngungsphase dichter Jungwuchs, auf basenarmen Standorten vorwiegend aus Buche, auf basen- und kalkreichen Standorten vielfach aus Esche (*Fraxinus excelsior*) und/oder Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), die im Laufe der Waldentwicklung wieder von der Buche abgelöst werden (Bohn et al. 2000/2003). In der Zerfalls- und Verjüngungsphase können sich auch vorübergehend nitrophile Pionierstraucharten wie Berg-Holunder (*Sambucus racemosa*), Schwarzer Holunder (*S. nigra*), Himbeere (*Rubus idaeus*) sowie Brombeere (*R. fruticosus*) vorübergehend stärker am Bestandaufbau beteiligen. Die Krautschicht wird mit zunehmender Dichte der sich formierenden Bestände stark zurückgedrängt und ausgedünnt, um sich erst wieder während der

'Optimalphase' (Zeitraum stärksten Baumwachstums) voll zu entwickeln. Die Zusammensetzung der Krautschicht wird stark von der Bodentrophie, der Boden- und Luftfeuchtigkeit sowie dem Lichtgenuss geprägt. So ist die Krautschicht auf oligotrophen Standorten i. d. R. lückig und artenarm, auf frischen, nährstoffreichen Standorten sehr üppig und deckend, auf basenreichen und trockenwarmen Standorten bei ausreichender Lichtdurchlässigkeit zwar lückig, aber artenreich. Die Krautschicht besteht überwiegend aus sommer- und wintergrünen Hemikryptophyten und Geophyten mit vorwiegend vegetativer Verbreitung.

Die Rot-Buchen-Wälder (*Fagetalia*) lassen sich nach Willner (2002) primär in drei standörtliche Großeinheiten differenzieren: 1. Wärmeliebende Buchenwälder (*Cephalanthero-Fagion*), 2. Mittlere Buchenwälder (*Fagion sylvaticae*) und 3. Bodensaure Buchenwälder (*Luzulo-Fagion*). Eine weitere Untergliederung der Großeinheiten erfolgt nach areal- und geographischen Kriterien und der Höhenstufengliederung (Bohn et al. 2000/2003).

Die Buchenwälder besiedeln vorwiegend die flächenmäßig vorherrschenden 'Normalstandorte', d. h. frische (bis mäßig trockene), gut drainierte und mehr oder weniger tiefgründige Böden, während auf extremeren - feuchten bis nassen, trockenen, flachgründigen bis felsigen oder blockreichen - Standorten i. d. R. andere Baumarten zur Dominanz gelangen (Abb. 1).

Die Ausgangsmaterialien der Böden reichen von Lockersedimenten (Sand, Schutt, Lehm, Mergel) über verschiedene Silikatgesteine (Sandstein, Tonschiefer, Grauwacke, Granit, Gneis, Basalt und andere Vulkanite) bis zu Karbonatgestein (Dolomit, Kalkstein). Die Bodentypen sind vorwiegend Braunerde und Parabraunerden unterschiedlicher Sättigung, ferner Rendzinen, Pararendzinen, Braunlehme (Terra fusca), verbrauchte Rendzinen, Kolluvien, örtlich auch Pseudogleye und Übergänge zu Rankern oder Podsolen (Cambisols, Luvisols, Leptosols, Planosols, Podzols). Nach den Böden, ihrer Humusform und den Ausgangsgesteinen werden Moder-Buchenwälder (*Luzulo-Fagion*), Braunmull-Buchenwälder (z. B. *Galio-Fagetum*), frische Kalkbuchenwälder (z. B. *Hordelymo-Fagetum*, auch vorherrschend auf Basalt) und thermophile Kalkbuchenwälder (z. B. *Carici-Fagetum*) unterschieden. Unter den Silikat-Buchenwäldern gibt es 'arme' bodensaure (*Deschampsio-Fagetum*, *Luzulo-Fagetum*) und 'reiche' bodensaure Buchenwald-Gesellschaften (*Galio-Fagetum*, *Dentario-Fagetum*). Eine differenzierte Beschreibung und Verbreitungskarte der Waldgesellschaften der potentiellen natürlichen Vegetation hat Bohn (1994, ergänzt 1996) für das Blatt Fulda (CC 5518; 1:200.000) erstellt. Dieses Gebiet repräsentiert ein Gebiet der gemäßigten Klimazone (Walter, H. und Lieth, H., 1960-1967; vgl. Mollenhauer in diesem Band), in der

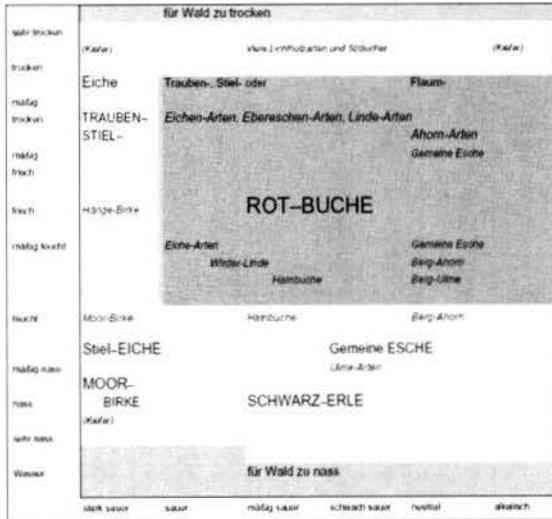


Abb. 1 : Verhalten der Baumarten Mitteleuropas mit und ohne Konkurrenten

Ökogramm der in der submontanen Stufe Mitteleuropas bei gemäßigt-subozeanischem Klima auf ungleich feuchten und basenhaltigen Böden waldbildenden Baumarten. Die Größe der Schrift drückt ungefähr den Grad der Beteiligung an der Baumschicht aus, wie er als Ergebnis des natürlichen Konkurrenzkampfes zu erwarten wäre (nach Ellenberg 1996, eingeklammert = nur in manchen Gebieten).

von Natur aus in allen Höhenlagen Buchenwälder vorherrschen (Tab. 1; Exkursionen G2, H4). Das Großklima von Blatt Fulda wird durch das reich gegliederte Relief vielfältig abgewandelt, was entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Flora und die Verbreitung der Vegetationstypen hat.

Die zonalen Rot-Buchen-Wälder treten von Natur aus mit fast allen anderen Wäldern auf azonalen und extrazonalen Sonderstandorten in Kontakt. Im feuchten bis nassen Standortsbereich sind dies unterschiedliche Feucht- und Nasswälder und auf trockenen felsigen Standorten sowie auf Blockschutt entwickeln sich thermophile Waldgesellschaften. So werden die Buchenwälder auf Standorten mit Grundwassereinfluss (z. B. wechsellackigen Tonböden) aus edaphischen Gründen durch Eichen-Hainbuchenwälder (*Carpinus betuli*) ersetzt. Vertisolartige Pelosole, die in der holozänen Altaue des hessischen Oberrheins vorkommen, wären potentielle Standorte von Eichen-Hainbuchenwäldern (heute sind diese Böden fast ausschließlich ackerbaulich genutzt). Im Bereich der periodisch oder episodisch von Hochwasser überfluteten Auen stocken Auenwälder (*Alno-Ulmion*), die in Hessen großflächig nur noch am Rhein im NSG Kühkopf-Knoblochsaue (Lkr. GG) vorkommen und geschützt sind. In trockenen bis felsigen Bereichen sowie auf Blockschutthalde werden die Rot-Buchen-Wälder durch thermophile Waldgesellschaften ersetzt. In

Hessen kommt auf rankerartigen Böden des Rheinischen Schiefergebirges an den Hängen des Mittelrheins in Südexposition der Rheinische Birken-Trauben-Eichenwald (*Quercion robori-petraeae*) vor, der bei besserer Wasserversorgung vom Hainsimsen-Buchen-Wald ersetzt wird.

Landnutzung und Ersatzgesellschaften

Die potentiellen Buchenwaldstandorte eigneten sich wegen der Durchlässigkeit, Tiefgründigkeit und teilweise großen Fruchtbarkeit der Böden für den Ackerbau sowie die Anlage von Siedlungen und Verkehrswegen. Waldauflichtung und Umwandlung der Baumarten-Zusammensetzung bzw. die anthropogene Erhaltung der vorhandenen Eichenmischwälder erfolgen im Zuge von Waldweide (Hudewälder), Holznutzung und Anlage von Äckern (Feld-Gras-Wirtschaft später Dreifelderwirtschaft). Durch Förderung der Eichen (als Bauholz und für die Schweinemast) und durch die Waldnutzung in Form von Mittel- und Niederwäldern entstanden anstelle von Buchenwäldern des Tief- und Hügellandes vielfach Eichen-Hainbuchenwälder (auf basenreichen Standorten) und Eichen- oder Eichen-Birkenwälder (auf basenarmen Böden). Unter diesen Bedingungen konnte die Rot-Buche in Altsiedelgebieten Hessens (Wetterau, Amöneburger Becken, Limburger Becken; vgl. Fiedler in diesem Band) vermutlich nie richtig Fuß fassen und die reale untere Buchenwaldgrenze hat sich im Bergland dadurch nach oben verschoben. Über die Jahrhunderte entstand so eine vielfach anthropogene Höhenstufung in Mitteleuropa mit der Abfolge Eichen- und Eichen-Birkenwälder bzw. Eichen-Hainbuchenwälder auf Normalstandorten der planar-kollinen Höhenstufe und Buchen(misch)-wälder ab der submontan-montanen Stufe.

Der Erhaltungszustand der Buchenwälder bzw. ihre Wiederherstellung durch Aufforstungen ist von den Standortbedingungen abhängig. In silikatischen Mittelgebirgen sind viele Buchenwaldbestände in Nadelforste (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *Pseudotsuga menziesii*) umgewandelt worden, weshalb naturnahe Bestände bodensaurer Buchenwälder heute in vielen Gegenden Hessens selten geworden sind (z. B. Lahn-Dill-Bergland: Speier 1994; Burgwald: Pletsch 1989, Exkursion H2).

Bei artenreichen Buchenwäldern ist der Erhaltungszustand bedeutend besser. Naturnahe Bestände gibt es zwar in den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Tieflagen nur noch selten, aber sie haben im Bergland - insbesondere in Kalk- (Werra-Meißner-Gebiet) und Basaltgebieten (Vogelsberg, Rhön) - noch größere Ausdehnung. Derzeit ist der reale Nadelwaldanteil im Buchenwaldgebiet Deutschlands erheblich (z. T. über 50 % der realen Waldfläche) und nimmt mit der Höhenlage allgemein zu. Der reale Waldanteil der bodensaurer Buchenwälder ist höher als bei den artenreichen (Bohn et al.

Tab. 1: Standortansprüche der wichtigsten natürlichen Pflanzengesellschaften von Blatt Fulda (entnommen Bohn 1994, ergänzt 1996)

Trophiebereiche (= Nährstoffversorgung)	dystroph (sehr schlecht)	oligotroph (schlecht)	mesotroph (mittel)	meso- bis eutroph (zwischen mittel und gut)	eutroph (gut)
Basenmäßigkeit	minimal	sehr gering	gering	mittel	mittel bis hoch
Feinbodenname bis -bis Feinstandorte z. T. mit Auflagenhumus					Blaugrasfalte
sehr trocken	TL, s-expon.	Pflanzengesellschaft			
TL		Bergluch-Felsgesellschaft			
trocken bis frisch	HL	Birken-Ebereschen-Sauerhumus-Blockwälder			
Feinbodenhaltiger Grob- und Blockschutz					Ahorn-Linden- u. Sommerlinden-Bergulmen-Hangschuttwald der Tieflagen Sommerlinden-Bergulmen-Hang- und Blockschuttwald der Hochlagen
trocken bis frisch	TL	Schuppentann-Bergahorn-Blockschuttwald			
Feinbodenreiche Standorte z. T. fachgründig					
sehr trocken	TL, s-expon.	Bodensaurer Traubeneichenwald	Waldkiefern-Traubeneichen-	Steinsamen-Eisbeeren-Eichenwald	
trocken	TL	Bodensaurer Eichenmische, > 500 m	Hainbuchen-Trockenwald	Orchideen-Buchenwald -, Hochlagenform	
TL		Bergseggen-Perigras-Buchenwald			
mäßig trocken bis frisch	TL	Typischer Flaßgras-	Hainsimsen-	Typischer Perigras-Buchenwald	Typischer Plattenbe-
HL		- oberhalb 500 m	- oberhalb 500 m	Zahnwurz-Buchenwald	-, Hochlagenform
mäßig staufeucht	TL	Hainsimsen-Buchenwald mit Rasenschiele oberhalb 500 m		Hainsimsen-Perigras-Buchenw. mit Rasenschiele	
HL		Hainsimsen-Bergseggen-Buchermischwald		Weißbirk-Eichen-Hainbuchenwald	
staufeucht	TL	Feuchter Eichen-Buchene		Weißbirk-Eichen-Hainbuchenwald	
HL		Weißbirk-Karpatenbirkwald (> 650 m)		Feuchtschuppentann-Bergahornmischwald	
feucht	TL	Stieleichen-Moorbirkwald		Hainsimsen- und alpenreicher Stämmchen-Stieleichen-Hainbuchenwald	
HL		Schuppentann-Bergahorn-Erlenw.		Feuchter Bergahorn-Eichenwald	
feucht bis nass	TL	Schuppentann-Bergahorn-Erlenw.		Traubeneichen-Erlen-Eichenwald	
(häufig kurz überflutet oder stark wasserzügig)	TL	Schuppentann-Bergahorn-Erlenw.		Hainsimsen-Schwarzerlenwald, Tieflagenform	
mäßig nass	TL	Schuppentann-Bergahorn-Erlenw.		Hochlagenform	
TL		Schuppentann-Bergahorn-Erlenw.		Winkelseggen-Erlen-Eichenwald	
vorwiegend Anmoor- u. Moorböden sowie Quellen					
nass (gelegentlich wasserzügig)	TL	Kleinseggen-Moorbirk-Erlenumpfwald		Erlenumpfwald und Erlenbruchwald der Tieflagen	
HL - 700/800 m		Moorbirkwald		Krautreicher Erlenumpfwald der Hochlagen	
nass	TL - 700 m	Beech-Karpatenbirk-Moorwald		Schachtelhalm-Karpatenbirkwald	
HL > 700 m		Oligotropher Niedermoor-Komplex		Röhrichte und Großseggenrieder	
sehr nass	TL	Waldfeies Hochmoor		Bitterschamkraut-Quellfluren	
(gelegentlich)	HL, > 750 m	Lapp-Kleinseggenaufler			
TL - HL					

TL = Tieflagen bis ca. 500 m NN HL = Hochlagen über 500 m NN

2000/2003). In der kollin bis submontanen Höhenstufe sind derzeit nur maximal 5 % naturnahe Buchenwaldbestockung ausgebildet.

Die *landwirtschaftliche Nutzung* der Buchenwaldstandorte umfasst im Tief-, Hügel- und unteren Bergland überwiegend die Feldfrüchte Winterweizen, Zuckerrüben, Raps und Mais und entsprechend der weiten Standortsamplitude der Wälder - von basenarmen Sanden über Lößlehm bis zu skelettreichen Kalksteinböden - sind die an ihre Stelle getretenen Ackerwildkrautgesellschaften (Klasse *Stellarietea mediae*) sehr vielfältig: auf schwach sauren Sand- und Lehm Böden sind in Winterkulturen die Windhalm-Äcker (*Aperion spica-venti*) und in den alternierenden Sommerkulturen die Knöterich-Gänsefuß-Gesellschaften (*Polygono-Chenopodion*), auf den basen- und kalkreichen Böden in den Sommerkulturen die Erdrauch-Gesellschaften (*Fumario-Euphorbion*), in den Wintergetreidekulturen der Kalkböden die Haftolden-Gesellschaften (*Caucalidion platycarpus*) vorkommend. Sehr differenzierte Ackerwildkrautgesellschaften haben sich im Lahn-Dill-Bergland aufgrund der dort spezifischen Nutzungsdynamik entwickelt (Nowak und Wedra 1988; Exkursion G1). Wiesen (*Arrhenatherion*, *Calthion*) und Weiden (*Cynosurion*) kommen als Dauergrünland vorrangig in Tallagen vor oder sind in Hanglagen auf flachgründige Silikat- und Kalkstandorte beschränkt.

In den höheren Mittelgebirgslagen, insbesondere auf steileren und flachgründigen oder skelettreichen Hängen sowie auf Plateaus und Bergkuppen dominiert Dauergrünland: auf Normalstandorten montane Glatthaferwiesen, Goldhaferwiesen (*Polygono-Trisetion*) oder Rotschwengelweiden (*Cynosurion cristati*). Bis vor wenigen Jahrzehnten herrschten noch Magerwiesen und -weiden vor: auf Silikatstandorten Borstgrasrasen und andere Silikat-Magerrasen (*Violion caninae*; z. B. in der Hohen Rhön, auf dem Hohen Meißner), auf Kalkstandorten gemähte oder beweidete Kalkmagerrasen (*Mesobromion*) sowie basiphytische Magerrasen auf Basalt und Diabas (*Mesobromion*; Vogelsberg, Exkursion H4; Lahn-Dill-Bergland, Exkursion G1, Ginzler et al. 2004).

Die Magerrasen und -wiesen des Berglandes werden seit den 1960er Jahren vielfach mit Nadelbäumen aufgeforstet: auf Trockenstandorten meist mit Kiefer (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*) auf frischeren Standorten der Mittelgebirge meist mit Fichte (*Picea abies*). Auf brachgefallenen Magerrasen entwickelte sich Gehölzsukzession mit Laubgehölzen wie Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Sal-Weide (*Salix capraea*), Hasel (*Corylus avellana*), Weißdorn (*Crataegus spec.*) oder/und Nadelbäumen (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*). Charakteristische Ersatzgesellschaften der Buchenwald-Kulturlandschaft sind ferner Gebüsche, Hecken und Pioniergehölze unterschiedlicher Zusammensetzung. Eine Besonderheit stellten in diesem

Zusammenhang die Besen-Ginster-Brachen des Lahn-Dill-Berglandes dar, die landschafts-prägende Sukzessionsstadien innerhalb der Regeneration von Buchenwäldern auf aufgelassenen Ackerstandorten darstellen und deren floristischer und faunistischer Artenreichtum für die Biodiversität der Landschaft bedeutsam ist (Simmering et al. 2001, Exkursion G1).

Naturschutz

Rot-Buchen-Wälder stellen die zentralen natürlichen Ökosysteme der nemoralen Zone Europas dar: sie sind in West- und Mitteleuropa endemisch. Aus der Internationalen Konvention über biologische Vielfalt ergibt sich die Aufgabe im Buchenwaldareal ein repräsentatives Netz von Schutzgebieten mit großen naturnahen Buchenwaldbeständen aufzubauen 2001 wurde in Nordhessen der Nationalpark 'Kellerwald' eingerichtet, um ein repräsentatives Schutzgebiet der bodensauren Buchenwälder für die Zukunft zu erhalten.

Literatur:

Bohn, U. (1994, ergänzt 1996): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland - Potentielle natürliche Vegetation - Blatt CC 5518 Fulda (1: 200.000) einschließlich Vegetationskarte der Hohen Rhön (1: 50.000) - Potentielle natürliche Vegetation - mit Aufdruck der „botanisch wertvollen Gebiete“. Schriftenr. Vegetationskunde 15. 2., erw. Aufl., Bonn-Bad Godesberg. 364 S.

Bohn, U., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslová, Z., Schlüter, H., Weber, H. (2000/2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas. Maßstab 1 : 2 500 000. Teil 1: Erläuterungstext mit CD-ROM. Landwirtschaftsverlag, Münster. 655 S.

Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen - in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. stark veränd. u. verb. Aufl., Ulmer, Stuttgart. 1096 S.

Ginzler, O., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A. (2004): Vegetation dynamics of a wood pasture landscape in the Lahn-Dill-Highlands (Hesse, Germany). Verh. Ges. Ökol. 34: 382.

Küster, H. (1991): Postglaziale Vegetationsgeschichte Südbayerns – Geobotanische Studien zur Prähistorischen Landschaftskunde. – Habilitationsschrift Ludwig-Maximilians-Universität München. 286 S.

Nowak, B., Wedra, C. (1988): Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des Gladenbacher Berglands. I. Die Ackerunkrautgesellschaften. *Philippia* 6 (1): 36 - 80.

Pletsch, A. (1989): Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West). III Hessen. - Wissenschaftliche Länderkunden 8. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. 250 S.

Pott, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart. 448 S.

Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A. (2001): Syndynamik und Ökologie von Besenginsterbeständen des Lahn-Dill-Berglands unter Berücksichtigung ihrer Genese aus verschiedenen Rasengesellschaften. *Tuexenia* 21: 51 - 89.

Speier, M. (1994): Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzungen im südlichen Rothaargebirge. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 56 (3/4). 174 S.

Walter, H., Lieth, H. (1960-1967): Klimadiagramm-Weltatlas. – Fischer, Jena.

Willner, W. (2002): Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder. *Phytocoenologia* 32: 337 - 453.

Anschrift:

Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Landschaftsökologie und -planung, Heinrich-Buff-Ring 26 - 32, 35392 Gießen

Forstwirtschaft in Hessen

K.-P. Rödig

Hessen ist ein Land der Mitte, ein Mittelgebirgsland. Wald gehört zu seinen natürlichen Reichtümern. Dank der für andere Zweige der Landnutzung oft ungünstigen Naturlausstattung ist Hessen mit 42 % seiner Landesfläche das walddreichste Bundesland, absolut gesehen rangiert es an vierter Stelle (894 981 ha). Die Waldflächenbilanz ist in Hessen seit 1945 positiv, wobei Defizite in den Ballungsräumen durch Zuwachsraten in den ländlichen Räumen übertroffen werden. Erst in den letzten Jahren ist die Waldflächenbilanz in Ballungsgebieten etwa ausgeglichen. Im nicht waldarmen Rhein-Main-Gebiet allerdings teilen sich 40 % der hessischen Bevölkerung 10 % der hessischen Waldfläche.

Waldeigentum

Hessens Waldbesitzstruktur fällt im Bundesvergleich insofern aus dem Rahmen, als sich das Waldeigentum zu 75 % in öffentlicher Hand befindet - 40 % Staatswald, 35 % Körperschaftswald - und nur 25 % zum Privatwald gehören (bis 50 ha Betriebsgröße 7 %, über 50 ha 14 %, Gemeinschaftswald 4%). Schwerpunkte des Kleinprivatwaldes liegen im südlichen Odenwald, in Osthessen, im Marburger Land, im Waldeckischen und der Rhön. Kommunalwald ist in Mittel- und Südhessen stärker vertreten als in Nordhessen. Beim Staatswald ist es umgekehrt.

Der Staatswald des Landes Hessen und der weit überwiegende Teil des Körperschafts- und Gemeinschaftswaldes werden vom Landesbetrieb HESSEN-FORST betreut und bewirtschaftet.

Waldstandorte

Weit verbreitet ist Wald in den Schiefer- und Buntsandsteinlandschaften (22 % bzw. 38 %). Basaltgebiete wie Westerwald, Vogelsberg, Rhön und Habichtswald, Kristallin im Odenwald, Kalke in Ost- und Mittelhessen und die Rhein-Main-Ebene prägen nur ein Viertel des Waldes. Die forstliche Standortskartierung in Hessen, welche etwa 90 % der Waldfläche erfasst, ist die wesentliche Grundlage für die Mehrzweckforstwirtschaft der Forstbetriebe und die Landesforstpolitik. Danach sind für Hessens Wälder mittlere Verhältnisse sowohl von den Bodenqualitäten wie von den klimatischen Gegebenheiten typisch. Die Nährstoffversorgung der Waldböden liegt im mittleren bis schwächeren Bereich (65 %), arme Standorte (10 %) sind relativ selten und reiche Standorte (25 %) nicht eben häufig. Dies ist in Hessen im Zusammenhang mit der Belastung der Böden durch Schadstoffeinträge von besonderer Bedeutung. Auch die Wasserkapazität der Böden liegt im mittleren Bereich (75 %), so dass es sehr auf Höhe und Verteilung der Niederschläge ankommt. Aber nur die Hälfte der Waldstandorte liegt in den luftfeuchteren und

niederschlagsreicheren Wuchszonen. Die für den Arten- und Biotopschutz besonders interessanten Waldstandorte (besonders arm oder reich, nass, trocken, sickerfeucht, feucht) sind mit etwa 10 % vertreten.

Waldzustand

Neben den Standortspotentialen bestimmen die Bestockungsverhältnisse ganz wesentlich die forstwirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Fest zu halten ist zunächst, dass es markante Strukturunterschiede beim Waldzustand

zwischen den verschiedenen Besitzarten nicht gibt. Der Laubbaumanteil liegt mit 55 % in Hessen recht hoch. Vor allem die Buche mit ihren Begleitbaumarten, die die Naturwälder in Hessen früher dominierten, ist mit 41 % vertreten gegenüber den Eichenarten mit 14 %. Unter dem Gesichtspunkt der Naturnähe betrachtet ist besonders bemerkenswert, dass Hessen von allen Bundesländern mit großem Abstand den höchsten Buchenanteil (30 bis 97 % über den Länderwerten) aufweist und absolut gesehen fast auch die größte Fläche davon hat. Auch bezüglich der Altersverteilung der Buchen ergibt sich ein vom Bundesdurchschnitt deutlich abweichendes Bild. Es gibt nirgends so viel alten Buchenwald wie in Hessen, sind doch 31 % der Buchenbestände über 100 Jahre alt gegenüber 18 % im Bundesgebiet. Zu diesen Feststellungen gehört auch, dass der Anteil des Hochwaldes aus Buche und Eiche seit 1875 nur um wenige Prozent abgenommen hat, ja sogar inzwischen als Folge waldbaulicher Umstellungen nach dem Sturmjahr 1990 sogar angestiegen ist. Hessen ist also ein Buchenland geblieben, wie die Bezeichnung Buchonia für seine zentrale Region in Mittel/Osthessen überliefert ist. Mit einem Buchennationalpark Kellwald, einem Naturwaldreservatprogramm mit 30 Naturwaldreservaten, davon 19 Buchennaturwaldreservate und einer stattlichen *Natura 2000*-Gebietskulisse (156 000 ha Wald), bei der die Hainsimsen-Buchen- und Waldmeister-Buchenwälder dominieren, versucht das Land Hessen seinem Ruf als Buchenland auch in Zukunft gerecht zu werden.

Der Anteil von Nadelbäumen in Hessens Wäldern ist rückläufig, er beträgt derzeit bei der Gruppe Fichte 28 %, bei der Gruppe Kiefer 17 %. Als auslösende Gründe sind hierfür zu nennen die marktrelevante Schadensanfälligkeit (Sturm, Trocknis, Schnee, Schadinsekten) und bei der Kiefer ihre heute geringen Marktchancen.

Der hessische Waldzustandsbericht 2003 weist einen mittleren Nadel-/Blattverlust von 21 % aus gegenüber 11 % in 1984. Das in den letzten Jahren für den Wald offensichtlich weniger belastende Zusammenspiel von Witterung und Schadstoffeinträgen scheint die Vitalität der Bäume zu stärken. Jedenfalls ist nach einer Phase des raschen Schadensanstiegs und einer der Stagnation jetzt außer im Rhein-Main-Gebiet ein

leichter Rückgang der Schäden fest zu stellen. Das Land Hessen unterhält ein aufwändiges Forschungsprogramm 'Waldökosystemstudie Hessen', wo an 7 Waldmessstationen und in Verbindung mit zahlreichen Dauerbeobachtungs- und Versuchsflächen Umwelteinflüsse, Wald- und Standortzustände verfolgt werden.

Ein Ergebnis daraus ist auch, dass Buche, aber vor allem Fichte aufgrund der verschiedenen Umweltveränderungen deutlich stärker zuwachsen, als es der Wachstumserfahrung der letzten 100 Jahre entspricht. Der jährliche Holzzuwachs in Hessens Wäldern wird ohne Berücksichtigung dieses Effektes auf 7 cbm (Erntefestmeter) je Jahr und Hektar geschätzt. Da die derzeitige Holznutzung strukturbedingt nur etwa 5 cbm (Erntefestmeter) je Jahr und Hektar abschöpft, steigt der heute produzierende, recht hohe Holzvorrat von 232 cbm (Erntefestmeter) je Hektar weiter an, eine Funktion des Waldes als Kohlenstoffsänke.

Waldbewirtschaftung

Das Hessische Forstgesetz in der Neufassung 2002 verpflichtet die Waldbesitzer im Rahmen ordnungsgemäßer Forstwirtschaft nachhaltig, fachkundig und planmäßig zugleich zum Wohl der Allgemeinheit zu wirtschaften. Kennzeichen einer solchen Wirtschaftsweise ist, dass die ökonomische und ökologische Leistungsfähigkeit des Waldes und die Nachhaltigkeit der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen als gesichert gelten können. Das Forstgesetz nennt hierzu 10 Kriterien, von denen Kahlschlagvermeidung, Biozidverzicht, Bodenschutz und Wilddichteregulierung die forstbetriebliche Praxis sehr direkt berühren. Wegen eines konkreten Nachweises einer die ökologischen, ökonomischen und sozialen Belange umfassenden nachhaltigen Wirtschaftsweise unterwerfen sich in Hessen auch zahlreiche Waldbesitzer sogenannten internationalen forstlichen Zertifizierungssystemen. Die Pan European Forestry Certification (PEFC) erfasst in Hessen inzwischen 84 % der Gesamtwaldfläche mit 544 Waldbesitzern gefolgt vom Forest Stewardship Council (FSC) mit 0,5 % und 12 Waldbesitzern.

Forstplanung

Zu den wesentlichen Instrumenten der Umsetzung multifunktionaler Forstwirtschaft gehören in Hessen die forstliche Standortkartierung, die Erfassung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes, wozu auch alle naturschutzrelevanten Sachverhalte gehören, regelmäßige Waldzustandserfassungen, eine mittelfristige Planung und ein darauf abgestimmter regelmäßiger Plan/Vollzugs-Abgleich. Dies leistet für nachhaltig bewirtschaftbare Forstbetriebe in zehnjährigem Turnus die Forsteinrichtung. Sie erreicht in Hessen damit etwa 90 % der Waldfläche. Nach Zweck-Mittelbeziehungen aufgebaute, forstbetrieblich individuelle Zielsysteme erleichtern dabei einen

Ausgleich von Waldbesitzerinteressen und gesellschaftlichen Anforderungen und erleichtern die Lösung von Zielkonflikten in der Forstpraxis.

Waldbau

Die Waldstruktur in Hessen ist bis heute durch die schlagweise Hochwaldwirtschaft geprägt. Die in früheren Jahrhunderten betriebene, kurzumtriebige Niederwaldwirtschaft, die Brennholz- und Gerbrindegewinnung mit Zwischenfruchtanbau und Waldweideverband, hat regional noch erkennbare Spuren im Wald hinterlassen, sie wird aber nur im Dillkreis als Haubergswald heute noch mit anderen Zielen traditionell aufrecht erhalten. Die Betriebsform Schlagweiser Hochwald, die im Gegensatz zu Niederwald mit aus Kernwuchs entstandenen Bäumen (nicht solchen aus Stockausschlag gewachsenen) arbeitet, hat in den Wäldern ein mosaikartiges Nebeneinander von Beständen geschaffen, die sich nach Hiebsart, Verjüngungsmethode, Alter, Baumartenzusammensetzung und Aufbauform unterscheiden. Diese Betriebsform ist in den letzten 20 Jahren in Hessen einem starken Wandel unterworfen. Erkenntnisse der Waldökologie, der Wunsch nach mehr Stabilität und Flexibilität in Wald und Forstbetrieb, die Zwänge der Ertragsverbesserung und Aufwandsminderung und die markante Erweiterung ökologischer Ziele im Forstbetrieb haben bei allen Waldbesitzern eine Hinwendung zu naturnahen Waldbauverfahren bewirkt, die mit den Begriffen Dauerwaldwirtschaft, naturgemäße Waldwirtschaft, naturgemäßer Waldbau, Stetigkeit des Waldgefüges, Naturnähe verbunden werden können. Unter dem Schlagwort 'mit der Natur und nicht gegen sie' ist der Waldbau in den meisten Forstbetrieben heute so ausgerichtet, dass die natürliche Selbstregulierung des Ökosystems Wald weitestgehend genutzt wird und nur insoweit ergänzend und lenkend eingegriffen wird, wie es notwendig erscheint, die betrieblichen Ziele zu erreichen oder Gefahren abzuwehren. Kahlschlagverzicht, natürliche Ansamung, Mischwaldorientierung, individuelle Pflege, Ausreifung und Ernte von Bäumen führen zu kleinflächig differenzierten, stabileren Waldstrukturen, bei denen auch Schadensereignisse betriebsfreundlicher aufgefangen werden können. Ökologische Anliegen wie Totholzmehrung, Renaturierung, Waldrand- und Biotoppflege u.a. lassen sich dabei leichter integrieren. Im hessischen Staatswald hat sich das Dauerwaldkonzept nach 15 Jahren der Umstellung sowohl ökologisch wie ökonomisch bewährt.

Ausblick

Als Zweig der Urproduktion ist bei den geschilderten Standortpotentialen und Waldstrukturen die Forstwirtschaft in Hessen nicht auf Rosen gebettet. Der wirtschaftliche Erfolg hessischer Forstbetriebe kann grundsätzlich nicht als gesichert gelten. Abhängig von nationalen und globalen wirtschaftsbestimmen-

den Faktoren, mit Standortnachteilen infolge der Förderung von Industrieansiedlungen anderwärts, belastet mit Umwelt- und höheren natürlichen Produktionsrisiken und eingeschränkt durch ökologische Zielvorgaben unterliegt die hessische Forstwirtschaft einem äußerst starken Rationalisierungsdruck, weil sie sich ganz wesentlich, ja sogar ganz aus der Holzproduktion finanzieren muss und die immateriellen Leistungen für das Gemeinwohl nicht vergütet werden bzw. ein Ausgleich für Umweltschäden nicht stattfindet. Gleichwohl fördert das Land im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe und aus Landesförderprogrammen den nichtstaatlichen Waldbesitz zur Sicherstellung der wirtschaftlichen Existenz und der vielfältigen Funktionen des Waldes jährlich mit 2 bis 3 Millionen Euro bei rückläufiger Tendenz. Angesichts der leeren öffentlichen Kassen bleibt der öffentliche Waldbesitz, hier insbesondere der Staatswald des Landes Hessen, von dieser Entwicklung nicht verschont. Auch wenn ihn das Forstgesetz in besonderem auf die Wahrung des Gemeinwohls verpflichtet, geht die Bereitschaft zurück, Defizite in der bisherigen Größenordnung von 23.- € je Jahr und Hektar zu finanzieren.

Literatur:

Zahlenangaben sind überwiegend dem Waldbericht Hessen 2001/2002 entnommen; Herausgeber Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Oktober 2003.

Anschrift:

Hon. Prof. Dr. Klaus-Peter Rödiger
Weingartenstraße 13
35444 Biebental

Landwirtschaft in Hessen

K. Graß

Hessen stellt ein Bundesland der Mitte dar. Nicht nur, dass dieses Land in der Mitte der Bundesrepublik Deutschland liegt, es herrschen auch mittlere Bedingungen vor, wenn man die Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Produktion anschaut. Extreme Verhältnisse gibt es in Hessen weder in klimatischer noch in bodenkundlicher Sicht.

Hessen ist ein Land mit ausgeprägten Ackerebenen wie z. B. der Wetterau, dem Amöneburger Becken und der Niederhessischen Senke, die sich durch Nordhessen weiter bis in die Warburger Börde zieht. In Südhessen ist es der Rheingraben und das Hessische Ried, das sich inzwischen mit Beregnung und bei entsprechenden Durchschnittstemperaturen zu einem intensiven Sonderkulturanbaugesbiet mit u.a. Spargel, Feldgemüse, Kräutern, Obstanbau und Weinanbau (Rheingau) entwickelt hat.

Das Bundesland Hessen hat in allen Landesteilen ausgeprägte Mittelgebirgslagen. Sie beginnen im Süden mit dem Odenwald, setzen sich mit den Ausläufern des Spessarts fort, der Taunus, der Vogelsberg, die Rhön, der Habichtswald, der Reinhardswald und das Waldeckische Upland sowie die Ausläufer des Rheinischen Schiefergebirges prägen die Landschaft. Hier findet weniger der intensive Ackerbau, sondern die Grünlandwirtschaft und der Futterbau statt.

Hessen war seit jeher das Land der relativ kleinstrukturierten Landwirtschaft. Das trifft stärker für den mittel- und südhessischen Teil zu, der traditionelles Realteilungsgebiet war. Diese Strukturen haben sich lange erhalten, ja sie sind heute noch vorhanden. Das liegt daran, dass es in Süd- und Mittelhessen immer genügend Arbeitsplätze in relativer Nähe zu den Wohnorten gibt und gab. Die Menschen aus den ungünstigeren Mittelgebirgslagen haben zwar lange Wege zur Arbeit auf sich genommen, blieben aber bodenständig und bewirtschafteten ihr kleinen Betriebe im Nebenerwerb bzw. verpachteten sie zunehmend. Die Struktur war gekennzeichnet durch wenige Großbetriebe und viele Kleinbetriebe. Sie hat sich auch deswegen so lange erhalten, weil es in den dicht besiedelten Landesteilen immer die Möglichkeit der Direktvermarktung und des Baulandverkaufes gab. Das verhindert auch heute noch eine Bereinigung der Struktur. Das bedeutet, dass der Pachtanteil der existierenden landwirtschaftlichen Betriebe laufend größer wird.

Im nördlichen Landesteil sieht das bei anderem Erbrecht (Ältestenrecht) anders aus. Zwar gab es immer Großbetriebe, aber es hat sich eine Fülle von bäuerlichen Betrieben entwickelt, begleitet auch von kleineren Nebenerwerbsbetrieben. Wegen mangelnder Arbeitsplätze im außerlandwirtschaftlichen Bereich wanderten viele Menschen ab und das frei wer-

dende Land konnte schon früher zur Aufstockung der verbleibenden Betriebe genutzt werden.

In diesen Aussagen zur Struktur der Betriebe stecken zwar Widersprüche, aber die Tendenz stimmt, weil alles möglich ist und der Landeigentümer selbst entscheidet.

Von der Landesfläche Hessens werden 40 % als Wald, 43 % als Landwirtschaftliche Nutzfläche, der Rest als Verkehrs-, Siedlungs- und Wasserfläche ausgewiesen. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe nach Größenklassen zeigt die nachfolgende Tabelle. Daraus ist zu entnehmen, dass die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe rasant abnimmt, ja die Rate der aufgegebenen Betriebe nimmt noch zu. Zur Zeit werden diese frei werdenden Flächen noch von den wachsenden Betrieben aufgenommen. Brachland gibt es in Hessen mit Ausnahme der gesetzlichen Verpflichtungen fast nicht. Die sog. Sozialbrache spielte allerdings in den 70er Jahren in den Mittelgebirgslagen Westhessens eine gewisse Rolle, ist heute aber ohne Bedeutung, weil diese Flächen z.B. mit Mutterkühen genutzt werden. Diese Situation kann sich aber durch die kommenden agrarpolitischen Vorgaben der EU rasch ändern. Dann werden die Grenzertragsböden der Mittelgebirgslagen kaum noch rationell bewirtschaftet werden können. Die Wachstumsschwelle liegt heute bei den Betrieben von 75 – 100 ha und mehr. Die mittlere Flächenausstattung der Betriebe hat sich seit 1991 (16.8 ha) bis 2003 mit 29.9 ha um mehr als 75 % vergrößert.

Hessen ist ein klassisches Land der Nebenerwerbslandwirtschaft. So beträgt deren Anteil an der Zahl der existierenden Betriebe mit 65,7 % fast zwei Drittel. Die Zahl der Haupterwerbsbetriebe zeigt eine sinkende Tendenz, sie erreicht jetzt schon bald die Zahl von 10 000 Betrieben. Schätzungen gehen von 5 - 7000 Betrieben im Jahr 2015 aus. Der Flächenanteil der Nebenerwerbsbetriebe beträgt immerhin 32 Prozent, eine Größenordnung mit durchaus politischem Gewicht, was z. B. Fördermaßnahmen anbelangt.

Zurzeit werden in Hessen etwa 50 % der Betriebe als Marktfruchtbaubetriebe geführt, 35 % betreiben Futterbau, 5 % sind als Dauerkulturbetriebe (Reben) und drei Prozent als reine Veredelungsbetriebe geführt. Die Differenz zu 100 Prozent besteht aus Gemischtbetrieben.

Die Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen von heute ca. 750.000 Hektar erfolgt zu ca. 64 Prozent als Ackerland und zu 36 Prozent als Grünland. Dieses Verhältnis hat sich in den letzten 50 Jahren nur unwesentlich verändert, obwohl die LN von 1950 bis heute von etwa 1.045 Mio. ha auf ca. 750.000 ha und damit um mehr als 28 % zurückgegangen ist. Eine Verringerung des Flächenverbrauchs für Siedlungs- und Verkehrsflächen ist derzeit noch nicht absehbar. Sonderkulturen und Haus- und Nutzgärten spielen mit rund 5.400 ha in der Flächenstatistik eine untergeordnete Rolle.

Auf dem Ackerland wird überwiegend Getreide angebaut, zu Beginn der 70er Jahre mit fast 70 % Anteil an der Ackerfläche, heute bei gestiegenem Mais- und Rapsanbau immerhin noch 63 Prozent. Die Hauptgetreideart ist zweifellos der Weizen, der seinen Anteil von 23,6 % 1950 auf heute 46 % an der Getreidefläche steigern konnte. Das geschah auf Kosten des Roggens, der heute nur noch einen Anteil von 6,8 % im Vergleich zu 35,4 Prozent 1950 aufweist. Auch die Wintergerste als bevorzugtes Futtergetreide nahm von 2,5 % auf 25,3 % im Jahr 2000 zu. In der gleichen Zeit stieg der Rapsanteil von 0,9% auf 10,7 und der Anteil der Kartoffel fiel von 15,5% auf 1,1 % im Jahr 2000. Der Silomais, der heute die Hauptfutterpflanze geworden ist, hat einen Flächenanteil von ca. 7,5 % und die Brache, 1971 mit 0,3 % ausgewiesen, liegt heute bei 6,7 Prozent durch die agrarpolitischen Vorgaben der EU.

In den vergangenen 50 Jahren hat die Ertragsentwicklung bei allen Kulturpflanzen einen früher ungeahnten Aufschwung genommen. Lagen die Durchschnittserträge für Weizen im Jahre 1900 noch bei 20,7 dt/ha und für Roggen bei 19,6 dt/ha, so stiegen sie bis 1950 auf 27,5 und 23,6 dt/ha. Im Jahr 2000 lag der Weizenertrag in Hessen bei 71,9 dt und bei Roggen 58,8 dt/ha. Dieser gewaltige Ertragsanstieg ist auch bei den anderen Kulturpflanzen wie Gerste, Raps, Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais festzustellen. Er wird auf eine Verbesserung der agrotechnischen Maßnahmen Pflanzenzüchtung, Düngung, Pflanzenschutz, Bodenbearbeitung und Optimierung der Ernteverfahren zurückgeführt. Über den Anteil der einzelnen Maßnahmen lässt sich herrlich streiten. Sicher ist aber ein überproportionaler Anteil der Pflanzenzüchtung an diesem Erfolg. Ob ein weiterer Schub in der Pflanzenzüchtung durch gentechnische Maßnahmen erfolgt, ist zurzeit nicht absehbar.

Die Tierproduktion nimmt in Hessen einen beachtlichen Anteil ein. Immerhin kommen nach wie vor ca. 70 Prozent der Einnahmen der Landwirte aus der tierischen Veredelung. Allerdings ist Hessen kein Land mit intensiver Tierhaltung, die von der EU vorgegebenen Grenzen werden immer eingehalten. Im Schnitt wird weit weniger als eine Großvieheinheit pro Hektar LN gehalten.

Durch die Quotierung der Milch hat sich die Milchkühhaltung mehr und mehr in die Grünlandgebiete zurückgezogen. Aufgrund des technischen Fortschrittes ist sie aus den größeren Zuckerrübenbetrieben weitgehend verschwunden.

Gab es 1970 noch 72.600 Betriebe mit Milchkühhaltung und einer durchschnittlichen Zahl von 5,1 Kühen im Betrieb, so liegen diese Werte 2003 bei 5.100 milchviehhaltenden Betrieben und im Schnitt 29,6 Milchkühen je Betrieb. Die Zahl der Milchkühe in Hessen ging von 372.000 im Jahr 1970 auf 152.000 im Jahr 2003 zurück. Das war gleichzeitig mit einer gewaltigen Leistungssteigerung verbunden, denn die

erzeugte Milch in Hessen liegt seit Jahren konstant etwa bei 1 Millionen Tonnen Milch. Die durchschnittliche Leistung der Milchkühe in Hessen beträgt zur Zeit etwa 6.500 kg im Jahr, die der kontrollierten Herdbuchkühe knapp 8.000 kg. Herden mit einem Schnitt vom 10.000 kg pro Kuh sowie Herden über 150 oder gar über 200 Milchkühen sind wie in anderen Bundesländern auch in Hessen vorhanden.

Die Zahl der Mutterkühe liegt bei etwa 40.500 Tieren mit langsam steigender Tendenz, sie ist ja begrenzt durch die Zahl der von der EU gewährten Prämien

Auch die Schweinehaltung hat in Hessen eine interessante Entwicklung genommen. Gab es 1970 noch 108.000 Betriebe mit Schweinehaltung und im Schnitt 4,6 Tieren je Betrieb, so lag die Zahl der Schweinehaltenden Betriebe 2003 bei 11.100 mit 76,2 Schweinen je Betrieb. Die Zahl der gehaltenen Schweine in Hessen ging im gleichen Zeitraum von 1,5 Mio auf 830.000 zurück. Während im Regierungsbezirk Darmstadt heute nur noch ca. 150.000 Schweine mit stark fallender Tendenz gehalten werden, sind es im Regierungsbezirk Kassel ca. 490.000 Schweine. Im dritten Bezirk Gießen stehen noch 183.000 Schweine in den Ställen. Das deutliche Gefälle von Nord nach Süd erklärt sich mit der Besiedlungsdichte. In Südhessen ist es kaum noch möglich, neue Produktionsstätten zu bauen, Bürgerproteste und strenge Abstandsregelungen verhindern dieses. Hingegen konnten in Nordhessen in den letzten Jahren eine Reihe von modernen Mastställen mit hohen Besatzzahlen gebaut werden.

Da wo sich die Rinderhalter zurückziehen, tauchen wieder Pferde und die Schafe auf. Pferdehaltung in Form der Pension ist in den Weichbildern der Städte eine lukrative Angelegenheit, zumal dann, wenn der Service rund um das Pferd mit angeboten wird. Zurzeit sind in Hessen wieder rund 35.000 Pferde registriert.

Schafe als Wiederkäuer und ebenso die Ziegen weiden die Naturschutzgebiete und die nicht mehr von den Rindern benötigten Grasflächen ab, mit stark steigender Tendenz gibt es zur Zeit ca. 190.000 Schafe und 10.000 Ziegen. Weitere Formen der landwirtschaftlichen Tierhaltung wie Hühner, Masthähnchen und Putenmast spielen keine entscheidende Rolle. Erwähnt seien noch die ca. 55.000 Bienenvölker, deren Zahl nahm in den letzten 10 Jahren um etwa 10.000 Völker ab.

Im Vergleich zu den anderen Bundesländern nimmt Hessen, was Betriebsstruktur, Nutzung und Ertrag anbetrifft, keine Spitzenstellung ein, kann aber eine gute Mittelstellung behaupten. Ich bezeichne es als „Fluch der Marktnähe“, dass die Strukturen immer noch sind wie sie sind. Ich führe das auf die vielfältigen Zuerwerbsmöglichkeiten im Ballungsgebiet zurück, wie Direktvermarktung, Baulandverkauf, Reitpferdehaltung und außerbetrieblicher Verdienst. Für Viele gibt es keinen Grund, die kleinen Betriebe auf-

zugeben, im Gegenteil, Landwirtschaft wird als Hobby betrieben. Das ist sozialpolitisch zu begrüßen, denn wer ein Stück Land besitzt und bewirtschaftet, der wird nicht radikal.

Das Datenmaterial stammt aus dem Hessischen Statistischen Landesamt Wiesbaden

Tab. 1: Strukturdaten

Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe nach Größenklassen					
Größe in ha	1991	1995	1999	2003	verändert von 1991 bis 2003
unter 10	24.241	20.022	12.739	10.210	-57,9%
10 bis 20	8.630	6.960	5.625	4.989	-42,2%
20 bis 50	9.790	8.011	6.740	5.492	-43,9%
50 bis 75	2.058	2.272	2.263	2.154	+4,7%
75 bis 100	651	954	1.128	1.165	+79,0%
> 100	428	838	1.174	1.519	+354,9%
Insgesamt	45.798	39.057	29.669	25.229	-44,3%
Ø Flächenausstattung (ha/Betrieb)	16,8	19,9	25,8	29,9	+78,0%
LF in ha gesamt	770.038	775.597	765.979	763.299	-1,2%
Wachstumsschwelle	50 ha	50 ha	75 ha	100 ha	
Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe in Hessen					
Jahr	HE-Betriebe		NE-Betriebe		
1971	40,2%		59,8%		
1983	36,7%		63,3%		
1993	31,1%		68,9%		
2003	34,3%		65,7%		
Bund 1999	43,5%		56,5%		
Aufteilung der LF auf die HE- und NE- Betriebe					
	1999		2003		
	ha	Anteil	ha	Anteil	
Haupterwerb	458684	65%	462554	68%	
Nebenerwerb	248.023	35%	221.383	32%	

Tab. 2.: Anbau und Ertragsdaten

Bodennutzung in landwirtschaftlichen Betrieben				
Nutzungsart	Fläche in 2002			
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	750.855 ha			
Darunter				
Ackerland	479.102 ha			
Dauergünland	266.058 ha			
Obstanlagen	1.228 ha			
Rebfläche	3.488 ha			
Baumschulfläche	540 ha			
Haus- und Nutzgarten	147 ha			
Anbau und Erträge ausgewählter Feldfrüchte auf dem Ackerland 2002				
Feldfrüchte	1971 Fläche in %	1971 Ertrag in dt/ha	2002 Fläche in %	2002 Ertrag in dt/ha
Getreide	69,8		64,3	63
Weizen	23,1	46	31,3	71
Roggen	11,8	314	3,7	59
Gerste	18,2	45	21,9	61
Hafer	14,1	36	3,5	43
Raps und Rüben	0,2	21	11,2	33
Hülsenfrüchte	0,6	-	2,0	
Hackfrüchte				
Kartoffeln	8,5	249	1,0	324
Zuckerrüben	3,5	440	3,9	590
Futterpflanzen	8,6	-	7,5	-
Stilllegung, Brache	0,3	-	6,7	-
Ackerland insgesamt in ha	572.207	-	479.100	-

Tab. 3: Nutzungsarten der Bodenfläche in Hessen (Flächenerhebung), Angaben in Hektar

Jahr	1989	1993	1997	2001
Gebäude und Freiflächen	135.848	142.543	147.074	151.828
darunter Wohnen	69.990	71.022	73.787	76.441
Gewerbe und Industrie	14.275	14.627	15.279	15.765
sonstige	51.583	56.894	58.008	59.622
Betriebsfläche	7.425	7.559	7.860	7.852
darunter Abbauland	3.961	4.137	4.229	4.031
Erholungsfläche	13.431	15.586	16.515	17.578
darunter Grünanlagen	7.282	9.142	9.698	10.287
Verkehrsfläche	135.502	136.351	137.227	138.276
darunter Straße, Weg, Platz	126.091	126.791	127.670	128.701
Landwirtschaftsfläche	938.223	925.201	915.972	907.068
darunter Moor	99	54	54	68
Heide	138	121	107	107
Waldfläche	838.284	839.860	841.858	843.450
Wasserfläche	26.185	26.884	27.186	27.553
Flächen anderer Nutzung	16.498	17.466	17.784	17.880
darunter Unland	7.523	7.410	8.932	8.978
Zwischensumme: Siedlungs- und Verkehrsfläche	290.033	300.215	306.792	313.913
Bodenfläche insgesamt	2.111.397	2.111.442	2.111.477	2.111.484

Quelle: „Flächenerhebung in Hessen“, Hessisches Statistisches Landesamt

Sonderkultur Wein

K. Schaller

Der Weinbau Hessens in historischer Betrachtungsweise

Nach Bronner (1836), dem Altmeister der Beschreibung des Weinbaus in Süddeutschland, ist urkundlich belegt, dass schon im 10. und 11. Jahrhundert Weinbau betrieben wurde. Über die Ausdehnung liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Es kann jedoch angenommen werden, dass sie geringer war als heute, denn zu der damaligen Zeit wurden noch beachtliche Futterflächen für Zugtiere benötigt und teilweise zur Erzeugung von Futter- und Brotgetreide.

Die Besitzverhältnisse waren im Wesentlichen durch die Geistlichkeit und teilweise den Adel bestimmt, die über beachtliche Stiftungen – Johannisberg und Kloster Eberbach – verfügten. Erwähnenswert ist allerdings, dass Geistlichkeit und Adel den Sinn für den Weinbau geweckt haben, der *„hernach ins bürgerliche Leben übergegangen ist, und sich später so segensreich verbreitet hat“* (Bronner, 1836).

Bronner (1836) berichtet auch, dass bis zur zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts der Weinbau nur Sache der arbeitenden Klasse war. *„Was die Geistlichkeit an guten Lagen nicht besaß, war Eigentum von adeligen, später Privaten und reichen Gutsbesitzern aus Mainz, Frankfurt und der Umgegend, welche den Weinbau ihren Aufsehern oder Weinbergsleuten überließen, und nur zur Herbstzeit sich das Vergnügen machten, ihre Besitzungen zu besuchen, und das in Fröhlichkeit einzukellern, was ihre Dienstleute den Sommer über gepflegt hatten.“*

Von Bronner stammt auch die erste zutreffende Beschreibung des Anbaugesbietes, deren Bewertung eigentlich bis zum heutigen Tage Gültigkeit besitzt. Er schreibt hierzu: *„Das Rheingau, dessen allgemeine Exposition südlich ist, bildet einen flachen gedrückten Halbbogen, welchen auf der südlichen Seite der Rhein in ziemlich gerader Richtung wie die Sehne eines Pfeilbogens begränzt. Das Taunusgebirge nämlich, das auf der nördlichen Seite dasselbe begränzt, schiebt bei Schierstein und Wallauf (Walluf), als dem Eingang ins Rheingau, einen Vorhügel gegen den Rhein vor, zieht sich dann allmählich zurück, bis auf eine Stunde vom Rheine, nämlich beim Steinberg und bei Hallgarten, tritt beim Johannisberge bei Geisenheim allmählich wieder hervor, und schließt bei Rüdeshelm förmlich den Halbkreis ab, der durch die fortlaufenden gleichhohen Berge bei Bingen vor den kalten Winden aus dem Hochgebirge des Hundsrücks geschützt wird.“*

Es wird weiter auf die bevorzugte Lage des Anbaugesbietes eingegangen, wobei die schützende Funktion des Taunus hervorgehoben wird, der verhindert, dass die durch die Sonneneinstrahlung gebildete Wärme aus dem Gebiet ausgeblasen wird. Die förderliche Funktion des Wasserspiegels des Rheins wird geson-

dert hervorgehoben. Letzte Aussage hält sich bis heute in vielen Büchern, die zum Wein und Weinanbau geschrieben werden. Die Annahmen zur Bedeutung des Wasserspiegels für das lokale Klima lassen sich aber nach den Berechnungen des Deutschen Wetterdienstes nicht aufrechterhalten (Hoppmann, 2000).

Dem Rheingau und seinen großen Weingütern werden vielfache Einflüsse auf den Weinbau und die Kellerwirtschaft zugeschrieben. Ein wesentliches Datum hierzu stellt das Jahr 1775 dar, als in Johannisberg, das zur damaligen Zeit der Fuldaer Abtei unterstand, durch ein „Missgeschick“ die „späte Lese“ als qualitätssteigernd entdeckt wurde. Die daraus entstandene Spätlese und das damit verbundene Auslesen leiteten für den Rheingauer Wein einen Qualitätsvorsprung ein, der das Anbaugesbiet in die vorderste Linie der Weinerzeuger brachte. Die Rheingauer Weine des 19. Jahrhunderts erzielten höhere Preise als die des Burgunds oder aus dem Bordeaux. Sie wurden nach England, Dänemark, Schweden und Russland exportiert und entzückten die Gaumen der Reichen und jeweiligen Herrscher.

Das Anbaugesbiet einschließlich der Flächen in Hochheim, Wiesbaden und von Assmannshausen bis Lorch hatte in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Ausdehnung von knapp 2100 ha. Das Rebsortenspektrum entsprach der Mentalität des Risikoausgleiches, d.h. es wurden die Sorten Riesling und Silvaner meist im gemischten Satz angebaut. In „reifen“ Jahren konnte der Silvaner als früher reifende Sorte zum Teil als Esstraube verkauft und der Riesling zum eigenständigen Wein ausgebaut werden. In den schlechten Jahren mit einer mangelnden Ausreife des Rieslings ergaben sich in Verbindung mit dem Silvaner immer noch akzeptable Qualitäten. Nur in wirklich bevorzugten Lagen, wie z.B. dem Johannisberg, wurde schon damals der Riesling als alleinige Sorte angebaut. Schon zu damaliger Zeit war der Weinbau die wesentliche Erwerbsquelle der Rheingauer Bevölkerung.

Der Weinbau Hessens aus heutiger Sicht

Das heutige Hessen, das erst nach dem 2. Weltkrieg seine Abgrenzung erhielt, umfasst zwei Weinbaugesbiete, nämlich die Hessische Bergstraße und den Rheingau. Hinzu kommt noch eine kleine weinbauliche Enklave in Groß Umstadt, die aber nur wenige Hektare ausmacht.

Nach derzeitiger Auffassung befindet sich der Weinbau an der Nordgrenze seiner Verbreitung (50. Breitengrad) und ist daher stärker von den Witterungsbedingungen geprägt als andere südlich gelegene Anbaugesbiete.

Auf der Basis der Agrarstatistik vom 31.07.2003 finden sich in Hessen folgende ausgewiesene Rebflächen:

Rheingau 3167 ha im Ertrag stehend 3102 ha
Bergstraße 444 ha im Ertrag stehend 428 ha

Die angebauten Rebsorten im Rheingau verteilen sich folgendermaßen: 80% Riesling, 12,7% Spätburgunder und 2,9% sonstige rote Sorten. Der Rest verteilt sich auf diverse weiße Sorten, wie z.B. Müller-Thurgau, Silvaner, Weißburgunder, Auxerrois.

Bei den roten Sorten zeichnet sich bei den Neuanlagen ein leichter Rückgang an, bei den weißen Sorten dominiert nach wie vor der Riesling.

Der Anbau erfolgt ausschließlich in Form von Propfreben, d.h. die europäischen Edelsorten werden auf speziell gezüchtete und selektionierte, rebblausfeste oder -tolerante Unterlagsreben veredelt, um von vornherein Schäden durch Rebblausbefall auszuschalten. Der Anbau von Propfreben ist obligat für alle Winzer, da alle Rebflächen mit der Rebblaus durchseucht sind.

Die Auswahl der Unterlagen erfolgt nach ihren Standortansprüchen. Wesentliche Bodenparameter sind dabei pH-Wert, Kalkgehalt und Wasserführung.

Die Betriebsstrukturen weisen 370 Haupterwerbsbetriebe und 1200 Nebenerwerbsbetriebe aus. Unter den Haupterwerbsbetrieben befindet sich das größte deutsche Weingut, die Hessischen Staatsweingüter Kloster Eberbach mit ca. 220 ha, sowie die Weingüterverwaltung Schloß Johannisberg mit ca. 120 ha und Schloß Vollrads mit ca. 60 ha. Hierbei handelt es sich um Betriebe die zweifellos im deutschen Weinbau Leitbildfunktionen einnehmen.

In Hessen besteht eine sehr enge Verzahnung zwischen Weinbau und Weinherstellung und der Forschung für diese Aufgabenfelder. Das Land unterhält als eines der kleinsten weinbautreibenden Länder der Bundesrepublik Deutschland eine der größten Forschungs- und Ausbildungsstätten für Wein- und Gartenbau in Geisenheim. Knapp 330 Angestellte, einschließlich 45 Wissenschaftler, führen auf einer Betriebsfläche von ca. 72 ha Forschungsaufgaben durch und bilden rund 900 Studenten in den Studiengängen Weinbau und Oenologie, Getränketechnologie, Gartenbau und Landschaftsarchitektur in Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen aus. Wesentliche Impulse zur Weiterentwicklung des Weinbaus gehen von dieser Einrichtung aus.

Der Weinbau und sein Endprodukt Wein sind heute durch einen absolut offenen Markt gekennzeichnet. Der deutsche Weinbau kann nur ca. 50% des deutschen Konsums mit seiner eigenen Produktion abdecken. Demzufolge ist der deutsche Weinmarkt der am heißesten umkämpfte Markt und Deutschland dabei zum zweitgrößten Weinimporteur der Welt aufgestiegen.

Der deutsche Winzer sieht sich demnach in einem permanenten Vergleich mit den ausländischen Anbietern. In einer derartigen Konkurrenz kann nur derjenige überleben, der beständig die Qualität seiner Pro-

dukte im Auge hat und auch willens ist, Qualität und Qualitätsverbesserung als oberstes Ziel zu sehen.

Qualitätsweinbau in Hessen

Grundlage des Qualitätsweinbaus in Hessen bildete die „Standortkartierung der Hessischen Weinbaugebiete“, wie sie von Zakosek (1967) vorgelegt wurde. Bis heute sind die hessischen Weinbaugebiete die einzigen flächendeckend kartierten Gebiete in Deutschland. Die Untersuchungen werden ergänzt durch standortklimatische Bewertungen und Karten einschließlich Anbauempfehlungen für Unterlagen- und Rebsortenauswahl für die jeweiligen Standorteinheiten.

Aufbauend auf 12-jährigen Untersuchungen auf 112 Testparzellen zur Ausbildung von Qualität und Quantität bei Riesling, entwickelte die Agrarmeteorologische Forschungsstation des Deutschen Wetterdienstes in Geisenheim ein Modell, mit dem Flächen auf ihre Weinbauwürdigkeit hin direkt beurteilt werden konnten. Mit Hilfe eines Modells zur Berechnung der Strahlung an einem Standort während der Vegetationszeit, besteht die Möglichkeit zu entscheiden, ob Reben mit Erfolg angebaut werden können.

In einem gemeinsamen Projekt des Fachgebietes Bodenkunde und Pflanzenernährung der Forschungsanstalt Geisenheim und dem DWD wurde das Modell um bodenbürtige Parameter erweitert (Abb.1).

Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass sowohl Ertrag

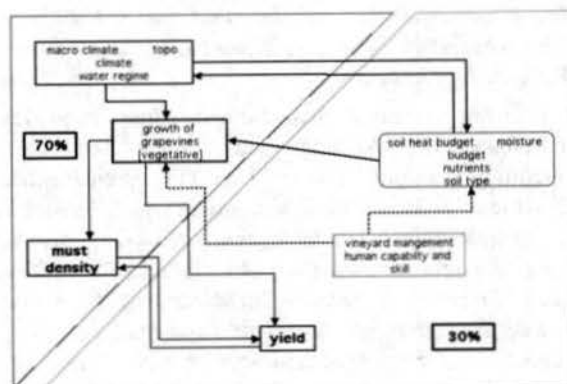


Abb. 1: Einfluss von Klimaparametern und bodenbürtigen Größen auf die Bildung von Ertrag, Mostgewicht und Säure bei Rieslingreben

als auch Mostgewicht und Säure bei Reben zu 70% von meteorologischen Größen abhängig, die bodenbürtigen Größen mit einem Anteil von 30% aber nicht unwesentlich beteiligt sind. Von den Bodenkenngrößen sind bedeutsam die Wasserspeicherleistung, die Bodenwärmeleitung und das Nährstoffangebot. Eine weitere Modifikation kann dieses Bild aber auch noch durch die unterschiedlichen Fähigkeiten der Bewirtschafter erfahren.

Zur Verdeutlichung des Bodeneinflusses, sei eine Testparzellengruppe herausgegriffen, die im Bereich

des Rüdesheimer Berges untersucht wurde. Im nativen Zustand sind die Flächen des Rüdesheimer Berges flachgründige, skelettführende Substrate.

Zwei Parameter sind für die Mostgewichtsbi- dung in diesem Bereich zuständig, nämlich zum einen die P-Versorgung des Unterbodens und der Gesamt-N-Gehalt des Oberbodens. Die letztgenannte Größe steht in enger Beziehung zum Gesamt-C-Gehalt, und wenn man will, wird hier indirekt auch das Wasser- speichervermögen charakterisiert. Die anderen zu- sätzlich ermittelten Größen sind bezüglich ihrer Be- deutung mehr als marginal einzustufen (Abb. 2).

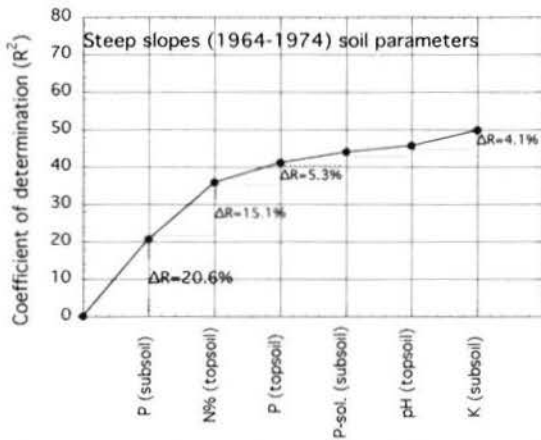


Abb. 2: Abhängigkeit der Mostgewichtsbi- dung von bodenchemischen Parametern auf stark geneigten Flächen des Rüdesheimer Berges

Betrachtet man die Abhängigkeiten für alle unter- suchten Parzellen, so wird deutlich, dass nach wie vor die P-Versorgung des Unterbodens von großer Be- deutung ist, und dass als weiterer Parameter die Ver- sorgung des Unterbodens mit Kalium hinzu kommt (Abb. 3).

Für alle Betrachtungen gilt, – gleichgültig, ob es sich

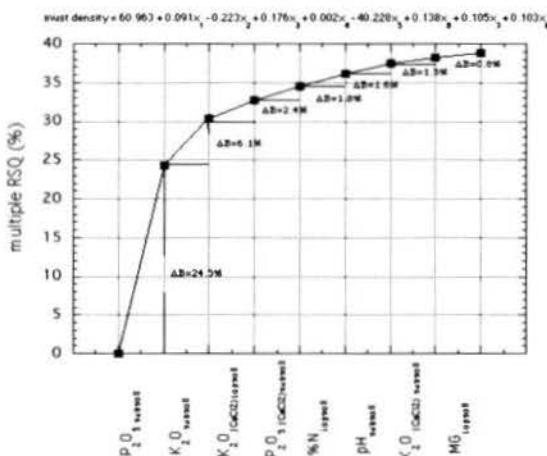


Abb. 3: Erklärung des Mostgewichtes als Funktion boden- chemischer Parameter (112 Testparzellen)

um Steillagen handelt oder um sog. Flachlagen – dass an erster Position dieser Regressionsgleichungen immer die Nährstoffversorgung des Unterbodens eine dominante Rolle einnimmt.

Der Weg zum „Terroir“

Diese sehr deutlich aufgezeigten Zusammenhänge zwischen den genannten Parametern stützen die Vermutung, dass zwischen den einzelnen erfassbaren Geländeeinheiten und der Qualität des Ernteproduk- tes eine Beziehung bestehen muss. Dies kann aber nur bedingt bis zum eigentlichen Endprodukt wein- baulichen Wirtschaftens, dem Wein, weiter geführt werden. In diesem letzten Prozessschritt spielt sicher der Mensch mit seinen verschiedenen Möglichkeiten zur Manipulation eine nicht zu unterschätzende Rolle (s.a. Abb. 1).

Die von Hoppmann (1988) vorgelegten Berechnun- gen belegen jedoch sehr deutlich, dass die Wärme- gunst der jeweiligen Standorte immer eine überge- ordnete Rolle spielen wird. In strikter Anwendung der Modelle sollte es demzufolge möglich sein durch Extrapolation Flächen zu ermitteln, die eine besonde- re Wärme- gunst besitzen und so in der Lage sind, grundsätzlich höhere Qualitäten zu liefern als be- nachbarte Flächen.

Im Rahmen eines vom Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz und dem Rheingauer Weinbauverband initiierten Forschungsvorhabens konnten solche Flächen ermit- telt und die daraus erzeugten Weine bewertet werden. Die Arbeiten gipfelten im Jahr 2000 in der Einfüh- rung des 1. Gewächses, also Weine die unter Berück- sichtigung der klimatologisch-bodenkundlichen Be- wertungen erzeugt werden. Bevor die Weine dem Markt übergeben werden, erfolgt eine strenge organo- leptische Prüfung, die verhindern soll, dass die menschliche Aktivität die positiven Einflüsse, die aus dem Erzeugungsbereich kommen, wieder zerstört.

Von ihrer Gesamtkonzeption her gesehen, soll diese Vorgehensweise einen Beleg dafür liefern, dass es möglich ist, bei der Produktion von speziellen Le- bens- oder Genussmitteln eine Verbindungslinie her- zustellen vom Produktionsstandort über die Verarbei- tungsstufen bis zum Endprodukt, die vom Verbrau- cher wahrgenommen werden kann.

In Anlehnung an Vorarbeiten, die in Frankreich durchgeführt wurden, hat man dafür den Begriff des „Terroirs“ gewählt, d.h. der Standort hat in seiner Gesamtheit einen prägenden Einfluss auf das Urpro- dukt, der sich bei entsprechender Behandlung auch im Endprodukt widerspiegelt.

Das primäre Wirkungsgefüge des Terroirs ist im linken Teil der Abb. 4 aufgeführt und zeigt die Interdependenzen am jeweiligen Standort auf. Der rechte

Teil der Darstellung weist auf die zu beachtenden Zusammenhänge hin, wenn Terroirs als Grundlage für die Pflanzenproduktion definiert werden sollen.

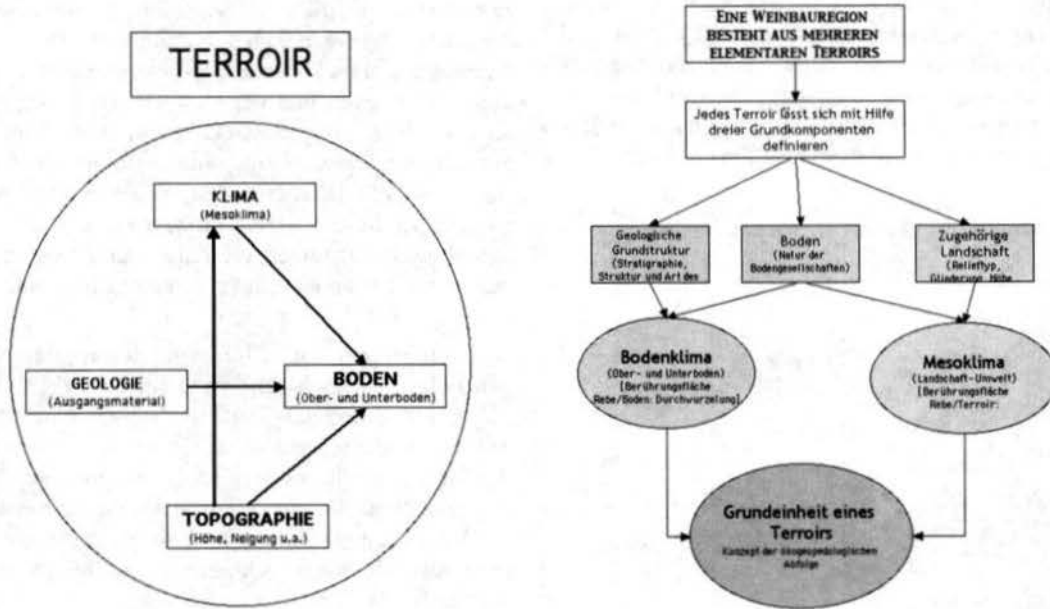


Abb. 4: Das Terroir (links) in seiner Anwendung auf den Weinbau (rechts)

Literatur

Bronner, J.Ph. (1836): Der Weinbau im Rheingau, von Hochheim bis Coblenz, vollständig dargestellt. Heidelberg in der Universitätsbuchhandlung F. Winter.

Hoppmann, D. (2000): Mündliche Mitteilung.

Hoppmann, D. & Schaller, K. (1981): Influence of different site parameters on quality and quantity of grapevines. 1. Part: Weinwissenschaft 36: 299-329.

Hoppmann, D. & Schaller, K. (1981): Influence of different site parameters on quality and quantity of grapevines. 2. Part: Weinwissenschaft 36: 371-377.

Hoppmann, D. (1988): Der Einfluß von Jahreswitterung und Standort auf die Mostgewichte der Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau (*Vitis vinifera* L.). Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 176. Offenbach.

Koblet, W. & Zwicky, P. (1965): Der Einfluß von Ertrag, Temperatur und Sonnenstunden auf die Qualität der Trauben. Weinwissenschaft 20: 237-244.

Zakosek, H. (1967): Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. Abhandlungen des Landesamts für Bodenforschung Band 50.

Anschrift

Prof. Dr. K. Schaller, Forschungsanstalt Geisenheim, Postfach 1154, 65358 Geisenheim, E-mail: k.schaller@fa-gm.de

Bodenschutz und Bodenbelastung in Hessen

K.-H. Emmerich

Bodenschutz

Boden kann auf Grund seiner ökologischen Stellung als Mittelpunkt der Biosphäre und als Grundlage des höher entwickelten Lebens auf der Erde betrachtet werden. In der Pedosphäre durchdringen sich Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre. Böden stellen somit das zentrale Kompartiment terrestrischer Ökosysteme dar.

Im krassen Gegensatz zu anderen Umweltmedien erfahren Böden jedoch nicht die allgemeine Wertschätzung, die ihnen auf Grund ihrer Bedeutung zukommt. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- Böden sind nicht „einsehbar“,
- Böden wecken keine Emotionen,
- Böden sind oft Privateigentum,
- Bodenbelastungen haben keine dramatischen Merkmale,
- Böden haben keine direkte Alltagsbedeutung,
- Unzureichende Berücksichtigung in der Bildung (Müller, 2003).

Die im Gegensatz zu Wasser und Luft herausgehobenen Eigentums- und Nutzungsfunktion von Grund und Boden führten schon seit langem dazu, dass Belange des Bodenschutzes, wenn auch unter anderen Begriffen, thematisiert wurden. Beim damaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLfB, seit 2000 fusioniert zum Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)) gehen diese Ansätze bis in die fünfziger Jahre zurück (z.B. Jung, et al. 1954). Diese Veröffentlichungen (z.B. Schönhals, 1953) sind zum Teil bis heute für die Arbeiten des vorsorgenden Bodenschutzes und zur Auswertung der Bodenschätzungsdaten aktuell. Danach wurde immer wieder auf die „Möglichkeiten der Bodenkunde zur Lösung von Umweltproblemen“ hingewiesen (Bargon, 1983). Im Rahmen der Diskussion um ein zukünftiges Bodenschutzgesetz wurde 1996 im damaligen Landesamt für Bodenforschung, neben der klassischen bodenkundlichen Landesaufnahme, das Dezernat Bodenschutz gegründet, in dem anwendungsbezogenen Fragestellungen der Bodenkunde bearbeitet werden. Diese Ansätze erhielten eine rechtliche Grundlage mit dem In-Kraft-Treten des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) zum 1. März 1999. Diese und die darauf gestützte Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom Juli 1999 befassen sich aber in erheblichen Teilen mit der Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Daneben enthält das BBodSchG aber auch Vorschriften gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen, im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes.

In § 1 des BBodSchG werden die Leitvorstellungen des Bodenschutzes formuliert. Ziel ist es, die Böden in einem guten Zustand zu erhalten, damit sie ihre Funktionen erfüllen können. Besonderes Augenmerk liegt auf dem Schutz der natürlichen Bodenfunktionen und den Funktionen des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Für die Umsetzung in die Praxis müssen die Leitvorstellungen konkretisiert werden. Es muss z.B. festgelegt werden, was ein guter Bodenzustand ist, welches Schutzniveau realisiert werden soll bzw. kann und welche Einwirkungen in welchem Maße toleriert werden müssen bzw. können. Die Abstimmung dieser Ziele erfordert gemeinsame Überlegungen von Wissenschaft, Politik, Gesellschaft und Nutzern.

Das BBodSchG lässt einzelne Bereiche ungerichtet, so dass diese durch Landesrecht zu füllen sind. Anders als die meisten anderen Bundesländer hat Hessen bisher kein Ausführungsgesetz zum BBodSchG erlassen. Hessen war mit seinem Abfall- und Altlastengesetz (1989) ein Vorreiter des Altlastenrechtes in Deutschland. Es gibt in Hessen seit 1989 ausführliche gesetzliche Regelungen zur Altlastensanierung und seit 1994 das hessische Altlastengesetz. Dies ist jedoch in Teilen nicht mehr anwendbar, da diese durch Regelungen vom BBodSchG verdrängt wurden. Bei der Umsetzung des unmittelbar geltenden BBodSchG in ein länderspezifisches Ausführungsgesetz befindet sich Hessen bei den Nachzügeln. Das Regierungsprogramm der CDU-Landtagsfraktion (2003) sieht jedoch für die laufende Legislaturperiode vor: „Ein Ausführungsgesetz zum Bundesbodenschutzgesetz soll erarbeitet werden.“

Bei der Umsetzung des Bodenschutzrechtes zeigt sich der Vollzug vor allem bei der Abgrenzung zu anderen Rechtsbereichen, insbesondere Abfall-, Düngemittel-, Wasser- und Baurecht häufig überfordert. Eine Reihe von Detailfragen im Bereich der Landschafts- und Bauleitplanung sind nach wie vor offen. Auch fehlen Prüf-, Vorsorge- und Maßnahmewerte für zahlreiche bodenrelevante Stoffe. Die Zuständigkeit des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie für die Aufgaben des Bodenschutzes werden in der Verordnung über die Bestimmung zuständiger Behörden nach Bundesbodenschutzgesetz (StAnz, 1999) geregelt.

Notwendige Voraussetzung für den vorsorgenden Bodenschutz bilden die Kenntnisse der bodenkundlichen Grundlagen, des Bodenzustandes sowie der zeitlichen und gebietsbezogenen Bodenveränderungen. Für gezielte vorbeugende Maßnahmen sind darüber hinaus Informationen über die standort- und nutzungsspezifischen Einflüsse auf den Boden erforderlich. Ziel des Bodenschutzes in Hessen ist deshalb der Aufbau eines leistungsstarken Fachinformationssystems Boden/Bodenschutz.

Bodenbelastung

Zur Ableitung konkreter Bodenschutzmaßnahmen müssen die Gehalte von Nähr- und Schadstoffen in Böden bekannt sein. Deshalb hat das Hessische Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2003) formuliert: „Der Zustand der Böden wird dauerhaft beobachtet und dokumentiert. Im Rahmen der Bereitstellung von Umweltinformationen wird ein Bodenzustandskataster geführt.“ Dazu ist es notwendig, die natürlichen gesteinsbürtigen (geogenen) Grundgehalte, die An- oder Abreicherung unter natürlichen Bedingungen durch bodenbildende (pedogene) Prozesse von durch den Menschen verursachten (anthropogenen) Belastungen zu trennen. Der diffusen Deposition kann sich kein Standort entziehen. Daher wird diese bei der Bewertung von Bodenbelastungen zum geogenen Grundgehalt addiert. Die Summe, geogener Grundgehalt plus diffuser Eintrag, wird als Hintergrundgehalt definiert. Chalkogene Anteile können punktuell oder flächenhaft zu einem deutlichen Anstieg der regionalen geogenen Grundgehalte führen. Sie liegen dann vor, wenn erzführende Gänge oder Gesteine, die nicht bergmännisch abgebaut werden oder wurden (= anthropogene Komponente), oberflächennah anstehen und durch Verwitterung (in situ) oder Erosion und Umlagerung (z.B. in Talauen) unmittelbar zum pedogenen Gehalt beitragen.

Eine wichtige Datenbasis für die Erfassung des Bodenzustandes sind die Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). Hessenweit werden seit 1991 (BDF) eingerichtet. Heute sind es 67 Standorte, die periodisch bezüglich ihrer Bodenveränderungen untersucht werden. Diese so genannten Basis-BDF liefern Daten zur Merkmalsdokumentation, also zum Ist-Zustand der untersuchten Böden. Der Bodenzustand kann abgeschätzt werden; durch eine langfristige Überwachung ausgewählter Parameter können Veränderungen im Boden erkannt und Prognosen zur Entwicklung getroffen werden. Zusätzlich wurden drei Intensiv-BDF angelegt, um an ausgewählten Standorten eine Prozessdokumentation durchführen zu können. Dies bedeutet eine pfadbezogene Erfassung von Schadstoffen, sowie eine kontinuierliche Erfassung von Daten bezüglich des Bodensickerwassers und Grundwassers, des Stoffeintrags und des Klimas.

Neben typischen Böden werden mittels Boden-Dauerbeobachtung auch lokale potenzielle Belastungen (z.B. Flughafen Frankfurt), sowie empfindliche Böden beobachtet. Durch Nachweis von Veränderungen der Bodenqualität lassen sich notwendige Korrekturmaßnahmen frühzeitig einleiten und stichhaltig begründen. BDF liefern wichtige Informationen zur Gestaltung einer umweltschonenden und nachhaltigen Bodennutzung.

In Hessen wurde bei der Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf landwirtschaftlich

genutzten Flächen eine bisher bundesweit einmalige Vorgehensweise angewandt. In enger Zusammenarbeit zwischen Oberfinanzdirektion und Hessischem Landesamt für Umwelt und Geologie werden Musterstücke der Bodenschätzung auch für Zwecke der Boden-Dauerbeobachtung herangezogen. Die vom Schätzungsbeirat des Bundesfinanzministeriums bewerteten Musterstücke repräsentieren bereits typische Böden der jeweiligen Naturräume. Sie erfüllen damit auch die Kriterien, die für Boden-Dauerbeobachtungsflächen gelten. Darüber hinaus werden alle Vergleichstücke im Rahmen der Nachschätzung gemeinsam beprobt und die Ergebnisse fließen in das Fachinformationssystem Boden/Bodenschutz zur Berechnung der Hintergrundwerte ein.

Folgende Parameter werden auf hessischen Boden-Dauerbeobachtungsflächen ermittelt: **Anorganische Chemie** (etwa alle 5 Jahre): (pH-Wert, C_{ges} , C_{org} , N_{ges} , Carbonatgehalt, KAK_{pot} , KAK_{eff} , Königswasserextrahierbare Gehalte: Ca, Mg, Fe, K, Mn, P, S, Königswasserextrahierbare Gehalte: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, Al, Ammoniumnitrat-extrahierbare Gehalte: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Al, Langlebige Radionuklide: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K), **Organische Chemie** (etwa alle 5 Jahre): PCB, CKW, PAK (nach EPA), Dioxine und Furane, **Bodenphysik** (einmalig): Korngrößen, Rohdichte, Festsubstanzdichte, Porengrößenverteilung, K_r -Wert, **Bodenbiologie** (jährlich): *Anneliden* (Ringelwürmer), *Lumbriciden* (Regenwürmer) und *Enchytraen* (Borstwürmer).

Dabei werden solche Stoffe bzw. Stoffgruppen berücksichtigt, die ubiquitär-diffus in Böden verbreitet sind, eine Wirkungspfadbezogene Relevanz aufweisen (Boden-Grundwasser; Boden-Mensch; Boden-Nahrungskette) und in bestimmten Konzentrationen toxisch sind. Darüber hinaus müssen die ausgewählten Stoffe analytisch-chemisch und mit allgemein eingeführten Verfahren eindeutig und hinreichend präzise erfasst werden können. Bei den organischen Stoffen spielt ihre Persistenz in Böden eine wesentliche Rolle. Die Halbwertszeit im Boden sollte länger als 6 Monate betragen (Labo, 2003).

Als Beispiel sind in Tab. 1 die Hintergrundwerte für organische Spurenstoffe in hessischen Böden zusammengefasst (Emmerich, 2001). Die Gehalte sind regional stark unterschiedlich und zeigen keine direkte Abhängigkeit von Verdichtungsräumen. Der sedimentäre Eintrag im Auenbereich übersteigt den atmosphärischen Eintrag. Bei den Wiederholungsuntersuchungen zeigt sich eine Tendenz zur Abnahme der Gehalte. Eine deszendente Verlagerung ist nicht immer auszuschließen. Die Datenbasis ist bisher jedoch noch nicht ausreichend, um gesicherte Aussagen über den Abbau und die Verlagerung von organischen Spurenstoffen unter Freilandbedingungen zu machen.

In Tabelle 2 sind als Beispiel nutzungsdifferenzierte Hintergrundwerte für Schwermetalle für Oberböden

mit den Ausgangsgesteinen Basalt, Schalstein und Diabas zusammengestellt. Die Werte liegen geogen bedingt zum Teil über den Vorsorgewerten der BBodSchV. Gebiete mit geogen- bzw. siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalte sollen laut Aussage der CDU-Landtagsfraktion zukünftig als „Vorsorgegebiete für den Bodenschutz“ ausgewiesen werden (Eurich-Menden & Vorderbrügge, 2003).

Literatur

Bargon, E. (1983): Möglichkeiten der Bodenkunde zur Lösung von Umweltproblemen. – Geoökodynamik 4: 1-18; Darmstadt.

CDU-Landtagsfraktion (2003): Verantwortung für Heute – Visionen für Morgen, Unser Versprechen für Hessen, Regierungsprogramm 2003-2008, beschlossen am 28. März 2003, Wiesbaden.

Emmerich, K.-H. (2001): Beiträge zum Bodenschutz in Hessen. – Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen 1; Wiesbaden.

Eurich-Menden, B. & Vorderbrügge, T. (2003): Ergebnisse einer Umfrage bei den im Hessischen Landtag vertretenen Parteien zum Thema „Bodenschutz“. – www.bvboden.de/downloads/RG_West_030122.PDF.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2003): Vorsorgender Bodenschutz – Ziele in Hessen; Wiesbaden.

Jung, J. & Schönhals, E. & Weber, H. (1954): Landwirtschaft und Bodenerosion I. – Mitt. Inst. Raumforschung 23, Bonn – Bad Godesberg.

Labo (2003): Hintergrundwert für anorganische und organische Stoffe in Böden. – Rosenkranz, D., Bachmann, G. König, W. & Einsele, G. (Hrsg.): Bodenschutz; Berlin.

Müller, K. (2003): Die Bedeutung von Böden, ihre Wertung durch die Gesellschaft und die Berücksichtigung bei der Ausbildung an landwirtschaftlichen Berufsschulen in Niedersachsen. – Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen 5: 5-9; HLUg, Wiesbaden.

Schönhals, E. (1953): Die Schätzung des landwirtschaftlich genutzten Bodens. – Geogr. Rd. 5, 9: 333-339; Braunschweig.

StAnz. (1999): Nr. 6, Teil 1 18.März, Verordnung über die Bestimmung zuständiger Behörden nach Bundesbodenschutzgesetz.

Anschrift:

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,
Dez. Bodenschutz
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden
k.emmerich@hlug.de

Tab. 1: Organische Spurenstoffe in hessischen Böden

	Dieldrin	HCB	α -HCH	γ -HCH (Lindan)	DDT	Σ -PCB	Benzo-(a)-pyren	Σ PAK nach EPA	ITE
Oberböden (max. 30 cm)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg
n	40	52	38	50	54	58	53	38	52
90 P.	0,0010	0,0210	0,0005	0,0010	0,0399	0,0428	0,2704	0,6256	22,9
50 P.	0,0005	0,0030	0,0005	0,0005	0,0040	0,0030	0,0130	0,1055	5,0

Tab. 2: Schwermetalle in hessischen Böden, nutzungsdifferenziert, Ausgangsgestein: Basalt, Schalstein, Diabas

mg/kg	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Acker Oberboden							
n	121	121	121	121	121	121	121
50. P.	3,0	0,5	52,0	0,07	207,0	42,0	144,0
90. P.	5,0	0,8	72,8	0,10	339,0	49,0	169,8
Grünland Oberboden							
n	119	119	119	118	119	119	119
50. P.	3,0	0,6	47,0	0,06	185,0	48,0	135,0
90. P.	5,0	1,2	69,0	0,11	267,0	55,0	168,0
Wald Oberboden							
n	70	70	70	69	70	70	70
50. P.	4,0	0,8	45,5	0,13	182,0	74,0	162,0
90. P.	8,0	1,2	68,9	0,23	277,6	119,9	211,6

Z 1: Bodenlandschaften Südhessens

K. J. Sabel, H. Thiemeyer, R. Dambeck

Zielsetzung

Die Exkursion führt durch Bodenlandschaften des nördlichen Oberrheingrabens, des kristallinen Vorderen Odenwaldes und des Buntsandstein-Odenwaldes. Das Ziel ist es, die engen Beziehungen zwischen der Bildung der Bodenformen, der geowissenschaftlichen und kulturellen Landschaftsentwicklung sowie der Entstehung und Ausprägung des oberflächennahen Untergrundes offensichtlich zu machen.

Exkursionsroute

Der erste Standort nach der Anfahrt aus Marburg wird eine Düne („Sachsenbuckel“) südlich von Lorsch auf dem Hochgestade des Rheins sein. Von hier führt die Route ins Hessische Ried über die verschiedenen Mäandergenerationen der Rheinniederung bis zur rezenten Aue am Kühkopf (Halt 2 - 4), bevor der Tag mit dem Profil „Rebmuttergarten“ in Hepenheim an der Bergstraße endet (Halt 5) und mit einer Weinprobe ausklingt. Der nächste Tag beginnt am „Felsenmeer“ bei Beedenkirchen im Kristallinen Odenwald (Halt 6). Anschließend geht es über die Nibelungenstraße über Fürth (Halt 7) nach Affolterbach (Halt 8). Die Rückfahrt über ICE-Bahnhof Frankfurt-Flughafen nach Marburg erfolgt gegen 15.00 Uhr.

Beschreibung des Exkursionsgebietes

Lage und naturräumliche Gliederung

Südhessen lässt sich naturräumlich gliedern in das Hessische Ried als Teil der nördlichen Oberrheinischen Tiefebene, die Bergstraße und den Odenwald.

Die Landschaftseinheit „nördliche Oberrheinebene“ umfasst den Raum, der sichtbar durch die fluviale Tätigkeit des Rheins geschaffen und weitergebildet wurde, d. h. das pleistozäne Hochgestade und die jüngstpleistozäne und vor allem holozäne Aue. Eingeschlossen ist aber auch das jungpleistozäne Mäandersystem des Altneckars, der bis unmittelbar vor Beginn des Holozäns entlang der Bergstraße floss und erst ab etwa Groß-Gerau dem Rhein zustrebte. Infolge der Hochwassergefährdung ist die nördliche Oberrheinniederung heute bis auf wenige Ausnahmen siedlungsfrei. Die Siedlungen liegen vorwiegend auf der hochwasserfreien Niederterrasse an der Grenze zur Rheinaue.

Als Bergstraße bezeichnet man die Bruchstufe, am östlichen Rand des Oberrheingrabens. Die Fortsetzung nach Osten bildet der Odenwald, der landschaftlich in einen Vorderen oder Kristallinen und einen Buntsandstein-Odenwald gegliedert wird, und das Nordwest-Segment der Südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft darstellt. Nach Südwesten leiten Verwerfungen und Staffelbrüche steil zum Oberrheintal

über, während sich im Süden der Kraichgau und im Osten das Bauland mit Schichten des Muschelkalkes und Keupers anschließen. Im NE markiert das tief eingeschnittene Maintal die natürliche Grenze zum Buntsandstein-Spessart. In Nord-Richtung sinkt die Buntsandsteintafel des Odenwaldes allmählich zur Untermainebene hin ab.

Geologie und Geomorphologie

Die oberflächennahen Sedimente im nördlichen Oberrheingraben (im Untergrund meist Kies, darüber Sande, Schluffe und Tone, in Altläufen auch Torfe) sind ausschließlich jungpleistozänen und holozänen Alters. Die Landschaft besitzt über weite Strecken einen relativ flachwelligen und dem Talgefälle entsprechenden schwach nach N geneigten Charakter. Für die Rheinniederung sind Geländehöhen zwischen 84-90 m ü. NN kennzeichnend, für das etwas höhere Hochgestade ein Höhenniveau von 86-95 m ü. NN. Dort treten stärkere Reliefunterschiede in den Flugsandgebieten auf, die häufig Höhen von 92-95 m ü. NN aufweisen, nach E zum Odenwald hin auch ca. 130 m ü. NN erreichen können.

Sind die Rheinmäander und Teile des Hochgestades im Hessischen Ried von ausgesprochener Reliefarmut geprägt, gehen die flachwelligen, mit spätpleistozänem kalkhaltigem Flugsand überdeckten Bereiche des Hochgestades im Norden fließend in die schmale, aus alt- bis jungpleistozänen Sedimenten aufgebaute, meist lössbedeckte Bergstraße über. Im Süden trennt beide der im Holozän vermoorte Alt- oder Bergstraßenneckar.

An der Bergstraße treten die Untergrundgesteine, ganz überwiegend Metamorphite des Kristallinen Odenwaldes, aber nur in exponierten Hanglagen wie an Oberhängen und Kuppen zutage. Meist sind sie von Sandlöss und Löss verkleidet.

Charakteristische Merkmale des Kristallinen Odenwaldes sind die hohe Reliefenergie und die markante Zerschneidung infolge der Nähe zum Oberrheingraben. Zu den bodenkundlich bedeutsamen Eigenschaften zählt, dass die Gesteine des Kristallinen Odenwaldes eine mehr oder minder grobe Textur aufweisen und deshalb zur Vergrusung neigen. Vielerorts ist eine tiefgründige tertiäre Vorverwitterung anzutreffen.

Der Buntsandstein-Odenwald ist gesteinsbedingt durch Riedel mit getreppten Hängen gegliedert. Die Exkursionspunkte bei Fürth und Affolterbach liegen an der Grenze vom Odenwaldkristallin zum Buntsandstein. Hier ist die Buntsandsteintafel durch rückschreitende Erosion spornartig zerlappt. Die höchsten Höhen der Sandsteinriedel und -kuppen erreichen ca. 550 m ü. NN, während die Tiefenlinien bei ca. 350 m ü. NN liegen.

Klima

Der Oberrheingraben ist klimatisch begünstigt. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 9,5 °C bei mittleren Jahresniederschlägen von 600-700 mm. Die Niederschlagsverteilung im nördlichen Oberrheingraben lässt einen deutlichen W-E-Gradienten erkennen. Die linksrheinischen Gebiete liegen mit z.T. deutlich weniger als 600 mm a⁻¹ unter dem großflächigen Jahresmittel. Nach E steigt die Summe der jährlichen Niederschläge bis an die Bergstraße durch den Stau-effekt des Odenwaldes bedingt auf 750-800 mm an. Während der Vegetationsperiode herrscht eine negative klimatische Wasserbilanz.

Ungünstigere Verhältnisse kennzeichnen die klimatischen Bedingungen im Odenwald. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt hier in den Tälern etwa 900 mm und steigt auf bis zu 1100 mm in den Höhenlagen an. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei Werten zwischen 7,0 und 8,8 °C.

Vegetation

In der nördlichen Oberrheinebene dominiert die landwirtschaftliche Nutzung. Restbestände der früher großflächig verbreiteten Auwaldvegetation existieren nur noch an wenigen Altwässern, wie z.B. am Stockstadt-Erfeldener-Alt Rhein mit dem NSG „Kühkopf/Knoblochsau“. Zum größten Teil handelt es sich jedoch um Sekundärvegetation. Auf dem Hochgestade mit dem Altneckarlauf sind größere Areale mit Eichen-Buchen-Mischwald bestockt. In Flugsandgebieten (z.B. Lorscher Wald) herrschen Kiefernwälder vor. Örtlich unterliegen die Dünen-sande landwirtschaftlicher Sondernutzung (z.B. Spargel) und sind dann waldfrei.

An der Bergstraße wird Wein als verbreitete Sonderkultur nahe den Städten Bensheim und Heppenheim angebaut. Neben dem „großen“ Rheingau (10000 ha) repräsentiert die „Hessische Bergsstraße“ mit 4000 ha Anbaufläche ein weiteres, sehr traditionsreiches Weinbaugebiet.

Im Kristallinen Odenwald sind, außer an steilen Hängen, Ackerbau und extensive Weidewirtschaft weit verbreitet, im Buntsandstein-Odenwald sind hingegen die höheren Lagen bis in die Rücken- bzw. Kuppenbereiche geschlossen bewaldet. Anstelle der ursprünglichen bodensauren Heidelbeer-Traubeneichen- und artenarmen Luzula-Buchenwälder dehnen sich heute vielfach reine Nadelwaldbestände aus. Örtlich stocken Kiefern-Buchen-Eichen-Mischwälder, teilweise mit Heidelbeer-Heidekraut-Gesellschaften im Unterwuchs. Nur an Unterhängen und in den Talauen wird Ackerbau bzw. extensive Grünlandnutzung betrieben.

Bodengesellschaften

Bodengesellschaften der nördlichen Oberrheinebene

In der nördlichen Oberrheinebene lassen sich verschiedene Bodenlandschaften unterscheiden.

Das Hochgestade ist die Fläche, die gegen Mitte der letzten Kaltzeit (Würm/Weichsel) als Obere Niederterrasse aufgeschottert und final vor allem im N mit vornehmlich sandig-lehmigen Hochflutsedimenten bedeckt wurde. Südlich der Linie Bensheim-Worms wurden die Schotter stattdessen von Flugsand überweht.

An Halt 1, Profil Sachsenbuckel, wird eine Bänderparabraunerde aus Flugsand unter Kiefernbestand vorgestellt. Ziel der dort durchgeführten Untersuchungen ist die Erfassung und Bewertung der Tiefenverteilung von Nähr- und Schadstoffen, wobei besonderes Augenmerk auf der Ton-Eisen-Bänderung und dem präferentiellen Fließmuster liegt. Die Erhebung der umweltrelevanten Daten erfolgt mittels Farb-tracerversuchen, Laborbodensäulen, ergänzenden physikalischen und chemischen Bodenuntersuchungen.

Während auf den überwiegend bewaldeten Flugsanden blassbraune Braunerden und Bänderparabraunerden verbreitet sind, dominieren auf den Hochflutsedimenten landwirtschaftlich intensiv genutzte Parabraunerden. Diese Jahrtausende alte Beanspruchung der Böden hat trotz der Ebenheit der Landschaft erhebliche Erosionsschäden hinterlassen und die Bodenprofile gekappt. Andererseits wurde das Bodenmaterial am Ackerrain akkumuliert, so dass nach und nach lang gestreckte, bis zu 2 m hohe Ackerberge entstanden, die heute als engmaschiges Netz einstige Wegesysteme nachzeichnen. Wo feinere Sedimente zur Ablagerung kamen, die zudem noch durch die pedogene Tonanreicherung im Unterboden verdichteten, entwickelten sich staunasse Standorte bis hin zu Pseudogley.

Das pleistozäne Mändersystem des Bergstraßen-Neckars weist eine andere Charakteristik auf. Während auf dem Hochgestade keine Altläufe des Rheins erkennbar sind, zeichnen sich die verbreitet mit Torfen und Torflagen verfüllten Mäanderaltläufe des Altneckars deutlich ab. Pedogenetisch überwiegen niedermoorgeprägte Bodengesellschaften. Das „Altnekar-Hochgestade“ trägt recht tonige Hochflutsedimente mit vorherrschend pelosolartigen Böden.

In das Hochgestade ist die Auenniederung des Rheins entlang einer meist deutlich erkennbaren Geländekante eingetieft. Das Landschaftsbild prägen zahlreiche sich morphologisch schneidende Paläomäander und Umlaufflächen, die als Auenterrassen bezeichnet verschiedenen Niveaus zugeordnet werden. Der unterschiedliche lithologische Aufbau der einzelnen Landschaftselemente belegt einen mehrmaligen Wandel der fluvialen Morphodynamik in der jüngeren Flussgeschichte, der zur Entstehung von drei Mäanderge-

nerationen mit unterschiedlichen Bodengesellschaften führte.

Die im DFG-Schwerpunktprogramm „Wandel der Geo-Biosphäre während der letzten 15000 Jahre“ erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass die Hochflutlehm-sedimentation schon vor dem Laacher See-Event einsetzte, die furkative Schotterakkumulation der Unteren Niederterrasse zu der Zeit also bereits abgeschlossen war und der Umbruch zur Mäanderdynamik eingesetzt hatte. Die frühesten Auenterrassen der Älteren Mäandergeneration wurden spätestens in der Jüngeren Dryas angelegt und ab dem Boreal bis zum mittleren Atlantikum inaktiviert. Auf ein entsprechendes Alter deuten auch neolithische Artefakte hin, die zudem die frühe Inkulturnahme dieser Flächen belegen. Die Umlaufflächen sind von vorwiegend sandig-schluffigen Sedimenten aufgebaut und tragen Tschernoseme/Kalktschernoseme, die mit Parabraunerden aus sandiger Fazies vergesellschaftet sind. Die auffallend breiten, in sich gegliederten Altläufe sind überwiegend vermoort. Durch die intensive Nutzung hat sich vielerorts schon eine Kolluvisol-Pararendzina-Bodengesellschaft entwickelt. An Halt 2 werden das Profil KBC-Kieswerk Wattenheim mit der Leitbodenform (Reliktglye)-Kalktschernosem und eine substratbedingte Übergangsform hin zur Parabraunerde vorgestellt.

Ab dem späten Atlantikum ist ein flussdynamischer Umbruch zu beobachten, der die Ausprägung der Mittleren Mäandergeneration einleitete. Die vorwiegend schluffig-tonig, sehr dunkel gefärbten Sedimente der Umlaufflächen greifen vor allem im S auch noch in Rinnen der Älteren Mäandergeneration hinein. Im Norden der Oberrheinebene überdecken sie die älteren Mäander sogar flächenhaft. Die sogenannten „Schwarzen Tone“ tragen eine teilweise schon grundwasserbeeinflusste Bodengesellschaft mit (Relikt-)Auengley-Pelosol als Leitbodenform, begleitend von Auengley und Vega. In den Altläufen ist Niedermoor verbreitet. Das Profil Hessenaue in der Kiesgrube Seemann (Halt 3) stellt den Leitbodentyp vor, dessen Tonmineralgarnitur bis zu 80 % von Smectit dominiert wird.

Der Übergang vom Subboreal zum Subatlantikum, mit dem überregional in Mitteleuropa der Beginn kälterer und feuchterer Klimabedingungen einhergeht, führte zur Ausbildung der Jüngeren Mäandergeneration, für die eine Vergrößerung der Auenfazies kennzeichnend ist. Auf den vornehmlich sandig-schluffige Sedimenten bildete sich eine Vega-Auengley-Bodengesellschaft ob des hohen rezente Grundwasserstandes aus, ohne das für die älteren Mäandergenerationen so typische Rheinweiß (Halt 4). Infolge des Ausbaus der Deichanlagen, die die Retentionsräume noch mehr einengen und die Fließgeschwindigkeit erhöhen, verschob sich das Korngrößenspektrum der jüngsten Sedimente noch stärker zum Sand. In ihnen haben die Böden allenfalls erst das Entwick-

lungsstadium der Auenpararendzina erreicht. Im Naturschutzgebiet Kückkopf lebt die Auedynamik dagegen ungehindert fort. Junge und rezente Sedimentation führte zur Ausbildung von kalkhaltigem Auensyrosem und -regosol.

Bodengesellschaften der Bergstraße

In Mittel- und Unterhangposition sind die kristallinen Gesteine mit Sandlöss und Löss verkleidet, die nährstoffreiche Parabraunerden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt tragen. Die hohe Erosionsanfälligkeit des Sandlösses, die steile Reliefierung der Hänge und die lange landwirtschaftliche Nutzung haben großflächig zur Erosion der Parabraunerden geführt. Infolgedessen nehmen kalkhaltige Pararendzinen diese Flächen ein. Das erodierte Solum akkumulierte an den Unterhängen, in Hangdellen und Bachtälern, wo Kolluvisole eine weite Verbreitung finden.

Zur Bodengesellschaft zählen auch die der Bruchstufe vorgelagerten Flugsandfelder. In den ursprünglich kalkhaltigen Flugsanden sind Bänderparabraunerden, erosionsbedingt Pararendzina/Regosol und Äolium verbreitet. Die exponierten Hänge und Kuppen tragen dagegen Solifluktsdecken mit hohen Stein- und Grusgehalten, in denen trockene Braunerden vorherrschen.

Die Weinlagen der Bergstraße sind vornehmlich auf die Hanglagen mit Sandlöss- und Lössbedeckung konzentriert. Seltener werden skelettreiche Braunerden aus Solifluktschutt in die Bewirtschaftung mit einbezogen, Flugsandstandorte mit Pararendzinen und Bänderparabraunerden werden dagegen eher gemieden.

Generell werden alle Weinbergböden in der Bodenkunde als Rigosole typisiert. Sie sind ganz wesentlich durch die Tätigkeit des Menschen verändert und geschaffen worden und daher der Klasse der Terrestrischen Kultosole (Terrestrische anthropogene Böden) zugeordnet. Fast alle Weinberge werden vor der Neuanlage „rigolt“ (Bodenvorbereitung durch tiefes Umgraben). Durch das wiederholte tiefgründige Umgraben ist die natürliche Horizontabfolge der Böden zerstört und miteinander vermischt (R-Horizont). Zur Bodenverbesserung wurde und wird in massivster Weise zudem Fremdmaterial eingebaut.

An Halt 5 wird ein Bodenprofil vorgestellt, dass der Hessischen Dauerbeobachtungsfläche „Rebmuttergarten“ der Staatsdomäne Bensheim entspricht. Es handelt um einen Pararendzina-Rigosol aus Löss.

Bodengesellschaften des Kristallinen Odenwaldes

Die paläozoischen Gesteine des Kristallinen Odenwaldes weisen eine immense, sehr kleinräumige Petrovarianz auf. Verbreitet sind Granit, Granodiorit, Diorit, Amphibolit sowie metamorphe Schiefer und Gneis. Bodenkundlich relevant ist die Eigenschaft,

dass die Kristallingesteine vielfach eine mehr oder minder grobe Textur aufweisen und deshalb zur Vergroßung neigen. Verbreitet findet man kernfrische, immer kantengerundete Blöcke (Wollsäcke), die in einer grusigen Matrix schwimmen (Profil Beedenkirchen, Felsenmeer). Nach Ausspülung des Gruses reichern sich die Blöcke zu beeindruckenden Blockströmen oder -meeren an. Dass es sich nicht um eine rezente Verwitterungsbildung handelt, belegt die solifluidale Überprägung des Gruses. Morphologische Untersuchungen beweisen, dass der Vergroßungsprozess, der mehrere Zehner Meter Gestein erfassen kann, bis in das Tertiär zurückreichen kann, dass er aber auch im Altpleistozän und mit abgeschwächter Intensität bis heute anhält. Abgesehen von erosionsbedingten Rankern und Regosolen sowie komplementär dazu den Kolluvisolen überwiegen die Braunerden aus Hauptlage über Basislage. In Unterhanglage und in Ostexposition der Hänge ist oft die Mittellage erhalten geblieben, so dass hier mehr oder minder stark pseudovergleyte Zweischicht-Parabraunerden vorherrschen. Am flächenhaften Naturdenkmal „Felsenmeer“ wird als Halt 6 das Profil Beedenkirchen vorgestellt, eine typische Braunerde aus Hauptlage aus Granitgrus und Löss über Basislage aus vergroßtem Granit.

Bodengesellschaften des Buntsandstein-Odenwaldes

Kleinräumig wechselnde Vergesellschaftungen von Braunerden und Podsolen kennzeichnen die Bodenverhältnisse an S- bis NW-exponierten Ober- und Mittelhängen sowie in Kuppen- und Spornlagen des Buntsandstein-Odenwaldes. Es dominieren Braunerden unterschiedlicher Podsoligkeitsgrade und Braunerde-Podsole, die eine mittlere Entwicklungstiefe von 40-70 cm aufweisen. Typische Podsole kommen vergleichsweise untergeordnet vor und sind dann, im Unterschied zu Braunerden, oft von überdurchschnittlichen Solummächtigkeiten (70-100 cm) gekennzeichnet. Zudem wechseln kräftige Eisenhumuspodsole innerhalb weniger Meter örtlich mit schwach podsoligen Braunerden ab. Änderungen exogener Faktoren (z.B. Klima, Vegetation) oder im Relief scheiden als Entstehungsursache aus, so dass die Variabilität der Bodenentwicklung von anderen Einflüssen gesteuert sein muss.

Auf dem Wege nach Affolterbach wird an der Schichtstufe das Bodenprofil Fürth „Kahlberg“ (Halt 7) vorgestellt. Es handelt sich um eine schwach podsolige Braunerde aus Hauptlage (Sandstein, Löss) über Basislage (Sandstein des Buntsandstein), die als repräsentativ für die Bodengesellschaft der Stufenstirn gelten darf.

Am Salz-Berg bei Affolterbach (Halt 8) werden Bodenprofile vorgeführt, die von dem vorgenannten im Aufbau durch eine weitere, in der Regel stark sandige Deckschicht (Bodenart Ss-Su) im Top abweichen. In dieser Lage (Holozänlage?, Kolluvium?, „Oberla-

ge“?), deren Entstehung offenbar ursächlich in Zusammenhang mit historischen Waldnutzungsformen (Hack- bzw. Röderwaldwirtschaft, Köhlerei) steht, sind regelhaft die Eluvialhorizonte der Podsole (Ahe-, Ae-Horizonte) entwickelt, während die Illuvialhorizonte (Bh-, Bvs-, Bsv-Horizonte) stets erst in der Hauptlage folgen. Die in der Hauptlage von Podsolen oft ausgeprägten Bvs- und Bsv-Übergangshorizonte lassen zudem eine Braunerdevergangenheit der Podsole erkennen.

Die lithofazielle Beschaffenheit der Holozänlage beeinflusst die Bodenbildung auch noch in einer weiteren Hinsicht. Während in den durch Umlagerung selektiv an Feinmaterial verarmten Substraten Oberbodenhorizonte von Podsolen entwickelt sind, weisen feinmaterialreichere Sedimente einen kolluvialen Charakter und allenfalls schwache Podsolierungerscheinungen in den obersten Zentimetern der Profilabfolge auf. Trotz der heutigen weitgehend geschlossen Bewaldung muss man bis in die jüngste Zeit mit Offenland und mit daraus abzuleitenden Materialumlagerungen rechnen.

Siedlungsgeschichte

Das nördliche Oberrheintiefland wurde sicherlich nicht zuletzt aufgrund seiner klimatischen Gunstsituation seit der Bandkeramik durchgängig besiedelt. Zeugnisse neolithischer Kulturen finden sich u.a. in der Rheinniederung auf höhergelegenen Umlaufflächen der Älteren Mäandergeneration (Wormser Rheinübergang). Ein augenfälliges Landschaftselement stellen auch die Römerstraßen dar, die heute oftmals als exponierte Ackerberge in Erscheinung treten. Sie verbanden einst wichtige Stützpunkte, etwa die Kastelle Groß Gerau und Gernsheim.

Im Unterschied dazu setzte die Besiedelung des Odenwaldes in seiner Gesamtheit erst recht spät ein, obgleich auch hier in Randgebieten (z. B. nördlicher Kristalliner Odenwald) schon eine relativ dichte bandkeramische Besiedlung anzunehmen ist. Eindrucksvolle Spuren römischer Steinindustrie finden sich im „Felsenmeer“ (Halt 6). Im Buntsandstein-Odenwald erfolgten umfangreichere Rodungen erst zu Beginn des 6. Jh., ehe im 11. bis 12. Jh. als Folge des Bevölkerungsanstieges eine zunehmende Waldnutzung betrieben wurde. Hackwaldwirtschaft dürfte im Odenwald frühestens im 12. Jh. eingesetzt haben und dauerte örtlich bis in die Neuzeit. Hinweise für die frühere Nutzung der Wälder liefern zahlreiche an den Buntsandstein-Hängen erhaltene Reliktformen (z.B. Plattformen ehemaliger Kohlenmeiler, Lesesteinhaufen).

Exkursionspunkte

Lorsch

Der Standort „Sachsenbuckel“ liegt auf dem Hochgestade in einem bewaldeten Dünengebiet ca. 2 km SW

von Lorsch. Das Profil bietet einen guten Einblick in bodengenetische und vor allem bodenökologische Fragestellungen der hier auftretenden Bänderparabraunerden aus spätglazialen, kalkhaltigen Flugsanden und demonstriert neben der typischen Nutzung hoch durchlässiger Flugsandstandorte mit Kiefernbestände die sehr markante, tiefreichende Bodenentwicklung. Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung und Bewertung der Tiefenverteilung von Nähr- und Schadstoffen, wobei besonderes Augenmerk auf der Ton-Eisen-Bänderung und dem präferentiellen Fließmuster liegt. Die Erhebung der umweltrelevanten Daten erfolgt anhand von Farbtrocerversuchen, Laborbodensäulen und ergänzenden physikalischen und chemischen Bodenuntersuchungen.

Die ökologische Bedeutung und der physikochemische Einfluss der Bänderung werden sowohl bei der Nährstoff- und Wasserversorgung als auch bei der Verlagerung von Schadstoffen deutlich. So ist die Nährstoffversorgung am Standort zwar durch die „Basenpumpe“ Baum gesichert, jedoch belegt der niedrige pH eine erhebliche Versauerung und effektive Auswaschung an Nährstoffen im sorptionsschwachen Ausgangssubstrat. Die Ton-Eisen-Bänder können dem potentiellen Nährstoffaustrag entgegenwirken und die Wasserversorgung begünstigen. Gleichzeitig wird die Filterwirkung der Bänder durch erhöhte Schwermetallgehalte angezeigt (Tab.1), wodurch das Bindungsvermögen gegenüber eingetragenen Schwermetallen für das Gesamtprofil deutlich ansteigt. Der physikalische Barriereeffekt der Bänder kann bei organischen Umweltchemikalien insbesondere im Zusammenhang mit den präferentiellen Fließbahnen und C_{org} -armen Unterböden stark an Bedeutung gewinnen. Dies lässt sich im Laborsäulenversuch bei natürlich gelagerten Bodenverhältnissen nachweisen. Im Freiland zeigen die Farbtrocerversuche (Abb. 1) mit der Ausbildung eines fingerförmigen Fließmusters, dass die Bänderung bei Starkregenereignissen das eindringende Wasser nur bedingt zurückhalten kann und somit eine rein mechanische Verlagerung organischer Schadstoffe bis in größere Tiefen möglich wird.

Wattenheim (KBC-Kieswerk)

Der Standort liegt auf einer der ältesten Mäanderflächen in der Rheinniederung ca. 6 km NE von Worms und repräsentiert die typischen Sediment- und Bodenverhältnisse der Älteren Mäandergeneration. Kennzeichnend für die Umlauffläche (Normalfazies) ist eine vorwiegend sandig-schluffige bis sandig-lehmige Sedimentdecke, in der als Leitbodentypen „Reliktgley-Kalktschernoseme“ entwickelt sind. Diese Bodenbildungen wurden früher als „Rheintal-Tschernoseme“ bezeichnet. Es handelt sich um Relikte der frühholozänen Bodenentwicklung im nördlichen Oberrheintal. Daher besitzen diese Böden eine pedostratigraphische Zeigerfunktion. Ein früherer



Abb.1: Fließmuster Profil „Sachsenbuckel“

(spätglazialer) Beginn der Tschernosemgenese in der Region ist bislang nicht zu belegen. Ging man bisher davon aus, dass im Entstehungszeitraum zumindest zeitweise steppenähnliche Umweltbedingungen vorherrschten, so deuten neueste Pollenanalysen an Altläufen der Älteren Mäandergeneration auf eine Pedogenese in lichten, krautreichen Auenwäldern hin.

Tab. 1: Schwermetalle Profil Lorsch

	Cd	Cu	Pb	Zn
	Königswasseraufschluss			
	mg/dm ³			
Aeh	0.8	7.3	33.8	14.8
Bv	0.9	3.7	15.2	11.8
IIcV	0.7	3.2	7.2	8.7
IIcV+Bbt	0.9	4.0	6.0	8.9
IIcV+Bbt-B	1.8	8.8	10.3	19.2
IIcC	2.4	5.2	12.5	9.9
	Ammoniumnitratextrakt			
	µg/dm ³			
Aeh	35	72	3191	1469
Bv	11	29	278	534
IIcV	7	21	100	326
IIcV+Bbt	9	14	17	138
IIcV+Bbt-B	16	28	86	201
IIcC	2	4	67	<10

Eine bodenkundliche Besonderheit sind die „Rheinweiß“- (Gco-)Horizonte, die ein Charakteristikum der Profile der Älteren Mäandergeneration darstellen. Die Entstehung solcher Kalkanreicherungs Horizonte, die bei Austrocknung aushärten können, ist auf sekundäre Carbonatausfällung im Kapillarsaum zurückzuführen. Carbonatgehalte von bis zu 80% täuschen eine Schluffdominanz vor, was die Geländeansprache der

Bodenart erschwert. In Abhängigkeit von Grundwasserschwankungen können innerhalb eines Profils mehrere Rheinweiß-Horizonte übereinander, d.h. in verschiedenen Tiefen ausgebildet sein. Diese markieren dann, jeder für sich, ein früheres Grundwasserniveau. Die Zufuhr von Carbonaten mit aufsteigenden Wässern wirkt zudem der Entkalkung der Substrate entgegen und begünstigt somit die Erhaltung der Profile.

Lokal sind kleinräumige Vergesellschaftungen von (Auen-)Tschernosemen mit (Auen-)Parabraunerden zu beobachten. Als Gründe für den Wechsel der Bodenform sind Faziesunterschiede im Aufbau des oberflächennahen Untergrundes anzunehmen. Klimatische Ursachen scheiden dagegen aus. Ursächlich dürften dafür Verschiebungen im Mittelsand:Feinsand-Verhältnis der bodenbildenden Ausgangssubstrate sein. Je nach Durchlässigkeit sind Lessivés oder tschernosemartige Böden entwickelt. Beide Bodentypen gehen lokal ineinander über und dürften sich zeitgleich gebildet haben.

Hessenaue (Kiesgrube Seemann)

Die Lokalität befindet sich ca. 8 km SW von Groß-Gerau auf dem Betriebsgelände der Kiesgrube Seemann bei Trebur-Hessenaue. Der Standort zeigt den charakteristischen Aufbau der von stark tonigen und sehr dunkel gefärbten Auensedimenten bedeckten Umlaufflächen der Mittleren Mäandergeneration. Die Genese, insbesondere die Frage, ob es sich hierbei um Sedimente oder Bodenbildungen handelt, ist jedoch nicht geklärt. Daher wurden die schwarzen Auentone in dieser Region im Rahmen von Forschungen zur spät- und postglazialen Flussgeschichte untersucht.

Als Leitbodenform der Umlaufflächen-Normalfazies sind (Relikt-)Auengley-Pelosole aus „Schwarzen Tonen“ entwickelt. Typischerweise ist in den stark tonigen Ausgangssubstraten (45-70 % Ton) der Auengley-Pelosole ein schwarz gefärbter (2,5 Y 2.5/1) P-Ah-Horizont mit Säulengefüge ausgebildet. Die Humusgehalte liegen häufig zwischen 2-5 %, die Carbonatgehalte zwischen 2-10 %. Auffällig ist die Zusammensetzung der Tonmineralgarnitur, die eine deutliche Dominanz von Smectit (bis zu 80 %) aufweist.

Aus sedimentologischer und pedogenetischer Sicht lassen die Profile der Umlaufflächen-Normalfazies eine charakteristische Zweiteilung erkennen. Im Liegenden der Auengley-Pelosole kommen in sandig-lehmigen bis schluffig-lehmigen Auensedimenten noch fossile Bodenreste von Kalktschernosemen vor (vgl. Halt 2). Sie markieren die Landoberfläche des Altholozäns, die vor allem im nördlichsten Teil der Oberrheinniederung ab dem späten Atlantikum mit tonigen Auenablagerungen überdeckt wurde. Im Bereich morphologischer Rückenpositionen kommt ört-

lich „Reliktgley-Kalktschernosem“ aus sandig-schluffigen bis sandig-lehmigen Auensedimenten vor. Schwarze Tone fehlen hier.

Die im nördlichsten Teil der Oberrheinniederung nahezu flächenhaft zu beobachtende Überdeckung der altholozänen Landoberfläche mit „Schwarzen Tonen“ ist sehr wahrscheinlich durch die tektonisch wirksame „Nackheimer Schwelle“ beeinflusst. Sie stellt während des gesamten Holozäns die lokale Erosionsbasis dar, so dass die jüngeren Mäander sich nur unmerklich in die älteren einschneiden konnten. Vor allem in Phasen erhöhter Wasserführung wurden die Schwarzen Tone bei großflächigen Überflutungen auch auf altholozänen Mäandern sedimentiert. Dadurch lässt sich die lokale Vergesellschaftung von Auenpelosol mit Kalktschernosem auf den Umlaufflächen der Mittleren Mäandergeneration hinreichend erklären. Stromabwärts dieses tektonischen Hebungsgebietes ändert sich die Talkonfiguration und das Rheintal verengt sich.

Stockstadt (Kühkopf)

Das Profil liegt nahe dem Naturschutzzentrum Kühkopf auf der jüngsten Mäandergeneration des Rheins, die hier erst durch die Rheinkorrektur 1829 vom aktiven Fluss getrennt wurde.

Bedingt durch den hohen rezenten Grundwasserstand dominieren in der Bodengesellschaft semiterrestrische Böden (Vega, Auengley) ohne das für die älteren Mäandergenerationen so typische Rheinweiß. Das juvenile Alter, die dynamische, fortwährende Sedimentation und die junge Formung erklären die fehlende Vertorfung der Altlauftrinnen. Eine Niedermoorbildung ist allenfalls im Anfangsstadium. Infolge des Ausbaus der Deichanlagen, die die Retentionsräume noch mehr einengen und die Fließgeschwindigkeit erhöhen, verschiebt sich das Korngrößenspektrum aktuell noch stärker zum Sand. In ihm haben die Böden erst das Entwicklungsstadium der Auenpararendzina erreicht. Die Rheinbegradigung im vorletzten Jahrhundert, z. B. der Mäanderdurchstich am Kühkopf, gaben der Flussrinnenvertiefung und dem Sedimenttransport neue Impulse. Zur Sicherung der Flussufer wurden Ende des 19. Jahrhunderts Buhnen angelegt, die direkt am Ufer eine sandige und ausgesprochen kiesige Auensedimentation fördern, in denen Auenlockersyroseme ausgebildet sind.

Die jüngsten, häufigen Überflutungen ausgesetzten Auenbereiche sind anthropogen besonders stark beeinflusst. Während die Auensedimente jenseits der Dämme keine bemerkenswerten Schadstoffbelastungen aufweisen, sind vor dem Dammsystem z. T. sehr hohe Metallanreicherungen nachweisbar. Sie konzentrieren sich auf die jüngsten Sedimente, was den Schluss nahe legt, dass sie mit der Entwicklung der Industrie in Beziehung stehen. Erfreulich ist aber die Abnahme der Belastungen in den allerjüngsten Ablagerungen, offensichtlich ein Beweis für erfolgreiche

Bemühungen um eine Verbesserung der Wasserqualität.

Rebmuttergarten

Zur Abwehr des vernichtenden Reblausbefalls in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde der Pfropfbenanbau entwickelt. Um den infizierenden Bodenkontakt des europäischen Edelreises (Riesling, Silvaner, Spätburgunder usw.) zu vermeiden, wird diese Rebe einer aus Amerika stammenden reblautoleranten Wurzelrebe aufgepfropft. Die Ertragsfähigkeit der europäischen Edelreissorten ist ganz wesentlich von der Bodenverträglichkeit der amerikanischen Unterlage abhängig. Das damalige Hessische Landesamt für Bodenforschung (HLfB), heute Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), wurde mit der „Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete“, kurz der Weinbergsbodenkartierung, betraut. Sie hatte zum Ziele, die Standorteigenschaften zu beschreiben, die zur optimalen Auswahl der Unterlage zur Ertragssicherung und Qualitätssteigerung des Weinanbaus führen.

Das vorgestellte Bodenprofil entspricht der Dauerbeobachtungsfläche „Rebmuttergarten“ und ist repräsentativ für die Lössgebiete des Weinbaugesbietes Bergstraße, wo gerade in Hanglagen die Parabraunerde aus Löss durch Erosion gekappt ist. Die anthropogene, weinbauliche Überprägung (Rigolen) ließ folglich einen Pararendzina-Rigosol entstehen.

Beedenkirchen (Felsenmeer)

Das zusammengesetzte Profil (oberer und unterer Standort) befindet sich am Fuß des „Felsenmeeres“ bei Beedenkirchen im Kristallinen Odenwald. Der obere Teil stellt eine Braunerde aus Hauptlage über Basislage dar. Letztere ist geprägt von vergrustem Granitzersatz, der sich, wie im unteren Teil zu sehen ist, mehrere Meter in die Tiefe fortsetzt. Die tiefgründige Saprolitisierung wird ins Tertiär gestellt. Im Zersatz können noch unverwitterte Restblöcke, so genannte „Wollsäcke“ angetroffen werden. Das Felsenmeer selbst stellt eine residuale Anreicherung dieser Blöcke in Rinnen dar, der verwitterte Grus wurde im Laufe der quartären Reliefformung abgetragen.

Die Hauptlage scheint hier zweigeteilt zu sein, was insbesondere am Grusgehalt sowie an der Bodenart zu erkennen ist. In beiden Substraten sind Bv-Horizonte ausgebildet. Die holozäne Pedogenese beschränkt sich auf die Hauptlage, die Basislage ist hiervon unbeeinflusst. Im Granitzersatz ist ein nicht unbedeutender Restmineralgehalt vorhanden, so dass auch er von den höheren Pflanzen durchwurzelt wird.

Haupt- und Basislage wurden unter einem letztkaltzeitlich solifluidal verlagerten Wollsackblock schwermineralogisch untersucht. Überraschenderweise konnte keine LST-Komponente im II Bv-Horizont

der Hauptlage gefunden werden (siehe Profilbeschreibung). Eine Erklärung steht noch aus.

Am unteren Standort sind die Braunerde und mit ihr die quartären Deckschichten vollständig erodiert. Dies weist, ungeachtet der römischen Steinindustrie, auf vorzeitliche Nutzung hin, ebenso wie die in der Umgebung zu beobachtenden Ackerterrassen. Dieses Beispiel zeigt, dass verbreitet auch unter Wald mit Regosol-Kolluvisol-Bodengesellschaften gerechnet werden muss.

Fürth

Im Anstieg zur Schichtstufe, unweit des Traufs, liegt das Bodenprofil „Kahlberg“. Die Lagengliederung zeigt Hauptlage über Basislage, der tiefere Untergrund wird von Sandsteinen aufgebaut. In diesen steilen erosiven Hangpositionen ist in der Regel die Mittellage erodiert. Der leicht erhöhte Schluffgehalt im Solum gegenüber der basalen Lage belegt die Lössanreicherung während der Bildungsphase der Hauptlage und ist nicht pedogen durch Verwitterung des Sandsteins entstanden. Das äolische Fremdmaterial ist durch das nicht untergrundbürtige Schwermineralspektrum leicht zu belegen. Allerdings sind die Lössanteile in dieser Reliefposition nur gering, so dass die Böden allesamt mehr oder minder stark podsoliert sind und als Humusformen Moder oder Rohhumus auftreten. Die Versauerungstendenz wird durch waldbauliche Entscheidungen wie z. B. der Koniferenbestockung eher noch verstärkt.

Affolterbach (Salz-Berg)

Die Lokalität liegt ca. 30 km SE von Heppenheim am S-Hang des vollständig aus Gesteinen des Unteren Buntsandsteins aufgebauten Salz-Berges. Dort sind Übergänge von z.T. kolluvial überdeckten Braunerden zu Podsolen entwickelt. Es werden 3 Profile präsentiert, um die Entstehungsursachen der kleinräumig wechselnden Bodenverhältnisse zu diskutieren.

Hinweise zu den Ursachen der kleinräumigen Vergesellschaftung von Braunerden und Podsolen liefert die variierende Abfolge der bodenbildenden Deckschichten in den Vertikalprofilen der Böden. Im Unterschied zu den Braunerden (LH/LB) kommt in Profilen typischer Podsole im Buntsandstein-Odenwald über der Hauptlage noch eine weitere, stark sandige Deckschicht (Bodenart: Ss-Su2) vor. In dieser von uns als Holozänlage bezeichnete Deckschicht, deren Entstehung vor allem im Zusammenhang mit historischer Waldnutzung (Hack- und Röderwaldwirtschaft, Köhlerei) steht, sind regelhaft die Eluvialhorizonte der Podsole (Ahe-, Ae-) entwickelt, während die Illuvialhorizonte (Bh-, Bs-) stets erst in der Hauptlage folgen. Zudem lassen die in der Hauptlage von Podsolen oft ausgeprägten Bvs- und Bsv-Übergangshorizonte eine Braunerdevergangenheit der Podsole erkennen.

Die Bodenbildung in der Holozänlage wird auch noch in einer weiteren Hinsicht beeinflusst. Wenn die Substrate durch Umlagerung selektiv an Feinmaterial verarmt sind, entwickeln sich Oberbodenhorizonte von Podsolen. Feinmaterialreichere Umlagerungsprodukte weisen hingegen einen kolluvialen Charakter auf und allenfalls schwache Podsolierungserscheinungen in den obersten Zentimetern der Horizont-Schichtabfolge. Die Substratbeschaffenheit der Holozänlage steuert demnach die postsedimentäre Pedogenese.

Wenngleich die Entstehung typischer Podsole auf quasinatürliche Ursachen zurückgeführt wird, so dürfte das bevorzugte Auftreten solcher Böden an S-bis NW-exponierten Ober- und Mittelhängen sowie in Kuppen- und Spornlagen doch durch expositionsbedingte Unterschiede der bodenbildenden Deckschichten, vornehmlich der textuellen Zusammensetzung der Hauptlage, begünstigt sein. Diese ist lössärmer und verfügt damit über weniger Pufferkapazität, da in Luvpositionen allgemein ungünstigere Ablagerungs- und Erhaltungsbedingungen für Löss und Lösslehm zu erwarten sind. Das kommt in geringeren Schluffanteilen und folglich weiteren S:U-Verhältnissen als in Lee-Positionen zum Ausdruck.

Literatur

- Dambeck, R.* (1999): Bodengenetische Interpretation von Podsolen im Buntsandstein-Odenwald. – Mitt. Deut. Bodenk. Ges., 91(2): 953-956, 1 Abb.; Hannover.
- Dambeck, R. & Bos, J.A.A.* (2002): Lateglacial and Holocene Landscape evolution of the northern Upper Rhine-Rift-Valley. - Z. Geomorph., N.F., Suppl.-Bd., 128: 101-127, 10 figs., 4 tabs.; Berlin, Stuttgart.
- Dambeck, R. & Sabel, K.-J.* (2001): Spät- und postglazialer Wandel der Flusslandschaft am nördlichen Oberrhein und Altneckar im Hessischen Ried. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 83: 131-143, 5 Abb., 1 Tab. Stuttgart.
- Dambeck, R. & Thiemeyer, H.* (2002): Fluvial History of the northern Upper Rhine river (south-western Germany) during the Lateglacial and Holocene Times. - Quat. Intern., 93/94: 53-63, 5 figs., 1 tab.; Amsterdam.
- Dehner, U.* (1994): Das Verteilungsmuster von Schwermetallen in der Rheinaue des Hessischen Rieds. - Geol. Jb. Hessen, 122: 159-171, 8 Abb., 1 Tab., 6 Profile; Wiesbaden.
- Emmerich, K.-H.* (1994): Podsole im Buntsandstein-Odenwald. - Geol. Jb. Hessen., 122: 173-184; Wiesbaden.
- Fetzer, K.-D., & Larres, K., & Sabel, K.-J., & Spies, E.-D., & Weidenfeller, M.* (1995): X. Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland. In: Benda, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 221-254, 10 Abb., 4 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- Fried, G.* (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald. - Frankfurter geowiss. Arb., D4: 201 S.; Frankfurt am Main.
- Friedrich, K. & Sabel, K.-J.* (2004): Die Böden und ihre Verbreitung in den hessischen Weinbaugebieten. - In: Der Weinbaustandortatlas von Hessen. - Geol. Abh. Hessen, 114: 59-69, 3 Abb. 1 Tab.; Wiesbaden.
- Weidner, E.* (1990): Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1 : 50 000; Wiesbaden.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie* (2002): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen. 1 : 50 000. - 578 S.; Wiesbaden.
- Semmel, A.* (1975): Schuttdecken im Buntsandstein-Odenwald. - Aufschluß, Sonderband. 27: 321-329; Heidelberg.
- Semmel, A.* (1999): Spezielle Formen quasinatürlicher Massenverlagerungen in Odenwald und Taunus. - Tübinger geowiss. Arb., D5: 213-229; Tübingen.
- Semmel, A.* (2002): Hauptlage und Oberlage als umweltgeographische Indikatoren. - Z. Geomorphol. N.F., 46: 167-180; Berlin, Stuttgart.
- Semmel, A.* (2004): Relief und oberflächennaher Untergrund im Odenwald. - 28 S., 13 Abb., 2 Tab.; Hofheim am Taunus (Selbstverlag).
- Thiemeyer, H.* (1989a): Aufbau und Eigenschaften typischer Böden im Hessischen Ried. - Geol. Jb. Hessen, 117: 217-236; Wiesbaden.
- Thiemeyer, H.* (1989b): Schwermetallgehalte von typischen Böden einer Toposequenz im Hessischen Ried. - Geoökodyn., 10: 47-63, 8 Abb., 3 Tab., 11 Prof.; Bensheim/Bergstr.
- Waldmann, F.* (1989): Beziehungen zwischen Stratigraphie und Bodenbildungen aus spätglazialen und holozänen Sedimenten in der nördlichen Oberrheinebene. Diss. Geowiss. Fak., Univ. Freiburg: 166 S., 53 Abb., 5 Tab., 1 Kt.; Freiburg/Br.
- Zakosek, H.* (1991): Zur Genese und Gliederung des Rheintal-Tschernosems im nördlichen Oberrheingraben. - Mainzer geowiss. Mitt., 20: 159-176, 6 Tab.; Mainz.

Anschrift:

Prof. Dr. Karl Josef Sabel, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden, k.sabel@hlug.de

Prof. Dr. Heinrich Thiemeyer, Inst. f. Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 60054 Frankfurt, thiemeyer@em.uni-frankfurt.de

Dr. Rainer Dambeck, Inst. f. Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 60054 Frankfurt, dambeck@em.uni-frankfurt.de

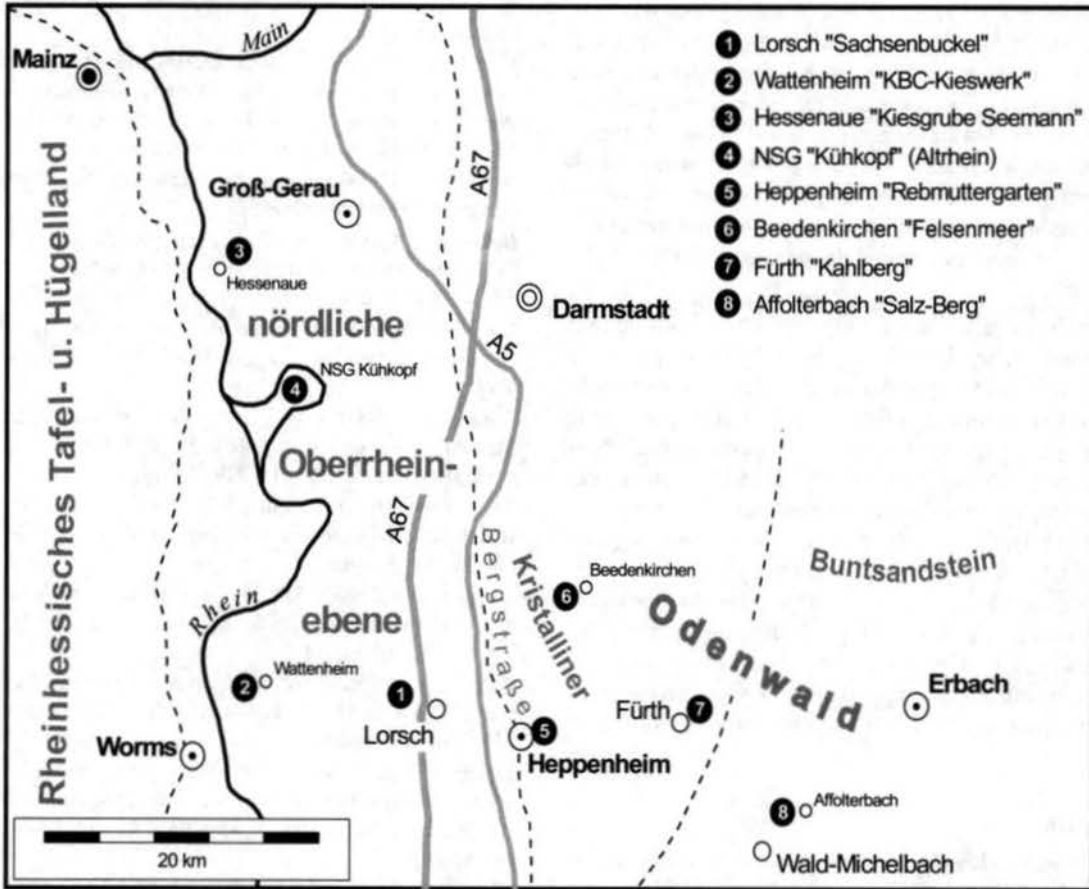


Abb. 2: Exkursionspunkte:

Lorscher Wald, Sachsenbuckel

Bearbeiter: Radtke, U. & Thiemeyer, H. **TK25:** 6317 Bensheim **Datum:** 18.07.2002
Lage: R 346874 H 549982 99,5 m NN **Kreis:** Bergstraße
Nutzung: Wald **Vegetation:** Kiefern-Stangenholz bis schwaches Baumholz mit Eichen und Buchen
Humusform: mullartiger Moder **Relief:** schwach geneigter, Süd-exponierter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Aeh pfl.H-ss(Sa)	3	Reinsand, dunkelgrau (10 YR 3/1) ¹ , stark humos, schwach kohärent bis einzelkörnig, mittel durchwurzelt, diffuse Grenze <i>Fließerde aus Flugreinsand der Hauptlage (aus Flugsand, (?)Löss)</i>
2	Bhv pfl.H-ss(Sa)	15	Reinsand, dunkelgelbbraun (10 YR 4/4) ¹ , sehr schwach humos, schwach kohärent bis einzelkörnig, mittel durchwurzelt, z.T. gefleckt, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, diffuse Grenze <i>Fließerde aus Flugreinsand der Hauptlage (aus Flugsand, (?)Löss)</i>
3	Bv pfl.H-ss(Sa)	35	Reinsand, gelbbraun (10 YR 5/4) ¹ , sehr schwach humos, schwach kohärent bis einzelkörnig, mittel durchwurzelt, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, fließende Grenze <i>Fließerde aus Flugreinsand der Hauptlage (aus Flugsand, (?)Löss)</i>
4	IICv a-ss(Sa)	70	Reinsand, gelbbraun bis hellgelbbraun (10 YR 5,5/4) ¹ , einzelkörnig, schwach bis mittel durchwurzelt, fließende Grenze <i>Flugreinsand (mSfs)</i>
5	IICv+Bbt a-ss(Sa)	150	Reinsand, gelbbraun (10 YR 5/4) ¹ , einzelkörnig, sehr schwach durchwurzelt, diffuse Fe-Verteilung in den Zwischenbandbereichen, bei mächtigeren Bändern örtlich schwach pseudovergleyt, undeutliche Horizontgrenze; Bänder: St2, kräftig braun (7,5 YR 5/3) ¹ , kohärent, mittel bis stark verfestigt, 0,5-1 cm mächtig, 3-8 cm Abstand, häufig nicht durchgehend ausgebildet, girlandenförmig, Bandmächtigkeit nach unten leicht zunehmend, insgesamt horizontal <i>Flugreinsand (mSfs)</i>
6	IIBt a-ss(Sa)	165	Schwach toniger Sand, kräftig braun (7,5 YR 4/6) ¹ , subpolyedrisch bis kohärent, mittel bis stark verfestigt; schwach bis örtlich mittel durchwurzelt (Grobwurzeln), v.a. am Rand zum Cc diffuse Fe-Verteilung, örtlich schwach pseudovergleyt (Fe-Konkretionen), greift taschenförmig in den carbonathaltigen Flugsand, an Taschenrändern nicht durchgehend ausgebildet, am Taschentiefpunkt am deutlichsten ausgeprägt, scharfe Grenze <i>Flugreinsand (mS)</i>
7	IlelCc a-ss(Sa)	200	Reinsand, braun (10 YR 5/3) ¹ , carbonatreich, einzelkörnig, sehr schwach durchwurzelt (Grobwurzeln), konkretionäre Carbonatausfällungen (Pseudomycelien, Konkretionen); Osteokollen: gräulichweiß, verkitet, wenige mm/cm bis über 10 cm Durchmesser bzw. Länge <i>Flugreinsand (mSfs)</i>

¹ = feucht

Bodenformensymbol:	L.Ld: p-s(Sa)/a-as(Sa)
Bodenformenbezeichnung:	schwach podsolige Bänderparabraunerde aus Fließerreinsand der Hauptlage (Flugsand) über Flugsand

Anmerkungen:

	Tiefe	Textur (Mas-% der carbonat- und humusfreien Feinerde)									d _B g·cm ⁻³
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aeh	3	-	3,1	65,5	24,3	1,7	1,4	1,2	2,8	1,13	
Bv	35	-	3,6	65,9	24,3	1,2	1,1	1,2	2,7	1,45	
IICv	70	-	3,5	67,2	26,3	1,1	0,6	0,4	0,9	1,48	
IICv+Bbt	150	-	1,7	67,8	28,2	0,6	0,4	0,3	1,0	1,48	
Band	Band	-	1,3	64,5	25,8	0,8	0,4	0,4	6,8	1,57	
IIBt	165	-	3,9	65,1	23,9	0,5	0,3	0,4	5,9	1,51	
IlelCc	200	-	4,2	65,4	27,8	0,3	0,4	0,2	1,7	1,52	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)					GPV	nFK	k _f (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹	
	1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aeh	35,2	6,9	7,7	7,1	56,9	14,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Bv	33,3	5,4	3,4	2,8	44,9	8,8	0,020	1750		
IICv	36,1	4,6	1,8	1,7	44,2	6,4	n.b.	0,020	1740	
IICv+Bbt	36,6	3,8	2,2	1,6	44,2	6,0	0,019	1605		
Band	28,3	5,1	2,8	4,6	40,8	7,9	n.b.	n.b.	n.b.	
IIBt	32,6	4,3	2,2	4,3	43,4	6,5	0,014	1220		

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%	
	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Aeh		4,2	3,3	0,02	0,04	0,10	0,65	16,73	4,6	
Bv		4,5	3,9	0,03	0,01	0,01	0,09	4,25	3,2	
IICv	n.n.	4,7	4,1	0,01	0,02	0,01	0,09	3,00	4,5	
IICv+Bbt		4,9	4,1	0,02	0,03	0,04	0,17	2,38	13,7	
Band		5,4	4,6	0,03	0,08	0,24	1,08	4,13	23,5	
IIBt	< 0,5	6,1	5,9	0,02	0,12	0,41	2,87	2,00	63,0	
IlelCc	10,5	8,0	7,2	0,01	0,04	0,08	3,55	0	100,0	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	
	1	30	31	32	33	34	35	36	37
Aeh	17,5	6,0	0,3	4,95	0,13	21,6	5,00	1,25	
Bv	4,4	0,8	0,2	0,45	0,01	25,6	1,16	0,75	
IICv	3,1	0,7	0,2	0,12			1,25	0,25	
IICv+Bbt	2,6	1,3	0,5	0,08			1,08	2,00	
Band	5,6	4,2	0,8	0,15		n.b.	2,32	3,24	
IIBt	5,4	4,4	0,8	0,15			3,19	2,00	
IlelCc	3,7	3,7	1,0	n.n.			1,64	1,50	

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		
	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Aeh	0,8	2,3	0,35	1,1	<0,1	0,9	439,3	28,1	15,7	
Bv	0,5	1,5	0,33	0,8	<0,1	0,3	751,0	42,7	17,5	
IICv	0,2	1,3	0,15	0,4	<0,1	0,3	800,4	44,1	18,1	
IICv+Bbt	0,2	1,3	0,15	0,4	<0,1	0,4	738,7	45,6	16,2	
Band	0,6	3,4	0,18	1,2	0,3	0,6	713,7	53,8	13,2	
IIBt	0,6	2,0	0,30	1,1	0,4	0,6	686,2	53,4	12,9	
IlelCc	<0,1	0,5	0,08	0,2	<0,1	0,3	674,1	39,7	16,9	

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Wattenheim, KBC-Kieswerk

Bearbeiter: Rainer Dambeck, Heinrich Thiemeyer
Lage: RW: 3456960 H: 5506050 89,7 m NN
Nutzung: Kiesgrube **Vegetation:** Ruderalflora
Humusform: -

TK25: 6316 Worms
Kreis: Bergstraße

Datum: 24.06.1997

Relief: ebener Tiefenbereich (Umlauffläche Paläomäander des Rheins)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	II fAp f-sl(Lhf)	0/30	Stark lehmiger Sand (SI4), sehr dunkelgrünlichbraun/dunkelgrünlichbraun (2.5 Y 3-4/2)', schwach humos, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, Plattengefüge, carbonatreich, sehr schwach durchwurzelt, ebene deutliche Grenze <i>Fluvi-Kalksandlehm (aus Hochflutablagerungen)</i>
2	II fAcxh f-sl(Lhf)	-50	Stark lehmiger Sand (SI4), dunkelgrünlichbraun (2.5 Y 4/2)', schwach humos, geringe bis mittlere Lagerungsdichte, kohärent, carbonathaltig, sehr schwach durchwurzelt, Pseudomycelien, gefleckt, diffuse Grenze <i>Fluvi-Kalksandlehm (aus Hochflutablagerungen)</i>
3	II elCkc+fAcxh f-sl(Lhf)	-70	Stark lehmiger Sand (SI4), dunkelgrünlichbraun/grünlichbraun (2.5 Y 4-5/2)', sehr schwach humos, geringe Lagerungsdichte, kohärent, carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, sehr schwach durchwurzelt, Pseudomycelien, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, diffuse Grenze <i>Fluvi-Sandlehmalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
4	II fAcxh+elCkc f-sl(Lhf)	-90	Schluffig lehmiger Sand (SIu), faholiv (5 Y 6/3)', sehr schwach humos, geringe Lagerungsdichte, kohärent, carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, Pseudomycelien, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, zungenförmige Grenze <i>Fluvi-Sandlehmalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
5	II rGkero f-sl(Lhf)	-120	Schluffig lehmiger Sand (SIu), hell olivgrau/faholiv (5 Y 6/2-3)', geringe Lagerungsdichte, kohärent, extrem carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, rostfleckig, diffuse Grenze <i>Fluvi-Sandlehmalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
6	III rGro f-lsc(Sf)	-150	Mittel lehmiger Sand (SI3), hellbräunlichgrau/hellgrau (10 YR 6-7/2)', geringe Lagerungsdichte, kohärent, sehr carbonatreich, schwach verfestigt, rostfleckig, scharfe Grenze <i>Fluvi-Lehmsandkalk (aus Auensand, „Rheinweiß“)</i>
7	IV rGw f-ssc(Gf)	-180	Reinsand (mS), hellgrau (5 YR 7/1)', sehr geringe Lagerungsdichte, einzelnkörnig, sehr stark kiesig <i>Fluvi-Reinsandkalk (aus Auenterrassenschüttung)</i>

¹ = feldfeucht

Bodenformensymbol:	rGG-TC: f-l(Lhf)/f-es(Sf)/f-es(Gf)
Bodenformenbezeichnung:	Reliktgly-Kalkschernosem aus Fluvilehm mit „Rheinweiß“ über sehr tiefen Carbonat-Fluvisanden und -kiesen

Anmerkungen: Bodenabraum, der im Zuge der Erweiterung des Grubengeländes abgeschoben und am Standort deponiert wurde, überlagert das Profil. Daher ist den Oberboden- und Verzahnungshorizonten als Zusatzsymbol "f" vorangestellt.

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der carbonat- und humusfreien Feinerde)								d ₈ g·cm ⁻³
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II fAp	0-30	0,5	1,4	17,8	27,6	21,1	9,4	5,6	17,1	
II fAcxh	-50	0,3	1,5	18,2	28,6	21,2	8,7	5,3	16,6	
II elCkc+fAcxh	-70	0,4	0,9	15,1	29,4	21,4	9,9	6,1	17,3	
II fAcxh+elCkc	-90	0,0	0,5	9,4	30,5	27,6	10,8	6,3	14,9	n.b.
II rGkero	-120	0,1	0,1	6,8	32,4	30,5	11,8	6,9	11,6	
III rGro	-150	3,1	2,5	36,0	28,3	16,6	5,6	3,4	7,6	
IV rGw	-180	62,6	18,9	74,3	5,1	0,8	0,1	0,1	0,7	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r		
	>50µ	50-	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹	
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
II fAp II fAcxh II elCkc+fAcxh II fAcxh+elCkc II rGkero III rGro										n.b.

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _e · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
II fAp	16,3		7,5						
II fAcxh	9,8		7,7						
II elCkc+fAcxh	25,7	n.b.	7,8						n.b.
II fAcxh+elCkc	39,2		7,8						
II rGkero	51,1		7,8						
III rGro	32,3		7,9						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{ent}	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _e · kg ⁻¹	cmol _e · kg ⁻¹	KAK _p	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
II fAp				0,9				
II fAcxh				0,6				
II elCkc+fAcxh		n.b.		0,5	n.b.	n.b.		n.b.
II fAcxh+elCkc				0,4				
II rGkero				0,3				
III rGro				n.b.				

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	² Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
II fAp	0,2	3,7	0,05		0,03				
II fAcxh	0,2	3,4	0,06		0,03				
II elCkc+fAcxh	0,1	3,9	0,02	n.b.	0,02	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
II fAcxh+elCkc	0,1	3,7	0,01		0,01				
II rGkero	0,1	3,8	0,01		0,01				
III rGro	0,1	3,6	0,02		0,01				

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Oberrhein/Hessenaue

Bearbeiter: Heinrich Thiemeyer, Rainer Dambeck

TK25: 6116 Oppenheim Datum: 13.06.2003

Lage: R 3455700 H 5529820 84,0 m ü. NN

Kreis: Groß Gerau

Nutzung: Kiesgrube Vegetation: Ruderalflora

Humusform: -

Relief: ebener Tiefenbereich (Umlaufäche Paläomäander des Rheins),

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ap f-ct(Lhf)	0/15	schwarzer (2,5 Y 2,5/1) Ton, Polyedergefüge, schwach humos, Fluvi-Kalkton (aus Hochflutablagerungen)
2	P-Ah f-ct(Lhf)	15/45	schwarzer (2,5 Y 2,5/1) Ton, Polyedergefüge, humos, Fluvi-Kalkton (aus Hochflutablagerungen)
3	II rGeo+fAcxh f-tuc(Lhf)	45/75	dunkelgrünlichbrauner/grünlichbrauner (2,5 Y 4-5/2) schluffiger Lehm, humos, Subpolyedergefüge, sehr stark carbonathaltig Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
4	II fAcxh+rGeo f-tuc(Lhf)	75/95	hellolivbrauner (2,5 Y 5/3) schluffiger Lehm, schwach humos, rostfleckig, Kittgefüge, sehr stark carbonathaltig Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
5	III rGeo ₁ f-tuc(Lhf)	95/110	grauer/hellbräunlichgrauer (2,5 Y 6/1-2) stark toniger Schluff, rostfleckig, stark carbonathaltig, Kohärentgefüge, Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
6	III rGeo ₂ f-tuc(Lhf)	110/125	hellbräunlichgrauer (2,5 Y 6/2) schluffiger Lehm, schwach rostfleckig, stark carbonathaltig, Einzelkorngefüge Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
7	IV Gor f-css(Sf)	125/135	grünlichbrauner (2,5 Y 5/2) Reinsand, Einzelkorngefüge, schwach carbonathaltig Fluvi-Kalkreinsand (aus Auen-sand)

Bodenformensymbol:	rGga-DD: f-ct(Lhf)/f-eu(Lhf)/f-es(Sf)
Bodenformenbezeichnung:	(Reliktigley-)Pelosol aus Fluvi-Kalkton über fossilem Auentchernosem aus Fluvi-Kalkschluff (aus Hochflutablagerungen) über tiefem Fluvi-Kalksand (aus Auen-sand)

Anmerkungen:

Horizont	Tie		Ske		Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)						d _B g·cm ⁻³
	cm	Mas	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ap	-	-	0,3	0,8	1,4	3,3	8,4	17,2	68,6		
P-Ah	-	-	2,5	1,8	1,6	4,9	7,4	12,8	69,1		
II rGeo+fAcxh	-	-	5,9	4,2	5,8	21,7	21,0	15,1	26,4		n.b.
III fAcxh+rGeo	-	n.b.	4,9	4,2	9,2	23,3	20,1	14,4	24,1		
III rGeo ₁	-	-	0,2	1,3	12,2	32,9	20,1	13,7	19,4		
III rGeo ₂	-	-	3,4	1,7	7,9	22,9	24,5	16,8	22,8		
IV Gor	-	-	7,9	68,1	16,8	3,2	1,8	1,1	1,2		

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _f		
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹	
	1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ap P-Ah etc...	n.b.									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%	
	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ap	4,6	7,7	7,6	0,4	<0,1	0,3	3,7	0	100	
P-Ah	8,7	7,7	7,7	0,9	<0,0	1,3	15,3	0	100	
II rGeo+fAcxh	51,4	8,0	7,7	0,8	<0,1	1,3	12,8	0	100	
III fAcxh+rGeo	46,5	7,7	7,8	0,9	<0,1	1,7	21,5	0	100	
III rGeo ₁	33,1	7,7	7,6	1,9	<0,1	2,0	22,4	0	100	
III rGeo ₂	44,0	7,8	7,6	2,3	<0,1	2,8	60,4	0	100	
IV Gor	4,1	7,8	7,6	4,2	0,2	5,1	50,4	0	100	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	
	cmol _c · g ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	
	1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ap	4,4			4,2	0,4	11,1	21,9	5,5	
P-Ah	17,5			2,2	0,1	16,0	0,4	0,3	
II rGeo+fAcxh	14,9			0,8	0,1	15,3	1,4	0,3	
III fAcxh+rGeo	24,1	n.b.	n.b.	0,7	0,0	14,9	0,2	0,8	
III rGeo ₁	26,3			0,9	0,0	24,5	1,1	1,5	
III rGeo ₂	65,5			0,6	n.b.	n.b.	0,7	1,0	
IV Gor	59,9			0,3	n.b.	n.b.	0,4	1,0	

Horizont	Fe _o	Fe _a	Fe _o /Fe _a	Al ₂	Mn ₂	Si ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		
	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ap	0,1	0,8	0,1	0,2	<0,1	0,1	80,8	5,0	16,1	
P-Ah	0,1	1,4	<0,1	0,2	<0,1	0,1	38,3	8,2	4,6	
II Go+fAcxh	0,1	0,4	0,2	<0,1	<0,1	0,1	41,5	8,6	4,8	
III fAcxh+Go	0,1	1,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	20,0	7,3	2,8	
III Geo	<0,1	0,2	0,2	<0,1	<0,1	0,1	19,0	8,2	2,3	
III Gor	0,1	0,3	0,2	<0,1	<0,1	0,1	42,2	15,7	2,7	
IV Gor	<0,1	0,1	0,3	<0,1	0,0	0,1	46,3	16,4	2,8	

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Rebmuttergarten, Heppenheim

Bearbeiter: Karl-Josef Sabel

TK25: 6317 Bensheim

Datum: xx

Lage: R 3474156 H 5502563 163 m NN

Kreis: Bergstraße

Nutzung: Sonderkultur Vegetation: Wein

Humusform: -

Relief: Hang

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	R-Ap (1) oj-luc(Lo)	0/5	dunkelbrauner (2.5YR5/4), schwach toniger Schluff (U2), h2-3, geringe Lagerungsdichte, feinkrümelig, stark durchwurzelt, sehr carbonatreich <i>Kipp-Lehmschluff aus Löss</i>
2	R-Ap (2)	40	dunkelbrauner (2.5YR5/4), schwach toniger Schluff (U2), h2 nach unten abnehmend bis h1, geringe Lagerungsdichte, Bröckelgefüge, mittel durchwurzelt, nach unten abnehmend bis schwach durchwurzelt, sehr carbonatreich,
3	IlleCn a-uc(Lo)	130	gelblich-oranger (2.5YR7/6), schwach toniger Schluff (U2), geringe Lagerungsdichte, Kohärentgefüge, schwach bis sehr schwach durchwurzelt, sehr carbonatreich <i>Löss</i>

Bodenformensymbol:

YY: oj-eu(Lo)/a-eö

Bodenformen-

Rigosol aus Kipp-Kalk-Lehmschluff aus Löss über Löss

bezeichnung:

Anmerkungen:

	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R-Ap (1)	0-5	-	0,8	2,5	15,2	49,5	18,0	3,0	11,0		
R-Ap (2)	40	-	0,3	2,4	19,7	53,4	10,4	5,9	7,9		n. b.
IlleCn	130	-	0,1	0,3	11,5	62,3	9,3	4,7	11,8		

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R-Ap (1)						14			
R-Ap (2)						96			
IlleCn						165			
Summe						275			

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
R-Ap (1)	28,3			0,04	0,7	0,9	8,0	-	100
R-Ap (2)	25,6	n.b.		0,1	0,3	0,6	8,1	-	100
IlleCn	29,8			0,4	0,1	0,6	7,3	-	100

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
	30	31	32	33	34	35	36	37
R-Ap (1)	9,6							
R-Ap (2)	9,1							
IlleCn	8,4							

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
	38	39	40	41	42	43	44	45	46
R-Ap (1)	1,81	3,00	0,6	0,09	1,34				
R-Ap (2)	1,88	3,00	0,6	0,10	1,73				
IlleCn	0,76	2,80	0,3	0,13	1,01				

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Beedenkirchen (Felsenmeer)

Bearbeiter: Heinrich Thiemeyer

TK25: 6218 Neunkirchen Datum: 25.6.2004

Lage: R 347796 H 550960

Kreis: Bergstraße-Odenwald

Nutzung: Wald/Forst Vegetation: Laubwald

Humusform: Moder (L, Of, Oh = 7 cm)

Relief: mittel geneigter süd-exponierter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	(Ah)		nicht vorhanden
2	Bv pfl.H ₁ -ls(+Pl, δ)	0/20	graubrauner (2,5Y 6/4) mittel lehmiger Sand (SI3), sehr schwach grus-schutthaltig, schwach humos, Kohärentgefüge, stark durchwurzelt Sehr schwach grus-schutthaltiger Lehmsand der Hauptlage (aus Granit und Löss)
3	II Bv pfl.H ₂ -(z2)ls(+Pl, δ)	- 45	brauner (2,5Y 7/3) mittel schluffiger Sand (Su2), schwach grus-schutthaltig, Kohärentgefüge, stark durchwurzelt <i>Schwach grus-schutthaltiger Lehmsand der Hauptlage (aus Granit und Löss)</i>
4	III ilCv pfl.B-ssz(+Pl)	- 80	dunkelgraubrauner (10YR 6/3) Reinsand (Ss), stark grus-schutthaltig, Kohärentgefüge, schwach durchwurzelt <i>Stark grus-schutthaltiger Reinsand der Basislage (aus Granit)</i>
5	IV ilCj cc-zls(+Pl)	- 300+	rostbrauner (10YR 5,5/6), schwach lehmiger Sand (SI2), sehr stark grus-schutthaltig, Kohärent- bis Einzelkorngefüge <i>Sehr stark grus-schutthaltiger Zersetzlehmsand (aus Granit)</i>
6			

Bodenformensymbol:	BBn: p-s(+Pl, δ)/p-vs(+Pl)/cc-vs(+Pl)
Bodenformen-bezeichnung:	Braunerde aus Lehmsand der Hauptlage (aus Granit und Löss) über grus-schutthaltigem Reinsand der Basislage (aus Granit) über Zersetzungsgras (Saprolith) aus Granit

Anmerkungen:

Schwermineralanalysen:

Horizont	LST							% SMin
	bn Hobl	Titanit	Ägirinaug	gr Hobl	Zirkon	Sonstige	Opake	
II Bv	-	-	-	98	2	-	2	21,3
III fCj	-	-	-	99	+	+	1	16,0

Vorbehandlung: Oxidantfernung mit 25 % HCl, Trennung mit Natriumpolywolframat, Einbettung in MOUNTEX, Auszählung von mindestens 200 transparenten Körnern; Angaben in %;

Horizont	Tiefe cm	Skelett Mas.-%	Textur (Mas.-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d ₁₁ g·cm ⁻¹
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bv	0 - 20		27,1	15,9	14,6	15,5	9,8	6,6	10,6	
II Bv	20 - 45		36,2	19,5	15,1	14,2	6,3	4,2	4,7	
III ilCj	45 - 80	n. b.	52,9	22,3	12,1	4,9	3,3	1,3	3,2	n. b.
IV ilCj	80 - 120		44,8	19,3	11,9	8,6	4,5	2,1	8,9	
IV ilCj	150 - 180		51,5	21,9	10,9	6,7	3,6	1,9	3,5	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s	cm · d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bv II Bv III ilCv IV ilCj IV ilCj	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas.-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Bv	-	4,9	4,2	0,02	0,09	0,01	0,37	15,00	3,1
II Bv	-	5,0	4,1	0,04	0,11	0,02	0,06	6,49	3,6
III ilCv	-	5,6	4,8	0,02	0,14	0,52	3,43	1,50	73,3
IV ilCj	-	5,7	4,4	0,22	0,06	1,96	9,35	8,49	57,7
IV ilCj	-	6,3	4,7	0,42	0,04	2,32	11,52	4,49	76,1

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas.-%	Mas.-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Bv	15,5	3,7	0,2	1,26			0,56	5,24
II Bv	6,7	3,9	0,6	0,23			0,35	4,74
III ilCv	5,6	5,3	0,9	0,07	n.b.		0,48	6,74
IV ilCj	20,1	12,7	0,6	0,27			1,48	0,25
IV ilCj	18,8	16,4	0,9	0,10			1,09	1,50

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _c /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Bv	1,3	4,6	0,3	3,2	0,1	1,5	49,0	13,7	3,6
II Bv	0,6	3,6	0,2	1,0	0,1	0,8	57,7	16,2	3,6
III ilCv	0,4	3,7	0,1	0,5	0,1	0,8	53,6	17,5	3,1
IV ilCj	0,7	9,0	0,1	1,0	0,2	1,2	52,9	16,3	3,2
IV ilCj	0,5	8,7	0,1	0,7	0,2	1,2	59,8	13,3	4,5

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Fürth-Kahlberg

Bearbeiter: Karl-Josef Sabel

TK25: 6319 Erbach

Datum:

Lage: R 3489999 H 5501867 489 m NN

Kreis: Bergstraße

Nutzung: Wald Vegetation: Laubwald

Humusform: mullartiger Moder (L, Of = 5 cm)

Relief: Oberhang

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Aeh pflLH-us(^sa, Lo)	5	sehr dunkelbrauner (10YR2/2), schluffiger Sand sehr schwach grusschutthaltig, stark humos, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt <i>Schluffsand der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss</i>
2	Bhv	40	dunkelbrauner (7,5YR4/4), schluffiger Sand, sehr schwach grusschutthaltig, schwach humos, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt
3	Bv	55	gelblich-rot (5YR4/6) schwach schluffiger Sand, sehr schwach grusschutthaltig, Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt
4	Bv pflLH-ns(^sa, Lo)	85	gelblich-roter (5YR4/6), schluffig-lehmiger Sand, mittel grusschutthaltig, Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt <i>Schuttsandlehm der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss</i>
5	II iICv pflLb-lsn(^sa)	95	gelblich-rot (5YR4/6) lehmiger Sand, sehr stark grusschutthaltig, Einzelkorngefüge <i>Lehmsandschutt der Basislage aus Sandstein (Buntsandstein)</i>
6			

Bodenformensymbol:

BBn: p-s(^sa, Lo)/p-sv(^sa)

Bodenformenbezeichnung:

Braunerde aus Schluffsand der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss über Lehmsandschutt der Basislage aus Sandstein (Buntsandstein)

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _a	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aeh	0 - 7		1,5	33,2	40,4	6,4	6,3	2,1	10,1		
Bhv (1)	7 - 20		1,5	35,6	38,7	6,0	5,3	2,6	10,3		
Bhv (2)	20 - 40	n. b.	1,3	29,6	43,2	6,4	5,1	3,0	11,4		n. b.
Bv (1)	40 - 55		2,2	34,8	37,5	7,1	5,1	3,0	10,3		
Bv (2)	55 - 85		1,6	32,2	39,0	11,0	4,2	5,1	7,0		
IIiICv	85 - 95		3,9	34,2	34,3	9,5	4,4	3,7	10,0		

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	n. b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	21	22	23	24	25	26	27	28	28
L		5,1	4,4	n. b.					
Of		5,1	4,2	n. b.					
Aeh		3,6	3,2	0,11	0,11	0,09	0,26	4,00	12,7
Bhv (1)	n. b.	4,0	3,8	0,11	0,06	0,05	0,07	3,44	7,9
Bhv (2)		4,1	4,0	0,77	0,04	0,02	0,07	2,75	24,6
Bv (1)		4,3	4,1	0,11	0,03	0,01	0,05	2,31	8,3
Bv (2)		4,3	4,1	0,06	0,03	0,02	0,06	1,80	8,7
IIiICv		4,1	4,0	0,61	0,23	0,07	0,08	2,64	27,2

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
	29	30	31	32	33	34	35	36
L		n. b.		46,03	2,03	22,7		
Of		n. b.		41,60	1,91	21,7		
Aeh		4,57		3,90	0,21	18,6		
Bhv (1)	n. b.	3,74	n. b.	1,41	0,08	18,0		n. b.
Bhv (2)		3,65		1,01	0,07	14,4		
Bv (1)		2,52		0,53	0,04	13,2		
Bv (2)		1,96						
IIiICv		3,62						

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
	37	38	39	40	41	42	43	44	45
L	0,18	0,52	0,3						
Of	0,44	1,19	0,4						
Aeh	1,33	3,46	0,4						
Bhv (1)	1,39	3,94	0,3						
Bhv (2)	1,39	4,22	0,3						n. b.
Bv (1)	1,41	4,75	0,3						
Bv (2)	0,99	3,93	0,2						
IIiICv	0,92	4,40	0,2						

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Affolterbach 3

Bearbeiter: Karl-Josef Sabel

TK25: 6419 Beerfelden

Datum:

Lage: R 3488325

H 5495037

424 m NN

Kreis: Bergstraße

Nutzung: Nadelwald

Vegetation: Kiefer

Humusform: Moder

Relief: Hang

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ah (pfl)LO-(n2)s(^sa, Lo)	8	Schwärzlicher, schwach schluffiger Sand (Su2), sehr schwach steinig, stark humos, stark durchwurzelt, schichtiges Gefüge <i>schuttführender (Fließ-)Sand der Oberlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss</i>
2	Ahe	/20	Dunkelgrauer schwach schluffiger Sand (Su2), schwach steinig, schwach humos, Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt
3	Ae	/50	Grauer Reinsand (Ss), schwach steinig, Einzelkorngefüge
4	IIBh, IIBs, IIBsh pflLH-ls(^sa, Lo)	/77	Reinsand bis schwach lehmiger Sand (Ss - S12), stark schwankende Untergrenzen, Einzelkorngefüge, teilweise Kittgefüge <i>Fließ-Lehmsand der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss</i>
5	III iICv pflLB-(n3)sl(^sa)	/100+	Rötlicher stark lehmiger Sand (S14), mittel steinig, Einzelkorngefüge <i>Schutthaltiger Sandeilm der Basislage aus Sandstein (Buntsandstein)</i>
6			

Bodenformensymbol:	PPn: p-(v)s(^sa)/p-s(^sa, Lo)/p-(v)s(^sa)
Bodenformenbezeichnung:	Podsol aus schuttführendem Fließ-Sand aus Sandstein (Buntsandstein) über Fließ-Lehmsand aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss über tiefem schuttführendem Fließ-Sandeilm aus Sandstein (Buntsandstein)

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d ₁₀	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0 - 5	x1	3,7	53,2	24,9	12,7	1,3	3,8	0,4		
Ahe	5 - 15	x2	4,5	57,4	27,4	8,8	0,8	0,8	0,3		
Ae	15 - 40	x2	3,9	56,2	29,7	7,7	1,5	0,8	0,2		n. b.
IIBh	40 - 65	x1	3,6	47,8	24,0	5,3	8,5	0,0	10,8		
IIBs	65 - 70	x1	5,5	52,1	23,7	2,8	4,6	3,7	7,6		
III iICv	70 - 90	x3	7,2	53,5	14,2	1,0	5,7	3,8	14,6		

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah									
Ahe									
Ae									
IIBh,									
IIBs									
III iICv									
Summe									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah			2,3						
Ahe			2,9						
Ae			3,0						
IIBh	n.n.	n.b.	3,8						
IIBs			3,7						
III iICv			3,6						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	15,1			4,54	0,09	50,4		
Ahe	2,4			0,92	n.b.	n.b.		
Ae	1,7		n.b.	0,71				n.b.
IIBh	28,5			3,81	0,09	42,3		
IIBs	10,1			1,27	0,03	42,3		
III iICv	3,6			0,66				

Horizont	Fe ₀	Fe _d	Fe _d /Fe ₀	Al _d	Mn _d	Si _d	SiO ₂	AlPO ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	0,17	1,4	0,1				83,3	1,2	69,4
Ahe	0,13	1,5	0,1				73,6	1,2	61,3
Ae	0,15	1,5	0,1				87,6	1,7	52,5
IIBh	2,52	4,4	0,6			n.b.	69,1	3,6	19,4
IIBs	0,35	5,9	0,6				81,1	3,8	21,6
III iICv	1,60	3,2	0,5				80,8	5,0	16,0

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 1: Periglaziäre Lagen, Bodenökologie und Bodenwasserhaushalt in den Hessischen Mittelgebirgen

Th. Scholten*, D. Sauer**, Th. Behrens*,
L. Breuer***, H.-G. Frede****, H. Fröhlich****,
R. Gerber****, A. Otte**** R. Waldhardt****

Veranlassung und Zielsetzung

Der Wandel in der deutschen Agrarwirtschaft und nicht zuletzt die BSE- und MKS-Krisen haben eine tiefgreifende Verunsicherung in der deutschen Agrarwirtschaft ausgelöst, sowohl auf der Seite der Landwirtschaft als auch bei den Verbrauchern. Als ein Kernelement der sogenannten Agrarwende sollen seitdem Umweltleistungen der Landwirtschaft verstärkt gefördert werden. Die Bereitstellung von öffentlichen und privaten Gütern wie Nahrungsmitteln, sauberem Wasser oder dem Anblick einer blühenden Orchideenwiese ist an das Vorhandensein bestimmter Ökosysteme und deren Multifunktionalität gebunden. Es ist evident, dass nicht jedes Ökosystem einen kompletten Satz von Gütern bereitstellen kann, Menge und Qualität der Produktion hängen vielmehr maßgeblich von den Standortverhältnissen (Boden, Klima, Vegetation) sowie von der Art und Intensität der anthropogenen Eingriffe ab.

Diese Thematik steht im Mittelpunkt des Sonderforschungsbereichs (SFB) 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Im SFB 299 wird eine Methodik entwickelt, um sowohl die ökologischen als auch die ökonomischen Wirkungen von agrar- und umweltpolitischen Maßnahmen mit bislang nicht erreichter räumlicher Detailschärfe im regionalen Maßstab abzubilden.

Das Ziel der Tagesexkursion G1 ist es, einen umfassenden Einblick in die bodenkundlichen und ökologischen Gegebenheiten der Untersuchungsregion des SFB 299 zu geben, anhand derer die Methodik zur Erhebung, Analyse, Modellierung und Evaluierung funktionaler Bodeneigenschaften aufzuzeigen und diese zu diskutieren. Im Mittelpunkt stehen dabei a) periglaziäre Lagen als Ausgangspunkt der räumlichen Verbreitung und der Standorteigenschaften der bodenbildenden Substrate sowie der Bodenbildung, b) der Bodenwasserhaushalt, c) der Landschaftswandel in historischer Zeit und d) die Biodiversität und deren Rolle für die Bodenökologie und die Funktionen von Landschaften in den Hessischen Mittelgebirgen.

Exkursionsroute

Exkursionsziel ist das Lahn-Dill-Bergland (Abb. 1) westlich der Achse Gießen-Marburg, welches dem SFB 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ als Untersuchungsregion dient. Die Exkursion beginnt mit einem Halt an der Typlokalität des Wis-

senbacher Schiefers zwischen Wissenbach und Nanzbach, gefolgt von einer Wanderung entlang der Catenen Bomberg und Mausberg auf Quarzit bzw. Tonschiefer nordwestlich von Wissenbach. Dabei bilden die Verbreitung und die Eigenschaften periglaziärer Lagen das übergeordnete Thema. An ausgewählten Standorten wird dazu im Speziellen auf a) die Erfassung von Substratgrenzen und der Lagenabfolge mittels Georadar, b) die landschaftsbezogene Erfassung des Bodenwasserhaushalts, c) die Beziehung zwischen historischer Landnutzung und der mikroskaligen kolluvialen und periglaziären Dynamik, und d) die mesoskalige Modellierung der Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen eingegangen. Anschließend werden repräsentative Einzelstandorte in der Umgebung von Wissenbach und in Erda angefahren, wo Fragen zum Landschaftswandel und zur ökosystemaren Funktion von floristischer und faunistischer Biodiversität im Mittelpunkt stehen.



Abb. 1: Naturräume Lahn-Dill-Bergland und Dilltal (Untersuchungsregion des SFB 299) mit den Exkursionsgebieten Wissenbach und Erda (Szibalski 2001, verändert).

Exkursionsgebiet

Das Lahn-Dill-Bergland (Abb. 1) gehört zur Region Mittelhessen und bildet die östliche Peripherie des Rheinischen Schiefergebirges, gegliedert in die mitteldevonischen, SW-NE-streichenden Sedimentationströge Dill-Mulde, Hörre und Lahn-Mulde (Weyl 1980), die durch Überschiebungen voneinander getrennt sind. Das Dill-Einzugsgebiet gliedert sich in die Naturräume des "Lahn-Dill-Berglandes" sowie des "Dilltals" (Klausing 1988) und die an seinem Westrand ansteigende Hochfläche des vulkanischen Westerwalds. Es umfasst eine Fläche von 692 km² und einen Höhenbereich von 150 m bis 679 m NN.

Die anstehenden paläozoischen Gesteine sind im wesentlichen Tonschiefer, Grauwacken, Diabase und Diabastuffe, Quarzite, Kiesel-schiefer sowie in gerin-

gem Umfang Sandsteine und devonische Massenkalksteine. Die Ausgangsmaterialien der Bodenbildung sind in erster Linie pleistozäne periglaziäre Lagen und holozäne Sedimente. In den Hangbereichen treten meist lößbeeinflusste periglaziäre Lagen auf. In Abhängigkeit vom Relief, von der Exposition und vom Ausgangsgestein besitzen die Lagen in ihrer Abfolge und ihren Eigenschaften eine hohe räumliche Variabilität (Scholten 2003), sodass die physikalischen Eigenschaften der Böden, die aus den periglaziären Lagen entstanden sind, ebenfalls stark variieren. In den Kuppenlagen befinden sich häufig Ranker-Braunerde-Gesellschaften. Im Ober- bis Mittelhangbereich sind großflächig flach- bis mittelgründige Braunerden unterschiedlicher Trophie in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Ausgangsgesteins verbreitet. Die Unterhänge sind partiell durch Pseudogleye und Pseudogley-Braunerden als Folge der geringen Wasserdurchlässigkeit der periglaziären Lagen geprägt. In einigen Unterhangbereichen treten lösslehmbeeinflusste Böden als Braunerden und Parabraunerden hoher bis mittlerer Basensättigung auf. Im Hangfußbereich sind vorwiegend mächtige Kolluvien ausgebildet. Die Auenbereiche werden von Gleyen und Naßgleyen dominiert. Gelegentlich treten auf stark vernässten Standorten auch Moore auf.

In Abhängigkeit von der Höhenlage und der Exposition variieren die mittleren jährlichen Niederschläge in der Untersuchungsregion mit Werten von 650 bis 1100 mm bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8°C (Szibalski 2001).

Die landwirtschaftliche Fläche nimmt einen Anteil von 43 % ein, Wald bedeckt 41 %. Die Landwirtschaft ist von kleinbäuerlichen Strukturen geprägt, die mittlere Betriebsgröße beträgt rd. 22 ha. Der Anteil an Brachfläche ist im Lahn-Dill-Bergland größer als in irgend einer anderen Region in Deutschland; das Brachland umfasst im Mittel 10 % der Landwirtschaftsfläche, in einigen Gegenden reicht der Anteil sogar bis zu 40 %. Als Folge der Realerbteilung und der vorherrschenden Nebenerwerbslandwirtschaft ist die landwirtschaftliche Nutzfläche der Untersuchungsregion zum Teil äußerst klein parzelliert. Mit zunehmender Höhenlage, sinkender Durchschnittstemperatur und zunehmender Humidität vom Süden zum Norden der Untersuchungsregion nimmt die Bedeutung des Ackerbaus zugunsten der Grünlandbewirtschaftung ab.

Exkursionspunkte

Aufschluss Wissenbach

Östlich von Wissenbach steht in einem ehemaligen Steinbruch der Wissenbacher Schiefer an (Lippert & Nesbor 1997). Er ist hier an der Typlokalität als Schichtenfolge dunkelgrauer bis blaugrauer Tonschiefer in eben spaltender Dachschieferausbildung mit einzelnen geringmächtigen Einlagerungen von Kalkstein, Sandstein und feinkörnigen Metavulkanit

ausgebildet. Stratigraphisch ist der Wissenbacher Schiefer der Unteren Eifel-Stufe des Mitteldevons zuzuordnen. Die Obergrenze wird markiert durch das Einsetzen des Eifel-Quarzits. Lokal sind dünne dunkelgraue Kalksteinbänke oder -linsen eingelagert, sowie im unteren Teil der Schichtfolge Kieselgallen und feinkörnige graugrüne Metavulkanit. Im höheren Teil der Schichtfolge treten vielerorts raue, feingebänderte Tonschiefer mit wenigen dünnplattigen, karbonatischen Sandsteinbänken auf.

Der Wissenbacher Schiefer bildet im Exkursionsgebiet durchgehende SW-NE-streichende Gesteinszüge an der NW-Flanke der Dill-Mulde, die nördlich von Nanzenbach anstehen. Das Gestein wurde in der Region intensiv als Dachschiefer genutzt, was heute noch an alten Häusern zu sehen ist.

Catena Bomberg

Die Catena Bomberg nordwestlich von Wissenbach (Sauer 2002, Abb. 2) verläuft in südwestlicher Richtung auf dem SW-NO-streichenden Hausberg-Bomberg-Schuppensattel, der im Wesentlichen aus Quarzit, durchsetzt mit Tonschieferlagen, aufgebaut wird und mit Höhen um 500 m über NN einen Härtlingszug bildet. Entlang der Catena sind drei Bodenprofile (BOM-SW1, BOM-SW2 und BOM-SW3) aufgeschlossen.

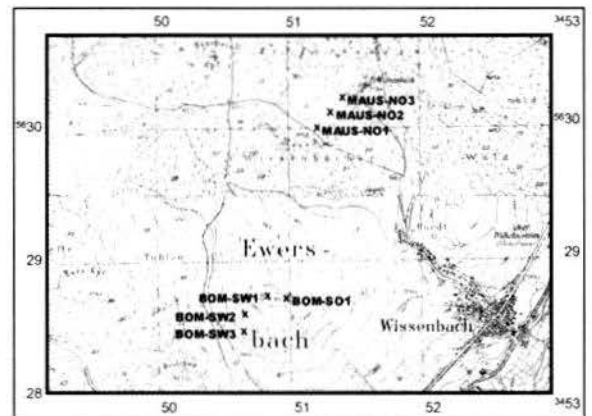


Abb. 2: Lage der Bodenprofile entlang der Catenen Bomberg und Mausberg nordwestlich von Wissenbach.

Am südöstlichen Oberhang des Bombergs steht kleinräumig Tonschiefer an, aufgeschlossen im Profil BOM-SO1. Die 30 cm mächtige Hauptlage lagert, getrennt durch eine scharfe Erosionsdiskordanz, über einer Zone des Hakenschlagens, die in 70 cm Tiefe in den anstehenden Tonschiefer übergeht. Bodentypologisch ist am Oberhang eine Ranker-Braunerde ausgebildet.

Im Oberhangprofil der Südwest-Catena (BOM-SW1, Abb. 3) ist eine 40 cm mächtige Oberlage aufgeschlossen, gefolgt von erodierter Hauptlage über Basislage. Im Liegenden der Basislage steht der autochthone, zu Gesteinsblöcken verwitterte Quarzit an.

Im Verlauf der Catena setzt die Oberlage aus, sodass am Mittelhang (Profil BOM-SW2) eine mit 50 cm Mächtigkeit voll ausgebildete Hauptlage an der Oberfläche liegt. Daran schließt sich bis in 92 cm die Basislage an. Am Standort BOM-SW3 tritt erneut eine geringmächtige Oberlage auf, gefolgt von Haupt- und Basislage. Im Übergang von Mittelhang zu Unterhang setzt eine zweite Basislage ein, die bis zum Standort BOM-SW3 bereits so mächtig ist, dass ihre Untergrenze im Profil nicht mehr aufgeschlossen ist. Bodentypologisch beinhaltet der Südwesthang des Bombergs im Oberhangbereich eine Braunerde, die am Mittelhang in eine stark podsolige Braunerde und am Unterhang in eine stark podsolige Pseudogley-Braunerde übergeht. Der Staukörper im Unterhangbereich wird durch die zwei dichtlagernden Basislagen gebildet.

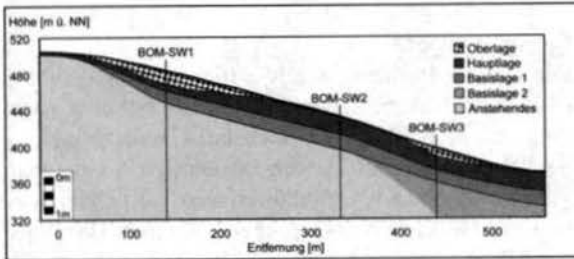


Abb. 3: Bomberg, Südwest-Catena auf Quarzit (Sauer 2002).

Catena Mausberg

An das Quarzitgebiet schließt in nördlicher Richtung unmittelbar das Tonschiefergebiet an. Etwa 1 km nördlich des Bombergs wurde die NO-exponierte Catena Mausberg (s. Abb. 2) auf Tonschiefer angelegt (Sauer 2002). Der Mausberg bildet den südöstlichen Ausläufer des Hünchetskopfs und erreicht eine Höhe von 452 m ü. NN.

Am Oberhang der Nordost-Catena ist ebenso wie am Bomberg eine erodierte, 18 cm mächtige Hauptlage flächenbildend (Profil MAUS-NO1), die unmittelbar in einen leicht verbrauchten aufgelockerten Tonschiefer übergeht, der zur Tiefe entlang von einzelnen Klüften zu schwach tonigem Lehm saprolitisiert ist (Abb. 4).

Bis zum Mittelhang (Profil MAUS-NO2) nimmt die Mächtigkeit der Hauptlage auf 40 cm zu. Im Liegenden schließt sich die Basislage an, gefolgt von anstehendem Tonschiefer. Das Unterhangprofil (MAUS-NO3) zeigt zwei Kolluvien, die mit einer Gesamtmächtigkeit von 100 cm den Rest des erodierten ursprünglichen Profils überdecken. Darunter folgt eine 20 cm mächtige Basislage aus Tonschiefer-Saprolit, die zur Tiefe in den autochthonen Tonschiefer-Saprolit übergeht. Bodentypologisch ist am Oberhang ein Braunerde-Ranker entwickelt, der zum Mittelhang in eine Braunerde übergeht. Am Unterhang ist ein

Parabraunerde-Kolluvisol über tiefem, erodiertem Parabraunerde-Braunerde-Pseudogley ausgebildet.

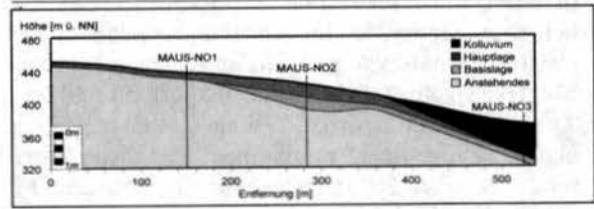


Abb. 4: Mausberg, Nordost-Catena auf Tonschiefer (Sauer 2002).

Fallstudie zur kolluvialen und periglaziären Dynamik am Mausberg

Die Abfolge der Sedimente entlang der Catena Mausberg deutet bereits auf eine starke Überformung der Landschaft durch menschliche Aktivität hin. Dabei wurde die anhand periglaziärer Formungsvorgänge geschaffene Ausgangssituation durch die Kulturnahme entscheidend verändert. In einer Fallstudie am Mausberg (Fröhlich et al. 2005) wurden hierzu bodenkundlich-geomorphologische Detailuntersuchungen durchgeführt, die den früheren anthropogenen Einfluss, der zu Bodenerosion und Kolluvienbildung führte, und die möglichen Auswirkungen der kolluvialen Dynamik unter Wald auf die Funktionen der Böden analysiert.

Die Bedeutung von anthropogenen Kleinformen zeigt sich in ihrer räumlichen Anordnung und in ihrer flächenhaften Präsenz (Abb. 5). Am weitesten verbreitet sind Köhlerplatten und Grubenmeiler, angelegt an der Unterkante von Verebnungen im Hanglängsprofil, in der Tiefenlinie von muldenförmigen Hohlformen und auf Hangspornen in exponierter Lage. Die Ackerraine beschränken sich auf den mäßig geneigten Ober- und Mittelhang. Dazu kommt, dass gerade die Köhlermeilerpodien über ihre Form hinaus einen Zusammenhang zur Köhlererei und damit verbunden zu weiteren erosiven Einwirkungen durch die Holznutzung herstellen (Wagenhoff et al. zit. in Hillebrecht 1989).

Die beobachteten Umlagerungsvorgänge, die durch die Ackerraine gesteuert worden sind, haben eine kleinräumige Variabilität in der Schichtmächtigkeit des hauptlagenhaltigen Substrates erzeugt. Die Catena zeigt verschiedene Hangsegmente, getrennt durch konvexe Unstetigkeiten der Vertikalwölbung. Hangabwärts steigt die Kolluvienmächtigkeit von Segment zu Segment, sodass über den gesamten Hang eine sukzessive Sedimentakkumulation bis zum Vorfluter beobachtet werden kann.

Insgesamt entsteht im Untersuchungsgebiet ein Bild unterschiedlicher ehemaliger, aber zusammenhängender Nutzungen mit Köhlererei, Ackernutzung und Verhüttung entsprechend der Eignung der jeweiligen Fläche und der damit verbundenen Inwertsetzung.

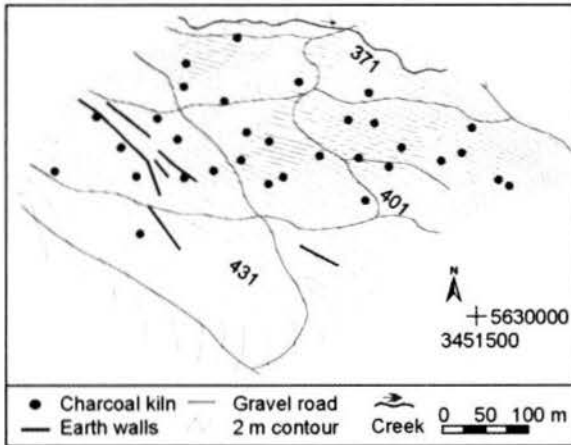


Abb. 5: Verteilung von Ackerrainen und Köhlerplatten am Norstothang des Mausbergs im Wissenbacher Wald (Fröhlich et al. 2005).

Regionalisierung der Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen

Obwohl durch den Menschen kleinräumig ein enges Mosaik aus Bodenabtrag und Sedimentation geschaffen wurde, punktuell durchsetzt mit Relikten ehemaliger Siedlungs- und Produktionsstätten, bildet die pleistozäne Formung das dominante Prozessgefüge im Landschaftsmaßstab. Dessen Resultat ist in den deutschen Mittelgebirgen die systematische Verbreitung periglaziärer Lagen. Die Substratabfolge und -eigenschaften dieser Deckschichten determinieren mithin mittelmaßstäbig die Standorteigenschaften und alle damit verknüpften Prozesssysteme, z.B. den Landschaftswasserhaushalt oder die Ertragsfähigkeit. Im Rahmen des SFB 299 wurde daher ein Verfahren zur flächendeckenden Ableitung der Verbreitungssystematik und substratspezifischen Eigenschaften periglaziärer Lagen in den deutschen Mittelgebirgen entwickelt (Scholten 2003). Es basiert auf der Grundhypothese, dass die periglaziären Lagen in Mittelgebirgslandschaften eine gesetzmäßige räumliche Verbreitung aufweisen (Abb. 6) und die Verbreitungssystematik ebenso wie die substratspezifischen Eigenschaften der Lagen im Wesentlichen durch das Relief und das Ausgangsgestein bestimmt werden.

Zur Ableitung von Algorithmen, die diesen Zusammenhang statistisch signifikant beschreiben, wurden im Osthaz, im Solling und im Lahn-Dill-Bergland an 916 Bodenprofilen punktuell erhobene Mächtigkeiten der periglaziären Lagen und deren substratspezifische Eigenschaften in Beziehung gesetzt zu geomorphometrischen Reliefparametern (Behrens 2004) und petrographischen Parametern des Ausgangsgesteins (Scholten et al. 2005).

Nach den Ergebnissen der statistischen Analyse ergeben sich für die Verbreitungssystematik und die substratspezifischen Eigenschaften der periglaziären Lagen jeweils verschiedene Parameterkombinationen, die

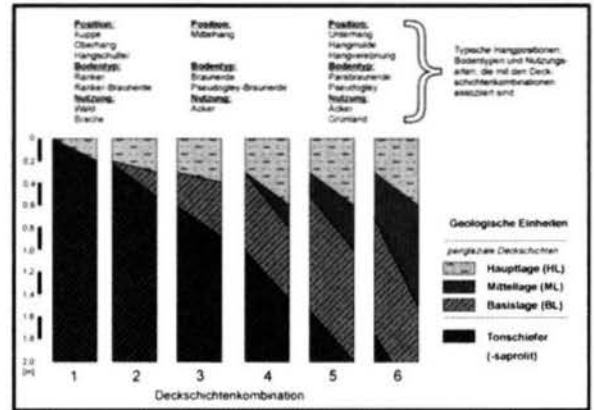


Abb. 6: Typische Deckschichtenkombinationen in den Gemarkungen Erda und Steinbrücken/Eibelshausen, Lahn-Dill-Bergland (Scholten et al. 2002).

den Bildungsbedingungen der Lagen und den dementsprechend unterschiedlich ausgeprägten Einflüssen von Relief und Gestein Rechnung tragen. Die abgeleiteten Relationen und Verknüpfungsregeln erlauben es, die Verbreitungssystematik und die Mächtigkeit der periglaziären Lagen für Mittelgebirgsregionen des pleistozänen Periglazialraums hochgenau vorherzusagen. Die Berechnungen zur Güte der Parametrisierung und zur Validierung dieses Relief-Geologie-Modells ergeben für die Lagenmächtigkeit eine mittlere Abweichung von ± 10 cm bei einer mittleren Gesamtmächtigkeit von 121 cm im Osthaz bzw. 117 cm im Solling. Verschiedentlich in der Literatur beschriebene generelle Aussagen zu Gesteinsgehaltsunterschieden zwischen Haupt- und Mittellage können nicht bestätigt werden. Ebenso zeigen auch die mittleren Schluffgehalte der Haupt- und Mittellagen keine signifikanten Unterschiede.

Repräsentanzanalyse zur Ausweisung von Untersuchungsgebieten für Georadarmessungen

In allen wissenschaftlichen Disziplinen spielt die Frage der Repräsentativität der erhobenen Stichprobe eine entscheidende Rolle, da sie über die Qualität abgeleiteter Aussagen entscheidet. Ein repräsentativer Landschaftsausschnitt (Abb. 7) soll von seiner naturräumlichen Situierung dem jeweiligen geologischen Großraum möglichst ähnlich sein, wobei mit naturräumlicher Situierung im SFB 299 pedogenetisch wirksame Faktoren gemeint sind, die einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung und die Eigenschaften periglaziärer Lagen haben. Dabei handelt es sich um substrat-systematisch reklassifizierte Einheiten der Geologischen Karte (Scholten et al. 2005) und verschiedene Reliefparameter.

Die Analyse der zuvor ausgewiesenen geologischen Großräume (Abb. 7) basiert auf einem speziellen raumstatistischen Verfahren, in dem eine Karte mit Hilfe der sog. „moving-window“ Technik abgetastet wird. Für jeden Ausschnitt wird die Übereinstimmung der Flächenverteilung zwischen dem jeweiligen

Ausschnitt und der Gesamtkarte bestimmt. Somit können regionale Unterschiede in der Raumrepräsentativität verschiedener Regionen bestimmt und damit flächenrepräsentative Teilräume ausgewiesen werden.

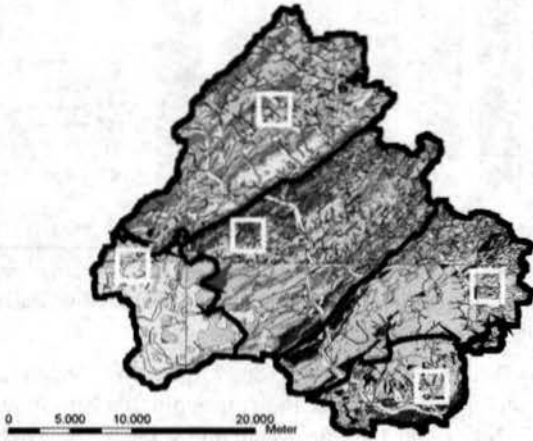


Abb. 7: Geologische Großräume und repräsentative Landschaftsausschnitte für detaillierte Georadaruntersuchungen im Lahn-Dill-Bergland

Als Maß zur Beurteilung der Repräsentanz wird ein angepasster χ^2 -Test (X_m^2) angewendet. Die Anpassung erlaubt den Vergleich von zwei verschiedenen Häufigkeitsverteilungen; in diesem Fall zwischen dem jeweiligen Ausschnitt (O) und der Gesamtkarte (P). Im Unterschied zum χ^2 -Test (X^2) werden jedoch nicht die wahren Flächenanteile verwendet sondern die relativen (rO und rP), mit:

$$\chi_m^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(rO_i - rP_i)^2}{rP_i}$$

GPR-(Georadar-)Messungen zur Erfassung der Lagenmächtigkeit

Zur Kalibrierung des landschaftsbezogenen Deckschichtenmodells (Scholten 2003) ebenso wie zur Ermittlung der an die periglaziären Lagen gebundenen sedimentologischen (Textur) und petrographischen Eigenschaften (Steingehalt) und der daraus resultierenden Bodeneigenschaften (nFK) liegen für Gebiete von der Größe des Lahn-Dill-Berglands in der Regel keine ausreichende Zahl von punktuellen Bodenprofilbeschreibungen vor. Zudem sind die punktuell gewonnenen Ergebnisse häufig das Resultat von Prozessen einer anderen, kleinräumigen Maßstabskala, z.B. einzelne Hangsegmente (siehe Catena Mausberg). Eine Möglichkeit, die zur Regionalisierung notwendigen Daten zu erheben und damit den Skalenübergang von einzelnen Hangsegmenten zu Prozessflächen mit Landschaftsrelevanz zu realisieren, ist die Messung von Transekten mittels Georadar in repräsentativen Gesteinsprovinzen und Reliefräumen.

Die geophysikalische Messmethode des Georadars oder auch "ground penetrating radar" (GPR) misst die Laufzeiten elektromagnetischer Wellen, die an

Grenzflächen im Boden reflektiert werden. Reflexionen treten immer dann auf, wenn sich die elektrische oder magnetische Leitfähigkeit zweier Substrate unterscheiden. Dabei ist die Dielektrizitätskonstante die entscheidende, materialspezifische Größe. Je größer der Unterschied zwischen zwei Substraten ist, desto mehr Energie wird an einer Grenzfläche reflektiert und desto deutlicher ist diese Grenze in einem Radarogramm zu erkennen. Das Georadar bietet somit die Möglichkeit zur schnellen und kontinuierlichen Abbildung von reflektierenden Schichtgrenzen über einen gesamten Hang. Grundlegende Voraussetzung dafür ist ein Unterschied der Wassergehalte sowie der Skelettgehalte in den einzelnen Schichten. Dabei können mit einer 400 MHz Antenne Eindringtiefen von bis zu 4 m und eine vertikale Auflösung von ungefähr 0,14 m erzielt werden.

Zur Erfassung der Mächtigkeit der periglaziären Lagen am Nordosthang des Mausbergs wurden 4 parallele, nordostwärts gerichtete GPR-Transekte in einem Abstand von 50 m gemessen. Zusätzlich wurden 5 Kalibrierungs-Messungen zur Bestimmung der mittleren Wellengeschwindigkeit der einzelnen Lagen durchgeführt. Die Interpretation der GPR-Daten ermöglicht eine relativ lückenlose Erfassung der Lagen. Dabei kann vor allem die Grenze der Hauptlage (LH) zur skelettreichen Basislage (LB) verfolgt werden (Abb. 8). Die Abgrenzung einer skelettreichen LB vom Festgestein mit Hilfe des Georadars kann nicht immer erfolgen.

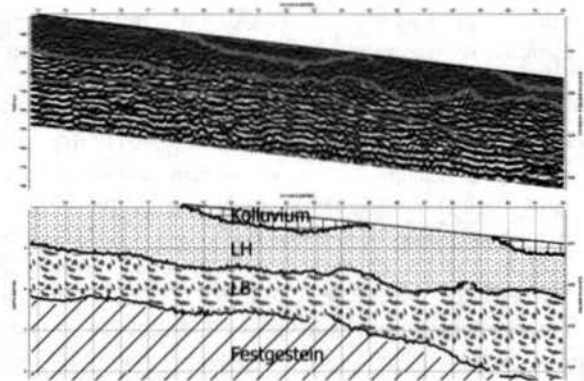


Abb. 8: Ausschnitt 73 bis 92 m aus dem Georadar-Transect Mausberg-NE 3, oberhalb des Profils MAUS-NO2 mit einem lokalen Einsetzen des Kolluviums über durchgehender LH und LB bzw. Festgesteinsgrenze

Landschaftswasserhaushaltsmodellierung im Lahn-Dill-Bergland

Die zentrale Schnittstelle des SFB 299 bildet der Modellverbund ITE2M (Integrated Tools for Ecological and Economic Modelling) zur integrierten Abbildung der Landschaftsfunktionen verschiedener Landnutzungsformen. Mittels Verknüpfung von Modellansätzen verschiedener Fachdisziplinen können die Nutzungsverteilung und die daran gekoppelten

Landschaftsfunktionen räumlich differenziert in einer Region prognostiziert werden.

Ein zentrales Element des Modellverbunds ist die Modellierung des Landschaftswasser- und -stoffhaushalts. Hierzu wird das öko-hydrologische Modell SWAT (Arnold et al. 1998) verwendet. SWAT ist ein semi-verteilttes Modell, in dem das Haupteinzugsgebiet auf der Basis eines digitalen Höhenmodells in Teileinzugsgebiete untergliedert wird. Deren mittlere Größe beträgt im Einzugsgebiet der Dill 14,7 km². Innerhalb der Teileinzugsgebiete werden HRUs (hydrological response unit) auf der Basis von Landnutzungs- und Bodeninformationen ausgewiesen und zusammengefasst. Diese HRUs sind räumlich nicht mehr verortet. Ihre mittlere Größe im Dill Einzugsgebiet beträgt 0,8 km². Auf Grund der naturräumlichen Gegebenheiten wurde von Eckhardt et al. (2002) eine modifizierte Modellversion SWAT-G erarbeitet. Diese berücksichtigt die vorherrschenden lateralen Fließprozesse. Hierzu wurde im Modell eine Anisotropie zwischen der lateralen und vertikalen hydraulischen Leitfähigkeit berücksichtigt.

Das Modell ist im Zeitraum 1986-1988 sowohl für die Dill als auch für weitere drei Teileinzugsgebiete automatisch kalibriert worden. Der Validierungszeitraum umfasst ebenfalls drei Jahre (1989-1991, Abb. 9). Die Auswertung der Modellergebnisse erfolgte auf Tagesbasis. Die Effizienz nach Nash-Sutcliffe betrug für den Kalibrierungszeitraum 0,85 und für den Validierungszeitraum 0,80.

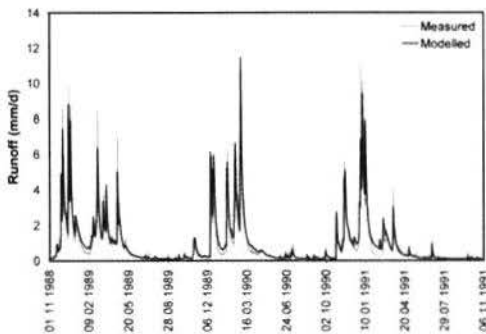


Abb. 9: Abfluss [mm Tag⁻¹] im Einzugsgebiet der Dill für den Validierungszeitraum 1988-1991 (Huisman et al. 2003).

Landnutzungswandel und Biodiversität im Lahn-Dill-Bergland

Die Transformation der Naturlandschaft zur Kulturlandschaft Lahn-Dill-Bergland reicht nach paläobotanischen Untersuchungen (Speier & Pott 1995) in das Neolithikum zurück. Siedler der brandkeramischen Kultur (ca. 5600 bis 4800 v. Chr.) legten nach Brandrodung der von Eichen dominierten Wälder erste Feldfluren an. Die Wälder wurden als Viehweide (Waldhude) und zur Gewinnung von Holz und Laubheu genutzt.

Bis zur Bronzezeit (2300 bis 750 v. Chr.) breitete sich der Getreideanbau in Form von Waldfeldbausystemen aus. Die Einführung eiserner Pflugschare und Sensen führte in der Eisenzeit (ab ca. 770 v. Chr.) zur Dreifelderwirtschaft mit Anbau von Winter- und Sommergetreide, Hackfrüchten und einjährigen Brachephasen. Die Wälder, in diesen hatte sich inzwischen die Buche als vorherrschende Art durchgesetzt, wurden vor allem zur Gewinnung von Holzkohle für die Eisenverhüttung genutzt.

Im Hochmittelalter kam es in der Region zu starken Siedlungserweiterungen. Die Buchenwälder wurden zugunsten von Niederwäldern gerodet. Der Holzbedarf zur Eisenverhüttung stieg im ausgehenden Mittelalter und der frühen Neuzeit erheblich an und führte zu Holzverknappung. Im Jahr 1562 erließen die Grafen von Nassau eine Haubergsverordnung, um Holzentnahmen und Beweidung der Niederwälder zu regulieren.

Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts war die Landwirtschaftsfläche durch unregelmäßigen Zuschnitt der Parzellen gekennzeichnet und ein Wegenetz fehlte weitgehend (Kohl 1978). Im westlichen Teil des Lahn-Dill-Berglandes reichte die Getreideproduktion nicht zur Selbstversorgung aus. Auch mangelte es an Grünfütter. Hauptproblem war neben unzureichender Flurordnung der Mangel an Dünger. Die Situation entschärfte sich im Ackerbau erst nach Verfügbarkeit mineralischen Düngers ab 1856 grundlegend.

Die Anforderungen an die Kulturlandschaft Lahn-Dill-Bergland haben sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts erheblich gewandelt. Die Bedeutung der Region für die Produktion landwirtschaftlicher Güter ist heute marginal. Hoch sind jedoch der Erholungs- und Naturschutzwert.

Bedingt durch die geringe Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung - aber auch durch vielerorts kleinräumige Standortvielfalt - ist die Biodiversität im Lahn-Dill-Bergland punktuell (z. B. eine Wiese) und lokal (z. B. ein Hang) vergleichsweise hoch. So kommen im Grünland bei kleinräumigen Artendichten von im Mittel 26 Pflanzenarten / 25 m² etwa 45 bis 60 Pflanzenarten je Schlag (Schlaggrößen meist deutlich unter 1 ha) vor (Waldhardt & Otte 2003). Die lokale Biodiversität wird darüber hinaus durch besonders artenreiche Kleinstrukturen wie Säume und Hecken sowie durch Muster unterschiedlich alten Brach- und Grünlandes erhöht (Simmering et al. 2001). Größere Teilregionen (z. B. Gemarkungen) des Lahn-Dill-Berglandes mit deutlich unterschiedlichen Nutzungsmustern und -dynamiken (Abb. 10) spiegeln innerhalb der Region wechselnde standörtliche, soziokulturelle und sozioökonomische Gegebenheiten wider (Hietel et al. 2004). Auch diese großräumige Vielfalt der Nutzungsmuster und ihrer Dynamik wirkt sich auf die regionale Biodiversität erhöhend aus.

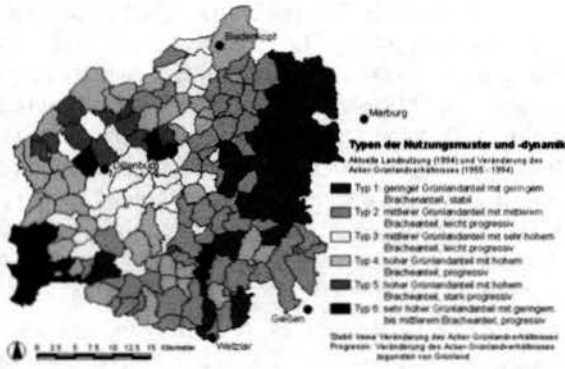


Abb. 10: Typen der Nutzungsmuster und -dynamik im Lahn-Dill-Bergland (Reger et al. 2004). Die Typen 1 bis 6 basieren auf einer Clusteranalyse auf Gemarkungsebene unter Berücksichtigung der aktuellen Grünland- und Bracheanteile an der Landwirtschaftsfläche sowie der Differenz der Acker-/Grünland-Flächenverhältnisse von 1955 und 1994.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich das Lahn-Dill-Bergland als eine Folge der seit Jahrtausenden vielfältigen Landnutzung und aktuell überwiegend geringen Nutzungsintensität in verschiedenen Maßstabsebenen als räumlicher Hotspot der Biodiversität von den umgebenden Landschaften wie der landwirtschaftlich intensiv genutzten Wetterau deutlich abhebt.

Literatur

- Arnold, J.G., Srinivasan R., Muttiah R.S., Williams J.R. (1998): Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development. - *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 34: 73-88
- Behrens, Th. (2004): Digitale Relieffanalyse als Basis von Boden-Landschafts-Modellen - am Beispiel der Modellierung periglaziärer Lagen im Osthartz. *Boden und Landschaft*, 42: 181S.
- Eckhardt, K., Haverkamp S., Fohrer N., Frede H.-G. (2002): SWAT-G, a version of SWAT99.2 modified for application to low mountain range catchments. - *Phys. Chem. Earth B*, 27: 641-644
- Fröhlich, H., Opp, Ch. & Scholten, T. (2005): Periglacial layer or colluvium? - A small scale analysis of their spatial distribution under forest. - *Z. Geomorph.* (in press).
- Hietel, E., Waldhardt, R., Otte, A. (2004): Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. - *Landsc. Ecol.*, 19: 473-489.
- Huisman, J.A., Breuer L. & Frede, H.-G. (2003): Spatial consistency of automatically calibrated SWAT simulations in the Dill catchment and three of its sub-catchments. - *Mitt. Dt. Bodenk. Ges.*, 102/2: 653-654.
- Klausing, O. (1988): Die Naturräume Hessens mit einer Karte der naturräumlichen Gliederung 1 : 200.000. - *Schriftenr. - Hess. L.-A. Umwelt* 67, Wiesbaden.
- Kohl, M. (1978): Die Dynamik der Kulturlandschaft im oberen Lahn-Dillkreis. - *Giessener Geogr. Schr.* 45.

Lippert, H.-J. und Nesbor, K. (1997): Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25.000, Blatt 5216 Oberscheld. Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.

Reger, B., Waldhardt, R. & Otte, A. (2004): Modelling land-cover dynamics in peripheral cultural landscapes. - *Verh. Ges. Ökol.* 34: 50.

Sauer, D. (2002): Genese, Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen im Rheinischen Schiefergebirge - anhand von Beispielen aus Westerwald, Hunsrück und Eifel. *Boden und Landschaft*, 36: 294 S.

Scholten, T., Schotte, M. & P. Felix-Henningsen (2002): Pleistozäne periglaziäre Lagen (Deckschichten) als Grundlage zur Ableitung Bodenkundlicher Kennwerte in Mittelgebirgsregionen. - *Trierer Geographische Studien*, 25: 77-90.

Scholten, T. (2003): Beitrag zur flächendeckenden Ableitung der Verbreitungssystematik und Eigenschaften periglaziärer Lagen in deutschen Mittelgebirgen. - *Relief Boden Paläoklima*, 19: 154 pp.

Scholten, T., Behrens, Th., Altfeld, O. & Felix-Henningsen, P. (2005): Lithographische Klassifikation von Gesteinskomplexen als Grundlage für die Modellierung der Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen in Mittelgebirgen - Beispiele aus dem Osthartz und dem Solling. *Tübinger Geographische Arbeiten* (im Druck).

Simmering, D., Waldhardt, R. & Otte, A. (2001): Syndynamik und Ökologie von Besenginsterbeständen des Lahn-Dill-Berglands unter Berücksichtigung ihrer Genese aus verschiedenen Rasengesellschaften. - *Tuexenia*, 21: 51-89.

Speier, M. & Pott, R. (1995): Paläobotanische Untersuchungen zur Entwicklung prähistorischer und historischer Waldfeldbausysteme im Lahn-Dill-Bergland. In: Pinkser, B. (Hrsg.): *Eisenland - zu den Wurzeln der nassauischen Eisenindustrie*. Verl. Ver. Nassauische Altertumskd. Geschichtsforsch., Wiesbaden.

Szibalski, M. (2001): Großmaßstäbige Regionalisierung labiler Bodenkennwerte in standörtlich hochdiversen Kulturlandschaften. *Boden und Landschaft*, 33: 204 S.

Waldhardt, R. & Otte, A. (2003): Indicators of plant species and community diversity in grasslands. *Agric. Ecosys. Environ.* 98: 339-351.

Weyl, R. (Hrsg., 1980): *Geologischer Führer Gießen und Umgebung*. - 2. Aufl., Mittelhess. Druck- u. Verlagsges. Gießen.

WRB (1994): *World Reference Base for Soil Resources*. Draft. Wageningen, Rome, 161 pp.

Anschrift:

* Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, thomas.scholten@uni-jena.de

** Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre

*** Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement

**** Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung

Exkursionspunkt G1/2 (Profil BOM-SO1)

Bearbeiter: Daniela Sauer

TK25: 5215 Dillenburg Datum: 14.11.2000

Lage: R 3450943 H 5628728 505 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Mischwald

Vegetation: Eiche, Buche

Humusform: feinhumusarmer Moder

Relief: Oberhang (Hangschulter), vertikal und horizontal konvex gewölbt, südost-exponiert, stark geneigt (13°, N4)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	0/5(10)	sandig-lehmiger Schluff, sehr stark grusig, sehr schwach steinig, 7,5YR3/2, mittelhumos, sehr geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch, kleine Gefügeelemente, schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittlere Durchwurzelungsintensität, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Normallehmgrus der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
	pflLH-llz(Lol, ^q)		
2	Ah-Bv	/18	sandig-lehmiger Schluff, stark grusig, mittel steinig, 10YR4/4, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch, kleine Gefügeelemente, schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittlere Durchwurzelungsintensität, wellige, unsharp Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Normallehmgrus der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
	pflLH-llz(Lol, ^q)		
3	Bv	/30	schluffiger Lehm, mittel grusig, 10YR4/6, schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch, kleine Gefügeelemente, schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, schwach durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Grusnormallehm der Hauptlage aus Quarzit des Devons und Lösslehm</i>
	pflLH-zll(^q, Lol)		
4	II Bv-Cv	/70	stark toniger Schluff, Grus und Steine, 10YR7/4, sehr schwach humos, hohe Lagerungsdichte, sehr schwach durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Grus der Basislage aus Tonschiefer des Devons, Zone des Hakenschlagens im Tonschiefer</i>
	pflLB-z(^tsf)		
5	III mCv	/180+	stark toniger Schluff, Grus und Steine, 10YR7/4 7,5YR,6/6, humusfrei, sehr hohe Lagerungsdichte, sehr schwach durchwurzelt <i>zersetzter Tonschiefer (saprolitisierter Tonschiefer des Devons)</i>
	cc-^tsf		

Bodenformensymbol:	Typenniveau: RN-BB: p-zu(^q, ^tsf, Lol)/c-^tsf Subtypenniveau: RN-BB: pfl-zll(^q, ^tsf, Lol)/pfl-z(^tsf)/cc-^tsf
Bodenformenbezeichnung:	Typenniveau: Ranker-Braunerde aus (Kryo-) Gruslehm (Lößlehm, Quarzit, Tonschiefer) über (Kryo-) Grus (saprolisiertem Tonschiefer) Subtypenniveau: Ranker-Braunerde aus (Fließ-) Grusnormallehm (Lößlehm, Quarzit, Tonschiefer) über (Fließ-) Grus (saprolisiertem Tonschiefer) über tiefem Zersatztonschiefer

Anmerkungen: Tiefgründig, mäßig trocken, mesotroph

Horizont	Tiefe	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								d _B g·cm ⁻³	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	5	73	16,4	5,3	12,2	15,9	20,7	5,1	24,4		n.B.
Ah-Bv	18	53	19,0	4,9	11,3	15,3	17,6	6,1	25,8		1,64
Bv	30	59	21,5	7,5	10,3	15,0	16,4	5,0	24,3		
II Bv-Cv	70	78	34,6	20,0	10,5	10,0	9,8	1,3	14,0		n.B.
III mCv	180+	98	23,0	16,0	16,3	15,6	11,6	0,9	16,5		

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)					GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹	
	1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah						n.b.				
Ah-Bv										
Bv	14,4	2,9		5,3	15,9	38,5	8,2		n.b.	
II Bv-Cv										
III mCv						n.b.				

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg·kg ⁻¹)						
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn	
	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah			2,9	10,9	13,3	5,3	61,9	21,6	24,8	
Ah-Bv			3,5	8,4	16,3	16,9	39,4	29,7	25,4	
Bv	n. b.		3,7	16,5	28,0	19,8	49,2	28,9	41,9	
II Bv-Cv			3,6	8,6	10,5	4,1	49,0	18,3	15,4	
III mCv			3,8	16,6	58,6	30,2	43,6	47,1	56,5	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	
	1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah				5,5	9,4				
Ah-Bv				1,9	3,2				
Bv		n. b.		0,8	1,4		n. b.		
II Bv-Cv				0,5	0,8				
III mCv				0,3	0,6				

Horizont	Pack.-dichte	Aggr.-größe	Lag.-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag.-dichte	Durchwurzel.	
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	
	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	2	2	2	2	2	2	2	2	Ld2	W3
Ah-Bv	2	2	2	2	2	2	2	2	Ld2	W3
Bv	2,8	2	3	3	3	2	3	3	Ld3	W2
II Bv-Cv	4,3				4	4	5	5	Ld4	W1
III mCv	5		n. b.		5	5	5	5	Ld5	W1

n. b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/3 (Profil BOM-SW1)

Bearbeiter: Daniela Sauer

TK25: 5215 Dillenburg

Datum: 20.11.2000

Lage: R 3450789 H 5628711 473 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Laubwald, teilweise Mischwald, rezent kaum genutzt

Vegetation: Buche, Eiche

Humusform: mullartiger Moder

Relief: Oberhang, vertikal gestreckt und horizontal schwach konvex gewölbt, südwest-exponiert, stark geneigt (14,5°, N4)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	0/6	mittel toniger Schluff, vorwiegend Steine, etwas Grus, 7,5YR2/2, stark humos, sehr geringe Lagerungsdichte, polyedrisch (5-20 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, stark durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-)Schutt der Oberlage aus Quarzit des Devons</i>
pflLO-n(^q)			
2	Bv	/40	mittel toniger Schluff, sehr stark steinig, sehr schwach grusig, 10YR4/6, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, Krümel- bis Subpolyedergfüge (2-5 mm), schwach verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, mittlere Durchwurzelungsintensität, ebene, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-)Tonschluffschutt der Oberlage aus Quarzit des Devons</i>
pflLO-tun(^q)			
3	II Bv	/50-65	schluffiger Lehm, mittel steinig, stark grusig, 7,5YR4/6 (10YR5/6), sehr schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, polyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, schwach durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Tonschluffgrus der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
pflLH-luz(Lol, ^q)			
4	III Bv-Cv	/90	mittel sandiger Lehm, vorwiegend Grus, etwas Steine, 10YR5/6, sehr hohe Lagerungsdichte, polyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr schwach durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Normallehmgrus der Basislage aus Quarzit des Devons</i>
pflLB-llz(^q)			
5	IV mCv	/140+	schwach toniger Lehm, vorwiegend Grus, etwas Steine, 10YR6/6, sehr hohe Lagerungsdichte, polyedrisch (5-20 mm), stark verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr schwach durchwurzelt, sehr starke hellrostfarbene Eisenmarmorierung (5-7,5YR6/6) im Wechsel mit extrem deutlichen Nassbleichungsmerkmalen <i>Quarzit des Devons</i>
cvw-^q			

Bodenformensymbol:	Typenniveau: BBn: p-un(^q, Lol)/c-^q Subtypenniveau: BBn: pfl-ntu(^q, Lol)/pfl-nll(^q)/cvw-^q
Bodenformenbezeichnung:	Typenniveau: Norm-Braunerde aus (Kryo-) Schluffschutt (Lösslehm, Quarzit) über tiefem anstehendem Quarzit (Devon) Subtypenniveau: Norm-Braunerde aus (Fließ-) Schutttonschluff aus Lösslehm und Quarzit über (Fließ-) Schuttnormallehm aus Quarzit über tiefem Quarzit

Anmerkungen: Sehr tiefgründig, mäßig trocken, mesotroph

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d ₀
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	6	95,6	5,0	5,1	16,5	22,3	13,5	12,4	25,1	
Bv	40	64,4	8,6	5,4	14,1	23,9	11,9	14,2	22,0	
II Bv	65	70,5	10,8	8,9	13,6	27,8	14,9	9,8	14,3	n.b.
III Bv-Cv	90	72,8	12,3	11,5	14,4	19,9	11,2	12,5	18,2	
IV mCv	140+	n.b.	9,9	10,9	15,0	25,8	16,2	12,1	10,2	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	n.b.								
Bv	n.b.								
II Bv	n.b.								
III Bv-Cv	n.b.								
IV mCv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg·kg ⁻¹)					
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah	n.b.		3,2	43,4	32,2	11,6	474,4	45,4	82,1
Bv	n.b.		4,1	39,0	34,3	19,3	716,3	39,6	70,3
II Bv	n.b.		4,0	57,6	34,6	18,7	378,1	34,1	47,1
III Bv-Cv	n.b.		3,8	83,2	41,5	20,7	155,3	34,2	42,1
IV mCv	n.b.		3,9	63,1	37,0	18,2	232,1	41,9	29,7

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _e ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.			11,9	20,5		n.b.	
Bv	n.b.			2,5	4,2		n.b.	
II Bv	n.b.			0,5	0,9		n.b.	
III Bv-Cv	n.b.			0,3	0,5		n.b.	
IV mCv	n.b.			0,2	0,3		n.b.	

Horizont	Pack-dichte	Aggr-größe	Lag-art	Verfestigung	Eindr-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag-dichte	Durchwurzel.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	2,5	3	3	3	2	2	2	Ld1	W4
Bv	2	2	2	2	2	2	2	Ld2	W3
II Bv	3	2	3	3	3	3	3	Ld3	W2
III Bv-Cv	3,5	2	3	4	3,5	4	3,5	Ld5	W1
IV mCv	4	3	4	4	4	5	4	Ld5	W1

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/4 (Profil BOM-SW2)

Bearbeiter: Christian Friedrich

TK25: 5215 Dillenburg

Datum: 03.11.2000

Lage: R 3450583 H 5628662 441 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Laubwald

Vegetation: überwiegend Buche, Eiche

Humusform: rohhumusartiger Moder

Relief: Mittelhang, vertikal gestreckt und horizontal konvex gewölbt, südwest-exponiert, steil (23,5°, N6.1)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Aeh	0/3	mittel toniger Schluff, mittel grusig, 7.5YR4/3 bis 10YR5/3, mittel humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgruslehmschluff der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
	pflLH-zlu(Lol, ^q)		
2	Bhs-Bv	/5	schluffiger Lehm, stark grusig, 7.5YR4/6 bis 7.5YR5/6, schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrustonschluff der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
	pflLH-ztu(Lol, ^q)		
3	Bv	/50	sandig-lehmiger Schluff, stark grusig und steinig, 10YR5/6, sehr schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch bis krümelig (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgruslehmschluff der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
	pflLH-zlu(Lol, ^q)		
4	II Cv	/92	schluffiger Lehm, sehr stark steinig und grusig, 10YR6/4, hohe Lagerungsdichte, subpolyedrisch bis krümelig (2-5 mm), mittel verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr schwach durchwurzelt, starke dunkelrostfarbene Eisenmarmorierung im Wechsel mit deutlichen Bleichzonen, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließtonschluffschutt der Basislage aus Quarzit des Devons</i>
	pflL B-tun(^q)		
5	III mCv	/175+	schluffiger Lehm, Steine, sehr wenig Grus, 10YR5/4, sehr hohe Lagerungsdichte, Kohärentgefüge, schwach verfestigt, sehr schwach durchwurzelt <i>Zersatztonschluffschutt aus Quarzit des Devons</i>
	cc-tun(^q)		
	Schluff-Ton-Beläge auf Blockoberseiten im III mCv		
	stark schluffiger Ton, sehr schwach grusig, 7.5YR5/8 und 2.5Y7/3, sehr hohe Lagerungsdichte, Kohärentgefüge, sehr stark verfestigt, starke hellrost- bis ockerfarbene Eisenmarmorierung im Wechsel mit deutlichen grün- bis blaugrauen Reduktionsmerkmalen		

Bodenformensymbol:	Typenniveau: p4BBn: p-zu(^q, Lol)/p-un(^q) Subtypenniveau: p4BBn: pfl-luz(^q, Lol)/pfl-ntu(^q)/cc-ntu(^q)
Bodenformenbezeichnung:	Typenniveau: Stark podsolige Braunerde aus (Kryo-) Gruschluff (Quarzit/Devon und Lösslehm) über (Kryo-) Schuttschluff (Quarzit/Devon) Subtypenniveau: Stark podsolige Braunerde aus (Fließ-) Tonschluffgrus aus Lösslehm und Quarzit über (Fließ-) Schuttschluff aus Quarzit Devon über tiefem Zersatzschuttschluff aus Quarzit

Anmerkungen: Sehr tiefgründig, mäßig trocken bis mäßig frisch, mesotroph (-)

Horizont	Tiefe	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								d _h
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aeh	3	37,7	9,8	6,8	15,0	27,8	17,0	11,3	12,3	n.b.
Bhs-Bv	5	43,4	10,4	7,2	12,0	27,0	20,3	6,0	17,2	
Bv	50	49,9	9,7	9,9	13,9	24,0	21,5	6,2	15,0	1,47
II Cv	92	61,2	10,0	7,3	13,4	25,7	19,0	7,5	17,1	n.b.
III mCv	175+	69,0	8,3	5,6	11,6	26,7	21,7	5,7	20,5	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aeh	n.b.								
Bhs-Bv	n.b.								
Bv	17,4	5,3	14,1	8,7	45,5	19,4	n.b.		
II Cv	n.b.								
III mCv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg·kg ⁻¹)						
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn	
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Aeh	n.b.			2,9	38,6	5,6	2,2	255,0	29,0	28,4
Bhs-Bv	n.b.			4,3	60,8	11,3	10,5	304,6	20,9	42,6
Bv	n.b.			4,2	52,1	9,2	10,8	456,9	28,9	33,2
II Cv	n.b.			3,9	68,1	7,8	7,5	123,2	18,3	14,9
III mCv	n.b.			4,0	113,6	9,8	12,3	169,8	23,5	23,8

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Aeh	n.b.			7,3	12,5	n.b.		
Bhs-Bv	n.b.			2,8	4,9	n.b.		
Bv	n.b.			1,0	1,7	n.b.		
II Cv	n.b.			0,2	0,4	n.b.		
III mCv	n.b.			0,2	0,3	n.b.		

Horizont	Pack-dichte	Aggr.-größe	Lag.-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag.-dichte	Durchwurzeln.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Aeh	2	2	3	2	2	2	2	Ld2	W4
Bhs-Bv	2,5	2	3	2	2	3	3	Ld3	W4
Bv	2,5	2	3	2	2	3	3	Ld3	W4
II Cv	3,7	n.b.			4	4	3	Ld4	W1
III mCv	4,3	n.b.			4	4	5	Ld4	W1

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/5 (Profil BOM-SW3)

Bearbeiter: Daniela Sauer

TK25: 5215 Dillenburg

Datum: 22.11.2000

Lage: R 3450618

H 5628497

414 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Mischwald

Vegetation: Kiefer, Buche, Eiche

Humusform: typischer Moder

Relief: Unterhang, vertikal gestreckt, horizontal konvex gewölbt, SW-exponiert, sehr stark geneigt (19°, N5)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Aeh pflLO-(n4)tu(^q, Lol)	0/2	schluffiger Lehm, mittel steinig, etwas Grus, 5YR3/3, mittel humos, sehr geringe Lagerungsdichte, polyedrisch (5-20 mm), mittel verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Tonschluff der Oberlage aus Quarzit des Devons und Lösslehm</i>
2	Bsv pflLO-tun(^q)	/12	schluffiger Lehm, mittel steinig, etwas Grus, 7,5YR4/6, schwach humos, sehr geringe Lagerungsdichte, Krümelgefüge (2-5 mm), schwach verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Tonschluffschutt der Oberlage aus Quarzit des Devons</i>
3	Bv pflLO-nl(^q, Lol)	/23	schwach toniger Lehm, mittel steinig, etwas Grus, 10YR5/6, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, Krümelgefüge (2-5 mm), schwach verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, ebene, kontinuierliche Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Schuttnormallehm der Oberlage aus Quarzit des Devons und Lösslehm</i>
4	II Bv pflLH-nsl(^q, Lol)	/47	schluffig-lehmiger Sand, stark steinig, etwas Grus, 10YR5/6, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, polyedrisch (2-5 mm), mittel verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittel durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Schuttsandlehm der Hauptlage aus Quarzit des Devons und Lösslehm</i>
5	Sw pflLH-sln(Lol, ^q)	/61	schluffig-lehmiger Sand, stark steinig, mittel grusig, 10YR5/4, mittlere Lagerungsdichte, kohärent bis subpolyedrisch (5-20 mm), stark verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittel durchwurzelt, manganoxidfarbene Konkretionen, diffuse Bleichzonen, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Sandlehm der Hauptlage aus Lösslehm und Quarzit des Devons</i>
6	III Sd pflLH-sln(^q)	/94	schluffig-lehmiger Sand, sehr stark steinig, schwach grusig, 10YR5/4, hohe Lagerungsdichte, polyedrisch (5-20 mm), mittel verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr schwach durchwurzelt, sehr viele lepidokrokit- und hellrostfarbene Flecken begleitet von wenigen manganoxidfarbenen Flecken, große Bleichzonen, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>(Fließ-) Sandlehm der Basislage aus Quarzit des Devons</i>
7	IV Sd pflLH-sln(^q)	/188+	schluffig-lehmiger Sand, sehr stark steinig, schwach grusig, 10YR5/6, sehr hohe Lagerungsdichte, polyedrisch (2-5 mm), mittel verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, sehr schwach durchwurzelt, wenige hellrost- und manganoxidfarbene Flecken, mittelgroße Bleichzonen <i>(Fließ-) Sandlehm der Basislage aus Quarzit des Devons</i>

Bodenformensymbol:	Typenniveau: p4SS-BBn: p-(n)l(^q, Lol)/p-nl(Lol, ^q) Subtypenniveau: p4SS-BBn: pfl-nl(^q, Lol)/pfl-sln(^q, Lol)/n-^q
Bodenformenbezeichnung:	Typenniveau: Stark podsolige Pseudogley-Braunerde aus (Kryo-) Schuttlehm (, Quarzit/Devon und Lösslehm/Pleistozän) über (Kryo-) Lehmschutt (Lösslehm/Pleistozän, Quarzit/Devon) Subtypenniveau: Stark podsolige Pseudogley-Braunerde aus (Fließ-) Schuttnormallehm (Lösslehm/Pleistozän, Quarzit/Devon) über (Fließ-) Sandlehm (Lösslehm/Pleistozän, Quarzit/Devon) über tiefem (Fließ-) Schuttsandlehm (Quarzit/Devon)

Anmerkungen: Tiefgründig, mäßig frisch bis frisch, mesotroph (-)

Horizont	Tiefe	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								d _n
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aeh	5	24,2	4,7	6,3	13,9	24,5	22,3	4,2	24,1	1,13
Bsv	12	76,9	4,6	6,4	15,0	24,9	21,6	4,3	23,1	
Bv	23	56,6	4,7	6,4	13,4	23,9	19,3	6,1	26,3	
II Bv	47	58,3	10,7	11,2	17,3	26,7	16,6	1,4	16,1	n.b.
Sw	61	73,6	8,7	12,0	23,0	28,0	10,6	1,6	16,1	
III Sd	94	44,1	14,2	13,8	16,6	28,1	13,6	0,7	13,0	
IV Sd	188+	71,0	12,4	13,7	13,7	27,5	12,2	4,3	16,3	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aeh	30,7	6,2	11,8	8,2	56,9	18,0			
Bsv									
Bv									
II Bv					n.b.				
Sw									
III Sd									
IV Sd									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg · kg ⁻¹)					
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Aeh			3,0	31,4	9,7	2,4	336,3	24,4	27,6
Bsv			4,1	43,4	18,3	8,9	457,7	24,0	56,9
Bv			4,1	54,7	25,7	14,3	367,4	23,6	56,5
II Bv	n. b.		4,0	60,4	27,5	13,9	414,4	23,6	58,2
Sw			4,0	97,4	17,8	12,2	522,2	23,6	30,1
III Sd			3,9	57,5	8,7	2,3	278,5	23,5	14,0
IV Sd			3,9	96,2	17,3	13,8	442,9	34,1	33,3

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff}	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol · kg ⁻¹	cmol · kg ⁻¹	KAK _n	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Aeh				6,6	11,4			
Bsv				3,5	6,0			
Bv				1,1	1,8			
II Bv		n. b.		1,0	1,7		n. b.	
Sw				0,8	1,4			
III Sd				0,4	0,7			
IV Sd				0,1	0,2			

Horizont	Pack-dichte	Aggr.-größe	Lag.-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag.-dichte	Durchwurz.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Aeh	2,3	3	3	3	1	2	2	Ld1	W5
Bsv	2	2	2	2	1	2	2	Ld1	W5
Bv	2	2	2	2	2	2	2	Ld2	W5
II Bv	2,5	2	3	3	3	2	2	Ld2	W3
Sw	2,7	3	3	3	3	2	2	Ld3	W3
III Sd	4				4	4	4	Ld4	W1
IV Sd	5		n.b.		5	5	5	Ld4	W1

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/6 (Profil MAUS-NO1)

Bearbeiter: Christian Friedrich, Daniela Sauer TK25: 5115 Ewersbach Datum: 01.11.2000

Lage: R 3451222 H 5629978 439 m NN Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Laubwald, ehemalige mittelalterliche Vegetation: Buche

Ackernutzung

Humusform: mullartiger Moder

Relief: Oberhang, Hangansatz, vertikal und horizontal sehr schwach konvex gewölbt, nordost-exponiert, mittel geneigt (8°, N3.2)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah pflLH-(z4)ll(^tsf, Lol)	0/5	schwach toniger Lehm, schwach grusig, 7.5YR3/4, stark humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, sehr stark durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>stark Grus führender Fließnormallehmgrus der Hauptlage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
2	rAp-Bv pflLH-zll(^tsf, Lol)	/18	mittel sandiger Lehm, mittel grusig, wenig Steine, 10YR4/4, schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, stark durchwurzelt, ebene, scharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrusnormallehm der Hauptlage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
3	II Bv-xCv pflLH-zll(^tsf, Lol)	/40	mittel sandiger Lehm, stark grusig, mittel steinig, 10YR5/6, hohe Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), mittel verfestigt, offene bis sperrige Lagerungsart, mittel durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließnormallehmgrus der Basislage aus Tonschiefer des Devons</i>
4	III mCv pflLH-zl(^tsf)	/95+	schwach toniger Lehm, mittel grusig, stark steinig, sehr hohe Lagerungsdichte, sehr schwach durchwurzelt <i>Fließgrus der Basislage aus Tonschiefer des Devons</i>

Bodenformensymbol:	Typenniveau: BB-RN: p-(z)l(^tsf, Lol)/p-z(^tsf) Subtypenniveau: BB-RN: pfl-llz(^tsf, Lol)/pfl-n(^tsf)/n-^tsf
Bodenformenbezeichnung:	Typenniveau: Braunerde-Ranker aus (Kryo-) Gruslehm (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über (Kryo-) Grus (Tonschiefer/Devon) Subtypenniveau: Braunerde-Ranker aus (Fließ-) Normallehmgrus (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über (Fließ-) Grus (Tonschiefer/Devon) über tiefem Tonschiefer (Devon)

Anmerkungen: flachgründig, frisch bis mäßig frisch, mesotroph

Horizont	Tiefe	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								d _h
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	5	33,9	13,6	7,3	12,9	14,1	11,2	11,8	29,1	0,86
rAp-Bv	18	46,2	18,5	8,9	11,0	13,8	12,7	10,5	24,6	0,96
II Bv-xCv	40	80,0	16,1	12,3	16,5	15,2	12,0	10,4	17,6	n.b.
III mCv	95+	n.b.	2,5	4,0	15,8	22,8	16,2	9,8	28,9	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	24,0	10,6	12,7	19,7	67,0	23,3			
rAp-Bv	30,3	7,5	9,5	16,1	63,4	17,0			
II Bv-xCv									
III mCv					n.b.				

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg·kg ⁻¹)					
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah			3,4	20,7	29,1	7,2	172,1	56,6	74,2
rAp-Bv	n.b.		3,8	15,9	43,7	15,1	228,2	51,5	80,0
II Bv-xCv			4,2	21,9	59,1	21,3	269,4	43,3	101,2
III mCv			3,7	8,9	6,3	3,3	65,1	48,3	12,9

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _e ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah				12,8	21,9			
rAp-Bv				5,0	8,7		n.b.	
II Bv-xCv				1,6	2,8			
III mCv				0,5	0,8			

Horizont	Pack-dichte	Aggr.-größe	Lag-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag-dichte	Durchwurz.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	2	2	3	2	1,5	2	2	Ld2	W5
rAp-Bv	2,5	2	3	2	2	3	3	Ld3	W4
II Bv-xCv	4				4	4	4	Ld4	W3
III mCv	n.b.		n.b.			n.b.		Ld5	W1

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/7 (Profil MAUS-NO2)

Bearbeiter: Daniela Sauer

TK25: 5115 Ewersbach Datum: 01.11.2000

Lage: R 3451337 H 5630034 440 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Mischwald

Vegetation: Fichte, Buche, Lärche

Humusform: feinhumusarmer Moder

Relief: Mittelhang, vertikal schwach und horizontal sehr schwach konvex gewölbt, nordost-exponiert, stark geneigt (13,5°, N4)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	0/12	schwach toniger Lehm, schwach grusig, 10YR3/4, mittel humos, sehr geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), sehr schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittel durchwurzelt, wellige, diffus-unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrusnormallehm der Hauptlage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
	pflLH-zll(^tsf, Lol)		
2	M/Bv1	/26	schwach sandiger Lehm, schwach grusig, 10YR4/6, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch (1-2 mm), sehr schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, schwach durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrusnormallehm der Hauptlage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
	pflLH-zll(^tsf, Lol)		
3	II Bv/Bv2	/40	schwach toniger Lehm, mittel grusig, einige Steine, 10YR5/6, sehr schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), mittel verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittel durchwurzelt, ebene, scharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrusnormallehm der Hauptlage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
	pflLH-zll(^tsf, Lol)		
4	III Bv-Cv/ II Bv-xCv	/75-80	stark schluffiger Ton, Steine und Grus, 10YR6/6, sehr hohe Lagerungsdichte, sehr schwach durchwurzelt, wellige, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließschutt der Basislage aus Tonschiefer des Devons</i>
	pflLb-n(^tsf)		
5	IV mCv/ III mCv cvw-n(^tsf)	/180+	stark schluffiger Ton, Steine und Grus, 10YR6/6 <i>Zerfallsschutt aus Tonschiefer des Devons</i>

Bodenformensymbol:	Typenniveau: BBn: p-zl(^tsf, Lol)/p-n(^tsf) Subtypenniveau: BBn: pfl-zll(^tsf, Lol)/pfl-n(^tsf)/cvw-n(^tsf)
Bodenformen-bezeichnung:	Typenniveau: Norm-Braunerde aus (Kryo-) Gruslehm (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über (Kryo-) Schutt (Tonschiefer/Devon) Subtypenniveau: Norm-Braunerde aus (Fließ-) Grusnormallehm (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über (Fließ-) Schutt (Tonschiefer/Devon) über tiefem Zerfallsschutt (Tonschiefer/Devon)

Anmerkungen: tiefgründig, frisch, mesotroph

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	12	49,5	14,7	6,1	12,2	15,4	11,2	11,3	29,2	0,82
Bv1	26	45,6	14,2	7,3	12,1	15,3	14,2	12,5	24,4	1,02
Bv2	40	46,9	12,4	6,9	12,4	15,5	14,3	12,6	25,8	1,11
II Bv-xCv	75-80	86,0	n.b.							
III mCv	180+	n.b.								

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	37,5	7,8	5,8	17,5	68,6	13,6			
Bv1	31,2	6,4	6,7	17,4	61,7	13,1			
Bv2	29,1	5,1	4,0	20,1	58,3	9,1			n.b.
II Bv-xCv	n.b.								
III mCv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg·kg ⁻¹)					
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah			3,0	20,5	35,6	9,0	288,6	61,2	84,1
Bv1			4,1	18,8	54,7	18,0	430,0	60,1	107,2
Bv2	n. b.		4,2	19,4	63,1	17,7	442,5	48,7	117,0
II Bv-xCv	n.b.								
III mCv	n.b.								

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _e ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah				11,7	20,1			
Bv1				2,7	4,6			
Bv2		n. b.		1,5	2,6		n. b.	
II Bv-xCv	n.b.							
III mCv	n.b.							

Horizont	Pack-dichte	Aggr.-größe	Lag.-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag.-dichte	Durchwurzel.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	1,5	2	2	1	1	2	1	Ld1	W3
Bv1	2	1	3	1	2	2	2	Ld2	W2
Bv2	2,5	2	3	2	3	2	3	Ld3	W3
II Bv-xCv	4,3		n.b.		4	4	5	Ld5	W1
III mCv	n.b.						n.b.		

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt G1/8 (Profil MAUS-NO3)

Bearbeiter: Daniela Sauer

TK25: 5115 Ewersbach

Datum: 01.11.2000

Lage: R 3451419 H 5630245 395 m NN

Kreis: Wissenbach (Kreis Dillenburg)

Nutzung: Mischwald

Vegetation: Buche und Fichte

Humusform: mullartiger Moder

Relief: Unterhang, vertikal gestreckt und horizontal sehr schwach konvex gewölbt, nordost-exponiert, sehr stark geneigt (15,5°, N5)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah uk-zll(^tsf, Lol)	0/1-4	schwach sandiger Lehm, mittel grusig, 10YR2/3, stark humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch bis krümelig (1-2 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, stark durchwurzelt, wellige, scharfe Horizontuntergrenze <i>Kolluvialgrusnormallehm des Solumsediments aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
2	Al-M uk-(z4)ll(^tsf, Lol)	/60	schwach sandiger Lehm, mittel grusig, 10YR4/6, schwach humos, geringe Lagerungsdichte, subpolyedrisch bis krümelig (2-5 mm), schwach verfestigt, halboffene Lagerungsart, mittel durchwurzelt, ebene, diffus-unscharfe Horizontuntergrenze <i>stark Grus führender Kolluvialnormallehm des Solumsediments aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
3	II Bt-M/II Btv pflLM-(z4)ll(^tsf, Lol)	/100	schwach sandiger Lehm, mittel grusig, 10YR4/6-7,5YR4/6, sehr schwach humos, mittlere Lagerungsdichte, subpolyedrisch (2-5 mm), mittel verfestigt, halboffene Lagerungsart, schwach durchwurzelt, ebene, scharfe Horizontuntergrenze <i>Stark Grus führender Fließnormallehm der Mittellage aus Tonschiefer des Devons und Lösslehm</i>
4	III Btv-Swd pflLB-zsl(^tsf)	/120	schluffig-lehmiger Sand, sehr stark grusig, einige Steine, 10YR5/6, hohe Lagerungsdichte, sehr schwach durchwurzelt, viele manganoxid- und hellrostfarbene Flecken, grün- bis blaugraue, diffus verteilte Bleichzonen, ebene, unscharfe Horizontuntergrenze <i>Fließgrussandlehm der Basislage aus Tonschiefer des Devons</i>
5	IV mCv-Swd cc-usz(^tsf) tertiärer Ton im IV mCv-Swd	/180+	stark schluffiger Sand, überwiegend Grus, Steine, 10YR6/4, vereinzelt Wurzeln, viele manganoxid- und hellrostfarbene Flecken, grün- bis blaugraue, diffus verteilte Bleichzonen <i>Zersatzschluffsandgrus des Anstehenden aus Tonschiefer des Devons</i> stark schluffiger Ton, 2,5GY8/1

Bodenformensymbol:	Typenniveau: IYK/LL-SS-BB: u-(z)ll(^tsf, Lol)/p-zl(^tsf) Subtypenniv.: IYK/LL-SS-BB: uk-llz(^tsf, Lol)/pfl-llz(Lol, ^tsf)//cc-zus(^tsf)
Bodenformen-bezeichnung:	Typenniveau: lessivierter Kolluvisol über Parabraunerde-Pseudogley-Braunerde aus Grus führendem Hanglehmgrus (Tonschiefer/Devon, Lösslehm/Pleistozän) über (Kryo-) Gruslehm (Tonschiefer/Devon) Subtypenniveau: lessivierter Kolluvisol über Parabraunerde-Pseudogley-Braunerde aus Kolluvialnormallehmgrus (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über (Fließ-) Normallehmgrus (Lösslehm/Pleistozän, Tonschiefer/Devon) über sehr tiefem Zersatzschluffsand (Tonschiefer/Devon)

Anmerkungen: Sehr tiefgründig, betont frisch, mesotroph

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Masse-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d ₆₀
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g-cm ⁻³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	1-4	40,5	15,3	6,8	8,1	16,8	15,1	13,3	24,6	n.b.
Al-M	60	43,0	19,6	6,0	6,8	17,8	15,3	12,2	22,3	1,31
II Btv	100	26,4	13,0	6,4	8,3	21,7	10,3	16,3	24,0	1,50
III Btv-Swd	120	50,6	23,4	11,2	7,0	21,8	18,5	8,8	9,3	
IV mCv-Swd	180+	64,0	24,2	13,4	11,8	22,8	14,0	6,4	7,4	n.b.

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	18,6	4,6	10,6	17,1	50,9	15,2			
Al-M	9,0	4,0	13,4	17,3	43,7	17,4			
II Btv									n.b.
III Btv-Swd									
IV mCv-Swd									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Spurenelemente (mg · kg ⁻¹)					
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Cu	Ni	Co	Ti	V	Zn
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah			3,3	19,1	31,5	8,4	220,3	44,5	74,0
Al-M			4,3	13,8	45,9	14,5	533,6	50,8	77,1
II Btv	n.b.		4,2	19,8	38,6	15,2	318,8	40,1	46,2
III Btv-Swd			4,1	24,9	47,8	17,1	267,6	26,9	56,1
IV mCv-Swd			4,1	16,0	27,8	8,1	194,8	29,3	31,4

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	Org. S.	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah				10,1	17,4			
Al-M				0,6	1,1			
II Btv				0,4	0,7			
III Btv-Swd				0,2	0,3			
IV mCv-Swd				0,1	0,2			

Horizont	Pack-dichte	Aggr.-größe	Lag.-art	Verfestigung	Eindr.-widerst.	Makroporen	Wurzelverteil.	Lag.-dichte	Durchwurz.
	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	1,5	1	2	2	1	2	1	Ld2	W4
Al-M	2,0	2	2	2	2	2	1	Ld2	W3
II Btv	2,8	2	3	3	3	3	2	Ld3	W2
III Btv-Swd	4,3				4	5	4	Ld4	W1
IV mCv-Swd	5		n.b.		5	5	5	Ld5	W1
Swd	n.b.						n.b.		

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 2: Genese, Funktionen und Nutzungseigenschaften von Böden im Vogelsberg

H.-R. Wegener

1. Zielsetzungen der Exkursion

Die Exkursion vermittelt einen Eindruck von der Vielgestaltigkeit der Böden und der Landschaft und geht auch auf die Wandlung der Landnutzung in Mittelgebirgsräumen ein.

2. Exkursionsroute

Die Fahrt führt von Marburg nach Süden durch das Marburg-Gießener-Lahntal und aus dem Gießener Becken nach SE über die sehr flache Schwelle des Gießener Landrückens vorbei an Fernwald-Steinbach nach Lich im oberen Tal der Wetter. Der erste Exkursionspunkt liegt etwa 2,5 km E Lich in der Gemarkung „Eiserne Hosen“ (ehemalige Bauxitgrube).

Von den „Eisernen Hosen“ geht die Exkursion weiter über Langsdorf zur ehemaligen Ziegelei nach Hungen, wobei die Straße etwa die Grenze zwischen Vorderem Vogelsberg (NE) und Wetterau (SW) markiert. Von Hungen fahren wir in der Horloffniederung durch den Unteren Vogelsberg, vorbei an der ehemaligen Friedrichshütte („Buderus'sche Eisenwerke“), und dem Unteren Vogelsberg Richtung Schotten, um auf dem ehemaligen „Schottenring“ den Oberwald mit seinen Lockerbraunerden, Humuslockerbraunerden, Braunerden und Hochmoorbildungen zu erreichen.

Der Rückweg führt uns über Ulrichstein, Mücke nach Grünberg, wir queren die Rabenau, den Ebsdorfergrund und das südliche Amöneburger Becken, bevor wir nach Marburg zurückkehren.

3. Beschreibung des Exkursionsgebietes

3.1. Lage und naturräumliche Gliederung

Das Exkursionsgebiet liegt im mittleren Hessen und wird im W durch das Marburg-Gießener Lahntal und die Lahn, im SW und S durch die Wetterau und den Büdinger Wald, im E durch die Fuldaer Senke und das Nördliche Vogelsberg-Vorland begrenzt.

3.2. Geologie, Geomorphologie, Hydrogeologie

Der Vogelsberg ist als Teil der Zentraleuropäischen Vulkanprovinz mit mehr als 2.300 km² Ausdehnung und einem „vulkanischen“ Fördervolumen von mehr als 500 km³ das größte Vulkangebiet Mitteleuropas, das vor ca. 20 bis 10 Millionen Jahren entstanden ist.

Er überdeckt einen Untergrund aus paläozoischen bis tertiären Gesteinen, auf dem prävulkanisch eine flache Fluss- und Seen-Landschaft entstanden war.

Heute stellt sich der Vogelsberg mit seinen höchsten Erhebungen, dem Taufstein mit 773 m und dem Hoherodskopf mit 764 m NN, als eine abwechslungsreiche und vielgestaltige Region dar. Gesteine der Trias, insbesondere Buntsandstein, und tertiäre Sedimente in Form von Süß- bzw. Brackwasser- und auch marinen Ablagerungen im Liegenden werden von teilweise bis zu 490 m mächtigen basaltischen und trachytischen Deckenergüssen und Tuffen bedeckt.

Tektonische Bewegungen, tiefreichende Verwitterungsprozesse und Formungsvorgänge mit unterschiedlichsten Ursachen bedingen teilweise erhebliche Relief- und Höhenunterschiede.

Im Plateau des Oberwaldes in einer Höhe oberhalb 720 m NN finden sich Reste einer (altplozänen?) Abtragungsfläche, die talwärts anschließenden Abdachungsstufen gehen in tiefer gelegene mittel- bis jungpliozäne Haupt-verebnungsflächen des Unteren und Vorderen Vogelsbergs über, die bis in Höhenlagen von 300 - 330 m NN reichen.

Für die Gestaltung der Oberflächen sind neben tektonischen Ursachen insbesondere auch die Erosion der Flüsse und vor allem Verwitterungs- und Bodenbildungsvorgänge vornehmlich unter dem Einfluss des periglazialen Klimas im Quartär verantwortlich. Neben durch Frostsprengung entstandenen Blockhalden, Blockmeeren und Blockstreu sind ausgeprägte Solifluktsdecken mit unterschiedlichen Anteilen an allerödzeitlicher Laacher-See-Tephra beredete Zeugen dieser Vorgänge. Die auffällige Asymmetrie der Täler ist hauptsächlich auf die ungleichmäßige Anwehung und Sedimentation von Löss zurückzuführen, der als kalkfreier Lösslehm auch im Hohen Vogelsberg nachgewiesen werden kann.

Der Wasserhaushalt des Vogelsbergs ist in mehrerer Hinsicht von großer Bedeutung:

Zum einen liefert der Vogelsberg die Grundlage der Wasserversorgung für große Teile des mittelhessischen Raumes und des Rhein-Main-Ballungsgebietes. Die Grundwasserhöflichkeit der Basaltdecken liegt bei etwa 20 l*s⁻¹ (Brunnenschüttung), im Vergleich liefert Buntsandstein 1 - 10 l*s⁻¹. Zum anderen muss auf die Hochwassergefahr hingewiesen werden, der man mit Rückhaltebecken, erweiterten Retentionsräumen und angepasster Boden-nutzung zu begegnen versucht (Schulze, 1982; Leßmann et al., 2001)

3.3. Klima

Mit den ausgeprägten Höhen- und Reliefunterschieden sind auch große regionale Unterschiede der klimatischen Kenngrößen verbunden. Die Niederschlagsmenge und -verteilung werden nicht nur durch die Höhenlage sondern auch durch die Form des

NNW-SSE ausgerichteten Hohen Vogelsbergs beeinflusst.

Auf eine Entfernung von ca. 30 km steigt das Mittelgebirge von ca. 200 bis 255 m NN im W (Vorderer Vogelsberg) auf eine Höhe von über 750 m NN im Oberwald an. Dieser Anstieg von W her ist die Ursache für ausgeprägte Steigungsregen, während die Ostabdachung des Vogelsberges im Regenschatten liegt: Die Station Schotten im SW des Vogelsberges (272 m NN) weist eine Niederschlagshöhe von mehr als 850 mm auf, während in dem auf der Nordostabdachung in einer Höhe von ca. 291 m NN gelegene Lauterbach weniger als 630 mm Niederschlag fallen. Großräumig ist folgende Einteilung zulässig:

Vorderer Vogelsberg	600 - 750 mm
Unterer Vogelsberg	700 - 850 mm
Hoher Vogelsberg	1100 - > 1200 mm

Die mittleren Jahresdurchschnittstemperaturen liegen in den Tallagen der Flüsse im SW bei 9 °C, im Hohen Vogelsberg erreichen sie nicht einmal 6 °C. In der Vegetationszeit (Mai - Juli) liegen die mittleren Temperaturen in den Höhenlagen bis 250 m NN bei etwa 16 °C, im Oberwald über 600 m NN bei ca. 12 °C.

Die Vegetationszeit ist im Oberwald entsprechend deutlich verkürzt: Der phänologische Frühlingsbeginn (Beginn der Apfelblüte bzw. die Belaubung der Stieleiche) liegt in der Wetterau etwa zwischen dem 30. April und 05. Mai, während er im Oberwald erst zwischen dem 19. und 22. Mai – also rund 3 Wochen später – einsetzt; entsprechend früher endet im Oberwald auch die Vegetationszeit. (Tegeler, 1994; Schäfer, 1996)

3.4. Vegetation

Nach Bohn (1996) wird die potenziell natürliche Vegetation des Vogelsbergs hauptsächlich durch Buchenwälder charakterisiert. Im Oberwald ist der typische Zahnwurz-Buchenwald (*Dentario-Fagetum*), örtlich mit Beimischungen von Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Bergulme (*Ulmus glabra*) weit verbreitet. Auf den kalkfreien bis kalkarmen Bodenbildungen auf Löss der Hochlagen stockt Hainsimsen-Buchenwald (*Luzulo-Fagetum*), stellenweise auch Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*). An wechselfeuchten, vereinzelt blockhaltigen Standorten sind Bergahorn-Buchenmischwälder (*Aceri-Fagetum*) und Bergahorn-Eschen-Mischwälder (*Aceri-Fraxinetum*) anzutreffen. Auf nassen, nährstoffreichen, teilweise anmoorigen Böden stocken Bruchwälder (*Alnion glutinosae*). In tieferen Lagen kommen Buchen-Eichenwälder (*Quercetalia robori-petrae*) vor, während natürliche Eichen-Hainbuchenwälder (*Carpinion*

betuli) äußerst selten sind. (Schäfer, 1991, 1996; Tegeler, 1994)

Durch Siedlungs- sowie land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten unterscheidet sich die reale (aktuelle) erheblich von der oben skizzierten potenziellen Vegetation. Im Oberwald hat seit dem Ende des 19. Jahrhunderts im Rahmen von Aufforstungen die Fichte große Flächenanteile übernommen, während die Buche in bestehenden Waldungen weiterhin als Zielbaumart galt und gilt. In den Jahren 1980 bis 1989 ist der Waldflächenanteil im Hohen Vogelsberg um rd. 280 ha angestiegen, während in neuerer Zeit die Aufforstungen rückläufig sind. (Tegeler, 1994).

3.5 Bodengesellschaften

Bodenkundlich lässt sich der Vogelsberg in vier Bereiche gliedern:

Der Vordere Vogelsberg zwischen Seebach- und Lahntal ist gekennzeichnet durch unterschiedlich mächtige Lössdecken verschiedenen Alters, aus denen sich vornehmlich – teilweise schwach pseudovergleyte – Parabraunerden entwickelt haben. Daneben sind kräftig rot gefärbte Bodenrelikte landschaftsprägend, die auf tertiäre tropenähnliche Verwitterungsbedingungen hinweisen (Wirtz, 1972). Es handelt sich um fersiallitische und farrallitische, kaolinitreiche Bodenbildungen mit kräftig roten (Hämatit!) Oberbodenhorizonten über einem meist graublauen Zersatz (Saprolit).

Der Untere Vogelsberg umgibt den Hohen Vogelsberg in Höhenlagen von etwa 300 - 450 m NN ringförmig in einer Ausdehnung von 5 - 20 km. Aufgrund seiner geringeren Reliefenergie sind lösslehmreiche Solifluktsdecken weit verbreitet, in denen sich tiefgründigere Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden entwickelt haben. Daneben finden sich Parabraunerden aus Lösslehm mit tief reichender Tonverlagerung bei allerdings geringen Tongehaltsunterschieden zwischen Ober- und Unterboden, die durch hohe Schluffgehalte und entsprechende Niederschläge oftmals haftenäse pseudovergleyt sind. Die höhere Erodierbarkeit der Parabraunerden in den ackerbaulich genutzten Gebieten ist die Ursache für Kolluvisole in Dellen und Dellentälern. Vega, Gley-Vega und Vega-Gley sind die typischen Bodenbildungen in bis zu 2 m mächtigen Tal-füllungen im Auenbereich der Unterläufe der Bäche und Flüsse.

Der teilweise radial stark zertalte Hohe Vogelsberg führt von der 300/450-m - Fläche zur 600-m-Isophyse und ist durch Braunerden, Parabraunerde-Pseudogleye, Pseudogleye, Stagnogleye, Anmoorgleye, Moorgleye und Quellgleye gekennzeichnet. Oberhalb der 600-m-Höhenlinie schließt sich der Oberwald mit Verebnungsflächen und flachen Kuppen an, auf denen neben vereinzelt Hochmoor-

Vorkommen und kolluvialen Bildungen insbesondere Braunerden und Lockerbraunerden anzutreffen sind. Die Lockerheit der letztgenannten geht auf die erheblichen Anteile von Laacher-See-Tephra zurück. In den Gipfelregionen von Taufstein, Hoherodskopf u. a. finden wir Blockströme, Blockmeere und Blockhalden mit Skelett- bzw. Felshumusböden. (Schulze, 1982; Semmel, 1998; Sabel, 2001)

3.6. Siedlungsgeschichte

Mit dem Beginn der Jungsteinzeit vor etwa 7000 Jahren ist auch die Einführung des Ackerbaus und damit das Sesshaftwerden verbunden. Bis ins 4. Jahrtausend vor Christus erfolgte in unserem Raum nur dort eine Ansiedlung von Menschen, wo für den Ackerbau erforderliche gute Lössböden vorzufinden waren.

Erste Dauersiedlungen entstanden in tiefer gelegenen, wärmeren (Löss-) Landschaften wie z. B. an der Lahn, in der Wetterau und im Amöneburger Becken. In der Eisenzeit (800 v. Chr. bis um Christi Geb.) dehnten sich die Siedlungsgebiete bis auf Höhenlagen um 300 m NN aus, im Pollenprofil der Breungeshainer Heide finden sich in eisenzeitlichen Schichten Getreidepollen und Wegerich als Hinweise auf be-gangene bzw. waldfreie Gebiete.

Ab 260 n. Chr. wurden die Römer zunächst bis zum Rhein zurückgedrängt. Im Jahre 497 n. Chr. besiegte der Frankenkönig Chlodwig die Alemannen und führte das Christentum als Staatsreligion ein. Die wachsende kirchliche und staatliche Organisation erlaubte eine fortschreitende Besiedlung. Die zweite Siedlungsperiode dauerte bis zum Jahre 1000 n. Chr. und geht mit dem Sesshaftwerden der Franken einher. (Rehbaum-Keller 1987a, 1987b)

Die Rodungsperiode zwischen dem 12. und 14. Jahrhundert fällt mit einer wirtschaftlichen Blütezeit zusammen, und im Hochmittelalter weist die Agrarfläche im Vogelsberg die größte Ausdehnung auf. Der Landbedarf der wachsenden Bevölkerung bei niedrigen Flächenerträgen steigt und wird durch Waldrodungen kompensiert. Hinzu kommt zunehmender Holzbedarf für Bauholz, Köhlerei und Eisengewinnung sowie Nutzung des Waldes zur Waldweide und der organischen Auflage zur Einstreu. Die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts ist auch der Beginn des Wüstfallens vieler Siedlungen, bedingt durch die Pest und andere Seuchen, durch Missernten, Kriege und Fehden sowie durch Städtegründungen. Geordnete Waldwirtschaft mit dem Ziel der Stabilisierung der Waldbestände beginnt mit den herrschaftlichen Forstordnungen etwa ab der Mitte des 16. Jahrhunderts.

Erste großflächige Aufforstungsversuche im Oberwald sind aus dem Jahre 1621 bekannt, 1692 wird die Waldweide mit Schafen und Ziegen verboten, Ro-

dungen ehemals wüst gefallener Flächen sind genehmigungspflichtig. Die Gebote und Verbote zeigen jedoch nur bedingt Wirkung. Um 1800 beträgt der Waldanteil ca. 30 %, etwa 1/3 der Waldfläche wird nach wie vor beweidet. Waldneuanlagen sind zunächst bei der Bevölkerung schwer durchzusetzen. Erst mit steigenden Holzpreisen werden zwischen 1890 und 1913 sowie nach 1945 Neuanpflanzungen vornehmlich mit Fichte durchgeführt. (Tegeler, 1994).

3.7. Nutzung

Für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung sind die Standorte im Vogelsberg unterschiedlich gut geeignet. In geschützten Lagen des Unteren Vogelsberges wird vielfach Ackerbau betrieben. Im Gegensatz dazu herrscht im Hohen Vogelsberg Grünlandnutzung und im Oberwald forstliche Nutzung vor. Die Lössablagerungen insbesondere des Oberwaldes sind nicht mit denen der Wetterau zu vergleichen. Geringere Mächtigkeit, durch hohe Niederschläge des Oberwaldes völlig entkalkter und verlehmt sowie durch Umlagerungsprozesse mit basaltischem Material vermischter Löss bedingen die geringere landwirtschaftliche Nutzungseignung. Die Nährstoffe sind in erheblichem Umfang ausgewaschen, die pH-Werte sind mit Werten unter 4,0 sehr niedrig. Die Auswaschung führt stellenweise zu Podsolierungserscheinungen. Als Ackerland sind solche Standorte nur bedingt nutzbar.

Nicht zu flachgründige und zu skelettreiche Basaltverwitterungsböden sind bei den Landwirten weitaus beliebter. Allerdings werden auch diese Standorte heute größtenteils nicht ackerbaulich genutzt, sondern v. a. im Oberwald von Wiesen, Weiden und Wäldern eingenommen. Limitierender Faktor des Ackerbaus im Hohen Vogelsberg ist nicht das Relief sondern die klimatischen Gegebenheiten - und in den letzten Jahren und Jahrzehnten die sozioökonomische Entwicklung in der Landwirtschaft, die u.a. eine stetige Zunahme des Grünlandes und der Aufforstungsflächen bedingt.

3.8 Literatur

- Bohn, U.* (1996): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 – Potentielle natürliche Vegetation – Blatt CC 5518 Fulda. – Schr. Reihe Vegetationskde. 15, Bonn-Bad Godesberg.
- Happel, E.; Hoffmann, A.; Kubosch, R.* (1999): Naturpark Hoher Vogelsberg : Entdecken Sie die Besonderheiten der Natur; Wanderungen, Ausflüge, Naturerlebnis. Cognition-Verlag, Niedenstein.
- Leßmann, B., Wiegand, K., Scharpff, H.-J.* (2001): Die Hydrogeologie des vulkanischen Vogelsberges. Geol. Abh. Hessen 108, Wiesbaden.

Rehbaum-Keller, A. (1987a): Archäologisch-ökologische Studien zur vorgeschichtlichen Besiedlung von Wetterau und Vogelsberg. Emil Winter Verlag, Heuchelheim.

Rehbaum-Keller, A. (1987b): Die vor- und frühgeschichtliche Besiedlung des Lumdatales, in: *Heimat- und Verkehrsverein Allendorf (Lumda) e.V.* (Herausg.): Allendorf an der Lumda – Die Mitte des Tales. 12 – 45, Gießen-Druck, Gießen.

Sabel, K.-J. (2001): Die Bodenlandschaften des Vogelsberges, in: *Hoppe, A., Schulz, R.* (Herausg.): Die Forschungsbohrung Vogelsberg. Geol. Abh. Hessen 107, 209 – 213, Wiesbaden.

Schäfer, M. (1991): Grünland im Hohen Vogelsberg (Hessen) in prähistorischer Zeit – Ergebnisse von Bodenpollenanalysen. Archäolog. Korbl. 21, 477 – 488, Mainz.

Schäfer, M. (1996): Pollenanalysen an Mooren des Hohen Vogelsberges (Hessen) – Beiträge zur Vegetationsgeschichte und anthropogenen Nutzung eines Mittelgebirges. Diss. Botanicae 265, J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

Schulze, W. (1982): Der Vogelsberg, in: Schulze, W., Uhlig, H. (Herausg.): Gießener Geographischer Exkursionsführer III, 75 – 148, Gießen.

Semmel, A. (1998): Lockerbraunerden, periglaziale Solifluktsdecken und holozäne Kolluvien im Oberwald (Hoher Vogelsberg). Eiszeitalter u. Gegenwart 48, 67 - 71, Hannover.

Tegeler, R. (1994): Waldentwicklung im Hohen Vogelsberg. Mitt. Hess. Landesforstverwaltung 28.

Wirtz, R. (1972): Beitrag zur Kenntnis der Paläosole im Vogelsberg. Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch. 61, Wiesbaden.

Anschrift

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung im IFZ, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen

Der vorliegende Beitrag ist eine vorläufige Fassung. Die abschließende Version erscheint in einem der DBG-Tagungsbände 2005 .

+1000	Kulturforsten Buchen	Nachwärmezeit (Subatlanticum)	t - e z s i e f c a N Subarktische Zeit (Späteiszeit)
0			
-1000	Buchen-Eichen	Späte Wärmezeit (Subboreal)	
-2000			
-3000	Eichenmischwald (Eichen, Ulmen, Linden, Eschen)	Mittlere Wärmezeit (Atlanticum)	
-4000			
-5000	Hasel	Frühe Wärmezeit (Boreal)	
-6000	Hasel-Kiefern		
-7000			
-8000	Birken-Kiefern	Vorwärmezeit	
-9000	baumarme Tundren	Jüngere	
-10000	Birken-Kiefern	Mittlere (Alleröd)	
-11000	baumarme Tundren	Ältere	
-12000	baumlose Tundren	Hocheiszeit	

(aus: Happel et al., 1999)

Exkursionspunkt G2 - I (L.ich)

Bearbeiter: Wegener
 TK25: 5419 Laubach
 Datum: 20.06.2002
 Lage: R: 34 89 365 H: 55 97 920 185 m NN
 Kreis: Gießen
 Vegetation: Gräser, Kriener und Blücker am Rand der Grube
 Nutzung: (ehemalige) Baugruben
 Relief: sehr schwach geneigter W-Hang, Oberhang
 Humusform: Mull

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ab	8	dunkelrotbrauner (2.5 YR 3/4), humoser, schwach steiniger, toniger Lehm; stark durchwurzelt, lockeres Subpolyedergelbe; wenig deutlicher Übergang
2	Ab-Bj	30	dunkelrotbrauner (2.5 YR 3/6), schwach humoser, grüner, lehmiger Ton; mittel durchwurzelt, lockeres Subpolyedergelbe; kontinuierlicher Übergang
3	Bj1	70	dunkelrotbrauner (2.5 YR 3/6), schwach bis sehr schwach humoser, stark grüner, lehmiger Ton; schwach durchwurzelt, mäßig dichtes Polyedergelbe; kontinuierlicher Übergang
4	Bj2	120	rotbrauner (2.5 YR 4/8), grau-steiniger, toniger Lehm; dichtes Prismengefüge; kontinuierlicher Übergang zum
5	Bj3	140	rotbrauner (2.5 YR 4/8), stark grau-steiniger, toniger Lehm bis lehmiger Ton; sehr dicht; kontinuierlicher Übergang
6	Bj4	140 +	rotbrauner (2.5 YR 4/8), stark grau- steiniger, toniger Lehm Ton; sehr dicht
7	II Bj Cr		Roter (2.5 YR 4/8), Basaltersatz (S-Wand der Grube)
8	II Cv		Grauer (10 YR 5/1), Basaltersatz (S-Wand der Grube)

Bodenformensymbol:
 Typeniveau:
 Subtypeniveau:

Bodenformenbezeichnung:
 Typeniveau:
 Subtypeniveau:

Anmerkungen:

Exkursionspunkt G2 - 2 (Hungen)

Bearbeiter: Wegener
 TK25: 5519 Hungen
 Datum: 20.06.2002
 Lage: R: 34 91 520 H: 55 93 485 162 m NN
 Kreis: Gießen
 Vegetation: Gräser, Kriener, Blücker (Grabenrand)
 Nutzung: ehemalige Ziegelgrube
 Relief: eben bis schwach wellig
 Humusform: Mull

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	25	Lößlehm, dunkelgrau-braun, schwach humos, gut durchwurzelter Krümel - bis Subpolyedergelbe
2	Bt	60	Lößlehm, dunkelbraun, gut strukturiert, grobporreich, gut durchwurzelt
3	Btv	80	Lößlehm, braun, grobporreich, durchwurzelt
4	C	200	Löß, gelbblichgrau, carbonatreich, einige Lößkündl, Regenwurmzüge mit vielen Wurzeln
5	II C7	240	Fließenden aus überwiegend Lößlehm, carbonatreich, streifig, oberer Teil sekundär carbonathaltig
6	III C7	300	Fleisenden aus überwiegend basaltischem Verwitterungslern
7	IV f/B	300 +	zusätzlicher bis verbleibender Basalt mit einzelnen, wenig verwitterten „Kernen“ („Zwischenschalenverwitterung“, Siphon)

Bodenformensymbol:
 Typeniveau:
 Subtypeniveau:

Bodenformenbezeichnung:
 Typeniveau:
 Subtypeniveau:

Anmerkungen:

Exkursionspunkt Profil: G2 – 3 (Köhlerwald)

Bearbeiter: Wegener

Lage: R: 35 18 250 H: 55 97 585 653 m NN

Nutzung: Waldbestand; Fichte ca. 125 jährig, Bonität = 1,5

TK25: 5421 Ulrichstein

Datum: 22.06.2002

Kreis: Vogelsbergkreis

Vegetation: Picea abies, Fagus sylvatica, Dryopteris spinulosa, Avenella flexuosa, Polytrichum attenuatum, Majanthemum bifolium, Galium saxatile, Oxalis acetosella, Anemone nemorosa, Sorbus aucuparia, Vaccinium myrtillus, Equisetum silvaticum, Stellaria nemorum, Senecio fuchsii, Milium effusum, Lycopodium annotinum, Epilobium augustifolium

Relief: Oberer Mittelhang, Hangneigung und -richtung: 2°, SE

Humusform: Moder, feinhumusreich

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	+1,5	Nadelstreu
2	Of	+2	zersetzte Streu
3	Oh	+4	schwarzer Feinhumus
4	Ah	6	dunkelrötlichbrauner (7,5 YR 3/2), stark humoser, schluffig-toniger Lehm; sehr gut durchwurzeltes sehr lockeres Krümelgefüge; deutlicher, welliger Übergang
5	AhBv	10	rötlichdunkelbrauner (7,5 YR 3/4) stark humoser, schwach steiniger, schluffig-toniger Lehm; sehr lockeres, stark durchwurzeltes Krümel- bis Kohärentgefüge; deutlicher, welliger Übergang
6	Bv1	25	leuchtend gelblichbrauner (7,5 YR 4/6), schwach humoser sehr schwach grusiger, lehmiger Schluff; sehr gut durchwurzeltes, extrem lockeres („schwammartiges“) Kohärentgefüge; undeutlicher welliger Übergang
7	Bv2	45	leuchtend gelblichbrauner (7,5 YR 4/6 bzw. 5/8), schwach humoser, schwach grusiger, schluffiger Lehm; sehr gut durchwurzeltes, extrem lockeres („schwammartiges“) Kohärentgefüge; undeutlicher, welliger Übergang
8	Bv3	60	gelblichbrauner (7,5 YR 4/6), schwach grusiger, schluffiger Lehm; gut durchwurzeltes, lockeres Kohärentgefüge; undeutlicher, welliger Übergang
9	II Bv1	90	dunkelbrauner (7,5 YR 4/4), schwach steiniger bis steiniger, schluffiger Lehm; schwach bis sehr schwach durchwurzeltes mäßig lockeres Kohärentgefüge; undeutlicher, welliger Übergang
10	Bv2	115	brauner bis dunkelbrauner (7,5 YR 4/6), grusig-steiniger, schluffiger Lehm; vereinzelt durchwurzeltes, mäßig dichtes Subpolyeder- bis Kohärentgefüge; undeutlicher, welliger Übergang
11	Bv3	115 +	brauner (7,5 YR 4/6), grusig-steiniger, schluffiger Lehm, mäßig dichtes Subpolyedergefüge

Bodenformensymbol: Typenniveau:
Subtypenniveau:

Bodenformenbezeichnung: Typenniveau:
Subtypenniveau:

Anmerkungen:

Exkursionspunkt G2 - 4 (Heide)

Bearbeiter: Wegener

Lage: R: 35 16 810 H: 55 98 630 724 m NN

Nutzung: Waldbestand, Fichte, ca. 70-jährig

TK25: 5421 Ulrichstein

Datum: 22.06.2002

Kreis: Vogelsbergkreis

Vegetation: Luzula luzuloides, Polytrichum attenuatum, Galium saxatile, Milium effusum, Avenella flexuosa, Majanthemum bifolium, Oxalis acetosella, Dryopteris spinulosa

Relief: Verebnungsfläche im Unterhang

Humusform: Moder

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	+2	Fichtenstreu
2	Of	+1	schwach zersetzte Fichtenstreu
3	Oh	+1	Moder
4	Ah1	5	dunkelrötlichbrauner (5YR 3/4); stark humoser, sehr schwach steiniger, schluffiger Ton; sehr stark durchwurzeltes, sehr lockeres Krümelgefüge; undeutlicher Übergang
5	Ah2	13	schwarzbrauner (10YR 3/2 – 2/2) stark humoser, sehr schwach steiniger, schluffiger Ton; stark durchwurzeltes, sehr lockeres („schwammartiges“) Krümelgefüge; undeutlicher Übergang
6	Ah3	41	braunschwarzer (10YR 2/2); sehr stark humoser, sehr schwach steiniger, schluffiger Ton; stark durchwurzeltes, sehr lockeres („schwammartiges“) Krümel- bis Kohärentgefüge; undeutlicher Übergang
7	AhBv	55	schwarzbrauner bis gelblichbrauner (10 YR 5/4 – 3/2) humoser, sehr schwach steiniger, schluffiger Ton; stark durchwurzeltes lockeres („schwammartiges“) Krümel- bis Kohärentgefüge; deutlicher, welliger Übergang
8	II Bv	110	schmutzig-gelblichbrauner (10 YR 3/2) sehr schwach humoser schwach steiniger schluffiger Lehm; mäßig durchwurzeltes, mäßig dichtes Kohärentgefüge; undeutlicher Übergang
9	III Bv	110+	dunkelbrauner (7,5 YR 4/4) stark steiniger schluffiger Lehm; sehr schwach durchwurzeltes, dichtes Subpolyeder- bis brüchiges Kohärentgefüge

Bodenformensymbol: Typenniveau:
Subtypenniveau:

Bodenformenbezeichnung: Typenniveau:
Subtypenniveau:

Anmerkungen:

Exkursionspunkt G2 – 5 (Breungeshainer Heide)

Bearbeiter: Wegener

Lage: R 35 16 840 H 55 99 120 715 m NN

Nutzung: Naturschutzgebiet

TK25: 5421 Ulrichstein Datum: 22.06.2002

Kreis: Vogelsbergkreis

Vegetation: Kiefern, Birken, Torfmoose, Wollgras, Heidekraut, u.a.

Humusform: Hochmoor

Relief: sehr schwach NNW-geneigtes Plateau

Das Hochmoor, das seit 1974 unter Naturschutz steht, liegt im Oberwald in einer Einsattelung im Bereich der Rhein-Weser-Wasserscheide und hebt sich „uhrglasförmig“ von seiner Umgebung ab. Bis in die dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde Torf zur Einstreu gewonnen, Trockentorf zu Heizzwecken gestochen und Teile der Fläche vornehmlich zwischen 1870 und 1895 mit Nadelholz aufgeforstet (Schulz, 1982; Schäfer, 1996).

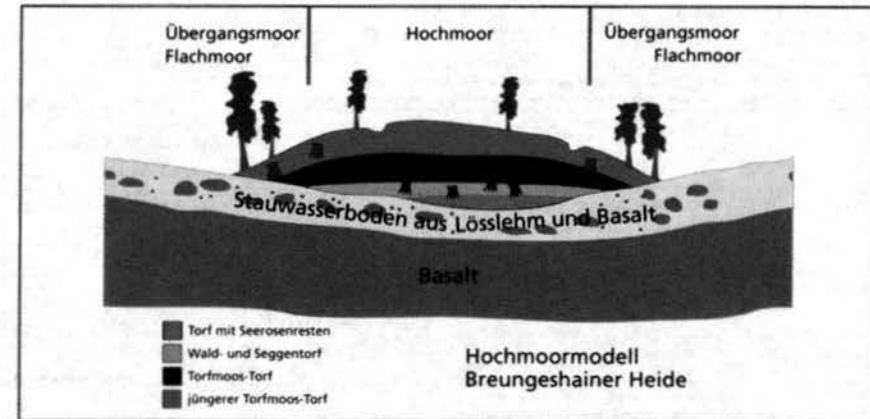
Die folgenden Angaben stammen aus der Arbeit von M. Schäfer (1996)

Torfmächtigkeit	297 cm
Tiefe des Bohrprofils	408 cm
Moorfläche (Hochmoor)	ca. 200 x 250 m

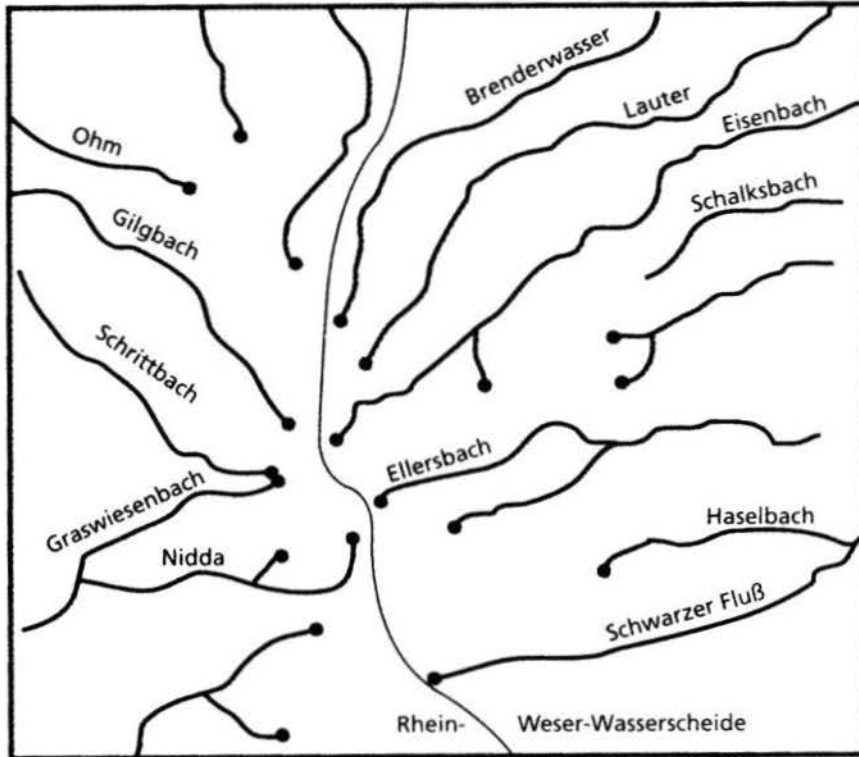
Profilaufbau (Ausschnitt):

- 4 cm schwach zersetzter Torf, stark durchwurzelt, 10YR2/1, schwarz
- 11 cm stark zersetzter Sphagnum-Torf, 5YR 2,5/1, dunkelrotbraun
- 18 cm sehr stark zersetzter Torf, vererdet, 5YR2,5/1, schwarz
- 26 cm schwach zersetzter Sphagnum-Torf, 5YR3/2, dunkelrotbraun
- 33 cm schwach zersetzter Sphagnum-Torf, Eriophorum-Fasern, 10YR2,5/2, dunkelbraun
- 44 cm schwach zersetzter Sphagnum-Torf, 5YR3/2, dunkelrotbraun
- 52 cm schwach-mittel zersetzter Eriophorum-Sphagnum-Torf, 10YR2/2, sehr dunkelbraun
- 57 cm sehr schwach zersetzter Sphagnum-Torf, 10YR3/4, dunkelgelblichbraun
- 67 cm mittel zersetzter Sphagnum-Torf, Eriophorum-Fasern, Holz, 10YR2/2, sehr dunkelbraun
- 76 cm sehr schwach zersetzter Sphagnum-Torf, 10YR3/4, dunkelgelblichbraun
- 84 cm schwach zersetzter Sphagnum-Braunmoos-Torf, Holz, 10YR2/2, sehr dunkelbraun
- 100 cm sehr schwach zersetzter Eriophorum-Torf, Holz, 10YR3/6, dunkelgelblich-braun
- 130cm schwach zersetzter Sphagnum-Torf, Betula-Holz, Eriophorum-Fasern, 10YR3/4, dunkelgelblichbraun
- ..
- ..
- 275 cm sehr stark zersetzter Radizellen-Torf, 10YR2/1, schwarz
- 281 cm stark zersetzter Riedtorf, Sa/w-Holz, Eriophorum-Fasern, 10YR2/1, schwarz, Holzkohleflitter
- 282 cm Holzkohle, stark zersetzt, 10YR2/1, schwarz
- 297cm sehr stark zersetzter amorpher Torf, hohe mineralische Beimengung, 7.5YR3/0, sehr dunkelgrau
- 298 cm stark humoser schluffiger Lehm, 10YR4/2, dunkelgraubraun
- 302 cm extern humoser schluffiger Lehm, 10YR3/2, sehr dunkelgraubraun
- 307 cm stark humoser schluffiger Lehm, 10YR4/2, dunkelgraubraun
- 323 cm humoser schluffiger Lehm, 10YR5/2, grünlichbraun
- 333 cm mittel humoser schluffiger Lehm, 10YR4/2, dunkelgraubraun
- 343 cm stark humoser schluffiger Lehm, 10YR2/2, sehr dunkelbraun
- 351 cm wenig humoser schluffiger Lehm, 5Y5/2, olivgrau
- 355 cm mittel humoser schluffiger Lehm, 2.5Y5/2, grünlichbraun
- 361 cm wenig humoser schluffiger Lehm, 5Y4/2, olivgrau
- 368 cm schuffiger Lehm, schwach sandig, schwach fleckig, 5Y5/3, oliv

„Die Sedimentation begann im Moor in der Breungeshainer Heide im ausgehenden Spätglazial bzw. Präboreal. Unter einer seggenreichen Pflanzengesellschaft setzte vor 8 000 B.P. die Torfbildung ein. Das Pollendiagramm Breungeshainer Heide belegt die Einwanderung der Baumarten während des Holozäns. Pinus, Corylus, Ulmus, Quercus, Tilia, Fraxinus, Acer, Fagus und Carpinus breiteten sich nacheinander im Vogelsberg aus. Betula war bereits seit dem Frühholozän im Hohen Vogelsberg vertreten, es handelt sich wahrscheinlich um Karpaten-Birke. Im Boreal waren Haseln auf den Mineralböden in der Montanregion vorherrschend. Das untersuchte Torfprofil weist nach ca. 8 090 B.P. eine Holzkohlenschicht auf, die möglicherweise mit anthropogenen Aktivitäten zusammenhängt. Das Atlantikum ist im untersuchten Torfprofil vollständig erfasst; die Sedimentationsrate ist für diesen Zeitabschnitt mit derjenigen des Profils Forellenteiche vergleichbar. Pflanzen lichter Standorte, wie Trollius, Centaurea montana oder Heracleum sind im Vogelsberg seit dem Boreal pollenanalytisch nachgewiesen. Neben Erlen- und Birkenbeständen waren im Moorrandlage auch Weidengebüsche entwickelt. Während des Mittelneolithikums weisen Baumpollenschwankungen und wenige Siedlungszeigerfunde auf eine anthropogene Nutzung der hasel-, ulmen-, linden- und eschenreichen Wälder hin. Plantago lanceolata wird seit dem ausgehenden Jungneolithikum, seit ca. 4 500 B.P. stetig. Das Pollendiagramm weist einen kurzfristigen Picea-Hochstand auf. Dass Corylus im Verlaufe des Subboreals wieder stärker verbreitet war als während des Atlantikums, wird neben anthropogenen Ursachen vor allem auf natürliche Faktoren zurückgeführt. Fagus erreicht um 4 300 B.P. einen Prozentanteil von mehr als 1 % der Pollensumme. Es dauerte weitere 2000 Jahre, bis Rotbuche in der Montanregion vorherrschend wurde. Während der Einwanderungs- und Ausbreitungsphase breitete sich Rotbuche in Zeiten erhöhter Prozentwerte siedlungszeitiger Pollentypen aus. Bereits in einem frühen Stadium der Torfbildung (ab ca. 5 000 B.P.) erreicht Sphagnum neben Cyperaceae hohe Anteile am Pollenniederschlag. Pollen bzw. Sporen von Pflanzen sowohl relativ nährstoffreicher als auch nährstoffarmer Böden sind nachgewiesen. Der Umschlag hin zur Regenwasserernährung des Moores erfolgte im letzten vorchristlichen Jahrtausend. Kurze Zeit später wurde Fagus in der regionalen Vegetation vorherrschend. Die Torfbildung betrug während der viele Jahrtausende dauernden Flachmoortorbildung durchschnittlich bis 0,2 mm und während der Phase der Hochmoortorbildung bis ca. 1,5 mm pro Jahr. Während des Subatlantikums war Rotbuche in den Montanwäldern vorherrschend. Die Pollenkurve von Fagus weist charakteristische Schwankungen auf, die mit anthropogenen Aktivitäten in der Montanregion zusammenhängen dürften. Im untersuchten Torfprofil sind Hochmittelalter bis Neuzeit nicht repräsentiert. Die Oberflächenprobe wird durch den rezenten Pollenniederschlag geprägt.“ (Schäfer, 1996)



(aus: Happel et al., 1990)



(aus: Happel et al., 1990)

Exkursionspunkt G2 – 6 (Rebgeshain)

Bearbeiter: Wegener

Lage: R 35 16 100

H 56 03 835

615 m NN

Nutzung: Grünland (ehemals Acker)

Humusform: Mull

TK25: 5421 Ulrichstein

Datum: 22.06.2002

Lage: R 35 16 100

Vegetation: Grünland

Relief: sehr schwach NNW geneigtes Plateau

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	3	dunkelbrauner (10 YR 3/3), stark humoser, schwach grusig schluffiger Lehm; sehr gut durchwurzeltes lockeres Krümelgefüge; undeutlicher Übergang
2	rAp	18	dunkelbrauner (10 YR 3/3), stark humoser bis humoser, schwach grusig-steiniger schluffiger Lehm; sehr gut durchwurzeltes lockeres Krümelgefüge; deutlicher, gerader Übergang
3	AhBv 1	40	dunkelbrauner (10 YR 3/3), humoser, grusig-steiniger schluffiger Lehm; gut bis mittel durchwurzeltes lockeres Krümel- bis Subpolyedergefüge; undeutlicher Übergang
4	AhBv 2	65	dunkelgraubrauner (10 YR 4/2), humoser, grusig-steiniger, schluffig-sandiger Lehm, lockeres bis mäßig dichtes Krümel- bis Subpolyedergefüge; deutlicher, gerader Übergang
5	II Bv	70	dunkelbrauner (10 YR 3/4), schwach bis sehr schwach humoser, grusig-steiniger, stark lehmiger Sand; deutlicher, welliger Übergang
6	Cv	70 +	Basaltzersatz (Saprolit)

Bodenformensymbol: Typenniveau
Subtypenniveau

Bodenformenbezeichnung: Typenniveau
Subtypenniveau

Anmerkungen:

G 3: Forstökologische Exkursion in die Rhön

R. Hocke, K.-J. Sabel, T. Ullrich

Einführung

Unterschiedliche Bodenausgangssubstrate führen zu einer Vielfalt an Forststandorten im Hessischen Bergland. Daran angepasste natürliche Waldgesellschaften zeigen die jeweiligen standörtlichen Potentiale auf. Die Waldbodenvegetation gibt daher den Forstleuten wichtige Hinweise über die Standortverhältnisse.

Diese Exkursion soll den Teilnehmern ein möglichst breites standörtliches Spektrum vorstellen. Als Diskussionsschwerpunkte kommen neben den vegetations- und bodenkundlichen Befunden unter anderem folgende Themenbereiche in Frage:

- Bodenversauerung und Gegenmaßnahmen,
- forstliche Standortkartierung und
- Naturschutz im Biosphärenreservat.

Exkursionsgebiet

Als Exkursionsgebiet wurde wegen dem Landschaftscharakter und der gegebenen geologischen Vielfalt die Rhön mit ihrem westlichen Vorland gewählt. Die Exkursion beginnt mit den Punkten 1 und 2 bei Michelsrombach im Fulda-Haune-Bergland auf ca. 400 m Meereshöhe. Die weiteren Exkursionspunkte liegen in der Hohen Rhön im Bereich des Schafsteines auf ca. 800 m Meereshöhe.

Die Mittelgebirgslandschaft Rhön besitzt aufgrund ihres Formenreichtums (Berge und Täler in unterschiedlicher Ausformung, Kegelspiel, Hochplateau) einen hohen ästhetischen Wert. Die Rhön wird in der Werbung als „Land der offenen Fernen“ bezeichnet.

Klima

Die beiden Exkursionsbereiche unterscheiden sich hinsichtlich ihrer klimatischen Bedingungen sehr stark voneinander. Die nachfolgende Tabelle stellt die Klimadaten der nächstgelegenen Messstationen des Deutschen Wetterdienstes gegenüber. Im schwach subkontinentalen Bereich um Michelsrombach bilden die Niederschlagsverhältnisse in der Vegetationszeit einen das Baumwachstum begrenzenden Faktor (hohe Transpiration bei geringen Niederschlägen in der Vegetationszeit, im Regenschatten des Vogelsberges gelegen). Dem Boden als Wasserspeicher muss hier eine bedeutende Funktion beigemessen werden.

Demgegenüber ist Wasser in der Hohen Rhön (Messstationen Wüstensachsen u. Wasserkuppe) bei Niederschlägen von mehr als 430 mm in der Vegetationszeit nicht mehr der wesentliche wachstumsbegrenzende Faktor. In der obermontanen Lage auf dem Schafstein sind dagegen die Temperaturverhältnisse für das Baumwachstum und die Konkurrenzverhältnisse der Baumarten untereinander von entscheidender Bedeutung.

Geologie

Aus einem hügeligen Triassockel ragen in der Rhön vulkanisch beeinflusste Kuppen hervor. Dabei nimmt der Anteil der Vulkanite von der Randlage zum Zentrum der Rhön hin zu. Die Triaslandschaft wird hauptsächlich von Buntsandsteinen aufgebaut. An einzelnen Stellen sind auch jüngere Triasgesteine, vor allen Dingen Muschelkalke, erhalten geblieben.

Die Vulkanite weisen ein breites Spektrum, von reicheren Basaltvarietäten bis zu ärmeren Phonolithen, auf.

Aus Verwitterungsprodukten sind örtlich verbreitet Solifluktionsschuttdecken und Blockschutthalden vorzufinden. Lößablagerungen und in den Hochlagen

	Höhe ü. NN	Temp in °C, Jahresmittel	Temp in °C, Mai – Sept.	Niederschlag, Jahresmittel in mm	Niederschlag Mai – Sept. in mm	Klimafeuchte
Michelsrombach	300	7,5	14,3	635	323	schwach subkontinental
Wüstensachsen	572	6,0	12,8	1003	432	stark subatlantisch
Wasserkuppe	923	4,6	11,1	1155	509	sehr stark subatlantisch

Der Waldanteil liegt dementsprechend mit 36 % deutlich unter dem Durchschnitt für Hessen. Auf einem Anteil von über drei Viertel der Waldfläche kommt im Biosphärenreservat Rhön dem Natur- und Landschaftsschutz eine besondere Bedeutung zu. Die Rhön ist mit Höhen bis zu 950 m ü. NN (Wasserkuppe) Hessens höchstes Mittelgebirge.

zunehmend Ablagerungen von Laacher-See-Tephra sind häufig an der Bodenbildung beteiligt.

Vegetation/Waldgesellschaften

Die natürliche Waldvegetation steht im Einklang mit den standörtlichen Verhältnissen. Aus der Kenntnis der Waldvegetation lassen sich Rückschlüsse auf die

Standortverhältnisse schließen. Diese Erkenntnisse werden in der forstlichen Standortserkundung genutzt. Die natürliche Waldgesellschaft wird in der forstlichen Praxis zur Beschreibung der Standortverhältnisse herangezogen.

Am Exkursionspunkt 1 bildet der Flattergras-Buchenwald die natürliche Waldgesellschaft. Dieser kennzeichnet eine mittlere Nährstoff-versorgung. Über den Wasserhaushalt des Bodens lässt sich nur soviel aussagen, dass er weder trocken noch besonders feucht ist.

Am Exkursionspunkt 2 deutet der Pfeifengras-Heidelbeer-Traubeneichen-Buchenwald bis Hainsimsen-Buchenwald mit Traubeneiche auf eine sehr geringe Nährstoffversorgung bei wechselfeuchten Geländewasserhaushalt hin.

In der Hohen Rhön werden zwei montane Waldgersten-Buchenwälder vorgestellt. Die Standorte dieser Waldgesellschaft zeichnen sich durch sehr hohe Nährstoffgehalte aus und sind i. d. Regel kalkeutroph. Der Exkursionspunkt 3 liegt auf einem sehr nährstoffreichen Basaltstandort während der Exkursionspunkt 4 als Bodenausgangssubstrat erwartungsgemäß Muschelkalk vorliegen hat.

Am letzten Exkursionspunkt auf dem Schafsteinplateau wird die natürliche Wald-gesellschaft von einem eine schwächere Nährstoffausstattung anzeigenden montanen Hainsimsen-Buchenwald (Waldhainsimsen Ausbildung) gestellt. Das Bodensubstrat ist Laacher-See-Tephra, die sich zwischen großen Basaltblöcken gehalten hat.

Forstliche Standortkartierung

Ziel forstlicher Standortkartierung ist es, Gebiete mit ähnlichen Wachstumsbedingungen auszukartieren. Die Kartiereinheit wird als Standortstyp bezeichnet, der sich in Hessen aus vier Elementen zusammensetzt. Zwei dieser Elemente, die höhenzonale Wuchszone und die Klimafeuchte, sind aus den örtlichen Klimadaten zu ermitteln. Die zwei anderen Elemente, Geländewasserhaushalt und Trophie, lassen sich aus den Bodeneigenschaften ableiten. Da Profilaufgrabungen und Bohrkernansprachen aufwendige, punktuelle Erhebungen sind, wird im Allgemeinen die Bodenvegetation als flächen-bezogenes Abgrenzungskriterium herangezogen. In Bezug auf den Geländewasserhaushalt wird zudem geländemorphologischen Merkmalen eine wichtige Rolle beigemessen. Das beschriebene Verfahren erlaubt Standortabgrenzungen im Rahmen eines Forsteinrichtungsbeganges, ohne dass eine separate Standortserhebung erforderlich wird.

Kurzbewertung der Profile

Die standörtlichen Kennwerte der Bodenprofile spiegeln erwartungsgemäß die Waldgesellschaften weitgehend wider. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass weniger die Geologie des tieferen Untergrundes als vielmehr die Zusammensetzung des oberflächennahen Gesteins für die Standorteigenschaften verantwortlich zeichnet. Besonders auffällig wird dies bei den beiden Lockerbraunerdeprofilen, die aus saurer Vulkanasche des jüngsten Osteifel-Vulkanismus entstanden sind und nur im Grobboden Komponenten des Anstehenden aufweisen. Nicht unwesentlich hängt die Trophie eines Standortes auch von der in die Solifluktionsdecken eingetragenen Lösskomponente ab, die gerade über den nährstoffarmen Gesteinen des Buntsandsteins die nötigen Basen nachliefert.

Literatur:

- Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung* (2003): Forstliche Standortaufnahme, 6. Auflage; München.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2002): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:50 000; Wiesbaden.
- Laemmlen, M.* (1994): Schutzwürdige geologische Objekte in der Rhön, Oberrheinischer Geologischer Verein, Jahresbericht 1994
- Motzka, R.* (1968): Erläuterungen zur geologischen Karte von Hessen, Blatt 5224 Hünfeld; Wiesbaden.
- Sakr, R. und Meyer B.* (1970): Mineral-Verwitterung und –Umwandlung in typischen sauren Lockerbraunerden in einigen Mittelgebirgen Hessens, Göttinger Bodenkundliche Berichte 14

Anschrift:

lt. FD i. R. R. Hocke und T. Ullrich
Hessen-Forst FIV
Fachgebiete Standort und
Naturwaldreservate
Europastraße 10-12
35394 Gießen

Prof. Dr. Karl-Josef Sabel
HLUG Wiesbaden
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Rhön 1

Bearbeiter: H. Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5323 Schlitz

Datum: 20.10.2003

Lage: R 3544772

H 5611461

435 m NN

Kreis: Fulda

Nutzung: Forst

Vegetation: Flattergras Buchenwald, z.T. mit Rasenschmiele

Humusform: entfällt, da anthropogen gestört

Relief: ebener Kulminationsbereich

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah a- δ	3	Dunkelbrauner mittel toniger Schluff (Ut3), grobbodenfrei, mittel humos, sehr stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte <i>Löss</i>
2	Al-Sw	30	fahlbrauner mittel toniger Schluff (Ut3), grobbodenfrei, sehr stark durchwurzelt, Subpolyedergefüge, mittlere Lagerungsdichte
3	Bt-Sd	80	Brauner, rost- und bleichfleckiger schluffiger Lehm (Lu), grobbodenfrei, stark durchwurzelt, Polyedergefüge, mittlere Lagerungsdichte
4	Btv	150	Hellbrauner schluffiger Lehm (Lu), grobbodenfrei, schwach durchwurzelt, Kohärentgefüge, mittlere Lagerungsdichte
5			
6			

Bodenformensymbol:

LL-SS: a- δ

Bodenformen-
bezeichnung:

Parabraunerde-Pseudogley aus Löss

Anmerkungen:

auf der Fläche wurden 1983 3 t je ha kohlensaurer Kalk ausgebracht

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ah	0 - 3		2,2	7,4	8,2	30,9	25,4	10,2	15,7	
Al-Sw	3 - 30	n.b.	2,0	7,5	7,5	35,4	25,4	10,2	12,0	n.b.
Bt-Sd	30 - 80		1,4	5,9	6,2	28,4	21,4	9,1	27,6	
Btv	80 - 150		1,5	6,9	6,0	35,7	19,0	6,6	24,3	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _e	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm·d ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Ah						25			
Al-Sw						25			
Bt-Sd			n.b.			19		n.b.	
Btv						19			

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		4,2	3,8	0,16	0,29	0,96	3,07	1,87	70,5
Al-Sw	n.b.	3,9	3,8	0,08	0,09	0,21	0,40	2,45	24,3
Bt-Sd		4,6	4,3	0,65	0,35	2,54	3,67	0,87	89,3
Btv		4,7	4,3	0,57	0,31	3,77	5,68	0,91	91,9

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ah		6,3		6,6	0,3	22		
Al-Sw	n.b.	3,2	n.b.	0,6	<0,1			n.b.
Bt-Sd		8,1		0,2	<0,1			
Btv		11,2		0,1	<0,1			

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ah	2,23	4,66	0,5						
Al-Sw	1,71	4,81	0,4						
Bt-Sd	2,03	9,68	0,2				n.b.		
Btv	2,21	9,45	0,2						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Rhön 2

Bearbeiter: H. Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5323 Schlitz

Datum: 20.10.2004

Lage: R 354601 H 5611886 420 m NN

Kreis: Fulda

Nutzung: Kiefern-Forst Vegetation: submontaner Heidelbeer-Traubeneichen-/Buchenwald mit Pfeifengras

Humusform: rohhumusartiger Moder

Relief: ebener Kulminationsbereich

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ahe pflH-(n2)ls(^sa,Lo)	4	Grauschwarzer schwach lehmiger Sand (SI2), schwach steinig, sehr schwach humos, stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte <i>Schwach schuttführender Fließ-Lehmsand der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss</i>
2	Bhs	5	Rötlichschwarzer mittel lehmiger Sand (SI3), schwach steinig, sehr schwach humos, stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
3	Bvs	15	Braunrötlicher mittel lehmiger Sand (SI3), schwach steinig, sehr schwach humos, stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
4	IISw pflB-(n2)ls(^sa)	80	Blassroter schwach schluffiger Sand (Su2), schwach steinig, schwach durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte <i>Schwach schuttführender Fließ-Reinsand der Basislage aus Sandstein (Buntsandstein)</i>
5	IIISd ^sa	120	Anstehender, zersetzter und gefügelockerter roter Sand- und Schluffstein des Buntsandsteins
6			

Bodenformensymbol:	pBB-SS: p-(v)s(^sa,Lo)p-(v)s(^sa)//^sa
Bodenformen-bezeichnung:	Flacher, schwach schuttführender podsoliger Braunerde-Pseudogley aus Fließ-Lehmsand der Hauptlage aus Sandstein (Buntsandstein) und Löss über schwach schuttführendem Fließ-Lehmsand der Basislage über tiefem anstehendem, zersetztem und gefügelockerter Sand-, Schluffstein (Buntsandstein)

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ahe	0 - 4		2,6	29,8	36,9	10,2	7,1	5,5	7,9	
Bhs	4 - 5		2,3	28,1	35,8	11,2	7,9	5,5	9,2	
Bvs	5 - 15	n.b.	3,0	30,9	34,2	8,9	7,8	5,7	9,5	
II Sw	15 - 80		2,8	31,9	44,0	7,8	5,2	3,5	4,8	
II Sd	80 - 160		1,1	45,7	48,0	1,7	0,2	1,7	1,6	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ahe		3,8	3,4	0,14	0,08	1,12	1,60	1,72	63,1
Bhs		3,8	3,4	0,14	0,06	0,48	0,71	3,59	27,8
Bvs	n.b.	4,1	4,0	0,07	0,07	0,10	0,15	2,55	13,5
II Sw		3,9	3,9	0,16	0,14	0,06	0,09	1,05	30,0
II Sd		3,9	3,8	0,02	0,02	0,02	0,06	0,72	14,2

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ahe		4,66		2,5	0,1	30,1		
Bhs		4,98		1,8	<0,1	30,2		
Bvs	n.b.	2,94	n.b.	0,6	<0,1	20,0		n.b.
II Sw		1,50		0,2	<0,1	n.b.		
II Sd		0,84		0,1	<0,1			

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ahe	0,47	0,99	0,5						
Bhs	1,75	2,75	0,6						
Bvs	1,29	2,89	0,4				n.b.		
II Sw	0,44	1,21	0,4						
II Sd	0,28	1,10	0,2						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Rhön 3

Bearbeiter: H. Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich TK25: 5425 Kleinsassen Datum: 20.04.2004

Lage: R 3570781 H 5598350 790 m NN Kreis: Fulda
 Nutzung: Forst Vegetation: montaner Waldmeister Buchenwald im Übergang zum Waldgersten Buchenwald

Humusform: F-Mull Relief: mittel geneigter, nach Westen exponierter, vertikal und horizontal gestreckter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah pflLH-lun(Asc,Lo,+V)	5	Dunkelbrauner mittel schluffiger Ton (Tu3), mittel steinig/grusig, stark humos, sehr stark durchwurzelt, sehr geringe Lagerungsdichte <i>Lehmschluffschutt der Hauptlage aus Vulkanasche und Löss und Basalt</i>
2	Bfv-Ah	22	Dunkelbrauner mittel toniger Lehm (Lt3), stark steinig/grusig, mittel humos, sehr stark durchwurzelt, sehr geringe Lagerungsdichte
3	Bfv	40	Brauner mittel toniger Schluff (Ut3), stark steinig/grusig, schwach humos, stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
4	IIIICv pflLB-n(+B)	60	Brauner schluffiger Lehm (Lu), sehr stark steinig/grusig, blockreich, schwach durchwurzelt, sehr hohe Lagerungsdichte <i>Fließ-Grusschutt der Basislage aus Basalt</i>
5			
6			

Bodenformensymbol:	BBI: p-vu(Asc, Lo, +B)/v(+B)
Bodenformen-bezeichnung:	Lockerbraunerde aus Fließ-Lehmschluffschutt der Hauptlage aus Vulkanasche, Löss (Quartär) und Basalt (Tertiär) über Fließ-Grusschutt aus Basalt (Tertiär)
Anmerkungen:	die Vulkanasche führt zu einen lockeren Oberboden trotz des hohen Tonanteiles

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n g·cm ⁻³	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0 - 5		1,9	1,9	4,6	19,3	24,2	10,3	37,8	0,6	
Bfv-Ah	5 - 22		4,4	3,7	5,5	20,0	22,8	12,5	31,1	0,6	
Bfv	22 - 40		11,1	4,8	8,2	32,9	24,3	10,0	8,7	0,8	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%	
	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah		4,0	3,6	0,32	0,75	2,35	6,73	6,64	60	
Bfv-Ah	n.b.	4,1	3,0	1,40	0,32	0,60	2,83	8,37	38	
Bfv		4,6	4,2	0,25	0,43	0,53	2,95	4,35	49	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	
	1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah		16,79	n.b.	16,74	1,20	13,9	7,17	22,95	
Bfv-Ah	n.b.	13,52	n.b.	9,49	0,68	13,9	5,95	6,91	
Bfv		8,51		3,57	0,32	11,1	4,89	5,11	

Horizont	Fe _e	Fe _d	Fe _e /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol	
	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	17,73	27,43	0,6							
Bfv-Ah	20,20	32,66	0,6							
Bfv	14,83	26,72	0,6							

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Rhön 4

Bearbeiter: H. Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5425 Kleinsassen

Datum: 20.04.2004

Lage: R 3569435

H 5596978

775 m NN

Kreis: Fulda

Nutzung: Forst

Vegetation: montaner Waldgersten Buchenwald

Humusform: L-Mull

Relief: mittel geneigter, nach Nordosten exponierter, vertikal und horizontal gestreckter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah pflLH-(n2)lt(^k, Lo)	5	Dunkelbrauner schwach schluffiger Ton (Tu2), sehr schwach steinig, stark humos, sehr stark durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>Schwach steiniger Fließ-Lehmton der Hauptlage aus Kalkstein und Löss</i>
2	Bv-T	25	Brauner Ton (Ti), schwach steinig, sehr schwach humos, stark durchwurzelt, hohe Lagerungsdichte
3	IlmcN ^k	40	Anstehender Kalkstein (Muschelkalk)
4			
5			
6			

Bodenformensymbol:

BB-CF: p-(v)l(^k, Lo)^k

Bodenformen-bezeichnung:

Flache Braunerde-Terra fusca aus schwach steinigem Fließ-Lehmton aus Kalkstein (Muschelkalk) und Löss (Löss) über Kalkstein

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B	
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0-5	n.b.	0,6	0,7	1,7	6,5	13,5	13,9	63,1	0,73	
Bv-T	5-25		0,1	0,1	0,4	1,6	7,9	9,9	80,0	1,1	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%	
	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah	0,1	6,01	5,9	0,46	0,73	1,12	40,0	0,04	99,9	
Bv-T	1,3	7,2	6,9	0,08	0,80	1,23	54,3	n.n.	100	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	
	1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.	42,35	n.b.	5,95	0,52	11,4	n.b.		
Bv-T		56,41		2,87	0,24	11,8			

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol	
	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	6,23	20,35	0,3							
Bv-T	3,29	22,86	0,1				n.b.			

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Rhön 5

Bearbeiter: H. Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5425 Kleinsassen

Datum: 20.04.2004

Lage: R 3569208 H 5596735 832 m NN

Kreis: Fulda

Nutzung: Forst

Vegetation: montaner Hainsimsen Buchenwald, Waldhainsimsen Ausbildung

Humusform: typischer Moder

Relief: ebener Kulminationsbereich

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah p-ntu(+B, Asc, Lo)	5	Dunkelbrauner mittel schluffiger Ton (Tu3), sehr stark blockgeröllhaltig, stark humos, äußerst stark durchwurzelt, sehr geringe Lagerungsdichte, Schuttlenschluff aus Basalt (Tertiär) Vulkanasche und Löss (Quartär)
2	Bfv	60	Brauner, stark toniger Schluff (Ut4), sehr stark blockgeröllhaltig, mittel humos, sehr stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
3	ilCv + Bfv	70	Blockgeröll aus Basalt und brauner Schuttlenschluff, mittel durchwurzelt, hohe Lagerungsdichte
4			
5			
6			

Bodenformensymbol: BBl: p-vu(+B, Asc, Lo)

Bodenformenbezeichnung: Lockerbraunerde aus Schuttlenschluff aus Basalt (Tertiär), Vulkanasche und Löss (Quartär)

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0-5	n.b.	0,5	0,8	5,1	18,3	23,5	11,3	40,5	0,58
Bfv	5-60	n.b.	1,0	1,4	3,5	30,5	29,1	13,1	21,4	0,9

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah	n.b.	3,2	2,8	0,27	0,58	0,75	2,18	10,1	27,4
Bfv	n.b.	3,9	3,8	0,10	0,20	0,12	0,33	9,8	7,1

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.	13,87	n.b.	22,32	1,32	16,95	n.b.	n.b.
Bfv	n.b.	10,55	n.b.	6,44	0,45	14,40	n.b.	n.b.

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	7,38	16,30	0,4	n.b.					
Bfv	12,18	21,84	0,6	n.b.					

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 4: Zur geographischen Landeskunde des Marburger Landes unter besonderer Berücksichtigung der geologischen, geomorphologischen und bodenkundlichen Grundstrukturen

W. W. Jungmann

Ziel der Exkursion

Während der ganztägigen Fahrt durch das Marburger Land sollen die Teilnehmer die vielgestaltigen Landschaften dieser mittelhessischen Region an ausgewählten Beispielen kennenlernen. Dabei stehen geomorphologisch – bodenkundliche Fragestellungen im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Beschreibung des Exkursionsgebietes

Geographischer Kernraum im Marburger Land sind das Lahntal und das Amöneburger Becken mit ihren Randgebieten. Naturräumlich erstreckt sich das Gebiet von den Ausläufern des Hochsauerlandes im Westen bei Biedenkopf bis zur Oberhessischen Schwelle im Osten um Neustadt.

In der Sackpfeife (C3) wird der höchste Gipfel des zwischen den Tälern von oberer Lahn (um 280 m NN) und oberer Eder (um 340 m NN) gelegenen Berglandes erreicht. Die von NW nach SO durchlaufende Wasserscheide (480 bis 674 m hoch) verleiht dem Sackpfeifen-Bergland den Charakter eines Rückens, der durch tief eingreifende, steile Tälchen allerdings stark fiederförmig aufgelöst ist. Die vom zentralen Rücken abgetrennten Sporne sind hier kammartig eingeeignet und fallen mit steilen, 100 bis 250 m hohen Hängen zu den Talgründen ab. Die Sackpfeife (674 m) liegt in einem Zug harter Kellerwaldquarzite, während in den anderen Teilen des Gebietes vorwiegend Grauwacken und Kieselschiefer anstehen. Das ursprünglich geschlossene Buchenwaldgebiet (montaner Buchenwald auf skelettreichen Böden) trägt zunehmend Fichtenwälder, die die Nährstoffarmut der ohnehin stark der Auswaschung unterliegenden Verwitterungsböden noch weiter fördern. Die Jahresniederschläge erreichen Werte um 1000 mm bei einer Jahresmitteltemperatur um 6 – 7° C. Schwach bis mittel basenhaltige Braunerden und Ranker aus Gesteinen des schieferigen Grundgebirges dominieren im Bergland über 500 m NN. Podsolentwicklung herrscht auf den Kellerwaldquarziten vor.

Östlich der Sackpfeife schließen sich ihre Vorhöhen (um 500 m NN) und der Wollenberg an, die den Randsaum des Schiefergebirges bilden (Bo). Kulmgrauwacken, im zentralen Wollenberg auch Kellerwaldquarzite, bilden den Gesteinsuntergrund. Bis auf wenige Rodungsinseln ist der Gebirgsrand bewaldet. Ursprünglich sockte auf den nährstoffarmen Böden ein artenarmer Hainsimsen – Buchenwald.

Das südlich des Biedenkopfer Lahntals gelegene Gladenbacher Bergland (A), ein waldriches Mittelgebirge am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges, fällt schildförmig von seinen höchsten Höhen (Jagdberg 634 m, Angelburg 609 m) zu den Randtälern und Senken ab. Es untergliedert sich in die Teilgebiete Lahn-Dill-Bergland (A0), Gladenbacher Hügelland (A1) und in das Obere Lahntal (A2) mit ihren eng gekammerten Kleinräumen. Die Jahresniederschläge reichen von knapp 1000 mm bis 650 mm östlich von Marburg bei einer Jahresmitteltemperatur von 6 – 8° C. Auf den gut basengesättigten Braunerden aus Diabase und Schalstein dominieren bis 500 Höhenmeter Perlgras – Buchenwälder, die in natürlicher Gemeinschaft mit Bergahorn, Esche und bei sonnenseitiger Exposition mit Traubeneiche vergesellschaftet sind. An ungünstigeren Standorten kann die Hainsimse verstärkt auftreten. Die heute meistens ackerbaulich genutzten Flächen mit mehr oder weniger mächtigen Lößdecken dürften als potentiell natürliche Vegetation einen artenreichen Hainsimsen – Buchenwald bzw. Perlgras – Buchenwald tragen.

Der Breidenbacher Grund (A00) umfasst das kleine, reich gegliederte Flußsystem der Perf. Zwischen flachhängigen und breiten Talstrecken liegen hier Talengen, steil aufragende Rücken und durch Kerbtälchen reich gegliederte Bergstöcke. Als Gesteine stehen stark verworfene devonische Diabase, Tonschiefer, Schalstein und Quarzite an und die vorwiegend lehmigen Böden sind steinig und flachgründig. Die steileren Hänge und Höhen sind bewaldet, die flacheren Talhänge und Terrassen tragen Äcker.

Das vielgestaltige Lahn-Dill-Bergland kulminiert in seinem zentralen Teil in den Bottenhorner Hochflächen (A01), einer plumpen, von Verebnungen gekrönten Erhebung in 540 bis 600 m. Der geologische Aufbau gleicht dem der Nachbarschaft: rasch wechselnde, streifig angeordnete devonische Diabase, Quarzite, Tonschiefer und karbonische Grauwacken stehen an und verwittern zu flachgründigen, steinigen Böden. Nur in einigen Talmulden auf der Hochfläche hat sich etwas Lößlehm erhalten können. Der Ackerbau tritt gegenüber der Grünlandwirtschaft stark zurück. Auf Grund der Höhe und ihrer Lage zeigt das Lahn-Dill-Bergland in klimatischer und phänologischer Hinsicht enge Verwandtschaft zum Sackpfeifengebiet.

Zwischen Dautphetal im Westen, Salzbödetal im Süden, Lahntal im Norden und Marburger Rücken erstreckt sich das Gladenbacher Hügelland (A1). Den Westen der Einheit Rimberg (A10) bildet ein durchweg 400 m überschreitender, SW – NO streichender Höhenzug, aus dem durch zahlreiche enge Täler rundliche Kuppen oder steile Kegel herausgeschnitten wurden. Die Gipfel der Kuppen und Kegel liegen in 450 bis 500 m, die flachen Sattel zwischen ihnen in 380 bis 430 m. In die vorherrschenden, gefalteten

Grauwacken sind Tonschiefer und Diabase eingefügt. Den je nach Ausgangsgestein sandigen oder tonigen Böden der Hänge und Höhen stehen die nährstoffreicheren, tiefgründigen Lößlehm Böden, die verschiedene der weiten Talmulden auskleiden, gegenüber. Diese sind, wie die flachen Talhänge und Quellmulden der Bäche, gerodet, während die steileren Hänge Buchen – Hochwald, nur z.T. Fichtenforste, tragen.

Östlich des Rimberges taucht im Gebiet der Elnhausen – Michelbacher Senke (A11) das Grundgebirge, das hier vorwiegend aus kulmischen Grauwacken besteht, unter die Deckschichten des unteren und mittleren Buntsandsteins ab. Mit den stark gebankten Schichten des unteren Buntsandsteins erhebt sich das Deckgebirge am Ostrand der Senkenzone stufenförmig über den absinkenden Rumpf. Zwischen beiden treten die intensiv braunroten Letten des oberen Zechsteins in stark zerlapptem und bei Michelbach buchtartig weit nach Westen vorspringendem Randsaum zutage. Flache Rücken und weite Hohlformen kennzeichnen das Gebiet. In diesen steht vielfach verlehmt Löß an, der tiefgründige Böden liefert. Gegenüber dem Ackerland sind Grünlandflächen nur sehr spärlich verbreitet.

Vom Ursprungsgebiet am Rande der Bottenhorner Hochfläche fließt die Salzböde (A12) in abwechslungsreich gestaltetem Tal nach Osten durch das gesamte „Marburger Hinterland“, um in der Talenge von Odenhausen in die Lahn zu münden. Weit, beckenartige Talabschnitte wechseln mit schmalen Talengen. Im gesamten Gebiet stehen Kulmgrauwacken und Tonschiefer an. Löß ist an den flacheren Talhängen verbreitet, die ackerbaulich genutzt werden. Die steileren Hänge und Kuppen tragen meist Buchenhochwälder.

Den nördlichen Rand des Lahn – Dill – Berglandes stellt das obere Lahntal (A2) dar. Es liegt ganz im Bereich des Grundgebirges und schneidet die verschieden alten und widerständigen, gefalteten Schichten. Dem entsprechend wechseln Talform und Hanghöhe stark. Abgesehen vom Gebiet der Talmündungen von Perf und Dautphe sind die Lahntalhängen überall stark gegliedert von tief eingeschnittenen Tälchen, die mit stellenweise breiten Schuttfächern in das flachgründige Haupttal einmünden, dessen Breite zwischen 300 und 1000 m schwankt. Nur die wenigen flachen Hangpartien und Nebentalmündungen sowie die durchweg von Wiesen bedeckte Talsohle sind waldfrei. In den Wäldern wechseln Buchen und Fichten einander ab.

Von der Sackpfeife, vom Rimberg und vom 500 m hohen Dünsberg bietet sich ein guter Überblick über die zum Teil stufenförmige Oberflächenabdachung von den westlichen Höhen (700 bis 840 m) des Rothaargebirges nach Osten zu den rund 300 bis 400 m hohen Buntsandsteingebieten des Marburger Berglandes und des fast vollständig bewaldeten Burgwaldes (D). Wetschaft-Senke (D0), nördlicher (D1), süd-

licher Burgwald (D2) und das Wohratal (D3) sind seine Teillandschaften. Im Regenschatten des Rothaarkammes erreichen die Jahresniederschläge Werte um 600 bis 650 mm. Die Hochflächen des Burgwaldes mit ihren nährstoffarmen Sandstein – Verwitterungsböden tragen ursprünglich weiträumig artenarme Hainsimsen – Buchenwälder, die ab dem 18. Jahrhundert von Fichtenforsten abgelöst wurden.

Die Wetschaft-Senke (Do) zieht in 200 bis 300 m Höhe als breite Hohlform zwischen Schiefergebirgsrand im W und Burgwaldstufe im O entlang. Während im westlichen Teil die Letten und Kalke des oberen Zechstein anstehen, bauen den östlichen feinkörnige Sandsteine des unteren Buntsandsteins, zu einem geringeren Teil auch gröbere des mittleren, auf. Der Naturraum wird im Regenschatten des Schiefergebirges intensiv ackerbaulich genutzt.

Der nördliche Burgwald (D1) ist eine von weitgespannten Flächen bestimmte Buntsandstein-Tafelscholle (300 bis 400 m), die sich im W mit sehr markanter, im N mit schwächerer Randstufe aus der Umgebung erhebt. Sie wird als Frankenberger Triasbucht auf drei Seiten vom Grundgebirge umrahmt. Der vorherrschende mittlere Buntsandstein verwittert zu nährstoffarmen, z. T. podsolierten und flachgründigen Böden. Der Burgwald ist mit Ausnahme zweier Rodungsinseln bewaldet. An Stelle der ursprünglichen Eichen- und Buchenwälder traten seit dem Beginn des 18. Jahrhunderts in zunehmendem Maße Kiefern und Fichten.

Morphologisch unterscheidet sich der südliche Burgwald (D2) nicht vom nördlichen Teil der breiten Buntsandsteintafel. Wie im nördlichen Burgwald steht hier mittlerer Buntsandstein an, zwischen dem aber toniger oberer Buntsandstein in abgesunkenen Schollen auftritt. Kleine Vorkommen pliozäner Schotterablagerungen einer nach O gerichteten Urlahn und ausgedehnte Lößinseln liegen dem Buntsandstein auf.

Das gradlinige Wohratal (D3) ist breit und ebensohlig. Es geht im Norden unter dem Kellerwaldrand in den weiten Ausraum der Buntstruht über. Von den das Tal beiderseitig begleitenden, im mittleren und unteren Buntsandstein gebildeten Hochflächen leiten verhältnismäßig flache, z.T. stark terrassierte Hänge in den Talgrund über. Ihre tieferen Teile sind von Löß überdeckt. Während die feuchte Talsohle Wiesen vorbehalten ist, ziehen die Äcker weit die Hänge hinauf.

Die Gilserberger Höhen (E0), der Neustädter Sattel (E1) und das nördliche Vogelsberg-Vorland (E2) bilden als Teilräume der Oberhessischen Schwelle (E) die östliche Fortsetzung des Burgwaldes.

Die Gilserberger Höhen (E0) bestehen vorwiegend aus grobkörnigen mittleren Buntsandstein, dem ein schmaler Muschelkalkgraben (Mombberger Graben) eingelagert ist.

Weniger auf Grund seiner morphologischen Gestaltung, als wegen seines geologischen Aufbaus und seiner Boden- und Klimaverhältnisse, bildet der Neustädter Sattel einen eigenen Gefügekomplex. Tiefgründige Lößlehmböden mit hohem natürlichem Nährsalzvorrat überkleiden die im mittleren Buntsandstein gebildete Flachform. Die anstehenden pliozänen Schotter und Quarzsande sind Indizen, daß dieser flache Sattel (280 m NN) vor seiner Aufwölbung von einer pliozänen Uralahn benutzt wurde, deren Sedimente vom Amöneburger Becken bis zur Schwalmensenke hinüberziehen.

Als südlicher Teil der breiten, flachen Buntsandstein – Schwelle, die Vogelsberg und Kellerwald miteinander verbindet, bildet das nördliche Vogelsberg – Vorland (E2) einen weitgespannten, flachwelligen Rücken zwischen 300 bis 380 m NN. Während der westliche Teil aus mittlerem Buntsandstein und pliozänen Quarzsanden und Schottern besteht, bauen den mehr kuppigen östlichen Teil neben mittlerem und unterem Buntsandstein auch Basaltdurchbrüche und – deckenreste über Sockeln oligozäner Sande und Tone auf.

Das Marburger Berg- und Hügelland (G0) als nördlicher Teil des Marburg – Gießener Lahntales (G) zeigt mit seinen Kleinräumen Marburger Rücken (G00), den Lahnbergen (G01) und dem engen Marburger Lahntal (G02) den typischen tafelförmigen „sargdeckelförmigen“ Formenschatz des Buntsandsteins.

Der 11 km lange und 3 km breite Rücken (G00) erreicht Höhen um 360 m. Seine hohen Hänge erheben sich überall stufenförmig über die Umgebung. An den Hängen kommt die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Buntsandstein – Schichtpakete in reicher Kleinstufung zum Ausdruck. Die tektonisch zerstückelten Buntsandstein – Formationen lagern im Westen dem Grundgebirge **W** Bauform und Gestalt besteht eine enge Verwandtschaft zwischen Marburger Rücken und Lahnberge (G01). Wie dieser sind die Lahnberge ein 3 km breites, flachwelliges Plateau, das Höhen von fast 400 m erreicht und nach N und S flach abfällt. Der westliche Hang wurde durch zahlreiche enge Tälchen stark gegliedert und ist breit terrassiert. Um so gradliniger und ungegliederter ist der Ostrand, wo eine bis 80 m hohe und von starken Quellen begleitete Bruchstufe die markante Grenze zum Amöneburger Becken bildet. Die verschiedene Widerständigkeit der einzelnen Buntsandstein – Schichtpakete führte am westlichen Hang zur Bildung von Denudationsterrassen und Schichtstufen, die stellenweise erosiv überarbeitet wurden. Zwei Basaltstiele (Stempel, Frauenberg) mit Sockeln miozäner Sande und Tone durchbrechen den mittleren Buntsandstein. Blockstreu von Tertiärquarzen und pliozäne Schotter in 320 m weisen auf die wechselhafte geologische Entwicklung dieser Scholle hin.

Das Marburger Lahntal (G02) wird im N vom Cölber Lahnknie, im S von der Odenhäuser Talenge begrenzt. Im Bereich von Marburger Rücken und Lahnberge, die mit steilen Hängen hoch über die hier nur 400 bis 1400 m breite Talsohle aufragen, hat das Tal Kastenform. Dagegen erweitert sich das Tal unmittelbar am Südrand des Marburger Rückens beckenartig, die ebene Talsohle wird hier über 3 km breit und die Hänge steigen flach und von Terrassen und weiten Talmulden reich gegliedert aus ihr auf. Bis zum Südrand des Marburger Rückens ist das Tal in die Buntsandsteintafeln eingeschnitten, dann tritt es in einem breiten Zechsteinraum am Grundgebirgsrand hinein, wo durch die Ausräumung der weichen Letten ein breiter Ausraum geschaffen werden konnte. In der Talenge von Odenhausen quert das Tal einen Vorsprung kulmischer Grauwacken. Die Talsohle besteht überall aus mächtigen Schotter-sedimenten, die von Wechsellagen starker Auenlehmdecke überkleidet werden.

Östlich der Lahnberge schließt sich das Amöneburger Becken (F) an.

Die in 200 bis 220 m Höhe gelegene Ohmsenke (Fo) bildet den Kern der Haupteinheit, eines seit dem Oligozän eingewölbten tektonischen Beckens, aus dem der markante Basaltstiel der Amöneburg aufragt. Der überwiegende Teil der Senke, auch weite Bereiche des Niederungsmoores östlich der kleinen Schweinsberger Basaltkuppe, ist Wiesenland. Die ursprünglichen Auewälder wurden erst spät gerodet. Im Zuge der Ohmregulierung vollzogen sichtgreifende Veränderungen von Wasserführung und Grundwasserspiegel, die eine Wandlung der Landschaft bewirkten.

Der abgeplattete Basaltkegel der Amöneburg (362 m) (F1) ragt 150 m über das Amöneburger Becken auf. Über einem breiten Fuß aus oligozäner Melanientone, dessen höherer Teil von einem Mantel mit Löß vermischten Basaltschutt überdeckt ist, erhebt sich der Kern eine Basaltdurchbruches, dessen flach gewellte, von felsigen Steilhängen begrenzte Höhe die Zwergstadt Amöneburg einnimmt.

Zwischen den Basaltdecken des vorderen Vogelsberges und dem Buntsandsteinrücken der Lahnberge weitet sich der von verschiedenen Vorläufern der Lahn benutzte Ebsdorfer Grund (F2) zu einer flachen Hohlform (210 bis 230 m). Die Reliefenergie ist äußerst gering. Mit Ausnahme weniger Vorkommen von tertiären Tonen und Mergelton des Röt ist das Gebiet von einer mächtigen Lößdecke überkleidet, die zu fruchtbaren, tiefgründigen Lehmböden verwittert. Der intensive Ackerbau bevorzugt Zuckerrüben – Weizen – Anbau.

In das Marburger Land reichen zum Ebsdorfergrund hin noch die Flächen des Vorderen Vogelsberges (Ho), die als 20 km langes und nahezu ebenso breites, ausgedehntes Plateau zwischen dem flachen Schild des Vogelsberges und dem nord – südlich verlaufen-

den Mittellahntal liegt. Das Lahntal markiert hier die geologische Grenze zwischen Grund- und Deckgebirge. Die Vogelsbergflächen neigen sich ganz allmählich von S nach N und von O nach W hin ab (360 bis 280 m).

Exkursionspunkte

1: Aussichtsturm Rimberg (498 m ü. NN)

Vom Rimberg mit seiner markanten Kegelgestalt wird zu Beginn ein landschaftlicher Überblick zum Rheinischen Schiefergebirge gegeben. Ein Hauptthema ist die geologische und geomorphologische Genese des Ostrandes des Rothaargebirges. Ein zweites Thema ist die Beschreibung eines charakteristischen eutrophen Waldstandortes auf Diabasverwitterung (Braunerde aus Diabasverwitterung).

2: Weimar – Niederwalgern

Zwei Fragenkreise sollen an diesem Standort angesprochen werden:

1. Die geomorphologische Entwicklung des Lahntals im Plio-/Pleistozän
2. Die bodenbildenden Prozesse auf altpleistozänen Terrassen

3: Kiesgrube Niederweimar

Seit mehr als 30 Jahren existiert der Kiesabbau in der Lahnaue südlich von Marburg. Eine beträchtliche Anzahl von wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigt sich sowohl mit der geologischen Entwicklung der Sedimentation der Schotter, Kiese, Sande und Auenlehme seit der letzten Eiszeit als auch mit dem vor- und frühgeschichtlichen Kulturwandel dieses Lahnauenabschnittes. Anhand von geologischen, geomorphologischen und bodenkundlichen Karten, Abbildungen, Bildern und Skizzen soll der neueste Erkenntnisstand (2005) dargestellt werden. Da viele alte Profile und Ausgrabungen nicht mehr wegen des Kiesabbaus existieren, wird für den Exkursionstag eine neue Profilwand im Sommer 2005 präpariert.

4: Kaiser – Wilhelm – Turm Marburg/Lahnberge

Die Rundumsicht vom Turm bietet ein weiteres Mal die Möglichkeit, die Naturräume des Marburger Landes und der Nachbarlandschaften (Vogelsberg, Kellerwald, Knüll, Taunus) in ihrer Genese zu erläutern. Im Steinbruch direkt unterhalb des Turmes hat man einen Einblick in die Schichtenfolge der Sand- und Tonsteine und der Ablagerungsbedingungen während der Buntsandstein – Zeit.

Mittagspause: Ausflugs-gaststätte „Spiegelslust“ (200 m südlich des Kaiser – Wilhelm – Turmes)

5: Lahnberge Fernheizwerk

Einige hundert Meter östlich des Fernheizwerks der Stadt und der Universität hat man vor Jahren zwei Bodenprofile ergraben, die zu Lern- und Lehrzwecken für Schüler und Studenten dienen, Bodenkunde auf dem Buntsandstein – Rücken der Lahnberge schulnah zu unterrichten.

5.1: Lockerbraunerde aus Laacher Bimstuff

5.2: Eisen-Humus-Podsol

6: Amöneburger Becken, Gemarkungen Roßdorf und Wittelsberg

An zwei Standorten soll die Landschaftsentwicklung des Amöneburger Beckens vorgestellt und diskutiert werden.

1. Lößlehm – Akkumulationsgebiet Wittelsberg – „In der Seckbach“
2. „Schwarzerde“ – Profil Roßdorf

6.1: Beispiel eines untersuchten Tiefenprofils

Anhand eines von fast 80 Profilen soll über paläökologische Arbeiten im Amöneburger Becken berichtet werden. Neben einer möglichst genauen Rekonstruktion des lokalen Ablagerungsmilieus (Profil "In der Seckbach") und der entsprechenden Paläo-Biotope kann man auf der Grundlage von Pollen- und Großrestanalysen Rückschlüsse auf die regionale Flora und Landschaft schließen. Dabei spielen in einem kleinräumigen Einzugsgebiet unmittelbar benachbarte archäologische Fundstellen eine wichtige erklärende Rolle.

6.2

„Schwarzerde“-Relikte sind seit einigen Jahrzehnten aus dem Amöneburger Becken bekannt. Mit der Präsentation des Profils Rossdorf soll über ihre Genese diskutiert werden.

7: Stadt Amöneburg

Amöneburg bildete im frühen Mittelalter den politischen und kirchlichen Mittelpunkt der Gebiete an mittlerer Lahn und unterer Ohm. Von der mainzischen Burgruine auf dem isoliert stehenden Basaltklotz am Rande des Vogelsberges hat man zum Schluss des Tages nochmals die Möglichkeit, die Eindrücke der Exkursion zusammenzufassen.

Literatur (Auswahl)

- Urz, R. (1995): Jungquartär im Auenbereich der mittleren Lahn. Diss. Marburg.
- Rittweger, H. (1997): Spätquartäre Sedimente im Amöneburger Becken. Wiesbaden.
- Gunreben, M. (1992): Schwarzerde-Relikte in Deutschland. Diss. Marburg.
- Pletsch, A. (1989): Hessen. Wissenschaftliche Länderkunden 8/III. Darmstadt.
- Jungmann, W. & Pletsch, A. (1995): Geographisch-landeskundliche Erläuterungen zur Topographischen Karte 1:50.000, Blatt 5316 Gladenbach. Marburg.
- Jungmann, W. & Pletsch, (1993) A.: Geographisch-landeskundliche Erläuterungen zur Topographischen Karte 1:50.000, Blatt 5318 Amöneburg. Marburg.

Anschrift:

W.W. Jungmann
FB Geographie, Philipps-Universität Marburg

Marburg und Umgebung

Exkursionspunkt 6.2

TK25: 5219 Amöneburg

Datum: 15.8.2004

Lage: R 3492770 H 5627182 212,5 m NN

Kreis: Marburg-Biedenkopf

Nutzung: Acker

Vegetation: Acker (Getreide)

Humusform: Mull

Relief: sehr schwach geneigte Fläche (21%)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	0-25	Sehr dunkelgrünlichbrauner (10YR3/2) bis dunkelbrauner (10YR3/3), stark toniger Schluff (U4), mittel humos, gut durchwurzelt, Bröckelgefüge, Regenwurmgänge
2	Alh	25-45	Dunkelbrauner (10YR3/3), stark toniger Schluff (U4), schwach humos, Bröckelgefüge, leicht verdichtet
3	Bht-Ah	45-70	Sehr dunkelbrauner (10YR2/2) bis sehr dunkelgrünlichbrauner (10YR3/2), stark toniger Schluff (U4), schwach humos, Subpolyedergefüge
4	Bht	70-90	dunkelgelblichbrauner (10YR4/4) und sehr dunkelgrünlichbrauner (10YR3/2), stark schluffiger Ton (Tu4), schwach humos, Subpolyedergefüge, schwarze Toncutane
5	Bv	90-120	gelblichbrauner (10YR5/6), stark toniger Schluff (U4), carbonathaltig, Subpolyedergefüge
6	Sw-eCv	120-150	gelblichbrauner (10YR 5/6), stark toniger Schluff (U4), carbonathaltig, Kohärentgefüge, Eisen-, Manganhydroxidbildungen, z.T. Lösskindel

Bodentypsymbol:	LL-TT
Bodenformenbezeichnung:	Parabraunerde - Schwarzerde mit hoher Carbonatauswaschung aus Würmlöss

Anmerkungen: Bodenschätzung sL4LδV60/59 (deutlich unterbewertet).

Horizont-/Substratsymbole nicht nach KA4

Amöneburger Becken

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								d _h
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻¹	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	
Ap	0-25		0	2	5	27	20	27	20	0,8	
Alh	-45		0	1	4	26	20	26	22	1,4	
Bht-Ah	-70	n.b.	0	1	3	32	9	26	29	1,5	
Bht	-90		0	1	3	33	10	25	28	1,7	
Bv	-120		0	1	3	34	15	28	19	1,5	
Sw-eCv	-150		0	1	2	31	16	31	19	1,5	

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	> 50 µm	50-10 µm	10-0,2 µm	<0,2 µm	Vol-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Ap	n.b.								
Alh	n.b.								
Bht-Ah	n.b.								
Bht	n.b.								
Bv	n.b.								
Sw-eCv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH		Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ap		6,8	6,5	0,1	1,0	0,8	13,6	3,5	100
Alh		6,8	6,5	0,3	0,3	1,1	12,7	3,3	100
Bht-Ah	n.n.	6,7	6,5	0,1	0,3	1,8	17,6	3,5	100
Bht		6,9	6,5	0,1	0,4	2,2	16,3	3,5	100
Bv	2,2	7,5	7,3	0,1	0,3	1,8	15,2	<0,1	100
Sw-eCv	3,3	7,7	7,3	0,1	0,3	2,0	16,0	<0,1	100

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ap	18,9	15,4	0,81	1,56	0,15	10,4	n.b.	
Alh	17,7	14,4	0,81	0,95	0,09	10,6		
Bht-Ah	23,3	19,8	0,85	1,16	0,09	12,9		
Bht	22,5	19,0	0,84	0,80	0,07	11,4		
Bv	17,4	17,4	1,00					
Sw-eCv	18,4	18,4	1,00		n.b.	n.b.		

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ap	2,3	7,5	0,31	n.b.	0,5	n.b.	n.b.	n.b.	
Alh	2,0	7,7	0,26		0,4				
Bht-Ah	1,9	9,4	0,20		0,4				
Bht	1,4	10,5	0,13		0,3				
Bv	0,7	9,3	0,07		0,3				
Sw-eCv	0,5	9,2	0,05		0,3				

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

Marburg und Umgebung

Exkursionspunkt 5.1 TK25: 5118 Marburg Datum: 15.8.2004
 Lage: R 348655 H 563221 374 m NN Kreis: Marburg-Biedenkopf
 Nutzung: Forst Vegetation: Fichte, vereinzelt Buche und Kiefer, Krautschicht mit Drahtschmiele, Heidelbeere
 Humusform: rohumusartiger Moder Relief: Kuppenbereich, schwach nach NNW geneigter Hang (1-2%)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	0-2	Stark humoser schluffiger Sand (Su2), braun (7,5YR4/3) bis dunkelbrauner (7,5YR3/4), stark durchwurzelt
2	AhBv	2-50	Mittel humoser schluffiger Sand (Su2), braun (7,5YR4/3-4/4), stark durchwurzelt, z.T. mit Solifluktuationsmaterial durchsetzt
3	Bv	50-90	Mittel humoser schluffiger Sand (Su2), braun (7,5YR4/3-4/4), stark durchwurzelt, z.T. mit Solifluktuationsmaterial durchsetzt
4	BvCv	90-105	Grenze zum Bv scharf ausgebildet, z.T. wellig verlaufend, ab 135 cm weißer Feinsand (Hardeggen-Folge)

Bodentypsymbol:	BB1
Bodenformenbezeichnung:	Lockerbraunerde aus umgelagertem Laacher Bimstuff

Anmerkungen: Horizont-/Substratsymbole nicht nach KA4

BB1

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0-2		1	8	45	26	13	4	3	
AhBv	2-50	n.b.	2	32	23	17	11	7	8	n.b.
Bv	50-90		2	32	30	18	7	5	6	
BvCv	90-105		8	39	28	10	4	6	5	

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	> 50 µm	50-10 µm	10-0,2 µm	<0,2 µm	Vol-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah					n.b.				
AhBv					68				
Bv					62				
BvCv					55				

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah		4,1	3,4	0,5	0,6	0,3	1,3	0,9	n.b.
AhBv		4,8	4,1	0,4	0,8	0,4	1,5	1,4	38
Bv	n.b.	4,5	4,2	0,3	1,0	0,3	0,9	0,9	32
BvCv		5,6	5,0	0,4	0,8	0,3	0,8	1,5	40

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.	n.b.	n.b.	2,3				
AhBv	16,1	8,2	0,51	10				n.b.
Bv	15,7	7,9	0,50	7				
BvCv	10,1	5,7	0,56	5				

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _d /Fe _o	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	5,4	8,9	0,61		0,8				
AhBv	3,2	8,6	0,37	n.b.	13,2				n.b.
Bv	2,5	6,7	0,37		55,1				
BvCv	1,7	5,0	0,34		4,2				

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

Marburg und Umgebung

Exkursionspunkt 5.2 TK25: 5118 Marburg Datum: 15.8.2004

Lage: R 348649 H 563209 374 m NN

Kreis: Marburg-Biedenkopf

Nutzung: Forst

Vegetation: Kiefer, randlich Fichte, Weißmoos und Heidelbeere in der Krautschicht

Humusform: Rohhumus

Relief: Kuppenbereich, schwach NW geneigter Hang (1-2%)

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ach	0-3	Graubrauner (5YR4/2) bis dunkelrötlichbrauner (5YR3/2), humoser schluffiger Sand (Su2), Einzelkorngefüge, viele feinere Baumwurzeln
2	Ahe	3-10	Graubrauner (5YR5/2) bis rötlichbrauner (5YR4/2) schwach humoser, schluffiger Sand (Su2), gering steinig, Einzelkorngefüge, starke Durchwurzelung
3	Ae	10-20	Graubrauner (5YR6/2) gebleichter Horizont, schwach humoser schluffiger Sand (Su2), gering steinig, Einzelkorngefüge
4	Bhs	20-30	Dunkelrötlichbrauner (5YR2/2-2/4) und rötlichbrauner (5YR4/8-5/8), humoser, schwach toniger bis schluffiger Sand, Einzelkorngefüge mit Feinwurzeln durchsetzt
5	Bs	40-45	Rötlichbrauner (5YR4/8-5/8), schwach toniger bis schluffiger Sand (Su2), Einzelkorngefüge, nach oben und unten wellige Grenze, z.T. zapfenartiges Ausgreifen
6	IICv	> 45	Dunkelrötlichbrauner (2,5YR2/4) toniger Sand (St3), z.T. Tonlinsen enthaltende Fließerde bzw. Basisschutt

Bodentypsymbol: PPn

Bodenformenbezeichnung: Eisen-Humus-Podsol aus Basisschutt von Sandsteinen der Hardegsen-Folge

Anmerkungen: Rohhumusaufgabe: O_l Nadeln und Zweige

O_r 3 cm stark verpilzt, deutlicher Übergang zu O_h

O_h 4 cm kompakte Lagerung, scharfkantig brechbar, stark durchwurzelt, bräunlichschwarzer (7,5YR2/2-5YR2/2) Feinhumus

Substratsymbol nicht nach KA4

PPn

Horizont	Tiefe	Skelett		Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)						d ₁₀	
	cm	Mas-%	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻¹
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ach	0-3	3,0	0,5	17	56	14	7	3	2,5		n.b.
Ahe	3-10	3,0	0,5	17	56	14	7	3	2,5		
Ae	10-20	3,0	0,5	17	55	15	5	5	2,5		
Bhs	20-30	14,0	1	14	53	14	6	4	8,0		
Bs	30-45	12,0	1	14	53	14	5	4	9,0		
II Cv	45-	6,0	1	12	48	14	8	12	5,0		

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	> 50 µm	50-10 µm	10-0,2 µm	<0,2 µm	Vol-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ach	n.b.								
Ahe	n.b.								
Ae	n.b.								
Bhs	n.b.								
Bs	n.b.								
II Cv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ach		3,3	2,9	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,8	10
Ahe		3,8	3,2	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,7	13
Ae	n.n.	3,8	3,3	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,8	22
Bhs		3,6	3,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,7	4
Bs		4,3	3,9	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,8	6
II Cv		4,8	4,2	0,2	0,2	<0,1	0,2	0,9	46

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg _f ·100 _f ⁻¹	mg _f ·100 _f ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ach		6,5		8,3				
Ahe		3,2		2,8				
Ae	n.b.	1,8	n.b.	0,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Bhs		10,8		5,3				
Bs		6,3		5,1				
II Cv		1,5		n.b.				

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ach	0,22	0,78	0,3		1,9				
Ahe	0,09	0,66	0,2		0,9				
Ae	0,01	0,46	0,02	n.b.	0,5			n.b.	
Bhs	5,45	8,9	0,6		1,2				
Bs	4,21	6,2	0,7		1,7				
II Cv	0,10	1,6	0,06		0,4				

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

Marburg und Umgebung

Exkursionspunkt 1 TK25: 5117 Buchenau

Datum: 15.8.2004

Lage: R 3473615 H 5633950 440 m NN

Kreis: Marburg-Biedenkopf

Nutzung: Forst

Vegetation: Buchen, randlich Fichten, eutrophe Krautschicht (z.B. Waldmeister, Bingelkraut)

Humusform: modriger Mull

Relief: unterer Kuppenbereich, mäßig geneigter Hang SW-exponiert (5-10%)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	0-5	Schwarzgrauer (10YR3/1), schwach toniger Lehm (Lt2), humos, intensiv durchwurzelt, Übergang zum
2	AhBv	5-20	dunkelbraunen (10YR3/3), schwach tonigem Lehm (Lt2), Subpolyedergefüge, stark durchwurzelt
3	Bv	20-50	Brauner (10YR6/3) schwach toniger Lehm (Lt2), Polyedergefüge, mäßig durchwurzelt, diffuser Übergang zum
4	BvCv	50-100	braunen (10YR5/4) sandig tonigen Lehm (Lt5), Polyedergefüge
5	Cy	>100	Diabasersatz mit hohem Skelettanteil

Bodentypsymbol: **BBn**

Bodenformenbezeichnung: Eutrophe Braunerde aus Diabasverwitterung

Anmerkungen: Symbolbezeichnungen nicht nach KA4

BBn

Horizont	Tiefe	Skelett Mas-%	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n g·cm ³
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	0-5	n.b.	2	8	10	15	21	15	29	0,6
AhBv	5-20		4	12	13	12	14	20	25	1,1
Bv	20-50		4	7	14	20	12	15	28	1,5
BvCv	50-100		7	15	15	5	16	10	32	1,6
Cv	>100		10	11	7	12	14	15	31	

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)				GPV Vol-%	nFK mm	k _i (pF 2) cm·s ⁻¹	k _r	
	> 50 µm	50-10 µm	10-0,2 µm	<0,2 µm				cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah AhBv Bv BvCv Cv	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS %
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah	n.n.	4,9	4,3	0,1	0,5	0,5	3,8	4,1	39
AhBv		4,2	3,8	0,1	0,4	0,2	2,3	4,2	16
Bv		4,7	4,2	0,1	0,3	0,2	2,0	3,1	22
BvCv		5,0	4,2	0,1	0,4	0,7	2,2	2,1	26
Cv		5,8	4,8	0,1	0,8	1,2	3,5	1,9	37

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff}	C _{org}	N _{org}	C _{org} /	P _{i(CAL)}	K _{i(CAL)}
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹	KAK _p	Mas-%	Mas-%	N _{org}	mg·100 ⁻¹ g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.	12,5	n.b.	9,4	0,9	10,5	n.b.	
AhBv		13,1		4,5	0,53	8,4		
Bv		11,9		1,9	0,3	6,3		
BvCv		13,2		2,0	-	-		
Cv		15,2		-	-	-		

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Al ₂ O ₃
I	38	39	40	41	42	43	44	45	Mol
Ah AhBv Bv BvCv Cv	n.b.								

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

G 5: Karst und Paläoböden im Limburger Becken

H. Brückner*, M. Hottenrott[†], D. Kelterbaum*, K.-H. Müller*, H. Rittweger[§], A. Zander*, H. Zankl[#]

Geologische Grundstrukturen

Das Exkursionsgebiet befindet sich in der Lahnmulde, einer bedeutenden, in sich sehr komplexen Muldenstruktur des rechtsrheinischen Schiefergebirges. Sie erstreckt sich über eine Länge von 65 km vom Unterlauf der Lahn im SW bis zur Hessischen Senke im NE. Die Muldenbreite ist in ihrem Mittelteil mit 20 km am größten. Im Südosten bilden die Grauwacken der Giessener Decke die Begrenzung, im Nordwesten die Sedimente der Hörre.

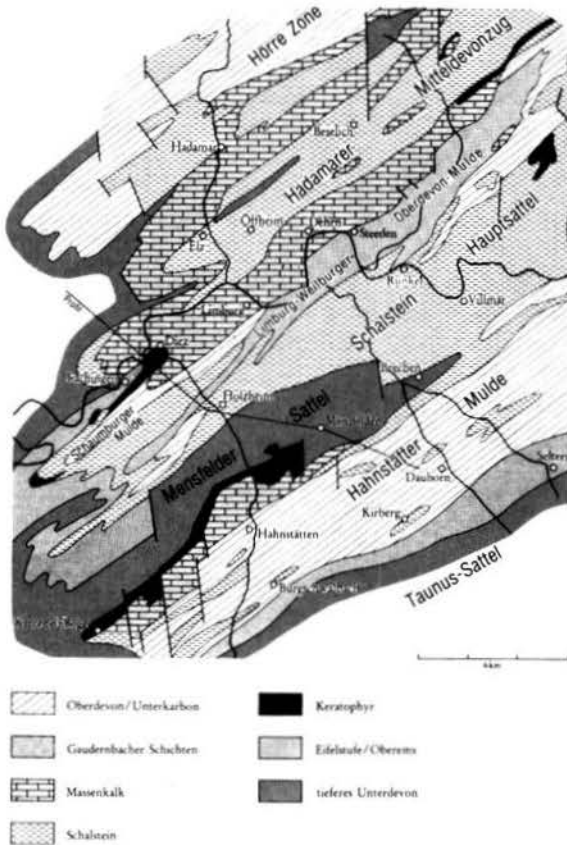


Abb. 1: Paläozoische Gesteine und Strukturen im Exkursionsgebiet. Quelle: Stengel-Rutkowski, 1988.

*FB Geographie, Philipps-Universität Marburg
[†]Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
[§]Mobiles Landschaftsmuseum, Büro für Landschafts- und Paläoökologie; Waldbrunn/Ww.
[#]FB Geowissenschaften, Philipps-Universität Marburg

Die Lahnmulde bildete sich während der variskischen Orogenese. Der dabei entstandene Faltenbau zeigt starke Überkippungen nach Nordwesten und ist untergliedert in Faltenstrukturen größerer und kleinerer Ordnung. Der aufgeschlossene Faltenbau der Lahnmulde wird von SW-NE – streichenden Störungen, die z.T. in eine Schuppentektonik übergehen, unterbrochen. Jüngere Lineationen werden von Quer- und Diagonalstörungen gebildet. Die Faltenachsen streichen von Südwest nach Nordost. Das paläozoische Grundgebirge der Lahnmulde setzt sich aus Sedimentgesteinen und vulkanischen Gesteinen des Devons und Karbons zusammen (Abb. 1). Hauptgesteinsarten sind Tonschiefer, Grauwacken, Quarzite, Massenkalk und Vulkanite (Kegel 1922; Stengel-Rutkowski, 1988; Flick et al., 1998a, b).

Die Genese der Massenkalk steht im Zusammenhang mit vulkanischen Aktivitäten, deren Hauptphase vom jüngeren Mitteldevon bis zum älteren Oberdevon reicht. In Zeiten geringerer vulkanischer Aktivität konnten sich auf den submarinen vulkanischen Schwellen karbonatproduzierende Riff-Organismen ansiedeln (Abb. 2).

Lange Zeit waren diese Kalk (insbesondere bekannt aus Villmar) ein beliebter Werkstein und unter dem Namen „Lahnmarmor“ weltweit ein Begriff. Er wurde z.B. im Empire State Building und in der Moskauer U-Bahn verbaut. Der Begriff „Lahnmarmor“ stammt aus der Steinmetz-Industrie. Er bezieht sich auf die Struktur (marmorierte Kalk) und auf die gute Polierfähigkeit; im petrographischen Sinne handelt es sich nicht um Marmor sondern um Kalkstein (Königshof & Keller, 1999).

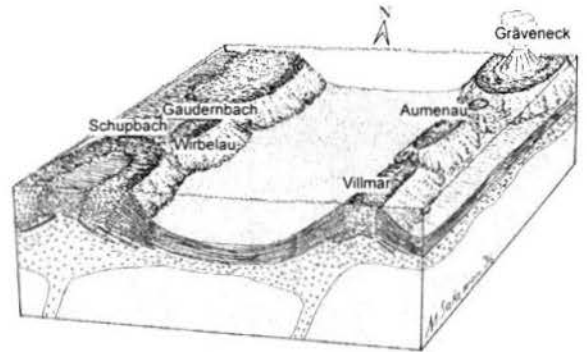


Abb. 2: Rekonstruktion der Genese der Stromatoporen-Riffe der Lahnmulde zur Zeit des Devons. Quelle: Oetken, 1997.

In der Lahnmulde sind überwiegend devonische, untergeordnet unterkarbonische Gesteinsfolgen aufgeschlossen. Im späteren Unterkarbon setzte die variskische Genese ein. Von diesem Vorgang wurde auch der Bereich der (späteren) Lahnmulde erfasst. Die Gebirgsbildung sorgte hier für eine Einengung der ehemaligen Sedimentationsräume, wodurch die Sedimentgesteine im späten Unterkarbon und im Oberkarbon gefaltet, geschiefert und zuletzt

herausgehoben wurden. Bis heute sind die zentralen Teile des Rheinischen Schiefergebirges Festland und damit Abtragungsgebiet. Fluviale, limnische oder marine Ablagerungen aus dem Mesozoikum fehlen großflächig; sie sind nur noch vereinzelt in kleinen Spalten an den Rändern des Gebirges vorhanden. Fast alle heute erhaltenen postkarbonischen Verwitterungsrelikte stammen aus dem Tertiär (Anderle et al., 2003).

Die bereits im späten Mesozoikum durch Kollision zwischen Afrikanischer und Eurasischer Platte beginnende alpidische Orogenese setzte sich im Tertiär fort. Diese im Süden stattfindende Gebirgsbildung wirkte sich auch auf den Rumpf des Rheinischen Schiefergebirges aus. Eine ihrer Folgen war die Zerlegung des Schiefergebirges in einzelne Schollen. Die Bruchschollentektonik ließ Tiefschollen entstehen, die gegenüber benachbarten Schollen deutlich abgesenkt sind (Abb. 3). Zu diesen zählt auch das Limburger Becken (Stengel-Rutkowski, 1976, 1988; Hottenrott & Stengel-Rutkowski, 1990).

Mesozoisch-tertiäre Verwitterung und Rumpfflächenbildung

In der langen terrestrischen Phase wechselten sich Perioden mit flächenhafter Abtragung (Einrumpfung) und solche mit intensiver, feuchttropischer Tiefenverwitterung ab (zum Mechanismus der Rumpfflächenbildung vgl. Brückner, 1989 und Brückner & Bruhn, 1992). Daher finden sich im heutigen Schiefergebirge sowohl Flächen- als auch Verwitterungsreste aus dem Mesozoikum (z.B. kreidezeitliche Sedimente in einer Karstschlotte bei Wetzlar) und dem Tertiär, die unter tropisch-sub

tropischen Klimaten entstanden sein müssen (vgl. auch Felix-Henningsen, 1990). Wahrscheinlich geschah die Bildung der ausgedehnten Rumpfflächen in Meeresnähe. Auf diese absolute Denudationsbasis waren die flächenhaften Abtragungsprozesse eingestellt (Brückner, 1989).

Auch die Gesteine der Lahnmulde wurden teilweise tiefgründig zersetzt: Schiefergesteine verwitterten zu hellen oder weißen Tonen (Saprolitisierung, Kaolinisierung). Besonders resistente Komponenten (z.B. Quarzgänge) blieben erhalten und wurden später z.T. als tertiäre bzw. quartäre Schotter aufgearbeitet.

Auf die mitteldevonischen Massenkalkzüge haben sich die tertiären Verwitterungsprozesse in besonderer Weise ausgewirkt. An den Schwächezonen des im Zuge der variskischen Orogenese intensiv beanspruchten Massenkalks kam es zu einer intensiven Verkarstung mit der Entstehung von Höhlen, Schloten, Dolinen bzw. Cockpits und Karstkegeln (Abb. 4). Die z.T. sehr tief reichenden Karstschloten wurden im Tertiär und Pleistozän mit Tonen, Sanden, Schottern und Löss verfüllt (Velten & Wienand, 1989). Im Exkursionsgebiet ist das älteste derartige datierbare Sediment eine Höhlenfüllung im „Massenkalk“ von Hahnstätten. Diese Rotsedimente enthalten organische Einlagerungen mit Mikroflora des Paläozäns. Bemerkenswert sind Pollenkörner altertümlicher ausgestorbener Blütenpflanzen (Normapolles-Gruppe). Es handelt sich hier um das älteste Tertiärvorkommen im Rheinischen Schiefergebirge überhaupt (Anderle et al., 2003).

Im Steinbruch Schneelsberg Nordost bei Steeden treten als Karstfüllungen Schotter der Arenberg-

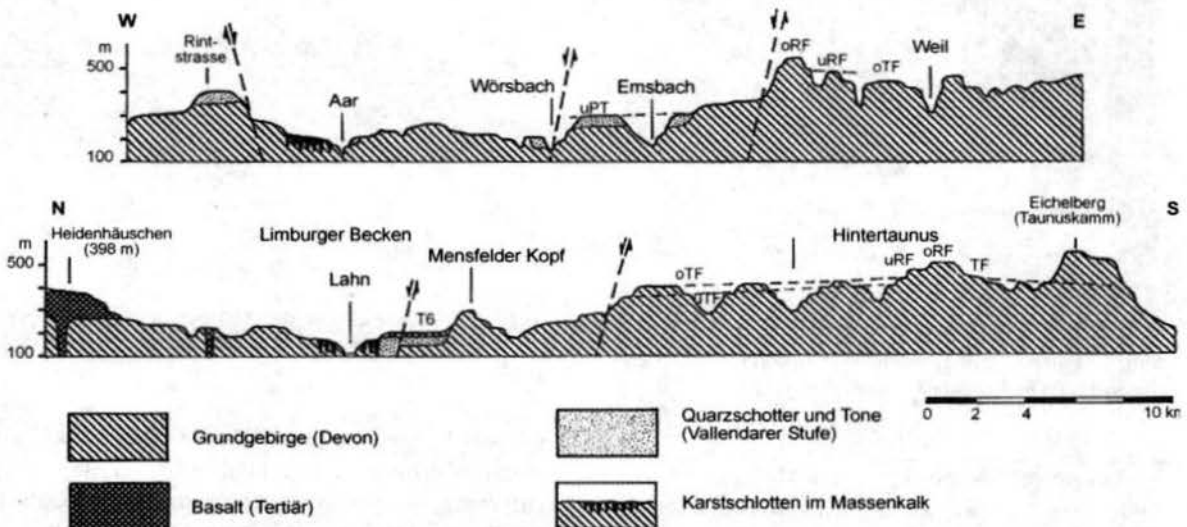


Abb. 3: Morphologische und tektonische Gliederung des zentralen Hintertaunus und des Limburger Beckens. W-O Profil (oben) und N-S Profil (unten). Quelle: Müller, 1973, verändert.



Abb. 4: In den Stromatoporen-Riffkalken im Steinbruch Schneelsberg Nordost bei Steeden ausgebildete Formen des tropischen Kegelkarsts mit Rotlehmrelikten. Im Hintergrund rechts sind vollständig saprolitisierte Schiefer des Karbons zu erkennen. Zwischen Kalk und Schiefer verläuft eine markante Verwerfung. Blick nach Osten.

Formation (früher pauschal als „Vallendarer Schotter“ bezeichnet), denen ein mittel- bis oligozänes Alter zukommt (Müller, 1973; Hentschel & Thews, 1979; Sonne, 1982; Weidenfeller & Requadt, 1993; vgl. Abb. 5). Neuerdings werden diese Bildungen mit der Transgression des oligozänen Rupelmeeres in Verbindung gebracht (Dittrich et al., 2003). Da die Arenberger Schotter in

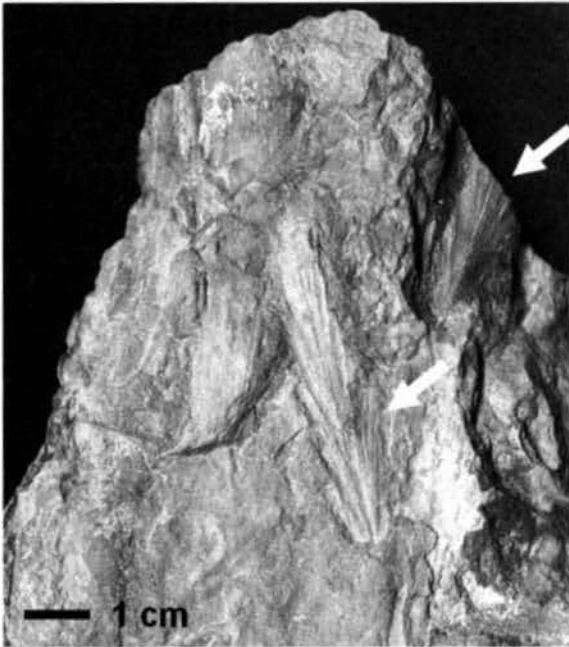


Abb. 5: Pflanzenabdrücke in verkieseltem Tonstein (Linse von der Basis der Arenberg-Formation). Aufn. H. Rittweger, Steinbruch Schneelsberg Nordost, 16.07.2003.

Karsttaschen erhalten sind, muss die Verkarstung älter als mittleres Oligozän sein.

Terrassenbildung

Im Limburger Becken lassen sich neben den gegenüber der Beckenumrahmung tektonisch abgesenkten Rumpfflächenresten auch Verebnungsflächen erkennen, die frühen fluvialen Systemen zugeordnet werden können. Sie zeugen von der beginnenden Zertalung im ausgehenden Tertiär. Müller (1973) kartierte im Zentralen Hintertaunus und im Limburger Becken Rumpfflächen in unterschiedlichen Höhenlagen und damit auch unterschiedlichen Alters sowie Troglflächen aus dem Oligozän und Miozän (s. Abb. 6). Ein erstes, der Lahn und ihren Nebentälern im Verlauf schon weitgehend entsprechendes Flusssystem kann bereits für das Pliozän anhand von Sedimenten und Verebnungsresten nachgewiesen werden (Müller 1973). Oligozäne und pliozäne humose Sedimente sind auch biostratigraphisch nachgewiesen. Sie wurden z.T. durch Vertikaltektonik tief versenkt (Hottenrott & Stengel-Rutkowski, 1990; Freiling & Hottenrott, 1995).

Diese Vertikaltektonik setzt sich im Quartär fort, was z.B. mit der unterschiedlichen Höhenlage der Hauptterrassen belegt werden kann (Andres, 1967; Lipps, 1985; Müller, 1973, 1974, 1975, 1990; Ploschcz, 1994). Am Westrand des Limburger Beckens beträgt der Versatz noch mehr als 20 m seit dem Beginn des Quartärs (Müller, 1975: 77). Wie am Rhein und an der Unterlahn lassen sich auch im Limburger Becken Höhen-, Haupt-, Mittel- und Niederterrassen unterscheiden (Abb. 7). Wegen der allgemeinen Senkungstendenz sind die höheren Terrassen hier jedoch in sich verschachtelt und kaum zu differenzieren. Ihre weit ausgebildeten und dadurch landschaftsbestimmenden Ebenheiten wurden im jüngeren Quartär von mächtigen Lössschichten überdeckt.



Abb. 6: Rumpfflächen, Troglflächen und Flussterrassen im Limburger Becken und zentralen Hintertaunus. Quelle: Müller, 1973, Kartenbeilage (Ausschnitt, verändert).

Löss-Paläoboden-Sequenzen und ihre Datierung
 Löss-Paläoboden-Sequenzen entstanden durch den Wechsel kaltzeitlicher Lössakkumulationsphasen (Aktivitätsphasen) und Phasen mit relativer Sedimentationsruhe und dadurch bedingter

Bodenbildung (Stabilitätsphasen). Sie stellen eines der wichtigsten terrestrischen Klimaarchive des Quartärs dar, denn sie beinhalten vielfältige Informationen über die Klimaentwicklung, die Dauer der Klimaphasen und deren Intensität. Löss-

Paläoboden-Sequenzen sind besonders in Beckenpositionen der Mittelgebirge – wie dem Limburger Becken – gut erhalten.

Während die Ablagerungen der älteren Vereisungen häufig reduziert oder vollständig aufgearbeitet wurden, sind die Löss-Paläoboden-Abfolgen der letzten beiden Glazial/Interglazial-Zyklen meist besser erhalten. Für diesen Zeitraum konnte eine detaillierte lössstratigraphische Gliederung für Hessen erstellt werden (Semmel, 1990, 1995). Als weitere wichtige Korrelationshorizonte dienen dünne Aschebändchen, die in vielen Profilen Hessens und der weiteren Umgebung erhalten sind. Einen schönen Beleg für Permafrostbedingungen im Limburger Becken fand Rittweger (2003) beim Bau des ICE-Bahnhofs Limburg. Hier ist ein ausgedehnter Frostmusterboden (Polygonboden) aus Löss und Eltviller Tephra gebildet, der im horizontalen Anschnitt dem Muster eines Giraffenfells gleicht. Dieser bislang einzigartige Befund konnte 2001 als Lackprofil gesichert werden und ist in Limburg zu besichtigen. Wahrscheinlich datiert das Eiskeilnetz in das LGM (Letztglaziales Maximum).

Für die chronologische Gliederung der Deckschichten kamen neben Radiokohlenstoffdatierungen bereits seit den frühen 1980er Jahren Lumineszenzmethoden zur Anwendung (Wintle & Huntley, 1982). Mit Lumineszenzmethoden wird der Zeitpunkt der letzten Sonnenlichtexposition eines Sedimentes, also der tatsächliche Ablagerungszeitpunkt, bestimmt. Löss als primär äolisch transportiertes Sediment ist für diese Datierungsmethoden besonders geeignet, da während des Transports in aller Regel eine ausreichend lange Belichtung erfolgte, wodurch die so genannte Lumineszenz-Uhr auf Null gestellt wurde. Damit ist eine wichtige Datierungsvoraussetzung erfüllt.

Exkursionspunkt 1:

Höhe bei 226,9 m NN, nordöstlich von Schadeck
Lage: R 3440750, H 5586700 (TK 25: 5514 Hadamar).

Der von diesem Standort aus im SW sichtbaren Mensfelder Kopf besteht aus Taunusquarzit der Siegen-Stufe des Unterdevons. Dies ist das älteste Gestein im Limburger Raum (Kegel, 1922; Stengel-Rutkowski, 1988). Es wurde durch Erosion als Härtling herauspräpariert. Die Bänke des Quarzits fallen nach Südosten ein und erscheinen in Folge tertiärer Verwitterung rötlich. Der Ausblick zeigt die wichtigsten Rumpf-, Trog- und Terrassenflächen des Beckens sowie seine Ränder (Andres, 1967; Müller, 1973; Andres & Semmel, 1988). Das Limburger Becken stellt den nördlichen Teil eines Astes des Oberrheingrabens dar; von Südosten reicht die Idsteiner Senke („Goldener Grund“) in diese Beckenlandschaft hinein. Die Randstörungen des Limburger Beckens stoßen im Gebiet von

Westtaunus, Unterlahn und Vorderwesterwald auf Störungsausläufer der Niederrheinischen Bucht über das Neuwieder Becken (Stengel-Rutkowski, 1988). Der Oberrheingraben setzt sich daher mit einem Teilgraben geradlinig in den Taunus hinein fort. Der zentrale Teil des Taunus ist mit den Schwerpunkten Idsteiner Senke und Limburger Becken besonders engräumig in Schollen zerbrochen, von denen sich einige abgesenkt und andere gehoben haben (Stengel-Rutkowski, 1976; Hottenrott & Stengel-Rutkowski, 1990).

Exkursionspunkt 2:

Geotop: Ehemaliger Gemeindesteinbruch von Villmar a.d. Lahn
Lage: R 3442040, H 5584550 (TK 25: 5615 Villmar).
Es steht Kalkstein der mittleren bis oberen Varcus-Conodonten-Zone, Givet-Stufe an (Mitteldevon). Abgebaut wurde hier die Lahnmarmorvarietät „Unica“.

Horizontal und vertikal gesägte Wände verschaffen einen dreidimensionalen Einblick in einen **mitteldevonischen Riffkörper**. Zu sehen ist der zentrale Faziesbereich eines Riffs. Haupttriffbildner sind Stromatoporen, untergeordnet auch tabulate (Thamnopora und Heliolites) und rugose Korallen sowie Crinoiden. Stromatoporen finden sich bis 1 m Größe in Lebendstellung, aber auch umgelagert und dann z.T. orientiert weitergewachsen. Das lagige Gefüge der Stromatoporen lässt sich vermutlich auf Tag/Nacht- oder Gezeitenzyklen zurückführen. Die Wachstumsdauer des hier sichtbaren Riffs dürfte daher ca. 2000 Jahre betragen haben, die Wachstumsgeschwindigkeit der Stromatoporen konnte mit einigen mm/Jahr ermittelt werden. Wiederholt haben größere Ereignisse (z.B. Stürme, Tsunamis, Vulkanausbrüche oder Erdbeben) dazu geführt, dass große Teile der Rifforganismen zerstört und umgelagert wurden. Rote, meist dm-mächtige Schuttlagen bezeugen solche Ereignisse (Flick et al. 1998a; Königshof & Keller, 1999). Nach der Akkumulation dieser Sedimente haben die Stromatoporen die Lagen wieder als Substrat genutzt und siedelten erneut darauf. Aufgrund der Einzigartigkeit und des besonderen Wertes dieses Aufschlusses wurde der ehemalige Steinbruch als Geotop unter Schutz gestellt und überdacht (Königshof & Keller, 1999). Er ist damit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich und Teil des „Marmor“-Weges durch Villmar.

Über dem Steinbruch folgt die ausgedehnte Jüngere Hauptterrasse, von Müller (1973) als „T5 – altpleistozäne Terrasse“ kartiert. Im geologischen Profil sieht man den Kontakt zwischen dem verkarsteten mitteldevonischen Massenkalken und auflagernden Schottern. Von diesem Standort blickt man auf höher gelegene Flussterrassen des

Altquartärs sowie auf Troglflächen- und Rumpfflächenreste (vgl. auch Lippert, 1985).

Exkursionspunkt 3:

Bohrkernlager Villmar-Aumenau des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (ehemalige Eisenerzgrube „Strichen“)

Lage: 3447980, H 5584820 (TK 5615 Villmar).

Mittagspause mit Gelegenheit zu kurzer Führung im Bohrernlager (evtl. mit Besichtigung von Bohrern aus dem Exkursionsgebiet).

Es handelt sich um die Übertagegebäude des ehemaligen Eisenerzbergwerkes Grube „Strichen“. Bis in die 1960er Jahre wurden Eisenerze vom „Lahn-Dill“-Typ gefördert. Seit 1970 befindet sich hier das Bohrernlager des hessischen Geologischen Landesdienstes zur Aufbewahrung und Bearbeitung von Bohrern mit entsprechenden Werkstatteinrichtungen und einer erdgeschichtlichen Belegsammlung.

Die vulkano-sedimentären Roteisenerze vom „Lahn-Dill“-Typ sind an die Produkte des paläozoischen submarinen Vulkanismus gebunden und im Lahn-Dill-Gebiet weit verbreitet. Im Zusammenhang mit Umwandlungsvorgängen (Alteration) in den basaltischen Vulkaniten kam es unter Beteiligung des eingeschlossenen Meerwassers unter reduzierenden Bedingungen zur Mobilisierung von Eisen und Kieselsäure. Durch die Änderung des Milieus hin zu oxidierenden Bedingungen wurden bei Erreichen des Meeresbodens die Kieselsäure als Gel und das Eisen als Hämatit ausgeschieden. Der Höhepunkt der Vererzung lag an der Wende Mittel/Oberdevon vor ca. 376 Mio. Jahren als die sog. Grenzlagervererzungen stattfanden (Lippert & Flick, 1998).

Die Erze vom „Lahn-Dill“-Typ waren Grundlage einer 2000 Jahre alten Bergbautradition. Seine größte Bedeutung erreichte der Bergbau nach dem 1. Weltkrieg als etwa ein Fünftel der deutschen Eisenerzproduktion im Lahn-Dill-Gebiet gefördert wurde. Die letzte Grube „Fortuna“ bei Solms-Oberbiel wurde 1983 geschlossen und ist inzwischen als Besucherbergwerk zugänglich.

Exkursionspunkt 4:

Steinbruch Schneelsberg Nordost der Fa. Schaefer Kalk nordöstlich Steeden

Lage: R 3439600, H 5588100 (TK 25: 4414 Hadamar)

„Massenkalk“ der Givet/Adorf-Stufe (Mittel- bis Oberdevon) mit überlagernden tonigen und kiesigen Sedimenten des Tertiärs sowie mächtiger Löss-Paläoboden-Sequenz des Quartärs.

Die dominante Formation in diesem Steinbruch sind devonische **Riffkalke** des Vorriffbereichs. Der dickbankige Kalkstein mit Stromatoporen und

Korallen erreicht eine Mächtigkeit von rund 200 m. Der CaCO₃-Gehalt liegt bei 97-98 %. Im Kalk eingelagert sind Vulkaniklastite der Givet/Adorf-Phase („Schalstein“). Die Oberfläche des Kalksteins ist aufgrund intensiver tropischer Verwitterung („Mesozoisch-tertiäre Verwitterung“, vgl. Felix-Henningsen, 1990) als Kegelkarst ausgebildet. Auf der stark reliefierten Paläokarstoberfläche liegen tonige Sedimente mit Konkretionen von Eisen-Mangan-Erzen (traubige Manganomelane bzw. Schwarzer Glaskopf, Mineralisationstyp „Lindener Mark“; Flick et al., 1998a). Die **Eisenmanganerze** des Typs „Lindener Mark“ sind also an die Karstoberfläche dieser „Massenkalk“ gebunden und treten im gesamten Rheinischen Schiefergebirge und im Harz auf. Die Erzkonzentration ist das Ergebnis eines komplexen, mehrphasigen Anreicherungsprozesses, an dem hydrothermale Vorgänge, Verwitterung und jüngere Umbildungen beteiligt waren (Kirnbauer, 1998). Gebunden sind die Erze an Dolomitierungs-zonen im „Massenkalk“. Die mächtigsten Erzlager haben sich in tiefen Mulden und Taschen des Karstreliefs aber auch an Störungen gebildet. Das genaue Alter der Erzgenese ist unklar. Der Rest eines mit Buchenzweigen (*Fagus sylvatica*, det. H. Rittweger, 2003) ausgeflochtenen Schachtes belegt, dass noch in jüngster Vergangenheit hier nach diesen Erzen gesucht wurde. Eine Radiokohlenstoff-Datierung des Holzes ergab junge ¹⁴C-Alter: Probe „Lim 1 H“, Lab.-Nr. UtC-11910, Delta ¹³C: -26.7 ‰; ¹⁴C-Alter: 108 ± 32 BP. Nach der dendrochronologischen Kalibrierung sind drei Alterbereiche möglich: 1691-1727, 1812-1889, 1909-1920 n.Chr.

Die hangenden sandig-kiesigen Sedimente in der Fazies der Arenberg Formation („Vallendarer Schotter“) werden ins mittlere bis obere Oligozän gestellt (Sonne, 1982; Weidenfeller & Requadt, 1993) und neuerdings zeitlich mit einer marinen Rupel-Transgression in Zusammenhang gebracht. In Karstschloten der Region können diese Ablagerungen Mächtigkeiten von über 100 m erreichen. Die Grenze der Erzlager zu den hangenden, z.T. vererzten Sedimenten des Tertiärs ist häufig unregelmäßig und unscharf.

In den vererzten laminierten rötlichen Tonsteinen der Tertiärbasis im Steinbruch sind häufig Pflanzenreste zu finden (vgl. Abb. 5). Bisher konnten Farnwedel und ein *Calamites* (det. M. Krings, München) bestimmt werden.

An der östlichen Seite der NNW-Wand des Steinbruchs sind oberhalb der tertiären Tonsteine mehr als 12 m mächtige **quartäre Deckschichten** aufgeschlossen. Der Aufschluss gliedert sich in einen 6 m mächtigen basalen Fließerde-Komplex und eine etwa 7 m mächtige Löss-Paläoboden-Abfolge (Abb. 8). In den Lössschichten konnte H. Rittweger an mehreren Stellen kaltzeitliche Mollusken (u.a. *Columella columella* und *Pupilla* sp.) nachweisen.

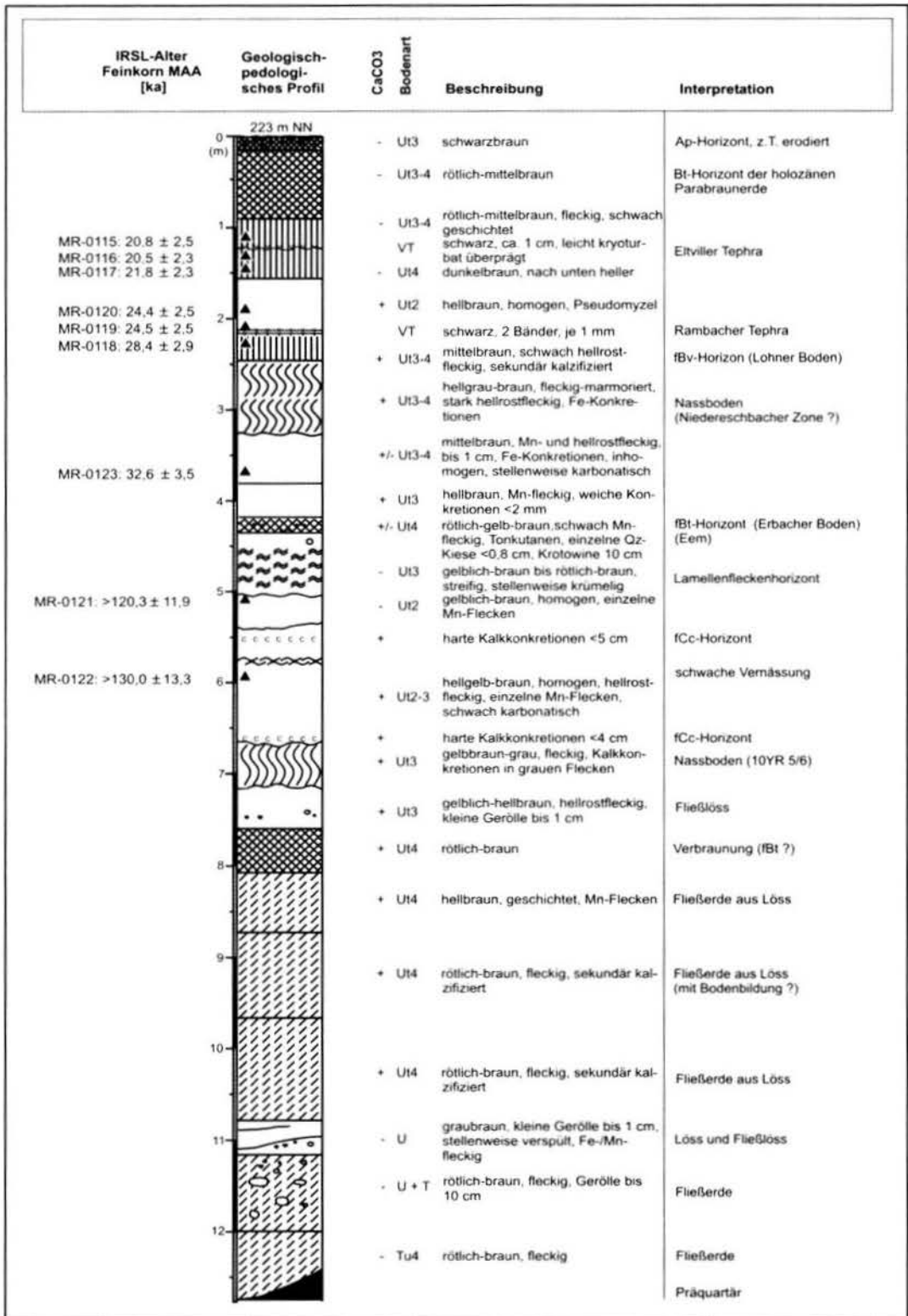


Abb. 8: Deckschichtenprofil im Kalksteinbruch Schneelsberg Nordost an der NNW-Wand der Grube. Die Lumineszenz-Datierungen (IRSL) wurden mittels Multiple Aliquot-Technik an der Feinkornfraktion (4-11 µm) durchgeführt.

Tab. 1: Ergebnisse der Gammaskpektrometrie und der Lumineszenz-Datierungen aus dem Löss-Paläoboden Profil des Steinbruchs Schneelsberg Nordost (vgl. Abb. 8).

Probe	Labor-nummer	U [$\mu\text{g g}^{-1}$]	Th [$\mu\text{g g}^{-1}$]	K [%]	Kosm. D [$\mu\text{Gy a}^{-1}$]	D [Gy ka^{-1}]	D_e [Gy]	IRSL-Alter [a]
STE 1	MR-0115	2,38 ± 0,08	9,35 ± 0,29	1,09 ± 0,07	201,4	3,1 ± 0,3	63,45 ± 4,15	20784 ± 2470
STE 2	MR-0116	2,55 ± 0,09	9,50 ± 0,29	1,11 ± 0,07	200,3	3,1 ± 0,3	64,64 ± 2,97	20530 ± 2254
STE 3	MR-0117	2,63 ± 0,08	9,47 ± 0,27	1,16 ± 0,08	196,5	3,2 ± 0,3	69,96 ± 2,37	21764 ± 2294
STE 4	MR-0118	2,21 ± 0,07	8,12 ± 0,25	1,04 ± 0,07	186,0	2,8 ± 0,3	79,45 ± 2,37	28408 ± 2918
STE 5	MR-0119	2,66 ± 0,08	8,36 ± 0,23	1,23 ± 0,08	188,5	3,2 ± 0,3	77,53 ± 1,78	24548 ± 2474
STE 6	MR-0120	2,81 ± 0,09	8,64 ± 0,26	1,20 ± 0,08	190,5	3,2 ± 0,3	78,58 ± 1,18	24399 ± 2459
STE 7	MR-0121	2,80 ± 0,09	9,23 ± 0,27	1,43 ± 0,10	153,5	3,4 ± 0,3	414,15 ± 1,77	120276 ± 11922
STE 8	MR-0122	2,78 ± 0,09	9,14 ± 0,26	1,30 ± 0,09	146,6	3,3 ± 0,3	429,78 ± 8,30	129970 ± 13288
STE 9	MR-0123	2,70 ± 0,09	8,81 ± 0,26	1,25 ± 0,09	167,9	3,2 ± 0,3	104,78 ± 4,14	32561 ± 3499

Kosmische Dosisleistung berechnet mit dem Programm KosmDL v1.0 von P. Karelin; D = Dosisleistung; D_e = Paläodosis; Nuklidgehalte wurden gammaskpektrometrisch bestimmt; Wassergehalt: 15 ± 5 Gew-%; Korngröße: 4-11 μm ; Messprotokoll: Multiple Aliquot Additiv; IRSL = Infrarot stimulierte Lumineszenz.

Rotbraune tonige Fließerden bilden die Basis. Zwischen 12,00 m und 11,10 m u.O. sind Quarzgerölle (bis 10 cm Größe) und verwittertes Grundgebirgsmaterial eingelagert (Abb. 9). Andernorts im Steinbruch wurden in dieser Schicht Säugetierreste gefunden (Knochen, Relikt eines Mammutstoßzahns). Es folgen ein geringmächtiger homogener entkalkter Löss sowie Fließerden aus Löss mit bis 1 cm großen Geröllen. Der Fließerdekomplex schließt mit einer schwachen Verbraunung zwischen 8,10 m und 7,60 m u.O. (fossiler Bt-Horizont einer Parabraunerde?). Partielle karbonatische Bereiche im Fließerde-Komplex sind auf postsedimentäre Karbonatverlagerung (sekundäre Aufkalkung) zurückzuführen.



Abb. 9: Übersicht über das mehr als 12 m mächtige Deckschichtenprofil. An der Basis ist die kiesführende Fließerde gut zu erkennen.

Oberhalb von 7,20 m folgen ein Fließlöss und ein stark fleckiger Nassboden. Darauf liegt etwa 1,7 m mächtiger Löss mit schwachen Hydromorphie-Merkmalen und deutlich entwickelten Lösskindelhorizonten bei 6,60 m und 5,50 m. Die OSL-Datierung ergab $>130 \pm 13$ ka bzw. $>120 \pm 12$ ka und liefern unter Berücksichtigung der Unterbestimmungstendenzen in diesem Altersbereich ein mindestens vorletztglaziales Alter. Der Lösskindelhorizont bei 5,50 m u.O. lässt allerdings auch den Schluss zu, dass gerade die unteren Sedimente bedeutend älter sein können.

Darüber folgen eine Lamellenfleckenzone und ein fossiler Bt-Horizont, der mit dem letzten In-



Abb. 10: Detailaufnahme des oberen Abschnitts mit der Eltviller Tephra. Die Lage ist leicht kryoturbar verwürgt und durchmisch.

terglazial korreliert werden kann und nach der Lössgliederung von Semmel (1990; vgl. auch Fetzer et al., 1995) in Hessen als Erbacher Boden bezeichnet wird. Der überlagernde Schwemmlöss ist nur schwach kalkhaltig und wurde der OSL-Datierung zufolge im Sauerstoffisotopenstadium (OIS) 3 umgelagert. Ein kräftiger Nassboden, der evtl. der Niedereschbacher Zone entspricht, und der Bv-Horizont des so genannten Lohner Bodens schließen das Mittelwürm ab. Für die Sedimente des Lohner Bodens ergibt sich ein OSL-Alter von $28,4 \pm 2,9$ ka.

Das Jungwürm (OIS 2) setzt mit autochthonem Löss ein. An der Basis sind zwei dünne schwarze vulkanische Bändchen eingeschaltet, die mit der Rambacher Tephra korreliert werden. Im oberen Teil des Jungwürmlösses, etwa 1,20 m u.O., ist die Eltviller Tephra als ca. 1 cm mächtiges, krypturbat verwürgtes, schwarzes Band aufgeschlossen (Abb. 10). Ausgehend von den Sedimentationsaltern (vgl. Abb. 8) ergibt sich für die Eltviller Tephra ein Altersmittelwert von $20,7 \pm 2,4$ ka, was gut mit den Ergebnissen anderer Bearbeiter korreliert (Frechen & Preuß 1996, Buschbeck et al. 1992, Zöller 1988). Nach unserer OSL-Datierung liegt das Eruptionsalter der Rambacher Tephra zwischen $24,5 \pm 2,5$ und $28,4 \pm 2,9$ ka.

Der Jungwürmlöss wurde postglazial – erstmals evtl. bereits im Allerød – im oberen Bereich pedogen überprägt. Dabei wurde das Tephraaband nicht vollständig zerstört, sondern nur leicht durchmischt. Darüber ist der Bodenhorizont stellenweise verspült und laminiert. Das Profil schließt mit dem rezenten Ap-Bt-Horizont ab. Bemerkenswert ist, dass die Laacher-See-Tephra makroskopisch nicht nachgewiesen werden konnte. Entweder wurde sie bioturbat oder anthropogen (Ap-Horizont) in die oberste Schicht eingearbeitet oder sie ist erodiert. In der Umgebung treten Erosionsformen (Dellen) auf.

Literatur

- Anderle, H.-J., M. Hottenrott, Y. Kiesel & T. Kirnbauer (2003): Das Paläozän von Hahnstätten im Taunus (Bl. 5614 Limburg a.d. Lahn): Untersuchungen zu Tektonik, Paläokarst, postvariskischer Mineralisation und Palynologie. - Cour.-Forsch.-Inst., Senckenberg 241, 183-207.
- Andres, W. (1967): Morphologische Untersuchungen im Limburger Becken und der Idsteiner Senke. - Rhein-Main. Forsch. 61, 1-88.
- Andres, W., mit Beiträgen von A. Semmel (1988): Die Formenentwicklung im Bereich des Limburger Beckens und des westlichen Hintertaunus im Tertiär und Quartär (Exkursion D am 7. April 1988). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. N.F. 70, 75-86.
- Brückner, H. (1989): Küstennahe Tiefländer in Indien - ein Beitrag zur Geomorphologie der Tropen. - Düsseldorf Geographische Schriften, Heft 28, 239 S.; Düsseldorf.

- Brückner, H. & N. Bruhn (1992): Aspects of weathering and peneplanation in Southern India. - Zeitschrift f. Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 91, 43-66; Berlin, Stuttgart.
- Buschbeck, H.M., H.U. Chun, R. Döning & R. Gefßler (1992): Thermoluminescence dating of loess horizons in Wiesbaden-Gräselberg and Wallertheim by the quartz-inclusion method. - Quaternary Science Reviews 11, 19-23.
- Dittrich, D., W.R. Franke, J. Gad, J. Haneke, H. Requadt, P. Schäfer & M. Weidenfeller (2003): Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1: 300000. Mainz (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz).
- Felix-Henningsen, P. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge - Aufbau, Genese und quartäre Überprägung. - Relief, Boden, Paläoklima 6, 1-129. Berlin, Stuttgart (Gebr. Borntraeger).
- Fetzer, K.D., K. Larres, K.-J. Sabel, E.-D. Spieß, & M. Weidenfeller (1995): Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland. - In: Benda, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. 408 S., 1995, Bornträger, Berlin, Stuttgart.
- Flick, H., T. Kirnbauer & K.-W. Wenndorf (1998a): Lahnmulde III: Südwestliche Lahnmulde. - In: Kirnbauer, T. (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. Tagungsband zur VFMG-Sommertagung in Herborn (Lahn-Dill-Kreis). Jb. Nass. Ver. Naturkd., So.-Bd. 1, 284-288.
- Flick, H., H.-J. Lippert, H.-D. Nesbor & H. Requadt (1998b): Lahn- und Dillmulde. - In: Kirnbauer, T. (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. Tagungsband zur VFMG-Sommertagung in Herborn (Lahn-Dill-Kreis). Jb. Nass. Ver. Naturkd., So.-Bd. 1, 33-62.
- Frechen, M. & F. Preuß (1996): Kombinierte Lumineszenz-Datierungen am Beispiel des Lößprofils Mainz-Weisenau. - Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten D 20: 53-66.
- Freiling, H.-J. & M. Hottenrott (1995): Mitteilung über zwei Vorkommen jüngerer Tertiärs (Ober-Oligozän, Pliozän) in Baugrunderkundungsbohrungen bei Limburg-Lindenholzhausen (Limburger Becken). - Jahresberichte wetterau. Ges. ges. Naturkunde Jg. 146-147, 169-183.
- Heckel, P.H. & B.J. Witzke (1979): Devonian world palaeogeography determined from distribution of carbonates and related lithic palaeoclimatic indicators. - In: House, M.R., C.T. Scrutton, & M.G. Bassett (1979): The Devonian system. - In: Spec. Papers in Palaeont., 23.
- Hentschel, H. & J.-D. Thews (1979): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.000, Blatt Nr. 5514 Hadamar, 2. Aufl. 1-169. Wiesbaden (Landesamt für Bodenforschung).
- Hottenrott, M. & W. Stengel-Rutkowski (1990): Pliozän in einer Brunnenbohrung im Lahntal N Limburg-Eschhofen – ein Beitrag zur Pliozänstratigraphie in Hessen und zur jüngsten Vertikaltektonik im Limburger Becken. - Geol. Jb. Hessen 118, 155-166.
- Kegel, W. (1922): Abriß der Geologie der Lahnmulde. – Erläuterungen zu einer von Johannes Ahlburg hinterlassenen Übersichtskarte und Profildarstellung der Lahnmulde. - Abh. preuß. geol. L.-Anst. N.F. 86, 1-81.
- Kirnbauer, T. (1998): Eisenmanganerze des Typs „Lindener Mark“ und Eisenerze des Typs „Hunsrückerze“.

- In: *Kirnbauer, T.* (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. Tagungsband zur VFMG-Sommertagung in Herborn (Lahn-Dill-Kreis). Jb. Nass. Ver. Naturkd., So.-Bd. 1, 209-216.
- Königshof, P.*, mit einem Beitrag von *T. Keller* (1999): „Lahn-Marmor“, Riffe im Devon. - In: *Hoppe, A. & F.F. Steininger* (Hrsg.): Exkursionen zu Geotopen in Hessen und Rheinland-Pfalz sowie zu naturwissenschaftlichen Beobachtungspunkten Johann Wolfgang von Goethes in Böhmen. - Schriftenreihe Dt. Geol. Ges. 8, 223-230.
- Krebs, W.* (1971): Devonian Reef Limestone in the Eastern Rhenish Schiefergebirge. - In: *Müller, G.* (Hrsg.): Sedimentology in Parts of Central Europe. Guidebook, 45-81. Frankfurt a.M. (Waldemar Kramer).
- Lippert, H.-J. & H. Flick* (1998): Vulkanosedimentäre Roteisenerze vom Lahn-Dill-Typ. - In: *Kirnbauer, T.* (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. Tagungsband zur VFMG-Sommertagung in Herborn (Lahn-Dill-Kreis). Jb. Nass. Ver. Naturkd., So.-Bd. 1, 121-128.
- Lipps, S.* (1985): Relief- und Sedimententwicklung an der Mittellahn. - Marburger Geographische Schriften 98, 93 S.; Marburg.
- Mühlhaus, I.* (1965): Limnische Oberkreide in einer Massenkalk-Doline im Steinbruch Hermannstein (Blatt 5417 Wetzlar). - Notizbl. hes. L.-Amt Bodenforsch. 93, 176-186.
- Müller, K.-H.* (1973): Zur Morphologie des zentralen Hintertaunus und des Limburger Beckens. - Ein Beitrag zur tertiären Formengeneese. - Marburger Geographische Schriften 58, 112 S. Marburg.
- Müller, K.-H.* (1974): Zur Morphologie der plio-pleistozänen Terrassen im Rheinischen Schiefergebirge am Beispiel der Unterlahn. - Ber. zur Deutschen Landeskunde, 48, 43-60. Bonn - Bad Godesberg.
- Müller, K.-H.* (1975): Tektonogenetische und klimagenetische Einflüsse auf die Talentwicklung an der Unteren Lahn. - Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 23, 75-81. Berlin, Stuttgart.
- Müller, K.-H.* (1990): Quartär. - In: Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25000, Erläuterungen Blatt 5613 Schaumburg, 56-61. Mainz.
- Oetken, S.* (1997): Faziesausbildung und Conodonten-Biofazies mittel-/ober-devonischer Riffgesteine in der mittleren Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). - Dissertation am Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität Marburg, 164 S. Marburg (*Verlag Görlich & Weiershäuser, Wissenschaft in Dissertationen, Band 207*).
- Ploschcz, C.* (1994): Quartäre Vertikaltektonik im südöstlichen Rheinischen Schiefergebirge begründet mit der Lage der jüngeren Hauptterrasse. - Bonner Geowissenschaftliche Schriften 12.
- Rittweger, H.* (2003): Eiszeit - Steinzeit - Mittelalter. Zeitspuren und archäologische Denkmäler unter dem Dienstleistungszentrum am Limburger ICE-Bahnhof. - In: Jahrbuch des Kreises Limburg-Weilburg 2003: 259-269. Limburg.
- Rittweger, H.* (2004): Zur geowissenschaftlichen Bedeutung des Geotops „Kegelkarst Runkel-Hofen“ (<http://www.mobileslandschaftsmuseum.de/>)
- Semmel, A.* (1990): Der Naturraum und seine Veränderungen. - In: *Herrmann, F.R. & A. Jockenhövel* (Hrsg.): Die Vorgeschichte Hessens. 533 S., 1990, Theiss, Stuttgart.
- Stengel-Rutkowski, W.* (1976): Idsteiner Senke und Limburger Becken im Licht neuer Bohrergebnisse und Aufschlüsse (Rheinisches Schiefergebirge). - Geol. Jb. Hessen 104, 183-224.
- Stengel-Rutkowski, W.* (1988): Die Geologie der näheren Umgebung der Stadt Limburg a.d.Lahn (Exkursion A am 5. April 1988). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 70, 19-27.
- Sonne, V.* (1982): Waren Teile des Rheinischen Schiefergebirges im Tertiär vom Meer überflutet? - Mainzer geowiss. Mitt. 11, 217-219.
- Velten, C. & P. Wienand* (1989): Kräfte der Erde: Kleine Geologie des Weilburger Landes. - In: Heimat- und Bergbaumuseum der Stadt Weilburg (Hrsg.): Libelli: Museum extra, 4.
- Weidenfeller, M. & H. Requadt*, mit Beiträgen von *M. Hottenrott, C. Krause & P. Schäfer* (1993): Das Marienfelder (Miehlener) Becken im Känozoikum (Hintertaunus, Rheinisches Schiefergebirge). - Mainzer geowiss. Mitt. 22, 99-140.
- Wintle, A.G. & D.J. Huntley* (1982): Thermoluminescence dating of sediments. - Quaternary Science Reviews 1, 31-58.
- Zöller, L., H.E. Stremme & G.A. Wagner* (1988): Thermolumineszenz-Datierungen an an Löss-Paläobodenabfolgen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein. - Chemical Geology (Isot. Geosc. Sect.) 73, 39-62.

G 6: Weinbergböden und Bodenschutz in den Weinbaugebieten Rheingau und Mittelrhein

K. Emde¹, K. Friedrich², O. Löhnertz³

Zielsetzungen der Exkursion

Die bodenkundliche Exkursion in den Rheingau beschäftigt sich im Schwerpunkt mit standortkundlichen Fragen des Weinbaus. Aus der Fülle der Themen wurden einige herausgegriffen, die intensiver betrachtet werden sollen. Neben der speziellen Bodengeographie von Weinbaugebieten durch die intensive kulturhistorische Überprägung der Landschaft stehen Fragen der Bestockung, Bodenerosion, stofflichen Belastung, Pflanzenernährung, Bewässerung und des Bodenpflegesystems im Vordergrund. Auch die Frage der Standorteigenschaften in Bezug auf Geschmack und Weinqualität sind Thema zu gegebener Stunde.

Beschreibung des Exkursionsgebietes



Abb. 1: Übersicht über das Exkursionsgebiet

Der Rheingau (Oberer Rheingau) erstreckt sich als 3 bis 6 km breites Band auf ca. 25 km zwischen Wiesbaden und Rüdesheim parallel zum Rhein. Die sanft gewellte Hügellandschaft wird vom Verlauf des Rheins nach Rüdesheim hin zunehmend verengt, bis sie bei Assmannshausen vom Taunuskamm abgeschnürt wird. Die nach Süden bis Südosten exponierte Abdachung vom Taunuskamm bis zum Rhein wurde von den Seitenbächen in zahlreiche langgezogene Rücken und Riedel zertalt.

Die Exkursionsroute ist im zentralen Bereich des Oberen Rheingaus zwischen Wiesbaden und Rüdesheim angelegt. Sie beginnt mit einem thematischen Überblick am Steinberg unterhalb von Kloster Eberbach. Hier werden spezielle Fragen zur Bodenerosion in Weinbergslagen erläutert. Der zweite

Standort am Greifenberg liegt unmittelbar östlich von Schloss Vollrads. Neben der Diskussion der Bodenansprüche von Rigosolen und der Thematik Pflanzenernährung wird ein kleiner Einblick in das Weingut gewährt. Weiter geht es dann zum etwa 2 km südwestlich gelegenen Schlossberg unterhalb Schloss Johannisberg. Thematischer Schwerpunkt ist hier die künstliche Bewässerung. Mit einem Abstecher Richtung Mittelrheintal bis zur Burg Ehrenfels, westlich von Rüdesheim, werden noch Belange der Extremstandorte und Aspekte des Weltkulturerbes Mittelrhein dargelegt. Von dort aus führt die Exkursion nach Geisenheim, um die standortkundlichen Fragen des Tages beim Thema „Terroir“ im Weinkeller abzuschließen.

Klima

Das Klima des Exkursionsgebietes ist durch die besondere Lage des Rheingaus mit der Gebirgsumrahmung im Norden und Westen und einem Übergang nach Süden zur Beckenlandschaft des Mainzer Beckens sowie im Nordosten zum Main-Wetterau-Tiefland gekennzeichnet. Die klimatischen Verhältnisse im Rheingau werden sehr gut durch die langjährigen Klimadaten der Station Geisenheim veranschaulicht (1884-2003). Wie aus Abbildung 2 zu ersehen ist, zeichnet sich der Rheingau trotz der geographischen Breite (50. Breitengrad) durch sehr günstige Klimawerte aus. Der Rheingau gehört damit zu den wärmsten, aber auch trockensten Gebieten in Mitteleuropa. Überwiegend milde Winter, vergleichbar warme Sommer und gleichmäßig über das Jahr verteilte Niederschläge prägen diesen Naturraum. Die bevorzugten Weinbaustandorte sind die süd- und die südwestexponierten Hänge und die vom Taunus zum Rhein verlaufenden Täler, die meist optimale Einstrahlungsverhältnisse erlauben. Die durchschnittliche Sonnenscheindauer (Geisenheim) liegt bei 1644 Stunden im Jahr, in der Vegetationsperiode sind es 1306 Stunden.

Geologie und Geomorphologie

Der größte Teil des Rheingaus zählt geologisch zum Mainzer Becken, einem tertiären Senkungsgebiet, das mit Sanden, Tonen, Mergeln und Kalken verfüllt wurde.

Mit dem Anstieg vom Mainzer Becken zum Taunus wird, morphologisch nicht immer zu erkennen, die Randverwerfung überschritten, und der Untergrund wechselt zu teilweise tiefgründig zersetztem Phyllit, Serizitgneis und Tonschiefer des Rheinischen Schiefergebirges. Westlich Rüdesheim bilden auch Quarzite und Sandsteine des Naturraumes Taunuskamm den Untergrund. Zudem haben die älteren Flussverläufe des Rheins in verschiedener Höhenlage Sande und Kiese in Form einer Terrassentreppe auf unterschiedlichen Höhenniveaus hinterlassen.

¹ Dr. Kurt Emde, Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz

² Dr. Klaus Friedrich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

³ Prof. Dr. Otmar Löhnertz, FA Geisenheim, Fachgeb. Bodenk. und Pflanzenern., Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim

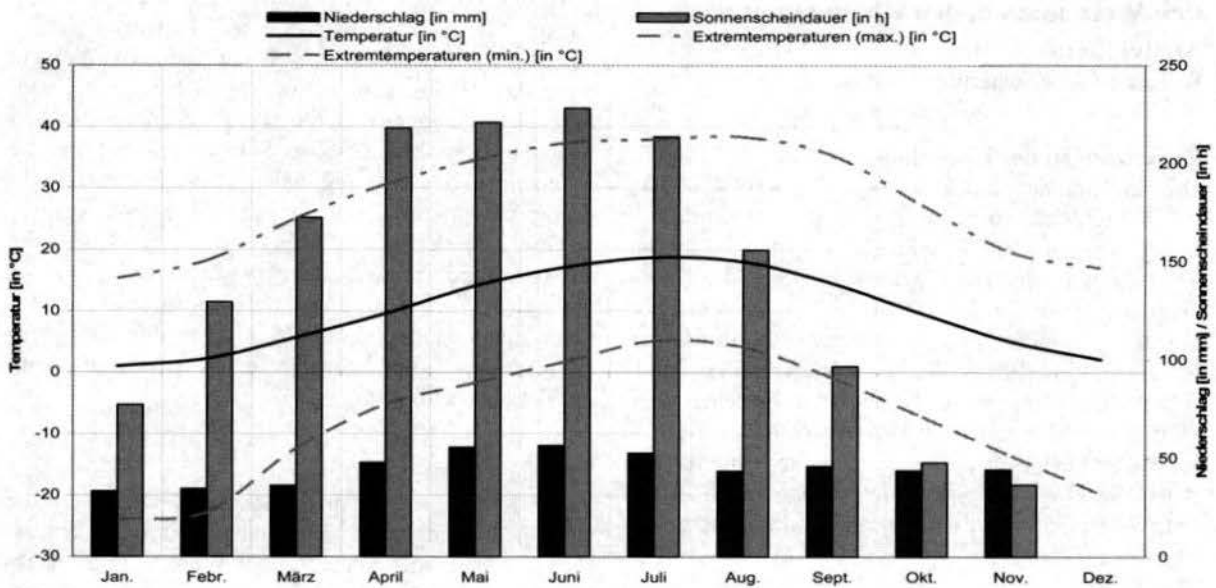


Abb. 2: Monatliche Mittelwerte und Extreme der Station Geisenheim aus dem Zeitraum 1884 bis 2003 (Quelle DWD, Außenstelle Geisenheim, 2004)

Diese Gesteine bilden den tieferen Untergrund, in der Regel aber nicht die Ausgangsgesteine der Bodenbildung. Hier ist in erster Linie der Löss oder Sandlöss zu nennen. Ab den mittleren Höhenlagen und allgemein in Südost- und Ost-Expositionen findet man Lösssubstrate in mächtigen Schichten, die mit dem Anstieg zum Taunus immer stärker ausdünnen und nur noch als geringmächtiger Schleier auftreten. Hier schließen sich Flächen mit solifluidal bewegtem Material aus Lösslehm und hangaufwärts anstehenden Gesteinen an.

Im Mittelrheintal (Unterer Rheingau) treten als Untergrundstein vorwiegend der Quarzit, Sandstein sowie Tonschiefer auf. Terrassenreste als Flussablagerung sind im Steiltal nur kleinräumig erhalten geblieben und häufiger als Schotterstreu in den Fließbetten über den Hang verteilt. Auch die Lössflächen sind i.d.R. auf Unterhänge und konvergente Formen begrenzt. Charakteristisch für den Unteren Rheingau sind die vielfach ausgebildeten Felsausbisse, die Felshumböden, Rohböden und Ranker aufweisen. Ansonsten überwiegen als Ausgangsgestein der Bodenbildung flachgründige Soliflukationsdecken, die sich in den exponierten Hangflanken aus wenig Löss, aber viel grobbodenreichem Material des Untergrundgesteins zusammensetzen. Die Gründigkeit der Deckschichten ist meist auf 0,5 m beschränkt.

Neben den natürlichen Deckschichten spielen aber auch flächenmäßig die anthropogenen Substrataufschüttungen im Rheingau eine wichtige Rolle. Durch die intensive, seit Jahrhunderten landschaftsgestaltende Bodenerosion und Terrassierung sowie in der Neuzeit durchgeführten Flurbereinigungs- und Standortverbesserungsmaßnahmen sind ein Großteil

der Weinberge durch mehr oder weniger standortgerechte Substratauffüllungen gekennzeichnet.

Bodengesellschaften

Zur Charakterisierung der Böden in den Weinbaugebieten Hessens wurde schon in den 50er Jahren mit einer Bodenkartierung begonnen. Hierzu wurde in Anlehnung an die Bodenschätzung eine substratorientierte Systematik zur Beschreibung von Boden Gruppen entwickelt (vgl. Pinkow 1948, Zakosek 1967). Die Aggregation von Boden Gruppen wurde dabei weniger unter bodengenetischen Gesichtspunkten vorgenommen. Die Zielsetzung lag vielmehr in der Gliederung der spezifischen Standortfunktionen des Wasserhaushaltes, Carbonatgehaltes und des Ausgangsmaterials der Deckschichten des oberflächennahen Untergrundes. Die Ergebnisse der Kartierungen liegen als Weinbergsbodenkarten im Maßstab 1:2000 bis 1:5000 vor und sind als Übersicht mit der Karte der Boden Gruppen im digitalen Weinbaustandortatlas von Hessen verfügbar (Friedrich & Sabel 2004).

Betrachten wir die natürliche Bodengesellschaft des Rheingaus, so werden große Flächenanteile auf den Lössen von den tief entwickelten, nährstoffreichen Parabraunerden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt dominiert. Der seit über tausend Jahren andauernde Acker- und Weinbau förderte in Erosionslagen den Bodenabtrag, so dass die im Holozän entwickelten Böden häufig völlig abgetragen wurden. Heute finden wir auf diesen Standorten kalkhaltige Pararendzinen, die meist unter aufgeschütteten Substraten bedeckt sind. Das zuvor abgetragene Bodenmaterial füllt dagegen in vielen Fällen als Kolluvisol

Unterhänge, Dellen und Trockentäler oder wurde an anderer Stelle zur Bodenverbesserung aufgebracht.

Wo die Lössbedeckung gering war und die tertiären Sedimente in der Solifluktsdecke aufgearbeitet wurden, sind über dem Sand trockene Braunerden, über dem Ton Pelosole und über den Mergeln und Kalken Rendzinen verbreitet. Auf den zu Saprolith zersetzten Phylliten, die vornehmlich auf ebenen Standorten erhalten geblieben sind, neigen die Böden zur Staunässe. Diese bilden vor allem größere Flächenareale oberhalb des Weinbaugebietes in den anschließenden Waldarealen des Taunus.

In den steilen Hangpositionen stand dagegen das frische Gestein an, wurde durch die Frostsprengung aufgearbeitet und solifluidal hangabwärts bewegt. In diesen steinig-grusigen Solifluktsdecken entstehen vornehmlich Braunerden mit geringem bis mittlerem Wurzelraum und unausgeglichenem Wasserhaushalt. In den Tallagen sind nährstoffreiche Böden verbreitet. Sie sind je nach Grundwasserstand als Gleye oder Braune Auenböden ausgebildet.

Die natürliche Verbreitung der Deckschichten und der darin im Holozän entwickelten Böden ist jedoch zu erheblichen Flächenanteilen durch die Einwirkung des Menschen überprägt. Bodenerosion, Terrassierung, Aufschüttung und Rigolen haben den Bodenaufbau über viele Jahrhunderte gewandelt. Mit der Flurbereinigung wurde Bodenbewegung in größerem Ausmaß eingeführt. Heute wird bei einer Neubestockung im Regelfall im Rahmen des sogenannten Erosionsersatzes Bodenmaterial eingebracht und ein kleinräumiger Reliefausgleich durchgeführt. Das Material stammt zwar meist aus der Region, ist aber häufig nicht standortgerecht, das heißt, es ist in vielen Fällen für die Lokalität untypisches Bodenmaterial und verändert hiermit den Standortfaktor Boden des natürlichen Terroirs.

Somit ist die Weinbergslandschaft maßgeblich durch Erosionsstandorte und Kippböden geprägt. Häufig sind in den Profilen mehrere Erosionsdiskordanzen und Aufschüttungsbereiche mit unterschiedlichem Bodenmaterial und auch künstlichen Substraten zu finden. Die Erosions- bzw. Akkumulationsbeträge liegen dabei zwischen wenigen Dezimetern bis mehreren Metern.

Drei Beispielprofile der Exkursion sind im Anhang angefügt. Sie beschreiben unterschiedliche Standorte und Überprägungen. Das Profil G6-1 zeigt einen durch Rigolen überprägten Boden mit standortgerechtem Material, das zu großen Anteilen aus der Hauptlage stammt. Das Profil G6-2a ist Bestandteil einer Catena am Greifenberg mit stark durch Lösslehm beeinflusstem Rigolhorizont über tertiären Meeresablagerungen. Dagegen zeigt Profil G6-3b unterhalb Schloss Johannisberg ein Erosionsprofil auf Löss, das mit umgelagertem Löss und grobbodenreichem Erdaushub überlagert ist.

Siedlungs- und Nutzungsgeschichte

Schon seit dem Neolithikum weist der Rheingau eine geschlossene Besiedlung auf (Amayo 1979, Kesten 1961, Tisowsky 1961). Zu Beginn der Römerzeit und verstärkt in der karolingischen Zeit tritt eine immer intensivere Landnutzung auf. Die planmäßige Erweiterung der landwirtschaftlichen Nutzfläche, insbesondere der Rebflächen, wurde erst durch die verstärkten Impulse der Klöster eingeleitet. Nachdem es im 18. und 19. Jahrhundert zu einer bedeutenden Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche kam, veränderte sich gegen Ende des 19. bis 20. Jahrhunderts das Landschaftsbild zugunsten der Rebflächen bis zur maximalen Ausdehnung in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Heute werden aufgrund der wirtschaftlichen Gegebenheiten mehr und mehr Rebflächen wieder aufgegeben (Emde 1992, Tantow 2004, Tisowsky 1961).

Weinbauliche Nutzung

Das Weinbaugebiet Rheingau ist mit 3.125 ha (Stand 2002) eines der kleineren deutschen Anbaugebiete und entspricht ca. 3% der deutschen Rebfläche, die insgesamt ca. 100.000 ha umfasst.

Als klassisches Weißweingebiet, in dem die Rebsorte Riesling mit über 80 % der Rebfläche absolut beherrschend ist, beträgt der Rotweinanteil nur 15 %. Wenn bei den weißen Sorten der Riesling dominiert, steht die Sorte Spätburgunder (Pinot noir) bei den Rotweinsorten als Leitrebsorte im Vordergrund. Während in der Vergangenheit lediglich in Assmannshausen Rotwein angebaut wurde und sich historisch bedingt eine „Rotweininsel“ bildete, hat heute der Rotwein im gesamten Rheingau Einzug gefunden.

Im Ertragsweingebiet gibt es weltweit nur noch wenige Areale mit wurzelechten, ungepfropften Reben. In Deutschland wurde im 19. Jahrhundert aus Nordamerika die Reblaus eingeschleppt (üblicherweise falsch „Phylloxera“ genannt; richtige Bezeichnung: *Dactylospira vitifolii*). Die Ausbreitung führte zu verheerenden Schäden im europäischen und auch deutschen Weinbau. Bei der Bekämpfung unterbricht der moderne Weinbau den komplizierten Fortpflanzungsmechanismus der Reblaus an den Wurzeln und Blättern. Während die Blätter bei *Vitis vinifera* (z.B. Riesling, Spätburgunder usw.) nicht befallen werden, existieren reblautolerante Unterlagen aus dem Formenkreis *Vitis riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*, *V. cinerea* u.a. Heute werden daher im Rheingau ausschließlich Pfropfreben angebaut.

Obwohl Weinbau als Monokultur angesehen werden muss, tritt das Problem Bodenmüdigkeit trotz fehlender Fruchtfolge nicht auf. Selbst auf Flächen mit urkundlich belegtem 800-jährigem Anbau von Reben kann keine „Rebenmüdigkeit“ beobachtet werden. Fragen der Nachhaltigkeit spielen dennoch

im Weinbau eine zentrale Rolle, was sowohl die Bodenpflege als auch die Zufuhr von Nährstoffen und die Erhaltung eines angemessenen Humuspiegels anbelangt. Während in der Vergangenheit eine intensive Bodenbearbeitung üblich war, hat sich in den letzten beiden Dekaden die Einführung einer Begrünung etabliert. Dabei werden außer einer zeitlich befristeten Begrünung auch unterschiedliche Formen einer Dauerbegrünung eingesetzt. Neben einer ganzflächigen von Gramineen dominierten Begrünung, wird auch die Einsaat jeder zweiten Gasse durchgeführt. Die bessere Befahrbarkeit der begrüneten Gasse, insbesondere im Pflanzenschutz, steht dabei im Vordergrund. Mit dieser sukzessiven Umstellung des Bodenpflegesystems kann eine allgemeine Extensivierung der Bodenpflege festgestellt werden. Die Zunahme von Verdichtungen und der Abfall der Humusgehalte durch eine reduzierte Zufuhr an organischem Material gefährden die Nachhaltigkeit der Standorte. Dabei steht der Ertrag im Weinbau nicht im Vordergrund. Da eine Vermarktungsregelung eine Ertragsbegrenzung vorschreibt, wird das Ertragspotenzial im Weinbau bei weitem nicht ausgeschöpft und eine Beschränkung des Ertrages bewusst vorgenommen.

Neben einer zunehmenden Extensivierung der Bodenpflege kann auch eine deutliche Reduzierung der Nährstoffzufuhr festgehalten werden. Auch wenn der effektive Entzug durch die Trauben von ca. 25-30 kg N*ha⁻¹, 5-7 kg P*ha⁻¹, 50-60 kg K*ha⁻¹, 10-15 kg Ca*ha⁻¹ und 2-3 kg Mg*ha⁻¹ vergleichsweise gering ist, bestehen besonders bei der Versorgung der Trauben mit Stickstoff Probleme. Für eine optimale Gärung ist ein ausreichender Gehalt an Nährstoffen für die Hefen erforderlich. So sind ca. 1 bis 1,3 g Aminosäuren, was ca. 150 g*l⁻¹ hefeverwertbarem Stickstoff entspricht, erforderlich. Besonders in warmen, trockenen Jahren kann eine Reduzierung dieser Gehalte zu Gärproblemen führen.

Eine Rebanlage enthält ca. 100 kg Stickstoff*ha⁻¹, die zu je einem Drittel in den Dauerorganen (Holzkörper und Wurzeln), den einjährigen Teilen wie Trieben und Blättern und den Trauben enthalten sind.

Bei der Beschreibung und Bewertung von Rebstandorten wird in den letzten Jahren der Begriff Terroir zunehmend genutzt. Bei diesem aus dem französischen stammenden Begriff ist nicht alleine der Boden, sondern der Ursprung bzw. die Herkunft, also der Weinberg gemeint. Es wird demnach die gesamte natürliche Umgebung einer Weinbergslage beschrieben. Neben dem Boden und dem Makro-, Meso- und Mikroklimas spielen die Wechselwirkungen untereinander und zum Relief eine wichtige Rolle.

Eine weitere Auslegung des Begriffes Terroir umfasst die gesamte Ökologie einer Weinbergslage einschließlich der Weinbergspflege. Während insbe-

sondere in den romanischen Weinbauländern wie Frankreich, Italien oder Spanien die Festlegung des Terroirs ein zentraler Eckpunkt der weingesetzlichen Regelung bildet, hat die Frage der Abgrenzung im deutschen Weinbau in der Vergangenheit nicht diese Rolle gespielt. Dennoch spielt das Terroir für die Auswahl der Sorten und Unterlagen eine große Rolle. Es werden - wie am Beispiel Rheingau zu erkennen - nur traditionelle Rebsorten angebaut, deren Expression des Qualitätspotenzials von Umweltbedingungen stark abhängig ist. Bei der Beeinflussung des Weinstiles wird die Bedeutung bodenphysikalischer Faktoren besonders hervorgehoben. Der Wasser- und Lufthaushalt in Verbindung mit der Tiefgründigkeit eines Standortes beeinflussen neben der Zucker- und Säurebildung den Sekundärstoffwechsel der Rebe und damit die Bildung wertgebender Inhaltsstoffe. Von den chemischen Parametern besitzt der Kalkgehalt und der pH-Wert des Bodens insbesondere für die Pufferung der Weine beim Ausbau eine wichtige Funktion. Viele bekannte Weinbauregionen der Welt haben nennenswerte Kalkgehalte, die allerdings ab Calciumcarbonatgehalten größer 15 % zu Chloroseerscheinungen führen können. Durch den hohen Anteil an kalkhaltigen Böden werden im Rheingau besondere, unverwechselbare Rieslingweine produziert. Die Weine im „Unteren Rheingau“ unterscheiden sich durch den fehlenden Kalkgehalt des Bodens deutlich. Diese Weine zeichnen sich durch eine markantere Fruchtigkeit aus.

Bodenerosion unter Weinbau

In der Sonderkultur Wein sind sehr viel häufiger Abschwemmungen gegenüber den konventionell genutzten landwirtschaftlichen Flächen zu verzeichnen. Dies ist insbesondere durch die Ausrichtung der Rebzeilen in Gefällerrichtung, die erosionsfördernde Wirkung der Bodenbearbeitung durch Fräsen und Grubbern in offen gehaltenen Zeilen, die Anlage des Graben-, Straßen- und Wegenetzes und nicht zuletzt durch die exponierte Reliefsituation der Weinbergslagen bedingt.

Am Standort Steinberg (G6-1) werden seit dem Jahre 1989 Untersuchungen zur Bodenerosion durchgeführt. Die Messparzellen wurden zunächst im Rahmen eines BMFT-Projektes betrieben, im Anschluss daran als Bodendauerbeobachtung fortgeführt.

Die Erosionsbeträge einzelner Extremereignisse können als Ergebnis dieser langjährigen Untersuchungen ein Vielfaches der jährlich potenziell zu erwartenden Austräge erreichen. Trotzdem bleibt festzustellen, dass nicht nur die Extremereignisse hohe Bodenausträge verursachen.

Die Bodenausträge in den offenen Varianten erreichen im Rheingau schon unter den mittleren klimatischen Gegebenheiten (kein Starkregen) zwischen 300 und 800 kg*ha⁻¹ je Einzelereignis.

Tab. 1: Bodenausträge in kg*ha⁻¹ (Hanglänge 100 m, 32 % Neigung)

Jahr	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mean
Ereignisse	19	26	2	1	2	2	4	0	5	2	16	26	5	3	14
	(2*)	(3*)		(1*)			(2*)		(1*)		(3*)	(5*)			
kg	96.4	52.5	300	14.4	500	1.00	18.0	0	50.0	10.0	56.0	75.0	15.0	3.00	~28.0
Boden	00	00		00		0	00		00	00	00	00	00	0	00

* extreme Starkregen

Insbesondere durch Befahrung hervorgerufene Bodenverdichtungen haben durch die Intensivierung

Tab. 2: Bodenausträge in kg*ha⁻¹ bei verschiedenen Hanglängen (30 m, 70 m 100 m); 32 % Neigung; (keine Differenzierungen vorgenommen nach Intensität und Dauer der Niederschläge bzw. unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmaßnahmen)

Datum	mm Nieders.	30 m Hangl.	70 m Hangl.	100 m Hangl.
09.05.90	47,3	3.100	12.300	29.200
20.06.90	14,6	310	430	680
30.09.90	8,2	10	40	140
13.08.95	30,0	6.800	10.000	14.000
23.08.95	22,0	1.500	2.900	4.800
14.06.97	9,1	740	2.450	5.800
14.07.97	28,0	3.600	10.700	33.000
27.06.99	28,3	2.500	9.000	20.000
26.08.99	13,7	1.630	4.300	7.150
04.06.00	17,1	2.600	6.000	11.900
05.06.00	6,1	100	550	1.850
02.07.00	16,2	3.600	10.000	17.800
07.07.00	16,1	600	2.600	7.000
10.07.00	17,3	1.250	4.100	10.200
24.07.00	12,6	130	600	1.600
25.07.00	7,5	100	540	1.400
27.07.00	29,1	830	3.200	7.150

der maschinellen Boden- und Pflanzenschutzmaßnahmen zu einem Anstieg der rezenten Bodenausträge entlang der Fahrspuren geführt. Hier kann der Bodenaustrag bis zu 10.000 kg*ha⁻¹ je Einzelereignis betragen. Tabelle 1 zeigt die langjährigen Bodenausträge. Aus dieser Tabelle ist die große Variabilität der Einzelereignisse je Jahr zu erkennen. Nach einem Zeitraum mit wenigen Einzelereignissen, in dem fast keine Bodenerosionsprozesse zu verzeichnen waren, stieg die Anzahl der Ereignisse und damit auch die Höhe der Bodenausträge in den

letzten Jahren deutlich an. Insbesondere die hohen Niederschläge in den Sommermonaten und die mechanisierte Bodenpflege im Weinbau haben zu einem starken Anstieg der Bodenausträge geführt.

Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt die Hanglänge dar. Sie hat einen enormen Einfluss auf das Maß der Bodenausträge. Tabelle 2 zeigt den Bodenverlust in kg*ha⁻¹ bei einer Hanglänge von 30 m, 70 m und 100 m. Hier ist deutlich zu erkennen, dass der Bodenaustrag ab 70 m Hanglänge sehr stark ansteigt. Da die Bodenausträge ab 60-70 m fast exponentiell ansteigen, sollte dies bei zukünftigen Flurneuordnungen Beachtung finden.

Literatur

- Amayo, C. (1979): Holozäne Reliefentwicklung im Mittleren Rheingau (Hessen). – Geol. Jb. Hessen, 107: 179-191; Wiesbaden.
- Emde, K. (1992): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluß und Bodenaustrag in Verbindung mit Starkregen bei verschiedenen Bewirtschaftungssystemen in Weinbergsarealen des Oberen Rheingaus. – Geisenheimer Ber., 12; Geisenheim.
- Friedrich, K. & Sabel, K.-J. (2004): Die Böden und ihre Verbreitung in den hessischen Weinbaugebieten. – Geol. Abh. Hessen, 114: 59-69; Wiesbaden.
- Kesten, A. (1961): Der Rheingau und seine Taunushinterlandschaft. – Diss. Gutenberg-Univ.; Mainz.
- Pinkow, H.-H. (1948): Die Kartierung der Weinbaugebiete im Rheingau, ihr Zweck und ihre Durchführung. – Der Weinbau, 3: 180-182; Mainz.
- Tantow, N. (2004): Landschaftswandel im Oberen Rheingau.– Unveröff. Staatsexamensarbeit, Gutenberg Univ.; Mainz (in Vorb.).
- Tisowsky, K. (1961): Ackerland, Rebflächen und Obstkulturen im Oberen Rheingau. – Frankfurter Geogr. Hefte, 37: 389-423; Frankfurt am Main.
- Zakosek, H. (1967): Die Böden der hessischen Weinbaugebiete. – Abh. Hessisches L.-Amt Bodenforsch., 50: 9-19; Wiesbaden.

G6-1 (Steinberg, BDF Nr. 5)

Bearbeiter: Emmerich/Friedrich

TK25: 5914 Eltville am Rh. Datum: 16.3.1993

Lage: R 3431960 H 5544760 205 m NN

Kreis: Rheingau-Taunus-Kreis

Nutzung: Rebfläche

Vegetation: Riesling

Humusform: -

Relief: Hang, schwach geneigt, SW

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	R-Ap	0-30	schwach sandiger Lehm (Ls2) bis sandig-toniger Lehm (Lts), schwach grusig, stark humos, carbonatfrei, sehr stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
2	R	30-110	Schwach sandiger bis sandiger Lehm (Ls2-Ls3), schwach bis mittel grusig, mittel humos nach unten schwach humos, carbonatfrei, Durchwurzlung mittel im oberen Bereich nach unten sehr schwach, örtl. keine Wurzeln, geringe bis mittlere Lagerungsdichte <i>stark grusführender Kipplehm (aus Lößlehm, Bunte Schiefer)</i>
3	II iCv	110-130 +	sandiger Lehm (Ls3), stark grusig, humusfrei, carbonatfrei, keine Feinwurzeln, mittlere Lagerungsdichte <i>Fließgruslehm (aus Bunte Schiefer) der Basislage</i>

Bodenformensymbol: YYn: oj-(z4)ll (Lol, ^tsf) // pflBL-zl (^tsf)

Bodenformenbezeichnung: Rigosol aus grusführendem Kipplehm (aus Lößlehm, Bunte Schiefer) über tiefem Fließgruslehm (aus Bunte Schiefer) der Basislage

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n g·cm ⁻³
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R-Ap (1)	0-10		10,5	12,7	11,4	16,1	16,2	9,6	23,6	
R-Ap (2)	10-30		11,5	14,0	11,8	12,8	10,7	7,0	22,6	
R (1)	30-50		15,1	14,7	11,8	15,5	14,5	8,7	19,7	
R (2)	50-70	n.b.	12,6	12,4	10,0	17,2	17,2	8,1	22,6	n.b.
R (3)	70-90		12,8	11,7	9,9	17,8	17,8	9,9	20,1	
R (4)	90-110		13,8	11,7	7,5	16,7	15,6	12,5	22,2	
II iCv	110-130		8,4	14,0	17,8	13,6	14,6	10,4	21,2	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol ⁺ ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
R-Ap (1)	0,24	7,6	6,8	0,58	1,65	2,71	11,6		
R-Ap (2)	0,0	7,2	6,7						
R (1)	0,0	7,2	6,4						
R (2)	0,0	7,0	6,1			n.b.		n.b.	n.b.
R (3)	0,0	6,7	5,9						
R (4)	0,0	6,6	5,8						
II iCv	0,0	6,2	5,5						

Horizont	KAK _g	KAK _{eff}	KAK _{eff}	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol ⁺ ·kg ⁻¹	cmol ⁺ ·kg ⁻¹	KAK _p	Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
R-Ap (1)				3,0	0,2	13,2		
R-Ap (2)				1,7	0,1	17,4		
R (1)				2,0	0,1	15,5		
R (2)		n.b.		1,3	0,1	14,3		n.b.
R (3)				1,1	0,1	15,1		
R (4)				1,2	0,1	14,9		
II iCv				n.b.	n.b.	n.b.		

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _l	Al _l	SiO ₂ /Mol
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
R-Ap (1)				185	87				
R-Ap (2)				172	57				
R (1)				119	40				
R (2)		n.b.		145	32			n.b.	
R (3)				121	30				
R (4)				142	32				
II iCv				205	23				

Horizont	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	As	Sb	V
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1									
R-Ap (1)	24	< 0,02	61	85	29	99	18	0,3	65
R-Ap (2)	23	< 0,02	62	100	31	90	21	0,3	65
R (1)	24	< 0,02	58	108	30	105	20	0,2	61
R (2)	23	< 0,02	53	38	29	74	14	0,5	55
R (3)	23	< 0,02	52	28	32	68	14	0,3	53
R (4)	24	< 0,02	56	26	31	66	14	0,4	58
II iCv	11	< 0,02	80	15	34	46	8	0,4	63

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar; Schwermetallgehalte nach Königswasseraufschluss

G6-2a (Vollrads I)

Bearbeiter: Friedrich

TK25: 5913 Presberg

Datum: 17.5.2004

Lage: R 3428315 H 5542331 152 m NN

Kreis: Rheingau-Taunus-Kreis

Nutzung: Rebfläche

Vegetation: Riesling

Humusform: -

Relief: mittel geneigter Hang, Hangverflachung, HV,G

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	R-Ap	20	dunkel gelblich brauner (10YR 4/4) sandiger Lehm (Ls3), schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatarm, stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
2	R	40	dunkel gelblich brauner (10YR 4/4) sandiger Lehm (Ls3), schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatarm, mittel durchwurzelt, geringe bis mittlere Lagerungsdichte
3	R	55	brauner (7,5YR 4/6)sandiger Lehm bis schwach toniger Lehm (Ls3-Lt2), sehr schwach bis schwach grusig, sehr schwach humos, sehr carbonatarm, schwach durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>oj-(z2)ll(Lol, m-ll)</i> <i>schwach grusführender Kipplehm (aus Lößlehm und Lehm des Unteren Meeressand)</i>
4	II R+ICv	70	gelblich brauner (10YR 5/8) schwach toniger Lehm (Lt2), sehr schwach bis schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatfrei bis sehr carbonatarm, schwach durchwurzelt, mittlere bis hohe Lagerungsdichte
5	II eICv	90	schwach marmorierter, hell gelblich brauner (10YR 6/4 bis 2,5Y 6/3) schwach toniger Lehm (Lt2), sehr schwach bis schwach grusig, sehr schwach humos, carbonathaltig, schwach durchwurzelt, mittlere bis hohe Lagerungsdichte <i>pflLB-(z2)cII(m-ll)</i> <i>schwach grusführender Fließkalkreinlehm (aus Lehm des Unteren Meeressand) der Basislage</i>
6	III eICn	180+	bis 140 cm stark marmorierter, blass bis oliv gelber (2,5Y 7/4 bis 6/8) sandiger Lehm (Ls3) in Wechsellagerung mit schwach tonigem Lehm (Lt2), grobbodenfrei, humusfrei, carbonathaltig bis carbonatreich, schwach durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>pky-cll(m-ll)</i> <i>(Kryo)Kalkreinlehm (aus Lehm des Unteren Meeressand)</i>

Bodenformensymbol:	YYn: <i>oj-(z2)ll(Lol, m-ll) / pflLB-(z2)cII(m-ll) // pky-cll(m-ll)</i>
Bodenformenbezeichnung:	Rigosol aus <i>schwach grusführendem Kipplehm (aus Lößlehm und Lehm des Unteren Meeressand) über schwach grusführendem Fließkalkreinlehm (aus Lehm des Unteren Meeressand) der Basislage über tiefem (Kryo)Kalkreinlehm (aus Lehm des Unteren Meeressand, Mittel Oligozän)</i>

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett Mas-%	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n g·cm ⁻³
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
R-Ap	0-20		9,62	20,02	14,67	18,98	12,59	2,69	21,42	
R	40-55		12,76	12,97	10,34	18,66	15,91	4,81	24,56	
R	55-70		6,58	11,7	12,68	15,31	13,62	8,59	31,53	
II R+ICv	70-90	n.b.	7,25	10,32	12,92	13,93	14,84	8,70	32,04	n.b.
II eICv	90-110		8,68	17,94	17,99	15,59	11,58	6,06	22,19	
III eICn	110-125		11,89	17,84	17,79	14,75	12,07	4,53	21,13	
III eICn	135-170		4,83	5,66	12,25	19,73	19,23	8,33	29,98	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS %
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
R-Ap	0,98	7,69	7,32	0,02	0,70	0,76	11,24	0,43	97
R	0,71	7,75	7,32	0,02	0,92	0,75	11,29		100
R	0,12	7,57	7,16	0,03	0,24	0,85	11,98		100
II jR+ICv	0,04	7,73	7,32	0,04	0,32	0,95	11,78	n.n.	100
II eICv	4,04	8,04	7,56	0,03	0,19	0,58	10,42		100
III eICn	4,05	8,13	7,62	0,03	0,26	0,64	11,21		100
III eICn	9,60	8,19	7,69	0,05	0,22	0,74	13,94		100

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
R-Ap	13,15			0,80	0,08	9,96	23,72	20,62
R	12,98			0,53	0,07	7,79	20,09	9,39
R	13,10			0,30	0,06	4,79	11,72	7,32
II jR+ICv	13,09	n.b.	n.b.	0,27	0,06	4,39	11,72	6,77
II eICv	11,21			0,24	0,04	5,34	10,81	4,86
III eICn	12,15			0,17	0,03	4,91	9,59	5,62
III eICn	14,95			0,39	0,05	7,49	7,47	5,45

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _h	Al _h	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
R-Ap	0,68	8,73	0,08						
R	0,80	9,23	0,09						
R	0,74	14,66	0,05						
II R+ICv	0,51	13,58	0,04				n.b.		
II eICv	0,19	7,56	0,03						
III eICn	0,21	6,81	0,03						
III eICn	0,18	10,19	0,02						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G6-3b (Johannesberg 2)

Bearbeiter: Friedrich

TK25: 6013 Bingen am Rh. Datum: 22.4.2004

Lage: R 3427220 H 5540695 160 m NN

Kreis: Rheingau-Taunus-Kreis

Nutzung: Rebfläche

Vegetation: Riesling

Humusform: -

Relief: Oberhang, steil, Süd, HX,X

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	eR-Ap	30	dunkel gelblich brauner (10YR 4/4) schwach sandiger Lehm bis sandig lehmiger Schluff (Ls2 bis Uls), mittel bis stark grusig, schwach steinig, schwach humos, carbonhaltig bis carbonatreich, sehr stark durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte
2	eR <i>oj(z4)cII (Lo, *Ph, ^tsf, *Q)</i>	65	brauner (7,5YR 5/4) schwach sandiger Lehm bis sandig lehmiger Schluff (Ls2 bis Uls), mittel grusig, schwach steinig, schwach humos, carbonhaltig, stark durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>stark grusführender Kippkalknormallehm (aus Löß, Phyllit, Tonschiefer, Quarzit)</i>
3	II eR <i>oj-cI (Lo, *Ph, ^tsf, *Q)</i>	115	brauner bis dunkel brauner (7,5YR 4/6) schwach sandiger Lehm bis sandiger Schluff (Ls2 bis Us), stark grusig, schwach steinig, sehr schwach humos, carbonhaltig, schwach durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>Kippkalkgruslehm (aus Löß, Phyllit, Tonschiefer, Quarzit)</i>
4	eIC <i>uk-cö(Lo)</i> <i>uk-ctu(Lo)</i>	145+	gelblich brauner (10YR 5/6) toniger bis stark toniger Schluff (Ut3-Ut4), sehr schwach grusig, humosfrei bis sehr schwach humos, carbonatreich, schwach durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte <i>Kolluviallöß (aus Löß)</i> <i>[Kolluvialer Kalktonschluff (Löß); KA5]</i>

Bodenformensymbol:	YYn: <i>oj-(z4)cII (Lo,*Ph, ^tsf, *Q) / oj-cI (Lo,*Ph, ^tsf, *Q) // uk-cö(Lo)</i>
Bodenformenbezeichnung:	Rigosol aus Kippkalkgruslehm über Kippkalklehmgrus (aus Löß, Phyllit, Tonschiefer, Quarzit) über tiefem Kolluviallöß (aus Löß)

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
eR-Ap	0-30		14,16	11,63	10,87	25,09	15,32	4,16	18,77	
eR	30-65	n.b.	7,33	12,71	18,18	25,34	13,79	3,70	18,95	n.b.
II eR	65-90		11,70	10,05	12,67	21,20	15,66	5,18	23,54	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
eR-Ap	10,06	7,79	7,43	0,03	1,27	0,83	11,85		100
eR	7,88	7,88	7,49	0,04	1,14	0,61	9,94	n.n.	100
II eR	6,77	7,95	7,62	0,03	0,77	0,77	10,85		100

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
	30	31	32	33	34	35	36	37
eR-Ap	13,97			1,67	0,15	10,85	25,09	50,54
eR	11,72		n.b.	1,03	0,10	10,06	39,56	42,15
II eR	12,41			0,82	0,09	8,79	27,52	23,82

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mol
	38	39	40	41	42	43	44	45	46
eR-Ap	0,69	9,05	0,08						
eR	0,85	11,34	0,08				n.b.		
II eR	0,67	19,51	0,03						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 7: Langjährige Bodenbearbeitungsversuche in Hessen

R. Düring, S. Gäth, U. Groß, T. Harrach, H. Seufert, F. Tebrügge

Wirkungen der Bodenbearbeitung auf das Ökosystem Boden

Die Agrartechnik stellt eine Vielzahl von Bodenbearbeitungssystemen zur landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion zur Verfügung, die eine Anpassung an die

onsformen und somit auch auf die energieintensive Bodenbearbeitung zu erwarten.

Bodenbearbeitungsverfahren variieren in der Art und der Tiefe ihres Eingriffes in den Boden, und zwar im Ausmaß der Lockerung und Durchmischung des Bodens, in der Verteilung von Ernterückständen und im Stören/Schonem von Bodenorganismen. Ausreichende Kalkversorgung des Bodens vorausgesetzt, erhöht sich die Regenwurmaktivität nach Einführung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren oder der Direktsaattechnik. Dies führt im Laufe der Zeit zur Schaf-






Verfahren	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	Ablauf der Arbeitsgänge
Bodenbearbeitung mit Pflug		 oder 		getrennt
		 oder 	Bodenfräse oder Rotoregge	kombiniert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				alle Arbeitsgänge kombiniert
Bodenbearbeitung ohne Pflug –konservierend–	 oder 			getrennt
	 oder 	 oder 		kombiniert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
	 oder 			alle Arbeitsgänge kombiniert
	—	 oder 		ohne Grundbodenbearbeitung Saatbettbereitung und Saat kombiniert
Direktsaat	—	—		Saat ohne Bodenbearbeitung

Abb. 1: Definition und Einordnung von Bodenbearbeitungs-/Bestellverfahren (KTBL, 1993)

unterschiedlichsten Produktionsansprüche ermöglichen. Den größten Flächenanteil nimmt dabei das konventionelle Verfahren der Pflugbearbeitung ein. Daneben wurden Verfahren entwickelt, die sich in ihrer Bearbeitungswirkung vom konventionellen Pflugverfahren unterscheiden und in einer Gruppe als konservierende Bodenbearbeitungssysteme zusammengefasst werden. Eine Übersicht über die verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren ist in Abbildung 1 gegeben.

Konservierende Verfahren zeichnen sich durch den Erhalt einer Bodenbedeckung von mindestens 30% aus. Im Vergleich zur Pflug-Bearbeitung erfordern sie einen geringeren Energieeinsatz. Die Bedeutung dieser konservierenden Bearbeitungssysteme nimmt stetig zu. Aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen in der deutschen Landwirtschaft sind hier Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Produkti-

fung stabiler Makroporen. Die direkten und indirekten Wirkungen verschiedener Bearbeitungssysteme führen zu unterschiedlichen Ausprägungen einer Vielzahl von Bodeneigenschaften. Verändert werden physikalische, chemische und biologische Kenngrößen, die im folgenden exemplarisch anhand einiger Ergebnisse aus den verschiedenen Arbeiten zum langjährigen Bodenbearbeitungsprojekt der Justus-Liebig-Universität Giessen kurz skizziert sind.

Physikalische Bodeneigenschaften

Generell ist von einer Zunahme der Rohdichte im Oberboden mit abnehmender Eingriffsintensität des Bearbeitungsverfahrens auszugehen. Die Verschiebung der Porengrößenverteilung zugunsten der Mittel- und Feinporen in konservierend bearbeiteten, vor allem aber in Direktsaat-Böden führt zu höheren Wassergehalten und einer verzögerten Erwärmung

der Böden im Vergleich zu gepflügten Ackerböden (Abb. 2).

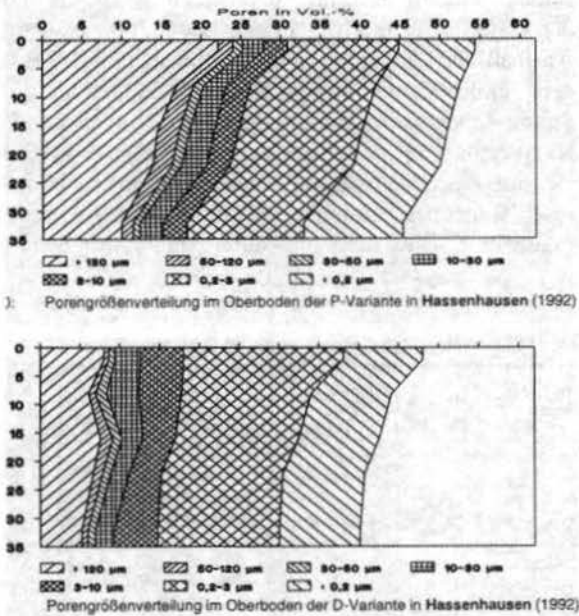


Abb. 2: Porengrößenverteilung (in % des Bodenvolumens) in verschiedenen Bodentiefen. P = Pflug, D = Direktsaat, Standort Hassenhausen (nach Richter, 1995)

Unbearbeitete Böden zeigen höhere Infiltrationskapazitäten gegenüber den gepflügten. Für gepflügte Böden werden höhere gesättigte Leitfähigkeiten angenommen, die allerdings im Laufe der Zeit stark abnehmen. Neben dem Matrixfluss können in konservierend bearbeiteten Böden aufgrund von biogenen Makroporen hoher Kontinuität Wasserbewegungen häufiger auftreten, die als preferential bzw. bypass-flow bezeichnet werden.

Durch diese Phänomene können Stoffe, die im Niederschlagswasser gelöst vorliegen, schnell in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Das Auftreten von bypass-flow kann sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Verringerung der Auswaschungsgefährdung führen. Entscheidend für diesen Prozess ist die Reaktivität zwischen den betrachteten Stoffen und den Bodenkomponenten.

Konservierend bearbeitete Böden weisen geringere Erosionsneigung durch Niederschlag auf, bedingt durch die Reduzierung von Oberflächenabfluss, als Ergebnis höherer Bodenbedeckungsgrade und höherer Infiltrationskapazitäten, sowie einer erhöhten Aggregatstabilität (Abb. 3).

Chemische Bodeneigenschaften

Die Veränderungen von chemischen Bodeneigenschaften durch die Bearbeitung werden sichtbar anhand der Anreicherung von organischer Substanz in Oberflächennähe durch Systeme mit reduzierter Eingriffsintensität. (Abb. 4). Als direkte Folge dieser Akkumulation erhöht sich die Kationenaustauschka-

pazität, da deren variabler Anteil maßgeblich von dem Gehalt an organischer Substanz bestimmt wird.

Durch den Verbleib des in der landwirtschaftlichen Praxis ausgebrachten Kalkes an der Bodenoberfläche

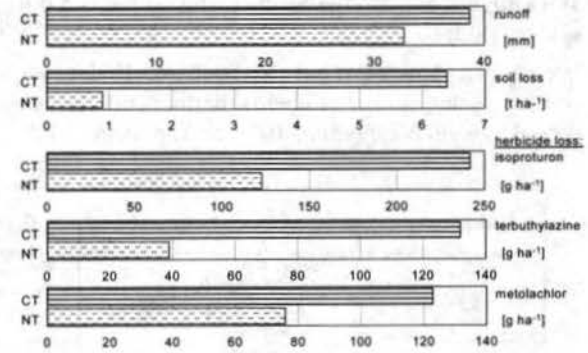


Abb. 3: Abfluss, Boden- und Herbizidverluste nach einem simulierten Starkregenereignis (63 mm h^{-1}); CT = Pflug, NT = Direktsaat (nach Fischer et al., 1995)

bei nicht wendenden Bearbeitungsverfahren tritt unter Umständen eine pH-Anhebung in Oberflächennähe auf.

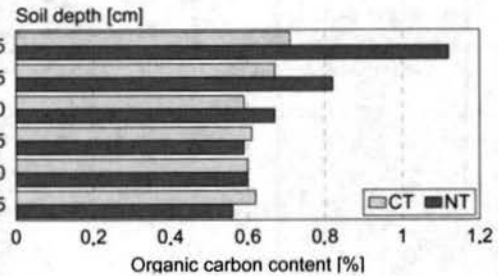


Abb. 4: Auswirkungen langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf den Gehalt organischen Kohlenstoffs, Standort Bruchköbel; CT = Pflug, NT = Direktsaat (nach Grocholl, 1991)

Die Nährstoffe P und K werden bei langjährig konservierender Bearbeitung an der Bodenoberfläche bis zu einer Tiefe von 10 cm angereichert, während ihre Gehalte ab 15 - 30 cm relativ zum gepflügten Boden abnehmen.

Schwermetalle, die über verschiedene Pfade (atmosphärische Deposition, Düngung) in die Böden eingetragen werden, reichern sich in der oberflächennahen Bodenschicht konservierend bearbeiteter Böden an (Tab. 1). Ähnliches gilt für ubiquitäre organische Schadstoffe, die sich – vor allem über den atmosphärischen Transport eingetragen – in ungepflügten Böden mit steigendem Humusgehalt anreichern.

Tab. 1: Elementkonzentrationen nach Königswasserextraktion in mg kg⁻¹, Standort Hassenhausen; CT = Pflug, RT = Flügelschargrubber, NT = Direktsaat (nach Düring et al., 2002)

		Zn	Cd	Cu
NT	0-3	59.20 aA	0.23 aA	12.67 aA
	3-10	50.67 bA	0.23 aA	10.90 bA
	10-25	44.36 cA	0.20 aA	9.10 cA
RT	0-3	46.73 aB	0.22 aA	9.74 aB
	3-10	46.11 aA	0.21 aA	9.27 aA
	10-25	40.46 bA	0.19 aA	9.53 aA
CT	0-3	41.38 aB	0.21 aA	10.19 aB
	3-10	41.98 aB	0.22 aA	10.46 aA
	10-25	41.66 aA	0.21 aA	10.39 aA

Biologische Bodeneigenschaften

Konservierend bearbeitete oder unbearbeitete Böden weisen eine erhöhte Regenwurmhäufigkeit auf als Folge des Verbleibes von Pflanzenresten an der Bodenoberfläche und der ausbleibenden mechanischen Störung des Oberbodens. Hier zeigt sich eine besondere Förderung des Tiefbohrers *Lumbricus terrestris* (Abb. 5).

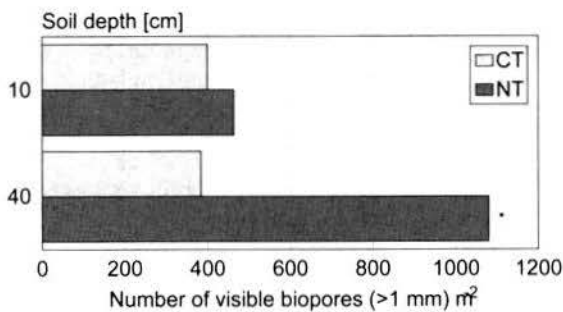


Abb. 5: Sichtbare Bioporen (> 1 mm) in verschiedenen Tiefen der Tschernosem-Parabraunerde; CT = Pflug, NT = Direktsaat (nach Beisecker, 1994)

Neben den Wirkungen auf die Megafauna sind auch Einflüsse auf die Mikroorganismenaktivität erkennbar. Dies wird durch die Akkumulation von organischer Substanz in konservierend bearbeiteten Böden verursacht. Höhere mikrobielle Biomassen in Direktsaat-Böden im Vergleich zu gepflügten Böden gehen einher mit höheren Gehalten von C_{org} , N_{org} und N_{min} .

Kurzbeschreibung des Bodenbearbeitungsprojektes und der Untersuchungsstandorte

Die Versuchsanstellungen mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten begannen im Jahr 1979 auf vier Standorten in Hessen. Im Jahr 1986 kam ein fünfter Standort hinzu. Zahlreiche Diplomarbeiten und Dissertationen wurden in interdisziplinärer Zusammenarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen seither verfasst. In den Jahren 1994 bis 1997 wurden Workshops zur Anwendbarkeit des Direkt-

saatverfahrens mit Wissenschaftlern aus EU-Mitgliedsländern durchgeführt. Heute ist diese Versuchsreihe weltweit die einzige ihrer Art. Das interdisziplinäre Netzwerk auf Basis der langjährigen Feldversuche zur differenzierten Bodenbearbeitung ist in Abbildung 6 dargestellt.

Durch finanzielle Unterstützung (BMFT, Land Hessen, EU) sowie durch Bereitstellung von Konsignationsmaschinen seitens der Landmaschinenindustrie war es möglich, dieses Projekt bislang aufrecht zu erhalten. Die Untersuchungen wurden und werden auf fünf repräsentativen, pedogenetisch unterschiedlichen Standorten in Hessen (Tabelle 2) mit verschiedenen Fruchtfolgerotationen durchgeführt. Auf diesen Standorten bilden Bodenbearbeitungsversuche auf Praxisschlägen die Untersuchungsbasis. Durch eine langjährige konsequente Anwendung von unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten stellte sich auf den Versuchsfeldern eine systemspezifische bodenphysikalische, bodenbiologische sowie bodenchemische Prägung ein, die eine bisher einmalige differenzierte Forschungsgrundlage im Sektor Bodenbearbeitung bietet.

Tabelle 2: Standortkennzeichen (Analysendaten gelten für den Bearbeitungshorizont; Exkursionsstandorte grau unterlegt)

Standort	Boden	Textur			C_{org} (%)	pH (CaCl ₂)
		Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)		
Wernborn	Pseudovergleyte	26,5	55,9	17,6	1,25	4,8
Taunus	Parabraunerde aus Löß mit Ton-schiefersatz					
Ossenheim	Tschernosem	21,2	67,3	11,5	1,59	7,3
Wetterau	Parabraunerde aus Löß					
Bruchköbel	Braunerde aus Flugsand über	5,7	29,3	65	0,66	5,4
Untermainebene	Terassenkies					
Hassenhausen	Parabraunerde aus Löß	13,8	66,7	19,5	1,3	6,7
Ebsdorfer Grund						
Gießen	Auenpseudogley	31	53	16	1,52	6,6
Lahnau						

Zur Ermittlung landtechnischer Maschinen- und Verfahrensparameter wurden die Versuche als Langparzellen – 12 x 150-300 m – angelegt.

Standort Hassenhausen (Ebsdorfer Grund)

Der Standort liegt im Grenzbereich des Marburger Lahntales, Gemarkung Erbenhausen; sehr schwach geneigter Mittelhang; Höhe über NN: 280 m; Niederschlagssumme: 630 mm; Jahresmitteltemperatur:

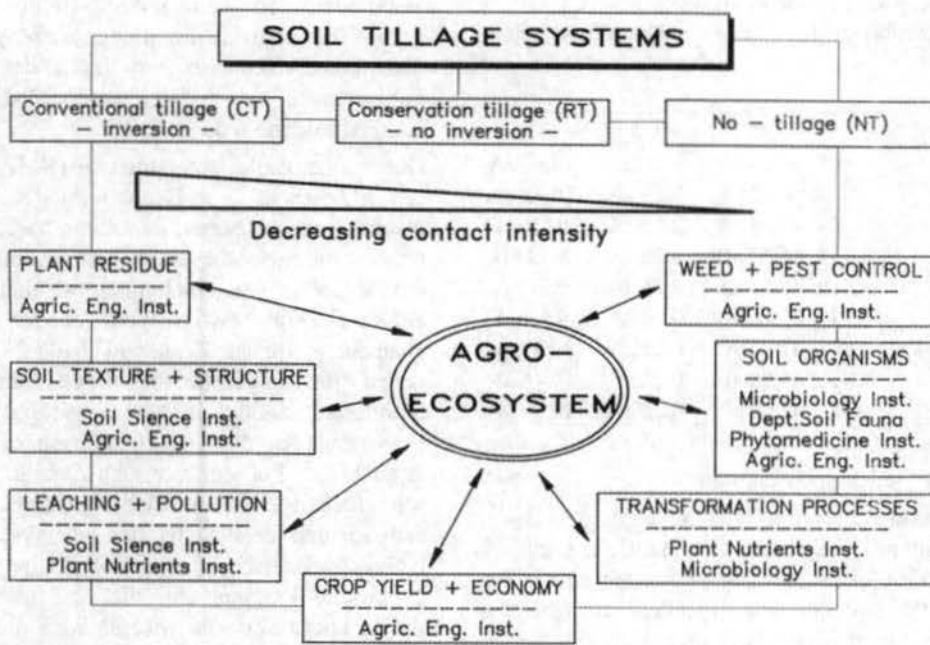


Abb. 6: Institute und Forschungsvorhaben im interdisziplinären Bodenbearbeitungsprojekt

7,5°C. Der Boden ist eine schwach pseudovergleyte Parabraunerde aus Lösslehm.

Versuchsbeginn im Jahr 1979.

4 Bodenbearbeitungsverfahren: Pflug/Kreiselegge; Doppelherzschargrubber mit Mulchrotor; Flügelschargrubber mit Zinkenrotor; Direktsaat (seit 1989).

Fruchtfolge: W.W.; W.G.; W.Raps

Pflanzenrückstände verbleiben i.d.R. auf der Fläche. Gelegentlich wird Schweinegülle und Stallmist zugeführt.

Standort Ossenheim (Wetterau)

Das ebene Versuchsfeld in der Gemarkung Ossenheim liegt 125 m über NN in der Wetterau östlich von Friedberg/Hessen. Die Jahrestemperatur dieses Standortes beträgt im langjährigen Mittel über 9° C bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 550-600 mm pro Jahr. In einem normalen Winter ist mit mindestens einem Gefrier-Auftau-Zyklus in der oberen Bodenschicht (0-10 cm) zu rechnen. Der Boden ist als Tschernosem-Parabraunerde aus Löss anzusprechen, dessen Unterboden, bedingt durch die Auenrandlage, vergleyt ist. Der Grundwasserstand schwankt im Jahresablauf zwischen 1,2 m im Frühjahr und bis > 2 m unter Geländeoberfläche (GOF) im Sommer, was zu Eisen- und Mangankonkretionen im Bt- Horizont führte.

Die mittlere Durchwurzelungstiefe liegt bei ca. 100 cm. Die Bodenart ist im Oberboden schluffiger Lehm mit 21 % Ton und im Unterboden tonig-schluffiger Lehm mit 30-35 % Ton. Die Kationenaustauschkapazität (KAKpot) beträgt im Oberboden durchschnitt-

lich 175 meq kg⁻¹ Boden bei einer Basensättigung von 87-91 %. Die für diesen Standort ermittelte KAK ist im Vergleich zu denen anderer Löss-Parabraunerden als mittel zu beurteilen.

Versuchsbeginn im Jahr 1979.

4 Bodenbearbeitungsverfahren: Pflug/Kreiselegge; Flügelschargrubber mit Zinkenrotor; Schwergrubber; Direktsaat.

Fruchtfolge: Zuckerrüben, W.W.; W.W.; W.W. (W.G).

Pflanzenrückstände verbleiben auf der Fläche.

Standort Bruchköbel (Untermainebene)

Der Standort Bruchköbel (109 m über NN) liegt in der Untermainebene östlich von Hanau. Er ist klimatisch durch eine mittlere Jahrestemperatur von über 9° C und eine mittlere Jahresniederschlagshöhe von 600 mm gekennzeichnet. Auch bei diesem Standort ist in einem normalen Winter mit mindestens einem Gefrier-Auftau-Zyklus im oberen Krümenbereich zu rechnen. Das Versuchsfeld liegt in der an die Aue des Krebs-Baches angrenzenden Ebene. Als Bodentyp findet sich eine Braunerde aus Flugsand über pseudovergleyten fluviatilen Ablagerungen Terrassenkies. Nach der FAO-Klassifikation ist dieser Boden als Eutric Cambisol zu bezeichnen. Die Schotterablagerungen der Kiesterrasse wechseln in ca. 60 bis 80 cm Tiefe. Der Grundwasserspiegel liegt im Mittel tiefer als 2 m unter GOF.

Die mittlere Durchwurzelungstiefe liegt bei ca. 70 cm Bodentiefe. Die Bodenart der Braunerde ist im Oberboden als schluffiger Sand mit ca. 5 % Ton und im

Unterboden als schluffiger bis lehmiger Sand mit ca. 6% Ton zu bezeichnen. Die KAKpot beträgt im Oberboden (0-30 cm) im Mittel 55 meq kg⁻¹ Boden mit einer Basensättigung von 64 % bis 83 % und ist im Vergleich zu anderen Sandböden als niedrig zu beurteilen. Versuchsbeginn im Jahr 1979.

3 Bodenbearbeitungsverfahren: Pflug/Kreiselegge; Doppelherzschargrubber mit Mulchrotor; Direktsaat. Vorfruchtreste verbleiben auf der Fläche.

Fruchtfolge bis 1995: W.W.;W.G.; Z.-Rüben. Ab 1996 2x Süßmais, Z.-Rüben.

Literatur

- Beisecker, R.* (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffverlagerung eines Löß- und eines Sandbodens. *Bodenökologie und Bodengenese*, 12, 195 S.
- Bräutigam, V.* (1993): Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Halmbasiskrankheiten des Getreides, die Unkrautentwicklung u. -bekämpfung. Diss. Gießen.
- Dumbeck, G.* (1986): Bodenphysikalische und funktionelle Aspekte der Packungsdichte von Böden. *Giessener Bodenkundliche Abhandlungen*, 3, 216 pp.
- Düring, R.-A., T. Hoß und S. Gäth.* (2002): Depth distribution and accumulation behavior of pollutants in long-term differently tilled soils. *Soil Till. Res.*, 66: 183-195.
- Fischer, P., M. Bach, S. Gäth, K. Mollenhauer, and H.-G. Frede* (1995): Geringere Herbizideinträge in Oberflächengewässer durch reduzierte Bodenbearbeitung? *Mitt. D. Dtsch. Bodenk. Ges.* 76, 253-256.
- Grocholl, J.* (1991): Der Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf den mikrobiologischen Status von Böden verschiedener Standorte unter besonderer Berücksichtigung der C-Umsetzungen. Dissertation, Universität Gießen, 169 pp.
- Richter, U.* (1995): Einfluß langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge und den Stickstoffhaushalt. *Boden u. Landschaft, Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur u. Landschaftsökologie* 4, 165 S.
- Tebrügge, F. und R.-A. Düring* (1999): Reducing tillage intensity: a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.*, 53: 15-28.
- Vorderbrügge, T.* (1989): Einfluß des Bodengefüges auf Durchwurzelung und Ertrag bei Getreide – Untersuchungen an rekultivierten Böden und einem langjährigen Bodenbearbeitungsversuch. *Giessener Bodenkundliche Abhandlungen*, 5, 216 pp.
- Walther H.* (1986): Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf Pflanzenbestand und einige Bodeneigenschaften. Dissertation Gießen

Exkursionspunkt Hassenhausen

Bearbeiter:

TK25: 5318

Datum: 13.04.1991

Lage: RW: 348370

HW: 561820

280 m NN

Kreis:

Nutzung: Acker

Vegetation:

Humusform: Mull

Relief: sehr schwach geneigter Mittelhang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	0-25	schwach humoser schwach toniger bis toniger Schluff (Ut2 - Ut3); Bröckelgefüge in sperriger bis halboffener Lagerungsart, zeitweise Kohärenzgefüge, Wechsel von Bereichen geringer Festigkeit bei sehr geringem Eindringwiderstand mit Kompartimenten mittlerer Festigkeit und mittlerem Eindringwiderstand, mittlerer Makroporenanteil, gleichmäßige Wurzelverteilung, Packungsdichte gering bis mittel; deutliche Begrenzung zum
2	rAp	25-35	sehr schwach humoser schwach toniger bis toniger Schluff (Ut2 - Ut3); verlassene Krumenschicht: Subpolyedergefüge mit halboffener bis fast geschlossener Lagerungsart, mittlere Festigkeit bei geringem Eindringwiderstand, etwas ungleichmäßige Wurzelverteilung, Packungsdichte gering bis mittel; deutliche Begrenzung
3	Bt	35-50	stark toniger Schluff (Ut4); Subpolyeder- bis Polyedergefüge mit halboffener Lagerungsart, ausgeprägte Tonpateten auf den Aggregatoberflächen, geringe Festigkeit und geringer Eindringwiderstand bei hohem Makroporenanteil, Wurzelverteilung fast gleichmäßig, Packungsdichte gering; gleitender Übergang zum
4	Sw-Bt	50-70	toniger Schluff (Ut3); schwach ausgeprägtes Subpolyedergefüge mit halboffener Lagerungsart und Tonpateten auf vielen Aggregatoberflächen, mittlere Festigkeit und mittlerer Eindringwiderstand bei mittlerem Makroporenanteil, Verteilung der Wurzeln ungleichmäßig, Makroporen bevorzugt durchwurzelt, Packungsdichte mittel; deutliche Eisen- und Manganfleckigkeit; welliger Übergang zum
5	Sw-Bv	70-120+	toniger Schluff (Ut3); Kohärenzgefüge mit hoher Festigkeit und hohem Eindringwiderstand, Makroporenanteil für Unterböden vergleichsweise hoch, Wurzeln auf Makroporen konzentriert, Bodenmatrix sehr wenig durchwurzelt, Packungsdichte mittel bis hoch; deutliche Eisen- und Manganfleckigkeit.
6			

Bodenformensymbol:

Bodenformen-bezeichnung:

schwach pseudovergleyte Parabraunerde aus Lößlehm über Buntsandstein

WRB:

Endostagni-anthric Luvisol

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ap	25	0	1,0	2,0	8,6	21,8	19,8	20,2	26,6	1,25
(r)Ap	35	0	1,1	3,3	10,0	21,1	19,6	18,9	26,0	1,29
Bt	50	0	0,2	0,3	6,4	27,8	21,4	14,4	29,5	1,54
SBt	70	0	0,7	1,9	12,8	30,3	15,1	11,7	27,5	1,55
SBv	120+	0	0,6	0,8	6,0	19,3	20,2	15,7	37,4	1,54

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ap	14,6	5,5	19,7	10,4	50,2	63			
(r)Ap	9,2	4,1	19,1	12,6	45,0	23,2			
Bt	8,1	2,1	19,0	14,2	43,4	31,6			
SBt	6,4	3,7	18,6	13,6	42,3	44,6			
SBv	6,4	3,5	18,7	14,4	43,0	111			

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ap			6,7						
(r)Ap			6,7						
Bt	n.b.								
SBt									
SBv									

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · g ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ap				1,6	0,16	10		
(r)Ap				1,5	0,15	10		
Bt		n.b.						n.b.
SBt								
SBv								

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt Ossenheim

Bearbeiter: Düring, Gäh, Harrach

TK25:

Datum: 1987
(Vorderbrücke, 1989)

Lage: RW: 348505 HW: 557690 125 m NN

Kreis: Wetteraukreis

Nutzung: Acker Vegetation:

Humusform: Mull

Relief: eben

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung (Vorderbrücke, 1989)
1	Ap	25	dunkelgraubrauner (10YR 4/2), humoser schluffiger Lehm, teils Krümelgefüge mit offener bis halboffener Lagerungsart und geringer bis mittlerer Packungsdichte, teils Bröckelgefüge mit offener bis halboffener Lagerungsart und mittlerer Packungsdichte, stellenweise Wurmlösungsgefüge, sehr stark durchwurzelt; wellige, undeutliche Begrenzung zum
2	rAp	35	dunkelgraubrauner (10YR 4/2), humoser schluffiger Lehm, teils Bröckelgefüge mit offener bis halboffener Lagerungsart und mittlerer Packungsdichte, teils Plattengefüge mit geschlossener Lagerungsart und hoher Packungsdichte, einzelne Regenwurmrohre, mittel bis stark durchwurzelt, Wurzeln häufig an Aggregatoberflächen, gerade, deutliche Begrenzung zum
3	(Go)-Axb-Bt	90	dunkelgraubrauner (Matrix 10YR 5/3, Tontapeten 10YR 3/3 - 2/4) schluffiger Lehm bis schluffig toniger Lehm, Polyeder- bis Subpolyedergefüge, deutlich sichtbare Tontapeten, halboffene Lagerungsart mit mittlerer Packungsdichte, sehr viele Regenwurmrohre, mittel bis stark durchwurzelt, viele Fe- und Mn-Konkretionen, schwach wellige, deutliche Begrenzung zum
4	Go-Btv	100	gelblichbrauner (Matrix 10YR 5/3, Tontapeten 10YR 3/5 - 2/4) schluffiger Lehm bis schluffig toniger Lehm, Subpolyedergefüge, mit offener Lagerungsart und mittlerer Packungsdichte, sehr viele Regenwurmrohre, mittel durchwurzelt; wellige, undeutliche Begrenzung zum
5	Go-Cc	110	gelblichbrauner, schwach marmorierter (10YR 6/4 - 7/4) stark lehmiger Schluff, CaCO ₃ -Konkretionen, Kohärentgefüge, hohe Packungsdichte, mittel durchwurzelt

Bodenformensymbol:

Bodenformenbezeichnung:

Vergleyte Tschermosem-Parabraunerde aus Löß

WRB:

Gleyi-luvic Phaeozem

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _a
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ap1	0-25	0	1,0	3,3	7,2	38,6	18,2	10,5	21,2	1,31
Ap2	35	0	2,1	4,8	6,3	37,2	17,8	12,2	19,6	1,45
AhBt1	50	0	0,3	2,1	4,4	35,0	20,7	8,2	29,3	1,45
AhBt2	80	0	0,3	2,1	3,5	33,0	20,0	6,9	34,2	1,48
GoBvt	95	0	0,3	3,1	4,3	38,1	17,7	6,1	30,4	1,49
GoCc	>95	0	0,9	2,4	4,4	42,7	20,6	5,9	23,1	-

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19
Ap1	12,9	4,8	19,3	14,4	51,4	62,75	n.b.	
Ap2	9,1	4,2	18,5	16,6	48,5	22,7		
AhBt	10,6	2,5	7,8	25,4	46,5	46,35		
GoBvt	5,2	4,3	10,4	25,3	45,4	22,05		
GoCc	-	-	-	-	-	-		

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ap1	0,58	n.b.	7,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ap2	0,56		7,1						
AhBt	0,47		7,4						
GoBvt	1,25		7,6						
GoCc	6,90		-						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·g ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹	mg·100 ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ap1	n.b.	n.b.	n.b.	1,59	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ap2				1,24				
AhBt				0,69				
GoBvt				0,46				
GoCc				-				

Exkursionspunkt Bruchköbel

Bearbeiter:

TK25:

Datum: 27.10.1983
(Dumbeck, 1986)

Lage: RW: 349330 HW: 555820 109 m NN Kreis: Main-Kinzig-Kreis
Nutzung: Acker Vegetation:
Humusform: Mull Relief: eben

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	0-32	Brauner (10 YR 4/2), schwach humoser mittel schluffiger Sand, schwach kiesig steinig, Einzelkorngefüge, vereinzelt Regenwurmröhren, gut durchwurzelt, mittlere Packungsdichte;
2	RAp	32-38	Wie oben, weniger Makroporen, mittlere bis hohe Packungsdichte; gerader deutlicher Übergang zum
3	Bv	38-60	Hellbrauner (10 YR 5/4-5/6) mittel schluffiger Sand, Einzelkorngefüge, Packungsdichte: mittel, gut durchwurzelt, vereinzelt Mn- und Fe-konkretionen; zungenförmiger deutlicher Übergang zum
4	IIBvSw	60-85	Rötlich brauner bis graugelb marmorierter (7,5 YR 4/4 und 10 YR 7/2) lehmiger Sand, mittel kiesig-steinig, Kohärentgefüge, einzelne Regenwurmröhren, schwach durchwurzelt, Wurzeln vornehmlich in den Regenwurmröhren, Mn- und Fe-Konkretionen, Packungsdichte: mittel bis hoch; zungenförmiger wenig deutlicher Übergang zum
5	IIIBvSw	85-100	Rötlichbraun marmorierter (5 YR 4/3), schwach toniger Sand, stark kiesig-steinig, Kohärentgefüge, teilweise Einzelkorngefüge mit geringer Packungsdichte, wenige Regenwurmröhren, sehr schwach durchwurzelt, teilweise Fe- und Mn-Verfestigungen
6			

Bodenformensymbol:

Bodenformenbezeichnung: Braunerde aus Flugsand über pseudovergleyten fluviatilen Ablagerungen des Terrassenkieses

WRB: Antric Cambisol

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe cm	Skelett									d ₈ g·cm ⁻³
		Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ap	0-25	1,1	11,6	45,7	7,7	18,0	8,1	3,2	5,7	1,66	
Bv	35	0,1	12,5	45,5	7,3	17,8	8,5	2,5	5,9	1,74	
IIBv1	60	6,3	15,8	44,7	7,1	16,8	7,4	1,9	6,3	1,76	
IIBv2	80	13,1	29,1	50,7	5,6	4,0	2,1	0,9	7,6	1,75	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ap					36,2				
Bv					33,6				
IIBv1			n.b.		33,1				
IIBv2					34,5				

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ap			5,4						
Bv			5,5						
IIBv1	n.b.		5,6						
IIBv2			5,6						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·g ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ap				0,66				
Bv				0,26				
IIBv1		n.b.		0,19				
IIBv2				0,06				

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 8: Bodenschätzung im Rheinischen Schiefergebirge und Westerwald

B. Keil, V. Herche

Einleitung

Das Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG) vom 16. Oktober 1934 wurde „für den Zweck einer gerechten Verteilung der Steuern, einer planvollen Gestaltung der Bodennutzung und einer Verbesserung der Beleuchtungsgrundlagen“ eingeführt. Mit den Ergebnissen der Bodenschätzung liegt für die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland eine bisher hinsichtlich der Informationsdichte einzigartige und hochauflösende Informationsbasis (Flächen- und Punktdaten) vor. Diese wird nach einer nunmehr über 70 Jahre einheitlichen Methode ermittelt.

Am Beispiel von typischen Böden im Rheinischen Schiefergebirge bzw. Westerwald wird das Verfahren der Bodenschätzung vorgestellt und erläutert. Neben Musterstücken werden auch Vergleichsstücke der Bodenschätzung und Ergebnisse der Flächenschätzung gezeigt. Die erstmalige Bestandsaufnahme der landwirtschaftlich genutzten Böden war Mitte der 50er Jahre abgeschlossen. Die Daten werden seitdem durch Nachschätzung (§ 12 BodSchätzG) aktuell gehalten. Die Vorgehensweise bei dem Verfahren der Nachschätzung wird anhand der Gemarkung Seilhofen gezeigt. Die einzelnen Parameter der Bodenschätzung bei

- Ackerland (Bodenart, Zustandsstufe, Entstehung) und
- Grünland (Bodenart, Bodenstufe, Klimastufe, Wasserstufe)

werden diskutiert. Dabei kommen auch aktuelle Entwicklungen bei der Bodenschätzung selbst (z.B. Digitalisierung der Bodenschätzung) und in der Zusam-

menarbeit mit anderen Behörden und Institutionen (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie - HLUG, Universitäten - Frankfurt am Main, Gießen, Kassel -, Hessische Katasterverwaltung einschließlich Flurbereinigung) zur Sprache.

Exkursionsverlauf

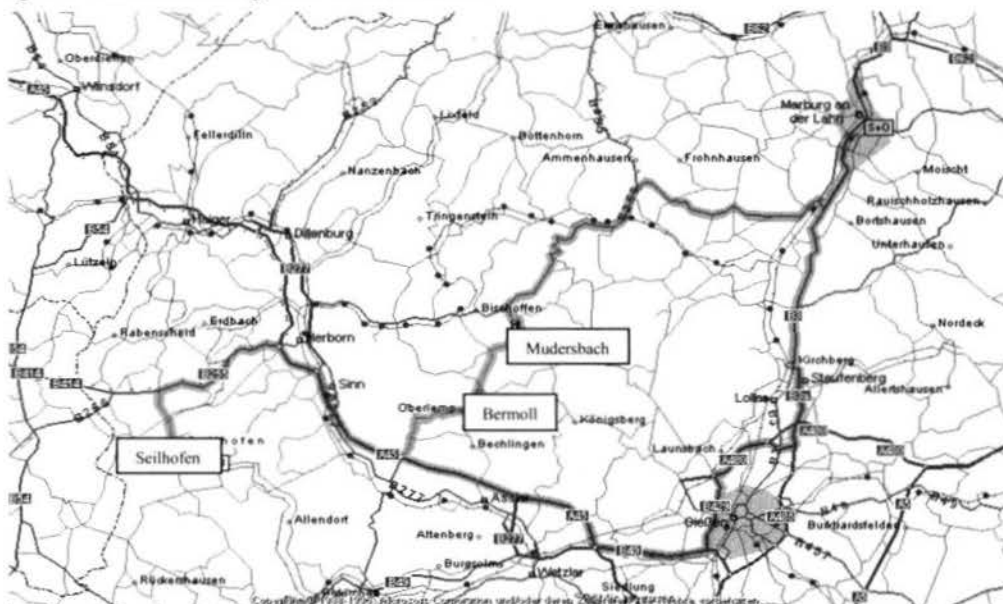
Die Exkursion beginnt in Marburg und verläuft entlang der B 255 aus der Marburger Lahntalsenke ins Rheinische Schiefergebirge. Die Route führt über Gladenbach ins südliche Gladenbacher Bergland bzw. Lahn-Dill-Bergland. Dort im Gladenbacher Hügelland liegen am Nordrand der Niederweidbacher Senke (Aartalsee) in der Gemarkung Mudersbach die ersten drei Exkursionsprofile, bei denen es sich um drei Musterstücke (MSt) der Bodenschätzung gemäß § 4 BodSchätzG handelt:

- Profil G8/1 Regosol – SL 6 V 31/28
- Profil G8/2 Braunerde – SL 5 V 39/36
- Profil G8/3 Lockerbraunerde – sL 5 V 48/43.

In südöstlicher Luftlinie, ca. 6 km entfernt, liegen in der Gemarkung Bermoll, die Teil des Lahn-Dill-Berglandes ist, zwei weitere Profile. Beide sind Vergleichsstücke (VSt) der Bodenschätzung:

- Profil G8/4 Braunerde-Ranker – IS III b4 – 24/24
- Profil G8/5 Regosol – SL 5 DV 43/40

Nach der Mittagspause führt der Weg weiter durch das Dilltal und den Oberwesterwald (Dillwesterwald) in den Hohen Westerwald, der auch als Westerwälder Basalthochfläche bezeichnet wird. Die dort gelegene Gemarkung Seilhofen wurde in 2000 nachgeschätzt. Hier liegen die letzten drei Exkursionsprofile, bei



denen es sich ebenfalls um VSt handelt:

- Profil G8/6 Kolluvisol über Parabraunerde – L 4 L6V 66/53
- Profil G8/7 Braunerde – L 5 V 51/41
- Profil G8/8 Parabraunerde-Pseudogley – L II c 2 – 45/43

Die Rückfahrt erfolgt über die Autobahn (A 45) durch das Dilltal bis zum Lahntal östlich von Gießen. Vom Wetzlarer Ostkreuz führt der Weg weiter entlang der Lahn durch das Gießener Becken (Tertiärbecken) bis nach Marburg.

Daten zum Exkursionsgebiet

Klima

Das Exkursionsgebiet gehört zur Region der Mittelgebirge und ist durch vergleichsweise niedrige Temperaturen, erhöhte Windgeschwindigkeiten und höhere mittlere Niederschlagshöhen gekennzeichnet.

Tabelle 1: Klimadaten

Exkursi- onsorte	Muders- bach	Bermoll	Seilhofen
Seehöhe m	270 - 310	250 - 350	435 - 520
Daten Bodenschätzung			
<i>Basis Temperaturperiode 1881 – 1930</i>			
<i>Basis Niederschläge 1891 – 1930</i>			
Ø Temp. °C	7,6 - 7,8	7,4 - 8,0	6,8
Ø mm	730	720	970
Deutscher Wetterdienst			
<i>Basis 1961 – 1990</i>			
Ø Temp. °C	7,7	7,5	7,4
Ø mm	815	855	1070
Klimatische Wasserbilanz in mm			
April – Okt	+ 10	+ 28	+ 125
Mai – Sept	- 32	- 19	+ 45

Geologie

Im Raum Mudersbach und Bermoll (Gladenbacher Bergland bzw. Lahn-Dill-Bergland) überwiegen paläozoische Gesteine mit Tonschiefer, Grauwacke, Quarzit, Sandstein und Diabas. Im Bereich des Lahntals kommt auch Kalkstein (Devon) vor. Der Westerwald baut sich aus Basalten des Tertiärs auf.

Böden

Kleinräumig wechseln die Bodenverhältnisse stark. Dies hängt maßgeblich mit der Verteilung der periglazialen Decklagen zusammen. Im Solum findet sich auch immer wieder vorverwittertes Material, das der mesozoisch-tertiären Verwitterungsdecke (MTV) entstammt. Neben Lößeinwehungen, die heute völlig entkalkt sind, hat im Exkursionsgebiet der Laacher Bims (vgl. z.B. Profil G8/5) die Bodenbildung beeinflusst. Während im Bereich von Mudersbach und

Bermoll mehr saure Böden vorherrschen, sind die Böden im Bereich des Westerwaldes basenreicher.

Ranker, Regosole, Braunerden und Pseudogley sowie entsprechende Übergänge - unter Wald auch Podsol-Braunerden - sind die vorherrschenden Bodentypen.

Natürliche Vegetation

Die potentiell-natürliche Vegetation ist der Buchenwald in verschiedener Ausprägung. Auf trockeneren Standorten erstrecken sich Eichen-Hainbuchen bzw. Buchen-Eichen-Wälder.

Landwirtschaftliche Nutzung

Im Lahn-Dill-Bergland und im Westerwald werden aufgrund der natürlichen Ertragsbedingungen nur unterdurchschnittliche Erträge bei Sommer- und Wintergetreide erreicht. Dies gilt auch für den Rapsanbau. Traditionell ist in geringem Maße auch der Kartoffelanbau verbreitet. Die guten außerlandwirtschaftlichen Einkommensmöglichkeiten haben in Verbindung mit der Realernteilung vergleichsweise früh bereits in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts zur Sozialbrache geführt. Heute ist die Nebenerwerbslandwirtschaft weit verbreitet. Vollerwerbsbetriebe sind eher selten anzutreffen.

Die Viehhaltung ist nur schwach vertreten. Vereinzelt treten Pensionspferdehaltungsbetriebe oder im Westerwald auch Betriebe mit Fleischerhaltung (Charolais) auf. Insbesondere der Westerwald gilt als günstiger Standort für die Jungviehweide.

Ein Sonderforschungsprojekt der Uni Gießen beschäftigt sich mit der „Landnutzung in peripheren Räumen“ und untersucht ausgewählte Gebiete im Lahn-Dill-Gebiet bzw. Westerwald.

Bodenschätzung

Organisation der Bodenschätzung

Die Bestandsaufnahme und die Feststellung der Ertragsfähigkeit von Böden erfolgt organisatorisch auf drei Ebenen:

- Der Bewertungsbeirat beim Bundesfinanzministerium (BMF), auch als Schätzungsbeirat (§ 5 BodSchätzG) bezeichnet, schätzt gemäß § 4 BodSchätzG ausgewählte typische Bodenflächen in einem Naturraum als Musterstücke (MSt). Die Musterstücke sind für die Bodenschätzung rechtsverbindlich.
- Der jeweilige Gutachterausschuss bei den Oberfinanzdirektionen (OFD) schätzt nach Bedarf in Anlehnung an die Musterstücke weitere ausgewählte Bodenflächen nach § 6 BodSchätzG als Landesmusterstücke (LMSt). Das zuständige Fachreferat bei der OFD hat die einheitliche Anwendung im jeweiligen OF-Bezirk sicherzustellen. Dies geschieht u.a. durch Teilnahme an den

Einleitungsterminen der Bodenschätzung, bei denen die Vergleichsstücke (VSt) festgelegt und bewertet werden.

- Der Schätzungsausschuss beim Finanzamt (§ 7 BodSchätzG) führt unter der Leitung des Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen (ALS) die Bodenschätzung in der Fläche durch.

In allen genannten Gremien finden sich neben Fachvertretern der Verwaltung auch praktische Landwirte. Dies ist sicherlich einer der Gründe für die hohe Akzeptanz der Bodenschätzung in der landwirtschaftlichen Praxis.

Aktueller Stand der Bodenschätzung

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Jahreszahlen der Erstschatzung und der Nachschätzung für die von der Exkursion betroffenen Gemarkungen. Außerdem werden die Flächen von Ackerland und Grünland sowie die jeweiligen durchschnittlichen Ertragsmesszahlen (EMZ) und die der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) gezeigt.

Tabelle 2: Bodenschätzungsdaten

Exkursi- onsorte	Muders- bach	Bermoll	Seilhofen
Gemeinde	Hohenahr	ABlar	Driedorf
Erst- schätzung	1950 (Dr. Rudel)	1950 (Dr. Rudel)	1948 (Hatzfeld)
Nach- schätzung	1996 (Rühl)	2001 (Herche)	2000 (Herche)
Ackerland	120 ha	88 ha	83 ha
Ø EMZ Ackerland	46,5	31,6	41,6
Grünland	78 ha	48 ha	106 ha
Ø EMZ Grünland	43,7	25,0	33,4
Ø EMZ LN	44,9	29,3	37,0
Stand	04.01.1993	04.01.1993	04.01.1993

Ausführungen zu einzelnen Parametern der Bodenschätzung

Die einzelnen Parameter der Bodenschätzung werden anhand der Exkursionsprofile für Acker- und Grünland vorgestellt und erläutert. Die Daten werden von der Finanzverwaltung erhoben und als „Punkt- und Flächeninformationen“ festgehalten. Die Bodenschätzung wird im Liegenschaftskataster nachgewiesen (§ 11 BodSchätzG).

Die Wertklassen nach dem **Ackerschätzungsrahmen** ergeben sich durch Bestimmung von

- Bodenart
- Zustandsstufe und
- Entstehung.

Bei der **Bodenart** ist zum einen der Anteil der abschlämmbaren Teilchen (<0,01 mm) des Feinbo-

dens maßgebend. Zur Ermittlung der Bodenart für den Schätzungsrahmen ist jedoch der Gesamtbodencharakter (Fein- und Grobboden) entscheidend. Ein sandiger Lehm (24 – 29% abschlämmbare Teilchen) ergibt sich also nicht schematisch aus dem Anteil am Feinboden (gleich 100%), sondern indem Feinboden und Grobboden zusammen gleich 100% gesetzt werden. So werden auch grobkörnige, kiesige und steinige Böden entsprechend ihrer Wirkung als etwas leichter, dagegen feinsandige, schluffige, leicht abdichtende Böden als etwas schwerer zu beurteilen sein, als sich auf Grund der abschlämmbaren Bestandteile allein ergeben würde (Rösch-Kurandt, S.43, 1950).

Die **Zustandsstufe** (n. Görtz) bereitet den Anfängern bei der Bodenschätzung erfahrungsgemäß die größten Schwierigkeiten. Sie bezeichnet den Entwicklungszustand des Bodens, wobei darin ein gewisser genetischer Ansatz zu erkennen ist. Die Zustandsstufe gibt vor allem über die Gründigkeit des Bodens (Durchwurzelbarkeit) Auskunft.

Bei der **Entstehung** wird unterschieden zwischen Böden, die aus eiszeitlichem Löß (Lö) bzw. holozänen („alluvialen“) Ablagerungen (Al) entstanden sind. Böden, die mehr oder weniger durch Festgestein (anstehendes Gestein - z.B. Basalt - oder auch durch eine periglaziale Basislage) in der Durchwurzelbarkeit begrenzt sind, werden als V-Böden bezeichnet. Den Rest stellen die diluvialen Böden (D-Böden) dar. Bei ihnen handelt es sich um eiszeitliche – mit Ausnahme des Lösses – Ablagerungen bzw. tertiäre (teils auch kreidezeitliche) Lockersedimente. Insbesondere sind in den Mittelgebirgslagen die Löß- bzw. Lößlehmdecken in der Vergangenheit bei der Bodenschätzung nicht ausreichend in ihrer meist positiven Auswirkung auf die landwirtschaftliche Nutzung berücksichtigt worden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Mittels der genannten Parameter hat die Bodenschätzung – mehr oder weniger intuitiv – auch die nutzbare Wasserkapazität (nutzbare Feldkapazität nFK) des durchwurzelbaren Bodenraums erfasst. Diese Größe spielt, wie zahlreiche Untersuchungen etwa des Instituts für Bodenkunde und Bodenerhaltung der JLU Gießen gezeigt haben, eine wesentliche Rolle bei der Bewertung von Bodenfunktionen. Zwischen der Bodenzahl und der nFK im durchwurzelbaren Bodenraum besteht eine positive signifikante Beziehung.

Die getroffenen Aussagen gelten sinngemäß auch für den **Grünlandschätzungsrahmen** mit seinen Kriterien

- Bodenart
- Bodenstufe
- Klimastufe und
- Wasserstufe.

Die Ansprache von **Bodenart** und **Bodenstufe** (entspricht der Zustandsstufe) erfolgt einfacher als beim Ackerschätzungsrahmen. Die Berücksichtigung von Klima- und Wasserstufe tragen der besonderen Bedeutung dieser beiden Faktoren bei der Ertragsbildung des Grünlandes Rechnung.

Bei der **Klimastufe** (a bis d) ist die durchschnittliche Jahrestemperatur (z.B. Klima a $\geq 8^{\circ}\text{C}$) maßgeblich. Tiefere Lagen des Rheinischen Schiefergebirges werden der Klimastufe b (7,0 bis $7,9^{\circ}\text{C}$) zugeordnet, weite Teile dieser typischen Mittelgebirgsregion gehören der Klimastufe c (5,7 bis $6,9^{\circ}\text{C}$) an (vgl. auch Tabelle 1). Bei besonders ungünstigen klimatischen Verhältnissen, die mit kurzer Wachstumszeit verbunden sind, wird in höheren Lagen eine Klimastufe d ($\leq 5,6^{\circ}\text{C}$) gebildet. Diese kommt im Exkursionsgebiet jedoch nicht vor.

Die Wasserverhältnisse eines Standortes werden mittels fünf **Wasserstufen** (besonders günstig bis besonders ungünstig) beurteilt. Diese werden mit arabischen Zahlen (1 bis 5) bezeichnet. Bei den Wasserstufen 4 und 5 (ungünstig und besonders ungünstig) wird die Angabe bei besonders trockenen Lagen durch ein Minuszeichen erweitert. Gute Ergebnisse konnten in den letzten Jahren erreicht werden, indem hilfsweise die klimatische Wasserbilanz während der Vegetationsperiode (siehe Tabelle 1) zur nutzbaren Wasser- bzw. Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum (nFKdB) ins Verhältnis gesetzt wurde. So ist bekannt, dass bei einem Absinken der nFK auf 40 bis 35 % des maximalen Wertes Ertragsdepressionen auftreten. Dies gilt praktisch für alle Kulturpflanzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Wasserbedarf des Grünlandes in etwa doppelt so hoch wie der des Ackerlandes ist.

Anwendung der Bodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke

Es existieren derzeit ca. 25 steuerliche und über 30 nichtsteuerliche Anwendungen. So dient die Bodenschätzung etwa auch der **Wertermittlung von landwirtschaftlich genutzten Grundstücken in der Flurbereinigung** (§ 28 FlurbG). Wie in Rheinland-Pfalz wurden auch in Hessen entsprechende positive Synergieeffekte durch die Zusammenarbeit mit der Flurbereinigungsbehörde erreicht. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Kosten als auch für die Einsparung von Doppelarbeit. Erfahrungen aus der Zusammenarbeit mit der Flurbereinigungsbehörde werden exemplarisch vorgestellt.

Außerdem wird die Bodenschätzung zur **bodenfunktionsbezogenen Auswertung durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)** genutzt. Das HLUG entwickelt zur Zeit verschiedene Anwendungen, die direkt auf die Ergebnisse der Bodenschätzung aufsetzen. So werden seit Jahren auch die Vergleichsstücke der Bodenschätzung systematisch bei Nachschätzungen gemeinsam besichtigt und

vom HLUG beprobt. Musterstücke der Bodenschätzung werden auch zur **Bodendauerbeobachtung** herangezogen.

Die Universitäten Frankfurt am Main und Gießen nutzen die Bodenschätzung ebenfalls in **diversen Projekten** (z.B. Sonderforschungsprojekt „Entwicklung von peripheren Räumen“ der Uni Gießen; Projekt „Land Use and Climatic Impact on Fluvial Systems (LUCIFS)“ der Uni Frankfurt).

Insbesondere bei wechselnden Bodenverhältnissen bietet es sich an, die Informationen der Bodenschätzung für **die teilflächenspezifische Bewirtschaftung** von landwirtschaftlich genutzten Flächen heranzuziehen. Aus der Sicht der Bodenschätzer sollte dieser Punkt stärker Berücksichtigung für die landwirtschaftliche Praxis finden.

Digitalisierung der Bodenschätzung

Der Digitalisierung der Flächen- und Punktdaten der Bodenschätzung kommt eine zentrale Bedeutung zu. So wird von der Katasterverwaltung die Bodenschätzung in der Folie 42 der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) abgebildet. Mit dem bundeseinheitlichen digitalen Programm zur Erfassung von **Feldschätzungsdaten (FESCH)** werden durch die Finanzverwaltung die Daten der **Feldschätzungsbücher** erfasst. Das HLUG hat ein entsprechendes Prüfprogramm (PESCH) für die FESCH-Daten entwickelt. Gemeinsam mit der Katasterverwaltung und dem HLUG wurde ein Verfahren entwickelt, das sicherstellt, dass die Daten der Bodenschätzung auch in einem geografischen Informationssystem (GIS) geführt werden können. Dieses Verfahren wurde in Hessen erstmals anhand der Nachschätzungsergebnisse aus dem Jahr 2000 aus der Gemarkung Seilhofen erprobt.

Zukunft der Bodenschätzung

Die Bodenschätzung besitzt in der landwirtschaftlichen Praxis eine hohe Akzeptanz und hat sich seit über 70 Jahren bewährt. Die nichtsteuerliche Bedeutung hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. In Zeiten knapper werdender Kassen und einer gewissen Euphorie für Umstrukturierungen werden verschiedene Überlegungen von den unterschiedlichsten Seiten hinsichtlich der Zukunft der Bodenschätzung angestellt. Dazu gehören eine behutsame Reform, die Verlagerung in ein anderes Ressort, das „Einfrieren“ oder sogar die Abschaffung der Bodenschätzung.

Anschrift

Keil, B.
Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main
Adickesalle 32
60322 Frankfurt am Main

Herche, V
Finanzamt Gießen
Schubertstraße 60, 35392 Gießen

Exkursionspunkt G 8/1 Regosol – SL 6 V (Mudersbach)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung:

Höhe ü. NN 325 m	Jahreswärme 7,5° C	Nieder-schläge 730 mm	Flur 3	Flurstück 16	Rahmenkarte 6418	Rechtswert 3464499	Hochwert 5618312
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster
Grab-loch	HO	S	10	RQ	M 2639.03		
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen
A	SL 6 V		31	Gel S -4		-6 %	31/28
Bemerkungen: Devon-Schiefer							
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm
h2						L,s3,gru3,st1	2
						L,s3,gru4,st2	0,5-1
						V,l2,sch3,gru4,st2	

Nach KA 4:

Horizont	Ober-/Unter-grenze	Beschreibung
Ap	0 - 30	Mittel schluffiger Sand, sehr stark grushaltig, schwach humos, carbonatfrei GB Fein- und Mittelgrus jeweils sehr stark Farbe: 10YR5/3 (braun), 10YR5/4 (gelblich braun) gleitend übergehend
IIilCv	30 - 50	Schwach schluffiger Sand, extrem stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei GB Fein- und Mittelgrus Farbe: 10YR6/3 (blass braun), 10YR6/4 (hell gelblich braun) gleitend übergehend
IIIilCv	50 - 60	Schwach schluffiger Sand, extrem stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei GB Grobgrus Farbe: 10YR6/3 (blass braun), 10YR6/4 hell gelblich braun gleitend übergehend

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ap	30		15,4	2,7	4,1	19,2	21,5	17,9	19,2
IIilCv	50		4,7	0,6	0,6	27,5	25,8	20,1	20,7
IIIilCv	60		nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb

nb: nicht bestimmt

Horizont	pH		C _{org} %	Humus %	N _{ges} %	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
	H ₂ O	CaCl ₂					Ca	Mg	Na	K	
<i>l</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ap	5,3	4,8	1,3	2,2	0,14	9,3	4,89	0,61	0,15	0,74	12,26
IIilCv	5,7	5,1	0,2	0,3	0,02	10,0	5,92	0,81	0,12	0,53	9,53
IIIilCv	5,9	5,6	0,3	0,5	0,02	15,0	6,71	1,23	0,14	0,42	10,74

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
<i>l</i>	22	23	24	25	26	27
Ap	224,4	95,2	192,1	92,0	47,2	123,7
IIilCv	114,8	52,3	54,8	32,8	13,2	41,6
IIIilCv	143,4	106,1	57,8	nb	nb	nb

nb: nicht bestimmt

Exkursionspunkt G 8/2 Braunerde – SL 5 V (Mudersbach)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung:

Höhe ü. NN 320 m	Jahreswärme 7,5° C	Niederschläge 730 mm	Flur 3	Flurstück 17	Rahmenkarte 6418	Rechtswert 3464496	Hochwert 5618250	
Lage		Richtung	Neig. in %	Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster
Grabloch	HM	S	7	BB	M 2639.02			
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen	
A	SL 5 V		39	Gel S -2		-6 %	39/36	
Bemerkungen:								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm	Horizont
h2						L,s3,gru3,st1	2,5	Ap
						L,s3,gru3-gru4,st1	1-2	Bv
						V,l2,s3,schi3,gru4		IIilCv

Nach KA 4:

Horizont	Ober-/Untergrenze	Beschreibung
Ap	0 - 25	schwach schluffiger Sand, mittel grushaltig, schwach humos, carbonatfrei GB mittel feingrusig, sehr schwach steinig Farbe: 10YR5/3 (braun), 10YR5/4 (gelblich braun) gleitend übergehend
Bv	25 - 30	schwach schluffiger Sand, mittel grushaltig, humusfrei, carbonatfrei GB mittel feingrusig, sehr schwach steinig Farbe: 10YR5/3 (braun)
IIilCv	30 - 60	Schwach schluffiger Sand, extrem stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei GB Feingrus Farbe: 10YR6/3 (blass braun), 10YR6/4 (hell gelblich braun) gleitend übergehend

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze		Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
	cm			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ap		25		11,9	6,9	8,6	18,4	18,5	18,8	16,9
Bv		30		3,6	6,6	15,7	24,1	18,6	15,6	15,8
IIilCv		60		15,5	1,3	3,6	28,9	22,2	16,0	12,5

Horizont	pH	pH	C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
							Ca	Mg	Na	K	
	H ₂ O	CaCl ₂	%	%	%		17	18	19	20	21
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ap	5,8	5,3	1,9	3,3	0,18	10,6	6,2	0,7	0,14	1,45	17,17
Bv	6,2	5,7	0,7	1,2	0,09	7,8	5,1	0,93	,22	2,97	13,76
IIilCv	5,9	5,4	0,3	0,5	0,05	6,0	6,66	1,21	0,13	0,47	10,09

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
	22	23	24	25	26	27
Ap	357,7	138,8	553,7	116,7	68,5	214,4
Bv	399,2	119,0	751,2	79,9	48,8	211,2
IIilCv	156,9	71,1	133,5	45,1	28,9	58,0

Exkursionspunkt G 8/3 Lockerbraunerde – sL 5 V (Mudersbach)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung

Höhe ü. NN 315 m	Jahreswärme 7,5° C	Niederschläge 730 mm	Flur 3	Flurstück 31	Rahmenkarte 6418	Rechtswert 3464481	Hochwert 5618164	
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster	
Grabloch	HM	S	6	BBI	M 2639.04			
Kulturart A	Bodenklasse sL 5 V		BZ, GrGZ 48	Besonderheiten, Abrechnungen (%) Gel -2		Allg. Klima -8 %	Wertzahlen 48/43	
Bemerkungen:								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm	Horizont
h2						L,s2,gru2	2,5	Ap
						L,s2,gru2	2-2,5	Bfv
						V,l2,schi3,gru4		IIilCv

Nach KA 4

Horizont	Ober-/Untergrenze	Beschreibung
Ah	0 - 10	Schwach schluffiger Sand, schwach grushaltig, humos, carbonatfrei GB feingrusig Farbe: 5YR3/4 (dunkel rötlich braun)
Bfv	10 - 50	Schwach schluffiger Sand, schwach grushaltig, humusfrei, carbonatfrei GB Fein- und Mittelgrus Farbe: 7.5YR5/4 (braun), 7.5YR4/4 (dunkelbraun/braun) gleitend übergehend
IIilCv	50 - 60	Schwach schluffiger Sand, extrem stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei Linsen aus rötlich braunem Ton (5YR5/4) GB Fein-, Mittel-, Grobgrus Farbe: 10YR5/2 (grau braun), 10YR5/4 (gelblich braun), 10YR4/3 (dunkelbraun /braun), 10YR4/4 gleitend übergehend

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)							
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ah		10		5,4	3,7	7,8	23,0	18,5	20,6	21,0
Bfv(1)		30		5,3	2,9	9,5	24,1	20,4	19,0	18,8
Bfv(2)		50		8,7	3,0	7,9	23,0	19,4	17,2	20,8
IIilCv		60		2,4	0,6	4,9	34,6	19,8	14,2	23,5

Horizont	pH	pH	C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g	
	H ₂ O	CaCl ₂	%	%	%		Ca	Mg	Na	K		
	1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ah	5,4	4,8	2,0	3,4	0,25	8,0	3,88	0,55	0,18	1,43	17,2	
Bfv(1)	5,3	4,7	1,9	3,3	0,22	8,6	3,46	0,38	0,15	1,05	17,14	
Bfv(2)	5,6	5,0	1,1	1,9	0,13	8,5	4,00	0,57	0,18	1,48	14,30	
IIilCv	5,8	5,5	0,3	0,5	0,05	6,0	10,12	2,29	0,15	0,49	16,22	

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d	
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	
	1	22	23	24	25	26	27
Ah	354,7	154,5	556,8	159,0	90,0	294,5	
Bfv(1)	368,0	161,9	592,7	143,9	86,2	288,8	
Bfv(2)	319,6	131,2	504,8	113,8	68,9	224,3	
IIilCv	213,5	178,9	134,2	nb	nb	nb	

nb: nicht bestimmt

Exkursionspunkt G 8/4 Braunerde-Ranker – IS III b 4- (Bermoll)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung:

Höhe ü. NN 334 m	Jahreswärme 7,4° C	Nieder-schläge 720 mm	Flur 4	Flurstück 99	Rahmenkarte 6113	Rechtswert 3461013	Hochwert 5613750
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster
Grab-loch	HO	O	2	RN	V 07		
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen
Gr	IS III b 4-		24			%	24/24
Bemerkungen:							
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm
h2-h3						L,fs3-s3,gru3,st2	2
						Schi	imCv

Nach KA 4:

Horizont	Ober-/Unter-grenze	Beschreibung
Ah	0 – 15	Schwach schluffiger Sand, stark grushaltig, stark humos, carbonatfrei GB stark fein-, mittel-, gorbgrusig Farbe: 10YR5/1 (grau)
Bv-ilCv	15 – 25	Schwach schluffiger Sand, stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 10YR5/1 (grau)
imCn	25 – 35	Feinbodenfrei, Festgestein in Situ, humusfrei, carbonatfrei

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
			cm	%	gS	mS	fS	gU	mU
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ah	15		11,2	2,2	1,8	30,4	19,1	17,1	18,2
Bv-ilCv	25		5,5	1,8	3,5	24,4	23,3	20,2	21,3

Horizont	pH	pH	C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
							Ca	Mg	Na	K	
1	H ₂ O	CaCl ₂	%	%	%	16	17	18	19	20	21
Ah	5,3	4,4	2,6	4,5	0,29	9,0	4,89	0,96	0,16	0,70	16,87
Bv-ilCv	5,3	4,4	1,7	2,9	0,2	8,5	4,11	0,73	0,14	0,62	14,27

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
1	22	23	24	25	26	27
Ah	272,6	81,4	179,5	138,4	38,3	156,6
Bv-ilCv	287,3	88,2	180,9	129,2	34,7	156,2

Exkursionspunkt G 8/5 Regosol – SL 5 DV (Bermoll)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung

Höhe ü. NN 330 m	Jahreswärme 7,6° C	Niederschläge 720 mm	Flur 4	Flurstück 49	Rahmenkarte 6013	Rechtswert 3460922	Hochwert 5613623	
Lage		Richtung	Neig. in %	Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster
Grabloch		HO	S	2	RQ	V 03		
Kulturart A	Bodenklasse SL 5 DV		BZ, GrGZ 43	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima -6 %	Wertzahlen 43/40	
Bemerkungen:								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm	Horizont
h3						L,s3,bi3	3	Ap
						Bi,14	1,5-2	ilCn
						L,fs4,gru4-SchiV,I3	2	IIilCv
						SchiV,I3-I2		IIIilCn

Nach KA 4

Horizont	Ober-/Untergrenze	Beschreibung
Ap	0 – 30	Grobsand, mittelhumos, carbonatfrei Farbe: 10YR3/3 (dunkel braun)
ilCn	30 – 45	Grobsand, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 10YR5/2 (grau braun), 10YR6/3 (blass braun), 10YR6/4 (hell gelblich braun)
IIilCv	45 – 80	Schwach sandiger Ton, stark Schuttgrus-haltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 10YR5/6 (gelblich braun), 10YR5/1, 10YR4/1 (Farben des Grauwackesandsteins)

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Ap	30		1,5	15,8	18,6	15,4	21,5	14,6	12,6
ilCn	45		0,6	29,7	6,0	16,7	26,0	17,7	3,3
IIilCv	80		1,7	4,7	6,8	19,9	19,2	13,4	34,3

Horizont	pH		C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
	H ₂ O	CaCl ₂	%	%	%		Ca	Mg	Na	K	
<i>1</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>
Ap	6,6	5,8	2,2	3,8	0,24	9,2	11,37	0,92	0,3	2,97	22,58
ilCn	7,0	6,2	0,3	0,5	0,07	4,3	4,02	0,64	0,41	1,41	7,3
IIilCv	6,8	5,8	0,3	0,5	0,02	15,0	5,94	4,21	0,35	0,81	11,75

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
<i>1</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>
Ap	338,1	134,7	1383,7	95,6	73,0	223,2
ilCn	90,4	39,2	461,0	22,1	14,1	43,1
IIilCv	42,9	32,5	24,4	13,1	13,1	10,1

**Exkursionspunkt G 8/6 Kolluvisol über pseudovergleyter Para-braunerde –
L 4 LÖV (Seilhofen)**

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung:

Höhe ü. NN 505m	Jahreswärme 6,8° C	Niederschläge 970 mm	Flur 22	Flurstück 21	Rahmenkarte 4310	Rechtswert 3443508	Hochwert 5610815	
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster	
Grabloch	HM	S	6	YK/sLL	V 05			
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen	
A	L 4 LÖV		66	Gel S -2		-18 %	66/53	
Bemerkungen:								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm	Horizont
h3						L,fs3	2,5-3	Ah
h1						L,fs3,gru1	2,5	M
		gb2	ei1-ei2			L,fs2,gru2	4	IISw-Bt1
		gb2	ei2			Lkr,gru2-gru3,st2-	3-4	IISw-Bt2
						BaV,l3		IIISd-Bv

Nach KA 4:

Horizont	Ober-/Untergrenze	Beschreibung
Ap	0 – 25	Sandig lehmiger Schluff, sehr schwach grushaltig, schwach humos, carbonatfrei Farbe: 10YR3/2 (sehr dunkel grau-braun)
Al	25 – 55	Sandig lehmiger Schluff, schwach grushaltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 7.5YR4/6 (kräftig braun)
II S-Bt	55 – 90	Schluffiger Lehm, schwach Grusschutt-haltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 7.5YR4/4 (dunkelbraun/braun)
II Btv	90 - 115	Mitteltoniger Schluff, mittel Grusschutt-haltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 7.5YR4/4 (dunkelbraun/braun)
III Cv	115 – 130	Sandiger Schluff, extrem stark Blockschutt-haltig

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
	cm	%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ap	25		1,8	1,9	4,6	40,8	23,1	10,0	17,8
Al	55		0,7	0,9	1,2	39,8	29,5	9,1	18,8
II S-Bt	90		2,3	0,2	0,6	41,2	21,8	11,1	22,8
II Btv	115		0,4	0,1	0,6	51,4	11,9	12,4	23,2

Horizont	pH	pH	C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100 g
	H ₂ O	CaCl ₂	%	%	%		Ca	Mg	Na	K	
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ap		5,4	3,2	4,9	0,34	9,4	9,95	1,14	0,17	0,39	16,9
Al	n.b.	4,8	0,7	1,2	0,07	10,0	6,13	1,16	0,18	0,36	16,58
II S-Bt		5,5	0,2	0,3	0,04	5,0	11,19	5,12	0,30	0,27	20,82
II Btv		5,8	0,1	0,2	0,03	3,3	12,66	7,37	0,29	0,08	23,53

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
1	22	23	24	25	26	27
Ap	473,3	85,6	864,8	269,5	58,3	508,9
Al	418,6	67,4	325,6	157,7	22,0	240,4
II S-Bt	283,5	53,3	144,0	64,8	26,7	83,4
II Btv	248,8	47,0	113,2	53,3	19,0	64,0

nb: nicht bestimmt

Exkursionspunkt G 8/7 Braunerde – L 5 V (Seilhofen)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung

Höhe ü. NN 492m	Jahreswärme 6,8° C	Nieder-schläge 970 mm	Flur 23	Flurstück 26	Rahmenkarte 4410	Rechtswert 3444178	Hochwert 5610653	
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster	
Grab-loch			HO	SW	5	BB	V 06	
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen	
AGr	L 5 V		5I	Gel SW -2		-18 %	51/41	
Bemerkungen: Profil lößbeeinflusst								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm	Horizont
h2-h3						L,fs3,st1	2,5	Ap
						L,fs3,gru2+St	2-3	Bv
						BaV,(daug3)		II ilCv

Nach KA 4

Horizont	Ober-/Unter-grenze	Beschreibung
Ah	0 – 12 (10-15)	Schwach toniger Schluff, mittel Schuttgrus-haltig, mittel humos, carbonatfrei Farbe: 10YR3/3 (sehr dunkel grau-braun)
Bv	15 – 50	Schwach toniger Schluff, mittel Grusschutt-haltig, sehr schwach humos, carbonatfrei Farbe: 10YR4/4 (dunkel gelblich braun, 5R2.5/6 (dunkelrot) marmoriert; 5R2.5/1 (rötlich schwarz diffus
II Bv	50 – 85 (72 – 90)	Sandig lehmiger Schluff, stark Grusschutt-haltig, sehr schwach humos, carbonatfrei Farbe: 10YR3/3 (dunkel braun)
III mCv	85 – 120	Schwach toniger Lehm, extrem stark Blockschutt-haltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 5Y4/1 (dunkel grau), 7.5R4/6 (kräftig braun) Belag bzw. belagartig

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)						
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ah	12		1,4	1,3	2,4	37,8	29,2	11,2	16,7
Bv1	30		1,7	1,4	2,5	37,3	26,6	13,2	17,3
Bv2	50	n.b.	0,6	1,1	2,3	36,8	27,7	14,0	17,5
II Bv	85		1,0	0,7	1,9	35,6	23,2	17,9	19,4
III mCv	120		1,6	0,8	2,2	25,2	24,7	13,3	32,2

Horizont	pH		C _{org} %	Humus %	N _{ges} %	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
	H ₂ O	CaCl ₂					Ca	Mg	Na	K	
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ah	5,1	4,7	3,4	5,8	0,35	9,7	8,16	3,82	0,17	0,17	23,67
Bv1	5,3	4,7	1,4	2,4	0,15	9,3	7,07	2,54	0,19	0,05	19,68
Bv2	5,4	4,8	1,4	2,4	0,15	9,3	6,93	2,63	0,28	0,06	19,39
II Bv	5,8	5,1	0,6	1,0	0,08	7,5	11,21	5,55	0,39	0,07	24,08
III mCv	6,0	5,1	0,4	0,7	0,06	6,7	14,19	7,96	0,35	0,12	29,73

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
1	22	23	24	25	26	27
Ah	757,0	70,2	221,0	385,6	45,7	172,7
Bv1	576,8	69,7	246,9	234,7	25,0	212,2
Bv2	577,4	64,0	265,3	233,3	22,4	221,0
II Bv	468,7	37,8	227,6	138,0	7,9	159,3
III mCv	311,6	31,5	274,8	104,1	8,4	182,6

Exkursionspunkt G 8/8 Pseudogley-Parabraunerde – L II c 2 (Seilhofen)

Profilbeschreibungen

Nach Bodenschätzung

Höhe ü. NN 496 m	Jahreswärme 6,8° C	Niedererschläge 970 mm	Flur 21	Flurstück 5	Rahmenkarte 4510	Rechtswert 3445444	Hochwert 5610652
Lage Richtung Neig. in %			Bodentyp	Musterstücks-Nr.	Vergleichsst.-Nr.	Neu-/Tiefkultur	Erläut. zum Kataster
Grabloch	K	S	I	LL-SS		V 10	
Kulturart	Bodenklasse		BZ, GrGZ	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima	Wertzahlen
Gr	L II c 2		45	Htr -4		%	45/43
Bemerkungen: Tendenz zu Wa 3; nFKdB: 90 mm							
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Schicht dm
h3			ei1			L,fs3	2
h1		gb1	ei1-ei2			L,fs3,gru1,st1	1,5-2
		gb2	ei3-ei4			L,fs3-s2,gru3,daug2	2
						BaV,I3,daug3	
							IIISd-Cv

Nach KA 4

Horizont	Ober-/Untergrenze	Beschreibung
Ah	0 – 12	Schwach toniger Schluff, schwach grushaltig, stark humos, carbonatfrei Farbe: 10YR3/2 (sehr dunkel grau-braun)
Sw-M	12 – 35	Schwach toniger Schluff, stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 7.5YR4/6 (kräftig braun, 5YR3/4 (dunkel rötlich braun)
IISd-Btv	35 – 50 (50-60)	Sandig lehmiger Schluff, stark grushaltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 10YR4/4 (dunkel gelblich braun, 5YR3/4 (dunkel rötlich braun), 10YR5/4 (gelblich braun)
III mCv	50 – 120	Schluffig lehmiger Sand, extrem Blockschutt-haltig, humusfrei, carbonatfrei Farbe: 2.5Y4/2 (dunkel grau braun), 5YR4/4 (rötlich br.)

Physikalische und chemische Analysedaten

Horizont	Untergrenze	Skelett %	Textur (Mas-% der humusfreien Feinerde)							
	cm		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ah	12			0,1	0,1	0,9	37,0	35,8	12,0	14,1
Sw-M	35		n.b.	1,3	0,2	0,8	35,0	32,1	12,4	18,2
IISd-Btv	50			0,8	0,1	0,4	53,8	18,5	8,2	18,2
III mCv	110			0,4	0,1	0,5	44,1	21,5	7,4	26,0

Horizont	pH		C _{org}	Humus	N _{ges}	C/N	Potentiell austauschbare Kationen (mmol IÄ/100g)				KAK _{pot} mmol IÄ/100g
	H ₂ O	CaCl ₂					Ca	Mg	Na	K	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ah	5,4	5,0	3,7	6,4	0,39	9,5	6,91	3,37	0,21	0,16	23,41
Sw-M	5,9	5,4	1,4	2,4	0,16	8,8	7,36	3,93	0,33	0,10	18,46
IISd-Btv	6,1	5,5	0,6	1,0	0,08	7,5	13,51	9,08	0,52	0,19	30,69
III mCv	6,5	5,8	0,2	0,3	0,03	6,7	13,45	9,1	0,56	0,17	29,11

Horizont	Fe _o	Mn _o	Al _o	Fe _d	Mn _d	Al _d
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
	22	23	24	25	26	27
Ah	886,5	57,2	179,7	446,2	34,1	157,0
Sw-M	679,0	45,8	184,6	251,4	15,8	158,5
IISd-Btv	676,9	60,8	207,1	137,4	20,1	118,8
III mCv	281,3	52,0	142,4	63,3	13,8	57,7

G 9: Bodenhorizonte und Lagen im Taunus und dessen südlichem Vorland

A. Semmel, H. Thiemeyer

Zielsetzungen

In den letzten Jahren hat das Problem der Schichtung von Bodensubstrat in der deutschen Bodenkunde verstärkt Interesse gefunden. Auf vielen Exkursionen, die dieser Thematik galten, konnte man den Eindruck gewinnen, dass besonders hinsichtlich der von der AG Boden (KA4) empfohlenen Gliederung periglaziärer Lagen und ihrer Abgrenzung zu Bodenhorizonten eine Reihe von Unklarheiten besteht, die der Diskussion bedarf. Hierzu soll auf der Exkursion anhand typischer Profile Gelegenheit gegeben werden.

Exkursionsroute

Die Exkursion beginnt nach der Anfahrt von Marburg in der Kiesgrube Mitteldorf am Autobahndreieck Mönchhof westlich des Frankfurter Flughafens. Von dort führt der weitere Weg über die A 66 und das Wiesbadener Kreuz zur Hohen Wurzel in den Hochtaunus NW Wiesbaden und anschließend zurück nach Hofheim am Taunus. Die Rückfahrt nach Marburg erfolgt gegen 18.00 Uhr.

Beschreibung des Exkursionsgebietes

Das Exkursionsgebiet hat Anteil an der Untermainebene, dem nördlichen Teil der Oberrheinischen Tiefebene, die bekanntlich eine Folge des Einbruchs des Oberrheingrabens und dessen partieller Auffüllung ist. Im starken Gegensatz zu dieser um 100 m NN liegenden Ebene steht der mit dem Großen Feldberg bis fast 900 m NN aufragende Hochtaunus, dessen mittlere Kammhöhen bei 600 m NN liegen. In den Tieflagen dominieren als bodenbildende Gesteine jungpleistozäne Sedimente, vor allem über Kiesen der Niederterrassen des Mains liegende spätpleistozäne Hochflutlehme und Flugsande. Erstere tragen Parabraunerden, letztere Braunerden mit gebändertem Untergrund.

Den Übergang zum Taunus vermitteln lößbedeckte pleistozäne Terrassen von Rhein und Main, auf denen unterschiedlich erodierte Parabraunerden vorher-

Auf den devonischen Tonschiefern, Sandsteinen und Quarziten des Taunus liegen Schuttdecken mit Braunerden oder, bei höherem Lößgehalt, auch Parabraunerden. In flachen Lagen kommen staunasse Böden vor, auf exponierten Quarzit-Standorten Podsole. Verbreitet sind auch Lockerbraunerden anzutreffen, deren Solum hier immer hohe Anteile von Laacher See-Tephra enthält.

Der 500 bis fast 800 m betragende Höhenunterschied zwischen dem Untermaingebiet und dem Hochtaunus wirkt sich nicht nur auf Gestein und Bodensubstrat aus, sondern natürlich auch klimatisch. Das Temperatur-Jahresmittel beträgt in den Tieflagen ca. 9 °C, in den Hochlagen ca. 5 °C. Die Jahresmittel des Niederschlags liegen im Untermaingebiet unter 600 mm, im Hochtaunus bei ca. 1000 mm.

Auf den sandigen Standorten am Untermain herrscht heute Kiefernwald vor, natürliche Vegetation war Eichenwald. Die Lößareale des Übergangsbereichs werden, soweit nicht bebaut, vorwiegend ackerbaulich genutzt. Weinbergsnutzung bleibt im wesentlichen auf lößfreie Mergelhänge mit hohem Strahlungsgenuss beschränkt. Im Taunus dominieren Buchenwälder.

Bereits die bandkeramische Besiedlung führte in den Lößgebiete zu Bodenerosionsschäden. Zumindest in den wärmsten Gebieten waren damals noch Schwarzerden anzutreffen, die entsprechende Kolluvien lieferten. In Gruben jüngerer Kulturen sind hingegen braune Kolluvien dominant. Heute konkurrieren in dieser Region verschiedene Nutzungsansprüche. Besonders die Ausweitung der Bebauung, des Verkehrsnetzes etc. schränkt die land- und forstwirtschaftliche Nutzung immer drastischer ein. Die intensive vielseitige anthropogene Beanspruchung gefährdet u. a. die Versorgung mit sauberem Grundwasser. Probleme größeren Ausmaßes bereiten zahlreiche Abfalldeponien, deren Lage und Inhalt oft nicht genau bekannt sind.

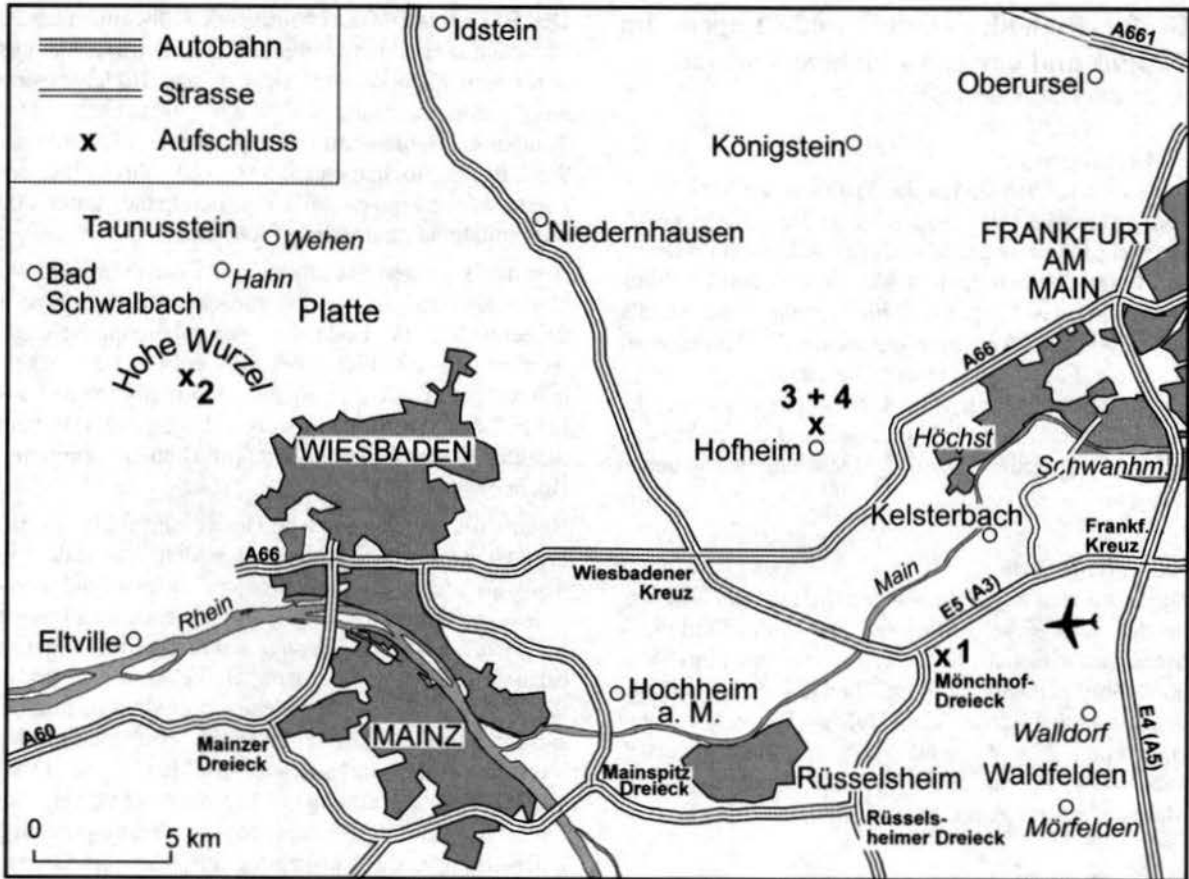


Abb. 1: Übersichtsskizze des Exkursionsgebietes

Exkursionspunkt 1: Hauptlage- und Braunerde-Koinzidenz auf Flugsand

Standortbeschreibung: Kiesgrube Mitteldorf SE BAB-Dreieck Mönchhof, Bl. 5917 Kelsterbach, GPS-Position 34 64 53; 55 43 86, ca. 93 m NN, 3° ostexponierter kleiner Dünenhang.

Nutzung: Kiefernwald.

Ausgangsgestein: Flugsand.

Substrattyp: Sandige Hauptlage über Flugsand (nicht nach KA4).

Humusform: Moder.

Bodentyp: Braunerde.

L/Of/Oh	2-3 cm	Bestandsabfall (Kiefernadeln, zersetzt, Moder)
Ah	0-10 cm	dunkelgraubrauner (trocken 10 YR 5/3; feucht 10 YR 3/3) stark humoser schwach lehmiger Sand, bröckelig, stark durchwurzelt
Bhfv	10-50 cm	brauner (10 YR 6/3; 10 YR 4/3) schwach humoser schwach lehmiger Sand, bröckelig, locker gelagert, stark durchwurzelt
Bfv	50-80 cm	brauner (10 YR 6/4; 10 YR 4/4) schwach lehmiger Sand, schwach bröckelig, locker gelagert, stark durchwurzelt
II ICv	80-120 cm	heller fahlbräunlicher (10 YR 7/4; 10 YR 6/4) Sand, Einzelkorngefüge, ungeschichtet
II Bbt+ICv	120-150 cm+	hellbrauner Sand, feingeschichtet, mit dünnen rostfarbigen (7,5 YR 7/4; 10 YR 6/4) tonigen Bändern.

Das Profil repräsentiert den typischen Flugsandboden aus kalkfreiem Substrat in der nördlichen Oberrheinischen Tiefebene. Entscheidend für seine Ausprägung ist die Überlagerung des Flugsandes mit der Hauptlage (früher "Decksediment" i. S. von Semmel

1966: 11). Die Hauptlage enthält im Gegensatz zum Flugsand einen hohen Anteil an Laacher See-Tephra, ausgewiesen durch greasing und Schwermineralgehalt, der für die ausgesprochen lockere Lagerung verantwortlich ist (Tab. 1). Der geringfügig höhere

Fortsetzung Tabelle 1.2:

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k_1 (pF 2)	k_f	
	>50 μ m	50-10 μ m	10-0,2 μ m	<0,2 μ m	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
<i>l</i>	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bhfv	n. b.							0,0120	1113
II ICv	n. b.							0,0193	1674

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>l</i>	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah		4,1	4,6	0,04	0,06	0,02	0,25		3,0
Bhfv		4,4	4,7	0,03	0,03	0,01	0,12		3,4
Bfv	n. b.	4,4	4,7	0,05	0,06	0,05	0,06	n. b.	2,5
II ICv		4,3	4,9	0,00	0,04	0,04	0,06		22,9
II Bbt+ICv		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.		n. b.

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>l</i>	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	12,35	4,47		3,98	0,196	20	0,49	4,99
Bhfv	5,69	2,89		1,10	0,066	17	0,26	4,00
Bfv	8,72	2,32	n. b.				0,17	2,50
II ICv	0,65	0,95			n. b.		0,21	2,75
II Bbt+ICv	n. b.	n. b.					n. b.	n. b.

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _l	Al _l	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>l</i>	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	0,08	0,29	0,28	0,30	0,020	0,10			
Bhfv	0,07	0,28	0,24	0,30	0,018	0,07			
Bfv	0,06	0,37	0,15	0,20	0,013	0,06		n. b.	
II ICv	0,01	0,11	0,08	0,02	0,004	0,04			
II Bbt+ICv	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.			

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Tab. 1.3: Ergebnisse der Datierung der Quarzfraktion mittels optisch stimulierter Lumineszenz (OSL)

Probe	Modellalter in ka	Anzahl ausgewerteter Aliquots
Fo1	4,08+/-0,38	7
Fo2	9,43+/-0,79	7
Fo3	15,12+/-1,07	5
Fo4	14,57+/-1,39	7
Fu1	17,04+/-2,08	6
Fu2	15,20+/-1,42	8
Fu3	14,41+/-1,13	6
Fu4	14,55+/-1,33	7
Fu5	14,83+/-1,47	8
Fu6	16,11+/-1,50	7
Fu7	15,72+/-1,87	6
Fu8	15,75+/-1,45	6
Fu9	17,31+/-2,10	10
Fu10	18,24+/-1,63	6
Fu11	29,94+/-2,26	4

Die Messungen wurden an Material aus einer Düne in dem Profil 1 benachbarten ICE-Einschnitt nördlich der Kiesgrube Mitteldorf vorgenommen. Fo1 entstammt einem schwach humosen Sand, Fo2 der Hauptlage (= Bv-Horizont). Die nachfolgenden Proben wurden dem liegenden Flugsand in etwa gleichen Vertikalabständen entnommen, Fu11 dem darunter folgenden Mainkies. Analytikerin: Dr. A. Hilgers, Geogr. Inst. Univ. Köln.

Im Flugsand unter der Hauptlage (= Bhfv- und Bfv-Horizont) ist die Schichtung zerstört (Semmel 1969: 95). Das kann eine Folge pleistozäner frost-dynamischer Vorgänge oder auch ein Ergebnis jüngerer Tonauswaschung sein. Wenn letztere Annahme zutrifft, so handelt es sich um einen Al-Horizont. Plass (1980: 118) bezeichnet diesen Bereich als "II Bl-Horizont", als "lessivierten Unterboden". Früher (vgl. auch Plass 1972: 137 ff.) wurde der Horizont "II ICv" genannt. Da die KA4 weder einen Bl-Horizont anführt, geschweige denn definiert, ist hier die Bezeichnung "II ICv" beibehalten worden.

Die periglaziale Entstehung der Hauptlage auf den Dünen lässt sich durch zahllose syndimentäre Verknüpfungen mit Eiskeil-Pseudomorphosen und Kryoturbationen wahrscheinlich machen (Beispiele bei Plass 1972: 139; 143; 146; 150; 154; Semmel 1969: 94). In unmittelbarer Nähe von Profil 1 ist eine kryoturbat gestörte Hauptlage aufgeschlossen (Abb. 2). Der Aufschluss erweckt den Eindruck, der in der Hauptlage ausgebildete Bfv-Horizont sei gleichfalls kryoturbat gestört. Tatsächlich ist aber nur das tephrahaltige Substrat verbraunt und nicht der tephrafreie Flugsand und Kies. Die Verbraunung zeichnet nur die Kryoturbationen nach, die vorher entstanden sind.

Der hohe Gehalt mittelallerödzeitlicher Laacher See-Tephra legt eine stratigraphische Einordnung der Hauptlage in die Jüngere Tundrenzeit nahe, der letzten periglazialen Klimaperiode. Eine nachträgliche Einmischung von Laacher See-Tephra in eine bereits vorliegende Hauptlage scheidet aus, da der Tephraanteil vom Liegenden zum Hangenden in der Hauptlage abnimmt (Tab. 1.1), übereinstimmend damit, dass in direkter Nachbarschaft zu Profil 1 reine Laacher See-Tephra an der Basis der Hauptlage gefunden wurde (u. a. Plass 1972: 143; Semmel 1969: 94).

Aufgrund quartärgeologischer Befunde ist den liegenden Flugsanden ein Alter von weniger als 20 ka und mehr als 13 ka zuzuordnen. Lumineszenzdatierungen in einer Nachbardüne von Profil 1 durch die Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Radtke, Köln, ergaben für die Hauptlage Werte von ca. 9 ka, für den Flugsand ca. 14 bis ca. 18 ka (Tab. 1.3). Das etwas zu junge Alter der Hauptlage (Fo2) hat vielleicht methodische Ursachen, auch kann eine Einmischung jüngerer Materials aus Fo1 nicht ausgeschlossen werden.

Nicht befriedigend ist derzeit die gleichbleibende Mächtigkeit der Hauptlage von nur 50-80 cm über dem Flugsand zu erklären. Der hochdurchlässige Sand lässt eigentlich tiefere periglaziale Einwirkungen erwarten.

Exkursionspunkt 2: Hauptlage- und Braunerde-Koinzidenz über Laacher See-Tephra

Standortbeschreibung: Aufgelassener Steinbruch am Osthang der Hohen Wurzel NW Wiesbaden, Bl. 5814 Bad Schwalbach, GPS-Position 34 38 86; 55 52 55, ca. 570 m NN, 8° ostexponierter gestreckter Mittelhang.

Nutzung: Buchenwald, vereinzelt Fichten oder Lärchen

Ausgangsgestein: Laacher See-Tephra über Taunusquarzit

Substrattyp: Lehmschutt (Hauptlage über Laacher See-Tephra)

Humusform: Rohhumusartiger Moder

Bodentyp: Braunerde (Lockerbraunerde)

Tab. 2.1 und 2.2

L	2 cm	Buchenlaub
Of	3 cm	zersetztes Buchenlaub mit einigen Nadeln
Ah	0-2 cm	dunkelgrauer (10 YR 3/2; 10 YR 2/1) stark humoser mittelsandiger Lehm
Bhfv	2-45 cm	brauner (10 YR 6/4) mittel humoser mittelsandiger Lehm, bröckelig, locker gelagert, mittel steinig, stark durchwurzelt
II Bfv	45-60	cm brauner (10 YR 6/4; 10 YR 5/6) schluffig-lehmiger Sand, schwach bröckelig, locker gelagert, schwach steinig, stark durchwurzelt
III ICv	60-130 cm	brauner (10 YR 6/3; 10 YR 4/3) schluffig-lehmiger Sand, teilweise grauer Bimstuff, mittel durchwurzelt
IV IC	130-140 cm+	weißgrauer sandig-lehmiger Schluff, dicht gelagert, sehr stark steinig.

Tab. 2.1: Schwermineralgehalt Exkursionspunkt 2

	Augit	br.Hbl	Titanit	Rutil	Turm.	Zirkon	SM
Bv	39	47	9	-	-	5	1,30
III ICv	38	51	8	-	-	3	1,34
IV C	5	8	2	-	5	80	0,55

Fortsetzung Tab. 2.1

	Augit	br.Hbl	Titanit	Rutil	Turm.	Zirkon	SM
Ae	19	28	8	2	1	41	0,52
II Bv	31	46	7	+	+	15	0,62
III C	16	31	2	6	7	38	0,47

Die Hauptlage lässt sich anhand des unterschiedlichen Sand- und Steingehalts unterteilen (Tab. 2.1). Die Laacher See-Tephra ist fleckhaft verbraunt (III ICv-Horizont). Wenige Meter hangaufwärts keilt der Bimstuff unter zunehmender Verbraunung aus. Die Hauptlage bleibt unverändert. Sie wird alsbald von einer fahlbraunen (10 YR 6/3; 10 YR 4/3) podsolierten „Oberlage“ überdeckt, die aus sehr stark steinigem schluffig-lehmigem Sand besteht. Die Lobenform dieser Oberlage und die Einregelung der Klasten können Zeichen einer periglazialen Fließerde sein.

Im Unterschied zur Hauptlage enthält die Oberlage deutlich weniger Augit und Braune Hornblende (Tab. 2.2). Dagegen ist hier der sonst relativ selten zu findende Gehalt von Bimsmaterialen in der Basislage auffallend. Ähnliche Profile wurden erstmals von Fried (1984: 56) aus dem Buntsandstein-Odenwald

beschrieben und insgesamt als postallerödzeitliche Fließerden gedeutet. Andererseits ist eine (vertikale) solimiktive Einmischung von Bimsmaterialen nicht immer sicher auszuschließen (Sabel 1983: 311).

In den Profilen an der Hohen Wurzel hat letztere Annahme größere Wahrscheinlichkeit, denn im hangabwärts liegenden Profil Lockerbraunerde ist der Bimsmaterialgehalt in der Basislage unter der Laacher See-Tephra sehr gering. Die Basislage zieht aber sehr gleichmäßig bei beiden Profilen durch, so dass die Annahme verschiedenen Alters für die Basislage sicher ausgeschlossen werden kann. Soweit bisher bekannt, kommen bimshaltige Basislagen nur bei insgesamt geringen Schwermetallgehalten vor, so dass die Annahme vertikaler Einmischung plausibel erscheint.

Tab. 2.2: Physikalische und chemische Analysen von Exkursionspunkt 2 (Profil Lockerbraunerde)

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm		Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ah	0 – 2		10,5	14,8	15,1	14,7	14,1	9,1	18,7	
Bhfv	2 – 45		9,7	13,6	16,6	15,9	16,2	8,5	18,7	
II Bfv	45 – 60	n. b.	5,0	13,9	22,7	23,5	15,9	9,5	9,5	n. b.
III ICv	60 – 130		2,2	15,8	26,0	28,3	15,4	7,4	5,0	
IV IC	130 – 140+		7,9	11,1	9,0	22,7	25,2	11,2	13,0	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k ₁ (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Ah	n. b.								
Bhfv									
II Bfv									
III ICv									
IV IC									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		3,9	3,4	0,32	0,14	0,88	1,56	52,38	5,1
Bhfv		4,4	4,3	0,05	0,00	0,09	0,12	20,49	1,9
II Bfv	n. b.	4,6	4,5	0,01	0,10	0,07	0,06	23,97	0,6
III ICv		5,5	5,5	0,21	0,09	0,54	0,87	16,50	9,4
IV IC		5,7	4,2	0,08	0,13	0,62	0,25	5,49	16,4

Fortsetzung Tab. 2.2

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P ₂ O ₅ (CAL)	K ₂ O(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>l</i>	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	55,17	22,19		11,59	0,434	27	2,30	5,74
Bhfv	19,67	3,90		1,67	0,113	15	0,51	1,25
II Bfv	17,52	5,14	n. b.				0,21	0,00
III ICv	18,21	1,81			n. b.		0,00	2,25
IV IC	6,57	3,17					0,04	2,75

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _l	Al _l	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>l</i>	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	0,34	0,95	0,36	0,36	0,01	0,27	58,51	8,16	7,17
Bhfv	0,19	1,07	0,18	0,65	0,05	0,18	58,45	10,82	5,40
II Bfv	0,16	1,17	0,14	0,63	0,10	0,10	65,25	17,26	3,78
III ICv	0,12	1,11	0,11	0,58	0,07	0,16	59,24	22,43	2,64
IV IC	0,13	0,71	0,18	0,09	0,02	0,09	80,26	9,15	8,77

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt 3: Koinzidenzen von Horizonten und Lagen in Drei-Lagen-Systemen

Standortbeschreibung: Aufgelassene Kiesgrube am Albertsweg N Hofheim a.Ts., Bl. 5816 Königstein, GPS-Position 34 59 37; 55 51 27, ca. 230 m NN, 15° westexponierter konvexer Mittelhang

Nutzung: Eichen- und Buchenwald

Ausgangsgestein: oligozäner Kies ("Hofheimer Kies")

Substrattyp: Kiesschutt über Kies

Humusform: entfällt wegen künstlicher Aufschüttung

Bodentyp 1: Parabraunerde (Phäno-Parabraunerde, nicht in KA4)

Tab. 3.1 bis 3.4

Oh	1 cm	dunkelgrauer Humus
Ah	0-9 cm	grauer (10 YR 5/2, 10 YR 3/2) stark humoser sandiger Schluff, stark kiesig
Al	9-60 cm	bräunlich grauer (10 YR 7/4, 10 YR 6/4) schluffig-lehmiger Sand, bröckelig, stark kiesig, mittel durchwurzelt
II Al+Bt	60-80 cm	mittelbrauner (10 YR 7/4, 10 YR 6/4) schwach sandiger Lehm, polyedrisch, mittel kiesig, mittel durchwurzelt
II Bt	80-130 cm	brauner (10 YR 6/4, 10 YR 5/6) schwach toniger Lehm, polyedrisch, Tonbeläge, schwach kiesig, schwach durchwurzelt
III IC	130-150 cm+	roter toniger Sand, polyedrisch, stark kiesig.

Ca. 5 m hangabwärts von Bodenprofil 1 (Tab. 3.1 und 3.2) liegt das nächste Profil (Bodentyp 2: Braunerde; Tab. 3.3 und 3.4). Die homogene Hauptlage, die nur stellenweise makroskopisch zweigeteilt werden kann, durchzieht beide Profile. Im Bodenprofil 1 liegt unter ihr die stark löblehmhaltige Mittellage, in der ein brauner Bt-Horizont ausgebildet ist. Sobald die Mittellage hangabwärts auskeilt, verschwindet mit ihr auch der Bt-Horizont. Statt der

Mittellage bildet nun die lößfreie Basislage (II C) den Untergrund. Da kein deutlicher brauner Bt-Horizont erkennbar ist, wird der Bereich der Hauptlage hier als Bv-Horizont bezeichnet.

Die Abfolge repräsentiert nach Ansicht der Verfasser den Normalfall des Wechsels vom Drei- zum Zwei-Lagen-System der solifluidalen Deckschichten in den deutschen Mittelgebirgen.

Tab. 3.1: Schwermineralgehalt Exkursionspunkt 3.1

	Augit	br.Hbl	Titanit	Rutil	Turm.	Zirkon	gn.Hbl	Epidot	SM
Al	22	57	13	+	1	6	1	-	0,02
II Bt	+	3	-	4	12	46	5	27	0,01
III C	-	-	-	10	20	67	-	-	0,01

Tab. 3.2: Schwermineralgehalt Exkursionspunkt 3.2

	Augit	br.Hbl	Titanit	Rutil	Turm.	Zirkon	gn.Hbl	Epidot	SM
Bv	19	50	16	2	5	7	1	-	0,02
II C	-	-	-	16	14	70	-	-	0,01

Tab. 3.3: Physikalische und chemische Analysen von Exkursionspunkt 3 (Profil 3.1, Parabraunerde)

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm		Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ah	0 – 9		13,9	13,7	9,2	24,4	19,2	8,5	11,3	
Al	9 – 60		14,6	9,5	8,9	26,5	19,5	9,6	12,4	
II Al+Bt	60 – 80	n. b.	17,0	10,8	7,4	24,2	16,8	7,8	16,0	n. b.
II Bt	80 – 130		13,4	6,9	3,9	27,2	16,5	5,4	26,7	
III IC	130 – 150+		17,9	25,3	6,4	10,5	12,5	8,7	18,6	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _l (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
<i>l</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Ah									
Al									
II Al+Bt									
II Bt									
III IC									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>l</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		5,1	4,3	0,25	0,17	1,14	0,93	16,99	12,8
Al		4,1	3,8	0,03	0,07	0,11	0,25	8,49	5,2
II Al+Bt	n. b.	4,0	3,7	0,20	0,16	0,10	0,12	10,49	5,3
II Bt		4,1	3,7	0,03	0,24	0,21	0,56	14,99	6,5
III IC		4,7	3,9	0,02	0,18	0,37	0,62	6,99	14,7

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹	KAK _p	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>l</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ah	19,48	5,49					1,32	5,75
Al	8,96	4,75					0,43	2,25
II Al+Bt	11,08	7,48					0,34	3,50
II Bt	16,02	12,51					0,38	6,25
III IC	8,19	7,30					0,38	4,24

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO _{2i} /
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Al ₂ O _{3i}
<i>l</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ah	0,15	0,56	0,26	0,10	0,08	n. b.	41,44	4,41	9,40
Al	0,10	0,52	0,19	0,12	0,03	0,05	72,62	6,04	12,02
II Al+Bt	0,10	0,82	0,12	0,15	0,02	n. b.	78,65	10,98	7,16
II Bt	0,09	1,28	0,07	0,23	0,02	0,13	68,93	13,73	5,02
III IC	0,05	1,01	0,05	0,13	0,01	0,06	78,48	7,11	11,04

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Tab. 3.4: Physikalische und chemische Analysen von Exkursionspunkt 3 (Profil 3.2, Braunerde)

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm		Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ah	0 – 5		13,1	12,9	10,9	25,3	18,9	9,7	8,2	
Bv	5 – 60	n. b.	12,4	12,3	9,8	24,7	19,2	9,5	10,1	n. b.
II IC	70 – 100		19,0	24,3	5,9	9,5	13,9	9,9	22,5	

Fortsetzung Tab. 3.4

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k_f (pF 2)	k_f	
	>50 μ m	50-10 μ m	10-0,2 μ m	<0,2 μ m	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah Bv II IC	n. b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas.-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah		4,5	4,0	0,02	0,15	0,62	2,68	15,49	18,3
Bv	n. b.	4,2	3,8	0,03	0,06	0,12	0,25	9,49	4,7
II IC		4,0	3,7	0,16	0,13	0,08	0,12	7,5	6,3

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas.-%	Mas.-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	18,95	7,22		5,7	0,17	34	1,07	4,00
Bv	9,95	4,91	n. b.				0,51	1,25
II IC	8,00	6,15			n. b.		0,00	2,25

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _l	Al _l	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
I	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	0,14	0,55	0,26	0,12	0,03	0,13	45,08	4,12	10,94
Bv	0,11	0,57	0,20	0,13	0,01	0,08	62,46	5,61	11,13
II IC	0,04	2,05	0,02	0,19	0,00	0,24	65,37	7,72	8,47

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Exkursionspunkt 4: „Oberlagen“- und Ae-Koinzidenz über Hauptlage

Standortbeschreibung: Wanderweganschnitt am Cohausen-Tempel nördlich Hofheim a.Ts., Bl. 5916 Hochheim a.M., GPS-Position 34 59 63; 55 50 89, ca. 250 m NN, 15 ° westexponierter konvexer Mittelhang

Nutzung: Kiefernwald

Ausgangsgestein: oligozäner Kies ("Hofheimer Kies")

Substrattyp: Kiesschutt über Kies

Humusform: Rohhumus

Bodentyp: Braunerde-Podsol

Tab. 4.1 und 4.2

L	1 cm	Kiefernadeln
Of	2cm	zersetzte Kiefernadeln
Oh	1 cm	Humus
Ahe	0-5 cm	dunkelgrauer (10 YR 5/1-2, 10 YR 3/1) stark humoser schwach schluffiger Sand, sehr stark kiesig
Ae	5-25 cm	grauer (7,5 YR 6/2, 7,5 YR 4/2) schwach humoser schwach schluffiger Sand, Einzelkorngefüge, sehr stark kiesig, mittel durchwurzelt
II Bh	25-28 cm	dunkelgrauer stark humoser mittel lehmiger Sand, mittel kiesig, sehr stark durchwurzelt
II Bs	28-35 cm	brauner (10 YR 5/3, 10 YR 4/3) mittel lehmiger Sand, Einzelkorngefüge, mittel kiesig, stark durchwurzelt
II Bv	35-60 cm	hellbrauner (10 YR 7/4, 10 YR 6/4) schwach lehmiger Sand, ganz schwach bröckelig, mittel kiesig, mittel durchwurzelt
III IC	60-100 cm+	hellgrauer sandiger Kies.

Tab. 4.1: Schwermineralgehalt Exkursionspunkt 4

	Augit	br.Hbl	Titanit	Rutil	Turm.	Zirkon	gn.Hbl	Epidot	Granat	Stauro.	SM
Ahe	2	1	5	9	16	66	+	2	+	+	0,14
Ae	1	1	4	6	16	71	-	1	-	-	0,14
II Bh	8	18	4	7	16	46	+	1	+	-	0,10
II Bsv	2	4	1	5	16	70	-	+	-	-	0,08
III C	-	-	-	9	6	75	-	-	-	-	0,13

Die Schichtgrenze zwischen „Oberlage“ und Hauptlage, die zugleich der Grenze Ae-/Bh-Horizont entspricht, wird aus dem unterschiedlichen Kiesgehalt und Schwermineralgehalt abgeleitet (Tab. 4.2). Vor allem Augit und Braune Hornblende (Laacher See-Tephra) sind im Bh-Horizont viel stärker vertreten als im Ae-Horizont. Mit dem Bh-Horizont beginnt die Hauptlage, die hier, wie partiell an der Hohen Wurzel, von einer jüngeren Schicht überdeckt wurde. Sie wird auch hier als „Oberlage“ bezeichnet, obwohl sie sehr wahrscheinlich holozäner und nicht periglazialer Genese ist. Entsprechende

Lagen, die häufig dem Ae-Horizont eines Podsol entsprechen, sind in verschiedenen Gebieten, selbst in sehr geringer Meereshöhe in hessischen Mittelgebirgen gefunden worden (u. a. Plass 1972: 82 f.; Semmel 1975: 327 ff.; Fried 1984: 78 f.; Emmerich 1994: 175 ff.; Semmel 1999: 221 ff.). Offensichtlich handelt es sich häufig um anthropogene Verlagerungen. Im Gegensatz zu den Hauptlagen sind bisher im Exkursionsgebiet keine Oberlagen gefunden worden, die mit Eiskeil-Pseudomorphosen oder Kryoturbationen verbunden waren.

Tab. 4.1: Physikalische und chemische Analysen von Exkursionspunkt 4 (Braunerde-Podsol)

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g · cm ⁻³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ahe	0 – 54		29,6	29,8	15,1	10,7	8,7	2,6	3,3	
Ae	5 – 25		29,9	28,7	16,7	10,0	8,3	3,5	3,5	
II Bh	25 – 28	n. b.	24,2	29,0	15,1	8,6	7,3	8,9	8,9	n. b.
II Bsv	28 – 60		32,1	27,7	15,8	6,8	6,6	8,7	7,3	
III IC	60 – 100+		32,8	35,4	13,3	6,6	4,9	2,9	4,1	

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k ₁ (pF 2)	k _f	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ahe									
Ae									
II Bh									
II Bsv									
III IC									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ahe		3,9	2,9	0,13	0,12	0,14	0,93		14,9
Ae		4,1	3,1	0,00	0,07	0,09	0,19		9,1
II Bh	n. b.	3,4	3,3	0,22	0,09	0,02	0,06	n. b.	2,2
II Bsv		3,9	3,9	0,00	0,06	0,03	0,00		1,1
III IC		4,0	3,9	0,00	0,05	0,04	0,00		1,1

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹	KAK _p	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ahe	9,32	6,39		5,82			1,02	8,25
Ae	3,85	2,83		1,51			0,64	3,00
II Bh	18,37	9,02	n. b.	4,12		n. b.	20,07	7,00
II Bsv	8,58	3,14		n. b.			9,48	1,75
III IC	3,59	1,83		n. b.			3,63	1,50

Fortsetzung Tab. 4.1

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _l	Al _l	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>I</i>	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ahe	0,02	0,06	0,40	0,04	0,0008	0,14			
Ae	0,01	0,04	0,37	0,02	0,0005	0,07			
II Bh	0,39	0,65	0,61	0,31	0,0009	0,26		n. b.	
II Bsv	0,12	0,24	0,50	0,19	0,0005	0,11			
III IC	0,03	0,08	0,40	0,06	0,0005	0,07			

n. b. = nicht bestimmt; n. n. = nicht nachweisbar

Analyseverfahren

Textur nach DIN 19683, Teil 1 und 2; kf mit Haubenpermeameter; pH(H₂O) und pH(CaCl₂) nach DIN 19 684, Teil 1; Karbonatgehalt nach DIN 19 684, Teil 5 durch gasvolumetrische Messung mit Scheibler-Apparatur; C_{org} durch nasse Veraschung nach DIN 19 684, Teil 2) und kolorimetrische Messung am Spektralphotometer; N_{org} nach Bremner (1960, 1965), Kjeldahl-Destillation sowie titrimetrische Messung; KAK_{pot} und austauschbare Kationen nach Mehlich (DIN 19 684, Teil 8) mit Triäthanolamin/BaCl₂ (pH 8,1), Messung am AAS, H⁺ titrimetrisch; KAK_{eff} in Anlehnung an DIN 19 648, Teil 8 mit ungepufferter BaCl₂-Lösung (pH 5,1), Messung AAS bzw. durch Titration (H⁺) und Berechnung der Kationen Al³⁺, Fe³⁺ und Mn²⁺; P_{cal} und K_{cal} nach Schüller (1969), kolorimetrische Messung von P nach Anfärben mit Ammoniummolybdat am Photometer, Messung des K am AAS; Fe_d, Mn_d, Si_d, Al_d nach Mehra & Jackson (1960), Messung am AAS; Si_l und Al_l nach Herrmann (1975); Fe_o nach DIN 19684, Teil 6.

Semmel, A. (1999): Spezielle Formen quasinatürlicher Massenbewegungen in Odenwald und Taunus.- Tübinger geowiss. Arb., D5: 213-229.

Anschrift:

Prof. Dr. Dr. h.c. Arno Semmel,
Theodor-Körner-Str. 6, 65719 Hofheim

Prof. Dr. Heinrich Thiemeyer,
Inst. f. Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 60054 Frankfurt,
thiemeyer@em.uni-frankfurt.de

Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl.: 392 S., Hannover.
- Emmerich, K.-H. (1994): Podsole im Buntsandstein-Odenwald.- Geol. Jb. Hessen, 122: 173-184, Wiesbaden.
- Fried, G. (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald.- Frankfurter geowiss. Arb., D4: 201 S.
- Plass, W. (1972): Erl. Bodenkarte von Hessen 1:25000 Blatt Nr. 5917 Kelsterbach. – 206 S.; Wiesbaden.
- Plass, W. (1980): Böden. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000 Bl. 5917 Kelsterbach: 117 – 134; Wiesbaden.
- Sabel, K. J. (1983): Schwermineraluntersuchungen an verschiedenen Böden des Rhein-Main-Gebietes.- Geol. Jb. Hessen, 111: 301-311, Wiesbaden.
- Semmel, A. (1969): Quartär.- Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim a.M.: 51-99, Wiesbaden.
- Semmel, A. (1975): Schuttdecken im Buntsandstein-Odenwald.- Aufschluß, Sonderband 27: 321-329, Heidelberg.

G10: Böden in Nordhessen unter ökologischer Bewirtschaftung

H. Wildhagen, M. Brandt
unter Mitwirkung von J. Godt, J. Heß, R.G.
Jörgensen

Zielsetzung der Exkursion

Die Exkursion führt auf die Flächen der Domäne Frankenhausen (Versuchsbetrieb) des Fachbereiches „Ökologische Agrarwissenschaften“ der Universität Kassel in Witzenhausen und soll an 7 Bodenprofilen die Standortheterogenität verdeutlichen, die aufgrund der Ausgangsgesteine und der Bodenentwicklung, der Nutzungsgeschichte und der Bodenerosion entstanden ist.

Die Methoden des Bodenmonitorings, die Ausweisung homogener Flächen für Feldversuche, die Veränderungen aufgrund der Umstellung auf Ökologische Landwirtschaft sollen thematisiert werden. Vorgestellt wird ein Dauerversuch mit 2 Systemen reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zum herkömmlichen Pflugsystem unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit weiter Fruchtfolge, die für den Ökologischen Landbau geeignet sind. Neben der allgemeinen Vorstellung des ökologisch wirtschaftenden Betriebes werden auch einzelne aktuelle Forschungsprojekte vorgestellt, wie die Einbeziehung von Naturschutzziele in den landwirtschaftlichen Betrieb und die Rekonstruktion der Landschafts-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte von Großbetrieben am Beispiel der Domäne Frankenhausen.

Exkursionsroute

Die Anfahrt zum Exkursionsgebiet erfolgt aus dem Marburger Becken (B3) über die Oberhessische Schwelle in die Nord-Süd gestreckte Nord-(West-)hessische Senke (A49), die bis in den nördlichsten Teil – an Kassel vorbei – durchfahren wird (Abb. 1).

Beschreibung des Exkursionsgebietes

Lage und naturräumliche Gliederung

Das Exkursionsziel – die Hessische Staatsdomäne Frankenhausen – liegt im nördlichsten Teil der Nordhessischen Senke, der Hofgeismarer Rötensinke, 8 km nördlich von Kassel.

Die etwa 12 km breite, leicht hügelige, offene Senke wird im Osten durch den Reinhardswald (bis 470 m üNN) und im Westen durch das Oberwälder Land und die Langen- und Staufenbergplatte gesäumt. Die zur Diemel und Weser entwässernde Esse liegt im tiefsten Teil der Senke des Exkursionsgebietes bei ca. 209 m ü. NN, während die höchsten Hügel 259 m ü. NN erreichen.



Abb. 1: Exkursionsroute

Geologie

Die Hofgeismarer Rötensinke wird im Osten durch die Höhenzüge des Reinhardswaldes, der aus harten Gesteinen des unteren und mittleren Buntsandsteins besteht, und im Westen durch die zerschnittenen Kalksteinplatten des mittleren und unteren Muschelkalks begrenzt. Die Senke selbst, in der auch die Domäne Frankenhausen liegt, besteht aus weichen Tonsteinen des oberen Buntsandsteins (Röt), die z.T. mit Löss wechselnder Mächtigkeit überlagert sind.

Neben den dominierenden Ausgangsgesteinen Röt-Ton (so) und Löss (dl) kommen vereinzelt kleinere Basaltkegel vor, die zum Teil von tertiären Sanden umgeben sind.

Die Niederhessische Senke war im Oligozän Teil einer Meeresverbindung, die sich über die Wetterau und den Oberrheingraben nach Süden fortsetzte und ein Süd- und Nordmeer verband. In der Meeresverbindung wurden Tone und Sande („Kasseler Meeressande“) abgelagert. In den Sanden bildeten sich Quarzit-Bänke. Im Miozän wurden die Sedimente von Basalt und Basaltuff durchstoßen. Die spätere Abtragung hat die tertiären Sedimente weitgehend abgeräumt. Im Exkursionsgebiet finden wir Reste tertiärer Sande, die um die Basaltkegel abgelagert sind. Es finden sich auch als Reste der zerbrochenen Quarzit-Bank Quarzitsteine bis in Blockgröße, die auf der Gesamtfläche weit verbreitet sind.

In der Eiszeit wurde Löss angeweht, der sich in unterschiedlichen Mächtigkeiten (0-8 m) über die Sedimente gelegt hat.

Klima und Vegetation

Das warmgemäßigte Sommerregen-Klima ist gekennzeichnet durch eine Jahresmitteltemperatur von 8,5°C, einen Jahresniederschlag von 699 mm und eine Grasreferenzverdunstung von 550-575 mm. Die Vegetation ist, abgesehen von einigen mit Perlgras-Buchenwäldern bestandenen Basaltkuppen und Rötmergeln, offenes Ackerland mit geringem Grünlandanteil.

Bodenformengesellschaften

Der Jungfernbach mit seinen Auenböden (Auengleye u.a.) teilt die Flächen der Domäne Frankenhausen in die westlich gelegenen Bodenformengesellschaften aus mächtigem Löss mit Parabraunerden, Pseudogley-Parabraunerden und den Kolluvisolen aus holozänen Abschwemmmaterialien. Östlich des Baches – bei fehlender oder geringerer Lössauflage – treten Braunerden, Regosol-Braunerden, Pelosole, Kolluvisole und Pseudogley-Parabraunerden auf.

Siedlungsgeschichte

Die erste Erwähnung Frankenhausens datiert aus dem 9. Jahrhundert. Das Dorf verfügte über Kirche und Friedhof, wird jedoch 1336 nur noch als „Wüstung“ bezeichnet, dessen Gemarkung aber weiter genutzt wird. Mitte des 17. Jahrhunderts wird Frankenhausen landgräfliche Domäne und seitdem kontinuierlich durch Pächter bewirtschaftet.

Nutzung

Im 19. Jahrhundert war – neben der Schaf- und Milchviehhaltung – der Ackerbau Hauptbetriebszweig. Nach 1870 wurde die Milchviehherde aufgestockt und der Ackerbau zusätzlich durch Zuckerrüben- und Kartoffelanbau intensiviert. Im 20. Jahrhundert wurde auch die Viehhaltung intensiviert, Schaf- und Schweinehaltung erweitert und die Erzeugung von Vorzugsmilch aufgenommen. 1971 wurden Kühe und Schafe abgeschafft, später auch die Schweine und nur reiner Ackerbau mit Anbau von Weizen, Gerste, Zuckerrüben und Roggen betrieben. 1998 wurde die Domäne von der Universität Kassel übernommen und seitdem ökologisch bewirtschaftet. Von der Gesamtbetriebsfläche (307 ha) sind 207 ha Ackerland, 40 ha Grünland, 18 ha Versuchsflächen, 41 ha unterverpachtete und sonstige Flächen. Die angestrebte Fruchtfolge ist Klee-gras-Klee-gras-Winterweizen-Kartoffeln-Ackerbohnen-Wintergerste. Je nach Vermarktungsmöglichkeiten werden Möhren, Erbsen, Kohl, Sommergerste, Triticale in die Fruchtfolge integriert. Nach dem Neubau eines Kuhstalls werden 70 Milchkühe (Altes Schwarzbuntes Niederungs-rind) mit Nachzucht gehalten.

Sämtliche Flächen liegen im Wasserschutzgebiet der Zone IIIA.

Exkursionspunkte

An den einzelnen Exkursionspunkten sollen folgende Themen erörtert werden (Abb. 2):

- a. Einführung in die Landschaft (Geologie, Klima, Bodengesellschaften)
- b. Profil 1: Bodenentwicklung auf Löss, Bodendauerbeobachtung, Bodenmonitoring, Bodenverdichtung
- c. Profil 2: Bodenabtrag, Einbeziehung von Naturschutzzielen in den Ökologischen Landbau
- d. Profil 3: Bodenentwicklung und Bodengeschichte, Bodenabtrag, bodenbiologische Untersuchungen
- e. Profil 4: Bodenerosion, -akkumulation
- f. Ökologische Bewirtschaftung der Domäne, Gesamtkonzept Betrieb
- g. BBV: Bodenbearbeitungsversuch
In einem Dauerversuch werden zwei Systeme zur reduzierten (Schichten erhaltenden) Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau im Vergleich zum herkömmlichen Pflugsystem geprüft. Zum Exkursionszeitpunkt ist das 3. Versuchsjahr abgeschlossen. Der Versuch ist als zweifaktorielle Blockanlage mit Parzellengrößen von 12 x 35 m realisiert.

Faktor Bodenbearbeitungssystem:

Ecomat (Kvermeland): sehr flaches Wenden mit Saatbettbereitung in einem Arbeitsgang

Dammkultur (Turiel): Häufelpflug mit Unterbodenlockerung – Getreideanbau auf Dämmen
Pflug: krumentiefes Wenden mit Kreiselegge zur Saat

Faktor Fruchtfolge:

Die Fruchtfolge entspricht einem Viehhaltenden Biobetrieb mit sechs Fruchtfolgegliedern; Klee-gras (1. Jahr) – Klee-gras (2. Jahr) – Winterweizen – Kartoffeln – Ackerbohnen – Wintergerste. Zeitgleich werden im Versuch drei Fruchtfolgeglieder (jeweils 2 Jahre Abstand) angebaut.

Untersuchungsprogramm: Ertrag, Qualität, Bodenstruktur, Erosionsanfälligkeit, Bodenbiologie, Stoffhaushalt, Unkrautentwicklung, Pflanzengesundheit.

Es werden die Bearbeitungsgeräte präsentiert und an flachen (80 cm) Bodenprofilen der Einfluss der Systeme auf die Bodenstruktur demonstriert. Zwischenergebnisse aus den ersten Versuchsjahren werden vorgestellt und diskutiert.

- h. Profil 5: Bodendauerbeobachtung

- i. Profil 6: Tertiäre Ausgangssubstrate
- j. Profil 7: Bodenakkumulation, Auengeschichte

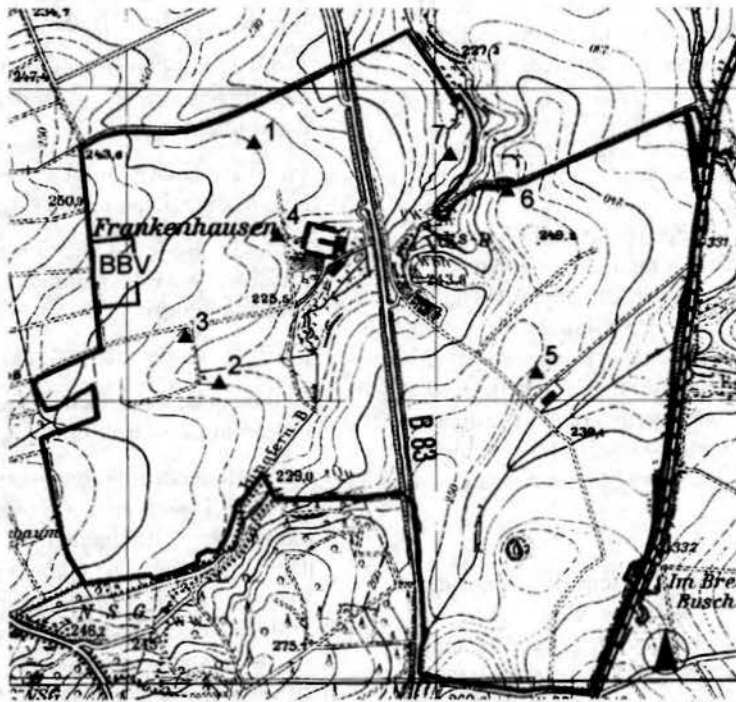


Abb. 2: Exkursionspunkte mit Profilnummern

Literatur

Brandt, M (2001): Bodenprofile der Hessischen Staatsdomäne Frankenhäuser. Arbeitsberichte Nr. 4. Universität Kassel, Fachbereich 11, Fachgebiet Bodenkunde. Kassel

Brandt, M., H. Wildhagen und J. Heß, (2003): Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhäuser. In: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, S. 671-672

Klink, H.-J. (1969): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 112 Kassel. Geographische Landesaufnahme 1:200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Bad Godesberg.

Wildhagen, H. und M. Brandt (2000a): Böden unter der Lupe. Arbeitsergebnisse „Die Domäne Frankenhäuser“. Sonderheft der AG Ländliche Entwicklung/Fachbereich Stadtplanung, Landschaftsplanung der Universität Kassel. 47/2000, 26-28.

Wildhagen, H. und M. Brandt (2000b): Zwei Bodendauerbeobachtungsflächen auf der Domäne Frankenhäuser (Kreis Kassel). Arbeitsberichte Nr. 3. Universität Kassel, Fachbereich 11, Fachgebiet Bodenkunde, Kassel.

Anschrift:

H. Wildhagen, M. Brandt
 Universität Kassel
 Fachgebiet Bodenkunde
 Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/1 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 1 **Bearbeiter:** Wildhagen, Brandt **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Age: RW: 3530416 **HW:** 5697828 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Klee gras **Bodenschätzung:** L3 L6 75/73
Relief: sehr schwach (1-2 %) nach Osten geneigter, vertikal und horizontal gestreckter Mittelhang

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	Ap p-δ (Lo)	33	mittel toniger Schluff, dunkelgrau-braun (10YR 3/3), mittel humos, carbonatfrei, mittlere Lagerungsdichte, porös mit zahlreichen Regenwurmängen, Krümel- und Bröckelgefüge, sehr stark durchwurzelt und Ton-Schluff-Trennung an weißen Schlufflinsen erkennbar
2	Bt1 p-δ (Lo)	60	stark schluffiger Ton, dunkles gelblichbraun (10YR 4/4) sehr schwach humos, carbonatfrei, hohe Lagerungsdichte, Plattengefüge in der Pflugsohle, Polyedergefüge, Ton-Humus-Tapeten in den Klüften und in den zahlreichen Regenwurmängen, mittel durchwurzelt
3	Bt2 p-δ (Lo)	90	mittel toniger Schluff, dunkles gelblichbraun (10YR 5/6), sehr schwach humos, carbonatfrei, mittlere Lagerungsdichte, Prismen- und Polyedergefüge, zahlreiche Regenwurmänge, mittel durchwurzelt
4	Bt3 p-δ (Lo)	158	stark toniger Schluff, dunkles gelblichbraun (10YR 5/5) gefleckt und gebändert, humusfrei, carbonatfrei, mittlere Lagerungsdichte, Prismengefüge
5	Bv p-δ (Lo)	187	stark toniger Schluff, gelblichbraun (10YR 5/6), geringe Lagerungsdichte, Subpolyedergefüge
6	IIelCc a-eδ (Lo)	>187	mittel toniger Schluff, gelblichbraun (10YR 5/6), stark carbonathaltig, kleine Kalkkonkretionen, Kohärentgefüge

Bodenformensymbol:	LLnp:p-δ(Lo)
Bodenformenbezeichnung:	(Acker-) Normparabraunerde aus (Kryo-) Löss
WRB:	Haplic Luvisol
sonst. Profilkennz.	sehr tiefes Grundwasser 50 dm unter GOF(Tiefenbohrung)
Anmerkungen	BDF; keine Erosion; 7,4 m Lössauflage

Horizont	Tiefe cm	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1 Ap	33	0,7	0,2	1,3	51,5	20,7	8,6	2,2	80,8	17,0
2 Bt1	60	0,1	0,1	0,6	42,7	20,6	9,0	0,7	72,2	27,1
3 Bt2	90	0,1	0	0,6	65,9	11,5	6,1	0,7	83,5	15,8
4 Bt3	158	0	0,1	0,7	61,8	14,4	4,5	0,7	80,6	18,6
5 Bv	187	0	0	0,7	63,7	13,5	4,1	0,7	81,3	18,0
6 IIelCc	>187	0,2	0,1	0,5	65,8	13,0	4,0	0,7	82,7	16,6

Horizont	d _n g · cm ⁻³	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _r
		>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>
1 Ap	1,37	13,7	5,2	12,8	17,1	48,8	18,0	3654
2 Bt1	1,66	5,8	3,2	12,9	20,1	42,0	16,1	3069
3 Bt2	1,56	2,7	2,2	11,3	21,6	41,0	13,5	540
4 Bt3	1,52	3,8	11,3	12,4	14,7	42,5	23,7	67
5 Bv	1,44	5,3	12,6	13,5	13,2	45,6	26,1	45
6 IIelCc	1,58	3,1	9,3	18,2	9,5	40,4	27,5	13

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _e · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>
1 Ap	0	7,73	6,95	0	0,9	0,9	9,8	1,1	91
2 Bt1	0	8,01	6,94	0	0,4	1,6	10,3	1,6	88
3 Bt2	0	7,99	7,05	0	0,3	0,8	7,9	1,1	89
4 Bt3	0	7,95	6,95	0	0,3	0,9	9,3	1,2	89
5 Bv	0	8,05	7,09	0	0,2	0,8	7,9	1,2	89
6 IIelCc	9,5	8,62	7,60	0	0,2	0,8	10,8	0	100

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _e · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ g ⁻¹
<i>1</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>
1 Ap	12,7	1,21	0,14	7,0	8,0	22,1	8,2
2 Bt1	13,9	0,37	0,03	11,0	1,3	12,6	12,4
3 Bt2	10,0	0,16	0,02	9,7	0,9	4,2	6,9
4 Bt3	11,7	0,23	<0,02		0,6	2,9	7,3
5 Bv	10,1	0,14	<0,02	n.b.	0,7	3,5	7,0
6 IIelCc	6,7	0,18	<0,02		0,3	2,1	6,6

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _e /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>36</i>	<i>37</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>
1 Ap	2,24	6,73	0,33	0,95	0,53	0,11	2,95	3,94	0,85
2 Bt1	1,48	8,68	0,17	1,31	0,36	n.n.	4,33	5,58	0,88
3 Bt2	0,84	7,46	0,11	1,02	0,31		2,25	3,48	0,73
4 Bt3	1,05	8,22	0,13	1,09	0,30	0,13	2,75	4,18	0,75
5 Bv	0,82	6,76	0,12	0,95	0,31	0,13	2,05	2,67	0,85
6 IIelCc	0,44	5,31	0,08	0,73	0,18	0,13	1,67	2,67	0,17

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/2 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 2 **Bearbeiter:** Brandt, Wildhagen **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: RW: 3530302 HW: 5697061 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Klee gras **Bodenschätzung:** L5 L6 59/57
Relief: schwach bis mittel geneigter, vertikal und horizontal konvex gewölbter Mittelhang, Exposition nach Nordost

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	Ap p-δ (Lo)	32	stark toniger Schluff, dunkel braun (10YR 3/3), mittel humos, sehr carbonatarm, Krümelgefüge, locker, zahlreiche Regenwurmgänge, mittel durchwurzelt
2	ilCv p-δ (Lo)	38	mittel toniger Schluff, gelbliches braun (10YR 5/4), sehr schwach humos, carbonatarm, Kohärentgefüge mit Regenwurmängen, schwach durchwurzelt, schwach rostfleckig
3	IIelCv a-eδ (Lo)	103	schwach toniger Schluff, gelbliches braun (10YR 5/4), stark carbonathaltig, Kohärentgefüge mit Regenwurmängen, teilweise plattiges Gefüge, sehr schwach durchwurzelt, deutlich rostfleckig

Bodenformensymbol:	RQnp:p-δ(Lo)/a-eδ(Lo)
Bodenformenbezeichnung:	(Acker-) Normregosol aus (Kryo-)Löss über Carbonatlöss
WRB:	Calcaric Regosol
sonst. Profilkennz.	
Anmerkungen	sehr starke Erosion, lange ackerbauliche Nutzung

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
	cm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Ap	32	0,2	0,4	1,4	51,3	21,8	6,1	2,0	79,2	18,9
2 ilCv	38	0,2	5,1	2,7	50,5	19,7	5,8	8,0	76,0	16,0
3 IIelCv	103	1,3	2,1	3,2	56,5	20,1	6,6	6,6	83,2	10,2

Horizont	d _B	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _r
	g · cm ⁻³	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Ap	1,48	9,8	3,5	14,8	16,1	44,3	18,3	3595
2 ilCv	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
3 IIelCv	1,60	9,6	1,4	15,3	13,3	39,6	16,7	4116

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 Ap	0,1	7,77	7,18	0,1	0,3	1,2	19,1	0	100
2 ilCv	1,4	8,09	7,30	0,1	0,2	1,4	14,5	0	100
3 IIelCv	9,8	8,64	7,60	0,1	0,2	0,8	12,3	0	100

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	29	30	31	32	33	34	35
1 Ap	20,7	1,21	0,14	8,6	17,8	14,2	10,1
2 ilCv	16,2	0,50	0,06	8,3	9,8	6,9	9,9
3 IIelCv	13,4	0	n.b.	n.b.	3,1	3,4	7,6

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O _{3,1}
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
1	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1 Ap	2,06	7,06	0,29	0,87	0,57	0,15	3,06	3,48	1,00
2 ilCv	1,11	7,39	0,15	1,02	0,33	n.b.	3,06	3,60	0,96
3 IIelCv	0,62	6,43	0,09	0,95	0,29	n.b.	2,35	3,02	0,88

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/3 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 3 **Bearbeiter:** Brandt, Wildhagen **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: RW: 3530194 **HW:** 5697208 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Kartoffeln/Vorgewende **Bodenschätzung:** L3 L6 80/77
Relief: schwach nach Süden geneigter Tiefenbereich mit konkaver Vertikalwölbung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	eAp u-eu (Lo)	30	stark toniger Schluff, dunkles grau-braun (10YR 4/2), mittel humos, carbonathaltig, geringe Lagerungsdichte, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt.
2	M u-u (Lo)	60	stark toniger Schluff, dunkles grau-braun (10YR 4/2), schwach humos, sehr carbonatarm, mittlere Lagerungsdichte, Subpolyedergefüge, Plattengefüge in der Pflugschle, stark durchwurzelt
3	II fAxh p-δ (Lo)	100	stark toniger Schluff, stark dunkles grau (10YR 3/1), schwach humos, carbonatfrei, mittlere Lagerungsdichte, Prismen- und Polyedergefüge, sehr schwach durchwurzelt
4	II erGo a-eδ (Lo)	>100	mittel toniger Schluff, bräunlich gelb (10YR 6/8), carbonatreich, Subpolyeder- und Kohärengefüge, wenige Regenwurmgänge mit schwarzen Ton-Humus-Tapeten.

Bodenformensymbol:	YKc/GGc-TT:u-eu(Lo)/p-δ(Lo)
Bodenformenbezeichnung:	Kalkkolluvisol über Reliktalkgley-Tschernosem aus Hangcarbonatschluff (Löss) über (Kryo-) Löss
WRB:	Cumelic Anthroisol
sonst. Profilkennz.	
Anmerkungen	flächenhafter Auftrag durch Wassererosion

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
	cm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1 eAp	30	0,3	0,7	1,8	49,6	22,7	6,3	2,3	78,6	18,6
2 M	60	0,3	0,4	5,8	57,7	25,9	5,5	6,5	89,3	17,2
3 II	100	0,1	0,1	2,3	54,6	14,1	11,7	2,5	80,4	17,1
fAxh										
4 II erGo	260	0,2	0,1	1,5	55,3	20,8	8,6	1,8	84,7	13,5

Horizont	d _h	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _f
	g · cm ⁻³	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>
1 eAp	1,52	9,5	3,0	18,5	11,6	42,6	21,5	4255
2 M	1,61	8,0	2,5	16,5	12,4	39,4	19,0	4246
3 II fAxh	1,50	9,4	1,6	13,9	18,6	43,5	15,5	373
4 II erGo	1,59	6,1	1,0	16,1	17,0	40,2	17,1	595

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>
1 eAp	2,8	8,27	7,18	0,1	0,5	1,4	17,8	0	100
2 M	0,6	8,28	7,04	0,1	0,3	1,6	17,6	0	100
3 II fAxh	0,1	8,21	7,01	0,2	0,2	2,0	25,8	0	100
4 II erGo	10,7	8,64	7,18	0,2	0,1	1,7	15,2	0	100

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>
1 eAp	19,8	1,28	0,16	7,7	16,9	25,5	11,1
2 M	19,6	1,01	0,12	8,4	10,6	17,6	12,2
3 II fAxh	28,2	0,96	0,09	10,7	1,2	4,5	12,6
4 II erGo	17,1	0,36	n.b.	n.b.	0,9	3,7	13,2

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O _{3,1}
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>36</i>	<i>37</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>
1 eAp	1,91	5,36	0,36	0,87	0,48	0,12	1,67	2,89	0,68
2 M	2,08	5,02	0,41	0,87	0,43	0,11	2,85	3,54	0,91
3 II fAxh	2,09	6,68	0,31	1,17	0,56	0,11	3,69	5,88	0,71
4 II erGo	0,53	8,03	0,06	1,31	0,28	n.n.	3,90	3,94	1,12

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/4 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 4 **Bearbeiter:** Brandt, Wildhagen **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: **RW:** 3530491 **HW:** 5697530 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Winterweizen **Bodenschätzung:** L2 L6 87/82
Relief: Übergangsbereich einer muldenförmigen Hangrinne in den sehr schwach geneigten Tiefenbereich, Exposition nach Osten

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	Ap u-u (Lo)	35	mittel toniger Schluff, dunkles braun (10YR 3/3), mittel humos sehr carbonatarm, Krümel- und Bröckelgefüge mit zahlreichen Regenwurmgängen, mittel durchwurzelt
2	M1 u-u (Lo)	60	mittel toniger Schluff, dunkelbraun (10YR 4/3), mittel humos, sehr carbonatarm, mittlere bis hohe Lagerungsdichte mit Plattengefüge, schwach durchwurzelt
3	M2 u-u (Lo)	150	mittel toniger Schluff, dunkles gelblichbraun (10YR 4/4), schwach humos, carbonatfrei, geringe Lagerungsdichte, Polyedergefüge, sehr schwach durchwurzelt, Holzkohlestückchen
4	Sg-M u-u (Lo)	235	mittel toniger Schluff, dunkelbraun (10YR 4/3), schwach humos, carbonatfrei, geringe Lagerungsdichte, Polyedergefüge, keine Wurzeln, Marmorierung gebleicht an den Aggregatoberflächen, Oxidationsflächen im Innern der Aggregate
5	IIfAh p-δ (Lo)	265	fossiler Ah-Horizont

Bodenformensymbol:	YKn:u-u (Lo)
Bodenformenbezeichnung:	Normkolluvisol aus Hangschluff (Löss)
WRB:	Cumulic Anthrosol
sonst. Profilkennz.	
Anmerkungen	mächtiger, flächenhafter Auftrag durch Wassererosion

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)									
	cm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1 Ap	35	0,6	1,2	2,7	52,0	20,8	5,8	4,5	78,6	16,9	
2 M1	60	0,9	1,1	2,1	53,3	14,8	13,7	4,1	81,8	14,1	
3 M2	150	0,1	0,2	0,8	55,1	14,0	14,6	1,1	83,7	15,3	
4 Sg-M	235	0,2	0,5	1,1	51,4	15,4	14,3	1,8	81,1	17,0	

Horizont	d _n	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _r
	g · cm ⁻³	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Ap	1,43	11,0	2,9	16,6	14,9	45,9	19,6	74
2 M1	1,57	8,6	2,1	16,4	13,6	40,7	18,5	60
3 M2	1,42	15,9	2,6	12,6	15,3	46,4	15,2	2015
4 Sg-M	1,49	8,5	1,2	15,1	18,9	43,7	16,3	93

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 Ap	0,2	7,74	7,00	0,1	0,5	1,1	16,6	0,9	95
2 M1	0,1	7,85	6,95	0,1	0,5	1,2	13,9	2,4	87
3 M2	0	7,40	6,81	0,1	0,3	1,0	12,6	2,5	85
4 Sg-M	0	7,33	6,70	0,1	0,3	1,0	12,9	2,9	83

Horizont	KAK _e	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
	29	30	31	32	33	34	35
1 Ap	19,2	1,60	0,16	10,0	11,6	13,8	8,5
2 M1	18,1	1,35	0,12	11,2	19,0	13,0	10,6
3 M2	16,5	0,61	0,09	6,8	4,0	8,2	9,6
4 Sg-M	17,2	0,61	n.b.	n.b.	3,3	6,5	8,6

Horizont	Fe _e	Fe _d	Fe _e /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O _{3,1}
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1 Ap	1,91	5,96	0,32	0,87	0,51	0,19	3,27	2,90	1,28
2 M1	2,01	5,54	0,36	0,87	0,43	0,19	5,45	3,48	1,78
3 M2	2,45	5,81	0,42	0,95	0,44	0,19	29,27	14,10	2,36
4 Sg-M	2,96	6,97	0,42	1,02	0,49	0,11	7,93	5,76	1,56

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/5 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 5 **Bearbeiter:** Wildhagen, Brandt **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: RW: 3531327 **HW:** 5692091 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Hafer/Erbsen-Gemenge **Bodenschätzung:** LT 5 V 47/44
Relief: ebener Kulminationsbereich, Scheitelbereich

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	Ap p-l(^t)	30	schluffiger Lehm, dunkelbraun (7.5YR 4/4), mittel humos, sehr carbonatarm, mittlere Lagerungsdichte, Krümel- und Polyeder-gefüge, zahlreiche Regenwurmgänge, stark durchwurzelt
2	P-Swd1 p-t(^t)	78	mittel schluffiger Ton, starkes dunkelbraun (7.5YR 4/6), sehr schwach humos, sehr carbonatarm, hohe Lagerungsdichte, Polyeder- und Prismengefüge, markante Schrumpf- und Quelldynamik (slicken sides), stark durchwurzelt, Regenwurm-gänge
3	P-Swd2 p-t(^t)	90	mittel schluffiger Ton, starkes dunkelbraun (7.5YR 4/6), sehr schwach humos, sehr carbonatarm, Polyeder- und Prismengefüge, Schrumpf- und Quelldynamik, sehr schwach durchwurzelt
4	Sw-d-ilCv p-(n)l(^t)	100	schwach schluffiger Ton, rötliches braun (5YR 5/4), carbonatfrei, hohe Lagerungsdichte

Bodenformensymbol:	SS-DD: p-l(^t)/ p-t(^t)
Bodenformenbezeichnung:	Pseudogley-Pelosol aus (Kryo-) Lehm (Tonstein) über (Kryo-) Ton (Tonstein)
WRB:	Haplic Vertisol
sonst. Profilkennz.	
Anmerkungen	BDF, nährstoffarmer Standort

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
	cm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Ap	30	2,7	1,4	3,0	37,3	18,9	7,4	7,0	63,6	29,4
2 P-Swd1	78	0,2	0,5	1,7	26,1	21,0	6,0	2,4	53,0	44,6
3 P-Swd2	90	0,2	0,8	2,1	26,2	17,3	10,6	3,0	54,2	42,8
4 Sw-d-ilCv	100	4,3	1,8	5,7	15,0	10,1	11,1	11,8	36,2	52,0

Horizont	d _B	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _f
	g · cm ⁻³	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Ap	1,41	13,4	3,7	9,5	20,2	46,8	13,2	47,0
2 P-Swd1	1,66	1,5	1,2	6,5	29,1	38,2	7,7	38,0
3 P-Swd2								
4 Sw-d-ilCv								n.b.

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 Ap	0,2	8,01	7,21	0	0,9	1,6	12,1	0	100
2 P-Swd1	0,1	8,16	7,01	0	0,6	2,9	14,8	0	100
3 P-Swd2	0,1	8,14	7,03	0	0,5	3,7	14,6	0	100
4 Sw-d-ilCv	0	8,07	6,99	0,1	0,5	1,8	13,7	0	100

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	29	30	31	32	33	34	35
1 Ap	14,1	1,18	0,15	8,0	3,1	18,4	13,5
2 P-Swd1	17,4	0,37	0,04	9,3	0,2	8,8	20,9
3 P-Swd2	17,6	0,33		n.b.	0,2	5,4	26,3
4 Sw-d-ilCv	15,3	0,17			0,1	5,2	39,8

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _t	Al _t	SiO ₂ / Al ₂ O _{3,1}
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
I	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1 Ap	2,27	12,03	0,19	1,46	0,63	0,16	6,85	5,88	1,32
2 P-Swd1	1,59	14,92	0,11	2,05	0,38	n.n.	9,16	8,84	1,17
3 P-Swd2	1,05	22,37	0,05	1,97	0,45	0,13	9,91	9,47	1,19
4 Sw-d-ilCv	1,12	18,48	0,06	1,46	0,44	0,13	6,38	8,66	0,83

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/6 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 6 **Bearbeiter:** Brandt, Wildhagen **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: RW: 3531234 HW: 5697676 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Ackerbohnen **Bodenschätzung:** IS 4 D 40/40
Relief: schwach gewölbter, hängiger Kulminationsbereich, Exposition nach Nordwesten

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	Ap p-(n)l (^Q, Lo)	30	schwach sandiger Lehm, dunkles gelblichbraun (10YR 3/4), schwach humos, sehr carbonatarm, mittlere Lagerungsdichte, Krümel- und Bröckelgefüge, sehr stark durchwurzelt, Regenwurmgänge
2	II Bt p-l (^Q)	80	mittel toniger Sand, gelblichbraun (10YR 5/8), sehr schwach humos, carbonatfrei, mittlere Lagerungsdichte, Kompaktgefüge, wenige Regenwurmgänge, schwach durchwurzelt
3	III ilCv p-s (^Q)	200	stark lehmiger Sand, kräftiges braun (7,5YR 5/8), humus- und carbonatfrei, hohe Lagerungsdichte, Kompaktgefüge, nicht durchwurzelt

Bodenformensymbol:	LLn: p-(n)l (^Q, Lo) / p-(t)u (^Q)
Bodenformenbezeichnung:	Normparabraunerde aus schuttführendem (Kryo-) Lehm (Quarzit, LÖB) über tonführendem (Kryo-) Schluff (Quarzit)

WRB:	Haplic Luvisol
sonst. Profilkennz.	
Anmerkungen	geringmächtig, Lössauflage wurde in den Ap eingepflügt, Quarziteine aus dem „Kasseler Meeressand“

Horizont	Tiefe	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
	cm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Ap	30	2,8	13,2	15,8	26,2	14,6	5,7	31,8	46,5	21,7
2 II Bt	80	0,5	2,5	65,8	1,9	1,0	8,8	68,8	11,7	19,5
3 III ilCv	200	3,4	8,0	63,6	2,4	1,1	8,7	75,0	12,2	12,8

Horizont	d _n	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _f
	g · cm ⁻³	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Ap	1,59	11,5	2,8	9,9	15,8	39,9	12,7	286
2 II Bt	1,56	16,0	8,4	6,3	10,5	41,2	14,7	677
3 III ilCv				n.b.				

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)				BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 Ap	0,4	8,08	7,29	0,1	0,4	1,2	16,2	0	100
2 II Bt	0	7,95	6,89	0,1	0,2	1,3	8,3	2,5	80
3 III ilCv	0	8,01	6,79	0,1	0,1	0,7	6,0	3,0	70

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
	29	30	31	32	33	34	35
1 Ap	17,9	1,00	0,11	9,1	4,6	19,4	10,0
2 II Bt	12,4	0,31	0,03	11,1	1,2	9,0	12,0
3 III ilCv	9,9		n.b.		0,7	2,5	5,9

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1 Ap	2,75	12,27	0,22	0,95	0,52		5,45	6,00	1,03
2 II Bt	1,12	7,44	0,15	0,65	0,05	n.n.	6,96	8,91	0,88
3 III ilCv	0,71	7,37	0,10	0,58	0,03		3,48	5,76	0,68

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Standortsituation Exkursionspunkt: G10/7 (Frankenhausen)

Profil-Nr.: 7 **Bearbeiter:** Brandt, Wildhagen **TK25:** 4522 (Hofgeismar)
Lage: RW: 3531049 HW: 5697790 **Kreis:** Kassel **Datum:** 04.05.04
Nutzung: Acker **Vegetation:** Winterweizen **Bodenschätzung:** L II b 2 53/52
Relief: ebener Tiefenbereich, Aue

Hor. Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Tiefe bis (cm)	Horizontbeschreibung
1	aAp fo-tu (Lf)	32	stark schluffiger Ton, dunkles graubraun (10YR 4/2), stark humos, carbonatarm, geringe Lagerungsdichte, Krümel- und Bröckelgefüge, sehr viele Regenwurmgänge, sehr stark durchwurzelt
2	aM fo-lu (Lf)	67	mittel toniger Schluff, braun (10YR 4/3), schwach gebändert, schwach humos, sehr carbonatarm, geringe Lagerungsdichte, Polyedergefüge, stark durchwurzelt
3	IIfaAxb fo-It (Lf)	104	schwach schluffiger Ton, sehr dunkles grau (10YR 3/1), stark humos, carbonatfrei, geringe Lagerungsdichte, Polyedergefüge, schwach durchwurzelt
4	IIaGo fo-lu (Lf)	136	mittel toniger Schluff, braun (10YR 4/3), sehr schwach humos, carbonatarm, Polyedergefüge, Rostfleckung, Eisen- und Mangankonkretionen, mittlere Lagerungsdichte,
5	IIIaGr fo-clu (Lf)	163	mittel toniger Schluff, rötliches graubraun (2,5YR 5/2), humusfrei, stark carbonathaltig, geringe Lagerungsdichte, Kohärentgefüge

Bodenformensymbol: AB/AT:fo-tu(Lf)/fo-It(Lf)/fo-clu(Lf)
Bodenformenbezeichnung: Vega über Tschernitza aus Auentonschluff über Auenlehmtone über tiefen Auenkalklehmschluff

WRB: Mollic Fluvisol
sonst. Profilkennz. Grundwasserstand 16 dm unter GOF
Anmerkungen

Horizont	Tiefe cm	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)								
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	Σ S	Σ U	T
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 aAp	32	1,0	1,5	3,6	25,6	12,1	30,2	6,1	67,9	26,1
2 aM	67	0,4	1,1	5,2	34,3	30,1	12,9	6,7	77,3	16,0
3 IIfaAxb	104	0,1	0,2	2,5	17,4	8,9	18,0	2,8	44,3	52,8
4 IIaGo	136	0,1	0,2	1,8	50,9	20,1	16,0	2,1	87,0	13,6
5 IIIaGr	163	n.b.								

Horizont	d ₀ g · cm ⁻³	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _r
		>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · d ⁻¹
I	12	13	14	15	16	17	18	19
1 aAp	1,33	13,0	3,3	9,7	23,9	49,8	13,0	958
2 aM	1,32	17,2	1,6	8,6	23,0	50,4	10,2	3387
3 IIfaAxb	1,29	9,1	0,4	9,8	31,9	51,2	10,2	473
4 IIaGo	1,54	5,2	0,3	8,3	28,1	41,9	8,6	1006
5 IIIaGr	n.b.							

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
I	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 aAp	1,4	7,67	7,07	0,1	0,6	1,8	26,3	0	100
2 aM	0,1	7,94	7,14	0,1	0,4	2,1	21,2	0	100
3 IIfaAxb	0	7,98	7,16	0,1	0,3	6,4	39,6	0	100
4 IIaGo	0,1	8,03	7,16	0,1	0,2	2,9	16,1	0	100
5 IIIaGr	10,1	8,65	7,78	n.b.					

Horizont	KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)	Mg (CaCl ₂)
	cmol _c · kg ⁻¹	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
I	29	30	31	32	33	34	35
1 aAp	28,8	2,48	0,28	8,9	8,8	35,8	12,7
2 aM	23,8	1,03	0,12	8,6	1,5	20,4	15,2
3 IIfaAxb	46,4	2,86	0,21	13,6	0,8	8,6	27,4
4 IIaGo	19,3				1,6	6,4	20,4
5 IIIaGr	n.b.						

Horizont	Fe ₀	Fe _d	Fe _e /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O _{3,1}
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
I	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1 aAp	3,47	10,28	0,34	0,58	0,71	n.n.	3,06	4,18	0,83
2 aM	3,55	9,56	0,37	0,44	0,26	0,12	4,12	5,17	0,90
3 IIfaAxb	3,67	8,98	0,41	1,06	0,12	0,12	3,79	8,48	0,50
4 IIaGo	1,87	10,87	0,17	0,73	0,06	0,13	3,69	4,64	0,90
5 IIIaGr	1,22	3,60	0,33	0,38	0,05	n.n.	1,11	3,25	0,39

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

G 11: Aufbau, Genese und quartäre Überprägung der Mesozoisch-Tertiären Verwitterungsdecke (MTV) im Hintertaunus (Rheinisches Schiefergebirge)

P. Felix-Henningsen, E. Eberhardt

Einleitung

Das Rheinische Schiefergebirge ist mindestens seit dem Jura, d.h. seit etwa 200 Mio. Jahren, Festland. In diesem Zeitraum prägten die jeweils Millionen Jahre andauernden Phasen mit tropisch-subtropisch humiden und semiariden, gemäßigten und periglazialen Klimabedingungen die Entwicklung der Böden und Reliefformen. Die autochthonen Relikte der mesozoisch-tertiären Verwitterungsdecke (MTV) mit fossilen, kaolinitreichen Böden über Saprolit, sind Zeugen tropisch-humider Klimabedingungen. Die MTV weist in den tektonisch schwächer gehobenen Landschaften heute noch Mächtigkeiten bis mehr als 150 m auf. Aus den Merkmalen, Mineralneubildungen, Elementausträgen und dem Bezug zu korrelierten Sedimenten wird die Polygenese der Verwitterungsdecke, und damit die Landschaftsgenese, für einen Zeitraum von über 40 Millionen Jahren rekonstruiert. Der Aufbau und die Eigenschaften der MTV sind auch charakteristisch für die Verwitterungsdecken der heutigen Tropen. Kaolinitreiche Sedimente, die in Phasen der verstärkten Erosion in Senkungsgebieten sedimentiert wurden, bilden wertvolle Lagerstätten für die keramische Industrie. Autochthone Saprolite werden je nach Mineralzone als kaolinitische keramische Zuschlagstoffe oder als vermiculitreiche gärtnerische Erden verwendet. Abtragung und Umlagerung in den Glazialen des Quartärs ließen weit verbreitete kaolinitreiche periglaziäre Deckschichten (Basislagen, „Graulehm“) entstehen, die den Böden der Mittelgebirge sehr ungünstige Standorteigenschaften (Dichtlagerung, Staunässe, Sorptionsschwäche, Nährstoffmangel) verleihen.

Exkursionsgebiete und Exkursionsroute

Die Exkursion führt naturräumlich in den Hintertaunus. Die Fahrt führt von Marburg durch das Marburg-Gießener Lahntal (B3a) nach Gießen. Von dort geht es über die A5 durch die Lösshügellandschaft der Wetterau bis zur Abfahrt Obermörlen und weiter über die B 275 über Usingen durch den Östlichen Hintertaunus, in dessen westlichem Teil, dem Steinfischer Hintertaunus, die ersten drei Exkursionshalte (Schieferhalde bei Langhecke, Ölkaute Augusta, Eisenbach-Ort) liegen. Im Anschluss durchqueren wir den südlichsten Teil des Limburger Beckens, das hier mit der Idsteiner Senke eine Fortsetzung durch den Hohen Taunus nach Süden findet, in den Westlichen Hintertaunus mit den übrigen drei Exkursionsstandorten (Burgkopf, Bärbach und Wasenbach).

Das Exkursionsgebiet wird (von W nach E) von der Aar, dem Wörsbach und dem Emsbach zur Unterlahn entwässert. Die Jahresmitteltemperaturen betragen zwischen 8,5 und 9 °C in den tiefsten Lagen und 7 °C auf den Höhen über 500 m NN, die Jahresniederschlagssummen liegen um 650 bis 750 mm.

Geologie, Relief und Verbreitung mesozoisch-tertiärer Verwitterungsrelikte im Hintertaunus

Der Taunus bildet den südöstlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges. Tektonisch gesehen handelt es sich um eine Aufwölbung, die durch die Lahnmulde vom Westerwald getrennt ist. Der Hintertaunus bildet die Abdachung vom Hohen Taunus (bis 879 m NN) im SW zur Lahn (113 m NN bei Limburg) im NE, senkrecht zum variskischen Streichen der gebirgsbildenden Schichten. Der Taunuskamm wird vom Taunusquarzit (obere Siegenstufe, unteres Unterdevon) gebildet, an die sich nach Nordwesten die schluffig-feinsandigen Hunsrückschiefer (Unterems, oberes Unterdevon) anschließen. Südlich von Eisenbach setzt mit dem Rand des Limburger Beckens ein kleinräumiger Gesteinswechsel ein mit einem Wechsel von Tonschiefern und Quarziten des Oberems zu bunten, z. T. kalkführenden Tonschiefern des Oberdevons sowie Diabasen und Schalsteinen des Mittel- und Oberdevons. Im Westen des Exkursionsgebietes wird das Unterdevon von Wechsellagen von Quarzsandsteinen und Schluffschiefen repräsentiert. Verbreitet steht auch hier Schalstein an. Eozäne bis untermiozäne basaltische Vulkane (z. B. Burgkopf) sind dem Devon aufgesetzt. Bis ins Tertiär war das Exkursionsgebiet Abtragungsraum. Unter (sub-) tropisch-humiden Klimabedingungen entwickelte sich in der Oberkreide und im Alttertiär eine mächtige kaolinitische Verwitterungsdecke (s. o.). Im Obereozän/Unteroligozän wurden die fluvialen, vorwiegend aus gut gerundeten Milchquarzkiesen und Sanden bestehenden Vallendar-Schotter in den Tiefenzonen einer zuvor entstandene Tallandschaft sedimentiert und erreichen vor allem in Senkungsfeldern größere Mächtigkeit bis zu einigen Zehner Metern (Ahlburg 1915, Löhnertz 1978, Andres et al. 1974, Semmel 1984). Im Bereich des westlichen Rheinischen Schiefergebirges ist der Lauf des Vallendar-Flusses etwa parallel zur Mosel bis ins Neuwieder Becken zu verfolgen (Semmel 1984). Requadt (1990) nimmt an, dass es sich bei den Unterlahn-Vallendar-Schottern um im Zuge der mittel- bis oberoligozänen Meerestransgression aus Richtung des Mainzer Beckens von Süden nach Norden umgelagertes Tertiärmaterial handelt, das in der Folge nach tektonischer Hebung des Gebietes z. T. mehrmals fluvial aufgearbeitet wurde und sich nach der Höhenlage der jeweiligen Schotterbasis in fünf Terrassenkörper gliedern lässt (Requadt & Buhr 1989). Mitteloligozäne Meerestransgressionen betrafen allerdings auch die Wetterau und die Hes-

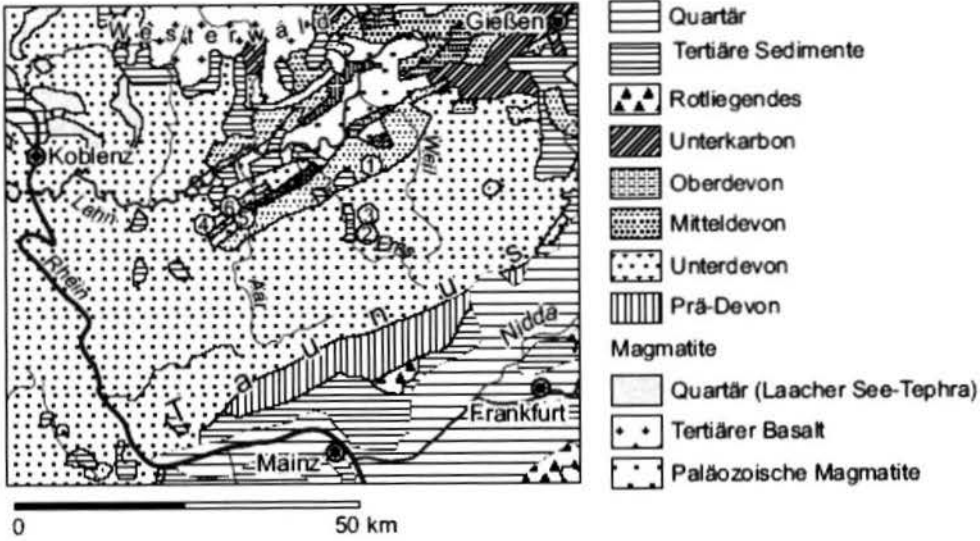


Abb. 1: Geologische Übersicht und Lage der Exkursionsstandorte

terau und die Hessische Senke, östlich des Exkursionsgebietes. Im Rupel (Mitteloligozän, ca. 33 - 30 Mio. vor heute) entstand eine Verbindung von der nordalpinen Molassevertiefung durch den Oberrheingraben und die Hessische Senke zum Nordmeer (Walter 1995). Im Pliozän kam es im Zuge der tektonischen Hebung zu einer weiteren Zertalung des Exkursionsgebietes, wobei die Vallendar-Schotter und die sie unterlagernde MTV großteils erodiert wurden und die Gewässer ihren heutigen Lauf einnahmen (Andres et al. 1974). Im Spätpleistozän wurden die Substrate der MTV und der Vallendar-Schotter solifluidal umgelagert (Basislage). Sie sind bei geringen Hangneigungen von der Mittel- und Hauptlage bedeckt. In der Idsteiner Senke und im Limburger Becken lagern mächtige Lößdecken.

Neben einer großen Verbreitung im Limburger Becken und in der Flachkuppenlandschaft zwischen dem Weilburger Lahntal und der Weil sowie in Karstschloten im Massenkalk ist die MTV im Hintertaunus südlich Limburg und im westlichen Aartal bis hinauf nach Würges (südlich Bad Camberg) in der Regel nur im Liegenden der Vallendar-Schotter erhalten (Müller 1973). Ähnlich ist es im westlich anschließenden Gebiet südöstlich der Cramberger Lahnschleife bei Schaumburg, Wasenbach und Bärbach (Felix-Henningsen & Requadt 1985; Requadt 1990). Stellenweise wird die MTV hier auch von Basalttuffen überlagert (Burgkopf). Auf den Höhen ist die MTV nur noch in kleinen Resten zu finden, und zwar südlich Idstein, bei Wingsbach, nordöstlich und südlich Kettenbach und westlich Lohrheim (Müller 1973); für den Westlichen Hintertaunus liegen keine Kartierungen vor.

Exkursionsstandorte

Standort Langhecke: Unverwitterte Schiefer

Als Ausgangsgesteine der MTV überwiegen im Hintertaunus unterdevonische Ton- und Schluffschiefer, in die sich in einem regional unterschiedlichen Ausmaß Sandsteinbänke, quarzitisches Schichten sowie Quarzgänge und mitteldevonische Keratophyrgänge einschalten. Ein zunehmender Sandanteil der Gesteine geht mit der Zunahme des Quarzgehalts und abnehmenden Ti/Zr-Verhältnissen einher. Kohlig-bituminöse organische Substanz verleiht den Schiefern ihre schwarzgraue Färbung. Der in beiden Gebieten sehr einheitliche Mineralbestand der Schiefer weist neben Illit-Muskovit und Quarz als Hauptbestandteilen einen Anteil von 25 - 30 % an Fe-Mg-Chlorit (Fe-Rhipidolith) auf. Der Chlorit ist das Mineral mit der geringsten Verwitterungsstabilität und relativ leicht säurelöslich.

Raumgewichte: 2,49-2,58 g cm⁻³ in tonreicheren Hunsrücksschiefern, 2,67-2,69 g cm⁻³ in Schluffsschiefern.

Spezifische Gewichte: 2,70-2,72 g cm⁻³.

Qualitative Mineralzusammensetzung:

Muskovit: $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$, 35-45 Mas-%

Fe-Mg-Chlorit: Fe-Rhipidolith, 25-35 Mas-%
 $Mg^{2+}_{2,12} Fe^{2+}_{2,16} ME^{3+}_{1,72} (Si_{2,28} Al_{1,72}) O_{10} (OH)_8$

Quarz: 25-35 Mas-%, in Sandsteinen kann der Quarzgehalt bis auf 90 % ansteigen.

Akzessorische Minerale: Pyrit, Apatit, < 1 Mas-%

Kohlig-bituminöse organische Substanz: 0,3-0,5 Mas-% C

Schwerminerale: Ultrastabile Gruppe Zirkon, Turmalin, Rutil

Tab. 1: Unterdevonische Schiefer - Gewichtsanteile der Minerale der Gesamtprobe (Pr.Nr.199 - 201 = O-Hunsrück, Pr.Nr.278 - 280 = NO-Eifel)

Pr.Nr	M-I	Chl	Quarz	Fsp.
199	37	27	36	0
200	39	25	36	0
201	36	27	37	0
278	30	24	46	2
279	35	27	38	2
280	35	24	41	5

Erläuterungen zu Tab. 1:

M-I (Mas-%) = Mas-% K₂O x 10 (n. Fanning & Kermidas, 1977)

Chl (Mas-%) = Masseverlust nach HCl+NaOH-Extraktion

Q + F (Mas-%) = Quarz und Feldspäte als Differenz:

100 % - (% I/M + % Chl).

Q (Mas-%) = Quarzgehalt der Gesamtprobe (n. Till & Spears, 1969)

Der Langhecker Schiefer wurde (neben eisen- und silberhaltigen Erzen) von den Langhecker Bergarbeitern wegen seiner hervorragenden Spaltbarkeit sogar unter Tage abgebaut und galt als einer der besten Dachschiefer Deutschlands.

Eisenbach - Ölkaute Augusta

In der Grube „Ölkaute Augusta“ bei Eisenbach wird seit 1960/61 kaolinithaltiger, gebleichter Saprolit, der nahezu eisenfrei ist, als sog. „Kaolin“ für die keramische Industrie von der Stephan Schmidt KG abgebaut (erste Abbautätigkeiten gehen aber mindestens auf das Jahr 1866 zurück). Die in verschiedenen Bereichen des Aufschlusses angetroffenen Verwitterungsbildungen der MTV und die sie überlagernden Sedimente wurden zu einem Idealprofil kombiniert, das die stratigraphische Abfolge der Bildungsprozesse berücksichtigt.

Der Aufschluss repräsentiert den Übergang des Oxidationshorizonts zum Reduktionshorizont im Saprolit. Die Bleichung des Saprolits belegt die Verwitterung, Kaolinitisierung und Stoffabfuhr durch ziehendes Grundwasser. Die Weißfärbung erfolgte durch den oxidativen Abbau der primären kohlig-bituminösen organischen Substanz nach Grundwasserabsenkung, die als Folge der tektonischen Hebung und ariderer Klimabedingungen im Oberoligozän einsetzte.

Ein in den gebleichten Saprolit eingeschnittener mächtiger Erosionsgully, der von der Rumpffläche zum Tal hinabzieht, wurde mit roten, grau gefleckten, Bodensedimenten eines tonreichen Plinthosols wieder aufgefüllt. Bodensedimente im Gully sowie der angrenzende Saprolit werden von einer Rinne geschnitten, die mit weißen silifizierten Quarzsanden und -schottern gefüllt ist. Gut gerundete Gerölle aus Gangquarz und Taunusquarzit bis 40 cm Durchmes-

ser belegen einen Ferntransport der Sedimente und eine zeitweilig starke Wasserführung des Flusses. Die nächstgelegenen Vorkommen von Taunusquarzit befinden sich ca. 3 km in SSE Richtung. Über den tertiären Sedimenten folgen periglaziäre Deckschichten mit Basis-, Mittel- und Hauptlage als Ausgangsgestein der holozänen Pseudogley-Parabraunerde.

Eisenbach-Ort

Die Saprolitgrube am Ortsrand von Eisenbach liegt am Unterhang einer bereits im Tertiär angelegten Talung unterhalb des Aufschlusses „Ölkaute Augusta“ (Kap. 4.2). Der Aufschluss repräsentiert den Übergang des Saprolits in den unverwitterten Schiefer, der mit seiner schwarzgrauen Färbung an der Grubenbasis aufgeschlossen ist. Mit dem Übergang in die Saprolitzonen darüber verschwindet die primäre organische Substanz durch tiefreichende, an die Klüfte gebunden Oxidation. Die Saprolite sind über einen Tiefenbereich von 25 bis 30 m aufgeschlossen. In einer Zone mit olivfarbenem Saprolit wurde der angewitterte primäre Chlorit der frischen Schiefer durch innerkristalline Oxidation in Chlorit-Vermiculit-Wechselagerungsminerale umgewandelt. Dieses Gestein wird von der Stephan Schmidt KG abgebaut und aufgrund der guten Sorptionseigenschaften zu gärtnerischen Erden verarbeitet. Daneben treten mächtige Saprolitzonen auf, in denen der primäre Chlorit der Schiefer vollständig in Kaolinit umgewandelt wurde. Diese Zonen werden durch hohe Goethit- und Hämatitgehalte lebhaft bunt gefärbt. Die Oxidation des Saprolits bis zum unverwitterten Schiefer und die hohen freien Eisenoxidgehalte belegen, dass Verwitterung und Auswaschung unter ungesättigten, aeroben Bedingungen stattgefunden haben. Da der Aufschluss in einer morphologisch tieferen Position als der Aufschluss „Ölkaute Augusta“ (Kap. 4.2) liegt, ist zu folgern, dass die Tiefenverwitterung nach der fortgeschrittenen Landhebung, Taleintiefung und Grundwasserabsenkung in einer jüngeren warm-humiden Klimaphase des Tertiärs, vermutlich also im Miozän, erfolgte.

Burgkopf

Der Burgkopf (bei Biebrich) erhebt sich als Basaltkegel eines oligozänen Vulkans über die Rumpffläche, die in der Umgebung verbreitet Vorkommen von Vallendar-Schottern über tiefgründig verwittertem Saprolit aufweist. In einem Steinbruch ist eines der seltenen Bodenprofile der alttertiären Landoberfläche aufgeschlossen. Ein autochthone fossiler Plinthosol wurde von dem Basaltschlot durchschlagen sowie von Basaltuff überlagert und damit konserviert. Bemerkenswert ist die große Mächtigkeit dieses rotweiß gefleckten, prä-oligozänen Bodens, die 5 m übersteigt. Aus den Analysendaten und den geologi-

schen Karten ist zu folgern, dass der Plinthosol aus Saprolit der unterdevonischen Schiefer hervorging.

Die Deckschichten bestehen aus Basaltuff, einer Blocklage aus Basalt (Basislage) sowie Solifluktuionsdecken aus Löss (Mittellage) und Laacher Bims (Hauptlage).

Bärbach

In mehreren kleinen Kiesgruben am Rande einer tertiären Muldentals bei der Ortschaft Bärbach sind oberoligozäne Vallendar-Schotter aufgeschlossen, welche die MTV überlagern. Requadt (1990) und Requadt & Buhr (1989) rechnen sie der zweitjüngsten Tertiärrasse (tT2) zu. Die Sedimentschichten zeichnen sich durch starke Wechsel der Textur und die Einschaltung von feinkörnigen Rinnenfüllungen und Stillwasserabsätzen aus. Damit spiegeln die Sedimente intensive Wechsel der Wasserführung des Flusses wider, wie sie für wechselfeuchte und relativ trockene Klimaregionen typisch sind. Dieses wird auch durch die bis zu 1 m mächtigen, massiven Silcrete-Bänke belegt, die als Indikatoren für ein semi-arides Klima gelten. Im Rheinischen Schiefergebirge und angrenzenden Regionen haben Silcretes, die in der Übergangszeit Oberoligozän-Untermiozän gebildet wurden, eine weite Verbreitung (sog. „Süßwasserquarzite“).

Wasenbach

Quarzsandgruben bei der Ortschaft Wasenbach erschließen oberoligozäne Vallendar-Schotter am Rande eines tertiären Muldentales in einer großen Mächtigkeit. Die Sande und Kiese werden der jüngsten Tertiärrasse (tT1) zugerechnet (Requadt 1990), die aus aufgearbeitetem tT2-Material besteht (Requadt & Buhr 1989). Auch diese Sedimente zeichnen sich durch einen intensiven Wechsel grob- und feinkörniger Schichten und die Einschaltung von schluffreichen Bänken aus. Mineralogisch bestehen sie aus Quarz mit geringen Anteilen an gebleichtem Kaolinit. Unter den größeren Geröllen sind Taunusquarzit und gerundete Bruchstücke von Hunsrück-Erzen anzutreffen. Die fluvialen Sedimente werden nach oben hin feinkörniger und gehen gleitend in einen schluff- und zuoberst tonreichen Auenlehm über. In diesem ist ein autochthoner, lebhaft rot, gelb und weiß gefleckter Plinthosol erhalten, der in der anschließenden warm-humiden Klimaphase des Miozäns unter dem Einfluss stark schwankender Grundwasserstände gebildet wurde. In Richtung des tertiären Muldentals wurde der fossile Boden durch Solifluktion im Periglazial abgetragen. Im Bereich des Plateaus wurde nur der obere Teil des fossilen Plinthosols periglaziär umgelagert und bildet die Basislage, die von einer lössreichen Mittellage und bimshaltigen Hauptlage überdeckt wird. Als rezenter

deckt wird. Als rezenter Boden ist eine Pseudogley-Parabraunerde ausgebildet.

Literatur

- Ahlburg, J. (1915): Über das Tertiär und das Diluvium im Flußgebiete der Lahn. - Jb. preuß. Geol. Landesanstalt, 36: 269-379.
- Andres, W.; Bibus, E.; Semmel, A. (1974) : Tertiäre Formenelemente in der Idsteiner Senke und im Eppsteiner Horst (Taunus). - Z. f. Geomorphol., N. F., 18: 339-349.
- Fanning, D. S.; Keramidas, V. Z. (1977): Micas. - In: Dixon, J. B.; Kittrick, J.-A.; Milford, M. H.; White, J. L. (Hrsg.): Minerals in soil environments, Madison, Wisc.: SSSA: 195 - 258.
- Felix-Henningsen, P. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge - Aufbau, Genese und quartäre Überprägung. - Relief, Boden, Paläoklima 6: 192 S., Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- Felix-Henningsen, P. (1994): Mesozoic Tertiary weathering and soil formation on slates of the Rhenish Massif (Germany). - Catena 21: 229-242.
- Felix-Henningsen, P.; Requadt, H. (1985): Mineralogische und geochemische Untersuchungen der mesozoisch-tertiären Verwitterungsdecke im Gebiet der südwestlichen Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). - Geol. Jb. Hessen, 113: 217 - 228.
- Löhmertz, W. (1978): Zur Altersstellung der tiefliegenden fluviatilen Tertiärablagerungen der SE-Eifel. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 166: 179-206.
- Müller, K.-H. (1973): Morphologie des zentralen Hinter-taunus und des Limburger Beckens. Ein Beitrag zur tertiären Formengenese. Diss. Univ. Marburg. Marb. Geogr. Schr., 58.
- Requadt, H. (1990): Erläuterungen Blatt 5613 Schaumburg. Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1 : 25 000. 2. Aufl., Mainz.
- Requadt, H.; Buhr, R. (1989): Gliederung und Paläogeographie der tertiären 'Vallendarer Schotter' im Hinter-taunus. - Z. Dtsch. Geol. Ges., 140: 333-342.
- Semmel, A. (1984): Reliefentwicklung im Rheinischen Schiefergebirge- neue Befunde, neue Probleme: Zur prä-quartären Entwicklung. - 44. Deutscher Geographentag Münster. 24. bis 28. Mai 1983. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen, Stuttgart: 71-74.
- Till, R.; Spears, D. A. (1969): The determination of quartz in sedimentary rocks using X-ray diffraction method. - Clays Clay Min., 17: 323 - 327.
- Walter, R. (1995): Geologie von Mitteleuropa. 6. Aufl., Stuttgart.

Anschrift

Peter Felix-Henningsen, Einar Eberhardt
 Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, JLU
 Heinrich-Buff-Ring 26 - 32 (IFZ)
 35392 Gießen
 E-mail: peter.felix-h@agrar.uni-giessen.de
 einar.eberhardt@agrar.uni-giessen.de

Exkursionspunkt G11/2 Ölkaute Augusta (bei Eisenbach)

Bearbeiter: Felix-Henningsen, Eberhard **TK25:** 5613 Schaumburg **Datum:** 24.10.2003
Lage: R: 3446728 H: 5580017 278 m NN **Kreis:** Rhein-Lahn-Kreis
Nutzung: Wald, Saprolit-Abgrabung zur Rohstoffgewinnung für die keramische Industrie (Kaolin)
Humusform: Mull **Relief:** schwach nach W abdachendes Plateau

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	L + Of	2 0	mittel durchwurzelt, scharfe Untergrenze
2	Ah pflLH-tu(lo)	6	graubraun (10YR 3/4), (schwach) humos, mittel durchwurzelt, geringe Packungsdichte, vereinzelt Regenwurmrohren, Krümelgefüge, scharfe horizontale Untergrenze <i>Fließtonschluff (Lu) der Hauptlage aus Löss</i>
3	Al pflLH-II(lo)	25	gelblichbraun (10YR 4/4), sehr schwach humos, schwach durchwurzelt, vereinzelt Regenwurmrohren, geringe bis mittlere Packungsdichte, Subpolyederggefüge, gleitender Übergang <i>Fließnormallehm (Ls3) der Hauptlage aus Löss</i>
4	S-Bt pflLH-tu(lo)	48	fahlbraun (10YR 4/3), humusfrei, schwach durchwurzelt, Toncutane, Mn-Konkretionen, vereinzelt Regenwurmrohren, Polyederggefüge, mittlere Packungsdichte, scharfe horizontale Untergrenze <i>Fließtonschluff (Lu) der Hauptlage aus Löss</i>
5	II S-Bt pflLM-(n2)ut(lo)	78	kräftig gelbbraun (10YR 6/6), sehr schwach durchwurzelt (Wurzeln auf Aggregatoberflächen), ockerbraune (10YR 5/4) Toncutane, Mn-Konkretionen, polyedrisches bis prismatisches Gefüge, hohe Packungsdichte, scharfe wellige Untergrenze <i>schwach Schutt führender Fließschluff der Mittellage aus Löss</i>
6	III Sd-ICj pflLB-lt(csa)	113	grau (10YR 7/2), mit gelblichbraunen (10YR 5/4) Schlieren, Kohärentgefüge, sehr hohe Packungsdichte, scharfe wellige Untergrenze <i>Fließlehmton (Ti) der Basislage aus Saprolit</i>
7	IV fiGr + fiGmk s-(k4)su	700	weiß (10Y 8/1), mit Bänken aus sandigem Lehm und schlecht gerundeten Geröllen aus Gangquarz und Taunusquarzit, schwache bis massive Silifizierung, im Bereich von Gerölllagen Ausprägung von Silcretebänken bis 40 cm mächtig <i>präquartärer, stark Kies führender Fluvischluffton (Us, G3+Ls3, ss, G3) (oberoligozäne Vallendar-Schotter)</i>
8	V SBJ-M1 s-lt	1000	rot (2.5YR 3/4), schwach grau fleckig (5BG 7/1) <i>präquartärer, kaolinitischer Lehmtone (Ti) aus Bodensediment (umgelagerter prä-oberoligozäner Plinthosol als Füllung eines Erosionsgullies)</i>
9	SBJ-M2 s-lt	1300	grau (10BG 7/1), schwach rot fleckig (10R 3/4) <i>präquartärer, kaolinitischer Lehmtone (Ti) aus Bodensediment (umgelagerter prä-oberoligozäner Plinthosol als Füllung eines Erosionsgullies)</i>
10	VI mCewjs cc-csa	1500	braungelb (10YR 8/4), mäßig verfestigt, Übergangshorizont zum gebleichten Saprolit, den Erosionsgully seitlich begrenzend <i>autochthoner, mesozoisch-tertiärer Saprolit</i>
11	mCewj cc-csa	1900	weiß (10BG 6/1), mäßig verfestigt, gelbe bis rostorange farbene Oxidbeläge auf Klufflächen, Mächtigkeit stark schwankend <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer, Oxidationszone</i>
12	mCorj		hellgrau (5BG 8/1), mäßig verfestigt, gelbe bis rostorange farbene Oxidbeläge auf Klufflächen

cc-csa	2100	mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer, schwächer oxidierte Übergangszone
14 mCrj		dunkelgrau (5B 5/1), mäßig verfestigt
cc-csa	2200+	mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer, Reduktionszone mit primärer kohlig-bituminöser organischer Substanz

Bodenformensymbol:	SS-LL: p-u(lo)/p-(n)t(lo)/p-t(csa)
Bodenformenbezeichnung (rezenter Boden):	Pseudogley-Parabraunerde aus Fließschluff aus Löss über schutführendem Fließton aus Saprolit

WRB: Stagnic Luvisol
sonst. aus Teilprofilen zusammengestelltes Idealprofil, das die stratigraphische Abfolge der genetischen Einheiten wiedergibt
Profilkennz: Periglaziäre Deckschichten über silifizierten Quarzschottern und fluvialen Sanden des Oberoligozäns (Vallendar-Schotter) über prä-oberoligozänen Bodensedimenten (Plinthosol) und Saprolit aus unterdevonischen Schluffschiefern mit Oxidationszone (weiß) über Reduktionszone (dunkelgrau). Die Texturanalysen wurden an gemörstertem Saprolitmaterial durchgeführt und spiegeln die relative Dispergierbarkeit der Saprolitzonen wider, nicht aber die reale Textur der Ausgangsgesteine.

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _n	
			cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU		fU
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	6	n.b.	0,54	8,27	15,34	19,76	20,71	12,19	23,19	n.b.	
Al	25	n.b.	0,34	9,49	16,64	18,04	4,49	29,62	21,38	n.b.	
S-Bt	48	n.b.	1,06	12,74	18,71	18,52	16,22	12,48	20,27	n.b.	
IIS-Bt	78	n.b.	1,14	2,19	8,37	18,49	16,49	11,10	42,22	n.b.	
IIISd-ICj	113	n.b.	0,61	1,84	8,12	11,99	13,14	9,48	54,82	n.b.	
IVfiGr	700	n.b.	11,68	12,36	16,46	18,37	20,26	13,95	6,72	n.b.	
VSBj-M1	1000	n.b.	0,90	0,86	0,61	3,81	9,82	11,83	72,17	n.b.	
SBJ-M2	1300	n.b.	1,36	1,27	1,89	5,15	12,26	10,63	67,44	n.b.	
VImCewjs	1500	n.b.	0,04	0,40	2,75	16,56	22,20	23,30	34,75	n.b.	
mCewj	1900	n.b.	0,31	0,94	4,96	20,61	21,88	22,09	29,21	n.b.	
mCorj	2100	n.b.	0,04	0,95	2,75	23,18	22,46	20,85	29,77	n.b.	
mCrj	2200+	n.b.	0,01	0,27	4,13	26,32	24,83	19,82	24,63	n.b.	

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		3,99	3,75	0,09	0,44	0,70	1,51	16,56	14,18
Al		3,94	3,74	0,09	0,23	0,16	0,30	13,92	5,24
S-Bt		4,46	4,02	0,24	0,62	0,67	1,37	12,08	19,40
IIS-Bt	n.b.	5,12	4,68	0,26	0,88	3,30	6,18	7,12	59,85
IIISd-ICj		6,31	5,96	0,25	0,87	3,02	5,71	4,56	68,37
IVfiGr		4,1	4,12						
VSBj-M1	0,00	7,79	7,24						
SBj-M2	0,00	7,72	7,18						
VImCewjs	0,12	8,11	7,57						
mCewj	0,00	7,51	7,25						
mCorj	0,00	7,95	7,55						
mCrj	0,00	7,44	7,07						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(ICAL)	K _(ICAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ah	19,30	11,33	0,59	3,87	0,21	18,59		
Al	14,69	8,56	0,58	1,30	0,09	15,09		
S-Bt	14,99	6,82	0,45	0,63	0,06	10,11		n.b.
IIS-Bt	17,73	11,29	0,64	0,35	0,04	8,41		
IIISd-ICj	14,41	10,59	0,73	0,14	0,02	8,00		

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ah	3,24	7,49	0,43	1,81	0,42	0,06	11,98	11,11	2,04
Al	2,90	7,70	0,38	1,64	0,63	0,09	11,74	13,16	1,69
S-Bt	2,33	9,87	0,24	1,12	1,32	0,12	16,86	20,10	1,59
IIS-Bt	0,55	12,36	0,04	1,03	0,23	0,20	8,72	9,97	1,66
IIISd-ICj	0,12	9,17	0,01	5,86	0,02	0,09	10,81	15,42	1,33
IVfiGr	0,04	0,25	0,16	0,05	0,01		0,60	1,93	0,59
VSBj-M1	0,76	82,58	0,01	2,65	0,03		3,02	8,35	0,69
SBj-M2	0,20	20,22	0,01	1,29	0,02		2,11	7,08	0,57
VImCewjs	0,13	21,19	0,01	1,13	0,09	n.n.	1,59	5,88	0,51
mCewj	0,05	0,73	0,06	0,35	0,01		2,84	2,21	2,43
mCorj	0,05	0,28	0,17	0,08	0,01		3,04	1,99	2,90
mCrj	0,16	1,20	0,13	0,10	0,01		2,87	1,42	3,84

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Tonminerale < 2 µm (Mas-%)									
	LM	Sm	WL	Chlp	Chls	Ver	WL	Ill	Kao icd	Kao bad
<i>1</i>	<i>47</i>	<i>48</i>	<i>49</i>	<i>50</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>53</i>	<i>54</i>	<i>55</i>	<i>60</i>
Ah	2			n.b.		n.n.	n.n.	64	10	25
Al	4					4		58	14	21
S-Bt	4					n.n.		59	13	24
IIS-Bt	6							39	28	27
IIISd-ICj	n.n.							27	52	22
IVfiGr								0	68	32
VSBj-M1								35	28	37
ISBj-M2								32	37	32
VImCewjs								65	2	32
mCewj								73	2	24
mCorj								75	2	22
mCrj								75	3	22

LM= Labile Minerale > 18 A, Sm = Smectit, WL=Wechsellagerungsm., Chlp=primärer Chlorit, Chls=sekundärer (Al-) Chlorit, Ver= Vermiculit, Ill= Illit, Kao icd=Kaolinit mit DMSO-Einlagerungsfehlordnung, Kao bad= Kaolinit mit b-Achsen-Fehlordnung

Horizont	Gesamtgehalte an Elementoxiden in Mas-% (Mn + Ca + Na + P < 1 %)								
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Cewj	1,65	63,15	1,02	21,50	0,47	0,83	1,12	5,37	4,94
Crj	1,89	64,92	1,09	20,56	0,38	0,77	1,13	5,31	4,69
Cv	2,58	56,37	0,93	20,92	0,08	7,42	2,60	4,29	5,19

Horizont	Relative isovolumetrische Elementverluste, Elementoxidgehalte Cv = 100 %							
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3g}	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Cewj	-36	-28	-30	-34	-87	-72	-20	-39
Crj	-27	-16	-14	-28	-89	-68	-9	-34

Horizont	Relative Zusammensetzung der Massenverluste, Gesamtmassenverlust = 100 %							
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3g}	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Cewj		44	1	20	20	5	2	6
Crj		33	0	22	27	7	1	7

Exkursionspunkt G11/3 Eisenbach Ort: Mesozoisch-Tertiärer Saprolit an der Verwitterungsbasis

Bearbeiter: Felix-Henningsen, Eberhardt TK25: 5615 Villmar Datum: 19.09.2003

Lage: R: 3447581 H: 5579187 250 m NN Kreis: Limburg-Weilburg

Nutzung: Acker, Saprolitabgrabung zur Rohstoffgewinnung für die Herstellung von gärtnerischen Kultursubstraten

Humusform: Mull

Relief: unterer Mittelhang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ai + Ah pflLH-tu(lo)	1/5	braun (10YR 4/3), schwach humos, stark durchwurzelt, Krümelgefüge, niedrige Packungsdichte, diffuser Übergang <i>Fließtonschluff (Lu) der Hauptlage aus Löss</i>
2	Al + Bt pflLH-(z2)tu(lo)	45/90	fahlgelblichbraun (10YR 5/8), sehr schwach humos, mittel durchwurzelt, Polyeder- bis plattiges Gefüge, niedrige bis mittlere Packungsdichte, wellenförmige Untergrenze (z. T. Taschen) <i>schwach Grus führender Fließtonschluff (U14.G2) der Hauptlage aus Löss</i>
3	II Sw pflLM-tu(lo)	100/110	gelblichbraun (10YR 5/6), schwach durchwurzelt, Kohärentgefüge, hohe Packungsdichte, einzelne Bänder mit Fe-Oxid-Anreicherungen, scharfe wellige Untergrenze <i>Fließtonschluff (U14.fX1) der Mittellage aus Löss</i>
4	III Sd pflLB-(n2)ll(csa)	130/140	braun (10YR 5/8), schwach durchwurzelt, leichte Rostfleckung, leichte Bleichung, Polyedergefüge, sehr hohe Packungsdichte, scharfe wellenförmige Untergrenze <i>schwach Schutt führender Fließnormallehm (L12.fX2) der Basislage aus mesozoisch-tertiärem Saprolit</i>
5	Bv pflLB-ut(csa)	140/170	braun (10YR 5/8), sehr schwach durchwurzelt, Prismengefüge, sehr hohe Packungsdichte, scharfe Untergrenze <i>Fließschluffton (Tu3.fX1) der Basislage aus mesozoisch-tertiärem Saprolit</i>
6	Bv2 pflLB-ut(csa)	170/200	gelblichrötlichbraun (7.5YR 6/8), sehr schwach durchwurzelt, Prismengefüge, sehr hohe Packungsdichte <i>Schluffton (L13.fX1) der Basislage aus mesozoisch-tertiärem Saprolit</i>
7	IV mCoj1 cc-csa	1000	ziegelrote (2.5YR 5/6) bis violette Zonen (7.5R 5/3) in lebhaftem Wechsel mit gelbbraunen (10YR 7/6) bis dunkelbraunen (10YR 5/8) Zonen, die der Schieferung und Klüftung folgen; weich und von Hand zerdrückbar; dunkelbraune Zonen stärker konkretionär verfestigt mit schwarzen Mn-Oxidbelägen auf den Klüftflächen, violette Zonen ohne Mn-Oxidbeläge. Probennahme aus den violetten bis grau violetten Bänken <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer</i>
8	mCoj2 cc-csa	1500	rötlichbraune (7.5YR 7/6), ziegelrote (2.5YR 7/6) und rotviolette (10R 5/3) Zonen; weich und von Hand zerdrückbar <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer</i>
9	mCoj3 cc-csa	2000	bräunlichgelb (10YR 7/6), im Bereich von Quarzgängen Verzahnung mit mCoj2 über Tiefenbereich von 5-8 m, Klüftflächen mit schwarzen (10YR 2/1) Mn-Oxidbelägen, angelöste Quarzgänge von konkretionären, dunkelbraunen Oxidanreicherungen begleitet; fest, aber in cm-starken Platten noch von Hand brechbar <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer</i>

10	mCoj4 cc-csa	2400	hellolivgrau (5BG 7/1), nur in klüftfernen Bereichen dunkelgraue (10BG 5/1) Zonen mit höheren Anteilen bituminöser organischer Substanz; auf den Klüftflächen dunkelbraune bis schwarze Oxidbeläge, fest, Quarzgänge von dunkelbraunen konkretionären Oxidanreicherungen begleitet <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer</i>
11	mCorj cc-csa+n-^u	3000	Basis der Verwitterungsdecke mit Verzahnung von vertikalen Bahnen aus olivgrauem (10BG 5/1), schwach oxidiertem Saprolit in der Umgebung von angelösten Quarzgängen und schwarzgrauem (N 3/0) Schiefer, fest <i>mesozoisch-tertiärer Saprolit aus Schluffschiefer im Wechsel mit frischem Schluffschiefer</i>
12	mCn n-^u		schwarzgrau (N 3/0), olivfarbene Aufhellungen durch Oxidation entlang einzelner Klüfte, Eingriffe der oberen, stärker oxidierten Saprolitzonen mit olivfarbenen (10G 4/1) Aufhellungen im dm- und m-Bereich entlang von Klüften und angelösten Quarzgängen <i>anstehender, sehr schwach saprolitisierter Schluffschiefer</i>

Bodenformensymbol: SS-LL: p-u(lo)/p-(z)u(lo)/p-u(lo)/p-l(csa)

Bodenformenbezeichnung: Pseudogley-Parabraunerde aus Fließschluff aus Löss über grusführendem Fließschluff aus Löss über tiefem Fließlehm aus Saprolit

WRB: (Stagnic) Luvisol

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen: Texturanalysen wurden an gemörsertem Saprolitmaterial durchgeführt und spiegeln die relative Dispergierbarkeit der Saprolitzonen wider, nicht aber die reale Textur der Ausgangsgesteine

Horizont	Tiefe cm	Skelett Mas-%	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B g-cm ⁻³
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ai + Ah	1/5		2,33	2,54	4,61	36,29	21,63	8,21	24,40	
Al + Bt	45/90		0,95	1,59	2,77	39,22	23,04	7,97	24,46	
II Sw	100/110		1,83	2,27	3,72	40,84	24,77	8,75	17,82	
III Sd	130/140		5,93	5,99	7,80	20,97	19,67	8,91	30,73	
Bv	140/170		1,67	1,64	2,87	27,43	20,88	9,10	36,41	
Bv2	170/200	n.b.	2,62	2,95	6,64	17,75	14,55	11,43	44,06	n.b.
IV mCoj1	1000		1,32	4,05	8,49	12,19	21,67	29,70	22,58	
mCoj2	1500		25,80	23,58	12,27	6,88	11,92	13,34	6,21	
mCoj3	2000		31,68	26,57	12,69	7,20	8,66	9,69	3,51	
mCoj4	2400		26,99	20,34	11,94	8,02	12,03	13,16	7,51	
mCorj	3000		29,62	20,02	10,45	7,43	10,53	10,43	11,53	
mCn	>3000		41,69	21,54	10,70	5,62	7,02	6,01	7,42	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ai + Ah		5,83	5,32	0,064	1,392	2,196	7,30	9,20	54,35
Al + Bt		4,98	4,61	0,059	0,405	1,647	5,74	7,12	52,43
II Sw		5,49	5,09	0,079	0,156	1,098	4,86	7,20	46,24
III Sd	n.b.	5,66	5,41	0,135	0,204	2,133	9,31	8,00	59,56
Bv		5,72	5,42	0,133	0,254	2,391	12,77	6,48	70,58
Bv2		6,35	6,04	0,088	0,207	1,325	11,72	4,72	73,86
IV mCoj1	0,01	7,56	7,09						
mCoj2	0,00	6,90	6,71						
mCoj3	0,00	6,79	6,61						
mCoj4	0,00	6,80	6,57						n.b.
mCorj	0,01	6,71	6,53						
mCn	n.b.	6,16	6,08						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ai + Ah	20,15	11,34	0,56	2,50	0,20	12,44		
Al + Bt	14,97	8,57	0,57	0,59	0,07	8,22		
II Sw	13,39	6,83	0,51	0,30	0,05	6,41		
III Sd	19,78	12,50	0,63	0,20	0,04	5,10		n.b.
Bv	22,03	16,47	0,75	0,15	0,03	4,38		
Bv2	18,06	14,19	0,79	0,10	0,03	3,00		

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ai + Ah	1,65	13,88	0,12	1,59	0,45	0,12	5,12	6,60	1,47
Al + Bt	1,96	13,44	0,15	1,46	0,44	0,18	6,16	8,41	1,39
II Sw	2,09	11,66	0,18	1,03	0,65	0,76	6,28	6,74	1,76
III Sd	1,64	28,17	0,06	2,84	0,47	0,11	7,91	10,96	1,37
Bv	1,26	21,27	0,06	1,81	0,40	0,14	6,74	7,98	1,60
Bv2	0,44	33,14	0,01	3,53	0,08	0,12	8,95	11,34	1,50
IV mCoj1	0,19	47,41	0,00	1,89	0,32	0,21	1,79	6,42	0,53
mCoj2	0,29	44,90	0,01	2,72	0,07	0,13	2,32	7,32	0,60
mCoj3	0,32	38,90	0,01	2,80	0,04	0,13	2,23	5,11	0,82
mCoj4	0,34	11,03	0,03	0,91	0,22		0,69	2,79	0,47
mCorj	0,30	6,57	0,05	0,42	0,02	n.n.	2,13	2,50	1,62
mCn	0,45	0,33	1,34	0,13	0,01		1,87	1,30	2,72

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Tonminerale < 2 µm (Mas-%)									
	LM	Sm	WL	Chlp	Chls	Ver	WL	Ill	Kao icd	Kao bad
<i>1</i>	<i>47</i>	<i>48</i>	<i>49</i>	<i>50</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>53</i>	<i>54</i>	<i>55</i>	<i>60</i>
Ai + Ah	5	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	56	11	25
Al + Bt	4	4	4	n.n.	n.n.	5	11	37	15	24
II Sw	14	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5	7	33	11	28
III Sd	n.n.	7	7	n.n.	n.n.	6	9	40	11	28
Bv1	8	8	n.n.	n.n.	n.n.	11	n.n.	30	14	28
Bv2	n.n.	n.n.	5	n.n.	n.n.	9	n.n.	38	20	28
IV mCoj1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	79	n.n.	21
mCoj2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	75	n.n.	25
mCoj3	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	76	n.n.	20
mCoj4	4	n.n.	n.n.	22*	4	n.n.	n.n.	58	n.n.	12
mCorj	1	n.n.	n.n.	20*	1	n.n.	n.n.	73	n.n.	6
mCn	2	n.n.	n.n.	12	n.n.	n.n.	n.n.	82	n.n.	4

LM= Labile Minerale > 18 A, Sm = Smectit, WL=Wechsellagerungsm., Chlp=primärer Chlorit, Chls=sekundärer (Al-) Chlorit, Ver= Vermiculit, Ill= Illit, Kao icd=Kaolinit mit DMSO-Einlagerungsfehlordnung, Kao bad= Kaolinit mit b-Achsen-Fehlordnung;

* scheinbare Massenzunahme durch zunehmende Intensität des 14 A-Peaks bei zunehmender Chlorit-Verwitterung = Chlorit-Vermiculit WL-Minerale

Horizont	Gesamtgehalte an Elementoxiden in Mas-% (Mn + Ca + Na + P < 1 %)								
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3g}	FeO	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Coj1	1,70	56,12	0,99	23,33	6,88	0,28	0,63	4,74	5,81
Crj	2,25	53,51	1,12	23,62	6,88	6,19	2,34	4,16	5,50
Cv	2,58	56,37	0,93	20,92	8,24	7,42	2,60	4,29	5,19

Horizont	Relative isovolumetrische Elementverluste, Elementoxidgehalte Cv = 100 %							
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3g}	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Coj1	-34	-34	-30	-27	-45	-84	-27	-26
Crj	-13	-17	5	-2	-27	-22	-5	-8

Horizont	Relative Zusammensetzung der Massenverluste, Gesamtmassenverlust = 100 %							
	LD	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3g}	MgO	K ₂ O	H ₂ O +
Coj1	57	1	16	11	6	3	4	
Crj	76	0	3	18	4	2	3	

Exkursionspunkt G11/4 Burgkopf I

Bearbeiter: Felix-Henningsen, Eberhardt **TK25:** 5613 Schaumburg **Datum:** 18.09.2003
Lage: R: 3425088 H: 5575723 458 m NN **Kreis:** Rhein-Lahn-Kreis
Nutzung: Wald **Vegetation:** Buchenbestand, ca. 20 - 30 Jahre alt, mit Gras- und Moosunterwuchs
Humusform: Mull **Relief:** Kuppe eines Basalt-Vulkankegels

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah pflLH-tu(lo)	6	dunkelgelbgrau (5Y3/2), schwach bis mittel humos, feinkrümelig; sehr stark durchwurzelt (Feinwurzeln) <i>Fließtonschluff (U14, X1) der Hauptlage aus Löss</i>
2	A1 pflLH-tu(lo)	30	bräunlichgelb (10YR4/3), sehr schwach bis schwach humos, Humusnester; insgesamt schwach, nur nesterweise stark durchwurzelt; Subpolyeder- bis plattiges Gefüge <i>Fließtonschluff (U14) der Hauptlage aus Löss</i>
3	Bt+Al pflLH-ut(lo)	60	aufgehellte, bräunlichgelbe und dunklere, gelbbraune Bereiche (10 YR 4/4); schwach bis mittel durchwurzelt; Subpolyeder- bis Polyedergefüge, Nadelstichporen; Steine horizontal eingeregelt; schwache Toncutane; fingerig verzahnt mit dem folgenden Horizont <i>Fließschluffton (Tu4, JX1) der Hauptlage aus Löss</i>
4	II S-Bt pflLM-(n2)ut(lo,+B)	100	gelbbraune und dunkelbraune (7.5YR5/4) Bereiche; schwach bis mittel durchwurzelt; Prismengefüge; dunkelbraune Tonbeläge mit Mn-Oxidflecken auf Aggregatoberflächen; Bioporen mit Ton ausgekleidet; diffuse Rostflecken <i>schwach Schutt führender Fließschluffton (Tu3, JX2) der Mittellage aus Löss und Basalt</i>
5	III S-Bt pflLB-utn(+VTb, lo)	150	gelblichbraun (10YR5/4); polyedrisches bis grobprismatisches Gefüge; schwach bis mittel durchwurzelt, stellenweise stark verdichtet, hier Wurzeln an Gefügeoberflächen orientiert; diffuse Rostfleckung; Untergrenze scharf, wellig mit Feinsteinanreicherung <i>Fließschlufftonschutt (Tu3, Gr3, JX3, mX4; Bodenart stark wechselnd) der Basislage aus Basaltuff und Löß</i>
6	IV Bv-C cc-utn(+VTb)	190	hellgrau, braungrau, graubraun, rotbraun, violett (Farbe horizontal-streifig im cm-Maßstab wechselnd); tonige, hellolivgraue Einschlüsse aus monomineralischem Smectit; grobprismatisches Gefüge; sehr schwach durchwurzelt, einzelne Wurzelstapeten auf Aggregatoberflächen; scharfe Grenze zum unterlagernden Horizont, markiert durch ca. 1 cm mächtiges Band mit schwach verfestigter Goethit-Akkumulation <i>Zersatzschlufftonschutt (L13, Gr4, JX4) aus Basaltuff</i>
7	V fBj1 uar-lt(csa)	210	rotbraun (2.5YR 4/6) und violettrot (10R4/4) mit weißen (10Y8/1) horizontal orientierten Flecken; sehr grobprismatisches Gefüge; gleitender Übergang <i>parautochthoner Rutschlehmton (Tu2) aus mesozoisch-tertiärem Saprolit aus Schiefer</i>
8	fBj2 cc-ut(csa)	300	scharf begrenzter rotbraune bis rote (10R4/4) Flecken in lebhaftem Wechsel mit hellgrauen (10Y8/1, 5BG8/1) Flecken; Kohärent- bis sehr grobprismatisches Gefüge; gleitender Übergang <i>Zersatzschluffton (Tu3) aus mesozoisch-tertiärem Saprolit aus Schiefer</i>

9	fBj3 cc-ut(csa)	400	violettrote bis rotbraune (10R3/4), hellgraue (10Y8/1) und gelbrote (5YR 6/6) Flecken; abnehmende Bleichflecken, Kohärent- bis sehr grobprismatisches Gefüge; gleitender Übergang <i>Zersatzschluffton (L13) aus mesozoisch-tertiärem Saprolit aus Schiefer</i>
10	fBj4 cc-tu(csa)	500+	violettrote bis rotbraune (10R6/3) Flecken sowie geringerer Anteil hellgrauer (5Y8/1) Flecken; Kohärent- bis sehr grobprismatisches Gefüge <i>Zersatzschluff (Lu) aus mesozoisch-tertiärem Saprolit aus Schiefer</i>

Bodenformensymbol: LLs: p-ut(lo)/p-(n)ut(lo,+B)/p-utn(+VTb, lo)
Bodenformenbezeichnung (rezyenter Boden): Pseudovergleyte Parabraunerde aus Fließ-Schluffton der Hauptlage aus Löss über schwach Schutt führendem Fließ-Schluffton der Mittellage aus Löss und Basalt über tiefem Fließ-Schlufftonschutt der Basislage aus Basaltuff und Löss

WRB: Luvisol
sonst. Profilkennz.: Der Übergang vom Plinthosol in den Saprolit liegt tiefer als 500 cm unter GOF und ist nicht aufgeschlossen. Die Mächtigkeit des fossilen Plinthosols beträgt daher mehr als 3 m.

Anmerkungen: Fossiler, prä-oligozäner Plinthosol, der von einem oligozänen Basaltgang durchschlagen und von Vulkaniten (Basaltuff, Basaltblöcke) sowie darüber folgenden periglaziären Deckschichten überlagert wird. Aufgrund der Gehalte an Nebenelementen wird auf einen Saprolit aus unterdevonischen Ton-Schluff-Schiefer geschlossen.

Horizont	Tiefe cm	Skelett Mas-%	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B g-cm ⁻³
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
			4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	6		0,53	4,30	4,37	38,71	24,62	8,79	18,68	
A1	30		0,39	4,04	4,44	42,05	21,66	9,14	18,28	
Bt+Al	60		0,22	2,81	3,46	38,11	20,87	7,77	26,76	
II S-Bt	100		0,19	4,19	4,67	32,80	18,31	7,86	31,99	
III S-Bt	150	n.b.	2,15	3,81	10,09	23,77	18,61	10,06	31,49	n.b.
IV Bv-C	190		2,44	2,73	11,47	17,48	18,51	9,80	37,57	
V fBj1	210		0,00	0,22	2,19	6,62	14,91	22,81	53,26	
fBj2	300		0,10	0,36	11,47	20,94	15,37	15,17	36,59	
fBj3	400		0,15	0,72	22,06	24,69	9,11	7,88	35,40	
fBj4	500+		0,05	0,29	13,75	25,57	13,65	13,75	32,95	

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>I</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		3,83	3,53	0,034	0,198	0,550	0,520	10,91	10,66
Al		3,68	3,49	0,049	0,151	0,220	0,170	8,67	6,37
Bt+Al	n.b.	4,25	3,83	0,102	0,207	2,230	2,440	7,55	39,75
II S-Bt		4,76	4,35	0,242	0,233	3,870	5,990	2,03	83,61
III S-Bt		5,91	5,85	2,010	0,170	5,010	19,600	3,31	89,01
IV Bv-C	0,00	6,83	6,54	3,430	0,103	4,580	12,700	2,51	89,25
V fBj1	0,00	7,65	7,17	0,332	0,081	1,710	4,516	0,00	100,00
fBj2	0,00	7,18	6,88	0,156	0,115	1,501	4,042	0,00	100,00
fBj3		5,91	5,51						
fBj4	n.b.	5,69	5,10				n.b.		

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>I</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ah	12,21	7,40	0,61	1,94	0,11	17,98		
Al	9,26	6,74	0,73	0,93	0,07	16,39		
Bt+Al	12,53	5,38	0,43					
II S-Bt	12,36	11,79	0,95					
III S-Bt	30,10	32,24	1,07	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
IV Bv-C	23,32	21,88	0,94					
V fBj1	6,64							
fBj2	5,81	n.b.						

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>I</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ah	2,80	9,10	0,31	1,13	0,14	0,18	4,18	7,62	1,04
Al	2,66	7,85	0,34	0,91	0,36	0,14	3,96	7,50	1,00
Bt+Al	2,58	10,33	0,25	0,91	0,39	n.n.	4,42	8,85	0,95
II S-Bt	2,69	11,18	0,24	0,83	0,69	0,14	6,58	10,09	1,23
III S-Bt	1,50	30,54	0,05	1,29	0,64	0,23	9,01	12,41	1,37
IV Bv-C	1,11	61,62	0,02	2,50	1,69	0,38	13,32	16,71	1,51
V fBj1	0,12	39,45	0,00	0,53	0,09		10,33	9,84	1,99
fBj2	0,09	12,73	0,01	0,20	0,02		2,96	4,88	1,15
fBj3	0,08	15,29	0,01	0,25	0,02	n.n.	3,06	5,82	1,00
fBj4	0,06	8,02	0,01	0,14	0,01		3,62	5,59	1,23

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Tonminerale < 2 µm (Mas-%)									
	LM	Sm	WL	Chlp	Chls	Ver	WL	Ill	Kao icd	Kao bad
<i>I</i>	<i>47</i>	<i>48</i>	<i>49</i>	<i>50</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>53</i>	<i>54</i>	<i>55</i>	<i>60</i>
Ah	4		9		33	3	6	37	3	5
Al	2		n.n.		32	16	5	36	3	6
Bt+Al		n.b.			32	3	13	39	2	3
II S-Bt	n.b.		8		27	4	12	42	2	5
III S-Bt			8				12	39	5	8
IV Bv-C	14	9	12	n.b.			12	0	73	20
V fBj1	7							57	21	22
fBj2		n.b.	n.b.		n.b.		n.b.	61	16	23
fBj3	n.b.							57	24	19
fBj4								56	19	24

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

LM= Labile Minerale > 18 A, Sm = Smectit, WL=Wechselagerungsm., Chlp=primärer Chlorit, Chls=sekundärer (Al-) Chlorit, Ver= Vermiculit, Ill= Illit, Kao icd=Kaolinit mit DMSO-Einlagerungsfehlordnung, Kao bad= Kaolinit mit b-Achsen-Fehlordnung.

Exkursionspunkt G11/6 Wasenbach

Bearbeiter: Felix-Henningsen, Eberhardt TK25: 5613 Schaumburg Datum: 17.03.2004
 Lage: R: 3427002 H: 5577275 281 m NN Kreis: Rhein-Lahn-Kreis
 Nutzung: Sandgrube Vegetation: ehem. Fichtenforst, jetzt Ödland
 Humusform: Mull Relief: gestreckter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah pflLH-tu(lo)	17	graubraun (10YR 3/4), mittel humos, mittel durchwurzelt, geringe Packungsdichte, Krümelgefüge, scharfe horizontale Untergrenze <i>Tonschluff (Ut4) der Hauptlage aus Löss</i>
2	Sw-A1 pflLH-lu(lo)	35/60	blass gelblichbraun (10YR 4/4), sehr schwach humos, schwach durchwurzelt, geringe bis mittlere Packungsdichte, Subpolyederggefüge, gleitender Übergang <i>Lehmschluff (U13) der Hauptlage aus Löss</i>
3	II S-Bt pflLM-(k2)tu(lo)	100	dunkelgelbbraun (10YR 5/6), im basalen Bereich eingeschleppte Fahnen der folgenden Schicht, hellrötlichbraun (2,5 YR 6/8) bis bräunlichgelb (10 YR 6/4), grobprismatisch, relativ scharfe wellige Untergrenze <i>schwach Kies und Stein führender Schluffton (Tu3, fX2, G2) der Mittellage aus Löss</i>
4	III C (fGroj) + Bt pflLM-(k)tu(lo)	140	intensiver Farbwechsel aus rötlichbraun (5 YR 6/6), hellbraunrot (2,5 YR 6/8) und braun (10 YR 5/6), grobprismatisch bis kohärent <i>Kies führender Tonschluff (Lu, G2-3, nst) der Mittellage aus Löss</i>
5	IV C (fGroj) pflLB-tu(stu)	180	violett bis ziegelrot (10 R 4/8) und gelb (2,5 Y 8/6) gestreift, rote Streifen etwas tonreicher als die gelben; plattiges Gefüge, scharfe Untergrenze <i>Tonschluff (Lu) der Basislage aus präquartärem Verwitterungsmaterial</i>
6	V fGroj1 s-tu	230	violett bis ziegelrot (10 R 4/4 bis 10 R 4/8) in lebhaftem Wechsel mit gelben Flecken (2,5 Y 8/6), in oberen Dezimetern durch laterale Bewegung noch horizontal verzogen <i>präquartärer Verwitterungstonschluff (Lu)</i>
7	fGroj2 s-us+tu	350	Wechsel von großen gelben (2,5 Y 8/6) Flecken (Ut4) und ziegel- bis violettroten (10 R 4/8) Flecken (fSu3), scharfe Untergrenze <i>präquartärer Verwitterungsschluffsand (fSu3) und -tonschluff(Ut4)</i>
8	VI fGorj s-us	450	orangebraun (10YR 8/6-6/6) <i>präquartärer Verwitterungsschluffsand (mSu3)</i>
9	fGrj s-(k)us	1000+	grauweiß (N 8/0), mit cm- bis dm-starken Bänken aus angereicherten Eisenoxiden <i>präquartärer, Kieslinsen führender Schluffsand (mSu3, G, ls) (oberoligozäne Vallendar-Schotter)</i>

Bodenformensymbol: SS-LL: p-u(lo)/p-(k)u(lo)//p-u(s)
Bodenformenbezeichnung (rezentler Boden): Pseudogley-Parabraunerde aus Fließschluff aus Löss über kiesführendem Fließschluff aus Löss über sehr tiefem Fließschluff aus präquartärem Lockermaterial

WRB: Stagnic Luvisol
sonst. Profilkennz.: Paläoboden: Miozäner Plinthosol aus Auenlehm über Vallendar-Schottern des Oberoligozän (ca. 20 Mio. aBP)
Anmerkungen: Getrennte Beprobung roter und gelber Zonen in Horizont 6 und 7

Horizont	Tiefe cm	Skelett Mas-%	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B g·cm ⁻³
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ah	17		0,67	7,17	8,45	34,93	22,83	8,31	17,62	
Sw-A1	35/60		0,78	7,51	7,42	36,99	22,27	8,60	16,43	
IIS-Bt	100		2,69	4,54	6,77	30,43	18,20	6,89	30,48	
IIIC(fGroj)+Bt	140		2,06	4,68	11,38	23,89	16,09	12,23	29,67	
IVC(fGroj)	180		0,13	0,54	9,49	27,40	20,27	15,10	27,06	
VfGroj1(gelb)	230	n.b.	0,83	5,51	19,97	28,58	14,90	10,42	19,79	n.b.
VfGroj1(rot)	n.b.		0,60	5,31	20,89	26,98	14,93	10,94	20,35	
fGroj2(gelb)	350		0,71	12,07	36,46	22,18	8,43	6,48	13,67	
fGroj2(rot)	n.b.		2,23	25,85	45,13	10,87	4,91	4,11	6,91	
VIfGorj	450		0,11	16,53	53,11	13,35	4,58	3,97	8,35	
fGrj	1000+		32,35	33,47	21,40	5,16	1,42	2,23	3,96	

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KK _{eff} / KAK _p	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	15,77	4,98	0,32	0,026	0,303	0,153	0,723	14,56	7,64
Sw-A1	11,99	3,82	0,32	0,032	0,222	0,162	0,618	10,96	8,62
IIS-Bt	12,45	12,04	0,97	0,072	0,311	2,400	4,880	4,79	61,55
IIIC(fGroj)+Bt	4,75	4,59	0,97	0,059	0,081	0,830	3,050	0,73	84,63
IVC(fGroj)	4,49	n.b.	n.b.	0,037	0,116	0,650	3,690	0,00	100,00

Horizont	Carbonat	pH	pH	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	21	22	23	24	25	26	27	28
Ah		3,76	3,59	1,54	0,13	11,88		
Sw-A1		3,93	3,78	0,58	0,07	8,06		
IIS-Bt		4,21	3,84	0,17	0,038	4,47		
IIIC(fGroj)+Bt		5,42	5,30					
IVC(fGroj)		7,85	7,23					
VfGroj1(gelb)	n.b.	7,90	7,30					n.b.
VfGroj1(rot)		8,09	7,47					
fGroj2(gelb)		7,68	7,18		n.b.			
fGroj2(rot)		7,15	6,78					
VIfGorj		5,46	4,72					
fGrj		5,56	5,45					

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>I</i>	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	3,17	6,99	0,45	1,29	0,94	n.n.	10,92	6,76	3,06
Sw-Al	3,33	7,41	0,45	1,06	0,95	0,20	12,25	7,71	3,01
IIS-Bt	1,27	13,35	0,10	1,36	0,18	0,16	12,81	9,21	2,63
IIIC(fGroj)+Bt	0,09	22,22	0,00	1,21	0,07		8,66	5,62	2,92
IVC(fGroj)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		7,97	6,14	2,46
VfGroj1(gelb)	0,05	31,81	0,00	1,06	0,03		6,92	5,16	2,54
VfGroj1(rot)	0,36	32,11	0,01	1,13	0,03	n.b.	7,50	5,67	2,51
fGroj2(gelb)	0,04	3,56	0,01	0,23	0,01		5,73	4,24	2,56
fGroj2(rot)	0,06	11,33	0,01	0,46	0,02		4,51	3,64	2,34
VIfGorj	0,04	5,21	0,01	0,44	0,02		5,73	4,24	2,56
fGrj	0,03	0,08	0,33	n.n.	0,01		4,75	3,64	2,47

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Tonminerale < 2 µm (Mas-%)									
	LM	Sm	WL	Chlp	Chls	Ver	WL	Ill	Kao icd	Kao bad
<i>I</i>	47	48	49	50	51	52	53	54	55	60
Ah	3	0	0	0	0	0	16	72	6	3
Sw-Al	4	0	2	0	21	0	12	49	8	4
IIS-Bt	0	8	6	0	0	0	6	41	23	15
IIIC(fGroj)+Bt	0	0	0	0	0	0	0	56	30	14
IVC(fGroj)	0	0	0	0	0	0	0	56	30	14
VfGroj1(gelb)	0	0	0	0	0	0	0	55	34	11
VfGroj1(rot)	0	0	0	0	0	0	0	57	33	10
fGroj2(gelb)	0	0	0	0	0	0	0	53	35	12
fGroj2(rot)	0	0	0	0	0	0	0	56	35	9
VIfGorj	0	0	0	0	0	0	0	55	33	13
fGrj	0	0	0	0	0	0	0	49	32	20

LM= Labile Minerale > 18 Å, Sm = Smectit, WL=Wechselagerungsm., Chlp=primärer Chlorit, Chls=sekundärer (Al-) Chlorit, Ver= Vermiculit, Ill= Illit, Kao icd=Kaolinit mit DMSO-Einlagerungsfehlordnung, Kao bad= Kaolinit mit b-Achsen-Fehlordnung.

H 1: Alternative Oberflächenabdichtung von Deponien

S. Gäth und B. Pfeiffer

Mit dem 31. Mai 2005 endet eine 12jährige Übergangsfrist zum Verbot der Deponierung unbehandelter organischer Restabfälle. Ab diesem Termin sollen aufgrund der Technischen Anleitung Siedlungsabfälle (kurz TASI, 1993) nur noch so genannte inerte, Kohlenstoff arme Abfälle auf die Deponie gelangen, so dass Probleme der Deponiegasentstehung und der Sickerwasserbildung nicht mehr zu befürchten sind.

Mit der Umsetzung der TASI ist zu erwarten, dass eine Vielzahl der noch im Betrieb befindlichen Deponien keine ausreichenden Abfallmengen mehr akquirieren können, so dass es zu (vorzeitigen) Deponieschließungen kommen wird.

Zur Sicherung und zur Abwendung der mit einer Hausmülldeponie verbundenen Gefahren muss die Oberfläche der Deponie nach deren Schließung mit einer Oberflächenabdichtung versehen werden. Dazu wird für die Deponieklassen 2 und 3 gemäß TASI (1993) und Deponieverordnung (DepV, 2002) folgender Regelaufbau gefordert.

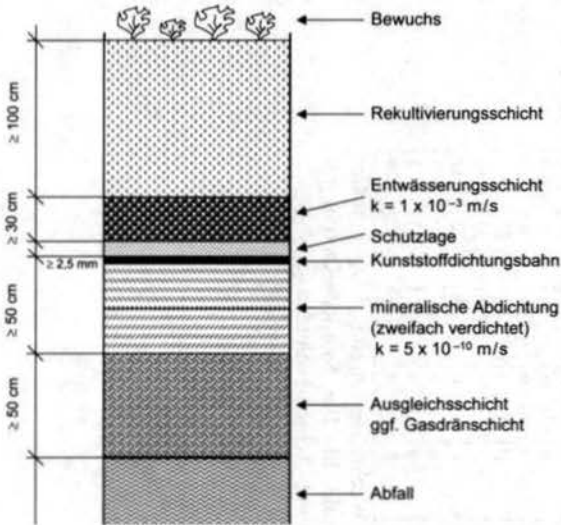


Abb.1: Regelaufbau der Oberflächenabdichtung von Hausmülldeponien (TASI, 1993; DepV, 2002)

Gemäß der Deponieverordnung sind Alternativen zum Regelaufbau aus gleichwertigen Systemkomponenten oder durch eine gleichwertige Kombination von Systemkomponenten zugelassen.

Ziel der Halbtagesexkursion der Jahrestagung 2005 ist die Hausmülldeponie Reiskirchen, die an der Autobahn A5 am Reiskirchener Dreieck liegt (Abb. 2). Sie war anfangs eine typische Abfalldeponie der Gemeinde Reiskirchen, später eine von zwei Kreisabfalldeponien des Landkreises Gießen. Seit dem Jahr 2001 ist die Deponie geschlossen.

Die Gesamtdeponiefläche beträgt ca. 12,5 ha, davon sind ca. 10,2 ha Auffüllungsfläche. Das Füllvolumen erreicht ca. 2,2 Mio. m³. Die maximal genehmigte Auffüllungshöhe liegt bei 140-150 m (306 m ü.NN).

Die Oberflächenabdichtung auf der Deponie Reiskirchen soll nach Abschluss der Setzungen aus einer mineralischen Kombinationsdichtung - bestehend aus einer mineralischen Dichtung und einer Kapillarsperre - aufgebaut sein. Zum Nachweis der so genannten Gleichwertigkeit wurden im Jahr 2004 auf der Deponie Reiskirchen zwei Testfelder mit zwei alternativen Dichtungselementen errichtet (Abb. 3). Jedes Testfeld ist 8 m breit und 40 m lang. Beide Testfelder weisen im oberen Abschnitt auf der Länge von 20 m eine Neigung von 1:10, im unteren 20 m-Abschnitt eine Neigung von 1:2,5 auf.

Testfeld A	Testfeld B
Kapillarsperre aus - Kapillarblock, 20 cm mächtig, aus Bauschuttrecycling-Material - Kapillarschicht, 40 cm mächtig aus Natursand	Wasserglasbasierte mineralische Dichtung 50 cm mächtig, Bickhardt-DOM®
2 m mächtig, Bickhardt-Terra®	2 m mächtig, Bickhardt-Terra®

Der Wasserhaushalt der Rekultivierungsschicht wird über eine Klimastation und installierte TDR- und Tensiometersonden erfasst. Der Nachweis der Tauglichkeit der einzelnen Testfelder bzw. deren Dichtungselemente wird über Kippzähler gemessen.

Neben den hydrologischen Mengenerfassungen werden die Qualitäten der austretenden Sickerwässer kontinuierlich erfasst.

Auf der Exkursion sollen die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert werden. Daneben soll die Exkursion die Gelegenheit bieten, aktuelle Fragen der Gleichwertigkeitsprüfung und der Anforderungen zum Einsatz alternativer Deponiedichtungskonzepte mit Vertretern der genehmigungsrechtlichen Behörde sowie Planungsbüros auszutauschen.



Abb 3: Bau der Probefelder

**Anschrift:**

Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen
www.uni-giessen.de/ilr/gaeth

H 2: Bodenentwicklung und Bodenvergesellschaftung auf Buntsandstein im Burgwald

C. Opp

Ziel dieser Exkursion ist es, einen Überblick über die Standortbedingungen des größten zusammenhängenden Waldgebietes Hessens zu geben; vor allem aber die kleinräumige Differenzierung und laterale Vernetzung der Bodenbildung im Forstrevier Christenberg in Abhängigkeit von + den Eigenschaften des Untergrundes (unterschiedliche Folgen des Mittleren Buntsandsteins) + der Schichtung periglaziärer Lagen, + der kolluvialen Überprägung, + der historischen Nutzung sowie + sonstiger Bodenbildungsfaktoren zu diskutieren. Weitere Informationen und Befunde zu den Exkursionsstandorten werden während der Exkursion ausgehändigt bzw. gezeigt. *Da die meisten Standorte im Burgwald zu Fuß im z. T. über 30° geneigten, unbefestigten Relief aufgesucht werden, ist Trittsicherheit der Teilnehmer unbedingt erforderlich.*

förmig ein, bevor sie diese am Burgwaldrand in schmalen Talgründen verlassen (HMI 1996).

Im eigentlichen Exkursionsgebiet (das zum Forstamt Burgwald gehörende Forstrevier Christenberg ist nach Jungmann & Pletsch (1993) Teil des Naturraums „Nördlicher Burgwald“) bei Münchhausen erhebt sich die Burgwaldhochfläche stufenartig ca. 180 m über dem Wetschaftstal. Das Burgwald-Plateau erreicht hier im Gerhardsberg (399 m) und Christenberg (388 m) die größten Höhen. Der geologische Bau wird vor allem durch Sandsteine der Detfurth- (im Liegenden) und Hardeggen-Folge (im Hangenden) bestimmt. Ton- und Schluffsteine des Röt (Oberer Buntsandstein) haben sich nur vereinzelt, an Störungen gebunden erhalten. Das Relief hat größtenteils Hochflächencharakter. Neben tief eingeschnittenen Tälern zum Wetschaftstal hin stellen viele periglaziäre Trockentälchen, vor allem im Bereich der stark wasserdurchlässigen Detfurth-Sandsteine ein markantes Reliefelement dar.

Für die Bodenbildung im Exkursionsgebiet stehen autochthone Substrate (im Wesentlichen unterschied-



Karte der Exkursionsroute mit Standorten

Kurzcharakteristik des Exkursionsgebietes

Der Burgwald stellt einen Buntsandstein-Horst dar. Er ist Teil der „Frankenberger Triasbucht“, liegt nördlich von Marburg und südlich von Frankenberg/Eder, wird im Westen vom Wetschaftstal und im Osten vom Wohra- und Ohmtal begrenzt. Er gehört zur naturräumlichen Haupteinheit „Westhessisches Bergland“ (Pletsch 1989). Die Burgwaldhochfläche ist flach-wellig und erreicht über 400 m NN. Im Zentrum eines weiten Talkessels auf der Hochfläche befindet sich das Übergangsmoor der sog. „Franzosenwiesen“. Sonstige Moorbodenbildungen ziehen sich streifenartig als Durchströmungsmoor einige Talsohlen entlang. Diese Täler haben meist einen muldenförmigen Ursprung, sie schneiden sich, i.d.R. an Störungen gebunden, tief in die Hochfläche z. T. kasten-

lich verwitterte Sandsteine der Detfurth- und Hardeggenfolge) sowie vor allem allochthone Substrate (im Wesentlichen periglaziäre Lagen, mit unterschiedlichen Schutt-, Laacher Bims- und Lössanteilen, sowie deren kolluviale Überprägung) zur Verfügung. Die Lage des Burgwaldes im Lee des Schiefergebirges führt zu mehr „kontinentaleren“ Klimamerkmale als in der westlichen und nördlichen Umgebung. Folgende Kennwerte kennzeichnen das Klima im Exkursionsgebiet: 650-700 mm Jahresniederschlag, davon 15% als Schnee, der 20 Tage liegen bleibt, 7-7,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur. Die Vegetationsperiode (> +10°C Tagesmittel) beginnt hier zwischen 30. April und 5. Mai, sie endet zwischen 25. und 30. September. Im benachbarten Wetschaftstal dauert sie ca. 10 Tage länger (HGON 1996). Eine klimatische Sonderstellung nehmen die vermoorten Täler und insbesondere die sog. „Franzosenwiesen“ ein. Sie fungieren als Kaltluftsenken mit geringeren Nieder-

schlägen und hoher Luftfeuchte. Daraus resultieren dort auch die Besonderheiten der Vegetation. Die potenziell natürliche Vegetation ist in den Burgwald-Tälern ein Hainsimsen-Stieleichen-Hainbuchen-Auwald sowie Kleinseggen-Moorbirken-Erlensumpfwald, während auf den viel weiter verbreiteten trockeneren Standorten ein typischer Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) stocken würde. Auf Grund prähistorischer und insbesondere historischer Nutzungseinflüsse, z. B. hochmittelalterliche Rodungen und Besiedlung, spätmittelalterliches Wüstfallen, großflächige Hutungen in der Neuzeit sowie Aufforstungen mit Kiefern und Fichten, nachdem Kurhessen dem preußischen Staat einverleibt wurde, unterscheidet sich die gegenwärtige Vegetation im Burgwald grundlegend (Weimann 1983).

Exkursionspunkte

1. Profilwand im Christenberger Tal

Die > 25 m breite Profilwand gestattet einen Einblick in den Bau und die Sedimentationsbedingungen des Detfurth-Sandsteins im Liegenden und die pleistozän-holozäne Überformung im Hangenden. Die periglaziären Verwürgungen des Schichtpackets zeichnen für den sehr heterogenen Verlauf der meisten Podsol-Bodenhorizonte verantwortlich. Die nährstoffarmen Standortbedingungen sind offensichtlich.

2. Profilreihe am Steilhang

Bedingt durch die Lage der 3 Profile am Oberhang, Mittelhang und Unterhang einer Steilstufe eines > 30° geneigten, gestuften Hanges weisen Schichtung und Horizontierung von Profil zu Profil vor allem durch laterale Schicht- und Bodenbildung erhebliche Unterschiede auf.

3. Profil 6 (Profil Fuchsbau)

Sowohl das Schichtprofil: eine Fließschluffsand-Hauptlage mit umgelagerter Laacher See Tephra über schuttführendem Verwitterungssand (Detfurth-Sandstein) als auch das Horizontprofil einer Lockerbraunerde-Braunerde stellen weit verbreitete Phänomene im Burgwald dar.

4. Profil 7

Mindestens 3 Bodenbildungen (Podsolige Braunerde über Fahlerde-Pseudogley) und 3 Schichten sind im vorliegenden Unterhang-Profil im Umfeld der ehemaligen Siedlung Thalhausen, in der Nähe des Spiegelteiches diagnostizierbar.

5. Christenberg

Der Blick vom Christenberg erschließt den Hoch- und Rumpflächenscharakter des Burgwaldes, das östliche Schiefergebirge und die lössbedeckten Hänge des Wetschaftstals. Auf dem Christenberg selbst begegnet man zahlreichen Denkmälern aus vor- und frühgeschichtlicher Zeit, z. B. keltischen Wallanlagen (5.-4. Jh. v. Chr.), Resten der Kesterburg (7. bis 8. Jh.), dem ehemaligen Küsterhaus (11. Jh.) und der

Martinskirche (10.-11. Jh.) (Eisel 1965). Die Exkursion endet im Waldgasthaus „Christenberg“.

Bodenprofilbeschreibungen und Daten-Tabellen für die Profilreihe am Steilhang sowie Profil 7 werden den Exkursionsteilnehmern zur Exkursion ausgehändigt.

Literatur:

- Eisel, G. (1965): Siedlungsgeographische Geländeforschung im südlichen Burgwald. Marburger Geographische Schriften 24.
- HGON (1996): Hess. Ges. f. Ornithologie und Naturschutz (Hrsg.): Naturschutz- und Entwicklungskonzeption Burgwald. Wohrratal/Wetter.
- HMI (1996): Hess. Min. des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz (Hrsg.): Pilotprojekt Burgwald. = Mitt. der Hess. Landesforstverwaltung 30.
- Jungmann, W. & Pletsch (1993): Geographisch-landeskundliche Erläuterungen zur Topographischen Karte 1: 50.000, Blatt 5318 Amöneburg. Marburg.
- Pletsch, A. (1989): Hessen. Wissenschaftliche Länderkunden 8/III, Darmstadt.
- Weimann, H.-J. (1983): Zur Bestandes- und Ertragsgeschichte des Burgwaldes. In: Allgemeine Forst Zeitschrift 35: 886-887.

Anschrift

Prof. Dr. Christian Opp,
Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg,
Deutschhausstraße 10, D-35037 Marburg.

Profilwand (Profildaten: Abschnitt 13-14) Christenberger Tal

Bearbeiter: Jost, I. & Opp, Ch.
 Lage: R 3483 H 5646
 Nutzung: Forst
 Humusform: Rohhumus

TK 25: Wetter
 Kreis: Marburg-Biedenkopf
 Vegetation: Pinus sylvestris, Picea abies
 Relief: 300 m NN, N3, W3, Unterhang

Datum: 15.07.2003

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah uk-(n)s	10	Schwach schluffiger Sand, dunkelgraubraun, 10YR3/2, extrem humos, einzelkörnig, sehr stark durchwurzelt, diffuser Übergang <i>schuttführender Kolluvialsand</i>
2	Ahe-M uk-(n)s	45-95	Reinsand, hellbraun, 10YR7/3, sehr schwach steinig und schwach grusig, mittel humos, einzelkörnig, stark durchwurzelt, keilförmig deutlicher Übergang <i>schuttführender Kolluvialsand</i>
3	II Bh pfl LB-(n)s(^sa)	52-102	Reinsand, dunkelbraun, 7,5YR3/2, mittelhumbos, Kittgefüge, schwach durchwurzelt, zungenförmig diffuse Grenze <i>schuttführender Fließsand der Basislage aus Verwitterungssand</i>
4	III Bs pfl LB-(n)s(^sa)	102-120	Reinsand, bräunlich gelb, 10YR6/8, stark steinig, schwach humos, Kittgefüge, schwach durchwurzelt, ebener diffuser Übergang <i>Fließschuttsand der Basislage aus Verwitterungssand</i>
5	IV Cv c-(n)s(^sa)	>102 bis >120	Reinsand, hellbraun, 7,5YR6/3, mittel steinig, sehr schwach humos, einzelkörnig, schwach durchwurzelt <i>schuttführender Verwitterungssand (aus Sandstein)</i>

Bodenformensymbol:	YK-PP: uk-(n)s/pfl LB-(n)s/c-(n)s(^sa)
Bodenformenbezeichnung:	Kolluvisol-Podsol aus schuttführendem Sand über tiefem schuttführenden Verwitterungssand aus Sandstein

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe cm	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)									d _n g·cm ⁻³
		Skelett Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ah	-10	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	1,3	
Ahe-M	-45	1,5	5,5	46,1	40,2	1,1	2,1	1,4	3,6	1,6	
	95	-8,7	2,8	38,5	50,6	2,2	1,2	1,1	3,6	1,6	
II Bh	-52	11,5	3,6	40,3	46,0	2,5	2,3	0,9	4,4	1,7	
	-102										
Bs	-102-120	27,1	2,8	45,9	41,7	2,3	1,7	2,1	3,5	1,8	
III Cv	102->120	13,4	2,6	46,8	41,4	2,1	2,2	1,6	3,3	1,6	

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)				GPV Vol-%	nFK mm	K _i (pF 2) cm·s ⁻¹	k _r cm·d ⁻¹	
	> 50 µm	50-10 µm	10-0,2 µm	<0,2 µm					
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah					63,5	21,0		1,8*10 ⁻³	157
Ahe-M					41,0	12,5		4,0*10 ⁻³	349
II Bh		n.b.			41,0	12,0	n.b.	4,0*10 ⁻³	349
Bs					41,0	11,0		1,4*10 ⁻³	126
III Cv					30,5	11,0		2,6*10 ⁻³	229
					36,0	10,5		2,6*10 ⁻³	229

Horizont	Carbonat		pH		Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS %
	Mas-%		(H ₂ O)	(KCL)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Ah	0,0	3,3	2,4	0,3	1,2	2,2	2,5		12,6	
Ahe-M	0,0	3,8	3,3	1,2	0,2	1,2	1,3		57,0	
	0,0	4,1	3,9	1,7	0,4	0,5	1,7		75,3	
II Bh	0,0	4,1	3,9	0,8	0,7	0,7	1,3	n.b.	63,4	
Bs	0,0	4,0	3,6	1,3	0,3	0,1	0,8		22,9	
III Cv	0,0	4,2	4,0	1,0	0,6	0,1	0,1		34,5	

Horizont	KAK _p cmol _c ·kg ⁻¹	KAK _{eff} cmol _c ·kg ⁻¹	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org} Mas-%	N _{org} Mas-%	C _{org} /N _{org}	P _(CAL) mg·100 g ⁻¹	K _(CAL) mg·100 g ⁻¹
	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	67,6	8,5	0,1	36,9	1,2	32		
Ahe-M	7,9	4,5	0,6	3,3	0,15	23		
	7,7	5,8	0,8	2,0	0,08	26		
II Bh	7,1	4,5	0,6	1,8	0,07	25	n.b.	n.b.
Bs	13,1	3,0	0,2	3,8	0,15	27		
III Cv	5,8	2,0	0,3	1,2	0,08	15		

Horizont	Fe _o mg·g ⁻¹	Fe _d mg·g ⁻¹	Fe _o /Fe _d	Al _d mg·g ⁻¹	Mn _d mg·g ⁻¹	Si _d mg·g ⁻¹	Si _l mg·g ⁻¹	Al _l mg·g ⁻¹	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ Mol
	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	1,1	1,8	0,6						
Ahe-M	0,2	0,6	0,3						
	0,4	0,5	0,8						
II Bh	2,5	2,9	0,9						
Bs	1,5	1,4	1,1				n.b.		
III Cv	0,2	0,3	0,7						

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

Profil Fuchsbau

Bearbeiter: Jost, I. & Opp, Ch.

Lage: R 3483 H 5647

Nutzung: Forst

Humusform: Moderart, Rohhumus

TK 25: 5018 Wetter

Kreis: Marburg-Biedenkopf

Vegetation: Pinus sylvestris, Picea abies

Relief: 320 m NN, N3, SW, Mittelhang

Datum: 20.08.2003

Hor.	Horizont-/Nr.	Ober-/Substrat-symbol	Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah	10		Schwach lehmiger Sand, dunkelbraun (7.SYR3/2), sehr stark humos, kohärent, schwach verfestigt, sehr stark durchwurzelt, ebener deutlicher Übergang
2	B(f)v	bis 65		Schwach schluffiger Sand, gelblich-braun, 10YR5/8, mittels humos, kohärent, schwach verfestigt, stark durchwurzelt, welliger deutlicher Übergang ----- <i>Fließschluffsand aus Vulkanaschen des Laacher See</i> <i>Hauptlage</i>
3	IICv	bis 90		Reinsand rosalarbig, 7.SYR7/4, schwach steinig, sehr schwach humos, einzelkörnig, mittel verfestigt, nicht durchwurzelt, welliger deutlicher Übergang ----- <i>schufführender Verwitterungssand (aus Sandstein)</i>
4	IICv	> 90		Reinsand, rötlich-gelb, 5YR7/6, sehr schwach steinig, sehr schwach humos, einzelkörnig, stark verfestigt, nicht durchwurzelt ----- <i>Verwitterungssand (aus Sandstein)</i>

Bodenformensymbol:	BB1-BB: pHLH-us (Asc)/c-(n)s^(sa)
Bodenformenbezeichnung:	Lockerbraunerde-Braunerde aus Fließschluffsand (Vulkanaschen der Laacher See-Tephra über tiefem schufführendem Verwitterungssand aus Sandstein)

Anmerkungen:

n.b. = nicht bestimmt, n.n. = nicht nachweisbar

Horizont	Tiefe cm	Skelett		Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)										d _h g cm ⁻³
		Mass-%	Mass-%	µS	mS	µS	IS	gU	mU	µU	T			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Ah	-10	n.B.	4,1	35,4	34,0	10,8	5,8	3,4	6,5	n.B.				
B(f)v	-65	1,5	4,1	37,8	35,9	11,1	4,8	2,4	3,9	1,3				
IICv	-90	2,7	1,9	45,6	45,7	2,8	1,0	1,0	2,0	1,6				
IICv	<90	1,7	1,8	36,5	51,2	3,8	1,3	2,4	3,0	n.B.				

Horizont	Porenverteilung (Vol-%)		GesPV Vol-%	nFK mm	K _t (pF 2) cm s ⁻¹	k _r cm d ⁻¹			
	> 50 µm	10-0,2 µm							
I	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ah	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.
B(f)v	13,2	21,4	9,1	7,2	50,9	30,5	n.B.	2,3*10 ⁻⁴	20,1
IICv	17,3	18,0	13,2	6,2	54,7	31,2	n.b.	2,6*10 ⁻⁴	22,2
IICv	27,0	6,3	2,1	4,2	39,6	8,4	n.B.	2,2*10 ⁻²	1969,7
IICv	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.

Horizont	Carbonat		pH (H ₂ O)	pH (KCL)	Austauschbare Kationen (cmol _c kg ⁻¹)							BS %
	Mas-%	Vol-%			Na	K	Mg	Ca	H+Al	%		
I	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
Ah	0,0	3,7	3,3	1,9	2,2	3,2	2,3	2,3	29,6			
B(f)v	0,0	3,9	4,2	3,3	1,7	1,5	3,2	3,2	69,9			
IICv	0,0	3,9	4,1	3,7	1,9	1,8	3,0	n.b.	56,8			
IICv	0,0	4,6	4,3	2,8	0,4	0,7	1,3	1,3	90,4			
IICv	0,0	4,5	4,0	3,2	0,4	0,3	1,2	1,2	83,9			

Horizont	KAK _p cmol _c kg ⁻¹	KAK _{st} cmol _c kg ⁻¹	KAK _{st} /KAK _p	C _{org} Mas-%		C _{org} /N _{org}		
				Org	N _{org}			
I	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	31,4	9,3	0,3	9,3	0,8	25		
B(f)v	18,6	13,0	0,7	1,9	0,15	14		
IICv	19,9	11,3	0,6	1,35	0,1	12		n.b.
IICv	8,3	7,5	0,9	0,7	0,05	18		
IICv	9,3	7,8	0,8	0,05	0,01	6		

Horizont	Fe _c mg g ⁻¹	Fe _d mg g ⁻¹	Fe _d /Fe _c	Fe _d /Fe _t						
					I	38	39	40	41	42
Ah	1,8	7,7	0,2							
B(f)v	2,1	8,2	0,3							
IICv	3,4	8,8	0,4							
IICv	0,0	0,6	0,0							n.b.
IICv	0,0	0,4	0,0							

H 3: Bodenlehr- und -erlebnispfad "Tatort Boden" in Wetzlar

T. Klein, D. Fritsch, B. Neugirg, Th. Vorderbrügge

Im Rahmen der Exkursion wird der Bodenlehr- und -erlebnispfad „Tatort Boden“ in Wetzlar vorgestellt. Im Vordergrund der Exkursion stehen vor allem Konzeption und Aufbau des Pfades und weniger die „klassischen“ bodenkundlichen Fragestellungen.

Der Standort ist durch die Möglichkeiten einer engen Kooperation von Umweltbildung [Naturschutz Zentrum Hessen (NZH)-Wetzlar], kommunalen Umweltschutz [Amt für Umwelt und Naturschutz der Stadt Wetzlar], Umwelterziehung [Inst. f. Biologiedidaktik, Uni. Gießen] und Bodenschutz [HLUG] ideal für solch einen Lehrpfad. Durch die direkte Nähe zum NZH und seine Lage im städtischen Forst sind Kontrolle [Schutz vor Vandalismus] und Pflege gut möglich. Von der Stadt und vom NZH können Führungen ohne große Anreise angeboten werden. Die Jugendherberge [JH] findet sich in unmittelbarer Nähe, so dass auch überregionale Gruppen angesprochen werden können. Der Pfad liegt zudem an einem schon bestehenden Wanderweg eines stark frequentierten Naherholungsgebietes.

Ziel der Kooperation war vor allem der Aufbau eines Lehrpfades, der allem die Bedeutung des Bodenschutzes für „jedermann“ vermittelt.

Gestaltung des Lehrpfades

Entlang des Pfades stehen sechs Informationstafeln, davon zwei mit allgemeinen bodenkundlichen Grundlagen und Informationen an günstig gelegen Standorten [Nähe zum NZH bzw. zur JH]. Vier Tafeln mit thematischen Schwerpunkten zum Bodenschutz befinden sich an vier Profilgruben.

Die Untergliederung der einzelnen Tafeln in jeweils einen allgemeinen Informationsteil, einen standortspezifischen bodenkundlichen Teil und den Bodenschutz-Hauptteil macht das Prinzip dieses Lehrpfades auch auf andere Regionen übertragbar.

Elemente mit hohem Wiedererkennungswert sind auf jeder der sechs Tafeln vertreten (z.B. „Maskottchen“). Die Texte der Tafeln sind möglichst kurz gehalten (max. 200 Wörter pro Tafel).

Alle Tafeln sind in drei Segmente gegliedert (Abb.1).

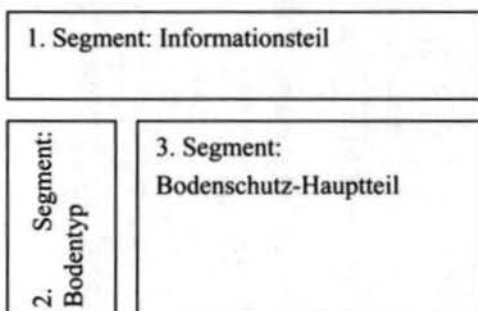


Abb.: 1: Prinzipielle Gliederung der Tafeln.

Inhalt der Tafeln

1. Segment - Informationsteil

gilt für alle 6 Standorte

Infoteil mit Standortkarte, Logos und dem Hinweis auf weitere allgemeine Hintergrundinformationen für unterschiedliche Adressaten (z.B. Broschüre und Internetauftritt)

2. Segment

am NZH und an der JH:

allgemeine bodenkundliche Grundlagen

an den vier Profilstandorten:

Standortspezifische Profilbeschreibung

3. Segment

am NZH und an der JH

allgemeine bodenkundliche Grundlagen

an den vier Profilstandorten:

austauschbarer Teil mit unterschiedlichen Themen zum Bodenschutz

Die klare Gliederung der Tafeln erlaubt dem Leser eine schnelle Orientierung. Weiterhin lassen sich so problemlos weitere Lehrpfade entwickeln, im Prinzip müssen nur das obere Segment und das jeweilige Profil angepasst werden.

Am Naturschutz-Zentrum sollen zusätzlich passend zum Thema Bodenarten Fühlkisten mit unterschiedlichen Bodenarten installiert werden. bei den bisherigen Führungen wurden die „Fühlkisten“ jeweils neu vorbereitet.

Die Themata der Segmente 2 und 3 der Tafeln am NZH und der JH lauten:

Boden – mehr als Dreck und Steine

Gefährdung von Böden durch den Menschen

Bodenbestandteile, Bodenarten

Porensystem

bzw.

Bodenlos leben?

Bodenfunktionen

Entwicklung von Böden

Aufbau und Horizontierung

Die weiteren vier Tafeln mit unterschiedlichen Bodenschutzthemen sind im Wald, direkt an den Aufgrabungen errichtet. Das Bodenprofil wird auf den Tafeln grafisch dargestellt und kurz erläutert (Segment 2).

Die Themen des Bodenschutzes (Segment 3) sind unabhängig vom Standort gewählt und somit leicht in andere Regionen in Hessen übertragbar. Es wird jeweils die Gefährdung des Bodens verdeutlicht und eine Schutzmaßnahme erläutert (s. Abb.3).

Die Themata der vier Tafeln an den Bodenprofilen sind:

Alles Gute kommt von oben?!

Bodentyp: Braunerde

Gefährdung: Schwermetalleintrag

Maßnahme: Vorsorgender Bodenschutz

Verlieren wir den Boden unter den Füßen?

Bodentyp: Kolluvisol

Gefährdung: Erosion

Maßnahme: Erosionsschutz

Dicht gemacht!

Bodentyp: Pseudogley

Gefährdung: Versiegelung und Verdichtung

Maßnahme: Ausgleich- und Ersatz

Saures vom Himmel

Bodentyp: Braunerde

Gefährdung: Bodenversauerung

Maßnahme: Vermeidung

Weitere Infos in Form einer Broschüre bzw. eines Internetauftritts <http://www.wetzlar.de> [weiter unter: Tourismus / Führungen & Angebote / Natur & Aktiv / Bodenerlebnispfad] sind zugänglich. Zukünftig sollen in Form einer Broschüre die bodenkundlichen Daten der ausgewählten Profilstandorte vertieft dargestellt werden, da das bodenkundliche Fachwissen am Lehrpfad selbst nur sehr nachgeordnet präsentiert wird.

Weiterhin ist an die Zusammenstellung didaktischen Materials gedacht [s. h. auch die Homepage der AG Arbeitskreis "Boden in Schule und Weiterbildung" der DBG].

Exkursionsgebiet

Naturraum

Das Exkursionsgebiet befindet sich im südlichen Stadtgebiet von Wetzlar, umgeben von den Siedlungen „Stoppelberger Hohl“, „Sturzkopf“ und dem Stadtteil „Büblingshausen“. Vom NZH kommend überquert man den „Helgebach“, welcher einen Teil des Geländes über den Wetzbach in die Lahn entwässert. Die höchste Erhebung im Exkursionsgebiet ist die „Brühlsbacher Warte“ mit 253,5 m. Die Höhendifferenz zwischen Helgebach und Brühlsbacher Warte beträgt ca. 40 - 45 m.

Das Gebiet befindet sich am Nordwestrand des Wetzlarer Hintertaunus, welche eine Untereinheit des Östlichen Hintertaunus darstellt. Gemäß der naturräumlichen Gliederung von KLAUSING (1988) handelt es sich um die Naturräumlichen Einheiten 302 [Östlicher Hintertaunus] und 302.0 [Wetzlarer Hintertaunus] In diesem Bereich fällt die sanft nach Osten abgedachte Hochfläche des Östlichen Hintertaunus steil zu dem sich nach Norden anschließenden Gießener Lahntal [Naturräumliche Einheit 348] ab.

Geologie

Das Gebiet der Brühlsbacher Warte ist weitgehend geprägt durch Grauwacken sowie Grauwacken und Tonschiefern des Devons. Im Bereich des Aussichtsturms sowie der JH findet sich Kieselschiefer. Er grenzt die jüngeren Grauwackenschiefer aus dem Karbon ab, die den Bereich südöstlich der Jugendherberge einnehmen.

Im gesamten Gebiet haben während der Eiszeiten solifluidale Umlagerungsprozesse stattgefunden, so dass die Gesteine mit mehr oder minder mächtigen periglazialen Deckschichten überlagert sind. In diese Lagen sind die Grauwacken, Tonschiefer und Kieselschiefer, tertiärer Tonschieferersatz sowie Lösslehm eingearbeitet. Diese Mischsubstrate stellen das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Im nordöstlichen Bereich des Gebietes findet man noch Reste einer mächtigen (> 2m) Lössablagerung. Somit finden sich auf der Geologischen Karte 1:25.000, Blatt 5417 Wetzlar für das Gebiet die folgenden geologischen Einheiten:

a	Auenlehm des Holozäns
dl	Löss und Lösslehm des Quartärs
cg1	Grauwackenschiefer des Karbon
cl	Kieselschiefer des Karbon
tu3o	Grauwacke, Grauwacken- und Tonschiefer des Devon

Klima

Das Klima im Raum Wetzlar wird durch den DWD-Offenbach als Warmgemäßigtes Regenklima beschrieben. Solch eine Region ist gekennzeichnet

durch eine Höhenlage zwischen 150 und 300 m, vergleichsweise niedrige Windgeschwindigkeiten, relativ hohe Lufttemperaturen und geringe Niederschlagshöhen, deren Hauptanteil in die Sommermonate fällt. Der Bereich gehört somit zum „kontinental getönten“ Gießener Lahntal.

Die nächste Klimastation des DWD liegt in Gießen. Laut DWD sind die Werte der Klimastation Gießen geeignet, die Verhältnisse für Wetzlar zu beschreiben.

Die mittleren täglichen Temperaturwerte in Gießen (Zeitraum 1951-1980) liegen bei 9,0 °C, das mittlere Minimum liegt bei 5,1 °C, das mittlere Maximum bei 13,1 °C. Die wärmsten Monate sind Juli und August, die kältesten Januar und Februar.

Die mittleren monatlichen Niederschlagshöhen liegen zwischen 38 und 56 mm im Februar und März sowie 60 bis 78 mm im Juli und August. Als Jahressumme ergeben sich im Mittel für den Raum Wetzlar etwa 600 bis 750 mm.

Der Beginn der Vegetationszeit (mittlere Tagestemperatur > 5 °C) liegt in der Zeit vom 15. März bis zum 20. März. Das Ende der Vegetationszeit liegt in der Zeit vom 10. November bis zum 15. November, d.h. die mittlere Dauer beträgt etwa 230 bis 240 Tage.

Vegetation

Die forstliche Standortkunde beurteilt vor allem den Geländewasserhaushalt und die Trophie eines Standortes, unter Berücksichtigung des Klimas. Den Grad der Trophie erkennt man an der Bodenvegetation, der Humusform und dem C/N-Verhältnis. Böden auf Grauwacken werden häufig als eutroph bis mesotroph eingestuft, während die gleichen Böden auf Tonschiefer häufig als mesotrophe Standorte beurteilt werden. Die forstliche Standortkartierung unterteilt das Gebiet in drei Einheiten. Der Geländewasserhaushalt im Bereich der flachgründigen Regosol-Braunerden bzw. Ranker-Braunerden wird als „mäßig trocken“, die Trophie als „mesotroph“ beurteilt. Die Bereiche mit den mittelgründigen Braunerden werden als mäßig frisch und mesotroph angesprochen. Die Standorte mit deutlichem Löss bzw. Lösslehmeinfluss werden als frisch und ebenfalls mesotroph angesprochen. Nach KNAPP (1967) gehört das Gebiet zur „Oberen Buchenmischwaldzone“, die vorherrschende Waldgesellschaft gemäß Forsteinrichtung wäre der Hainsimsen – Buchenwald.

Böden

Die Böden des Exkursionsgebietes sind vorwiegend in Fließerden entwickelt, die unter Periglazialklima während des Pleistozäns im Auftaubereich des gefrorenen Untergrundes gebildet wurden. Sie bestehen aus hangaufwärts anstehenden physikalisch aufbereiteten Gesteinen wobei meist mehrere unterschiedlich

ausgebildete Fließerden übereinander liegen. Zum Teil besteht das aufgenommene Material schon aus chemisch verwitterten Gesteinen einer tertiären Verwitterung, den Resten von Saproliten (Basislagen). In den obersten Fließerdenschichten ist zudem häufig eine äolische Komponente eingearbeitet. Diese wurde während der Kaltzeiten aus den damals freiliegenden Schotterfluren vornehmlich der Lahn und ihrer Nebenbäche ausgeweht und in den umgebenden Gebieten abgelagert. Ein Teil des Lösses ist auch auf Ferntransport zurückzuführen. In den stark reliefierten Gebieten finden sich an den Unterhängen, insbesondere in E-NE-Exposition, eine Lössschicht von mehreren Metern Mächtigkeit. In den Becken und gering reliefierten Hochflächen kommen diese Lösspakete großflächig vor.

Die im Exkursionsgebiet vorherrschenden Bodenformen sind Braunerden aus lösslehmhaltigen Solifluktionsschutt über paläozoischer Grauwacke und Schluffstein. Es handelt sich um mittelgründige, häufig skelettreiche Standorte. In Kuppenlagen sowie in den mittel bis stark südwestexponierten Hanglagen der „Warte“ finden sich flach bis mittelgründige Braunerde-Regosole und Ranker. Diese Standorte sind vor allem in den Sommermonaten durch stärkere Trockenheit gekennzeichnet. Sie werden hauptsächlich forstlich und als Grünland genutzt.

Die mittelgründige Braunerden, z.T. auch Parabraunerden aus lösslehmhaltigen Solifluktionsschutt finden sich im weniger stark geneigten Hanglagen, ebenfalls mit Grünland oder unter forstwirtschaftlicher Nutzung. Im nordöstlichen Bereich sind auf mächtigeren Lösspaketen Pararendzinen, erodierte Braunerden und Parabraunerden, Pseudogley-Parabraunerden und kalkhaltige Kolluvien zu finden. In historischer Zeit wurden diese mittel- bis tiefgründigen Standorte über einen langen Zeitraum ackerbaulich genutzt. Insbesondere in den stärker geneigten E-NE Hanglagen des Gebietes finden sich heute noch Erosions- und Akkumulationsstandorte bis hin zu Ackerbergen, die Zeugen einer intensiven anthropogenen Nutzung sind.

Innerhalb des Exkursionsgebietes sind auf engem Raum Ranker, Regosole, Braunerden bis zu Parabraunerden und Böden mit Hang- und Stauwassermerkmalen vertreten. Sie spiegeln somit einen großen Teil der Böden des Rheinischen Schiefergebirges wider.

Bei der *Bewertung der Böden*, vor allem im Hinblick auf ihre land- und forstwirtschaftliche Nutzungseignung, ihre Filterfunktion, ihr Rückhaltevermögen sowie im Hinblick auf eine Standorttypisierung für die Biotopentwicklung spielen der Wasserhaushalt sowie der Basenhaushalt eine herausragende Rolle. Im Exkursionsgebiet können vor allem die älteren periglazialen Schuttdecken, die erwähnten Basislagen, häufig wie ein Staukörper wirken, so dass die Profile durch Hang- und/oder Staunässe überprägt

sind. Dies gilt besonders, wenn die Basislagen einen hohen Anteil an tertiären Verwitterungsmaterial mit sich führen, dies gilt weniger für die Standorte, wo die Basislagen hohe Anteile an Grus und/oder Steinen mit sich führen.

Das Gebiet in der Planung

In der Untersuchung von Finke (1990) im Hinblick auf die Nutzung als Naturlehrgebiet für das NZH wurden die Flächen im Bereich der „Warte“ mit der Bewertungsstufe 7 nach Kaule (1986) eingestuft. Das Gebiet ist durch eine hohe Lebensraum- und Artenvielfalt gekennzeichnet (über 70 Vogelarten und mehr als 300 Pflanzenarten) und sollte für den stadtnahen Artenschutz gesichert werden.

Im Regionalen Raumordnungsplan der Planungsregion Mittelhessen aus dem Jahr 1987 wurde das Gebiet als Regionaler Grünzug ausgewiesen. Weiterhin ist es Bestandteil des Landschaftsschutzgebietes „Hochtaunus“. Eine Ausweisung als Bannwald wurde vorgeschlagen. Als Maßnahme der langfristigen Entwicklung des Bestandes zur natürlichen Waldgesellschaft wurde einzelstammweise Holzentnahme empfohlen.

Literatur

Finke, D., (1990): Vegetationskundliche - landschaftsökologische Beschreibung des Stadtrandgebietes „Brühlsbacher Warte“ in Wetzlar im Hinblick auf die Nutzung als Naturlehrgebiet. Diplomarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen; Inst. für Bodenkunde und Bodenerhaltung; Gutachter Prof. Dr. T. Harrach.

Fritzsche, D., Klein, T., Mayer, J., Neugirg, B. & Th., Vorderbrügge, (2003): Konzeption eines Bodenlehrpfades am Beispiel des Bodenschutzpfades „Tatort Boden“. Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 102/II, 819 – 820.

Kegel, W. (1976): Geologische Karte von Hessen, 1 : 25 000; Blatt Nr. 5417 Wetzlar, mit Erläuterungen (18 Abb., 11 Tab. und 1 Tafel). Hessisches Landesamt für Bodenforschung; Wiesbaden.

Kaule, G. (1986): Arten- und Biotopschutz. UTB Grosse Reihe; Ulmer Verlag; Stuttgart.

Knapp, R. (1967): Die Vegetation des Landes Hessen. – Ber. Oberhessische Ges. Natur- u. Heilkd. Gießen, N. F. Naturwiss. Abt., Bd. 35, 93 – 148; Gießen.

Anschriften

Dr. Thilo Klein, Stadtverwaltung Wetzlar, Amt für Umwelt und Naturschutz, thilo.klein@wetzlar.de;

Dagmar Fritzsche, Universität Frankfurt, Inst. für Physische Geographie;

Bernhard Neugirg, Naturschutzzentrum Hessen, Wetzlar; b.neugirg@nzh-akademie.de

Dr. Thomas Vorderbrügge, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, t.vorderbruegge@hlug.de

H 4: Naturwaldreservate und 150-jährige Beobachtungsflächen Rockenberg und Laubach

K.-J. Sabel, J. Willig, T. Ulrich

Einführung

Die Wälder Mitteleuropas werden bereits seit Hunderten von Jahren durch den Menschen bewirtschaftet. Dies ist deutlich sichtbar, zum Beispiel an der Baumartenzusammensetzung. Dennoch spielen sich in den Wäldern vielfältige natürliche Prozesse ab, die entscheidenden Einfluss auf das Baumwachstum nehmen. Über die meisten dieser Prozesse wissen wir noch recht wenig.

Urwälder, in denen die natürlichen Abläufe beobachtet werden können, sind in Hessen nicht mehr vorhanden. Einen Ausgleich schafft das in den 80er Jahren angelegte Naturwaldreservate-Programm, in dem sich nunmehr sich selbst überlassene Wälder zu „Urwäldern von morgen“ entwickeln können. Des Weiteren liefern unbehandelte Vergleichsflächen des forstlichen Versuchswesens Informationen über natürliche Entwicklungen.

Umfangreiche Kenntnisse über die natürlichen Entwicklungen in Wäldern sind nicht nur aus Sicht des Naturschutzes von Wert. Sie sind bei der auf Naturprozesse aufbauenden Bewirtschaftung von Wäldern unabdingbar zur Optimierung des Mitteleinsatzes und zur Risikominimierung. Kenntnisse über Naturprozesse bilden somit auch einen wesentlichen Wirtschaftsfaktor in der Forstwirtschaft.

Exkursionsgebiet, forstlicher Standort

Die Exkursion führt uns in das bei Rockenberg gelegene Naturwaldreservat Oppershofen in der Wetterau. Die Wetterau ist eine landwirtschaftlich geprägte, für hessische Verhältnisse tief gelegene Landschaft, mit einem Waldanteil von 14 %. Die Klimatönung ist schwach subkontinental. Die Vegetationszeit ist mit über 160 Tagen relativ lang. Bei hohen durchschnittlichen Temperaturen (16°C) in der Vegetationszeit fallen verhältnismäßig geringe Niederschlagsmengen (um 300 mm).

Die Wasserversorgung wird somit zum kritischen Faktor für den Wald. Die weit verbreiteten, nährstoffreichen, gut wasserspeichernden Löss- und Lösslehmdecken bieten dafür einen Ausgleich.

Die Versuchsfläche im Laubacher Stadtwald liegt im vorderen Vogelsberg in einer walddreicheren Gegend. Obwohl sie nur rund 30 m höher liegt als das Naturwaldreservat in der Wetterau, ist die Klimatönung bereits schwach subatlantisch geprägt. Dies liegt am Steigungsregen vor den Hochlagen des Vogelsberges. Eine über Basalt liegende Lössschicht bildet das Bodenausgangsmaterial.

Hessisches Naturwaldreservate-Programm

In Hessen gibt es 31 Naturwaldreservate (NWR) mit einer Fläche von 1228 ha. Sie sind durchschnittlich 40 ha groß und gleichmäßig über das Land verteilt. Die NWR repräsentieren die in Hessen vorkommenden Waldgesellschaften. In den Naturwaldreservaten wird keinerlei forstliche Nutzung mehr durchgeführt. Das heißt, die Waldbäume können hier ungestört altern und eines natürlichen Todes sterben. Damit bieten die Naturwaldreservate einen wichtigen Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten.

Naturwaldreservate dienen

- der Erforschung sich selbst entwickelnder Wald-ökosysteme
- als Forschungsgebiete zur Verbesserung naturnaher Waldbauverfahren
- zur Erhaltung, Schutz und Wiederherstellung natürlicher Waldgesellschaften
- als Anschauungsobjekte für Umweltbildung und Naturerlebnis
- als Maßstab für Naturnähe

In den Naturwaldreservaten wird ein umfangreiches Forschungsprogramm umgesetzt.

Im Mittelpunkt stehen die Dauerbeobachtung der Waldstruktur und die Entwicklung von Flora und Fauna. Durch sein umfangreiches zoologisches Untersuchungsprogramm leistet das Hessische Naturwaldreservate-Programm einen wichtigen Beitrag zur Biodiversitätsforschung.

Übersicht der einzelnen Forschungsbereiche:

Waldkundliche Grundaufnahme

In allen NWR wird die Entwicklung der Waldstruktur durch periodische Untersuchungen von systematisch angelegten Probekreisen dokumentiert. Gegenstand der Aufnahmen sind die lebenden Gehölze, das Totholz, der Bodenzustand und die Bodenvegetation. Zur angewandten Waldbauforschung dient die gleichzeitige Untersuchung von ähnlich strukturierten, nahegelegenen Naturwald-Vergleichsflächen.

Zoologische Untersuchungen

In Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut Senckenberg (Frankfurt/Main) wird eine umfassende Inventarisierung der Fauna in den Naturwaldreservaten durchgeführt. Es erfolgt eine vollständige Erfassung aller vorkommenden Tierarten, wobei zehn wichtige Tiergruppen (u.a. Vögel, Käfer und Schmetterlinge) bis zur Artenebene vollständig bestimmt und ausgewertet werden. Bisher wurden 8 der 31 NWR zoologisch untersucht.



Naturwaldreservat Oppernhofen

Sonderuntersuchungen

Neben den langfristigen Inventurprogrammen sind bisher in folgenden Bereichen Spezialuntersuchungen vorgenommen worden: Angewandter Waldbau, Verjüngungsdynamik, Sturmwurforschung, Holzqualität, Forst-geschichte, Erfassung von Moosen und Flechten.

Die Ergebnisse der Naturwaldforschung werden in der Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Hessen“ publiziert.

Laubacher Durchforstungsversuch

1878 angelegt und seitdem periodisch wiederkehrend beobachtet, ist der Buchen-Durchforstungsversuch in Laubach, zusammen mit einer vergleichbaren Fläche in Bayern, der älteste noch bestehende Versuch dieser Art. Einer seitdem unbehandelt gebliebenen Vergleichs-fläche (A-Grad) wurden zwei Behandlungs-varianten (jeweils unterschiedlich stark durchforstet) gegenübergestellt. Das besondere Interesse an diesem Versuch konzentriert sich heute an der unbehandelten Vergleichsfläche. Diese vermittelt Erkenntnisse über den weitgehend durch menschliche Einflüsse ungestörten Wachstumsverlauf von Buchen. Dabei stehen nicht nur die Dimensionsentwicklung des Einzelbaumes sondern auch Aspekte der Bestandesqualität und -strukturierung im Betrachtungsfeld. Die aus der Beobachtung der unbehandelten Versuchsfläche gewonnenen Erkenntnisse liefern wertvolle Informationen für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern auf vergleichbaren Standorten.

Bodenkundliche Befunde

In beiden Fällen handelt es sich tiefgründige, mittelporenreiche Parabraunerden aus Löss oder

Lössderivat mit vorzüglichem Bodenwasserhaushalt. Während im Profil Wetterau 2 die Bt-Bildung tief in den Unterboden hineinreicht, konnte sich im Profil Wetterau 2 die Tonmineralneubildung und -verlagerung „nur“ auf den Löss erstrecken. Infolge dessen entwickelt sich ein kompakter tonreicherer Bt-Horizont. Die unterlagernde Basislage wird dagegen nicht wesentlich pedogen geprägt. Damit wird indirekt auch die überragende Bedeutung des Lösses für die holozäne Bodenbildung hervorgehoben.

Untermauert wird die Bonität beider Standorte durch das enge C/N-Verhältnis (Humusform Mull), was sich auch aus den pH-Werten und der Basensättigung vor allem des Unterbodens ableiten lässt.

Standorte dieser Art sind selbstverständlich auch ackerfähig und dürften in der Regel im Mittelalter und in der frühen Neuzeit auch entsprechend genutzt worden sein. Dafür sprechen die verbreiteten gekappten Bodenprofile und komplementär die Kolluvien unter Wald. Vorort stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Bodenbedeckung auf pedogene Prozesse wie z. B. die Pseudovergleyung hat.

Anschriften:

Dr. J. Willig und T. Ullrich
Hessen-Forst FIV
Fachgebiete Standort und
Naturwaldreservate
Europastraße 10-12
35394 Gießen

Prof. Dr. Karl-Josef Sabel
HLUG Wiesbaden
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Wetterau I

Bearbeiter: H.Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5518 Butzbach

Datum: 19.09.2004

Lage: R 3484345

H 5587333

240 m NN

Kreis: Wetterau

Nutzung: Forst

Vegetation: Waldmeister-Buchenwald mit Traubeneiche

Humusform: Mull

Relief: schwach geneigter, nach Nordwesten exponierter, vertikal und horizontal gestreckter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah a-δ(Lo)	0 - 2	Dunkelbrauner bis schwärzlicher (10YR4/2), stark toniger Schluff(Ut4), stark humos, extrem stark durchwurzelt, Krümelgefüge <i>Löss</i>
2	Al	2 - 20	Hellbrauner (10YR5/4), mittel toniger Schluff(Ut3), schwach humos, sehr stark durchwurzelt, schwach plattiges Gefüge
3	Al+Bt	20 - 55	Brauner (7,5YR4/4, 10YR5/4), mittel schluffiger Ton (Tu3), sehr stark durchwurzelt, polyedrisches Prismengefüge
4	Bt	55-110	Kräftig brauner (7,5YR4/3), mittel schluffiger Ton (Tu3), mittel stark durchwurzelt, Polyedergefüge
5	IIelCv pflLB-clt	110- 150+	<i>Kalkhaltiger Fließ-Lehnton der Basislage aus Ton (Tertiär)</i>
6			

Bodenformensymbol: LLn: p-δ//p-(e)t

Bodenformenbezeichnung: Parabraunerde aus Löss über tiefem Carbonatton

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Ah	0 - 2		0,4	1,8	6,4	33,5	26,3	11,5	20,1	0,6
Al	2 - 20	n.b.	0,1	1,3	4,8	39,3	28,4	9,4	16,7	1,4
Al+Bt	20 - 55		0,1	0,8	3,1	30,8	23,1	9,6	32,5	1,5
Bt	55 - 110		0,1	1,0	2,1	34,5	16,0	6,8	39,5	1,6

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm · s ⁻¹	cm · s ⁻¹	cm · d ⁻¹
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
	n.b.								

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
Ah		3,9	3,5	0,1	0,3	0,7	4,5	5,0	52,8
Al	n.b.	3,8	3,5	0,1	0,1	0,1	0,2	4,5	9,7
Al+Bt		4,4	3,8	0,1	0,4	1,1	5,6	3,6	66,7
Bt		4,9	4,4	0,1	0,6	2,7	13,9	1,3	93,1

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
Ah		10,5		9,6	0,60	16,	5,8	11,0
Al	n.b.	5,0	n.b.	0,5	0,05	10	5,9	1,8
Al+Bt		10,7		0,4	0,06	6,6	5,6	5,7
Bt		18,6		0,3	0,05	6,0	5,8	8,6

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	Mol
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
Ah	3,3	6,6	0,5	n.b.					
Al	2,0	7,0	0,3						
Al+Bt	1,7	10,2	0,2						
Bt	1,5	12,7	0,1						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

Wetterau 2

Bearbeiter: H.Kasel/K.-J. Sabel/T. Ullrich

TK25: 5420 Schotten

Datum: 19.04.2004

Lage: R 3502083

H 5600780

333 m NN

Kreis: Gießen

Nutzung: Forst

Vegetation: Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwald

Humusform: Mull

Relief: schwach geneigter, nach Norden exponierter, vertikal und horizontal gestreckter Hang

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ah p-δ(Lo)	0 - 3	Dunkelbrauner bis schwärzlicher stark toniger Schluff (Tu4), stark humos, extrem stark durchwurzelt, Krümelgefüge <i>Löss</i>
2	Al	3 - 20	Hellbrauner mittel toniger Schluff (Tu3), sehr schwach humos, stark durchwurzelt, Kohärengefüge
3	Sw-Al	20 - 40	Blassbrauner stark toniger Schluff (Tu4), stark durchwurzelt, Kohärengefüge
4	Sd-Bt	40 - 65	Kräftig brauner, schwach marmorierter stark schluffiger Ton (Tu4), stark durchwurzelt, polyedrisches Prismengefüge
5	Bt-Sd	65-160	Brauner, deutlich marmorierter stark schluffiger Ton (Tu4), schwach durchwurzelt, polyedrisches Prismengefüge
6			

Bodenformensymbol:

SS-LL: p-δ(Lo)

Bodenformen-
bezeichnung:

Pseudogley-Parabraunerde aus Löss

Anmerkungen:

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d ₁₀
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I Ah	0-3		0,7	0,6	2,9	40,5	27,9	8,6	18,8	1,1
I Al	3-20		0,4	0,8	2,8	47,7	25,2	8,3	14,8	1,4
I Sw-Al	20-40	n.b.	0,8	1,4	2,7	46,5	23,3	7,2	18,1	1,5
I Sd-Bt	40-65		0,1	0,5	1,7	44,0	18,7	5,7	29,3	1,6
I Bt-Sd	65-160		0,6	0,9	2,3	38,2	24,9	7,1	26,0	1,6

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	nFK	k _i (pF 2)	k _r	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	mm	cm·s ⁻¹	cm·s ⁻¹	cm·d ⁻¹
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n.b.									

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c ·kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
I Ah		3,8	3,2	4,1	0,5	0,4	0,8	6,0	49,6
I Al		3,9	3,6	0,1	0,1	0,1	0,1	4,5	6,3
I Sw-Al	n.b.	3,8	3,6	0,1	0,1	0,1	0,1	6,0	6,3
I Sd-Bt		4,2	3,6	0,1	0,3	2,2	2,3	8,3	37,3
I Bt-Sd		4,5	3,9	0,1	0,3	4,0	0,1	2,9	60,6

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c ·kg ⁻¹	cmol _c ·kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹	mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
I Ah		11,9		8,6	0,5	17,2	7,3	15,3
I Al		4,8		1,3	0,1	13,0	6,2	1,1
I Sw-Al	n.b.	6,4	n.b.	0,3	0,1	3,0	7,0	1,8
I Sd-Bt		13,2		0,2	0,1	2,0	6,6	4,6
I Bt-Sd		7,4		0,2	0,1	2,0	6,9	5,0

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	Si _i	Al _i	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹		mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	mg·g ⁻¹	Mol
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
I Ah	3,8	6,5	0,6						
I Al	4,0	6,5	0,6						
I Sw-Al	5,2	9,4	0,6						
I Sd-Bt	3,5	13,3	0,3						
I Bt-Sd	3,1	12,8	0,2						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

H 5: Wüstungen am Rande des Amöneburger Beckens. Geographisch-siedlungsarchäologische Befunde und Deutungen von Flurrelikten

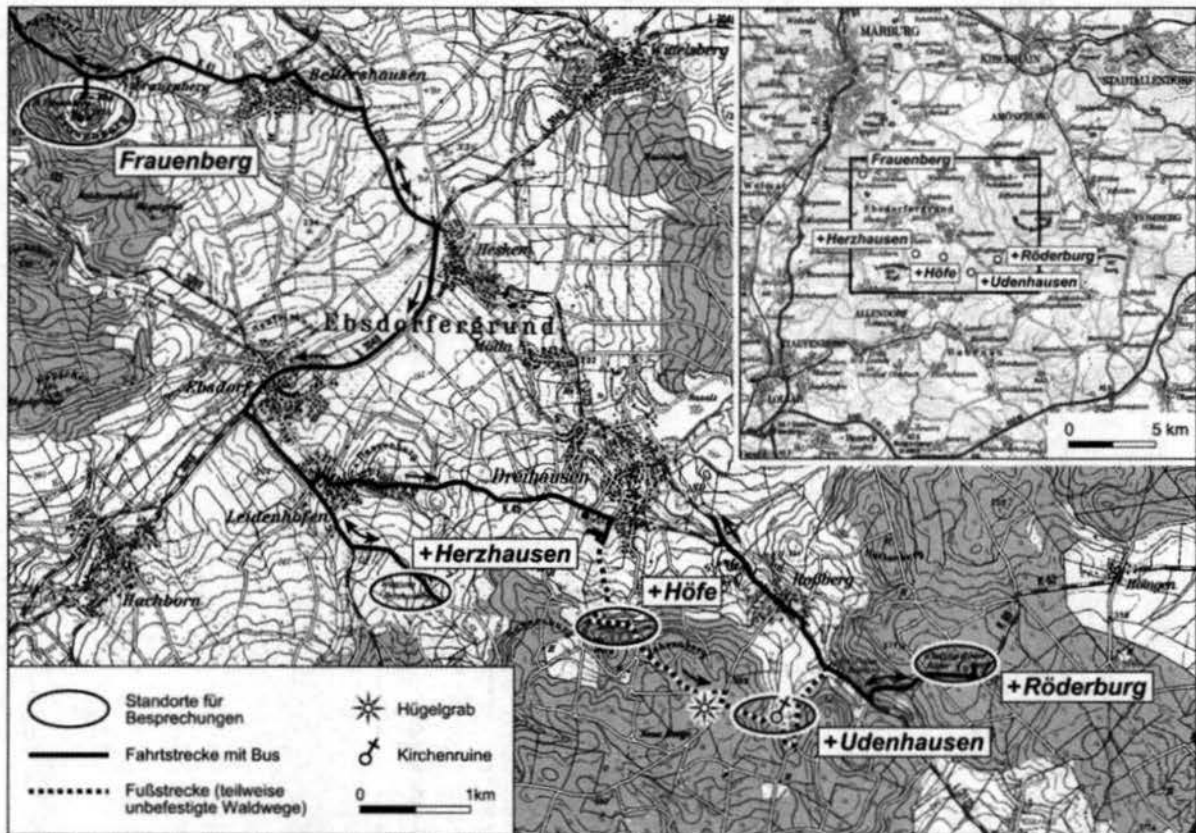
A. Pletsch*

Ziel dieser Exkursion ist es, anhand von siedlungsarchäologischen und teilweise bodenkundlichen Flurbefunden den historischen Siedlungsgang des Marburger Raumes aufzuzeigen. Schwerpunkt der Routenführung sind einige Wüstungsstandorte am Südrand des Amöneburger Beckens im Übergang zum Vogelsberg. Konkrete Informationen und Arbeitsmaterialien zu den in der Übersichtskarte vermerkten Standorten werden während der Exkursion ausgehändigt. Der folgende Beitrag dient in erster Linie als Hintergrundinformation zu Fragen der Kulturlandschaftsgenese Mittelhessens.

gang und ein variantenreiches Siedlungsbild im Marburger Raum.

Ein Blick auf die physisch-geographischen Strukturen ist hilfreich, um die Strukturen besser zu verstehen. Hessen ist insgesamt ein dreigeteiltes Land mit dem Rheinischen Schiefergebirge, der Westhessischen Senke und dem osthessischen Bergland als wichtigsten großen Landschaftseinheiten. Insbesondere die Westhessische Senke, die sich als eine Aufreihung mehr oder weniger großer Becken- und Tallandschaften präsentiert, ist für diesen Raum von Bedeutung. Hier hat sich seit frühester Zeit eine besonders nachhaltige Siedlungsentwicklung vollzogen.

In den hessischen Beckenlandschaften reichen siedlungsarchäologische Funde bereits bis in die mittlere Altsteinzeit zurück. Im Bereich der Lahnberge östlich von Marburg und zwischen Neuhöfe und Dammühle westlich der Stadt wurden zum Beispiel Schaber gefunden, die auf eine Zeit um 50.000 v. Chr. datiert



Übersichtskarte der Exkursionsroute mit Standorten

Grundzüge der Kulturlandschaftsentwicklung

Das dichte Nebeneinander von siedlungsgünstigen Beckenlagen und Mittelgebirgsräumen unterschiedlicher Tragfähigkeit, der Durchgangscharakter der hessischen Landschaft, das Nebeneinander unterschiedlicher Machthaber im Verlauf der Geschichte, die Grenzlage in bestimmten Entwicklungsphasen: dies sind einige Gründe für einen vielfältigen Siedlungs-

werden konnten. Besser greifbar sind indessen die Siedlungshinweise ab dem Neolithikum, als sich der Übergang von einer weitgehend bodenunsteten Bevölkerung der Jäger- und Sammlerstufe zu einer sesshaften, hackbaureibenden Kulturstufe vollzog (um 5.000 v. Chr.).

Für diesen revolutionären Vorgang gab es zahlreiche Gründe, die hier nicht alle aufgeführt werden können. Wichtig ist, dass sich dieser Wandel bevorzugt offensichtlich in den mitteleuropäischen Gunsträumen,

* Prof. Dr. Alfred Pletsch, FB Geographie der Philipps-Universität Marburg, Deutschhausstraße 10, 35032 Marburg

namentlich in den lößgefüllten Beckenlandschaften vollzogen hat. Die unwirtlicheren Mittelgebirge blieben demgegenüber zunächst noch weitgehend von der dauerhaften Besiedlung ausgespart.

Die naturräumlichen Voraussetzungen des Amöneburger Beckens boten für die "neolithische Landnahme" offensichtlich gute Voraussetzungen. Gerade die Randbereiche des Beckens scheinen bereits in dieser frühen Siedlungsphase bevorzugte Siedlungsstandorte gewesen zu sein, wie Fundbeschreibungen immer wieder bestätigt haben. Von besonderer Bedeutung waren hier offensichtlich die Wasserverhältnisse, insbesondere die vielen Quellaustritte, die im Übergang des Beckens zu dessen Randschollen günstige Siedlungsvoraussetzungen boten.

Vor allem für die spätleolithische Entwicklung (bis etwa 2.000 v. Chr.) wird deutlich, dass das Amöneburger Becken eine Art Kontaktzone zwischen den unterschiedlichsten Kultureinflüssen darstellt. Viele früh- und vorgeschichtliche Befestigungsanlagen Hessens (z. B. der Christenberg nördlich von Wetter) gehen auf die Auseinandersetzungen zwischen den frühen Kulturvölkern zurück. Dies gilt auch für die Ausbreitung der westeuropäischen Megalithkultur, die Hessen um 2.000 v. Chr. erreichte und die im Marburger Raum durch zahlreiche Funde nachgewiesen ist. Am bekanntesten ist diesbezüglich wohl der fünf Meter hohe Menhir von Kirchhain-Langenstein.

Auch die bronzezeitliche Entwicklung ist durch kulturelle Überlagerungen geprägt, mit Einflüssen aus dem thüringischen Raum und aus dem süddeutschen Raum (Glockenbecherkultur). Dass diese Zeit insgesamt bereits durch eine relativ dichte Besiedlung gekennzeichnet war, wird durch eine Vielzahl bronzezeitlicher Hügelgräber im Exkursionsgebiet dokumentiert.

Im letzten vorchristlichen Jahrtausend setzen sich die Überlagerungen fort. Nunmehr dringen von Norden her allmählich die germanischen Stämme nach Süden vor, während sich im Süden und Westen namentlich ab dem vierten Jahrhundert v. Chr. die Kelten ausbreiten. Angesichts der ständigen Konflikte, die sich mit dem Aufeinandertreffen von Völkern und Kulturen im mittelhessischen Raum schon in vorchristlicher Zeit ergeben haben, ist die besondere Vielzahl vor- und frühgeschichtlicher Ringwallanlagen (etwa der Rimberg bei Caldern, die Alte Burg bei Steinperf, Burg Laasphe, die Angelburg bei Lixfeld) nicht überraschend.

Entscheidende Veränderungen vollziehen sich im Siedlungsbild Mittel Hessens als Folge der fränkischen Expansion und der Auseinandersetzungen zwischen den Franken und den Sachsen. Eine der großen Schlachten zwischen diesen beiden Kontrahenten fand im Jahre 778 bei Laisa (unweit von Battenberg, Eder) statt. Wichtiger aber ist die Siedlungsaktivität unter den Franken, die sich unter anderem aus der Häufung der fränkischen Ortsnamen nachweisen

lässt. Ortsnamen mit den Endungen -heim, -hausen, -dorf, -berg, -tal, -bach, also solche, die auf den Wohnplatz oder die räumliche Lage hinweisen, sind für diese Phase charakteristisch. Ein Blick auf die Karte lässt die Häufung solcher Namen insbesondere in den Siedlungsgunslagen leicht erkennen. Dass Mittelhessen in jener Phase auch eine gewisse politische Bedeutung zukam, dokumentiert sich in der Anlage mehrerer fränkischer Burganlagen (vor allem Christenberg und Amöneburg) und sogenannter Königshöfe, von denen die "Höfe" bei Dreihausen eines der beeindruckendsten Beispiele verkörpern.

Über die Siedlungsverdichtung hinaus war diese frühmittelalterliche Phase auch durch eine Intensivierung der landwirtschaftlichen und gewerblichen Nutzung gekennzeichnet. Für einen zusätzlichen Bedeutungszuwachs sorgten die Handelsstraßen, die vom Rhein-Main-Gebiet ausgingen und von denen mehrere in nördlicher Richtung durch das Amöneburger Becken oder randlich dazu nach Ost- bzw. nach Niederdeutschland führten (Durch die langen Hessen, Durch die kurzen Hessen, Wein- oder Wagenstraße). Zusätzlich kreuzte die West-Ost-Verbindung, die Köln-Siegerland-Eisenacher Fernstraße die Lahn bei Marburg. Dass sich diese Kreuzungsfunktion wichtiger wirtschaftlicher Aktivitäten nicht nachhaltiger auf den mittelhessischen Raum ausgewirkt hat, mag mit dem Widerstreit der verschiedenen Machtinteressen begründet sein, die in diesem Raum wirksam wurden: das hessische Landgrafenhaus, die Erzbischöfe von Mainz und der Deutsche Ritterorden.

Gleichwohl hatten diese Auseinandersetzungen auch ihre Rückwirkungen in der Siedlungsstruktur, namentlich in der Stadtentwicklung, wobei diese sowohl durch die Entwicklung des Handwerks und Handels als auch durch strategische Gesichtspunkte beeinflusst war. Bereits um 1130/40 erfolgte die Anlage der Marktsiedlung und des Münzortes Marburg in strategisch wichtiger Position. Marburg übernahm damit die Marktfunktion von Wetter, das sich schon deutlich früher als Marktort ausgebildet hatte, nunmehr aber rasch an Bedeutung verlor. Besonders unter Landgraf Ludwig III. (1172 bis 1190) wird die innere Festigung der Macht durch zahlreiche weitere Städtegründungen vorangetrieben. Im mittelhessischen Raum entstehen unter ihm Städte wie Biedenkopf, Alsfeld, Grünberg, Homberg (Ohm), Frankenberg und zahlreiche andere.

Die Mainzer Erzbischöfe verfolgten die gleiche Strategie. Der Gründung Marburgs folgt als erzbischöfliches Gegenstück um 1200 die Anlage der Stadt Amöneburg auf dem Basaltkegel inmitten des Amöneburger Beckens. Als erneute Gegengründung hierzu erbaute Sophie von Brabant um 1250 die Burganlage Frauenberg. Später folgte mit der Gründung von Kirchhain (1344) eine weitere landgräfliche Bastion unmittelbar vor den Toren von Amöneburg, wobei mit der Anlage eines großen Marktplatzes hier

gleichzeitig auch die wirtschaftliche Stellung der mainzischen Stadt untergraben werden sollte. Vielen dieser Städte fehlte die wirtschaftliche Basis, um sich über die Jahrhunderte hinweg zu bedeutenderen Zentren weiterentwickeln zu können. Insofern blieben sie vorwiegend Ackerbürgerstädte, die dem äußeren Erscheinungsbild nach mehr dörfliche als städtische Merkmale aufwiesen und die sich in ihrer Struktur und Einwohnerzahl nur geringfügig von den umliegenden Dörfern unterschieden.

Die ländliche Siedlungsentwicklung im Hochmittelalter ist vor allem durch das Ausgreifen des Kulturlandes in die Mittelgebirgslagen gekennzeichnet, ein Phänomen, das ebenfalls für den gesamten mitteleuropäischen Raum zutrifft. Die hochmittelalterliche Rodephase hat auch die Mittelgebirge in starkem Maße erfasst. So konnte nachgewiesen werden, dass sich die gesamte Buntsandsteinhochfläche des Burgwaldes nördlich von Marburg zwischen dem 10. und 12. Jahrhundert mit einem vergleichsweise dichten Siedlungsnetz überzogen hat. So gesehen stellt der Burgwald den "klassischen Fall" eines hochmittelalterlichen Rodungsgebietes dar. Aber auch im Übergang zum Rheinischen Schiefergebirge vollzog sich ein vergleichbarer Prozess. Kennzeichen dieser Siedlungen sind, neben einer gewissen Regelmäßigkeit in der Anlagestruktur (geplante Siedlungen), einmal mehr die Ortsnamen, indem viele dieser Rodesiedlungen in ihren Namensendungen auf den Rodevorgang, den Siedlungsträger oder die ursprüngliche Waldbedeckung hinweisen. Beispiele sind Endungen auf: -wald, -walde, -hain, -rode, -roda, -zell, -kirchen.

Eine der wesentlichsten Zäsuren in der Siedlungsentwicklung erfolgte während des Spätmittelalters, als sich ganz allgemein in Mitteleuropa aufgrund von Seuchen, Kriegen und Hungersnöten ein Wüstungsprozess vollzog, dem rund 40 Prozent aller Siedlungen und rund ein Drittel der Bevölkerung zum Opfer fielen. Insofern stellt das heutige Netz der Siedlungen im Amöneburger Becken gegenüber dem mittelalterlichen nur noch ein Relikt dar. Durch siedlungsgeographische Untersuchungen vorwiegend in den 1960er Jahren konnte nachgewiesen werden, dass im Amöneburger Becken und seinen Randgebieten über 100 ehemalige Dorf- und Siedlungsplätze im Zuge der Entwicklung während des Spätmittelalters wüst gefallen sind.

Im Inneren des Amöneburger Beckens sind Hinweise auf diese verschwundenen Siedlungen wegen der landwirtschaftlichen Nutzung meistens nur mit siedlungsarchäologischen oder archivalischen Mitteln nachweisbar. In den Randbereichen jedoch, die sich seit der spätmittelalterlichen Wüstungsphase wieder mit Wald überzogen haben, finden sich zahlreiche Relikte solcher Wüstungen, die erkennen lassen, dass im Hochmittelalter insgesamt durch die Kulturlandschaftsausweitung die Wälder stark zurückgedrängt worden waren. Zu den weniger spektakulären Hin-

weisen gehören die zahlreichen ehemaligen Ackerterrassen, gelegentliche Keramikfunde als Bodenstreu oder in Gräben oder Bächen, oder Besonderheiten der Vegetation, die sich beispielsweise auf den Hüttenlehmen ehemaliger Siedlungsstandorte ausgebildet haben (wie etwa Immergrün, besonders schön an der Wüstung Udenhausen bei Roßberg).

Wesentlich beeindruckender sind die vielen unmittelbar sichtbaren Zeugnisse wie Mauerreste, oder Befestigungsanlagen. In dieser Hinsicht ist die Funddichte gerade im Randbereich des Amöneburger Beckens beeindruckend. Als Beispiel sei nochmals auf die "Höfe" bei Dreihausen hingewiesen, oder auf den Kirchenstumpf von Udenhausen (Odinhausen), möglicherweise einer der ältesten Kirchenbauten in Hessen. Auch die Röderburg an der Straße von Roßberg nach Höingen ist hier zu nennen. Wall und Graben einer hochmittelalterlichen Turmburg sind hier gut erhalten. Das zugehörige Dorf Roda wurde etwas westlich der Burg nachgewiesen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Exkursionsgebiet aufgrund seiner naturräumlichen Differenzierung in Gunst- und Ungunstlandschaften, die auf engem Raum mosaikartig nebeneinander liegen, eine siedlungsgeschichtliche Entwicklung erfahren hat, die der in anderen Teilen Mitteleuropas weitgehend entspricht. Als wesentliche Komponente dieser Entwicklung sind auch die territorialpolitischen Verhältnisse zu verstehen, die durch die Rivalität verschiedener Machthaber gekennzeichnet waren. Bis heute dokumentieren sich diese unterschiedlichen Machtbereiche in der konfessionellen Gliederung der Bevölkerung, in den unterschiedlichen Trachten (Marburger katholische und evangelische Tracht), teilweise sogar in den Grundrissformen der Dörfer. Auch die Stadtentwicklung wurde durch diese Machtgegensätze geprägt. Bei aller Individualität im Einzelfall verkörpert das Exkursionsgebiet somit beispielhaft einen Ausschnitt mitteleuropäischer Siedlungsgeschichte und Kulturlandschaftsentwicklung.

Literatur

- Eisel, G. (1965): Siedlungsgeographische Geländeformforschung im südlichen Burgwald. Marburger Geogr. Schriften 24.
- Heinemeyer, W. (Hrsg. 1986): Das Werden Hessens. - Veröffentlichungen der Historischen Kommission für Hessen 50, Marburg.
- Kern, H. (1966): Siedlungsgeographische Geländeformforschung im Amöneburger Becken. Marburger Geogr. Schriften 27.
- Meiborg, Chr. & L. Fiedler (1994): Ur- und Frühgeschichte. In: Kulturführer Marburg-Biedenkopf, Marburg: 24-34.
- Pletsch, A. (1989): Hessen. Wissenschaftliche Länderkunden 8/III, Darmstadt.
- Pletsch, A. (1990): Der Marburger Raum - Grundzüge der kulturlandschaftlichen Entwicklung. In: A. Pletsch (Hrsg.): Marburg - Entwicklungen, Strukturen, Funktionen, Vergleiche. Marburger Geograph. Schriften 115.

H 6: Drei Ansätze zur Standortbewertung landwirtschaftlich genutzter Böden im Amöneburger Becken

T. Harrach, W. Ernst, B. Keil und L. Schrader

Östlich von Marburg liegt - zwischen Buntsandsteinschollen und Ausläufern des Vogelsberges (Basalt) eingebettet - das **Amöneburger Becken**, eine landwirtschaftlich geprägte, sanft hügelige, waldfreie Landschaft, die den singulären Basaltschlot der Amöneburg (363 m ü.NN) umrahmt.

Das subatlantisch bis subkontinental getönte Klima des durch tertiärzeitliche Tektonik geprägten Beckens begünstigt den Ackerbau, insbesondere auch den Zuckerrübenanbau:

- mittl. Jahresniederschlag: etwa 600 mm
- mittl. Niederschlag Mai - Juli: 160 - 180 mm
- mittl. Jahrestemperatur: etwa 8°C (8,5°C)
- mittl. Dauer der Vegetationszeit: 220 - 230 (230 - 240) Tage

Auf der Halbtagesexkursion werden 7 Ackerbaustandorte (Vergleichsstücke der Bodenschätzung) besprochen und diskutiert, auch wenn aus Zeitgründen möglicherweise nur 5 der Standorte direkt aufgesucht werden können. Dabei handelt es sich um vier **zuckerrübenfähige tiefgründige Lössböden**, die auf Osthängen bzw. im Tiefenbereich des Geländes vorkommen, und um drei **weniger günstige Standorte** (zwei Böden auf tertiären Sedimenten und ein Profil auf Buntsandstein).

Zur Charakterisierung und Bewertung der Böden werden jeweils drei verschiedene **methodische Ansätze** herangezogen:

- bodenkundliche Profilaufnahme nach KA4
- Beschreibung und Bewertung der Böden durch die amtliche Bodenschätzung und
- ein standortkundlicher Ansatz.

Grundlage für die Standortkundliche Bodenbeurteilung sind kausale Zusammenhänge zwischen Bodeneigenschaften, Pflanzenwachstum und Ertragsbildung. Vorrangig werden folgende Bodeneigenschaften benötigt (s. auch Abb. 1):

- Packungsdichte (Harrach u. Vorderbrügge 1991, Tenholtern et al. 1996, DIN 19682-10, 1998).
- Aktualität von Hydromorphiemerkmalen (rezent/reliktisch).
- Durchwurzelbarkeit der einzelnen Horizonte, die meist durch Gefügeeigenschaften und den Lufthaushalt bestimmt und vor allem durch die vorhandene Wurzelverteilung angezeigt wird.
- Die nutzbare Feldkapazität (nFK) der einzelnen Horizonte kann nach KA4 oder einfacher nach Abb. 2 geschätzt werden, wobei die Festlegung der Feldkapazität generell auf pF 1,8 ein Fehler ist. Außerdem werden für Sande unrealistisch hohe nFK Werte angegeben.
- Die nFK im durchwurzelbaren Bodenraum (nFKdB) kann im Gelände geschätzt werden (s. Exkursionspunkte 1-7), während die nFKWe nur mühsam gemessen, aber weniger gut geschätzt werden kann.
- Für die Ertragsbildung ist auch die Nährstoffversorgung ausschlaggebend, aber bei der Beurteilung der Ertragsfähigkeit, die in Mitteleuropa

Wasserhaushalt des Bodens

- nFK im Wurzelraum
- Grundwasseranschluss im Sommer
- Vernässung (Luftmangel im Frühjahr)

Humusstatus

Klimafaktoren

- Wärmeverhältnisse
- Klimafeuchte

Bewirtschaftungerschwernisse

- kostenwirksame Standorteigenschaften z.B. Hangneigung, hoher Tongehalt im Ap, starke Verschlammungsneigung, Vernässung (als Kostenfaktor)

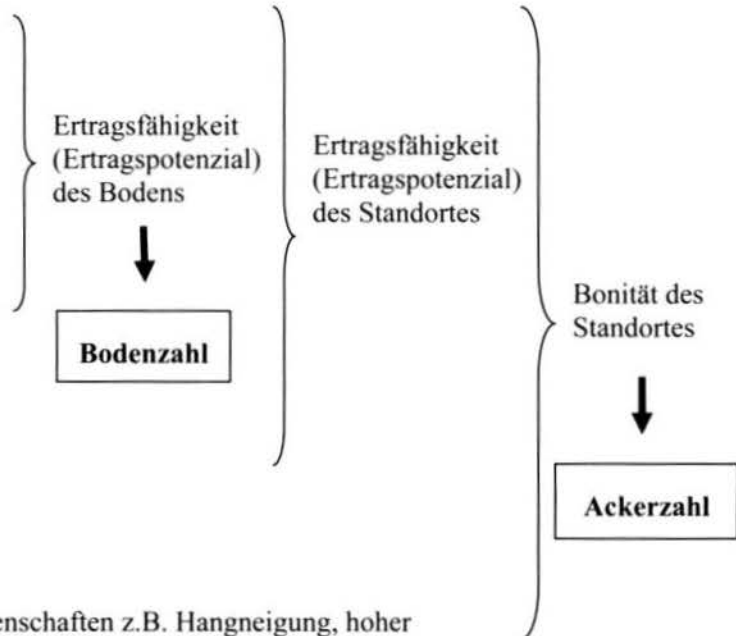


Abb. 1: Wertbestimmende Standorteigenschaften für Ertragsfähigkeit (Ertragspotenzial) und Standortbonität

primär eine Funktion des Wasserhaushaltes ist, wird eine ausreichende Nährstoffzufuhr vorausgesetzt. Dennoch muss der Humusstatus des Bodens zu den wertbestimmenden Bodeneigenschaften gezählt werden, auch wenn seine Bedeutung im gegenwärtigen Ackerbau bei weitem nicht so hoch ist, wie bei der Konzipierung der Bodenschätzung angenommen wurde.

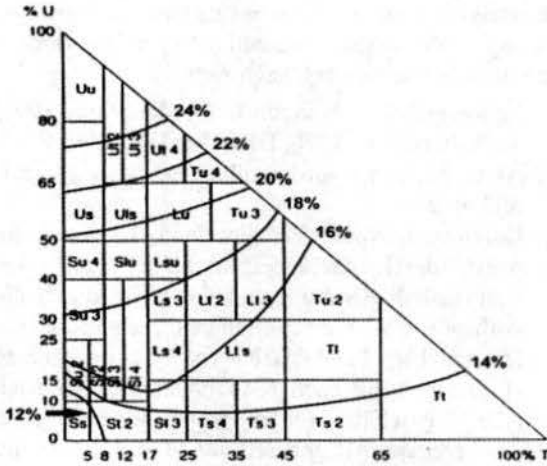


Abb.2: Nutzbare Feldkapazität (nFK: pF 1,8 – 4,2) in Vol% in Abhängigkeit von der Körnung bei mittlerer Packungsdichte

Der Ackerschätzungsrahmen der Bodenschätzung ist älter als 70 Jahre, die Ergebnisse der Schätzung werden aber auch gegenwärtig für die unterschiedlichsten Fragestellungen genutzt. Dies ist möglich, da die Klassen der Bodenschätzung einen Zusammenhang mit der nFK im Wurzelraum zeigen (Vorderbrügge et al. 2004), wenn auch die Korrelation der Bodenzahlen mit der nFK im Wurzelraum nicht immer eng genug ist (Preis et al. 2001). Dennoch empfiehlt sich die Prüfung der Beziehung nFKdB zur Bodenzahl nicht nur für die Nutzer der Bodenschätzungsdaten. Sie bildet auch die Grundlage für die Qualitätskontrolle und für eine behutsame Reform der Bodenschätzung.

Abb. 3 zeigt einen sehr engen Zusammenhang zwischen Bodenzahl und nFKdB für Musterstücke im Landkreis Gießen (Harrach et al. 2001) und die Position der 7 Exkursionsstandorte.

Anmerkungen zu den 7 Exkursionsstandorten:

1. Diese **Parabraunerde** in ortsferner Lage wurde bei der Erstschätzung mit L5Lö 62/60 niedrig bewertet. Die aktuelle Einstufung (L3Lö 78/75) dürfte unstrittig sein.

2. Die Erfahrungen mit der Ertragsfähigkeit von **Pararendzinen** sind sehr unterschiedlich. Vielfach gelten sie als „hitze“ Böden und trockene Standorte, jedoch nicht überall (Harrach 1975). Neue Musterstücke auf Pararendzinen in Hessen hat der Schätzungsbeirat (BMF) als L4Lö eingestuft. Je nach

aktuellem Erosionsgrad und Humusstatus sollten aber Pararendzinen differenziert bewertet werden.

3. Das frühere Grünland wurde auf diesem **Gley** nach Dränung in den 50er Jahren umgebrochen. Bei der Nachschätzung wurde der Boden aufgrund der Rostfleckigkeit des Unterbodens mit L4Lö 66/66 relativ niedrig bewertet, obgleich der Wasserhaushalt zur Zeit sehr günstig und die Ertragsfähigkeit sehr hoch ist (Höchstleistungsstandort).

4. Die Akte der „schwarzen Böden“ in Roßdorf ist umfangreich. Nach dem Erscheinungsbild könnte dieser prächtige **Tschernosem** als L2Lö oder L1Lö eingestuft werden, aber pragmatisch wurde er mit L3Lö 74/72 bewertet.

5./6. Auf windexponierten Rücken finden sich tertiäre Sedimente ohne nennenswerte Lößbeimengung. Die Bodenzahl des **Pelosols** (42) erscheint nach Abb. 3 angemessen. Demgegenüber befindet sich der **Sandboden (Bänderparabraunerde)** in Abb. 3 deutlich unterhalb der Regressionskurve. Zwei Probleme sind die Ursache dafür. Einerseits bewertet die Bodenschätzung „diluviale“ Sande generell niedriger als z.B. „Verwitterungsböden“ bei gleicher nutzbaren Wasserkapazität im Wurzelraum (Harrach 2004). Andererseits gibt die KA 4 zu hohe nFK-Werte für Sande an. Die nach Vorgabe der KA 4 und KA 5 abgeleitete nFK dieses Grenzertragbodens ist nach standortkundlichen Kriterien (Pflanzenwachstum) viel zu hoch.

7. In Luvlage befindet sich der **Regosol auf Buntsandstein**, der sowohl bei der Bodenschätzung als auch bei der bodenkundlichen Landesaufnahme nur etwa 60 cm tief aufgegraben werden konnte (Blockschutt). Dem Standortkundler fiel jedoch ein prächtiger Getreidebestand auf, der auf eine höhere nFKdB hinwies. Die Beseitigung der Sandsteinplatten bestätigte die Vermutung, dass darunter eine durchwurzelbare Schicht mit höherer nFK folgt. Die Bodenschätzung hat diesen Standort also aus technischen Gründen zu niedrig bewertet

(Abb. 3). Das Beispiel demonstriert die große Bedeutung von Pflanzen als Indikatoren.

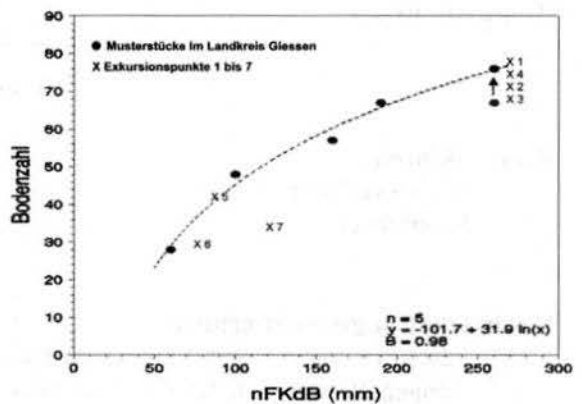


Abb.3: Bodenzahl und nFKdB von 5 Musterstücken im Landkreis Gießen und 7 Exkursionspunkten

1. Exkursionspunkt: Beltershausen VSt 1**280 m ü. NN, SO-Hang, 6 %:****Erodierte Parabraunerde aus Löß****L 3 L_ö 78/75**

Horizont	nFK Vol. %	Hydromorphie		Wurzelver- teilung	Packungs- dichte	Verfesti- gung	Durchwurzel- barkeit	nFK mm
		rezent	relikt.					
Ap 0-30 cm Ut3, h2	24	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	72
Bt -60 cm Lu	20	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	60
Btv -160 cm Ut4	23	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	230
Sw -200 cm		+						
II Sd 200 cm+		+						

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:nFK im Wurzelraum: > 240 mm (*sehr hoch*)Grundwasseranschluss im Sommer: *nein*Vernässung (Luftmangel im Frühjahr): *nein*Humusstatus: *+/- im Gleichgewicht*Bewirtschaftungerschwernisse: *keine***2. Exkursionspunkt: Beltershausen VSt 7****240 m ü. NN, NO-Hang, Hangschulter, 18 %****Pararendzina aus Löß****L 4 L_ö 70/62**

Horizont	nFK Vol. %	Hydromorphie		Wurzelver- teilung	Packungs- dichte	Verfesti- gung	Durchwurzel- barkeit	nFK mm
		rezent	relikt.					
Ap 0-25 cm Ut3, h2-h3	24	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	60
rAp -30 cm Ut3, h2-h3	24	-	-	gleichm.	Pd 3 (3,3)	-	1/1	12
eICc -80 cm Ut3	24	-	-	gleichm.	Pd 3 (2,7)	-	1/1	120
fBv-eICc -100 cm Ut3	24	-	-	gleichm.	Pd 3 (3,0)	Vf 2	1/1	48
fSw-eICc 100 cm+ Ut2	24		+		Pd 3 (3,3)	Vf 2	2/3	

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:nFK im Wurzelraum: > 240 mm (*sehr hoch*)Grundwasseranschluss im Sommer: *nein*Vernässung (Luftmangel im Frühjahr): *nein*Humusstatus: *beinahe im Gleichgewicht*Bewirtschaftungerschwernisse: *18 % Hang-
neigung***3. Exkursionspunkt: Beltershausen VSt8****210 m ü. NN, ebener Tiefenbereich****Relikt-Gley (gedrönt) aus Kolluvium****L 4 L_ö 66/66**

Horizont	nFK Vol. %	Hydromorphie		Wurzelver- teilung	Packungs- dichte	Verfesti- gung	Durchwurzel- barkeit	nFK mm
		rezent	relikt.					
Ap 0-30 Ut3, h3	24	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	72
rGo -50 Ut3	24		+	gleichm.	Pd 3	-	1/1	48
Go -100+ Ut3	24	+		gleichm.	Pd 3	-	1/1	120+

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:nFK im Wurzelraum: > 240 mm (*sehr hoch*)Grundwasseranschluss im Sommer: *ja*Vernässung (Luftmangel im Frühjahr): *nein*Humusstatus: *im Gleichgewicht*Bewirtschaftungerschwernisse: *keine, jedoch
langfristige Unterhaltung der Dränung nötig***4. Exkursionspunkt: Roßdorf VSt 4****204 m ü. NN, NO-Unterhang****Tschernosem aus Löß****L 3 L_ö 74/72**

Horizont	nFK Vol. %	Hydromorphie		Wurzelver- teilung	Packungs- dichte	Verfesti- gung	Durchwurzel- barkeit	nFK mm
		rezent	relikt.					
Ap 0-27 cm Ut4, h3	22	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	59
rAp -32 cm Ut4, h3	22	-	-	etwas ungleichm.	Pd 3-4	-	2/3	7
Axh -62 cm Ut4, h2	22	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	66
Axh-eICc -75 cm Ut4, h1	22	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	29
fBv-Go -120cm+ Ut3	23	+			Pd 3	-	1/1	103+

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:nFK im Wurzelraum: > 240 mm (*sehr hoch*)Grundwasseranschluss im Sommer: *evtl. ja*Vernässung (Luftmangel im Frühjahr): *nein*Humusstatus: *im Gleichgewicht*Bewirtschaftungerschwernisse: *zu hoher Tongehalt im Ap, Kaltluftsenke*

5. Exkursionspunkt: Rauschholzhausen VSt 5
264 m ü. NN, flacher Rücken
Pelosol auf tertiärem Ton
T 5 D 42/39

Horizont	nFK	Hydromorphie		Wurzelverteilung	Packungsdichte	Verfestigung	Durchwurzelbarkeit	nFK mm
	Vol. %	rezent	relikt.					
Ap 0-25 cm Lt2, h3	17	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	42
II P -50 cm Tt	14	-	-	gleichm.	Pd 3 (3,3)	-	1/1	35
III ilC -70 cm Tt	14	-	-	ungleichm.	Pd 4	-	1/2	14
III ilC -70 cm + Tt	14	-	-	keine	Pd 4	-	0	0

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:

nFK im Wurzelraum:	91 mm (gering)	Humusstatus:	im Gleichgewicht	Σ	91
Grundwasseranschluss im Sommer:	nein	Bewirtschaftungsschwernisse:	hoher Tongehalt, geringe Ertragssicherheit		
Vernässung (Luftmangel im Frühjahr):	nein				

6. Exkursionspunkt: Rauschholzhausen VSt 3
250 m ü. NN, flacher Rücken
Bänderparabraunerde auf tertiärem Sand
SI 4 D 30/30

Horizont	nFK	Hydromorphie		Wurzelverteilung	Packungsdichte	Verfestigung	Durchwurzelbarkeit	nFK mm
	Vol. %	rezent	relikt.					
Ap 0-35 cm Su2, h3	14(?)	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	49(?)
II Bv + ilCn -60 cm Ss	11	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	27
III ilCn + Bbt -100 cm+ Ss	12	-	+	-	Pd 4	Vf 3	0	0

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:

nFK im Wurzelraum:	76 mm (?) (gering)	Humusstatus:	im Gleichgewicht	Σ	76(?)
Grundwasseranschluss im Sommer:	nein	Bewirtschaftungsschwernisse:	sehr geringe Ertragssicherheit		
Vernässung (Luftmangel im Frühjahr):	nein				

7. Exkursionspunkt: Beltershausen VSt 3
235 mm ü. NN, SW-Hang, 8 %
Regosol aus Hangschutt auf Buntsandstein
SL 6 V 34/32

Horizont	nFK	Hydromorphie		Wurzelverteilung	Packungsdichte	Verfestigung	Durchwurzelbarkeit	nFK mm
	Vol. %	rezent	relikt.					
Ap 0-25 cm Uls, Gr2, h2	18	-	-	gleichm.	Pd 2	-	1/1	45
II ilCv -45cm Ls4, Gr3/fX2,	15	-	-	gleichm.	Pd 3	-	1/1	30
III ilCv -60 cm mX	4	-	-	ungleichm.	Pd 2	-	1/1	6
IV ilCv -95 cm+ Lts Gr2/fX2	16	-	-	gleichm.	Pd3 (3,3)	-	3/4	42

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:

nFK im Wurzelraum:	123 mm (gering / mittel)	Humusstatus:	im Gleichgewicht	Σ	123
Grundwasseranschluss im Sommer:	nein	Bewirtschaftungsschwernisse:	Nässe nach reichlichen Niederschlägen		
Vernässung (Luftmangel im Frühjahr):	gelegentlich				

Literatur:

- Harrach, T. (1975): Landwirtschaftliche Forschung, Bd. 28, Heft 3, S. 190-198.
 Harrach, T. (1987): Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, Bd. 28, S. 184-190.
 Harrach, T. (2004): Mitteilungen der Dtsch. Bdkl. Ges., 104, S. 19-20.
 Harrach, T., Sauer, S., Preis, M., Peter, M. (2001): Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges., Bd. 96, S. 505-506.
 Harrach, T., Vorderbrügge, T. (1991): Berichte über Landwirtschaft, 204. Sonderheft: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd. 2, S. 69-82.
 Preis, M., Sauer, S., Peter, M., Harrach, T. (2001): Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges., Bd. 96, S. 545-546.
 Tenholtern, R. et al. (1996): Alfred-Wegener-Stiftung, Von den Ressourcen zum Recycling.
 Vorderbrügge, Th: Miller, R., Peter, M., Sauer, S. (2004): Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges., Bd. 104, S. 33-34.

Autoren:

- Tamas.Harrach@agr.uni-giessen.de
 W. Ernst, Finanzamt Marburg
 K. Friedrich, HLUG Wiesbaden
 B. Keil, OFD Frankfurt a.M.
 L. Schrader, HLUG Wiesbaden

H 7: Bodenbildung auf einer Düne aus Laacher See – Tephra

T. Poetsch, G. Werner

Einführung

Die distalen Tephralagen des Laacher Ausbruchgebietes lassen sich in drei in verschiedene Himmelsrichtungen sich erstreckende Teilflächen gliedern (Bogaard, 1983; Schmincke, 2003). Die vorgestellten Profile liegen in einem sehr weitgestreckten nach NE gerichteten Hauptfächer. Die stratigraphische Gliederung der distalen Vorkommen knüpft an das in der Nähe des Ausbruchgebietes erarbeitete Schichtfolgen-Schema. Danach besteht der erwähnte Hauptfächer vor allem aus den Ablagerungen der „Unteren“ und der „Mittleren“ Laacher See – Tephra (Bogaard, 1983).

Die Laacher See-Tephra (LST) wurde in der Allerödzeit gefördert. Ihre Datierung mit ^{14}C -Altersbestimmung um 11.000 Jahre B.P. ist mehrfach abgesichert (Frechen, 1959 u.a.). Die LST-Komponenten, insbesondere ihre essentiellen magmatischen Bestandteile, wurden vollkommen frisch, ohne jegliche Vorverwitterung, an die Erdoberfläche gefördert. Essentielle Klasten sind Tephra-Partikel, die durch die Fragmentierung des eruptierenden Magmas entstehen (am Laacher See Vulkan: Bims

glas und andere Glaspartikel, Phonolith, Kristallakkumulate u.a. (Bogaard, 1983). Dadurch stellt die LST ein ideales Modellmaterial für die Beurteilung der Verwitterungswirkung der postallerödzeitlichen Zeitspanne, also i.W. des Holozäns und der Jüngeren Tundrenzeit, dar. Dies bezieht sich auf vergleichbare Standorte (terrestrisches, carbonatfreies Milieu) in Randlagen der zentraleuropäischen Mittelgebirge.

Böden aus an vulkanischen Gläsern reichen Pyroklastika weisen einige Besonderheiten auf, so auch die Böden aus LST; sie werden wegen ihres großen Porenvolumens und ihrer stabilen, fein differenzierten Aggregiertheit zu den sogenannten Lockerbraunerden gestellt (Stöhr, 1967; Sakr & Meyer, 1970; Schönhals, 1973). Bei ihrer Entstehung spielt die Menge und Beschaffenheit der phonolithischen vulkanischen Gläser eine besondere Rolle (Poetsch & Altemüller, 1994).

Profil 1: Steinbruch Schiffenberg bei Giessen

Dieser ehemalige Steinbruch befindet sich ca. 7 km westlich von Giessen (TK-Giessen, R348058, H560181; zu Standortangaben vgl. Weyl (1967)). In der Südwestwand (Abb. 1) ist eine im Basaltzersatz entwickelte Hohlform aufgeschlossen (Poetsch, 1975). Sie ist mit quartären Sedimenten verfüllt: an der Basis des Profils sind skeletthaltige Basaltverwit

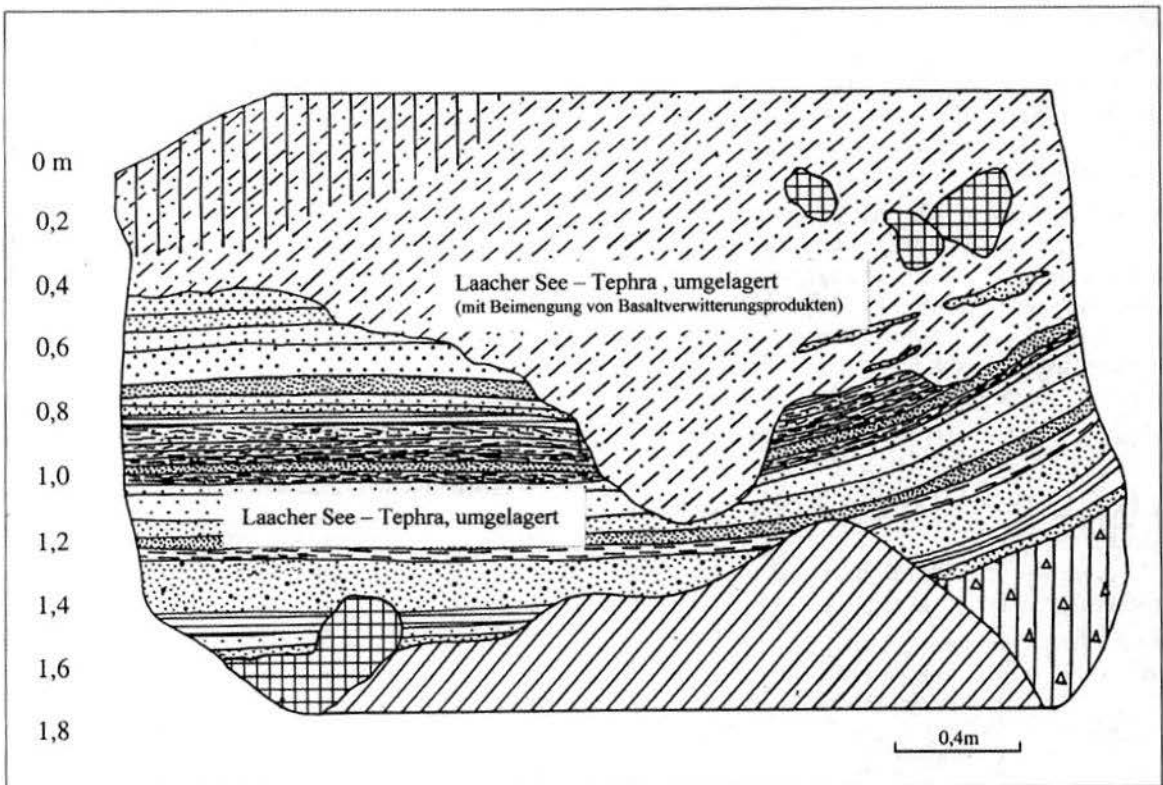


Abb. 1: Profil Schiffenberg

terungsprodukte aufgeschlossen, die von einem etwa bis 1,2 m mächtigen Paket feingeschichteter LST überdeckt werden. Es folgt eine markante erosive Grenze und darüber ungeschichtete LST mit einer Beimengung von Basaltverwitterungsprodukten, einschließlich größeren Basaltschutt.

Die feingeschichtete LST von der Marke 0,4 bis zu der von 1,6 m, in der linken Hälfte der Profilzeichnung, enthält keine Beimengungen lokalen Ursprungs, sondern stellt die „reine“ LST dar (Poetsch, 1975). Die mineralogisch-petrographische Zusammensetzung der LST besteht im wesentlichen aus drei Komponenten – Gruppen (Bogaard, 1983):

1. vulkanisches Glas
2. Gesteinsfragmente (Nebengesteinsfragmente, wie Schieferbruchstücke, Basaltbruchstücke u.a., essentielle Klaster)
3. Einzelkristalle (Sanidin, Plagioklase, Schwerminerale)

Da die feingeschichtete LST in der vorliegenden Hohlform wahrscheinlich sehr kurz nach ihrer Ablagerung durch jüngere Schichten abgedeckt wurde, sind ihre Einzelbestandteile unverwittert und ihr Habitus stellt einen wertvollen Ausgangspunkt für Untersuchungen von aus LST entwickelten Böden dar.

Eine besonders charakteristische Komponente ist das vulkanische Glas. Das überwiegend farblose lichtisotrope Glas zeigt bei der Anwendung klassischer lichtmikroskopischer Methoden nur wenig Kontrast und lässt sich schlecht abbilden. Deutliche klare Abbildungen erreicht man dagegen mit Hilfe der Phasenkontrast-Methode. Die Anwendung dieses Verfahrens an Dünnschliffen erfordert jedoch sehr dünne Schliffe besonderer Oberflächenqualität (Altemüller, 1964, 1997).

Es zeigt sich, dass die weißlich-grauen Lagen im feingeschichteten Profilteil sehr viel vulkanisches Glas enthalten, innerhalb der Sandfraktion bestehen einige Körnungsklassen bis zu 70-80 Korn-% aus Glas. Die dunkel gefärbten Feinschichten dagegen enthalten weniger Glas, dafür viele Schieferfragmente, deren Anteile bis über 30 Korn-% erreichen können.

Profil 2: Lockerbraunerde aus umgelagerter Laacher See-Tephra

Alle Angaben zum Profil nach Schönhals (1973). Profilbeschreibung etwas ergänzt.

Standortbeschreibung

Ort: 1,3 km südlich Höingen, Forstamt Homberg, Abt. 162
 Top. Karte: TK 25, Blatt, 5219 Amöneburg, R: 349432 H:561917
 Landschaft: Vorderer Vogelsberg
 Höhe: 368 m ü. NN
 Hangneigung: 1° NW
 Relief: schwach geneigter Rücken

Nutzung: Wald
 Mittl. Jahrestemperatur: 7,5 °C
 Mittl. Jahresniederschlag: 700-750 mm
 Gestein: umgelagerte LST
 Humusform: Moder

Profilbeschreibung

Ah 10YR 3/1 (very dark grey), sandig schluffiger Lehm, sehr stark humos, locker fein krümeliges Gefüge, sehr stark durchwurzelt, Thixotropie
 AhBv1 10YR 6/3 und 5Y 6/3 (pale brown, pale olive), schwach toniger Lehm, stark humos, lockeres Feinkrümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, Thixotropie, Allophan-Test (+)
 AhBv2 10YR 6/3 und 5Y 6/3 (pale brown, pale olive), sandig schluffiger Lehm, mittel humos, locker aggregiertes Gefüge, sehr stark durchwurzelt, Thixotropie, Allophan-Test (+)
 BvC 10YR 5/4 und 2,5Y 4/4 (yellowish brown, olive brown), lehmiger Sand, mittel humos, locker kohärentes Gefüge, stark durchwurzelt, Thixotropie, Allophan-Test (+)
 C1-C7 unregelmäßige Wechsellagerung, 10YR 6/2, 10YR 7/2, 10YR 5/2, 2,5Y 5/2, 2,5Y 4/2, 2,5Y 6/2, schluffiger Sand und sandiger Schluff, an der Basis (130-140 cm) etwas verfestigt und mit Tonbelägen, sehr schwach humos, in C1 noch stark durchwurzelt

Allophan-Test wurde nach der Methode von Fieldes & Perrot (1966) durchgeführt.

Mineralogische und mikromorphologische Merkmale Für die Charakterisierung des Verwitterungszustandes der Tephra wurden insbesondere auch die mafischen Schwerminerale herangezogen. Sie wurden durch Schwerentrennung gewonnen und mikroskopisch untersucht. Bei ihrer Untersuchung stützten wir uns auf die Angaben von Bogaard (1983) und das Lehrbuch von Pichler und Schmitt-Riegraf (1993). Die reichlich vorhandenen Augite, Ägirinaugite und Amphibole, die allgemein zu den weniger verwitterungsstabilen Mineralen gerechnet werden, weisen im Solum keine auffälligen Verwitterungsmerkmale auf. Es fehlen weitgehend die sonst charakteristischen mikroskopischen Korrosionsmerkmale wie Hahnkammstrukturen, Bleichungen u.a. Die zu beobachtenden rundlichen, z.T. mit Glas oder Glasverwitterungsprodukten plombierten Lösungskavernen, sind nicht durch die Verwitterung der Mafite, sondern durch ihre magmatische Korrosion entstanden. Diese wird dadurch hervorgerufen, dass bei den magmatischen Prozessen die Schmelze einige der bereits auskristallisierten Minerale anlost. Ähnlich unverwittert wie die Schwerminerale erscheinen die in der Leichtmineralfraktion dominierenden Sanidine.

Im mikroskopische Gefügebild widerspiegeln sich die bodenphysikalisch ermittelten Gesamtporenvolumina im Solum, die sich im Bereich von 75,6 bis 77,9 % erstrecken. Sogar im C-Horizont - bis auf seinen basalen Teil - erreichen die Porenvolumina über 67 %,

und das bei überwiegender Bodenarten uS, teilweise sU (siehe Analysentabelle). Dies ist hauptsächlich durch die offene Packung der einzelnen Bestandteile

zeigt sich folgendes Bild (Poetsch & Altemüller, 1994):

Größenklassen der Hohlräume
Größenklassen der Hohlräume

gS	mS	fS	gU	mU	Summe
0,0	3,2	22,0	11,2	2,4	38,8

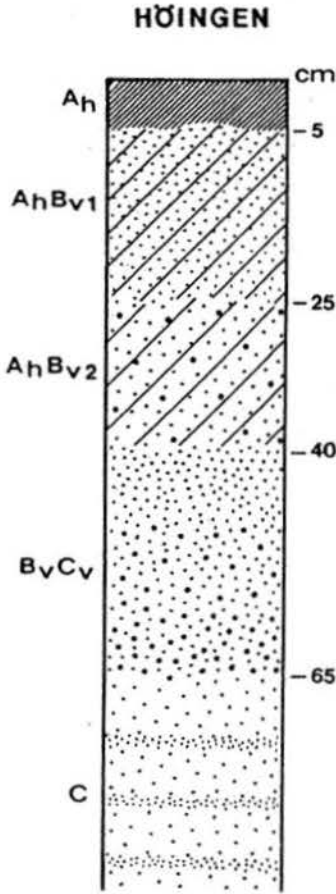


Abb. 2: Profil Höingen

und den Glasreichtum des Substrates bedingt. Hier ist die überwiegend hohe Porosität der sandgroßen Glasfragmente (Bimsglas) und die sperrige Lagerung der einzelnen Glassplitter zu betonen.

Eine weitere bodenmikromorphologische Darstellung konzentriert sich auf den Bv-Horizont, besonders den Tiefenbereich 25-40 cm. Im Schliffbild dominiert hell gelblichbraune „Matrix“ (s.u.), die in Aggregate geformt ist und Mineral- wie auch Gesteinskörner schorfig umhüllt, so dass freie Kornoberflächen nur selten vorkommen. Dadurch entsteht makroskopisch der charakteristisch stumpfe Brauntön.

In den Dünnschliffbildern zeigt sich besonders anschaulich das hohlraumreiche, extrem ausgeprägte Aggregatgefüge. Durch eine von Altemüller (unveröff.) für quantitative Auswertung von Dünnschliffen entwickelte Zählmethode lässt sich das Hohlraumgefüge besonders gut charakterisieren. Dabei werden unter dem Mikroskop die Hohlräume nach gleichen

Angaben in Flächen-%-Anteilen aus Punktzählungen. Objekte < 6 µm werden unter dem Begriff „Matrix“ subsummiert. Sie enthält sowohl Hohlräume als auch Festsubstanz. So besteht die analysierte Probe zu 38,8 % aus Hohlräumen, zu 18,1 % aus Körnern, und die Matrix macht 43,1 % aus.

Bei gekreuzten Polarisatoren sind keinerlei Merkmale für Richtungs Doppelbrechung erkennbar. Die aus Schieferfragmenten (s.u.) zahlreich eingemengten Phyllosilikatschüppchen bleiben statistisch isotrop in der Matrix verteilt.*

Im Phasenkontrast wird deutlich, dass die gesamte Matrix, auch innerhalb von größeren Aggregaten oder von Hüllenbildungen, bis in µm-Dimensionen vollkommen durchaggregiert ist. Soweit glasige Bestandteile noch vorhanden sind, werden diese auf Grund ihrer geringen Lichtbrechung in markantem Hellkontrast abgebildet und noch bis in Feinschluff- oder Grobtonfragmente sicher erkannt.

An besonders dünnen Schliffen sind die einzelnen Korngrößen Mittelschluff bis Grobsand klar voneinander unterscheidbar. Innerhalb dieser Korngrößen ergibt sich ein klares Maximum im Feinsandbereich, grobsandgroße Körner sind nicht vorhanden. Ähnlich wie im Profil Schiffenberg herrschen also feine Korngrößen vor (große Entfernung - über 100 km - vom Ausbruchszentrum). Diese bestehen mineralogisch-petrographisch aus den bereits beim Profil Schiffenberg genannten Komponenten.

Ein besonderes Charakteristikum des Solums ist die starke Verwitterung des vulkanischen Glases unter Bildung von Allophan und kaolinitischen Tonmineralen, insbesondere Halloysit (Schönhals, 1973). Diese auf Glasverwitterung zurückzuführende Tonmineralassoziation entspricht den von Gebhardt, Hugenroth und Meyer (1969) von einigen anderen LST-Bodenprofilen mitgeteilten Ergebnissen. Im Solum des Profils Höingen ist die Glasverwitterung allerdings nicht vollständig abgeschlossen; in zahlreichen Aggregaten lassen sich Reste von Bims nachweisen, die als porige Teile auch bei fortgeschrittener Verwitterung lange erhalten bleiben und erst nach und nach locker mit Feinmaterial ausgefüllt werden. In diesem Stadium tragen noch die Glasreste zur Erhöhung der Porosität im Innengefüge der Aggregate bei.

Vor allem aber das völlige Fehlen von gerichtetem Teilgefüge in toniger Matrix ist das charakteristische Phänomen der hier untersuchten Lockerbraunerde.

*) In größerer Profiltiefe (etwa 1,4 m) kommen spezifische Tonbeläge vor (Poetsch und Altemüller, 1990). Diese spielen in dem hier untersuchten Bv-Horizont keine Rolle

Dies kann durch die tonmineralogische Zusammensetzung der Tonsubstanz (z.B. schlechte Kristallinität, Fitzpatrick, 1993) begründet sein, oder durch das Vorhandensein koagulierend wirkender Stoffe, die eine Ausrichtung von Tonteilchen zu mehr oder weniger großen Bereichen gleicher Orientierung verhindern. Dass die aus Schieferdetritus freiwerdenden Schichtsilikate, die empfindliche Anzeiger für Teilchenausrichtung sind, sich hier nicht aneinander orientieren, spricht dafür, dass koagulierte, lichtoptisch amorphe und stabile Stoffe in der Grundmasse verbreitet sind. Neben Al-Verbindungen dürfen dabei organische Stoffe nicht außer Betracht bleiben (Poetsch & Altemüller, 1994).

Literatur

- Altemüller, H.-J.* (1964): Die Anwendung des Phasenkontrastverfahrens bei der Untersuchung von Bodendünnschliffen. In: A. Jongerius (Ed.): Soil Micromorphology, 371-390, Amsterdam.
- Altemüller, H.-J.* (1997): Polarisations- und Phasenkontrastmikroskopie mit dünnen Bodenschliffen. - Hohenh. Bodenk. H. 40, 21-88.
- Bogaard, v.d.P.* (1983): Die Eruption des Laacher See Vulkans.- Diss., 348 S., Bochum.
- Fieldes, M. & Perrot, K.W.* (1966): Rapid field and laboratory test for Allophane. - N.Z.J. Sci. 9, 623-629.
- Fitzpatrick, E.A.* (1993): Soil microscopy and micromorphology. Wiley, 304 S., Chichester.
- Frechen, J.* (1959): Die Tuffe des Laacher Vulkangebietes als quartärgeologische Leitgesteine und Zeitmarken. - Fortschr. Geol. Rheinl. U. Westf. 4, 363-369.
- Gebhardt, H., Hugenroth, P. & Meyer, B.* (1969): Pedochemische Verwitterung und Mineral-Umwandlung im Trachyt-Bims, Trachyt-Tuff und in den Tuff-Mischsedimenten der Laacher Eruptionsphase. - Göttinger Bodenkundl. Ber. 11, 1-83.
- Pichler, H. & Schmitt-Riegraf, C.* (1993): Gesteinsbildende Minerale im Dünnschliff. Enke, 233 S., Stuttgart.
- Poetsch, T.* (1975): Untersuchungen von bodenbildenden Deckschichten unter besonderer Berücksichtigung ihrer vulkanischen Komponente. Giessener Geolog. Schriften 4, Lenz Verlag, 180 S.
- Poetsch, T. & Altemüller, H.-J.* (1990): Die Bildung von Tonbelägen in Böden aus Laacher See Tephra. - Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges., 62: 129-132.
- Poetsch, T. & Altemüller, H.-J.* (1994): Mineralogische und mikromorphologische Merkmale von Böden aus Laacher See Pyroklastika. - Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 74, 387-390.
- Sakr, R. & Meyer* (1970): Mineral-Verwitterung und -Umwandlung in typischen sauren Lockerbraunerden in einigen Mittelgebirgen Hessens. - Göttinger Bodenk. Ber. 14: 49-83.
- Schmincke, H.-U.* (2003): Als in Deutschland die Berge noch Feuer spien. In Institut für Länderkunde Leipzig: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Relief, Boden und Wasser. Spektrum Akademie Heidelberg, S.60-63.
- Schönhals, E.* (1973): Exkursionsführer zur Jahrestagung 1973 in Gießen. - Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges., 17: 1-257.
- Stöhr, W.Th.* (1963): Der Bims (Trachyttuff), seine Verlagerung, Verlehmung und Bodenbildung (Lockerbraunerden) im südwestlichen Rheinischen Schiefergebirge. - Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 91: 318-337.
- Weyl, R.* (1969): Geologischer Führer durch die Umgebung von Giessen. Mittelhess. Druck- und Verlagsges. Giessen, 193 S., Giessen.

Anschriften

T. Poetsch
Institut für Geographie
Bundesstrasse 55
20146 Hamburg

G. Werner
ZEU
Justus-Liebig-Universität Giessen
Otto-Behagel-Strasse 10 D
35394 Giessen

Physikalische und chemische Analysen von Exkursionspunkt 2 (Profilnummer 2, Bodentyp: Lockerbraunerde)

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							dB
	Cm	Mas-%	GS	MS	FS	GU	MU	fU	T	g · cm-3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AhBv1	5-25	n.b.	0,2	5,7	28,4	13,9	17,3	6,9	27,6	0,57
AhBv2	25-40		0,1	9,4	36,0	16,5	12,9	10,5	15	0,65
BvC	40-65		0,2	11,7	39,9	15,4	12,8	9,0	11,2	0,71
C2	80-90		0,9	2,6	56,4	25,2	6,0	4,8	3,5	0,62
C3	90-105		0,6	8,3	39,2	37,7	6,9	4,4	2,9	0,86
C6	128-130		0,8	74,5	11,2	3,8	5,3	2,0	2,4	
C7	130-140		7,8	23,5	26,0	14,1	13,6	7,1	7,7	0,97

Horizont	Porenverteilung (Vol.-%)				GPV	NFK	kl (pF 2,0)	kf	
	>50µm	50-10µm	10-0,2µm	<0,2µm	Vol.-%	Mm	cm · s-1	cm · s-1	cm · d-1
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
AhBv1	33,6	12,0	21,0	11,3	77,9	n.b.			
AhBv2	29,9	13,3	17,9	14,5	75,6				
BvC	25,6	15,8	19,1	12,6	73,1				
C2	31,6	14,0	23,8	7,2	76,6				
C3	17,5	16,9	26,0	6,9	67,2				
C6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.				
C7	12,9	4,9	31,7	12,4	61,9				

Horizont	Carbonat	PH	PH	Austauschbare Kationen (cmolc · kg-1)					BS
	Mas-%	(H2O)	(CaCl2)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ah	n.b.	3,4	3,1	n.b.					
AhBv1		3,9	3,2						
AhBv2		4,2	3,5						
BvC		4,3	3,6						
C2		4,8	3,7						
C3		4,9	3,6						
C6		5,5	4,1						

Horizont	KAKp	KAKeff	KAKeff/	Corg	Norg	C _{org} /N _{org}	P(CAL)	K(CAL)
	cmolc · kg-1	Cmolc · kg-1	KAKp	Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	Mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
1	30	31	32	33	34	35	36	37
Ah	n.b.			6,0	4,82	n.b.		
AhBv1				3,5				
AhBv2				1,7				
BvC				1,1				
C2				0,3				
C3				0,1				
C6				0,1				

Horizont	Feo	Fed	Fe _o /Fe _s	Ald	Mnd	Sid	SiL	AIL	SiO2L/
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	%	Mg · g-1	mg · g-1	mg · g-1	mg · g-1	mg · g-1	Mol
1	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Ah	9,6	15,7	61	n.b.					
AhBv1	7,9	13,9	57						
AhBv2	8,1	13,6	60						
BvC	6,1	12,0	51						
C2	1,6	6,0	27						
C3	0,8	4,0	19						
C7	0,9	7,1	13						

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar

H 8: Böden der nördlichen Wetterau und am Obergermanischen Limes

P. Kühn¹, S. Bender², L. Popa¹, P. Felix-Henningsen¹

Zielsetzung

Ein Ziel der Exkursion sind Nahtstellenböden (mündl. Mitt. Harrach 2004) der Wetterau. Unter Nahtstellenböden sind polygenetische Böden zu verstehen, in denen sich in einem Profil die mehrheitlichen Bodenbildungsprozesse wieder finden, die zur Ausprägung der Leitböden einer Bodenlandschaft geführt haben. Ein Nahtstellenboden der Wetterau ist beispielsweise die Tschernosem-Parabraunerde mit unterschiedlich starkem Hydromorphieeinfluss.

Ein weiteres Ziel ist der Vergleich unterschiedlicher Bodenentwicklungsstadien anhand einer Bodenchronosequenz. Durch die in weiten Teilen erhaltene etwa 1900 Jahre alte Wallanlage des Obergermanischen Limes bietet sich die hervorragende Möglichkeit, auf kürzeste Entfernung den Bodenentwicklungsstand dreier unterschiedlicher Zeitabschnitte zu vergleichen (vgl. Bleich et al. 1986).

Exkursionsroute

Die Fahrt führt von Marburg durch das Marburg-Gießener Lahntal (B3a) nach Gießen. Von dort geht es zunächst über die A5, ab der Ausfahrt Fernwald über die B 457, in den nördlich von Hungen liegenden Hungener Stadtwald (Standort 1). Vom nordöstlichen Rand der Wetterau geht es dann vorbei an Kloster Arnsburg über Dorf-Güll in die nordwestliche Wetterau zum Holzheimer Unterwald (Standort 2); der zwischen Langgöns und Grüningen gelegen ist.

Lage und naturräumliche Einordnung

Die Lösshügellandschaft der Wetterau ist zwischen Taunus und Vogelsberg gelegen und bildet die nördlichste Einheit des Rhein-Main-Tieflandes (Klausing 1988). Die ertragreichste Ackerlandschaft Hessens nimmt Höhen zwischen 100 - 250 m ü. NN ein. In der nördlichen Wetterau trennt der Münzenberger Rücken das flachwelligen Butzbacher Becken im Westen von den Hungener Höhen und der Horloff-Niederung im Osten. Im Nordwesten trennt der Hüttenberger Landrücken, der die Wasserscheide von Lahn und Wetter bildet, die Wetterau vom Giessener Becken.

Geologie und Geomorphologie

Die Wetterau ist eine mit tertiären und quartären Sedimenten ausgefüllten Tertiär-Senke, die strukturell mit dem Oberrheingraben im SSW und der Niederhessischen Tertiär-Senke im NNE verbunden ist (Thews 1996). Von Osten ist sie teilweise mit den tertiären Basaltdecken des Vogelsbergs erfüllt. Durch

den im Quartär klimatisch bedingten Wechsel von linearer Zerschneidung mit fluvialer Akkumulation sowie einer bis zu 20 m mächtigen Lössablagerung entstand die flach wellige Lösshügellandschaft der Wetterau (Bibus 1976). Vor allem in den Randbereichen der Wetterau sind periglaziäre Lagen (Haupt-, Mittel- und Basislage) weit verbreitet, die gleichzeitig das Ausgangssubstrat für die Pedogenese bilden. Die Löss sind durch Paläoböden und verschiedene Tephralagen vielfach gegliedert (Bibus 1976, Semmel 1990). Als wichtigste stratigraphische Marke für die zeitliche Einordnung der holozänen Bodengenese ist die durch den Ausbruch des Laacher See Vulkans weiträumig abgelagerte Laacher See Tephra, die auf etwa 12900 Kalenderjahre BP datiert wird (Baales et al. 2002, Litt et al. 2003). Die Angaben für das gewichtete mittlere ¹⁴C-Alter schwanken noch zwischen 11230±40 Jahren BP (Hajdas et al. 1995) und 11062±11 Jahren BP (Baales et al. 2002).

Klima und Vegetation

Die durchschnittliche Jahrestemperatur der Wetterau liegt zwischen 8° und 9°C (Knoch 1950) und gehört zu den trockensten Bereichen der Rhein-Main Region mit durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen von 500 - 650 mm. Während des gesamten Holozäns war das Klima der nördlichen Wetterau im Vergleich zu den angrenzenden Regionen deutlich niederschlagsärmer (Stobbe 1996).

Während im Spätglazial im Greenland Interstadial 1a-c (Allerød) ein geschlossener Kiefernwald vorherrschte, war dieser im Greenland Stadial 1 (Jüngere Dryas) vorwiegend auf die Täler beschränkt. Hügel und höher gelegene Flächen waren von offener Kräutervegetation und Zwergsträucher-Gesellschaften gekennzeichnet (Bos 2001).

Im Präboreal und Boreal breiteten sich die Hasel und Arten des Eichenmischwalds aus. Aus den Flusstälern wurde die Kiefer von Eichen, Ulmen und Linden verdrängt, behauptete sich aber weiter in den trockeneren Regionen. Dieses Vegetationsbild war dem des Mitteldeutschen Trockengebietes ähnlich. Zu Beginn des Atlantikums war die Wetterau vollständig bewaldet und lässt sich während des Atlantikums niederschlagsbedingt in einen lindenreichen östlichen und einen kiefernreichen westlichen Teil unterscheiden. Auf den Tschernosemen stockten Lindenwälder, nur im Gebiet um Münzenberg dominierte die Kiefer. Ab dem Mittleren Atlantikum nahm der anthropogene Einfluss infolge der starken Nutzung zu. Dadurch bedingt dominierten im Subboreal aufgelichtete Eichenwälder mit hohem Haselanteil. Im Subatlantikum herrschte die Buche vor und auf den ärmeren Böden verdrängte die Birke die Hasel (Stobbe 1996).

Bodengesellschaften

In den mit einer etwas mächtigeren Lössdecke überzogenen Bereichen ist die Vergesellschaftung von in allen Degradationsstufen vorkommenden Relikten altholozäner Tschernoseme mit Parabraunerden typisch, die durch unterschiedlich starken Hydromorphieeinfluss geprägt sind. Die Bodenentwicklungstiefe beträgt im Löss und seinen Derivaten in der Regel selten mehr als 130 cm (Sabel 1982, Thiemeyer 1988). In den Randbereichen der nördlichen Wetterau fehlt die Lössauflage an den windexponierten Standorten oder ist nur geringmächtig ausgebildet. Dadurch differenziert sich das Bodenmosaik weiter durch das zusätzliche Auftreten von Plastosolen und Braunerden (Schrader 1981, 1983). Weiterhin sind nutzungsbedingt an Oberhängen Pararendzinen und Ranker sowie an Unterhängen oder als Dellenfüllungen Kolluvien verbreitet.

Der Obergermanische Limes

Der Limes grenzte zwischen den Flüssen Rhein und Donau vom Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. (Baatz 2000: 16ff.) bis zum dritten Viertel des 3. Jahrhunderts (Baatz 2000: 77f.; Steidl 2000: 116ff.) den Römischen Staat von den Germanen ab. Auf dieser Strecke markierte der Obergermanische Limes die Außengrenze der römischen Provinz *Germania superior* (Obergermanien) und der Raetische Limes die Außengrenze der Provinz *Raetia* (Raetien). Unter dem Limes verstehen wir einen Geländestreifen, der mit einem System aus Überwachungs- und Sperranlagen versehen worden war, das in Raum und Zeit Änderungen unterlag. An dieser Linie befanden sich die Kastelle der Grenztruppen. Der kurze Überblick bezieht sich auf den Obergermanischen Limes, der sich vom Rhein bei Bad Hönningen bis zum Rotenbachtal bei Schwäbisch Gmünd im Gebiet der heutigen Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg erstreckte (Grundlage: Baatz 2000).

In der ersten Phase befanden sich am Limes Holztürme, die in Sichtweite standen und untereinander mit einem Weg, dem Postenweg, verbunden waren. In Waldgebieten wurden Schneisen geschlagen, um den Limes von Turm zu Turm überwachen zu können. Im Jahre 120 setzte die Phase 2 mit dem Bau von hölzernen Sperranlagen (Palisaden, Zäune) ein (Bender et al. 2003: 110f.). Um die Mitte des 2. Jahrhunderts wurden in der dritten Phase die Holz- durch Steintürme ersetzt. Nach gängiger Meinung wurde gegen Ende des 2. Jahrhunderts oder am Anfang des 3. Jahrhunderts hinter der Palisade ein Graben angelegt, dessen Aushub zu einem Wall aufgeschüttet wurde. Ob mit dieser Maßnahme die Wirkung der Palisade verstärkt werden, oder in Ermangelung von Bauholz, die wohl ruinös gewordene Palisade ersetzt werden sollte, ist nicht sicher (Schallmayer 2003: 16f.). Erst die Phase 4 hat mit den markanten Spuren von Graben und Wall in der Landschaft das Bild ge-

prägt, das heutzutage mit dem Begriff „Limes“ assoziiert wird (Abb. 1).



Abb. 1: Ausbauphase 4 des Obergermanischen Limes (aus Baatz (2000): Abb. 34).

Die genaue Entstehungszeit von Graben und Wall stellt die Forschung immer noch vor Probleme. Zwei Funde aus der Wallfüllung belegen den aktuellen Datierungsansatz. Eine Silbermünze vom Limes beim Kastell Saalburg (Bad Homburg v. d. Höhe), die 194/195 geprägt wurde (Jacobi 1911: 101; FMRD V 1, 1164.9), und eine Gewandfibel aus Bronze vom Limes beim Kastell Altheburg-Heftrich (Idstein-Heftrich), deren Fertigung zu Beginn des 3. Jahrhunderts datiert wird (Becker 2000), geben einen terminus post quem für die Entstehung von Graben und Wall.

Exkursionspunkte

Der **1. Exkursionspunkt** liegt im Hungener Stadtwald. Es handelt sich hierbei zunächst um eine in der Hauptlage entwickelte pseudovergleyte Tschernosem-Parabraunerde, die von Schrader (1983) im Rahmen der bodenkundlichen Landesaufnahme beschrieben wurde. Zwischen liegendem Löss, mit einem darin entwickelten Parabraunerde-Pseudogley, und der Hauptlage liegt ein etwa 7 cm mächtiges Band aus Laacher See-Tephra.

Der **2. Exkursionspunkt** liegt im Holzheimer Unterwald in der unmittelbaren Nähe eines römischen Kastells (Abb. 2). In einem mehr als drei Meter tiefen und mehrere Meter langen Schnitt durch die Wallanlage wird die Bodenentwicklung (eine Parabraunerde) im Limes vorgestellt und mit dem darunter liegenden limeswallzeitlichen Oberflächenboden (Tschernosem-Parabraunerde) verglichen. Ein Profil neben dem Wall zeigt eine Pseudogley-Parabraunerde als Beispiel für den aus periglaziären Lagen (Hauptlage über Mittellage über Basislage) bis heute entstandenen Oberflächenboden.

Zur Exkursion werden die Datenblätter und weitere Informationen ausgeteilt, die auch Ergebnisse der Mikromorphologie, Tonmineral-, und Schwermetalluntersuchungen beinhalten.

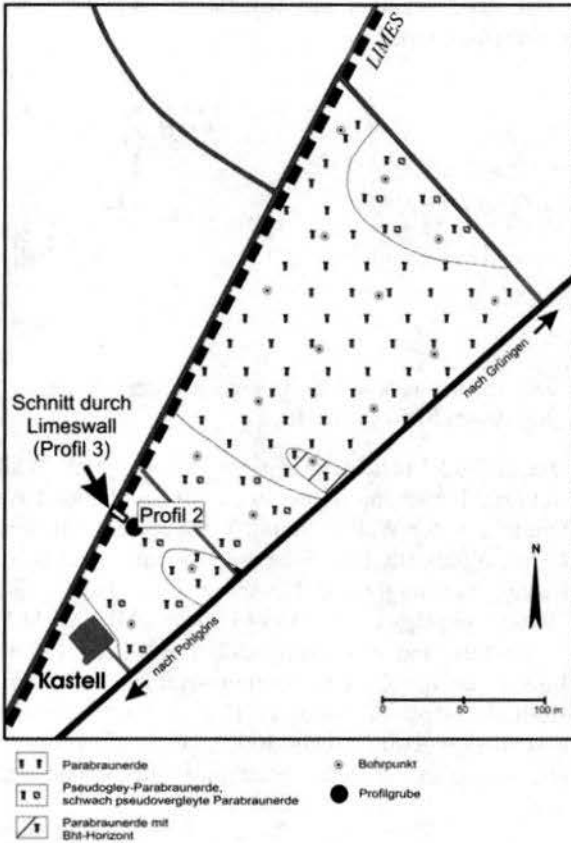


Abb. 2: Bodenkarte zu Standort 2

Literatur

- Baales, M., Jöris, O., Street, M., Bitmann, F., Weninger, B., Wiethold, J. (2002): Impact of the Late Glacial eruption of the Laacher See volcano, central Rhineland, Germany. - *Quaternary Research* 58, 273-288.
- Baatz, D. (2000): Der römische Limes. Archäologische Ausflüge zwischen Rhein und Donau. Berlin.
- Becker, Th. (2000): Ein Fibelfund aus dem Limeswall beim Wachturm 3/31 im Taunus. - *Saalburg-Jb.* 50: 105f.
- Bender, S., Schroth, B. & Westphal, Th. (2003): Der Kaiser in Rom hat auch am Krebsbach „dicht gemacht“ – Palisadenfunde am Limes bei Hammersbach-Marköbel. - *hessenARCHÄOLOGIE* 2002: 108-111; Stuttgart.
- Bibus, E. (1976): Die Geomorphologie der Wetterau im Pliozän und Pleistozän. - *Rhein-Mainische Forschungen*, 82: 17-42.
- Bleich, K.E., Hauffe, K.H. & Schlichting, E. (1986): Podsol and Pseudogleys of Baden-Württemberg. - *Mitt. Deut. Bodenk. Ges.*, 46: 121-156.
- Bos, J.A.A. (2001): Lateglacial and Early Holocene vegetation history of the northern Wetterau and the Amöneburger Basin (Hessen), central-west Germany – Review of Palaeobotany Palynology, 115: 177-212.
- FMRD V 1 (1994): Die Fundmünzen der römischen Zeit in Deutschland. Berlin.
- Hajdas, I., Ivy-Ochs, S.D., Bonani, G., Lotter, A.F., Zolitschka, B., Schlüchter, C. (1995): Radiocarbon age of the

Laacher See Tephra: 11,230 ± 40 BP. - *Radiocarbon*, 37: 149-154.

Jacobi, H. (1911): Der Durchgang der Hedderheimer Römerstraße durch den Pfahlgraben vor der Saalburg. - *Saalburg-Jb.* 2: 97-111.

Klausung, O. (1988): Die Naturräume Hessens mit Karte 1:200 000. Schriftenreihe der Hess. Landesanstalt für Umwelt, Heft 67, Wiesbaden

Knoch, H. (1950): Klimaatlas von Hessen. Bad Kissingen.

Litt, T., Schmincke, H.-U., Kromer, B. (2003): Environmental responses to climatic and volcanic events in central Europe during the Weichselian Lateglacial. - *Quaternary Science Reviews* 22, 7-32.

Sabel, K.-J. (1982): Ursachen und Auswirkungen der bodengeographischen Grenzen in der Wetterau (Hessen). - *Frankfurter Geowiss. Arb.*, D 3; 116 S.

Schallmayer, E. (2003): Der Limes, Marköbel und Kaiser Hadrian. Neue wissenschaftliche Ergebnisse zum Obergermanisch-Raetischen Limes und ihre öffentlichkeitswirksame Präsentation. - *Denkmalpflege & Kulturge-schichte*, 2: 12-21.

Steidl, B. (2000): Die Wetterau vom 3. bis 5. Jahrhundert n. Chr. - Materialien zur Vor- und Frühgeschichte von Hessen, 22; Wiesbaden.

Schrader, L. (1981): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5518 Gießen; 124 S.

Schrader, L. (1983): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5519 Hungen; 122 S.

Semmel, A. (1990): Der Naturraum und seine Veränderungen. In: Herrmann, F.-R. (Hrsg.): *Die Vorgeschichte Hessens*: 15-38; Stuttgart.

Stobbe (1996): Die holozäne Vegetationsgeschichte der nördlichen Wetterau – paläoökologische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Einflüsse. *Diss. Botanicae*, 260; 216 S.

Thews, J.-D. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte 1:300000 (GÜK 300 Hessen). *Geol. Abh. Hessen*, 96; 237 S.; Wiesbaden.

Thiemeyer, H. (1988): Bodenerosion und holozäne Dellenentwicklung in hessischen Lössgebieten. *Rhein-Mainische Forschungen*, 105; 173 S.

Anschrift

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung im IFZ, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen

² Abt. Archäologie u. Paläontologie, Landesamt für Denkmalpflege Hessen, Schloß Biebrich/Ostflügel, D-65203 Wiesbaden, s.bender@denkmalpflege-hessen.de

H 9: Das Lahntal bei Waldgirmes in römischer Zeit

H. Thiemeyer, A. Becker, G. Rasbach

Zielsetzung

Die Exkursion führt in das mittlere Lahntal zwischen Wetzlar und Gießen. Besichtigt werden Böden im Rahmen der römischen Grabung in Waldgirmes und, je nach Aufschlussituation, überdeckte präromische Bodenprofile in Auennähe. Nähere Angaben sind hierzu leider nicht möglich. Die geomorphologisch-bodenkundlichen Untersuchungen haben zum Ziel, alte Landschaftszustände zu rekonstruieren, natürliche von quasinatürlichen Schichten (Kolluvien) zu unterscheiden und gegebenenfalls alte Oberflächen zu definieren. Ebenso bedeutsam ist die Frage, in welchem Maß die postromische Bodenerosion die Landschaft verändert hat und wohin das erodierte Material transportiert wurde.

Exkursionsroute

Die Anfahrt erfolgt aus Marburg über die B3 und die B49 nach Lahnau-Waldgirmes. Die Rückfahrt nach Marburg ist für etwa 18.30 Uhr geplant.

Beschreibung des Exkursionsgebietes

Die genannten Grabungen befinden sich im Lahntal nördlich des Flusses zwischen Wetzlar und Gießen. Die Lahnaue ist in diesem Bereich bis zu 3 km breit und geht meist in flache Hänge über. Zwischen Dorlar und Atzbach befindet sich hingegen ein engerer Talabschnitt mit steileren Hängen. Die Aue ist bei Dorlar nur etwa 400 m breit. Der Untergrund der Talflanken besteht im wesentlichen aus paläozoischen Grauwackenschiefen des Unterkarbon und Unterdevon, die bereits im Zuge einer intensiven tertiären Verwitterung tiefgründig zersetzt sind. Stellenweise treten auch feste Grauwackenbänke an die Oberfläche. Hangverflachungen stellen oftmals höhere Lahnterrassen dar, insbesondere, wenn sie durch geringmächtige Kiesschichten – z.B. im Umkreis der römischen Anlagen Waldgirmes und Dorlar – belegt sind. Sie sind im Zuge der Taleintiefung entstanden und in unterschiedlichen Höhen über dem heutigen Talboden zu finden. Den Talabschnitt zwischen Atzbach und Wetzlar hat Lipps (1986) bearbeitet. Sie gliedert in diesem Raum eine Hochterrasse (bei Dorlar 212 - 215 m) sowie die Mittelterrassen MT1 (am Sportplatz Atzbach 178 - 180 m) und MT2 (155 - 165 m) aus.

Die flach geneigten Hänge sind von vorwiegend wärmzeitlichem Löss überdeckt. Stellenweise finden sich darin Periglazial-Phänomene (verfüllte Frostspalten und Eiskeilpseudomorphosen). So war etwa die Grabungsfläche Waldgirmes an einigen Stellen netzartig von schmalen Gräbchen durchzogen, die sich durch Fundleere auszeichneten. Die holozäne Bodenbildung ließ die Substratunterschiede sichtbar

werden. Regelmäßig liegen auf den Festgesteinen des Untergrundes pleistozäne Fließerden und Lockererdimentecken.

In der Lahn-Aue die Laacher See-Tephra weit verbreitet in größerer Mächtigkeit (0,5 - 1 m) zur Ablagerung gelangt. Sie ist heute noch inselartig auf Niederterrassenresten zu finden, deren Bildung im mittleren Alleröd bereits abgeschlossen war und die einer späteren Flusserosion bzw. Umlagerung nicht anheim gefallen sind.

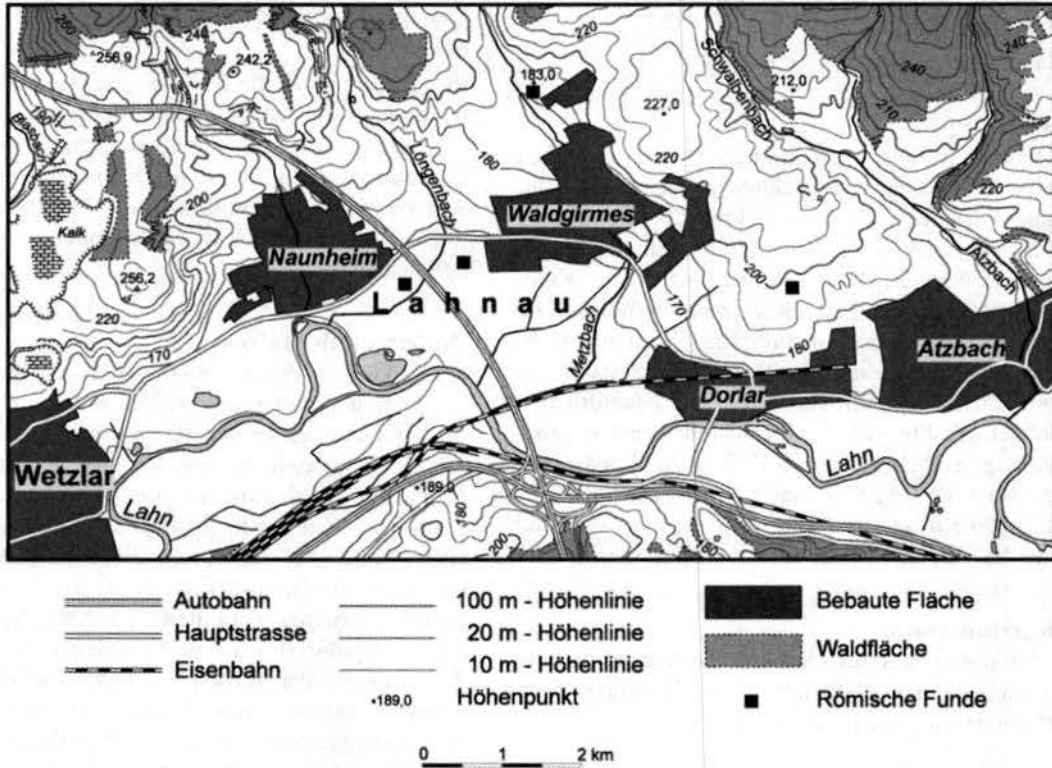
Bodengesellschaften

Die Böden in diesem Raum sind geprägt von den wechselnden Untergrundverhältnissen. In den Solifluktsdecken an den Hängen haben sich an lössarmen Standorten Braunerden und Parabraunerden entwickelt, die teilweise über tertiären Verwitterungsprodukten liegen. In flachen Bereichen können auch Pseudogleye über tonigem Untergrund auftreten, wenn die Grauwacken bereits im Zuge einer intensiven tertiären Verwitterung tiefgründig verlehmt sind. Aufgrund des hohen Tongehalts haben sich in den daraus entstandenen Solifluktsdecken heute nahezu undurchlässige, stark marmorierte Sd-Horizonte gebildet. Die ursprünglich darüber vorhandene Hauptlage ist heute an vielen Stellen bereits wieder erodiert.

In lössbedeckten Arealen sind vorzugsweise Parabraunerden entstanden, die insbesondere in flachen Reliefbereichen auch pseudovergleyt sein können. Auf den ausgedehnten, im Früh- und Mittelholozän noch hochwasserfreien Niederterrassenflächen und -inseln bildeten sich in den spätpleistozänen Hochflutlehmen Parabraunerden, stellenweise auch Schwarzerden unter terrestrischen, hochwasserfreien Bedingungen und über einen längeren Zeitraum (Jahrtausende) ohne Grundwassereinfluss, da die damalige Lahn-Aue in die spätpleistozänen Sedimente eingetieft war. In der Lahn-Aue finden sich vorwiegend Auengleye, Anmoorgleye und Niedermoore (Schrader 1986). Diese Verhältnisse wurden erst durch zunehmende anthropogene Einflüsse im Lahn-einzugsgebiet verändert.

Landschaftsveränderungen

Ab dem Altneolithikum waren die Talränder und auch die Niederterrassenflächen besiedelt, die damals noch hochwasserfrei waren (Urz et al. 2002). Die Landnutzung (Rodung, Ackerbau, Weidewirtschaft) hatte nur geringe Auswirkungen auf das Erosionsgeschehen auf den Hängen und die Veränderung der Flusslandschaft. So sind im mittleren Lahntal keine Kolluvien und Auenlehmbildungen aus dieser Zeit bekannt (Mäckel 1970). In den nachfolgenden Perioden bis zur jüngeren Bronzezeit sind Siedlungsnachweise äußerst selten. Demzufolge darf von morphologisch stabilen Landschaftsverhältnissen ausgegangen werden.



Übersichtskarte Lahnau

Pollenanalytische Untersuchungen legen nahe, dass sich ab der vorrömischen Eisenzeit Siedlungstätigkeit und Landnutzung verstärkten. In deren Verlauf dürfte es zwar zur Bildung erster Kolluvien auf den Hängen gekommen sein, vermehrte Auenlehmlagerungen lassen sich jedoch nicht nachweisen. Auch in den beobachteten Grabungen waren keine prä-römischen Kolluvien anzutreffen. Allerdings änderten sich die Verhältnisse durch die nunmehr zahlreicheren germanischen Siedlungen und die Ausdehnung des Römischen Reiches bis zum Wetterau-Limes. Um die Zeitenwende stellte das mittlere Lahntal zwischen Wetzlar und Gießen einen Berührungsräume zwischen römischen Besatzern und Germanen dar (Abegg-Wigg et al. 2000). Im Grenzgebiet entstanden Marschlager bzw. Stützpunkte (Dorlar und Waldgirmes; vgl. Becker 1998, Becker & Rasbach 1998, 2003), schließlich im späten 1. Jahrhundert die Siedlung Wetzlar-Naunheim. Zumindest in den intensiv genutzten siedlungsnahen Arealen hat nun Bodenerosion eingesetzt, die zu kaiserzeitlicher Kolluvienbildung führte.

Zur Unterscheidung der Kolluvien von Bodenhorizonten wurden einige Humusuntersuchungen durchgeführt. Sie belegen, dass kaiserzeitliche Kolluvien einen höheren Humusgehalt (0,9-1,4 %) besitzen als die unterlagernden Bodenhorizonte. Jüngere mittelalterliche Kolluvium hingegen weisen dieselben Humusgehalte (0,9 %) wie die oberen Bodenhorizonte (0,6-0,9 %) auf. Diese besitzen im Übrigen stellen-

weise eine graubraune Farbe und plattiges Gefüge und beinhalten in ihren oberen Partien vereinzelt neolithische Funde, was auf bereits ins Neolithikum zu stellende erste Bodenumlagerungen in diesem Raum hindeutet. Die vergleichsweise homogene Bodenlandschaft wurde, stellenweise bereits seit der Bandkeramik, vielfach verändert. Insbesondere kam es durch weitreichende Entwaldung und feldbauliche Nutzung zur Bodenerosion auf den Hängen.

Das heutige Bodenmuster weist demzufolge oftmals extrem erodierte Böden (auf Schieferstandorten Regosole und Ranker, im Löß Pararendzinen) auf. Diese Bodentypen zeichnen schwerwiegende Nachteile für die archäologische Funderhaltung aus. Oft ist die Bodenoberfläche – was indessen meist nur geschätzt werden kann, da der ursprüngliche Boden vollständig abgetragen ist – um mehr als einen Meter tiefergelegt. Mit geringer werdender Hangneigung verringert sich in der Regel auch der Erosionsgrad der Böden. In Lößgebieten fehlt zumindest der tonarme Oberboden der Parabraunerden nahezu immer. Auch am Stützpunkt Waldgirmes ist die stärkere Kappung der Oberfläche am Aussetzen der Hausgrundrisse bei zunehmender Hangneigung abzulesen.

Das erodierte Bodenmaterial findet sich als Kolluvium in den Tiefenlinien auf den Hängen und als Auenlehm in den größeren Tälern wieder. Dort ist die alte Oberfläche teilweise mehr als 2 m überdeckt. Diesbezüglich unterscheidet sich das Lahntal also nicht von anderen deutschen Flusslandschaften. Die Auenlehm-

ablagerungen sind zu großen Teilen aber erst nach der Zeitenwende durch intensiviert Landnutzung im gesamten Lahn-Einzugsgebiet entstanden. Sie sind in der Regel nicht direkt mit den Erosionsvorgängen an den angrenzenden Hängen verknüpfbar, da sie zu meist aus fluvialen Sedimenten aufgebaut sind, die auch über weite Strecken herantransportiert worden sein können.

Durch stetige Erhöhung der Auenlehmdecke wurde schließlich der gesamte Niederterrassenbereich in den Überflutungsraum einbezogen und von jüngerem Auenlehm überdeckt. Im Jahr 2003 war im Industriegebiet Waldgirmes westlich des Sportplatzes unter 80 cm Kolluvium eine Parabraunerde mit Tschernosemvergangenheit aufgeschlossen, die sich in älterem Hochflutlehm der Lahn entwickelt hatte. Durch die Aufhöhung der Aue stieg auch der Grundwasserspiegel an, wodurch die unteren Partien der nunmehr fossilen Böden in den älteren Hochflutlehmen unter Grundwassereinfluss gerieten. Die Chronologie der Erosions- und Akkumulationsprozesse ist mit bodenkundlichen Methoden (Bohrungen) bislang nur schlecht zu fassen. Die Kolluvien und Auenlehme im mittleren Lahntal lassen sich nicht durch Bodenbildungen gliedern. Gelegentlich finden sich sandige Lagen in den ansonsten vorherrschenden schluffigen Sedimenten. Eine Datierung kolluvialer Ablagerungen über Keramikbruchstücke, Holzkohlen etc. führt auch zu keinem Ergebnis, da sie wesentlich älter sein können als der Zeitpunkt ihrer letztmaligen Umlagerung. Heutige Verbreitung und Mächtigkeit der Kolluvien repräsentieren nur die Summe aller Abtragsphasen seit der römischen Kaiserzeit. Dabei können Änderungen im Kleinrelief ehemalige Erosionsstandorte zu Akkumulationstandorten werden lassen und umgekehrt, kolluviale Zwischenspeicher können auch wieder „geleert“ werden.

Literatur

- Abegg-Wigg, A. & Walter, D. & Biegert, S.* (2000): Forschungen in germanischen Siedlungen des mittleren Lahntals. – in: *Haffner, A. & von Schnurbein, S.* (2000): Kelten, Germanen, Römer im Mittelgebirgsraum zwischen Luxemburg und Thüringen. Intern. Koll. zum DFG-SPP „Romanisierung“ Trier, 28. - 30. September 1998. - Koll. Vor- und Frühges., 5: 55 - 66; Bonn.
- Becker, A. & Rasbach, G.* (1998): Der spätaugusteische Stützpunkt Lahnau-Waldgirmes. – *Germania*, 76: 673 - 692; Mainz.
- Becker, A. & Rasbach, G. mit Beiträgen von S. Biegert, T. Brachert, T. Keller, A. Kreuz und U. Schreiber* (2003): Die spätaugusteische Stadtgründung in Lahnau-Waldgirmes – Archäologische, architektonische und naturwissenschaftliche Untersuchungen. – *Germania*, 81: 147 - 199; Mainz.
- Becker, A.* (2003): Lahnau-Waldgirmes – Eine augusteische Stadtgründung in Hessen. – *Historia*, LII/3: 337 - 350; Wiesbaden.

Mäckel, R. (1970): Untersuchungen zur jungquartären Flussgeschichte der Lahn in der Giessener Talweitung. – *Giessener Geogr. Schr.*, 19: 36 S.; Gießen.

Kegel, W. (1976): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.000, Blatt Nr. 5417 Wetzlar. – 2. erg. Aufl.: 137 S.; Wiesbaden.

Lipps, S. (1985): Relief- und Sedimententwicklung an der Mittellahn. – *Marburger Geogr. Schr.*, 98: 93 S.; Marburg

Schrader, L. (1986): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25.000, Blatt Nr. 5417 Wetzlar. – 127 S.; Wiesbaden.

Urz, R. & Röttger, K. & Thiemeyer, H. (2002): Von der Natur- zur Kulturlandschaft – Das mittlere Lahntal (Hessen) in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. – *Germania*, 80: 269 - 293; Mainz.

Anschrift

Prof. Dr. Heinrich Thiemeyer, Inst. f. Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 60054 Frankfurt, thiemeyer@em.uni-frankfurt.de

Dr. Armin Becker, Dr. Gabriele Rasbach, Römisch-Germanische Kommission, Palmengartenstraße 10-12, 60325 Frankfurt a. M. rasbach@rgk.dainst.de

H 10: Probleme des Grundwasser- und Bodenschutzes unter dem Einfluss einer Rüstungsalzlast

A. Look, H. J. Wolff

Einleitung

Während des II. Weltkrieges war 2,4,6-Trinitrotoluol der wichtigste und bekannteste Explosivstoff. Insgesamt wurden allein im Deutschen Reich zwischen 1939 und 1945 1,66 Millionen Tonnen Sprengstoff hergestellt (Preuß et al. 1988: 31), davon die Hälfte, nämlich 0,83 Millionen Tonnen TNT (Schneider et al. 1996: 40). Die größten Werke waren Stadtallendorf (Wolff 1989), Hessisch-Lichtenau, Clausthal-Zellerfeld, Dömitz, Dragahn, Elnig, Güsen, Krümmel und Schlebusch. 1420 ehemalige Rüstungsalzstandorte haben zur Herstellung und Lagerung von Munition (801), zur Vorprodukterzeugung (309) oder zur Herstellung von Pulver-, Kampf-, Spreng- und Nebelstoffen (210) gedient (Preuß 1992: B06-07). Allein diese Zahlen zeigen die gewaltige Relevanz, die das Erbe der beiden Weltkriege hinterlassen hat. Zur Herstellung einer Tonne TNT werden 260 bis 300 m³ Wasser benötigt (Preuß et al. 1988: 31). Folglich entstanden Sprengstofffabriken in Gebieten mit ausreichenden Grundwasservorkommen. An vielen Standorten werden diese ergiebigen Grundwasservorkommen heute noch zur Trinkwassergewinnung genutzt. Die giftigen, teilweise karzinogenen Vor-, Zwischen-, End- und Abbauprodukte (allgemein als sprengstofftypische Verbindungen (STV) bezeichnet) der TNT-Herstellung und -verarbeitung sind ein Problem für die Folgenutzung der großen Produktionsstandorte und des Grundwassers. Oberirdisch oder oberflächennah findet man heute noch große Mengen an sprengstofftypischen Verbindungen, die durch den Produktionsablauf, durch unsachgemäße Handhabung oder während der Demontage der Werke dort hingenommen sind. Aufgrund ihrer Giftigkeit und Persistenz sind die sprengstofftypischen Verbindungen weder im Boden noch im Wasser erwünscht. Im Rahmen der Exkursion sollen am Beispiel des Rüstungsalzstandorts Stadtallendorf die Probleme im Zusammenhang mit der Gefährdung und Möglichkeiten der Sanierung näher gebracht werden.

Überblick

In Allendorf, dem heutigen Stadtallendorf, wurden zu Beginn des WK II zwei große Sprengstoffwerke gebaut und betrieben (Wolff 1989). Auch heute noch sind von den Sprengstoffwerken DAG (Dynamit AG) und WASAG (Westfälisch Anhaltinische Sprengstoff AG) trotz Demontage durch die Alliierten, Reste des ehemaligen Gebäudebestandes zu sehen. Vereinzelt stehen die ehemaligen Bunker-, Produktions- und Verwaltungsgebäude leer, überwiegend sind sie nach 1945 umgenutzt worden. Im Rahmen einer Historisch-genetischen Aufnahme wurden die Produkti-

onsstätten und Produktionsabläufe erfasst. Das Wissen über die Bandbreite der verarbeiteten Produkte und die Produktionsabläufe hilft, die Gefährdung besser einordnen zu können. Gezielte Untersuchungen und Sanierungsplanungen können angegangen werden. Bei der großen Bandbreite an Stoffen sind alle drei Medien Boden, Wasser und Luft betroffen. Mehrschichtige Sicherungs- und Sanierungskonzepte sind gefragt.

Tri-Halde

Die sogenannte "Tri-Halde" war ursprünglich eine ca. 7 m hohe, etwa 240 m lange und 45 bis 65 m breite Altablagerung. Hier wurde der bei der Abwasserneutralisation der Produktionsabwässer angefallene Neutralisationsschlamm mit extrem hohen Konzentrationen an sprengstofftypischen Verbindungen abgelagert. Überwiegend handelt es dabei um verschiedene Isomere des Vorprodukts Mononitrotoluol, einer sehr stark ausgasenden Verbindung. Bereits 1954 wurde die bis dahin freiliegende Deponie mit Erde abgedeckt. Diese Sicherung wurde in den Folgejahren mehrfach verbessert. Aufgrund des Austritts von Sickerwasser aus der nicht basisgedichten Deponie ist die Halde zusätzlich hydraulisch gesichert worden. In den Jahren 2003/04 wurde die Halde durch Abtrag der kontaminierten Schlämme saniert. Im Locker- und Festgestein verbliebene Schadstoffe sollen durch eine nachlaufende hydraulische Sicherung saniert werden. Die beim Aushub ausgetretenen leicht flüchtigen Mononitrotoluole (MNT) bereiteten erhebliche technische Schwierigkeiten. Erst in einer Halle mit Unterdruckbedingungen und Schleusensystem konnte mit dem Aushub der stark belasteten Schlämme (bis 200 g/kg Summe MNT) begonnen werden. Aufgrund der thixotropen Eigenschaften des Schlamms war vor dem Transport eine Konditionierung erforderlich. Das Tri-Haldenmaterial wird z. Z. noch zusammen mit energiereichem Fremdboden in einer thermischen Bodenbehandlungsanlage in Deutzen dekontaminiert. Das thermisch behandelte Aushubmaterial wird für deponiebautechnische Zwecke auf der Deponie Gröbern bei Leipzig verwertet.

Wassergewinnungsanlage Stadtallendorf

Zur Sicherstellung des enormen Wasserbedarfs der Sprengstoffwerke sind leistungsfähige Wasserwerke errichtet worden, die in Teilen heute noch in Betrieb sind und den mittelhessischen Raum mit Trinkwasser versorgen. In einigen Tiefbrunnen sind die sprengstofftypischen Verbindungen in Spuren nachweisbar; daher wird das Rohwasser aus Vorsorgegründen über Aktivkohlefilter gereinigt. Zusätzlich wird der erste, höher belastete Grundwasserleiter im Abstrom des DAG-Geländes hydraulisch gesichert, das belastete Abschöpfwasser mittels Aktivkohle gereinigt und in die Vorflut abgeleitet.

Zivile Folgenutzung der Sprengstoffwerke

Nach dem WK II. wurden die Werksgebiete in eine zivile Nutzung überführt. Eine rege Neubautätigkeit fand in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts statt. Heute weisen die ehemaligen Werksbereiche eine ausgeprägte Gemengelage auf, deren Lösung eine weitere städtebauliche Herausforderung darstellt. In dieser Aufbauphase wurden die Altlasten gedanklich verdrängt. So entstanden viele Gebäude auf hochkontaminierten Standorten. Mit der Sanierungsmaßnahme „Kinzigstraße“, die im Jahre 2005 ausgeführt werden soll, wird die aufwendige Bodensanierung in der bebauten Ortslage zum Abschluss gebracht. In den vergangenen zehn Jahren sind mehr als 100 Grundstücke saniert worden. Die aufgenommene Schadstofffracht beläuft sich auf mehr als 1.000 Tonnen an sprengstofftypischen Verbindungen. Allein aus der Kanalisation wurden rd. 4 Tonnen hochexplosives TNT in kristalliner Form geborgen.

Forschungsvorhaben "KORA"

Im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens „KORA“, Themenverbund 5 „Rüstungsaltlasten“ wird derzeit am Standort das Teilvorhaben „Prognose und Kontrolle des natürlichen Rückhalts und Abbaus von Nitroaromaten im Festgestein MONASTA (Monitored natural attenuation Stadtallendorf)“ wissenschaftlich bearbeitet. Die Einbeziehung des Lockergesteins in dieses Vorhaben ist beantragt. Im Teilvorhaben „MONASTA“ werden folgende Hauptziele verfolgt:

- Beschreibung der Reaktions- und Transportbedingungen ausgewählter STV und Metaboliten im Hinblick auf die Bestimmung eines Selbstreinigungspotenzials im Festgestein Grundwasserleiter
- Prognose der Schadstoffausbreitung
- Ableitung von Handlungsempfehlungen zum Betrieb der hydraulischen Sicherung

Im Ergänzungsantrag soll bezogen auf noch nicht sanierte Schadensherde in der Talau von Münchbach und Klein im Lockergestein untersucht werden:

- Wie liegen die Schadstoffe (MNT) in der Quelle vor, bzw. welche Bindungsformen bestimmen die Schadstoffquelle?
- Wie breiten sich die Schadstoffe (MNT) im Grund- und Sickerwasser aus?
- Kann durch Zugaben von Stimulanzien ein verbesserter Rückhalt und Abbau im Quell- und Abstrombereich erreicht werden?

Im Sediment der in den Talauen liegenden Vorflutern Münchbach und Klein sind heute noch hohe Konzentrationen an sprengstofftypischen Verbindungen (vorwiegend MNT) nachweisbar.

Die historische Recherche zur Entstehung der im Rahmen des Vorhabens untersuchten Schadensherde hat gezeigt, dass die Kontaminationen durch die Einleitung oder Havarien von hochkontaminierten Schlämmen / Abwässern in die Vorflutgräben entstanden sind.

Mit dem Forschungsvorhaben sollen die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Implementierung natürlicher oder stimulierter Prozesse des Rückhalts oder des Abbaus von Schadstoffen in der Sanierungspraxis ermittelt und praktisch umgesetzt werden.

Sanierungsareal Kleinniederung (Fischteiche)



Bild 1: Schadensbild Kleinniederung



Bild 2: Ansicht von Südost nach Nordwest

Hinweis

Da der ehemalige Rüstungsproduktionsstandort Stadtallendorf seit vielen Jahren intensiv saniert wird, lassen sich exakte Standorte sowie der genaue Ablaufplan der Exkursion nur kurzfristig festlegen. Änderungen im Exkursionsprogramm sind daher möglich.

Literatur

Preuß, J., Haas, R., Koss, G. (1988): Altstandorte, Altablagerungen, Altlasten - Das Beispiel eines ehemaligen Standortes der chemischen Rüstungsindustrie. Geographische Rundschau 40, Heft 6, S. 31-38, Braunschweig.

Preuß, J. (1990): Vorerkundung und Bewertung des Gefährdungspotentials altlastenverdächtiger Betriebsflächen der ehemaligen chemischen Rüstungsindustrie - Stadtallendorf, Landkreis Marburg-Biedenkopf -, Marburg. (Habilitationsschrift, unveröffentlicht)

Preuß, J. (1992): Definition Rüstungsaltlasten und Sachstand der Erfassung im Bundesland Hessen. In: Tagungsband zum Expertengespräch: Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff. Veranstalter: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten. 1. und 2. September 1992, Philipps-Universität Marburg, B 06.

Schneider, U., Weingran, C., Wolf, M. (1996): Einstieg in die Bodensanierung an den hessischen Rüstungsaltstandorten. In: Terra Tech 2, S. 40-43.

Wolff, H. J. (1989): Die Allendorfer Sprengstoffwerke DAG und WASAG. Magistrat der Stadt Stadtallendorf.

Anschriften:

Hans Jürgen Wolff
Regierungspräsidium Giessen
Abteilung Staatliches Umweltamt Marburg
Robert-Koch-Straße 15 - 17
35037 Marburg

Andreas Look
Geowissenschaftliches Gutachterbüro GEOLook
Thalhäuser Str. 24
35117 Münchhausen

Analysenmethoden zu den DBG-Exkursionen 2005

Im Folgenden sind die Methoden zusammengestellt, die für die Erstellung der Analysedaten verwendet wurden. Bei der Verwendung anderer Methoden wurde dies in den Exkursionsbeiträgen ausdrücklich vermerkt.

Textur des Feinbodens: am humus-, eisen- und carbonatfreiem Feinboden nach Dispergierung mittels $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$; Nasssiebung (2 mm bis 0,02 mm) bzw. Pipettverfahren (20 μm bis 2 μm) nach KÖHN (DIN 19683/1 u. 2).

Porenverteilung: in der Überdruckapparatur nach RICHARDS; DIN 19683/3. Probenahme: 100- ml-Stechzylinder mit 6 - 12 Wiederholungen je Horizont.

Gesättigte Wasserdurchlässigkeit k_f : mittels Permeameter der Fa. Ejkelkamp; DIN 19683/9; Probenahme: 250-ml-Stechzylinder mit 8-16 Wiederholungen je Horizont.

Luftdurchlässigkeit k_l : an 100-ml-Stechzylindern bei pF 2 mittels Luftpermeameter nach HANUS und KMOCH.

Gesamtporenvolumen GPV : berechnet aus Rohdichte und Reindichte. Messung der Reindichte mittels Pyknometer.

pH-Wert: in H_2O bzw. 0,01 mol $\cdot\text{l}^{-1}$ Calciumchloridlösung (DIN 19684/1; VDLUFA-Methodenbuch, 1991).

Carbonat: nach SCHEIBLER, (DIN 19684/5; VDLUFA-Methodenbuch, 1991).

Kohlenstoff und Stickstoff: gaschromatische Bestimmung von Gesamt-C (C_t) und Gesamt-N (Nt) am C/N-Analyser (Fa. Elementar), organisches C (C_{org}) berechnet aus der Differenz zwischen C_t und C_{Carbonat} .

Potentielle (KAKp) bzw. effektive Kationenaustauschkapazität (KAKeff) und austauschbare Kationen: nach MEHLICH (DIN 19684/8), Austausch mit gepufferter (pH 8,1) bzw. ungepufferter BaCl_2 -Lösung.

Austauschbare Kationen in Waldböden (KAKeff): n. FORSTL. STANDORTSAUFNAHME

Lösliche Pflanzennährstoffe Phosphor und Kalium: CAL-Extraktion (VDLUFA-Methodenbuch, 1991); $K_{(\text{CAL})}$ -Messung mittels F-AAS, $P_{(\text{CAL})}$ -Messung mittels Gelbmethode.

Oxalat- und dithionitlösliches Eisen, Aluminium, Mangan und Silizium (Fe_o , Fe_d , Al_d , Mn_d , Si_d): nach DIN 19684/6 und 7.

Laugelösliches Aluminium und Silicium (Al_l , Si_l): n. SCHLICHTING, BLUME, STAHR, 1995.

Gesamtgehalte an Haupt- und Nebenelementen: Röntgenfluoreszenzanalyse (Philips PW 1480) an Schmelztabletten.

Spurenelemente Cu, Ni, Co, Ti, V, Zn: Königswasseraufschluss (DIN 38414/7); Cu, Ni, Co, Zn mittels Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS); V, Ti mittels Atomabsorptionsspektrometer (AAS)