

Die Böden Bayerns



Handbuch für die Böden des Keuper-Lias-Landes in Franken

CD und Erläuterungen

Die Böden Bayerns

Handbuch für die Böden des Keuper-Lias-Landes in Franken

Interaktive CD-Rom und Begleitheft

von

Bernd Schilling und Josef Hammerl

München 2002

Herausgeber und Verlag:

Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstr. 128
D-80797 München

Eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen

Anschrift der Autoren: Dr. B. Schilling
Außenstelle des Bayerischen Geologischen Landesamtes
Leopoldstr. 30
D-95615 Marktredwitz
Bernd.Schilling@gla.bayern.de

J. Hammerl
Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstr. 128
D-80797 München
Josef.Hammerl@gla.bayern.de

Digitale Bildüberarbeitung: Gregor Nowotny
Satz und Layout: Gregor Nowotny

Alle Urheberrechte vorbehalten
□ Bayerisches Geologisches Landesamt 2002

Printed in Germany

ISSN 0943-3244

Inhalt

1.	Einführung	5
2.	Geographisch-naturräumlicher Überblick	6
3.	Erdgeschichte	8
3.1	Sedimentationsgeschichte	8
3.2	Reliefentwicklung	10
4.	Geomorphologischer Überblick	12
5.	Bodenkundlicher Überblick	14
6.	Kulturhistorischer Überblick	15
7.	Lithologie	16
7.1	Trias	16
7.1.1	Keuper, k:	16
7.2	Jura	18
7.2.1	Lias, l:	18
7.2.2	Dogger, b:	19
7.3	Quartär	19
7.3.1	Pleistozän, qp:	19
7.3.2	Holozän, qh:	19
8.	Substratgliederung	20
8.1	Periglaziallagen	20
8.2	Kriterien für Periglaziallagen	21
8.3	Unterscheidung der Lagen- bzw. Schichttypen	22
8.4	Komponentenbeschreibung des Substrats	23
9.	Bodenformen	23
9.1	Böden aus sandigen Substraten	23
9.1.1	Böden mit schwacher Bodenentwicklung (Ranker, Regosole)	24
9.1.2	Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Braunerden, Podsole)	24
9.1.3	Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)	24
9.2	Böden aus schluffigen bis lehmigen Substraten	25
9.2.1	Böden mit schwacher Bodenentwicklung (Ranker, Regosole, Pararendzinen, Kolluvisole)	25
9.2.2	Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Braunerden, Parabraunerden) ..	26
9.2.3	Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)	27
9.3	Böden aus tonigen Substraten	27
9.3.1	Böden mit initialer Bodenentwicklung (Regosole, Pararendzinen)	27
9.3.2	Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Pelosole)	28
9.3.3	Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)	28
9.4	Böden aus organischer Substanz	28
10.	Verbreitung der Böden	29
10.1	Geologisch-petrographische Einflüsse	29
10.2	Einflüsse durch Flussverläufe	29
10.3	Auswirkungen des Entwässerungssystems	29
10.4	Bodenkundlicher Querschnitt von Nordwest nach Südost	30
11.	Bodenvergesellschaftungen	32
12.	Literatur	35
13.	Hinweise zur Installation der beiliegenden CD	37
14.	Beispiele für Bodenformengruppen	39
15.	Anhang	43

Schlüsselwörter: Boden , Bodenformen, Keuper-Lias-Land, Bodengrundinventur, Bodeneigenschaften, Bodenverbreitung, Bodenschutz

Keywords: Soil, Soil types, Keuper-Lias-Land, Basic Soil Collection, Soil properties, Soil distribution, Soil protection

Kurzfassung

Das Bayerische Geologische Landesamt hat im Rahmen des Projektes „Bodengrundinventur in Bayern“ das Keuper-Lias-Land Frankens bodenkundlich aufgenommen. Die Ergebnisse sind in diesem Handbuch zusammengefasst. Der Textbeitrag befasst sich mit den Böden, der Geologie und der Morphologie dieses Raumes. Zudem werden kulturhistorische Einflüsse auf die Entwicklung der Böden aufgezeigt. Auflistung und Kurzbeschreibung der geologischen Schichten sowie der vorkommenden Bodenformen sollen einen Überblick über die geowissenschaftlichen Zusammenhänge geben. Eine abschließende Darstellung der Verbreitung der Böden und deren Einbindung in Bodenvergesellschaftungen ermöglichen eine Beurteilung der lokalen Stellung der einzelnen Böden.

Mit Hilfe einer beigelegten CD-Rom können interaktiv die Eigenschaften der vorkommenden Böden, mit entsprechenden analytischen Kennwerten belegt und deren bodensystematische Stellung aufgezeigt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit die Standorte der bodenkundlichen Aufnahmen sowie ihre Beziehung zu geologischen Schichten, geographischen Punkten und kommunalpolitischen Grenzen kartographisch darzustellen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, mit der geschaffenen Datengrundlage und den sukzessiv erscheinenden bodenkundlichen Übersichtskarten eine umfassende und aussagekräftige Grundlage sowohl für landschaftsplanerische Vorhaben als auch für den Bodenschutz zu schaffen.

Abstract

The Bavarian Geological Survey has examined the soils of the Franconian Keuper-Lias-Land referring to the project “Bodengrundinventur in Bayern (Basic Soil Collection in Bavaria)”. The results are combined in this handbook. The text part describes the geological, morphological and soil scientific evolution. Influences of historical culture on the development of soils are added. The listing and short description of the geological layers and the existing soil types should give an overview on the geoscientific connections. A concluding representation of the soil distribution and the reference to soil groups give an impression of the local position of single soils possible.

By using the attached CD-Rom you could present the properties of the existing soils - substantiated by analytical data - and the soil systematically position interactively. Furthermore you have the possibility to show the points of the soil uptakes and the references to geological layers, geographical points and local political borders on maps.

The project is designed to create an important base for landuse planing and on soil protection by the help of those data and the contemporary developing maps.

1. Einführung

Der Boden ist ein wichtiger Teil unserer Umwelt. Zusammen mit Wasser und Luft stellt er eine notwendige Voraussetzung für das Leben auf unserer Erde dar. Seine Funktionen sind mannigfaltig. So bietet er Lebensräume für Pflanzen, Tiere und Menschen. Er ermöglicht Pflanzenwachstum und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur Ernährung von Mensch und Tier. Das infiltrierte Niederschlagswasser wird durch ihn gereinigt und gespeichert bevor es in das Grundwasser gelangt. Damit trägt er wesentlich zur Qualität und Verfügbarkeit des Mediums Wasser bei.

Durch Umweltbelastung, zunehmende Bodenversiegelung und -nutzung sind die Bodenfunktionen gefährdet. Die Bodenfunktionen sind bei den verschiedenen Böden sehr unterschiedlich. Auch ist der Erhalt der Bodenfunktionen sehr stark an die Bodeneigenschaften der einzelnen Böden gebunden. Folglich ist es von größter Wichtigkeit zum Schutz des Bodens, die einzelnen Böden zu charakterisieren und ihre Verbreitung festzustellen. Zur standardisierten und vergleichbaren Charakterisierung der Böden hat die AG Bodenkunde 1994 die 4. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung herausgegeben, die als Basis für die in diesem Handbuch angewandten Vorgehensweisen zur Darstellung von Böden dient.

Die Bodeneigenschaften hängen vorrangig vom Ausgangsmaterial ab, von Prozessen, die im Boden wirken und vom Wasserhaushalt des Standortes. Der Boden besteht dabei häufig aus unterschiedlichen Materialien. Den Hauptanteil bildet in der Regel der Zersatz des anstehenden Ausgangsgesteines. Ihm sind jedoch oft Fremdmaterialien beigemischt oder aufgelagert, die äolischer oder fluvialer Herkunft sind. Dieses Gemisch wird als **Bodensubstrat** bezeichnet. Die Auswirkungen des Bodensubstrats auf die Bodeneigenschaften stehen in enger Beziehung zu den Korngrößen und dem Mineralbestand aus dem das Substrat aufgebaut ist. Grobkornreiche Substrate (hoher Sandanteil) sind geeignete Wasserleiter und leicht zu bearbeiten, feine, tonige Korngrößen haben in der Regel ein hohes Nährstoffangebot, das aber für Pflanzen schwer verfügbar ist. Mittlere Korngrößen, die mit dem Begriff Schluff zusammengefasst werden und solche Korngrössengemische, die als Lehme bezeichnet werden, bilden im allgemeinen die günstigsten Voraussetzungen für optimale Bodenfunktionen. Der in den Ausgangsmaterialien vorkommende Mineralbestand ist ein entscheidender Faktor für die Entwicklung von bodenrelevanten Mineralneubildungen (Tonminerale, Oxide), die die Adsorptionsfähigkeit von Böden gegenüber Nähr- und Schadstoffen bestimmen (s.a. NIEDERBUDE 1979). Welche Minerale in den Sedimenten der geologischen Schichten vorkommen, hängt sowohl vom Liefergebiet als auch von den Sedimentationsbedingungen ab. Diese haben sich wiederum im Laufe der verschiedenen Sedimentationszyklen zu Zeiten des Keupers, Lias und Doggers immer wieder verändert.

Die Prozesse, die in einem Boden ablaufen und der Wasserhaushalt eines Bodens werden mit dem **Bodentyp, dem Subtyp oder mit der Varietät** beschrieben. Diese bodentypologischen Einheiten erlauben somit Rückschlüsse darüber, wie sich Nährstoffe und Schadstoffe im Boden verhalten. Um Erkenntnisse zum Boden als Ganzes zu bekommen müssen bodentypologische Einheiten mit der Substrattypologie verknüpft werden. Dieses Verknüpfungsprodukt wird als **Bodenform** bezeichnet. Im Keuper-Lias-Land ist die Anzahl der Bodenformen wegen vieler unterschiedlicher Ausgangsmaterialien sehr groß. Um einen klareren Überblick über die entsprechenden Böden zu bekommen, sind die Bodenformen mit ähnlichen Eigenschaften zu **Bodenformengruppen** zusammengefasst worden. In den Bodenformengruppen selbst werden **Leitbodenformen** und **Begleitbodenformen** unterschieden. Die Leitbodenformen sind die Bodenformen, die am häufigsten in der Fläche auftreten, während die Begleitbodenformen im Vergleich dazu eine untergeordnete Rolle spielen.

Entsprechend der oben beschriebenen Einflußfaktoren auf die Entwicklung und die Eigenschaften von Böden erfolgt die Einteilung der Böden in Bodenformengruppen in diesem Handbuch nach der **Korngrößenzusammensetzung** des Substrats, nach der **stratigraphischen Zugehörigkeit** des Substrats und nach dem **Bodentyp**. Diese Einteilung soll auch die Unterschiede der Böden bezüglich ihrer Bodeneigenschaften widerspiegeln und ist damit ein wichtiges Hilfsmittel zur Durchführung eines gezielten Bodenschutzes.

2. Geographisch-naturräumlicher Überblick

Das Keuper-Lias-Land Frankens ist ein Teil des Fränkisch-Schwäbischen Schichtstufenlandes (s. Abb. 1). Es liegt im Zentrum dieses Deckgebirges, welches wiederum im Norden vorwiegend von Deckgebirgen und Grundgebirgen wie dem Hessischen Bergland, dem Thüringer Wald und dem Frankenwald, im Süden vom Tertiären Hügelland, im Osten von mehreren Grundgebirgen wie Fichtelgebirge, Oberpfälzer und Bayerischer Wald sowie im Westen vom Spessart, Odenwald und dem Schwarzwald begrenzt ist.

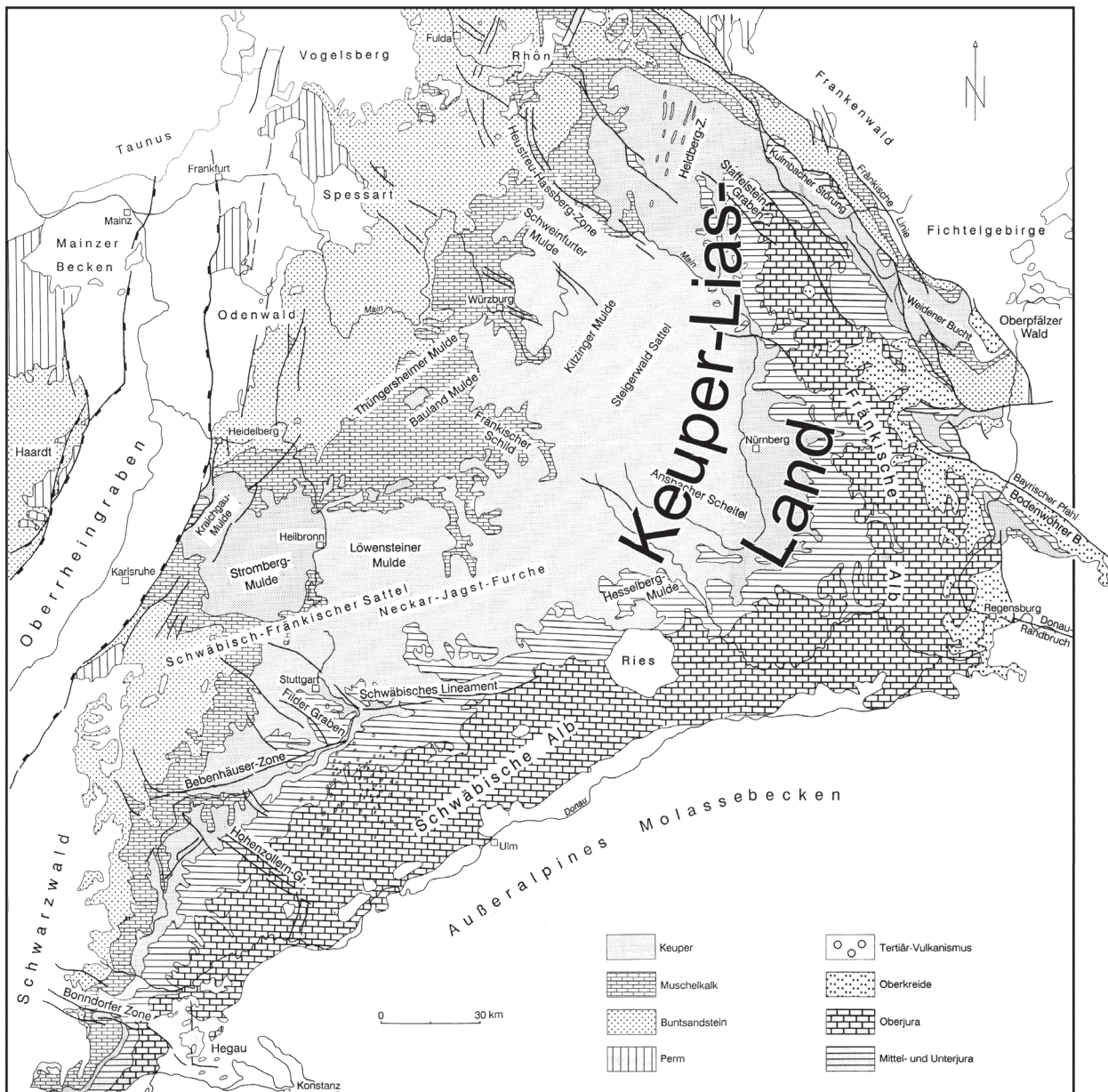


Abb.1: Geologische Kartenskizze des süddeut. Schichtstufenlandes (nach WALTER 1992, verändert).

Schwarzwald umrahmt wird. Das Keuper-Lias-Land selbst ist umgrenzt von der Rhön und dem Thüringer Wald im Norden, von der Malmtafel der Fränkischen Alb im Osten und Süden und den Muschelkalkanhöhen im Westen. Größere Städte, die im Grenzbereich dieses Landschaftskomplexes liegen, sind Coburg im Norden, Neumarkt im Osten, Weissenburg im Süden und Rothenburg o.T. im Westen.

Nach der Standortkundlichen Landschaftsgliederung (WITTMANN 1991) gehört das Keuper-Lias-Land Frankens zu den Ton-Sand(stein)- und den Ton-Großlandschaften (s. Abb. 2). Die wiederum sind im Verbreitungsgebiet des Keuper-Lias-Landes (Landschaftseinheit 5) in folgende Teillandschaften untergliedert:

- Haßberge
- Itz-Baunach-Hügelland
- Steigerwald
- Mittelfränkisches Keuperbecken
- Frankenhöhe
- Albvorland

- 5.1 Hassberge**
- 5.2.1 Nördlicher u. Mittlerer Steigerwald**
- 5.2.2 Südlicher Steigerwald**
- 5.3 Frankenhöhe**
- 5.4 Itz-Baunach Hügelland**
- 5.5.1 Nördliche u. östliche Keuperabdachung, tonig**
- 5.5.2.1 Regnitz-Senke**
- 5.5.2.2 Rezat-Rednitz-Senke**
- 5.6.1 Südwestliche Keuperabdachung, tonig**
- 5.6.2 Südwestliche Keuperabdachung, sandig**
- 5.7 Nördliches Albvorland**
- 5.8 Südliches Albvorland**

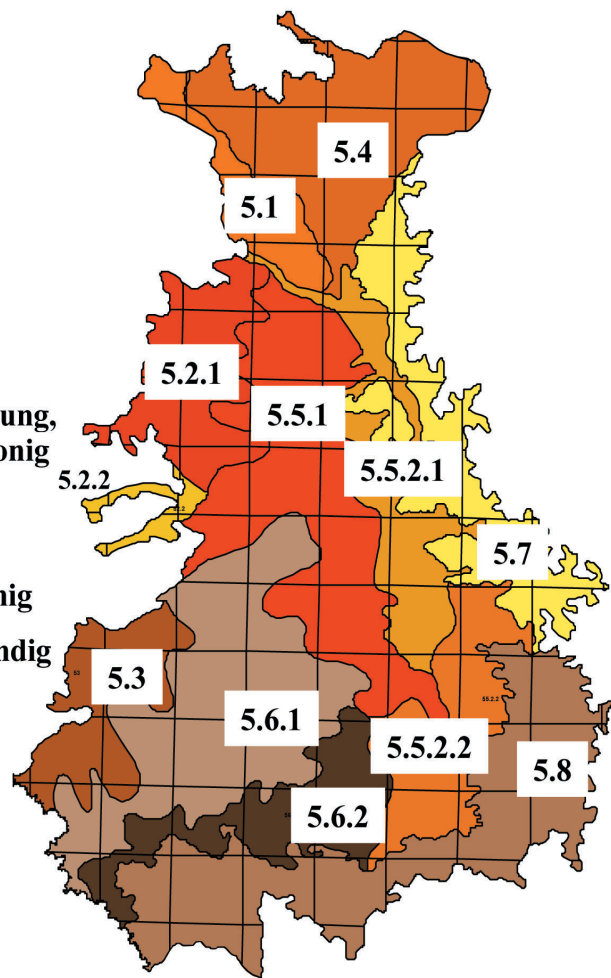


Abb. 2: Teillandschaften des Keuper-Lias-Landes (nach WITTMANN 1991).

Diese Teillandschaften verfügen über einheitliche oder zumindest vergleichbare Eigenschaften bezüglich des Klimas, des Gesteins, des Bodens und des Reliefs. Die Ausprägung dieser Standortfaktoren hat entscheidende Bedeutung für das Pflanzenwachstum und der damit verbundenen landwirtschaftlichen bzw. forstwirtschaftlichen Nutzung. So ist in Teillandschaften mit relativ hohen Sandanteilen, wie z.B. im Steigerwald, die Forstwirtschaft vorherrschend, während im etwas niederschlagsreicheren und meist tongründigen Albvorland die Landwirtschaft überwiegt.

3. Erdgeschichte

3.1 Sedimentationsgeschichte

Das Untersuchungsgebiet gehört zum Sedimentationsareal des Germanischen Beckens, das sich nach den variszischen Gebirgsbildungen des Paläozoikums im Gebiet des heutigen Deutschlands bildete. Das Perm war die erste Periode, in der Sedimentmaterial in die neu entstehende Senke transportiert wurde. Seit der Rotliegendzeit füllten Schüttungen der umliegenden Festlandsbereiche (variszisches Grundgebirge, Vindelizisches Festland) diese Eintiefung. Langsam fließende Flüsse, Seen und Tümpel führten zur Entwicklung von dunklen Schiefertönen, kohligem Sandsteinen und bituminösen Kalken. Die Serie des Zechsteins führte zu einer Meerestransgression, die aber nur bis zum Main nach Süden vordrang. Dieses Meer lagerte zu Beginn feine Tone ab, die sich später zu Kupferschiefer verfestigten. Danach folgten Sande und Gipse. In dem warmen Wasser bildeten sich auch Bryozoenriffe (Moostierchen). Wegen einer immer ausgeprägter werdenden Aridität verdunstete das Meerwasser schneller und es kam zu Salzausfällungen. Südlich des Mains traten jedoch nur festländische Sedimentbildungen auf. Dabei wurden vor allem im Vergleich zu den Sedimentmächtigkeiten nördlich der Mainlinie geringmächtige Dolomite und Siltsteine abgelagert.

Mit dem Zeitalter des Mesozoikums begann ein langer Zeitraum der Sedimentation, des Abklingens von tektonischen Prozessen und des Vorherrschens von warmen Klimaten. Die erste Periode im sogenannten Erdmittelalter ist die Trias. Sie besteht wie der Name andeutet aus drei Serien, dem Buntsandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper. Zur Buntsandsteinzeit bestand eine Verbindung zur Nordsee (Rheinische Furche). Am Beckenrand lagerten sich vorwiegend fluviale Konglomerate und Sandsteine ab. Im Beckeninnern herrschten marine Siltsteine mit Karbonat-, Anhydrit- und Steinsalzabscheidungen vor. Während der Zeit des Muschelkalkes gab es einen Meeresvorstoß aus Süden über die Burgundische Pforte. Hierbei kam es in arider Umgebung zu Dolomitbildungen am Beckenrand und Kalkabscheidungen im Beckeninneren. Im südlichen Teil des Beckens führte die Eindampfung zu Steinsalzausbildungen. Nach dem Muschelkalk wurden die Sedimente des Keupers abgelagert. Diese Sedimente sind die ältesten geologischen Einheiten, die im Keuper-Lias-Land an der Erdoberfläche ausstreichen (s. Abb. 3). Ab dem Keuper überwog auch wieder das festländische Sedimentationsmilieu (s.a. KRUMM 1965). Zwar war der Lettenkohlen- und der Gipskeuper noch marin ausgebildet und vorzugsweise wurden in diesen Epochen Tone und Mergel sedimentiert, danach folgte aber ein stetiger Rückzug des Meeres und die Serie des Sandsteinkeupers begann. Zunehmend arides Klima verursachte terrestrische Sand- und Tonschüttungen (Blasen- bis Burgsandstein) in das Germanische Becken (BERGER 1978). Ein nachfolgend brackisch-limnisches Bildungsmilieu ermöglichte die Sedimentation von roten Tonsteinen und Mergeln, den Feuerletten, die sich im Küstenbereich des Vindelizischen Landes mit sandiger Randfazies verzahnen (HAUNSCHILD 1980). Während der Zeit des Rhäts wechselte mariner und terrestrischer Einfluß oftmals (POLL 1974). Die akkumulierten Sand- und Tonablagerungen wurden im südlichen Franken nach einer abschließenden Hebungsphase kurz nach ihrer Sedimentation wieder aberodiert (HAUNSCHILD 1980).

Zu Beginn der Jurazeit stieß ein flaches Meer aus Nordwesten durch die Hessische Meeresstraße ins Becken vor (SCHMIDT-KALER 1981). Dies brachte in erster Linie eine Ablagerung grauer Schiefertone und Mergel ins Beckeninnere mit sich.

Nur im tiefen Lias (s. Abb. 4) lieferte das Vindelizische Land ähnlich wie im Rhät sandige Einschüttungen z. T. in Form von Flußdeltas. Der Lias Alpha 1+2 besteht vorwiegend aus feinen, ebenschichtigen, marinen Glimmersanden und Tonen (Horizont des Werksandsteins). Mit dem groben Arietensandstein (Lias Alpha 3) stieß dann das Jura-Meer weit nach Südosten vor und überflutete

den gesamten Bereich des ehemaligen Flußdeltas (s.a. KESSLER 1973). Aufgearbeitete Feinsandsteingerölle des Liegenden, vollkommen gerundete Quarzgerölle, Muscheln und Ammonitenfunde (bis an die Küste bei Regensburg) sowie die kräftige kalkige Zementierung weisen ihn eindeutig als vollmarines Sediment aus. Anschließend sank der Meeresboden rasch ab, die Sandschüttungen hörten auf, es wurden dunkle Tone und Mergel abgelagert, die von weit her als Trübestrome antransportiert wurden (s.a. SALGER & SCHMIDT-KALER 1973). Fossilien sind in diesen unteren Lias-Tonen selten. Dagegen enthalten die nun folgenden helleren Mergel und Kalkbänke des Lias Gamma (Numismalischichten) häufiger Ammoniten, Belemniten, Muscheln und Seelilien, was auf ein gutdurchlüftetes Flachmeer hinweist. Mit dem bis über 50 m mächtigen Amaltheenton (Lias Delta) wurde nun tonige Trübe in das sich zunehmend absenkende, stille Meeresbecken geliefert. Darüber setzt mit dem berühmten Posidonien-schiefer (Lias Epsilon) eine bituminöse Stillwasserfazies ein („Ölschiefer“). Den Abschluß des Lias bilden die fossilreichen Jurensismergel (Lias Zeta). Mit ihnen erreicht das Lias-Meer seine größte Ausdehnung.

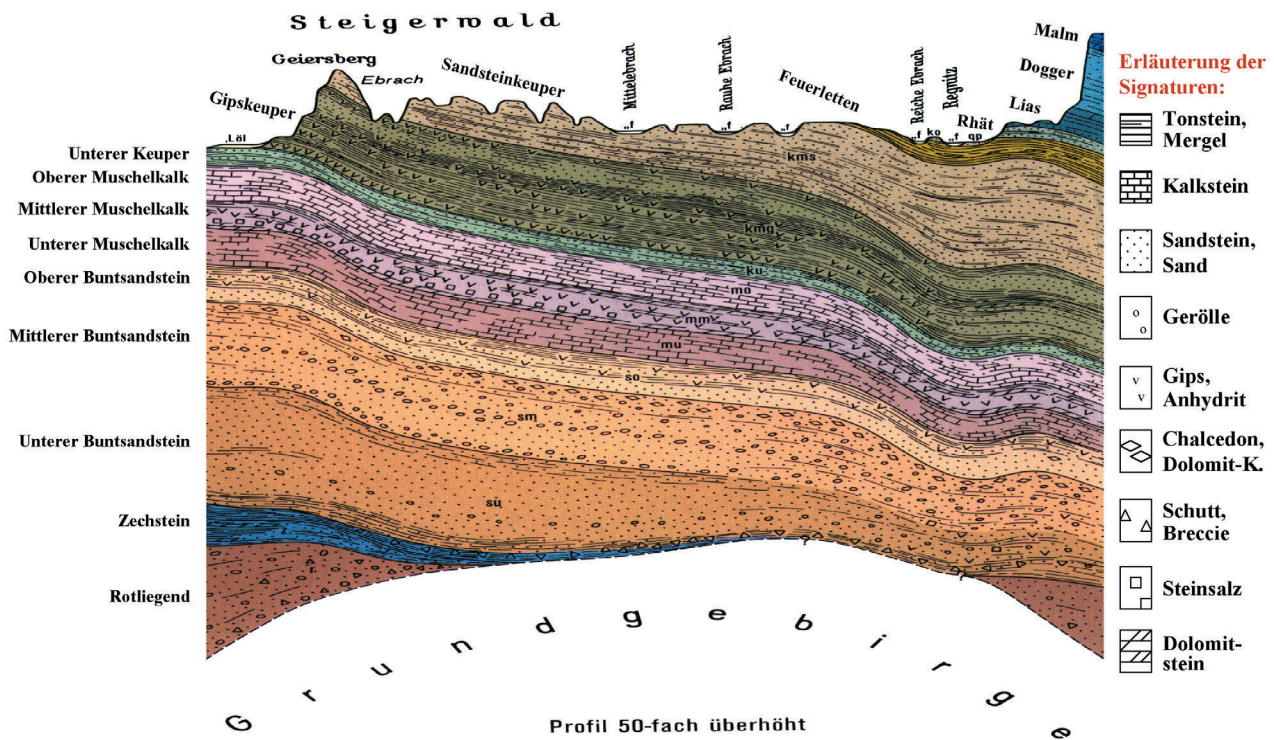


Abb. 3: Geologischer Schnitt durch das Deckgebirge von Nordbayern (nach BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 1996, verändert).

Eine Eintiefung des Beckens im beginnenden Dogger (s. Abb. 5) erzeugte eine Ablagerung von mächtigen, fossilarmen, blaugrauen Tonen (Opalinuston) (LOTZE 1971). Mit der einsetzenden Verflachung des Meeres im Dogger-Beta (Eisensandstein) gewann die Ausbildung einer sandigen Fazies Bedeutung (SCHMIDT-KALER 1987). Durch die Kippung der Süddeutschen Großscholle drang Meerwasser der Tethys vom Oberen Dogger an durch die Regensburger Straße ins Becken (BRINKMANN 1977). Das nun mit der Tethys verknüpfte Meer ließ mehr wärmeliebende Floren- und Faunenelemente nach Mitteleuropa einwandern. Die damit verbundenen Sedimente des Oberen Jura und der nachfolgenden Kreide unterlagen im Arbeitsgebiet einer weitgehenden Abtragung.

Aus dem darauffolgenden festländischen Tertiär stammen Süßwasserkalke, die als Quellsinterkalke aus Liasmaterial entstanden sind.

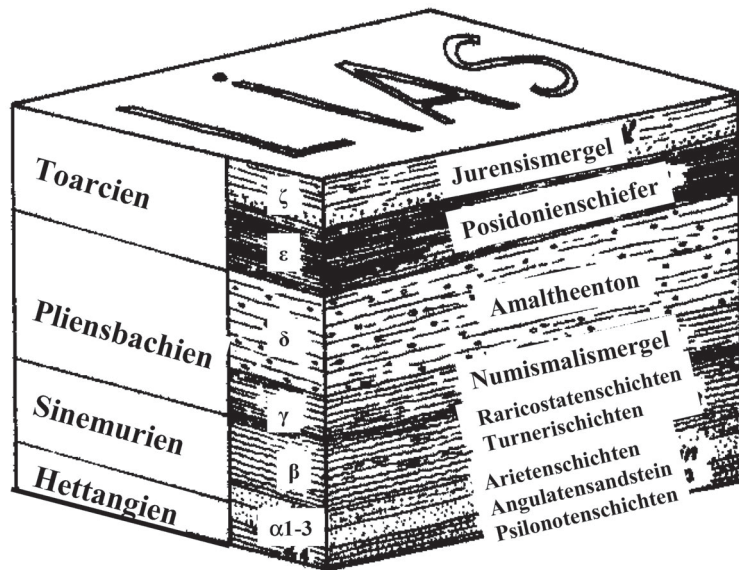


Abb. 4: Stratigrafie – LIAS (nach RUTTE 1992, verändert).

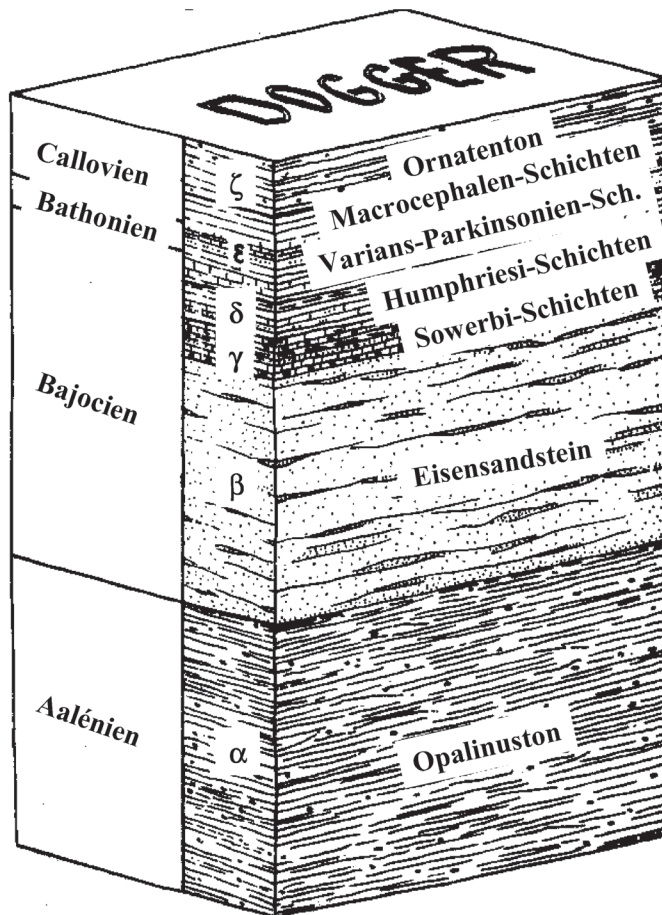


Abb. 5: Stratigrafie – DOGGER (nach RUTTE 1992, verändert).

3.2 Reliefentwicklung

Das Tertiär war die Periode, in der die Grundzüge des heutigen Reliefs im Süddeutschen Schichtstufenland angelegt wurden. Über die Reliefgenese liegen unterschiedliche Theorien vor, die DONGUS

(1974) ausführlich darlegte. Zwei grundsätzliche Vorstellungen der Reliefdynamik schälen sich anhand des derzeitigen Wissensstandes heraus:

- Die eine vertreten SCHMITTHENNER (1956) und GRAUL (1977). Sie gehen von einer Herauspräparierung von morphologisch harten Schichten als Schichtstufen aus dem unterschiedlich einfallenden Deckgebirge aus.
- BÜDEL (1957) geht von ähnlichen Vorgängen im Deckgebirge wie im Grundgebirge aus. Sowohl im Grund- als auch im Deckgebirge entwickelten sich unter randtropisch bis subtropisch-wechselfeuchten Klimabedingungen durch Flächenspülungen mehrere Rumpfflächen in verschiedenen Meeresspiegelniveaus.

Bei der Theorie SCHMITTHENNERS (1956) ist die Härte der Gesteinschichten ausschlaggebend für die Schichtstufenentwicklung, während BÜDEL (1957, s.a. 1977) die Flächenspülungen unabhängig vom Gestein in verschiedenen Niveaus als Ursache beschreibt.

Weitere wichtige sedimentologische und geomorphologische Veränderungen gingen mit den beginnenden Eiszeiten des Quartärs einher, während derer Franken im Periglazialgebiet lag (BRUNNACKER 1959, 1964). Die eher kantigen Reliefformen des Tertiärs wandelten sich durch den Einfluß der quartärzeitlich wirkenden exogenen Kräfte in mehr rundliche Formen um (s. Abb. 6). Frost und Wind fanden in den Kaltzeiten ein weites Angriffsfeld und erzeugten ausgedehnte Decken pleistozäner Ablagerungen (BRINKMANN 1977). Durch abwechselndes Gefrieren und Tauen der Böden entstanden Fließerden, krypturbate Verknetungen, Strukturböden und Eiskeilspalten. Pleistozäne Warm- und Kaltzeiten ließen durch Wechsel von Eintiefung der Flüsse und Anhäufung von Schuttmassen Terrassen entstehen. Die weitgehend fehlende Pflanzendecke ermöglichte dem Wind feine Bodenteilchen aus den Schotterterrassen und mesozoischen Schichtflächen auszuwehen und an anderer Stelle als Löß (s. Abb. 7 im Anhang) abzulagern. Vor allem in unmittelbarer Nähe der größeren Flüsse wurden auch gröbere Bodenteilchen abgelagert. Diese Verwehungen wirkten zusätzlich ausgleichend auf das Relief.

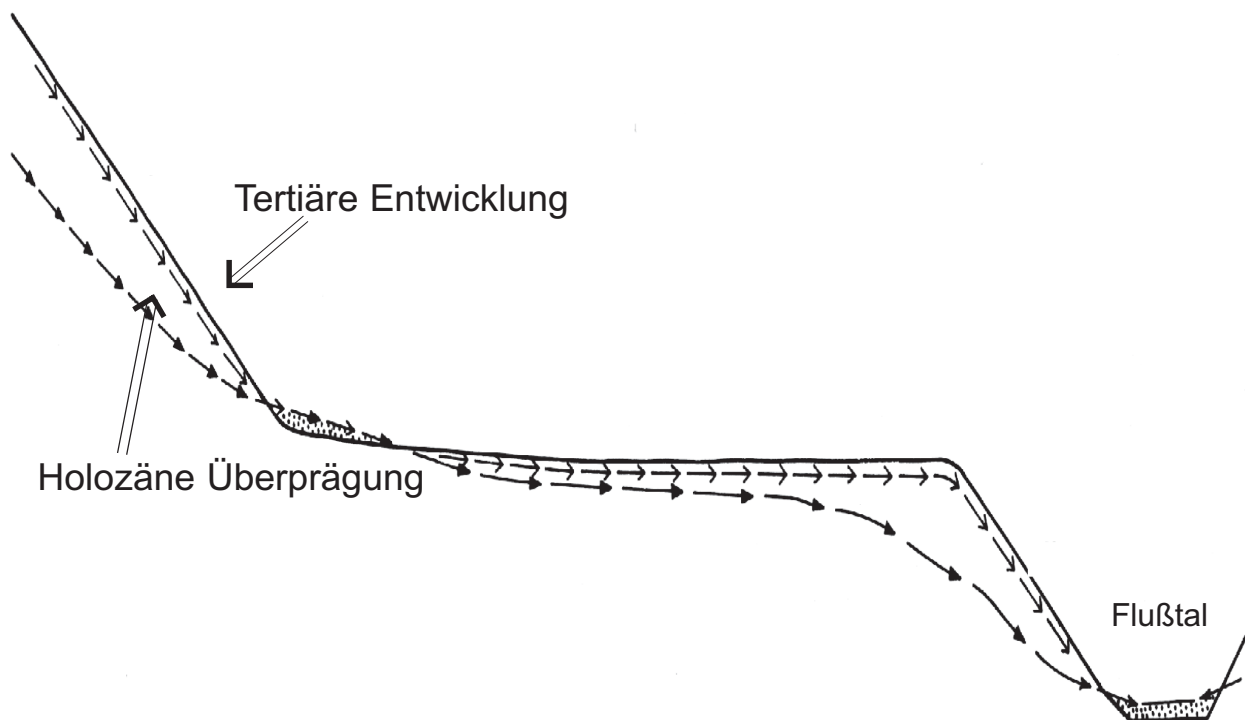


Abb. 6: Rumpfflächen und ihre morphogenetische Überprägung (nach REHFUESS 1981, verändert).

4. Geomorphologischer Überblick

Das Fränkische Keuper-Lias-Land wird durch die Verwitterungsresistenz seiner geologischen Schichten geprägt. Härtere, sandige und kalkige Schichten bilden die Steilanstiege und die dazugehörigen Verebnungsflächen (vgl. ROHDENBURG 1968). Tonige Sedimente bilden die flachen Anstiege (Bsp.: Profil am Hetzlesberg – s. Abb. 8).

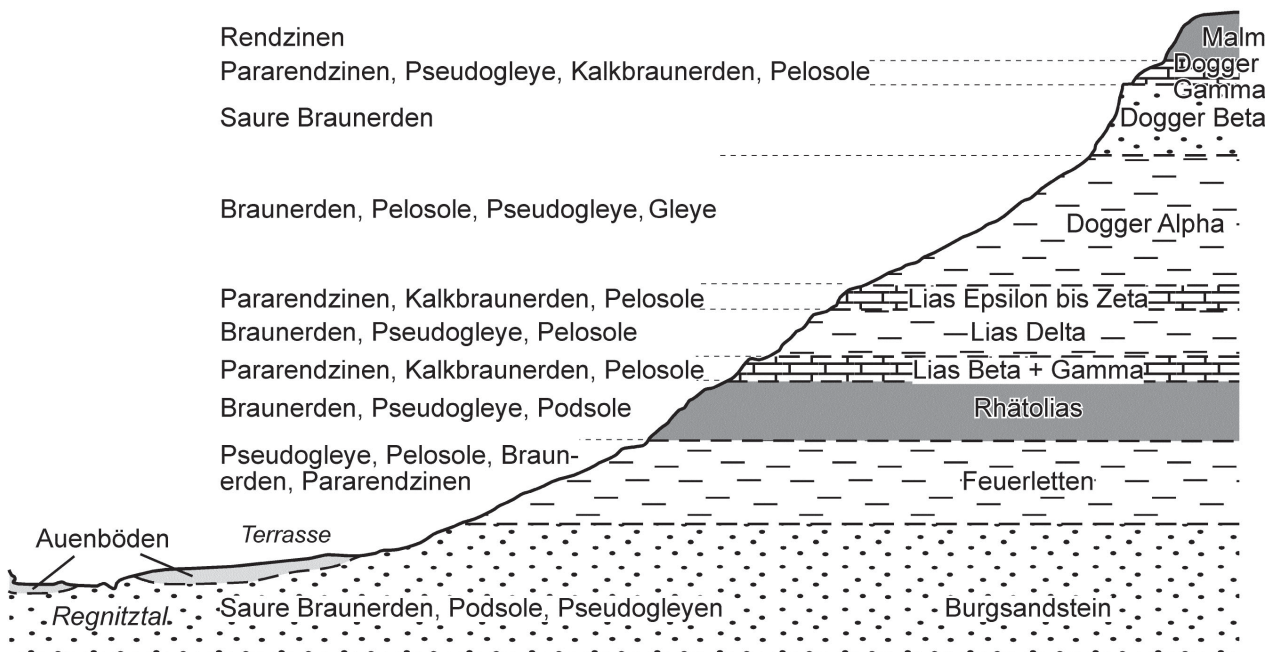


Abb. 8: Die geologischen Schichten am Hetzlesberg und ihre dazugehörigen Bodentypen.

Im äußersten Westen sind die vorwiegend tonigen und mergeligen Myophorien- und Estheriensichten die Flächenbildner. Nach Osten folgt der Steilanstieg zur „Blasensandstein-Platte“. Die Hänge sind hier vorzugsweise aus den roten Letten der Lehrbergschichten aufgebaut. Markant ist dieser Anstieg entlang der Linie Hofheim-Gerolzhofen-Rothenburg o.T. (s. Abb. 9 im Anhang). Großflächig treten dann Richtung Osten die großen Sandsteinkomplexe des Blasen- und Burgsandsteins auf.

In Abhängigkeit von der vorherrschenden Reliefenergie sind sie in verschiedenen Regionen des Keuper-Lias-Landes unterschiedlich stark zertalt. Daher kommen in den Gebieten, in denen diese Sandsteine die Abdachung bilden, sowohl hügelige als auch mehr oder weniger ebene Gebiete vor. Weiter im Osten bzw. Süden erfolgt der Anstieg zum Albvorland (s. Abb. 9 im Anhang) das sich streifenförmig vor dem Malmanstieg erstreckt. Dabei sind die Tone des Feuerlettens verantwortlich für die Ausformung von flachen Hängen, die zum Hangenden in die Steilstufe des Rhätolias (Rhät- und Lias-Übergangsschichten) übergehen. Im Albvorland (Lias) selbst nimmt das Relief sanftere Formen an. Auf die Verebnungsflächen des Rhätolias folgt ein stetiger Wechsel von flach ansteigenden Tonen (Lias Beta, Lias Delta, Dogger Alpha) und verebnungsbildenden härteren Kalk- und Mergelbänken (Lias Gamma, Lias Epsilon). Der Anstieg zu den höchsten Zeugenbergen, die von der Malmtafel abgetrennt sind und noch zum Keuper-Lias-Land gerechnet werden, beginnt zuerst mit flachen Hängen, die vor allem aus den Tonen des Dogger Alpha (Opalinuston) aufgebaut sind. Deutlich hebt sich erst die Schicht des Dogger Beta (Eisensandstein) von den eher ruhigen morphologischen Formen des Lias und unteren Doggers ab. Seine harten Sandsteine verursachen einen

steilen Anstieg des Geländes. Die Gipfelbereiche der höchsten Zeugenberge bestehen aus Eisen-sandsteinmaterial. Er verkörpert die jüngste mesozoische Schicht im Keuper-Lias-Land Frankens. Große Bedeutung kommt noch den pleistozänen und holozänen Ablagerungen zu. Terrassen und Flugsande sowie Lössakkumulationen, die jedoch schon entkalkt sind, sind großflächig auftretende Zeugen periglazialer Vorgänge. Sie haben meist eine ausgleichende Wirkung auf die Reliefformen. Die weit verbreiteten holozänen Talfüllungen (s. Abb. 10) verkörpern die jüngsten geologischen Sedimentationen im Untersuchungsgebiet.

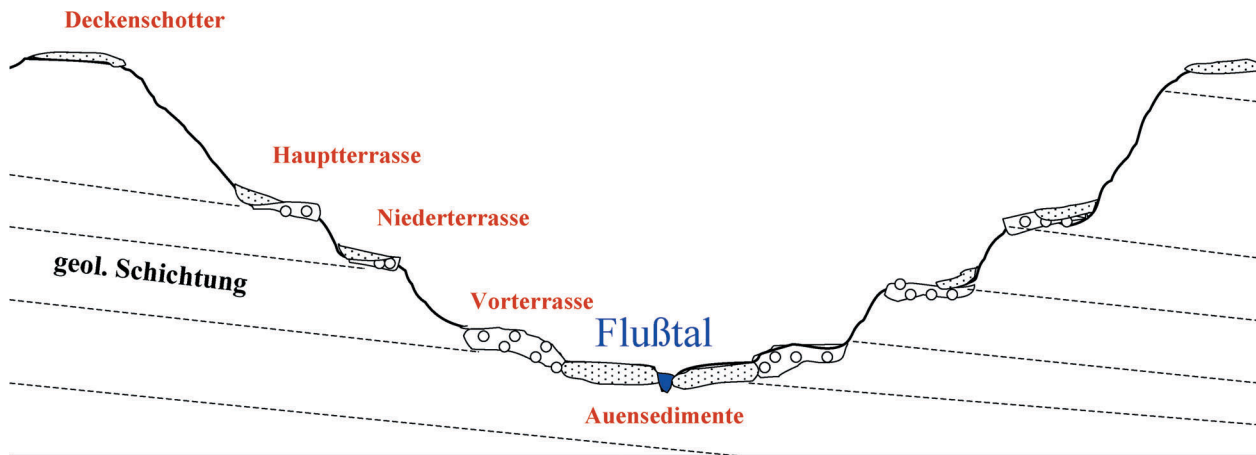


Abb. 10: Talentwicklung in Nordbayern.

Die Gestaltung der Oberflächenformen im Bearbeitungsgebiet lässt eine Einteilung in zwei Landschaftstypen zu:

Der erste Landschaftsteil liegt im Einflussbereich des rheinischen Gewässernetzes (Regnitz, Rednitz, u.s.w.) und ist wegen seiner tieferliegenden Erosionsbasis weitaus stärker zertalt. Der zweite, dessen Flüsse zur höherliegenden Donau hin entwässern, unterlag einer deutlich schwächer erodierenden Wirkung. Das geringe Gefälle der dem „danubischen System“ angeschlossenen Flüsse (Altmühl, Wörnitz, u.s.w.) fördert zudem ein intensives Mäandrieren in den breit angelegten Tälern. Getrennt werden diese beiden Entwässerungssysteme durch die Europäische Hauptwasserscheide. Sie verläuft an der Linie Neumarkt/Opf. - Weissenburg - Ansbach (s. Abb. 11 im Anhang).

Dies war jedoch nicht immer so. Erst gleichmäßig-großflächige Hebungen (epirogenetisch) kehrten das Flußlaufsystem des Mains und der Regnitz in den heutigen Zustand um (BREMER 1967; KLEBER 1987). Lyditfunde aus hochgelegenen Schottern entlang des Regnitz- und Rednitztales, die ihren Ursprung im Fichtelgebirge und Frankenwald haben (BRUNNACKER 1967), deuten auf eine ehemalige Entwässerung zur Donau hin. Ihre endgültige Ausformung erhielten die Täler in der letzten Eiszeit (KRUMBECK 1950). Später wurden sie nur noch von holozänem Schwemmaterial überprägt.

Auf Plateaus mit geringer Erosionsbeeinflussung sind an vielen Stellen Reste „älterer Landoberflächen“ erhalten geblieben. Sie sind durch eine intensive pedogenetische Ausformung ihrer Bodenhorizonte geprägt. So zeigen zum Beispiel viele tiefliegende Bodenhorizonte von „alten Landoberflächen“ einen vergleichsweise hohen Anteil von Hydromorphiemerkmalen. Die alten Landoberflächen (s. Abb. 16 im Anhang) als Zeitzeugen der tertiären Morphologieentwicklung treten vornehmlich in dem Gebiet auf, das von den Städten Roth, Neumarkt/Opf. und Weissenburg begrenzt wird.

5. Bodenkundlicher Überblick

Im Keuper-Lias-Land gibt es vor allem wegen sehr unterschiedlicher geologischer Ausgangssubstrate eine Vielzahl von bodentypologischen Einheiten (s. Abb. 8). Ihre Flächenanteile sind verschieden groß. So überwiegen flächenbezogen die Böden des Typs Braunerde. Sie treten im Verbreitungsgebiet der Keupersandsteine und im Albvorland am häufigsten auf. Die Bodentypologie in Verbindung mit dem vorkommenden Bodensubstrat führt zur Bodenform. So bilden sich beim Beispiel der Braunerde im Bereich von deckschichtenunbeeinflussten bzw. wenig beeinflussten Gegenden über Sandstein sehr sandige und in der Regel saure Braunerden, während in deckschichtenbeeinflussten bzw. tongründigen Landschaften die basenreichen Braunerden überwiegen.

Die Bodenformen, die auf dem Gipskeuper entstehen, sind in Abhängigkeit vom Bodensubstrat und dem vorherrschenden Wasserregime sehr vielfältig. Den überwiegenden Anteil stellen hierbei Braunerden und Pseudogleye, die vor allem auf Myophorienschichten vorkommen, sofern sie von Deckschichten überdeckt sind. Ansonsten entstehen Regosole aus Tonen und Pelosole auf diesen Schichten. Sehr häufig treten vor allem auf den mergeligen Estherienschichten Pararendzinen auf. Der Schilfsandstein streicht nur kleinflächig aus. Aus seinem Substrat entstehen vorwiegend Braunerden. Bilden an den Hängen die Lehrbergschichten die unterlagernde Schicht, so haben sich dort meist Tonregosole oder Pelosole entwickelt.

Im Bereich des Sandsteinkeupers (Blasen-, Burg- u. Rhätsandstein) kommen in erster Linie Braunerden vor. Bei geringer Deckschichtenbeeinflussung hat oft auch eine Weiterentwicklung der Braunerde zum Podsol stattgefunden. Die zwischenlagernden Letten erzeugen oft staunasse Flächen (Pseudogleye). Deckschichten auf Feuerlettentonen tragen in vielen Fällen zu einer ähnlichen Bodenentwicklung bei. In exponierten und in morphologisch randständigen Lagen fehlt den Feuerlettentonen meistens eine mächtigere Deckschichtenaufgabe und es herrschen Pelosole und kalkhaltige Pelosole vor. Braunerden mit mehr oder weniger sandig ausgebildeten äolischen Beimengungen sind unter entsprechend geringem Feuchtigkeitseinfluß auch häufig zu finden. Östlich und südlich der Wasserscheide entstehen auf dem Feuerletten fast nur Pseudogleye, da dieser geringer erosiv beeinflusste Landschaftsbereich des Donaueinzugsgebietes einen langsameren Wasserablauf und eine Erhaltung der Deckschichten begünstigt. Dies fördert die Pseudogleyentwicklung.

Im Albvorland ermöglichen die kalkfreien bzw. kalkarmen Tone des Lias Beta und Lias Delta die Genese von Pelosolen, Pelosol-Braunerden und bei mächtigeren äolischen Anteilen von Braunerden. Die karbonathaltigen und -reichen Lias Gamma- und Lias Epsilon-Gesteine begünstigen die Ausbildung von Pararendzinen, kalkhaltigen Pelosolen und Kalkbraunerden. Im flachwelligen danubischen Einzugsbereich nehmen wieder die staunassen Böden eine wichtigere Stellung ein und Pelosole treten zurück.

Dogger Alpha und Dogger Beta zeigen in bezug auf ihre bodentypologische Vielfalt ein unterschiedliches Bild. Der Opalinuston verfügt über eine mannigfaltige Bodenformenausbildung. Unterschiedliche Hangschutt- und Fließberdedecken sowie Schichtwasseraustritte bewirkten die Entstehung von Braunerden, (Hang-) Pseudogleyen, (Hang-) Gleyen und an exponierten Lagen auch von Pelosolen. Auf den steiler liegenden Sandsteinen des Dogger Beta ist der Subtyp der Sauren Braunerde der am weitesten verbreitete Boden. Die im Liegenden vorhandenen Tone des Opalinustones sorgen an der Basis des Eisensandsteins oft für staunasse Böden.

Gleye kommen auf allen Sedimenten vor. Ihre Ausbreitung ist in den meisten Fällen nur auf wenige Meter begrenzt und steht in enger Beziehung zum lokal vorhandenen Wasserzugang.

Auenbraunerden im zentralen und Auengleye im peripheren Bereich prägen die zur Zeit des Holozäns mit Schwemmaterial gefüllten Talsohlen.

6. Kulturhistorischer Überblick

Das Keuper-Lias-Land hat eine lange kulturhistorische Bedeutung. Erste Spuren menschlichen Lebens datieren aus der Altsteinzeit (-10 000 v. Chr.). Die Menschen lebten als Jäger und Sammler. Der anthropogene Einfluß auf den Boden war gering. Gegen Ende der Mittelsteinzeit (10 000-5000 v. Chr.) kündigt sich eine erste kulturelle Revolution in der Menschheitsgeschichte an. In der Jungsteinzeit (5000-2000 v. Chr.) kommt sie voll zum Tragen. Das Nomadendasein wird aufgegeben, die Menschen werden sesshaft und bewirtschaften den Boden. Bauern säen Getreide und züchten Vieh. In der nachfolgenden Bronzezeit wurden zahlreiche Höcker-, Hügel- und Urnengräberanlagen errichtet. Aus der darauffolgenden Eisenzeit stammen Befestigungsanlagen der Kelten. Im 7. Jahrhundert n. Chr. drängten die Franken von Westen an die Regnitz. Karl Martell ließ in Forchheim einen Königshof errichten.

Ab der vorletzten Jahrtausendwende bekamen die Städte Würzburg, Bamberg, Nürnberg und Ansbach, welche die Eckpunkte des Keuper-Lias-Landes darstellen, eine wichtige klerikale und z.T. weltpolitische Stellung im Zentrum Europas. Während die Bistümer Bamberg und Würzburg ihren Reichtum aus den Abgaben ihrer Untertanen begründeten, war Nürnberg vor allem im ausgehenden Mittelalter der zentrale Handelsknotenpunkt zwischen den Hansestädten im Norden und den bedeutenden italienischen Handelstädten wie Venedig und Florenz im Süden.

Dies hatte natürlich auch Folgen für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Entwicklung im Keuper-Lias-Land. So wurden viele Waldflächen gerodet, da nach damaligem Gesetz das gerodete Land in das Eigentum desjenigen überging, der es rodete. Deshalb nahm der Anteil des Waldes von ehemals 90% auf 20% der Gesamtfläche ab. Schwer in Mitleidenschaft wurde auch eines der größten zusammenhängenden Waldgebiete Bayerns, der Nürnberger Reichswald gezogen. Der ehemals vorhandene Laubwaldbestand wurde im 15. Jahrhundert durch die vom patrizischen Herrscher Peter Stromer eingeführten ersten Nadelwaldsaaten in einen Nadelwald umgewandelt. Die Nadelbäume wuchsen schneller und konnten den hohen Bedarf an Nutzholz eher decken. Weil die abgefallenen Nadeln jedoch weitaus schwerer abbaubar sind als Laubstreu und einen höheren Anteil an Säuren enthalten, führte dies zu einer schnelleren Versauerung des Bodens. Außerdem wurden den Böden viele Nährstoffe entzogen, die sie wegen der Nutzung des Holzes auf Dauer verloren. Hauptnutzer der Wälder waren die Köhler, die Holzkohle zur Erzverhüttung herstellten, die Büttner, die Fässer machten und die Wagner, die Wagenräder produzierten. Doch auch die Zeidler, die ihre Bienenvölker in Bäumen ansiedelten, ferner die Bauern, die Schweinemast betrieben und die Leute, die die Streu nutzten, belasteten die Wälder stark. Vor allem die Streunutzung wurde noch in den meisten fränkischen Wäldern bis Mitte des letzten Jahrhunderts praktiziert. Daher sind in der Regel auch heute nur geringmächtige organische Auflagen auf sauren Waldböden zu finden. Über diese extremen Nutzungen hinaus sorgten immer wieder Schädlingsplagen für notwendige Kahlschläge. Seit dem letzten Jahrhundert nahmen die Wälder wieder an Fläche zu. Ein Mischwald als Bestockungsziel soll die Versauerung der Böden in Zukunft mindern.

Doch auch die landwirtschaftlichen Flächen wurden im Laufe der Zeit sehr unterschiedlich beeinflusst. So erfolgte während des Mittelalters bis in die Neuzeit im Keuper-Lias-Land weitflächig Weinanbau, der heute nur noch im Maintal westlich von Bamberg und am westlichen Keuperrand betrieben wird. Viele Kriege (Hussiten-, Markgrafen-, Bauern- u. 30jähriger Krieg), die darauf zielten die Nahrungsgrundlage des Gegners zu zerstören, sorgten immer wieder für Veränderungen im

Anbau. Zeitzeugen früherer landwirtschaftlicher Methoden sind z.B. die in den wieder aufgeforsteten Arealen oft erkennbaren Hochäcker: Dabei wurde das Oberbodenmaterial aufgehäufelt, um wenigstens stufenweise die Nährstoffe anreichern zu können. In der jüngsten Zeit wurden viele Oberbodensubstrate auf landwirtschaftlichen Flächen durch Aufbringung von Klärschlamm oder Bauaushub verändert. Außerdem sind durch die übliche Bewirtschaftung nahezu alle Ackerflächen ausreichend mit Nährstoffen versorgt – teilweise überversorgt.

Das Keuper-Lias-Land ist das Land der Karpfenteiche. Über 4000 Teiche wurden in den tonigen Schichten des Keupers angelegt. Damit ist es das größte Teichgebiet Deutschlands. Der Aushub wurde meist gleichmäßig in der Nähe der Teiche verteilt. Diese anthropogen bedingten Substratänderungen zeichnen sich in den oberen Bodenhorizonten ab.

Die häufigen Veränderungen der Bodennutzung im Keuper-Lias-Land haben zur Folge, dass mehr oder minder jeder Bodenstandort anthropogen beeinflusst ist. Somit kommen ungestört entwickelte Böden, wie sie zum Beispiel in den großen Waldgebieten Ostbayerns noch zu finden sind, hier nicht mehr vor.

7. Lithologie

Im folgenden Abschnitt werden die Ausgangsgesteine für die Böden kurz gegliedert und stichpunktartig vorgestellt.

7.1 Trias

Die Trias ist im Keuper-Lias-Land ab den Keuperschichten aufgeschlossen.

7.1.1 Keuper (s. Abb. 12), k:

Der Keuper ist wie folgt gegliedert:

- Unterer Keuper (bis 50 m)
- Mittlerer Keuper (bis 400 m)
- Oberer Keuper (bis 50 m).

Unterer Keuper (Lettenkeuper) (0-50m), ku:

Untere Tonstein-Gelbkalkschichten: grauschwarze Tonsteine; untergeordnet: Siltsteine, Kalke, dolomitische Mergelschiefer, Dolomitsteine, Mergelkalksteine, Sandsteine.

Werksandstein-Bereich: feinkörnige, tonige, graugrüne, im Hangenden auch braunrote Sandsteine und blaue bis grüne z.T. mergelige Tonsteine.

Obere Tonstein-Gelbkalkschichten: vielfarbige Tonsteine; untergeordnet: Siltsteine, Kalke, dolomitische Mergelschiefer, Dolomitsteine, Mergelkalksteine, Sandsteine.

Grenzdolomit: 0,5—5,0 m mächtiges Karbonatgestein mit Gipseinschlüssen.

Mittlerer Keuper, km:

Um 400 m mächtige Gesteinsfolge, unterteilt in den überwiegend tonigen Gipskeuper (um 150 m) und den mehr sandigen Sandsteinkeuper (um 250 m).

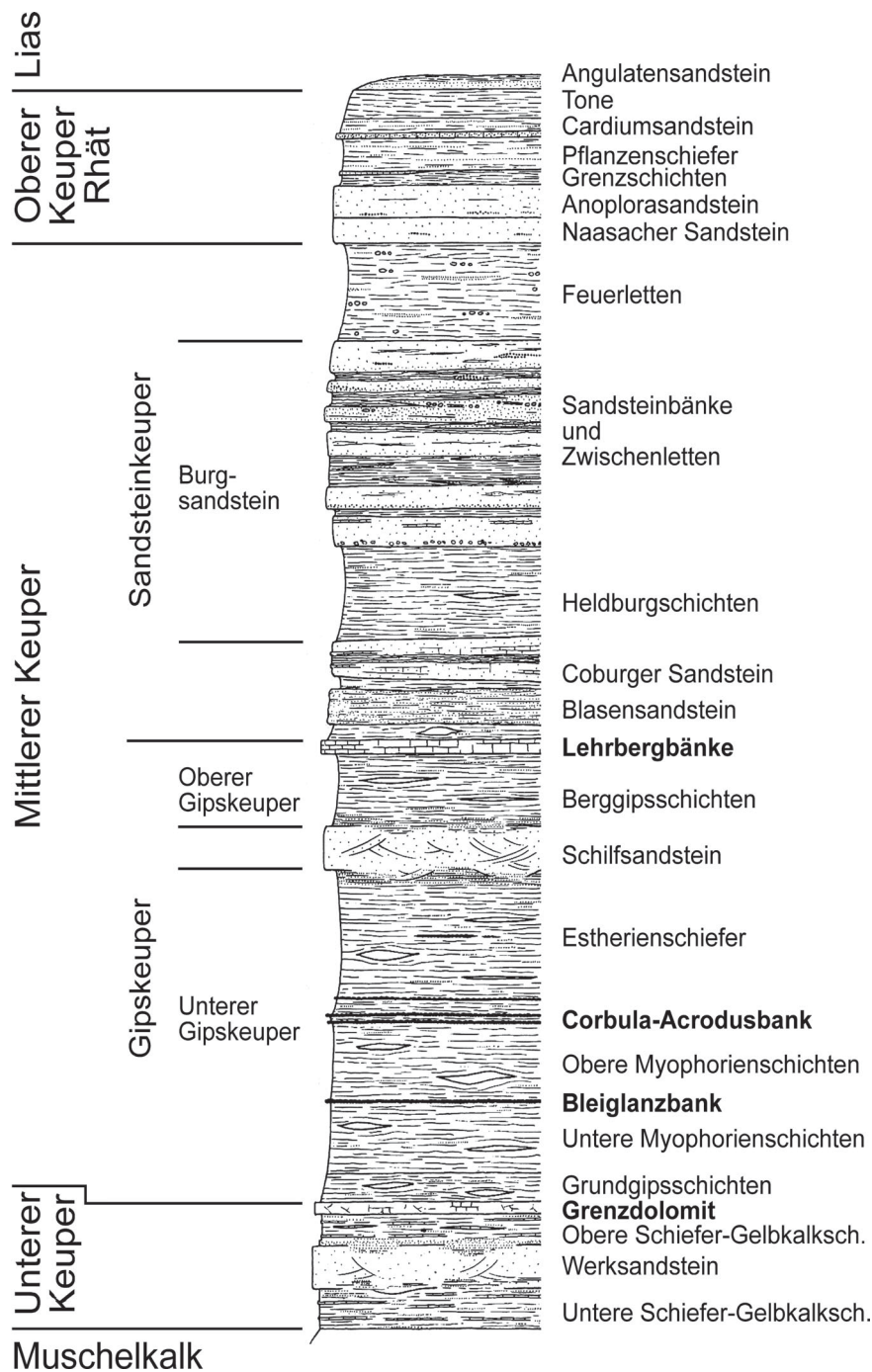


Abb. 12: Standardprofil des Keupers (nach RUTTE 1992, verändert).

a) Gipskeuper, kmg:

Grundgipsschichten (ca. 15 m): Gips-Anhydrit-Flöze mit zwischengeschalteten Tonsteinen.

Myophorien- und Estheriensichten (95-120m), kmM: bunte, meist graue, grünliche und rote Ton- und Tonmergelsteine; zwischengelagert geringmächtige, aber charakteristische Dolomitsteinbänken („Steinmergelbänke“ - z.B. Bleiglanzbank, Acroodus-Corbula-Horizont), im S und E Übergang zu Sandsteinen (Benker Sandstein, Estheriensandstein).

Schilfsandstein (0-50m), kmS: feinkörnige, spezifisch gelbgrüne, auch rote Sandsteine in plattiger bis bankiger Ausbildung wechsellagernd mit tonigen Sedimenten; teilweise inkohlte Pflanzenreste.

Lehrbergsschichten (25-50m), kmL: ziegelrote Ton- und Tonmergelstein-Serie mit Steinmergelbänken (Hauptsteinmergel); Einlagerungen von Gips, im S und E Übergang zu Sandsteinen.

b) Sandsteinkeuper (kms):

Der Sandsteinkeuper umfaßt den Blasensandstein i. w. S., den Burgsandstein und den Feuerletten.

Blasensandstein i. e. S. (30-45m), kmBL: hell- bis rostbraune, oder rötliche und weißgraue, fein bis mittelkörnige, seltener grobkörnige Sandsteine; rote, grüne und violette Lettenlagen oder -linsen zwischengeschaltet.

Coburger Sandstein (3-15m), kmC: graue bis weiße, fein- bis mittelkörnige Sandsteine; Letteneinschaltungen selten.

Burgsandstein (80-160m), kmS:

Unterer Burgsandstein (15-75m), kmBU: graue, gelbliche und rote, fein- bis mittelkörnige, massig bis bankige, oftmals mürbe Sandsteine; blaßfarbig grüne, grünviolette, gelbliche und rote Basis- und Zwischenletten.

Mittlerer Burgsandstein (30-50m), kmBM: rote bis rostfarbige, mittel- bis grobkörnige, dickbankige Sandsteine; rote, rotviolette, rostfarbige und grüne Basis- und Zwischenletten.

Oberer Burgsandstein (25-40m), kmBO: rostigrote und rotviolette, mittel- bis grobkörnige Sandsteine; rote und rotviolette Basis- und Zwischenletten.

Feuerletten (40-80 m), kmF: rote bis rotviolette Tone und Tonmergel mit unterschiedlich eingelagerten Grünzonen als Bänder, Tupfen oder Flecken; honiggelbe, mittel- bis feinkörnige, karbonathaltige Sandsteine zwischengeschaltet.

Oberer Keuper (Rhät) (0-45 m), ko:

weißliche, gelbliche, grüne, graue und bräunliche, fein bis grobkörnige Sandsteine; graue, schwachbraune, rötlich bis violett schimmernde Tone zwischengeschaltet.

7.2 Jura

Der Jura ist in:

- Lias (Schwarzer Jura)
- Dogger (Brauner Jura) und
- Malm (Weißer Jura) unterteilt.

Im Keuper-Lias-Land sind die Schichten bis zum Dogger Beta aufgeschlossen.

7.2.1 Lias (s. Abb. 4), l:

Psilonotenschichten (Lias Alpha 1) (-4m), l<a1: graue Tone mit dünnen plattigen, graugrünen Feinsandsteinlagen.

Angulatensandstein (Lias Alpha2) (-20m), l<a2: gelbbraun bis graugelbe, feinkörnige Sandsteine.

Arietensandstein (Lias Alpha3) (-3,5m), l<a3: rostbraune, grobkörnige Sand- und Kalksandsteine.

Lias Beta (1-30m), l<b: dunkelgraue und bläulichschwarzgraue Schiefertone und Tone.

Lias Gamma (3-8m), l<g: graue bis schwarzgraue Mergel- und Tonschiefer, Mergelkalksteine und Kalksteinplatten zwischengelagert.

Amaltheenton (Lias Delta) (-60 m), l<d: graue bis dunkelblaugraue, schiefrige bis blättrige Mergeltone und Tone.

Posidonienschiefer bis Jurensismergel (Lias Epsilon bis Zeta) (1-25m), l<e bis l<z: bituminöse Schiefer, graue Mergel und hellgraue, harte Stinkkalkbänke (bituminöser Kalkstein).

7.2.2 Dogger (s. Abb. 5), b:

Opalinuston (Dogger Alpha) (5-100m), b<a: graue bis blaugraue Mergel- und Schiefertone.

Eisensandstein (Dogger Beta) (30-100 m), b<b: hellbraungelbe bis rostfarbige, fein- bis mittelkörnige Sandsteine.

7.3 Quartär

7.3.1 Pleistozän, qp:

Das Keuper-Lias-Land lag im periglazialen Bereich der pleistozänen Eiszeiten. Entsprechende Sedimente sind ausgebildet.

Löß: carbonathaltige bis -reiche, feinstsandige und grobschluffige Windablagerung (Übergang zu den Gäuplatten Mainfrankens).

Lößlehm: kalkfreies schluffiges bis lehmiges äolisches Sediment; Besonderheit: „Melm“ (z.B. bei Herzogenaurach): eisenarmes, weiß- bis hellgraues Bodensubstrat.

Eiszeitliche Fließerden: Mischsubstrate aus Bodenskeletten, Sanden, Schluffen und Tonen.

Flugsand, z. T. als Düne: überwiegend aus Quarzmineralen bestehender, kalkfreier, äolischer Sand (Hauptkomponente Mittelsand).

Terrassenschotter und -sand, ungegliedert (nur in Nordbayern), qpG: Schotter- und Sandterrassen sowie kiesige und sandige Talverfüllungen.

7.3.2 Holozän, qh:

Schotter, alt- bis mittelholozän, qhG: umgelagerte Sedimentkörper aus Kies und Sand.

Ablagerungen im Auenbereich, meist jungholozän, und polygenetische Talfüllung, f: durch Überflutungen angeschwemmte Mischsubstrate.

Sinterkalk (Kalktuff, Alm), Kq: meist lokal vorkommende kalkige Tuffe bei Quellaustritten sowie Almkalke in Böden mit kalkreichem Grundwasser.

Torf, H: Moore nur vereinzelt vorkommend in kleinen, beckenförmigen Ausbuchtungen von Ton-schichten (Niedermoorbildungen).

Schwemmfächer, Hangschutt und Hanglehm: An der Ausmündung von kleinen Seitentälern in übertiefte Haupttäler entstanden teilweise Schwemmfächer, die aus Mischsubstraten der angeschnittenen Sedimenten bestehen.

8. Substratgliederung

8.1 Periglaziallagen

Die diagnostischen Horizonte eines Bodens entwickeln sich oft in verschiedenen übereinanderliegenden Substraten (ALTERMANN & RUSKE 1970). Diese Schichtungen haben einen bedeutenden Einfluß auf pedologische Prozesse. Es ist daher notwendig, sie so gut wie möglich zu beschreiben. Oberflächennahe geologische Schichten, die durch periglaziale Prozesse umgelagert sind, werden als Lagen bezeichnet. Sie können in Basislage, Mittellage, Hauptlage (und Oberlage) (s.a SCHILLING & SPIES 1991 und Abb. 13) differenziert werden. Nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (AG BODEN, 1994), gelten folgende Definitionen:

Basislage:

ist aus den liegenden und/oder in Nachbarschaft hangaufwärts vorkommenden Gesteinen hervorgegangen. Äolische Fremdanteile fehlen. Die Basislage kann mehrgliedrig sein. Sie ist – abgesehen von stark exponierten Geländepositionen – weit verbreitet.

Mittellage:

kommt in der Regel im Hangenden der Basislage vor und enthält immer einen erkennbaren äolischen Anteil. Dadurch ergibt sich zur Basislage ein markanter Substratunterschied. Die Mittellage kann mehrgliedrig sein. Sie ist im Bergland im allgemeinen nur in erosionsgeschützten Positionen erhalten.

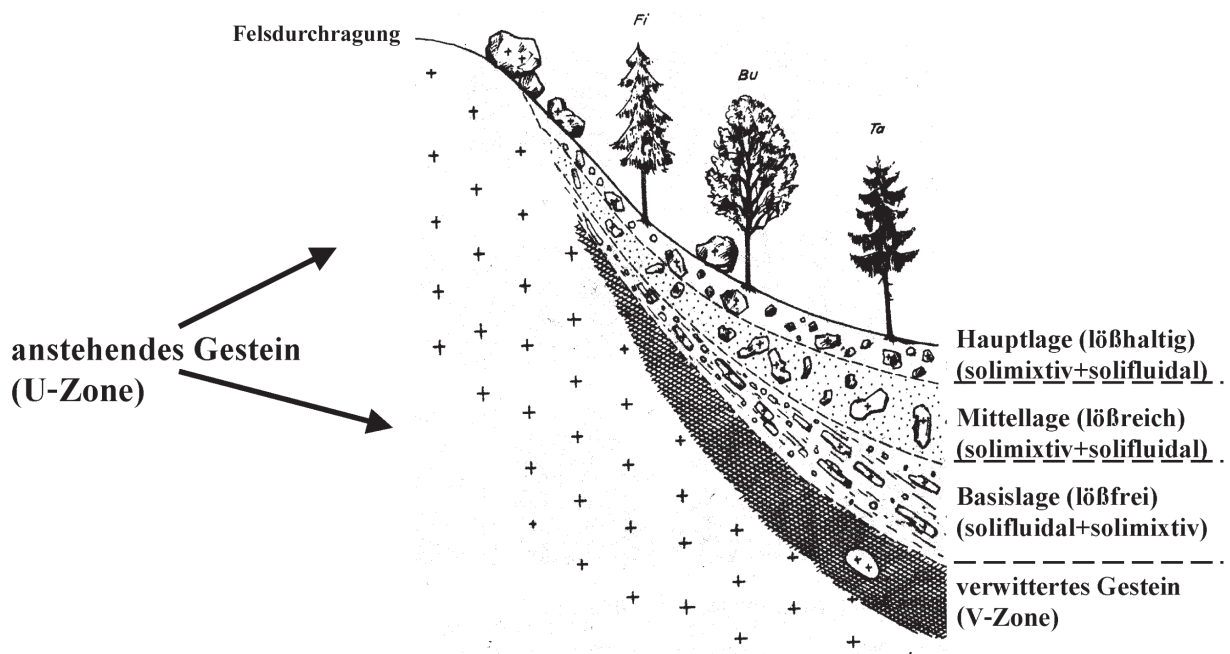


Abb.13: Schematisierte Deckschichtenabfolge im Untersuchungsgebiet (nach REHFUESS 1981, verändert).

Hauptlage:

ist außerhalb holozäner Erosions- und Akkumulationsgebiete fast überall an der Oberfläche ausgebildet. Sie kommt im Hangenden der Mittellage(n) bzw. Basislage(n), selten über Anstehendem vor und enthält immer äolisches Material. In weiten Gebieten sind in der Hauptlage Bimsaschen aus dem Laacher Vulkanismus enthalten (s.a. FRECHEN & LIPPOLT 1965). In diesem Fall ist die jungtundrenzeitliche Überprägung belegt. Die Mächtigkeit der Hauptlage ist in allen Reliefpositionen auffällig konstant und schwankt in der Regel zwischen 30 und 60 cm.

Im Hangenden können sich noch Oberlagen (jungpleistozän bis frühholozän) befinden. Im Keuper-Lias-Land sind sie jedoch bislang noch nicht bestimmt worden und werden deshalb nachfolgend nicht weiter behandelt.

Durch holozäne Vorgänge (wie z.B. Wurzeltätigkeit, Trockenrisse) können Verzahnungsbereiche zwischen den Periglaziallagen entstehen. Am Bayerischen Geologischen Landesamt (BayGLA) werden diese Verzahnungsbereiche als Mischlagen bezeichnet und im Geländebeschrieb berücksichtigt.

Im Liegenden von Periglaziallagen und auf Standorten ohne periglaziale Überprägung werden am BayGLA verwitterte (V-Zone) und unverwitterte (U-Zone) Substrate unterschieden. Auch in Geländepositionen in denen die Periglaziallagen durch Erosion abgetragen sind, bilden sie das Ausgangssubstrat für das ganze Bodenprofil. Ihre Unterscheidung erfolgt anhand des Vorhandenseins von pedologischen Prozessen.

Die feine Unterscheidung oberflächennaher Schichtungen ist grundlegend für das Verständnis vom Aufbau des Bodens und der in ihm ablaufenden Prozesse. Schichtungen können die Eigenschaften des Bodens weitgehend bestimmen. Ihre Bedeutung für das ökologische Gefüge von Bodenschaften ist nicht zu unterschätzen.

Die Kriterien, die die Bestimmung dieser verschiedenen Schichten ermöglichen sind allgemein nicht in alle Landschaftstypen übertragbar (TRAIDL 1998). Im folgenden wird am Beispiel der Ton-Sand(-stein)-Landschaften des Keuper-Lias-Land Frankens dargestellt, wie die Lagen und Schichten dieser Landschaftseinheit in der Praxis unterschieden werden.

8.2 Kriterien für Periglaziallagen

Das Keuper-Lias-Land Frankens gehört zum Fränkischen Schichtstufenland. In diesem Deckgebirge sind die mesozoischen Sedimentschichten nur gering geneigt (ca. 1-2°). Dies muss bei der Interpretation von Skeletteinregelungen berücksichtigt werden. Die nachfolgend aufgezählten Kriterien für die Existenz von Periglaziallagen beziehen sich immer auf das anstehende mesozoische Sediment.

Hinweise auf Periglaziallagen (vgl. FRIED 1984):

1. Allochthones Feinbodenmaterial ist im autochthonen Material eingemengt:
 - Lößkomponente - Kriterien: Farbe (braun), Bodenart (erhöhter Schluffanteil).
 - Flugsandkomponente - Kriterien: Farbe (gelbbraun), Bodenart (erhöhter Mittelsandanteil).
 - Fremdkomponente aus mesozoischem Substrat - Kriterien: Farb- und Bodenartveränderung.
2. Allochthones Skelett ist im autochthonen Material eingemengt:
 - Äolische Komponente - Kriterium: Windkanter.
 - solifluidale Fremdkomponente - Kriterium: Skelett aus hangenden Schichten.

3. Einregelung von Skelett:

- Solimixtion - Kriterium: Skelett ist nicht eingeregelt und gleichmäßig im Substrat verteilt.
- Solifluktion - Kriterium: Skelett ist eingeregelt. Einregelung unterscheidet sich aber vom tektonisch bedingten Einfallen der mesozoischen Schichten.

4. Fließstrukturen:

- Solifluktion - Kriterium: Bodenarten und/oder Bodenfarbe zeigen Fließstrukturen an. Sie sind jedoch nur dann als solifluidal zu werten, wenn die Fließstruktur von der geologischen Streichrichtung der Schichten deutlich abweicht.

Diese Kriterien liefern Entscheidungshilfen zur Bestimmung von Periglaziallagen. Je mehr Kriterien vorhanden sind, umso sicherer können die Periglaziallagen ausgeschieden werden. Oft tritt aber nur ein Teil dieser Kriterien auf. Manchmal werden sie auch von Merkmalen des anstehenden Substrats überdeckt (z.B. gelbbrauner, schluffiger Liaskalkzersatz hat ähnliche Merkmale wie Löß). Um dennoch abschätzen zu können, ob es sich um Periglaziallagen handelt, können Erkenntnisse aus dem ganzen Aufnahmegebiet herangezogen werden.

8.3 Unterscheidung der Lagen- bzw. Schichttypen

Im vorhergehenden Kapitel wurde ein Kriterienkatalog zur Diagnose von Periglaziallagen im Keuper-Lias-Land Frankens vorgestellt. In diesem Kapitel sollen Kriterien aufgezeigt werden, wie die einzelnen Lagen bzw. Schichtzonen voneinander unterschieden werden können.

Als entscheidendes Kriterium für die Unterscheidung von Haupt- und Mittellage gelten vulkanische Aschen. Sie sind Komponenten der Hauptlage (s. Bodenkundliche Kartieranleitung - Auflage 4). In den Böden des Keuper-Lias-Landes Frankens sind sie aber morphologisch nicht erkennbar und konnten auch mit Spezialuntersuchungen noch nicht flächendeckend nachgewiesen werden .

Kriterien zur Unterscheidung für

1. Hauptlage:

- oberste Lage,
- äolische Beimengung,
- periglazial überprägt (Solomixtion bzw. Solifluktion),
- weit verbreitet.

2. Mittellage:

- meistens von Hauptlage überdeckt,
- lößlehmreicher als Hauptlage,
- periglazial überprägt (Solomixtion bzw. Solifluktion),
- vorwiegend in Akkumulationslagen.

3. Basislage:

- meistens von Haupt- und/oder Mittellage überdeckt,
- keine äolische Beimengung,
- periglazial überprägt (Solomixtion bzw. Solifluktion),
- dicht gelagertes Substrat,
- häufig Hydromorphiemerkmale (durch Dichtlagerung bedingt),
- weit verbreitet.

4. V-Zone (in situ verwittertes bzw. angewittertes anstehendes Gestein):
 - meistens von Periglaziallagen überdeckt,
 - keine äolische Beimengung,
 - Verwitterungsprozesse erkennbar,
 - weit verbreitet.

5. U-Zone (unverwittertes anstehendes Gestein):
 - meistens von Periglaziallagen überdeckt,
 - keine äolische Beimengung,
 - keine Verwitterungsprozesse erkennbar,
 - weit verbreitet.

Auch zur Unterscheidung der einzelnen Lagen und Zonen sind Erkenntnisse aus umliegenden Geländeaufnahmen notwendig.

8.4 Komponentenbeschreibung des Substrats

Am BayGLA wird zur Charakterisierung des Bodens auf eine möglichst exakte Beschreibung des Substrats geachtet. Hierzu wird ein Komponentenbeschrieb erstellt. Die Komponenten werden getrennt nach Grob- und Feinboden mit Hilfe von Feldmethoden bestimmt und ihre Volumenanteile abgeschätzt. Um möglichst exakte Ergebnisse zu erzielen, ist eine gute Kenntnis der Geologie im Aufnahmegebiet unabdingbar. Die im Gelände ausgeschiedenen Deckschichten können mit analytischen Untersuchungen in Labors meistens bestätigt werden (s. FLEIGE et al. 1988).

9. Bodenformen

Die Verknüpfung der bodentypologischen mit der substrattypologischen Einheit wird als Bodenform bezeichnet. Da das Keuper-Lias-Land aus einer Vielzahl von Bodentypen und Bodensubstraten besteht, verfügt es somit auch über eine Vielzahl von Bodenformen. Die Bodenformen stehen in enger Beziehung zum vorherrschenden Wasserregime und dem anstehenden geologischen Substrat. Weil jedoch bestimmte Substrate in nahezu allen Teillandschaften der Landschaftseinheit 5 vorkommen, ist es sinnvoll, die Beschreibung der Bodenformen nicht nach den Teillandschaften einzuteilen sondern nach Gesichtspunkten der unterschiedlichen geologischen und hydrologischen Verhältnisse zu ordnen. Unterschiede bei den Bodenformen in den einzelnen Teillandschaften werden im Kap. 10 dargestellt.

9.1 Böden aus sandigen Substraten

Böden aus sandigen Substraten sind im Keuper-Lias-Land weit verbreitet. Im Deckgebirge sind sie meistens aus verwitterten mesozoischen Sandsteinen entstanden. In den Tälern und an den Talrändern der großen Flüsse haben sie sich aus Terrassen- und Flugsanden gebildet. Sandböden sind aus ökologischer Sicht problembehaftet. Sie verfügen über eine geringe Filterwirkung gegenüber schadstoffbelastetem Sickerwasser. Wegen geringer Nährstoffgehalte und niedrigem Wasserspeichervermögen sind sie für viele Pflanzen als Standort ungeeignet.

9.1.1 Böden mit initialer Bodenentwicklung (Ranker, Regosole)

Ranker und Regosole gibt es in erster Linie an Stellen, an denen das unverwitterte Festgestein nur knapp unter der Erdoberfläche ansteht. Dies tritt in erster Linie dann auf, wenn der Sandstein Steilhänge bildet oder sich aufgrund von jungen Hangrutschungen größere Steine und Felsblöcke an der Basis eines Hanges ansammeln. Dies kommt vor allem bei den grobkörnigen, quarzreichen Sandsteinen des Sandsteinkeupers vor. Auf den feinkörnigeren Sandsteinen des Schilfsandsteins und des Eisensandsteins hat meist schon eine Weiterentwicklung zur Braunerde stattgefunden. Eine Ausnahme ist zum Beispiel das TK-25 Blatt Berching, auf dem bei den eisensandsteinabgedeckten Zeugenbergen relativ große Rutschungen abgegangen sind. Auf den oberflächennahen Felsblöcken entwickelten sich Ranker und Regosole.

9.1.2 Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Braunerden, Podsole)

Der Bodentyp der am häufigsten auf sandigen Substraten auftritt ist die **Braunerde**. Fast überall gibt es jedoch in den oberflächennahen Horizonten Übergangsmerkmale zum **Podsol**. Der Grad der Podsolierung steht in enger Beziehung zum geologischen Ausgangssubstrat und zur Korngrößenverteilung. So verhindern die meist kleinen Korngrößenfraktionen und der große Anteil an Glimmern und Feldspäten eine intensive Podsolierung bei den Sanden des Schilf- und Doggersandsteins. Dagegen sind auf den nährstoffarmen Flugsanden sehr häufig bodenmorphologisch gut ausgeprägte Podsole zu finden. Auch auf den oft mittel- bis grobkörnigen Sanden des Sandsteinkeupers haben sich mächtige Podsolprofile ausgeformt. Vielfach reichen jedoch geringe Mengen an eingewehtem Material im Solum, um eine Weiterentwicklung der Braunerde zum Podsol zu unterbinden oder zumindest zu verlangsamen.

9.1.3 Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)

Stauwasserböden (Pseudogleye) sind im Schichtstufenland weit verbreitet. Hauptgrund dafür ist der ständige Wechsel zwischen sandigen und tonigen Schichten des Mesozoikums. Auch die Sedimentation von äolisch transportiertem Sand auf tonige Schichten stellt eine ähnliche Voraussetzung für die Pseudogleyepedogenese dar. Bedingung ist natürlich auch eine entsprechend hohe Niederschlagsrate und ein geeignetes Relief. So bilden sich auf ebenen Hochflächen sehr oft Pseudogleye. Aber auch in tiefergelegenen Gebieten mit beckenförmig ausgebildeten, tonigen Schichten hält sich das Wasser oft lange und Stauwasserböden sind großflächig vorhanden. An Hängen treten dagegen trockenere Böden auf. Besteht vom Hangenden ein entsprechender Wassernachfluss, so können sich auch an Hängen Stauwasserböden ausbilden. Ein typisches Beispiel sind die Feuerlettenhänge im Sebalder Reichswald bei Nürnberg, die von sandigem Rhätschutt oder Flugsand überdeckt sind und auf denen großflächig Pseudogleye vorkommen.

Sandige **Grundwasserböden (Gleye)** treten an den Hängen nur selten und dann punktuell auf. Typische Bereiche hierfür sind die Quellaustritte am Übergang zwischen sandigem Wasserleiter und tonigem Wasserstauer (typische Grenzen – Eisensandstein/Opalinuston, Rhätsandstein/Feuerletten). Ansonsten sind sandige Gleye im Auenbereich zu finden. In der Regel gibt es sie in der Randzone der Aue, da dort die Überdeckung mit feinkörnigen Auensedimenten nicht so mächtig ist.

9.2 Böden aus schluffigen bis lehmigen Substraten

Böden aus schluffigem oder lehmigem Substrat sind fast immer aus Deckschichten entstanden (s.a. DIEZ & SALGER 1965). Der überwiegende Anteil der mesozoischen Schichten besteht entweder aus Sand- oder Tonsteinen. Periglaziale Prozesse führten häufig zur Vermischung dieser beiden Sedimentformen. Dabei sind in der Regel lehmige Substrate neu entstanden. Äolische Schluffeinwehungen erzeugten bei intensiverer, periglazial bedingter Vermischung im allgemeinen auch lehmige Deckschichten. Die Böden aus schluffigen bis lehmigen Deckschichten gelten bei geeignetem Wasserregime als günstigste Bodenformen für land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Sie ermöglichen Pflanzen - wegen ihres hohen Mittelporenanteils - vorhandene Nährstoffe und Wasser gut aufzunehmen. Gleichzeitig sind ihre Puffereigenschaften günstig. Bei erosionsgefährdeten Standorten hingegen sind Böden mit schluffigen oder lehmigen Bodenarten am stärksten abtragungsgefährdet.

9.2.1 Böden mit initialer Bodenentwicklung (Ranker, Regosole, Pararendzinen, Kolluvisole)

Ranker und Regosole treten auf schluffigen bis lehmigen Böden selten auf. Typische Stellen an denen sich A/C-Böden ausbilden sind stark konvex ausgebildete Oberhänge mesozoischer Schichten. Dort liegen dünne Restdecken von äolisch angewehtem Material über mesozoischem Ausgangssubstrat. Entweder wurden mächtigere Decken schon aberodiert oder die starke Hangneigung (Inklination) verhinderte die Sedimentation äolischer Substrate.

Am Fuß der Hänge zeigt sich vor allem auf landwirtschaftlich genutzten Flächen akkumuliertes Schwemmmaterial. Dieses unterliegt zum Teil schon wieder der Braunerdedynamik.

Besonderheiten bezüglich einer initialen Bodenentwicklung stellen Lößlehm Böden dar. Bei vielen dieser Böden, die aus einer etwa 7 dm mächtigen Lößlehmdecke hervorgingen, sind profilmorphologisch keine Verbraunungsunterschiede zu erkennen. Dies deutet daraufhin, dass die Verbraunung des Materials präsedimentär ist, d.h. schon vor der Verwehung stattgefunden hat. Solche Böden werden folglich als Regosole angesprochen. Ähnlich ist es bei „Melmaufwehungen“. Dieses weiß- bis hellgraue Lößlehmsubstrat lagert oft über tonigerem, braungefärbtem Lößlehm oder farbigen mesozoischen Lehm- bis Tonsedimenten (s.a. SALGER 1959). Farbgebende Eisenanteile fehlten bereits bei der Sedimentation. Mit großer Wahrscheinlichkeit führte eine ältere, präsedimentäre Pedogenese zur Eisenverarmung des Substrates. Der strukturelle Aufbau und die Farbgebung läßt bei diesem Boden häufig eine Pseudogley- oder auch Parabraunerdeentwicklung vermuten. Da aber oft kein Stauwassereinfluß, keine Hydromorphiemerkmale oder keine Tonverlagerung anhand von Tonkutanen erkennbar ist, werden diese Böden ebenfalls zu den Regosolen gestellt. Manchmal würde die Standortsituation eine Braunerdebildung auf dem Melmsubstrat bedingen. Da aber wegen der fehlenden Eisenanteile keine Verbraunung stattfinden kann, wird dieser Boden auch nicht zu den Braunerden gestellt.

Die mächtigen Lößlehmdecken sind meist in konkav geformten Unterhängen, an Osthängen im Albvorland, aber auch in ebenem Gelände zu finden, wo aus klimatischen Gründen die Transportkraft des Windes nachgelassen hat.

Vor allem über den Liaskalken und -mergeln aber auch über den z.T. karbonatführenden Schichten von Keupertonen (z.B. Estheriensichten, Feuerletten) haben sich, sofern keine Entkalkung stattgefunden hat, nur A/C-Böden ausgebildet. Die Kalke und Mergel haben in der Regel einen so hohen Anteil an siliziklastischen Mineralien, dass es vorwiegend zur Pararendzinaausbildung kommt. In

Ausnahmefällen sind die Karbonatanteile der Liaskalke so hoch (> 75 %), dass der daraus entwickelte Boden zum Typ der Rendzinen zu stellen ist. A/C-Böden mit hohem Karbonatanteil verfügen meist über einen hohen Schluffanteil in ihren Horizonten, da sich aus Kalksteinen nach der physikalischen bzw. chemischen Verwitterung (s. Abb. 14) vor allem schluffige Korngrößen bilden. Übergänge zur Braunerde sind manchmal vorhanden. Voraussetzung hierfür ist eine starke Entkarbonatisierung des Solums und ein relativ hoher Fremdmineralanteil. Der Fremdanteil ist meist schon präsedimentär verbraunt gewesen, was oft eine aktuelle Verbraunung vortäuscht. Die eigentliche Verbraunung durch Umwandlung von Eisenmineralen findet im basischen Milieu nur sehr eingeschränkt statt.

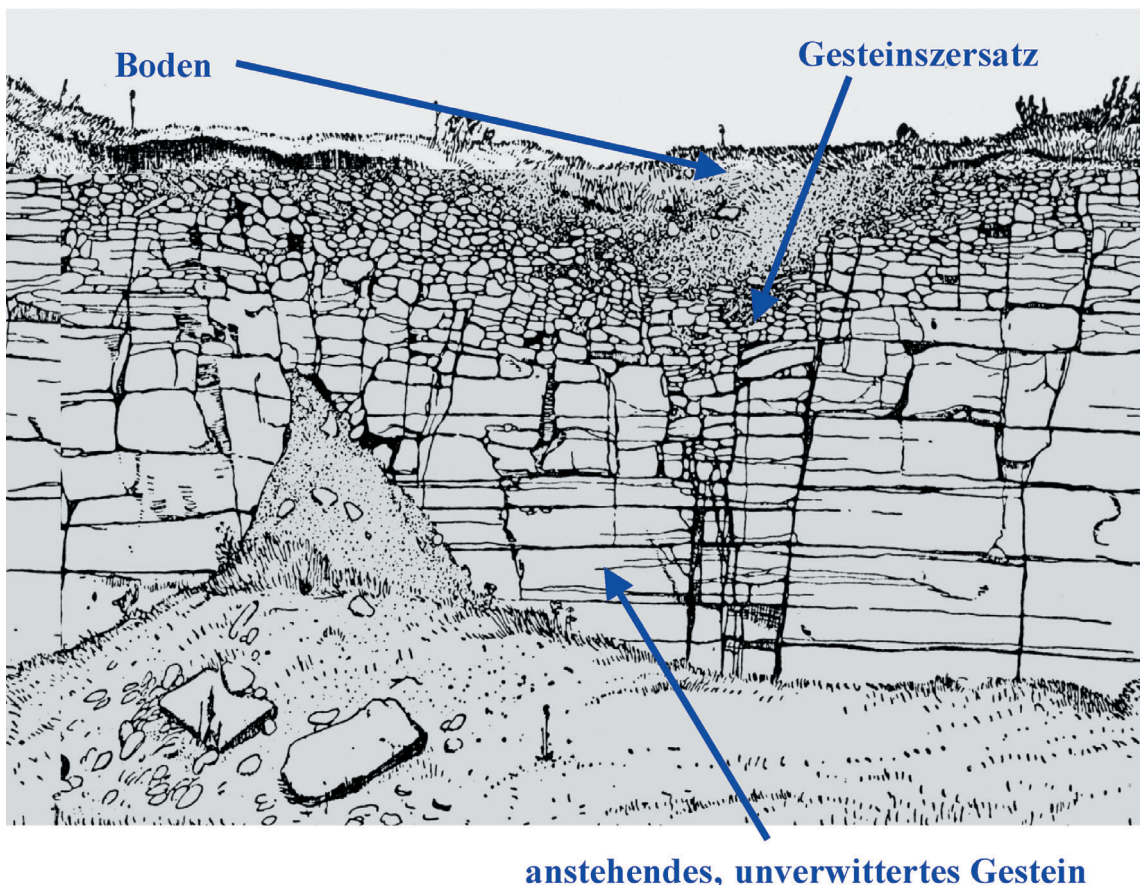


Abb. 14: Entstehung der Bodenkrume durch Verwitterung des Gesteins (nach REHFUESS 1981, verändert).

9.2.2 Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Braunerden, Parabraunerden)

Böden mit schluffiger bis lehmiger Deckschicht über anstehendem mesozoischen Material kommen großflächig vor. Entweder entstehen die Deckschichten durch morphogenetische Prozesse (Solifluktion, Solimixtion, Abspülung u.s.w.) oder durch die Einwehung von Löß oder Flugsand. Im ersteren Fall wird anstehendes toniges Sediment mit sandigem vermischt, im anderen Fall führte die Vermischung der äolischen Substrate zusammen mit dem autochtonen Material zur Schluff- oder Lehmdeckschicht. In Gebieten, in denen das Wasserregime weniger ausgeprägt ist, herrschen vorwiegend **Braunerden** vor. Vereinzelt treten in den Lößlehmgebieten (Lößlehmächtigkeit > 7 dm) auch **Parabraunerden** auf, in denen eine Tonverlagerung anhand von Tonkutanen erkennbar ist. Die Parabraunerden sind aber leicht mit den Braunerden zu verwechseln. Meistens liegen in solchen Situationen mehrere Lößlehme übereinander. Davon ist häufig die hangende Lößlehmschicht tonärmer als die liegende. Tonverlagerungsmerkmale wie Tonkutane sind jedoch nicht festzustellen.

Auch ein Gradient von tonreicherem Material im oberen Teil des liegenden Lößlehms zu tonärmeren Substrat im unteren Teil ist nicht zu erkennen. Analytische Untersuchungen (zur Bodendynamik gegenläufige Mineralzusammensetzung bzw. Metallgehalte in den Horizonten) beweisen zudem, dass es sich um verschiedene Lößlehmsubstrate handelt und das Profilbild auf Braunerde- und nicht Parabraunerdedynamik zurückgeht.

Kalkbraunerden sind im Keuper-Lias-Land selten. Dies ist nicht verwunderlich, da mächtige Sedimente fehlen, die genügend Carbonat für eine großflächige, sekundäre Aufkalkung liefern könnten. Lediglich Malmschutte bzw. Lösungswässer aus Malmkalken beeinflussen die Doggerschichten im Liegenden. Die sandigen Bodenhorizonte über dem Eisensandstein wurden aber nur lokal mit Sekundärcarbonat angereichert, da das sandige Substrat nur beschränkt die Anhäufung von Carbonat zulässt.

Grundsätzlich sind die Böden mit einer Schluff- oder Lehmdeckschicht wegen ihres günstigen Wasserspeichervermögens und des in der Regel pflanzenverfügbaren, reichhaltigen Nährstoffangebotes aus ackerbaulicher und ökologischer Sicht als die günstigsten Bodenformen anzusehen.

9.2.3 Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)

Stauwasserböden kommen vorzugsweise auf Plateaus vor, auf denen der laterale Wasserabfluß gering ist. Die schluffig bis lehmige Deckschicht ist hier meistens auf äolisches Material zurückzuführen. Den Staukörper stellen vielfach mesozoische Sedimente dar. Aber auch ältere, tonreichere Lößlehmfließerden bilden oft die wasserundurchlässige Bodenschicht. Außer auf Plateaus sind die Pseudogleye auch an Hängen und im speziellen an Unterhängen verbreitet, sofern genügend Hangzugwasser vorhanden ist. In Verflachungen sind die Pseudogleye in den Gebieten zu finden, in denen wegen der muldenförmigen, mesozoischen Unterlage ein schneller Wasserabfluß verhindert wird.

Schluffig-lehmige Gleye treten ähnlich wie die sandigen Formen an Hängen nur punktuell in der Nähe von Quellaustritten auf. Weitflächiger sind sie im allgemeinen nur im Talbereich zu finden, wo sie gehäuft am Rand des Auenbereichs vorkommen. Diese feinkörnigeren Sedimentformen deuten auf eine ehemals geringe Wasserströmung hin.

9.3 Böden aus tonigen Substraten

Böden aus tonigen Substraten sind im Keuper-Lias-Land häufig. Sie kommen überwiegend an exponierten Standorten oder an steilen Hängen vor, an denen sich Deckschichten gar nicht bildeten oder schon aberodiert wurden. Ihr Nährstoffangebot für Pflanzen und ihre Pufferfähigkeit sind sehr hoch. Der hohe Feinporanteil und die damit verbundene hohe Festigkeit des Substrats schränkt aber das Wurzelwachstum vieler Pflanzen und die landwirtschaftliche Bearbeitbarkeit stark ein.

9.3.1 Böden mit initialer Bodenentwicklung (Regosole, Pararendzinen)

Die Tonschichten des Keuper-Lias-Landes streichen vergleichsweise selten an der Erdoberfläche aus. Fast überall lagern den tonigen Ausgangssubstraten leichtere, mehr oder minder mächtige Decksedimente auf. In exponierten Reliefsituationen wurden die meist schluffig-lehmigen Deckschichten jedoch aberodiert. Dies führte dazu, dass Tone direkt an oder knapp unter der Erdoberfläche anstehen.

Eine typische Reliefposition hierfür ist der konvexe Oberhang. Aber auch an Mittelhängen und sonstigen stark exponierten Stellen gibt es hin und wieder deckschichtenfreie bzw. -arme Zonen. Kann das Oberflächenwasser relativ schnell abfließen und das Sickerwasser kaum in den Boden eindringen, entstehen Regosole aus Ton. Auf mergeligem Ausgangssubstrat kommen bei sonst gleichen oder ähnlichen Standortfaktoren tonige Pararendzinen vor.

9.3.2 Böden mit fortgeschrittener Bodenentwicklung (Pelosole)

Auf deckschichtenfreien bis -armen Standorten mit starkem Feuchtigkeitswechsel des Bodens treten **Pelosole** auf. Meist sind diese Reliefpositionen leicht exponiert und konvex geformt. Auf vegetationsfreien Flächen (z.B. abgeerntete Äcker) sind sie vielfach oberflächlich schon anhand der vorhandenen Trockenrisse zu erkennen. Im allgemeinen sind sie mit tonreichen Braunerden vergesellschaftet. Auch ihr morphologisches Aussehen ähnelt diesen Braunerden. Oft sind die P-Horizonte gegenüber dem Ausgangssubstrat schon bräunlicher gefärbt, da über die Trockenrisse Sauerstoff und Wasser auf die Kluftflächen gelangen und neue Metalloxydbildungen ermöglichen. In den Trockenrissen ist auch oft humoses, leichteres Material zu finden, das von den humosen Oberbodenhorizonten stammt. Dieser Prozess des Substratnachrieselns führt über den entsprechend langen Zeitraum hinweg zur Umbildung des Bodensubstrats und damit zur Braunerdeentwicklung. Kalkpelosole gibt es vorwiegend auf Mergelstandorten, bei denen ein deutlicher Teil des Carbonates im Ober- und Unterboden schon ausgewaschen ist.

Terrae fuscae, so gut entwickelt wie sie auf der Malmhochfläche der Fränkischen Alb vorkommen, gibt es im Keuper-Lias-Land nicht. Manchmal haben sich auf den kalkigen Standorten Übergangsformen zu Braunerden ausgebildet. Sie sind aber nicht flächenhaft verbreitet.

9.3.3 Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß (Pseudogleye, Gleye)

Pseudogleye aus ausschließlich tonigem Substrat kommen nur auf ebenen Flächen vor, bei denen eine Deckschichtenüberdeckung mit tonärmeren Sedimenten fehlt. Solche Standorte sind selten. Meistens handelt es sich dabei um Plateauflächen, bei denen die Decksedimente aberodiert wurden. Dort kann das Oberflächenwasser leichter in den Boden eindringen und es bilden sich sogenannte Haftnässepseudogleye aus. Die Hydromorpiemerkmale sind hierbei genauso ausgebildet wie bei Zweischichtpseudogleyen.

Gleye aus tonigem Substrat kommen fast nur im Talbereich vor. Dort haben sich im Stillwasserbereich sehr feine Sedimente abgelagert. In grösseren Flusstälern sind die Grundwasserböden randlich angesiedelt, in kleineren in unmittelbarer Nähe des Vorfluters.

9.4 Böden aus organischer Substanz

Das Keuper-Lias-Land ist keine Landschaft mit großen und mächtigen Moorarealen. Lediglich kleinflächig und bei entsprechenden geologisch-morphologischen Voraussetzungen haben sich Niedermoore ausgebildet. Typische Lokalitäten sind Senken in die zwar immer wieder Wasser zufließt, durch die beckenförmige Ausformung der Oberfläche der mesozoischen Tonschicht aber deutlich weniger Wasser abfließt. Randlich sind diese Flächen von Gleyen umgeben. Die Mooregebiete sind fast nur unter Wald zu finden, da ehemalige Moorflächen im Freiland nahezu überall trockengelegt wurden. Dafür kommen sie, aber im ganzen Keuperbereich verteilt, immer wieder vor. Die Mächtigkeit der Moore ist im Vergleich zu Mooregebieten Südbayerns deutlich geringer.

10. Verbreitung der Böden

10.1 Geologisch-petrographische Einflüsse

Das Keuper-Lias-Land ist in seinem geologischen und morphologischen Aufbau sehr vielfältig. Aus petrographischer Sicht kann die Schichtenabfolge des überwiegend terrestrisch entstandenen Keupers relativ einfach als ständiger Wechsel zwischen Sand- und Tonsteinen beschrieben werden (SCHILLING 1991). Zwischen diesen Schichten sind meist untergeordnet noch Kalk- oder Mergellagen zu finden. Beim marin entstandenen Lias und Dogger ist ein Wechsel zwischen dickbankigen Tonen und Mergel- bzw. Kalklagen typisch. Umrahmt sind sie von sandigen Schichten im Liegenden (Angulaten-, Arietensandsteine) und im Hangenden (Eisensandstein). Diese petrographisch ähnlichen Abfolgen sollten eigentlich auch dazu führen, dass die morphologische Ausprägung der Teillandschaften des Keuper-Lias-Landes ähnlich ist. Dass dennoch deutliche Unterschiede in der Reliefgestaltung der einzelnen Teillandschaften auftreten, hängt folglich von anderen Faktoren wie z.B. vom Schichteneinfallen, von den Flussverläufen oder von der Erosionsbasis ab.

10.2 Einflüsse durch Flussverläufe

Die geologischen Schichten fallen im Keuper-Lias-Land im Winkel von 1 - 2° Richtung Osten bis Südosten ein. Flüsse, die mehr oder minder parallel zur Einfallrichtung der Schichten verlaufen, haben für gleichmäßig ansteigende Hänge an beiden Talflanken gesorgt. Typisch hierfür ist die Keuperabdachung zwischen dem Main im Norden und der Bibert zwischen Ansbach und Nürnberg im Süden. Da die Flüsse stark mäandrierten, hat dies zu breiten Tälern (Zenn-, Aurach-, Aisch-, Reiche u. Rauhe Ebrachtal) mit sanft ansteigenden Hängen geführt. Bewegen sich die Flüsse in Nord-Südrichtung haben sich meist steile Westhänge und flachere Osthänge ausgebildet. Beispiele hierfür sind: Das Itz- und Baunachtal im Gebiet zwischen Bamberg und Coburg, das Regnitztal zwischen Bamberg und Nürnberg sowie das Tal der Rednitz und Fränkischen Rezat (s. Abb. 11 im Anhang) auf der Achse Roth – Nürnberg und Lehrberg – Ansbach – Windsbach (s. Abb. 15 im Anhang). Ausnahmen bilden Talbereiche, bei denen der Fluss einen Prallhang an der Westseite des Tales geformt hat wie z.B. der Main zwischen Bamberg und Lichtenfels. Dort fallen dann auch die Osthänge vergleichsweise steil ab.

10.3 Auswirkungen des Entwässerungssystems

Durch das Keuper-Lias-Land zieht die Europäische Hauptwasserscheide (s. Abb. 11 im Anhang). Der nördliche Teil des Landes entwässert zu dem tieferliegenden und damit stärker erodierend wirkenden Rheinsystem, der südliche zu dem höherliegenden Donausystem. So fließt die zum Donausystem gehörende Altmühl als Fluß mit dem niedrigsten Ausgleichsgefälle aller europäischen Flüsse in einem breiten Tal mit relativ sanft ansteigenden Talflanken. Südöstlich der Linie Ansbach – Neumarkt/Opf. hat sich wegen der geringeren Erosionswirkung im Donaueinflußbereich daher eine weitflächigere Landschaft ausgebildet (s. Abb. 16 im Anhang). Dies wiederum hat zum Erhalt von mehreren Rumpfflächen („Altflächen“; s.a. BLEICH et al. 1982) aus der Tertiärzeit geführt, auf denen sehr alte und tiefreichende Bodenbildungen zu finden sind (BRUNNACKER 1970).

Im Gebiet nördlich der o.g. Linie ist die Zertalung so stark fortgeschritten, dass plateauförmige Rumpfflächen nicht mehr vorkommen.

10.4 Bodenkundlicher Querschnitt von Nordwest nach Südost

Aufgrund der Kippung der Süddeutschen Großscholle nach Südosten treten im Westen und Norden des Keuper-Lias-Landes etwa zwischen den Ortschaften Rothenburg o.d.T. und Bad Königshofen (s. Abb. 15 im Anhang) die älteren Gipskeuperschichten an die Erdoberfläche, während dann nach Osten und Süden zu die jüngeren Schichten des Sandsteinkeupers und des Lias zu Tage kommen. Am äußersten Ost- und Südrand erscheinen dann die Schichten des Doggers. Da das geologische Ausgangssubstrat ein wichtiger Standortfaktor für die Ausbildung eines Bodens ist, wird nachfolgend die Verbreitung der Böden auch entsprechend des Ausstreichens der geologischen Schichten von Nordwesten nach Südosten beschrieben.

Östlich der Linie Rothenburg o.T. – Gerolzhofen – Haßfurt – Hofheim i.Ufr. (s. Abb. 9 im Anhang) steigt das Gelände steil an zur Frankenhöhe, zum Steigerwald und zu den Hassbergen. Am Unterhang dieses Anstieges kommen vor allem die tonigen und mergeligen Schichten der Myophorien- und Estheriensichten vor. In der Nähe der Gäuböden der Mainfränkischen Platten sind diese Schichten von unterschiedlich mächtigen Lößlehmschleiern überzogen. Dies führt größtenteils zur Ausbildung von schluffigen bis lehmigen **Braunerden**. Je größer der Abstand zu typischen Auswehungsgebieten wie z.B. dem Maintal ist, desto geringmächtiger wird diese Überdeckung. Haben entsprechende Erosionsprozesse diese Deckschichten abgetragen, ist oft nur eine beschränkt abgelauene Bodenentwicklung zu erkennen. Vor allem auf den sehr dichten Mergeln der Estheriensichten haben sich vielerorts nur **Pararendzinen** entwickelt.

Der Steilanstieg selbst ist in der Regel von tonigen Lehrbergschichten (z.B. bei Colmberg oder Lehrberg, s. Abb. 15 im Anhang) aufgebaut. Meistens sind die Mittel- und Oberhänge an dieser Steilkante nur von geringmächtigen Deckschichten überlagert, da der Großteil schon aberodiert wurde. In der Folge treten hier vor allem flachgründige **Braunerden**, **Regosole** oder **Pelosole** auf. Ein ähnliches Erscheinungsbild ist auch am Oberlauf einiger West-Ost verlaufender Flüsse wie z.B. bei der Zenn bei Neuhof (s. Abb. 15 im Anhang) zu erkennen, die sich im Vergleich zu ihrem Mittel- und Unterlauf verhältnismäßig stark eingeschnitten haben.

Die nach Osten und Süden folgenden Landschaften (Hassberge, Itz-Baunach-Hügelland, Steigerwald, Rangau, Frankenhöhe; s. Abb. 2) sind aus Sedimenten des Sandsteinkeupers aufgebaut. Bilden Sand- steine das Ausgangsgestein und liegen die Flächen in Erosionslage, dann herrschen vorwiegend **saure Braunerden**, z.T. **Podsole**, **Regosole** oder **Ranker** vor. Lagern Tone unter, kommen auf Erosionsstandorten in erster Linie **Tonregosole**, **Pelosole** oder **flachgründige Braunerden** vor. Ist das Ausgangsgestein mergelig (Lehrbergschichten, Feuerletten) und fehlen mächtigere Deckschichtenaufgaben, dann kommt es vielfach zur Ausbildung von **Pararendzinen**. Auf plateauähnlichen Flächen mit sandigen Deckschichten treten häufig **Stauwasserböden** auf. Aber auch in ebenen Depressionslagen sind bei ausreichender Wasserzufuhr großflächig **Stauwasserböden** zu finden. Vor allem an leicht nach Osten abfallenden Hängen sind immer wieder Lößlehmüberdeckungen vorhanden. Meistens wurden mehrere Lößlehmschichten abgelagert, auf denen sich vorwiegend **Braunerden** entwickelten. Nur in Ausnahmefällen entstanden durch Tonverlagerung **Parabraunerden** (s.a. DIEMANN 1974).

Sporadisch trifft man auf sehr alte äolische Sedimente (aus älteren Eiszeiten). Diese Ablagerungen sind meist sehr stark eisenverarmt und dicht gelagert. Dieses weißgraue, schluffige Substrat wird als „Melm“ bezeichnet. Eine typische Lokalität hierfür ist in einem Waldstück zwischen Erlangen und Herzogenaurach zu finden. Unter diesem Melm befindet sich ein stark verbraunter, älterer Lößlehm. Die Zuordnung der melmbedeckten Flächen zu einem Bodentyp ist oft schwierig, da der Boden morphologisch wie eine **Parabraunerde** oder **Pseudogley** aussieht, von den Standortfaktoren aber auf eine Braunerdedynamik schließen lässt. Da aber keine Verbraunung im eisenverarmten

Substrat zu erkennen ist, muss dieser Boden in der Regel den **Regosolen** zugeordnet werden. Auf den sandigen Riedeln im Sandsteinkeuperareal erfolgt hauptsächlich Waldnutzung (Frankenhöhe, Steigerwald, Rangau, Hassberge, Itz-Baunach-Hügelland). Auch die vielfach tonigen Schichten (Lehrbergsschichten, Feuerletten) im Mittelhangbereich dienen größtenteils als Waldstandorte. Erst im unteren Mittelhang- und Unterhangbereich werden die mit quartären Sedimenten überdeckten mesozoischen Ausgangssteine für den Ackerbau genutzt.

Richtung Osten und Süden bilden bewaldete Feuerletten und Rhäthänge den Anstieg zum Albvorland (z. B. bei Forchheim/Ofr.). Der Rhät (s. Abb. 17 im Anhang) hat im Keuper-Lias-Land eine besondere Stellung. Südlich von Nürnberg sind seine Schichten schon erodiert und der Feuerletten bildet das mesozoische Ausgangsgestein für die sanften, plateauähnlichen Erhebungen. Darüberlagernde sandige Schichten und ein lateral nur langsam abfließendes Stauwasser sorgen für großflächig auftretende **Pseudogley**-Standorte wie z.B. in den Waldgebieten östlich von Allersberg. Zum Teil dauert auf diesen Standorten die Verwitterung schon so lange an, dass dort immer wieder **Paläoböden** (Altflächen) anzutreffen sind (WITTMANN 1982). Zwischen Nürnberg und Bamberg ist der Rhät zum großen Teil sandig ausgebildet. **Saure Braunerden** und **Podsole** sind dort weit verbreitet. Nördlich von Bamberg nehmen die tonigen Anteile im Rhätsandsteinschichtpaket zu. Dort kommen vor allem Braunerden und **Ton-Regosole** vor.

Das Albvorland (s. Abb. 9 im Anhang) ist aus Schichten des Lias und des Doggers aufgebaut. Die Liasschichten formen eine sanft-hügelige Landschaft, die mit dem Dogger-Alpha (Opalinuston) langsam zum Albanstieg übergeht. Wegen der überwiegend tonigen und mergeligen Ausbildung dieser Sedimente, die meist von Deckschichten überlagert sind, wird das Albvorland fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. In den Bereichen mit mächtigeren Deckschichten (>30 cm) sind die **Braunerden** die Flächenbildner. **Pseudogleye** treten bevorzugt in Depressionslagen auf. Sind die Standorte exponiert, fehlen die Deckschichten meist und **Tonregosole** oder **Pelosole** herrschen vor. Ähnliches gilt auch für die harten Kalk-Mergel-Schichten des Lias Gamma und Lias Epsilon. Dort sind vorwiegend **Pararendzinen** (z.B. Dactylioceratenfundort Schlaifhausen) und wenn der Karbonatgehalt des Ausgangsgesteins hoch genug ist, auch **Rendzinen** zu finden. Umrahmt sind die tonigen Schichten des Lias und Doggers im Albvorland von den meist sandigen Ablagerungen des Lias Alpha 2 u. 3 (Angulaten- und Arietensandstein) im Liegenden und des Dogger Beta (Eisensandstein) im Hangenden. Diese sandigen Schichten haben einen hohen Anteil an Feinsubstanz, so dass die Bodenentwicklung in der Regel mit dem **Braunerdestadium** beendet ist. Eine Weiterentwicklung zum **Podsol** hat nur in den seltensten Fällen stattgefunden. Auf den Lias-Alpha-Schichten wird vielerorts sogar Ackerbau betrieben (z.B. Kalchreuth). Der Eisensandstein bildet im Albvorland meistens den Kuppenbildner der der Alb vorgelagerten Zeugenberge. Er ist fast immer bewaldet.

Quartäre Sedimente haben im Keuper-Lias-Land eine große Bedeutung sowohl als Komponente in überlagernden Deckschichten als auch bei mächtigen Ablagerungen als Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Als wichtigste Vertreter sind zu nennen: Terrassensedimente, Flugsande und Lößlehme.

Alle größeren Flußtäler werden randlich von Terrassenablagerungen begleitet. Da das Ursprungsgebiet dieser fluviatilen Sedimente häufig sandig aufgebaut ist (Sandsteinkeuper), bestehen auch die verschiedenen Terrassen vorzugsweise aus Sanden. Vor allem in den Tälern der größeren Flüsse wie Regnitz und Main werden diese Sande als Bausande gefördert. Der vorherrschende Bodentyp auf diesen Flächen ist die **saure Braunerde**. Lokal begrenzt kommen aber auch **Podsol-Braunerden** und **Podsole** vor. Durch den Aushub von großen Baggerseen sind die Terrassenflächen vielerorts anthropogen stark überprägt.

Entlang der großen Täler gibt es an den Ostflanken bedeutende Flugsandanwehungen. Vielerorts haben sich Dünen ausgebildet, manchmal liegt der Flugsand als ein im Schnitt halber Meter mächtiger Schleier über den unterlagernden mesozoischen oder quartären Sedimenten. Der Quarzanteil der Flugsande ist sehr hoch und der Anteil an pufferfähigen Mineralien sehr gering. Daher haben sich in Flugsandgebieten (s. Abb. 7 im Anhang) nährstoffarme **Podsol-Braunerden** und **Podsole** entwickelt. Ist der Wasserzuzug groß und lagern unter den Flugsanden erdoberflächennah Tone, dann kommt es zur Ausbildung von **Pseudogleyen**. Diese verschiedenen Variationen der Bodenentwicklung sind beispielhaft im Sebalder Reichswald bei Kalchreuth zu sehen. Weitere große Flugsandareale sind bei Neumarkt/Opf. und im Bamberger Hauptmoorswald zu finden.

Äolischer Schluff ist wie oben beschrieben weitflächig als ein bis ca. einen halben Meter mächtiger Schleier oder als Beimengung in vielen Böden zu finden. An Osthängen (Leeseite) treten aber auch vielfach mächtigere Ablagerungen auf. Es handelt sich dabei durchgehend um Lößlehme. Unverwitterte Lössen kommen nicht vor. Auf dem Großteil der Böden aus Lößlehm haben sich **Braunerden** entwickelt. **Pseudogleye** und **Parabraunerden** spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Die jüngsten Ablagerungen im Keuper-Lias-Land sind Auensedimente. Alle größeren Flüsse haben vor allem im Unterlauf eine bis zu mehrere hundert Meter breite Auenlandschaft ausgebildet. Die Hochwässer sorgen auch in der heute anthropogen stark beeinflussten Auenlandschaft periodisch immer wieder für Überflutungen. So hat z.B. das November-Hochwasser von 1998 in den Regnitzauen, aber auch in Seitentälern, wie z.B. im Aischtal, zu Überschwemmungen geführt. Der vorherrschende Bodentyp in den Auenlandschaften ist die **Auenbraunerde**. An den Auenrändern tritt das Grundwasser meist näher an die Erdoberfläche. Dort treten dann **Auengleye** auf. Das Ausgangssubstrat ist in den einzelnen Tälern und Talabschnitten sehr unterschiedlich. Flüsse die sehr langsam fließen, wie z.B. die Altmühl, sedimentieren auch bei Überflutungen sehr feinkörnige Sedimente ab. Deshalb ist der Tonanteil in den Altmühlauen weitflächig sehr hoch. Dagegen verfügen Täler mit schnelleren Strömungsverhältnissen über einen weitaus größeren Anteil an sandigem Auen-sediment (z.B. Regnitz).

Die Beschreibung der Verbreitung von Böden zeigt auf, welche Bodentypen großräumig in einem Gebiet vorherrschen. Punktuell kann jedoch nahezu jeder Bodentyp in den oben beschriebenen Teilgebieten des Keuper-Lias-Landes auftreten. Typisch hierfür sind die **Gleye**. Außer in Talbereichen ist ihre Verbreitung sehr begrenzt. Voraussetzung für die Gleyentwicklung ist ein stauendes Sediment in entsprechender Tiefe, (>1,3 m), ein darüberlagerndes, grobkörnigeres, wasserführendes Sediment und ein ständiger, ausreichender Wasserzuzug. Dies ist z.B. am Hofberg auf Blatt Hilpoltstein um die Quellaustritte an der Eisensandstein-Opalinustongrenze herum zu finden.

Im ganzen Keuper-Lias-Land hat eine intensive Landnutzung über viele Jahrhunderte stattgefunden. Dies ist an den Böden nicht spurlos vorübergegangen. Heutige Waldböden sind fast überall im Oberboden gestört. Dies ist auf die ehemalige landwirtschaftliche (z.B. Hochäcker) oder forstliche (z.B. Streunutzung) Nutzung zurückzuführen. Bei den Ackerböden sind aufgrund der tiefgehenden Bearbeitung viele gekappte Bodenprofile zu finden.

11. Bodenvergesellschaftungen

Bei der bodenkundlichen Bearbeitung des Keuper-Lias-Landes wurden 102 Bodenformengruppen ausgeschieden. Die einzelnen Bodenformengruppen setzen sich aus verschiedenen Bodenformen, wie in der Einführung beschrieben, zusammen. Diese Zusammenfassung verschiedener Bodenformen

zu Bodenformengruppen beruht auf der engen Beziehung zueinander, sowohl aus der Sicht der räumlichen Verbreitung als auch hinsichtlich der Bodeneigenschaften:

So kommt zum Beispiel im Sebalder Reichswald (s. Abb. 16 im Anhang) östlich von Nürnberg bei Wechsellagerungen von Sanden und Tonen oft ein enges Nebeneinander von Pseudogleyen und Podsol-Pseudogleyen vor. Die Ursache für diese unterschiedliche Ausbildung liegt allein an den unterschiedlichen Höchstständen des Stauwassers. Während bei den Pseudogleyen das Stauwasser bei Feuchtperioden bis nahe an die Erdoberfläche reicht, befindet sich bei den Podsol-Pseudogleyen die Obergrenze des Wasserstandes wenige Dezimeter (max. 4 dm) darunter. Der Grund für diese unterschiedlichen Stauwasserstände ist vielfach eine wellige Ausformung der darunterlagernden Tonschicht. Kartiertechnisch sind die einzelnen Bodenformen nur schwer auszugrenzen. Da sich zudem ihre Bodeneigenschaften wegen des gleichen Substrats und eines ähnlichen Wasserregimes kaum unterscheiden, ist eine Zusammenfassung zu einer Bodenformengruppe sinnvoll.

Es gibt jedoch auch Bodenformen oder Bodenformengruppen, die wegen ihrer engen räumlichen Beziehung zu Bodenvergesellschaftungen zusammengefaßt werden. Die Bodeneigenschaften der einzelnen Bodenformen bzw. der Bodenformengruppen einer Bodenvergesellschaftung können dabei sehr unterschiedlich sein. Wechseln die einzelnen Bodenformen bzw. Bodenformengruppe einer Bodenvergesellschaftungen so stark, dass sie in den gängigen Maßstäben kartiertechnisch nicht mehr sinnvoll dargestellt werden können, erfolgt eine Zusammenfassung zu komplexen Kartiereinheiten.

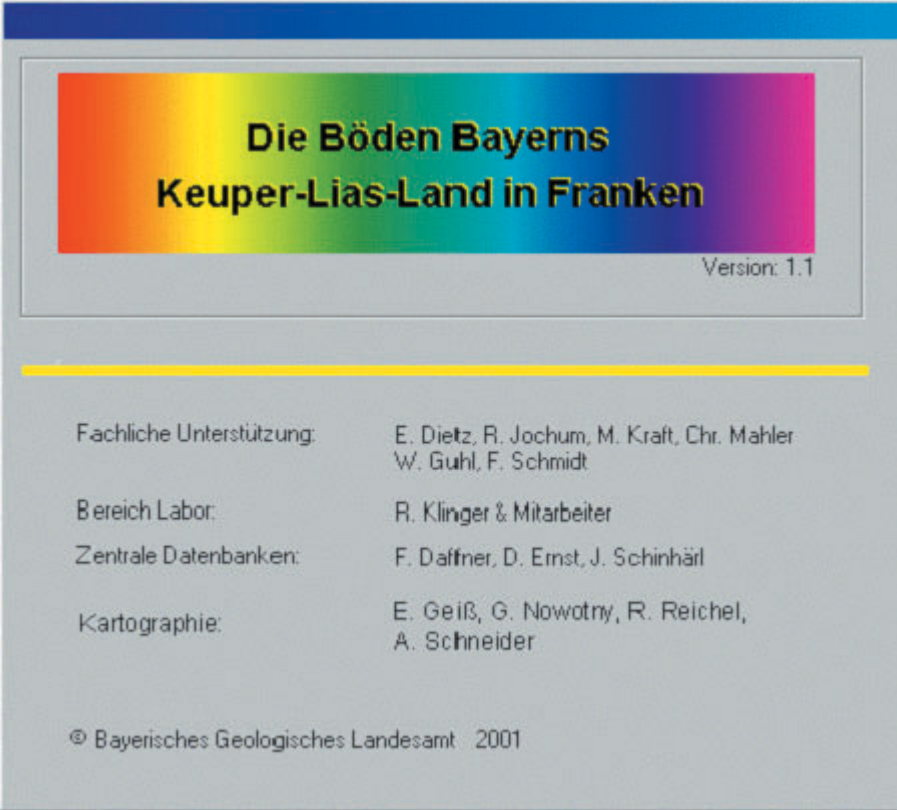
Es gibt mehrere Möglichkeiten, die zu der engen Wechselbeziehung von Bodenformen führen können:

Zum einen kann es die gleiche Ursache sein wie es oben bei dem Beispiel im Sebalder Reichswald beschrieben wird. Im Gegensatz dazu werden aber hier die Bodeneigenschaften stark beeinflusst. Ein Beispiel hierfür sind die Böden auf Feuerletten mit sandiger Deckschicht östlich von Allersberg. Wegen des gegebenen Wasserhaushaltes haben sich dort vorzugsweise zweischichtige Pseudogleye entwickelt. Durch eine wellige Ausformung des unterlagernden Feuerletten kommen die Deckschichten in sehr unterschiedlichen Mächtigkeiten vor, stellenweise fehlen sie ganz. An den deckschichtenfreien Stellen haben sich dann Regosole aus Ton ausgebildet, die sich in ihren Bodeneigenschaften deutlich von den Pseudogleyen unterscheiden.

Zum anderen können aber auch durch Hangbewegungen (Hangrutschungen, Solifluktion, Abschwemmungen) auf vergleichsweise kleinen Flächen verschiedene, in ihren Eigenschaften deutlich unterschiedliche Bodenformen(-gruppen) eng nebeneinander vorkommen.

Aber auch engräumig wechselnde geologische Sedimentationsbedingungen (z.B. geologische Linse) oder punktuell auftretender Wasserzufluß (z.B. Quellaustritte) können Ursache für kleinräumig sehr stark wechselnde Bodenformen(-gruppen) sein, die für flächenbezogene Aussagen zu Bodengesellschaften zusammengefaßt werden müssen.

Danksagung



Die Böden Bayerns
Keuper-Lias-Land in Franken

Version: 1.1

Fachliche Unterstützung: E. Dietz, R. Jochum, M. Kraft, Chr. Mahler
W. Guhl, F. Schmidt

Bereich Labor: R. Klinger & Mitarbeiter

Zentrale Datenbanken: F. Dalfner, D. Ernst, J. Schinhärl

Kartographie: E. Geiß, G. Nowotny, R. Reichel,
A. Schneider

© Bayerisches Geologisches Landesamt 2001

Den genannten sowie allen Kollegen und Mitarbeitern des Amtes, die durch ihr Engagement und sachkundige Hinweise einen wichtigen Beitrag zum Gelingen dieses Werkes leisteten, sei an dieser Stelle von den Autoren herzlich gedankt.

12. Literatur

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Aufl.: 392 S.; Hannover.
- ALTERMANN, M. & RUSKE, R. (1970): Beitrag zur Lithologie, Gliederung und Verbreitung des Gebirgsschuttes. - *Geologie*, **19**(8): 895-909; Berlin.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500.000. - 4. Aufl.: 329 S.; München.
- BERGER, K. (1978): Geologische Karte von Bayern 1 : 50.000, Erläuterungen zum Blatt Nürnberg-Fürth-Erlangen und Umgebung. - 219 S.; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- BLEICH, K., HÄDRICH, F., HUMMEL, P., MÜLLER, S., ORTLAM, D. & WERNER, J. (1982): Paläoböden in Baden Württemberg. - *Geol. Jb.*, **F14**: 63-100; Hannover.
- BREMER, H. (1967): Ein Beitrag zur Deutung der Süddeutschen Schichtstufenlandschaft: "Die Geologie des Schilfsandsteins" von P. Wurster. - *Z. Geomorphologie, N.F.*, **11**: 352-355; Berlin.
- BRINKMANN, R. (1977): Historische Geologie. - **10./11.** Aufl: 400 S.; Stuttgart (Enke).
- BRUNNACKER, K. (1959): Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern. - *Geologica Bavarica*, **43**: 74-150; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- (1964): Schätzungen über die Dauer des Quartärs insbesondere auf der Grundlage seiner Paläoböden. - *Geologische Rdsch.*, **54**: 415-428; Stuttgart (Enke).
- (1967): Einige Schotteranalysen aus dem Urmaintal zwischen Schwabach und Treuchtlingen. *Geol. Bl. NO-Bayern*, **17,2**: 92-99; Erlangen.
- (1970): Reliktböden und Landschaftsgeschichte zwischen Frankenhöhe und Rednitztal. - *Geol. Bl. NO-Bayern*, **20**: 1-17; Erlangen.
- BÜDEL, J. (1957): Grundzüge der Klimamorphologischen Entwicklung Frankens. - *Würzburger geogr. Arb.*, **415**: 5-46; Würzburg.
- (1977): Reliefgenerationen in Mitteleuropa und anderen Klimamorphologischen Zonen. - *Würzburger geogr. Arb.*, **45**: 3-24; Würzburg.
- DIEMANN, R. (1974): Genetische Beziehungen zwischen Böden und periglaziären Decken im nördlichen Jungmoränengebiet der DDR. - Teil I - Befunde und Ergebnisse zur Ausbildung und Entstehung der Tonhäutchen und Bleichhorizonte von Fahlerden. - *Zeitschr. geol. Wissenschaften* **2**(6): 715-727; Berlin (Akademie Verlag).
- DIEZ, TH. & SALGER, M. (1965): Schluffreiche Deckschichten im Sandstein-Keuper, ihre Entstehung und ihre Beziehung zu Geomorphologie und Bodenbildung. - *Geologica Bavarica*, **55**: 372-388; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- DIETZ, E., KRAFT, M., SCHMIDT F., SCHRAA H.-H. & GROTTENTHALER, W. (2001 [im Druck]): Die Eigenschaften der Böden Bayerns, München und Umgebung - CD-ROM; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- DONGUS, H. (1974): Schichtflächen in Süddeutschland. - *Heidelberger geogr. Arb.*, **40**: 249-268; Heidelberg.
- DOPPLER, G., LINHARDT, E., RAST, U. & ROHRMÜLLER, H. (in Druckvorbereitung): ZDB-Schlüssel-Liste Petrographische Bezeichnung - Gesteinsbezeichnung für die Zentrale Datenbank (ZDB) des Bayerischen Geologischen Landesamtes. - *GLA Fachberichte*, **19**; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- FLEIGE, H., HINDEL, R. & WEIDNER, E. (1988): Der Einfluß der Deckschichtenzusammensetzung auf die Schwermetallverteilung in ausgewählten Bodenprofilen. - *Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges.*, **59/I**: 329-334; Hannover.
- FRECHEN, J. & LIPPOLT, H. J. (1965): Kalium-Argon-Datierungen zum Alter des Laacher Vulkanismus und der Eiszeiten. - *Eiszeitalter und Gegenwart*, **16**: 5-30; Öhringen.
- FRIED, G. (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald. - *Frankfurter geowiss. Arb.*, **D4**: 201 S.; Frankfurt/Main.

- GRAUL, H. (1977): Exkursionsführer zur Oberflächenformung des Odenwaldes. - Heidelberger geogr. Arb., **50**: 210 S.; Heidelberg.
- HAUNSCHILD, H. (1980): Geologische Karte von Bayern 1 : 25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6828 Feuchtwangen-Ost - 96 S.; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- HENNINGS, V. [Koord.](2000): Methodendokumentation Bodenkunde. - Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden.- Geol. Jb., **G, SG 1**, 232 S.; Hannover.
- KESSLER, G. (1973): Sedimentologische Untersuchungen im oberfränkischen Rhätolias. - Erlanger geol. Abh., **93**: 60 S.; Erlangen.
- KLEBER, A. (1987): Aspekte der ältestquartären Flußgeschichte Südfrankens. - Archaeopterix, **5**: 69-78; Eichstätt.
- KRUMBECK, L.(1950): Das Quartär von Erlangen (Mittelfranken). - N. Jb. Geol.Paläont., Abh. **92/1**: 1-30; Erlangen.
- KRUMM, H. (1965): Mineralbestand und Genese fränkischer Keuper- und Lias-Tone.- Beitr. Mineral. Petrog., **11**: 91-137; Heidelberg.
- LOTZE, F. (1971): Geologie Mitteleuropas. - **4.** Aufl.: 491 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- MEHRA & JACKSON, M.L. (1960): Soil Chemical Analysis. - **2.** Aufl., Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall Inc.; New Jersey.
- MEIWES, K.J., KÖNIG, N., KHANNA, P.K. & ULRICH, B. (1984): Chemische Untesuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Verrsauerung in Waldböden. - Berichte Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldböden, **7**: 1-67; Göttingen.
- NIEDERBUDDE, E. A. (1979): Unterschiede von Toneigenschaften im Tonstein der fränkischen Lias- und Doggerlandschaften und ihren Böden. - Z. Pflanzenernähr., Bodenkde., **142(2)**: 137-153; Weinheim.
- POLL, K. G. (1974): Sedimentologische Untersuchungen im Rhätolias von Marloffstein bei Erlangen. - Geol. Bl. NO-Bayern, **24**: 56-75; Erlangen.
- REFUESS, K. (1981): Waldböden. - 192 S.; Hamburg, Berlin (Parey).
- ROHDENBURG, H. (1968): Jungpleistozäne Hangformung in Mitteleuropa - Beiträge zur Kenntnis, Deutung und Bedeutung ihrer räumlichen und zeitlichen Differenzierung. - Göttinger Bodenkundl. Berichte, **6**: 3-107; Göttingen.
- RUPPERT, H. (1987): Bestimmung von Schwermetallen im Boden sowie die ihr Verhalten beeinflussenden Bodeneigenschaften. - Beilage zum GLA-Fachbericht **2**: 11 S., München.
- RUTTE, E. (1992): Bayerns Erdgeschichte. - 304 S.; München (Ehrenwirth).
- SALGER, M. (1959): Mineralbestand von Tonen des fränkischen Keuper und Jura. - Geologica Bavarica, **39**: 69-95; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1973). Sedimentologische Untersuchungen im Lias von Altdorf bei Nürnberg (Fränkische Alb). - Geologica Bavarica, **67**: 162-168; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- SCHMIDT-KALER, H. (1981): Geologische Karte von Bayern 1 : 25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6834 Berching. - 72 S.; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- SCHILLING, B. (1991): Deckschichten und Böden der Altflächenlandschaften Mittelfrankens. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, **64**: 211-267; Oldenburg.
- SCHILLING, B. & SPIES, E.-D. (1991): Die Böden Mittel- und Oberfrankens. - Bayreuther Bodenkundliche Berichte, **17**: 67-82; Bayreuth.
- SCHMIDT, F., BÖHM, A., HAMMERL, J., HOFFMANN, B., HOLZNER, G., JOCHUM, R., KELLER, X., MAHLER, C., MARTIN, W., PETSCHL, A., PRINZ, R., SCHILLING, B., SPIES, E.-D., STIMMELMEIER, G., & WITTMANN, O. (1992): Die Böden Bayerns. Datenhandbuch für die Böden des Tertiärhügellandes, der Iller-Lech-Platte und des Donautales. - 527 S.; München (Bayer. Geol. Landesamt).

- SCHMITTHENNER, H. (1956): Probleme der Schichtstufenlandschaft. - Marburger geogr. Schr., **3**: 87 S.; Marburg.
- TRAIIDL, R. (1998): Das kristalline Naabgebirge und seine mesozoische Umrahmung. Periglaziale Deckschichten und Bodentypenvariabilität eines Mittelgebirgsraumes. - Dissertation Univ. Regensburg, Fakultät für Geschichte, Gesellschaft und Geographie: 197 S.; München.
- WALTER, R. (1992): Geologie von Mitteleuropa - **5.** Aufl.: 561 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- WITTMANN, O. (1982): Paläoböden in Nordbayern und im Tertiärhügelland. - Geol. Jb., **F14**: 45-62; Hannover.
- (1991): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern. Übersichtskarte 1 : 1.000.000 und Abhängigkeitsbeziehungen der Bodennutzung. - GLA Fachberichte, **5**: 5-47; München (Bayer. Geol. Landesamt).

13. Hinweise zur Installation der beiliegenden CD

Installationsroutine

Die Einstiegsoberfläche für die Programm-Installation erscheint unter Windows 9x und Windows NT (bei eingeschalteter Autoplay-Funktion). Ansonsten starten Sie von der CD das Installationsprogramm '`<CD-Laufwerk>\CD_SETUP-EXE`'.

Durch das Drücken der Knöpfe



kann das jeweilige Programm installiert werden. Folgen sie den Installationsanweisungen.

Systemvoraussetzungen für eine ordnungsgemäße Installation und Funktion des Datenviewers:

- < Multimediafähiger PC mit Pentium-Processor \geq 166 MHz, \geq 64 MB RAM
- < Monitorauflösung mind. 1024*764 bei 256 Farben, **empfohlen: 1264*1024** bei 65536 Farben
- < Einstellung: **kleine** Schriftarten in der Windows Systemsteuerung
- < Freier Speicher auf der Festplatte C: mind. 75 MB
- < Microsoft DataAccessComponents werden auf dem PC installiert bzw. sind schon installiert
- < Betriebssystem Windows 9x, Windows NT, Windows 2000

Voraussetzung ist, dass die Programme ArcExplorer 2.0 und AcrobatReader 4.05 auf ihrem PC installiert worden sind. ArcExplorer kann unter NT nur als Administrator installiert werden!! Bei der Installation des Hauptprogrammes unter Windows NT bzw. Windows 2000 müssen beim User ausreichende Rechte vorhanden sein, ansonsten muss die Installation als Administrator erfolgen.

Standardmäßig wird der Datenviewer ins Verzeichnis

'C:\Programme\Bayerisches Geologisches Landesamt\Handbuch Keuper-Lias-Land' eingerichtet.

Zweck der Software

Der Datenviewer 'Handbuch der Böden Bayerns Keuper-Lias-Land Frankens' bietet eine Übersicht aller im Untersuchungsbereich auftretenden Bodenformengruppen und Profilaufnahmen. Es können betrachtet werden:

- < alle Bodenformengruppen und ihre Eigenschaften
- < alle Modellprofile und davon anhängige Punktdaten incl. Laboranalysen
- < eine vektorisierte Karte der Aufnahmepunkte mit verschiedenen thematischen Karten im Hintergrund
- < der Textbeitrag zur Geographie, Geologie, Kulturhistorie und zu den Böden

Zusammenhang der Begriffe Bodenformengruppe, Modellprofil und Punktdaten

Zum Verständnis der internen Programmlogik sind folgende Definitionen wichtig:

Bodenformengruppe: Aus der Vielzahl von auftretenden Böden im Bereich Keuper-Lias-Land wurden Gruppen von Böden mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften des Boden- und Substratyps gebildet. Eine Bodenformengruppe wird durch genau ein Modellprofil näher beschrieben.

Modellprofil: Aus einem oder mehreren untersuchten Originalprofilen (Punktdaten) der jeweiligen Bodenformengruppe abgeleiteter Profilbeschrieb. Hierbei erfolgt keine starre Mittelung der Eigenschaften der Originale. Die Erfahrungen des Bearbeiters fließt in das abgeleitete Profil mit ein. Ein Modellprofil repräsentiert als idealisiertes Profil den überwiegenden Teil der Eigenschaften einer Bodenformengruppe.

Punktdaten: Alle originalen Einzelprofile (Punktdaten) aus der zentralen Datenbank (zDB) des GLA. Jedes Profil wurde einer Bodenformengruppe zugeordnet. Originalprofile bilden die Grundlage zur Ableitung von Modellprofilen.

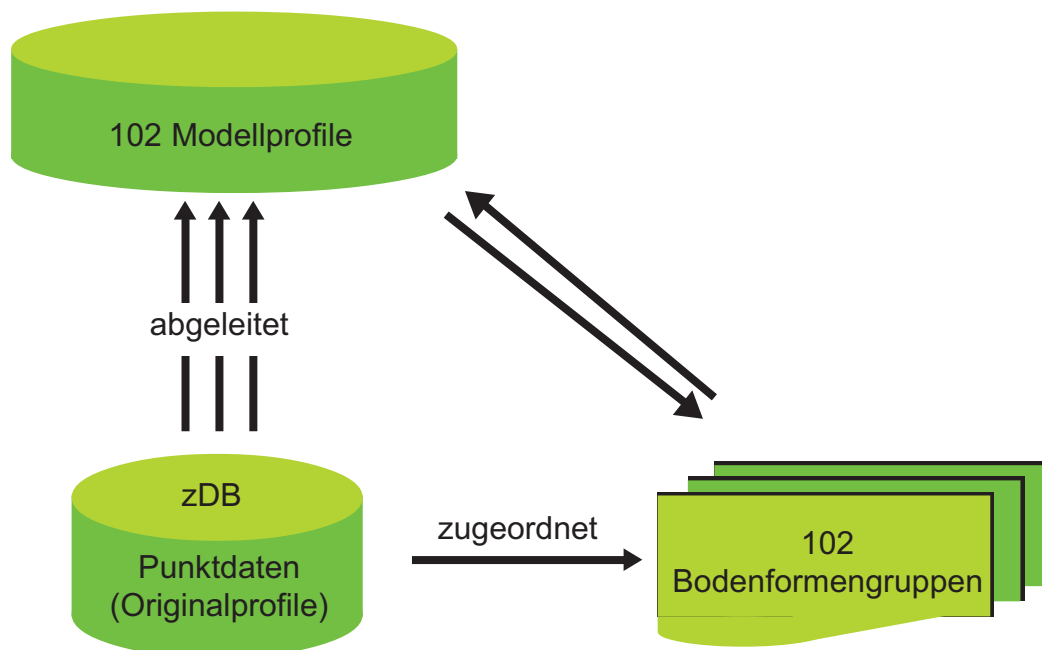


Abb. 18: Logischer Zusammenhang der Begriffe Modellprofil, Punktdaten und Bodenformengruppe.

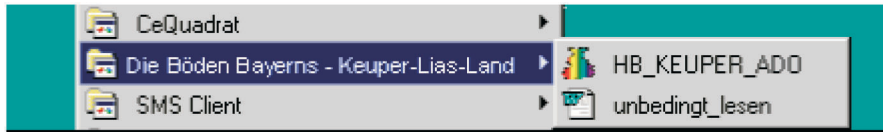
Start des Datenviewers

Nach geglückter Installation kann der Datenviewer folgendermaßen gestartet werden:

- ⟨ Doppelklick auf das Icon 'Handbuch Keuper-Lias-Land' innerhalb des Desktops oder



- ⟨ Aufruf über Start/Programme/Die Böden Bayerns Keuper-Lias-Land/HB_KEUPER_ADO

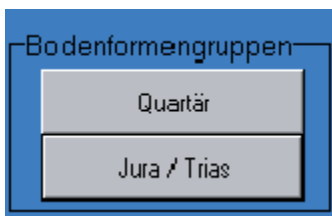


Nach dem Programmstart gibt es zum Wechsel der Bodenformengruppe folgende Möglichkeiten:

- ⟨ Click auf den Datensatz-Navigator oder



- ⟨ Click auf die Schalter 'Quartär' oder 'Jura / Trias' und anschließende Auswahl der gewünschten



Bodenformengruppen Mesozoikum - Generalisierte					
	Ranker / Regosol			Hauptbo	
	s\S	u\NS	u\NT	Para-rend zina M	s/
Dogger	37 RQ	38 RN	39 DD	40 DD	41 BE
Lias	50	51	52	53	54

Bodenformengruppe per Mausclick innerhalb der Übersichtsdarstellung

Folgende Bestandteile des Datenviewers können unterschieden werden:

- ⟨ **HB_KEUPER_ADO.EXE:** Die Programmdatei 'HB_Keuper.EXE' wurde mit Delphi 5.0 erstellt und dient zur Visualisierung der ACCESS-Datenbank 'DB\BK_EXPORT.MDB'. Bodenformengruppe, Modellprofil und Punktdaten incl. deren Eigenschaften können betrachtet werden
- ⟨ **ArcExplorer:** Graphik-Tool zur Ansicht der Standorte der einz. Punktdaten innerhalb des Untersuchungsgebietes. Aufruf innerhalb von HB_KEUPER_ADO.EXE
- ⟨ **AcrobatReader:** Darstellung des Textbeitrages. Aufruf innerhalb von HB_KEUPER_ADO.EXE

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Autoren gerne zur Verfügung.

14. Beispiele für Bodenformengruppen

Über viele Funktionen hinaus bietet die CD-Rom „Handbuch der Böden Bayerns“ die Möglichkeit, Daten zu den einzelnen Bodenformengruppen auszudrucken. Nachfolgend wird an drei Beispielen, stellvertretend für die 102 Bodenformengruppen, das Datenspektrum der möglichen Hardcopies aufgezeigt.

Die Böden Bayerns - Keuper-Lias-Land in Franken



22

Eingeschlossene Bodentypen:
Podsol (PPn), Gley-Podsol (GG-PP), Pseudogley-Podsol (SS-PP), Eisenpodsol (PPE)

Verbreitung:
vor allem an Unterhängen und auf Verebnungen (z.T. auf Dünenkämmen); auf Flugsandflächen vorherrschender Bodentyp; häufig und großflächig vorkommend

22

Generalisierte Bodenform:
(s1-s2)BB-PP

s / S,a

Sandboden; mäßig trocken

Bodenformengruppe

Beschreibung:

Braunerde-Podsol z.T. sehr schwach bis schwach pseudovergleyt aus sandigem Substrat (vorwiegend aus Flugsand)

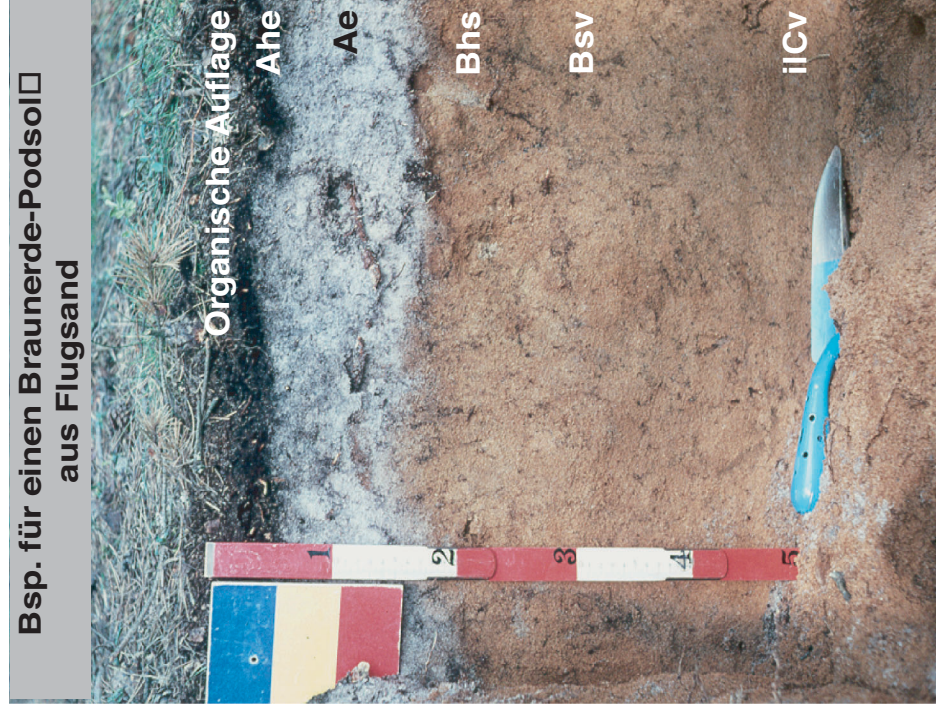
Typische Horizontfolge der Bodenformengruppe

Nr.	Horizont	Grenze	Beschrieb
1	L	bis +5 cm	Streuauflage
2	Of	bis +5 cm	fermentierte organische Auflage
3	Oh	bis +2 cm	humifizierte organische Auflage
4	Aeh	bis 5 cm	schwarz- bis dunkelgrauer, humoser, schwach schluffiger Sand bis Sand; Einzelkorngefüge
5	Ahe	bis 10 cm	schwärzlichgrauer bis dunkelgrauer, schwach humoser, schwach schluffiger Sand bis Sand; Einzelkorngefüge
6	Bhs	bis 20 cm	dunkelbrauner bis rotbrauner, sehr schwach humoser, schwach schluffiger Sand bis Sand; Einzelkorngefüge
7	Bv	bis 50 cm	gelbbrauner bis braungeber, schwach schluffiger Sand bis Sand; Einzelkorngefüge
8	iCv	>50 cm	hellgelbbrauner bis graugelber, Sand; Einzelkorngefüge

Ökologische Kennwerte der Bodenformengruppe

Feinboden 1m [kg/m ²]	hoch	1345,00
FK1m [mm]	mittel	264,30
nFK1m [mm]	mittel	180,75
LK1m [mm]	sehr hoch	195,15
KAKeff1m [mol/m ²]	sehr gering	9,00
Ton1m [kg/m ²]	sehr gering	34,87
TonGewicht [%]	sehr gering	2,96

Bsp. für einen Braunerde-Podsol aus Flugsand



Eingeschlossene Bodentypen:

Podsol (PPn)

35

Bodenformengruppe

Beschreibung:

Braunerde-Podsol aus sandigem Substrat über Terrassenmaterial

Generalisierte Bodenform:

BB-PP

s / qpj-e, S, G

Sandboden; mäßig trocken

Verbreitung:

vor allem auf Verebnungen und am Rand von Talsohlen; selten und kleinflächig vorkommend

Typische Horizontfolge der Bodenformengruppe

Nr.	Horizont	Grenze	Beschrieb
1	L+Of	bis +10 cm	fermentierte organische Auflage
2	Oh	bis +1 cm	humifizierte organische Auflage
3	Ahe	bis 10 cm	schwärzlichgrauer bis dunkelgrauer, schwach humoser Sand; Einzelkorngefüge
4	Bhs	bis 15 cm	dunkelbrauner bis brauner, sehr schwach humoser Sand bis schwach schluffiger Sand; Einzelkorngefüge
5	Bv	bis 50 cm	brauner bis gelbbrauner Sand; Einzelkorngefüge
6	il Cv	> 50 cm	rotbrauner bis weißgrauer Sand; Einzelkorngefüge

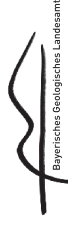
Ökologische Kennwerte der Bodenformengruppe

Feinboden 1 m [kg/m ²]	hoch	1247,40
FK1 m [mm]	gering	222,08
nFK1 m [mm]	mittel	151,20
LK1 m [mm]	sehr hoch	212,63
KAKeff1 m [mol/m ²]	sehr gering	11,46
Ton 1 m [kg/m ²]	sehr gering	23,28
TonGewichtet [%]	sehr gering	2,07

Bsp. für einen Podsol aus Terrassensand



Die Böden Bayerns - Keuper-Lias-Land in Franken



Eingeschlossene Bodentypen:

83

Bodenformengruppe

Beschreibung:

Braunerde z.T. sehr schwach bis schwach pseudovergleyt aus schluffigem bis lehmigem z.T. tonigem Substrat über Lehm, Ton(-steinen) bis Mergel(-steinen) des Burg-, Coburger oder Blasensandsteins

Generalisierte Bodenform:

(s1-s2)BBn u.i. (t) / L, T(st), M(st)

Schluff- bis Lehmboden; frisch mit Trockenphasen

flache Braunerde über Pelosol (BB\DD), Braunerde über Pelosol (BB/DD), Pseudogley-Braunerde (SS-BB), Parabraunerde-Braunerde (LL-BB), Gley-Braunerde (GG-BB), Pseudogley-Parabraunerde (SS-LL), Kalkbraunerde

Verbreitung:

vor allem an Hängen, z.T. aber auch in Kulminationslagen und in ebenem Gelände, insbesondere in Akkumulationslagen, häufig und weitflächig vorkommend

Typische Horizontfolge der Bodenformengruppe

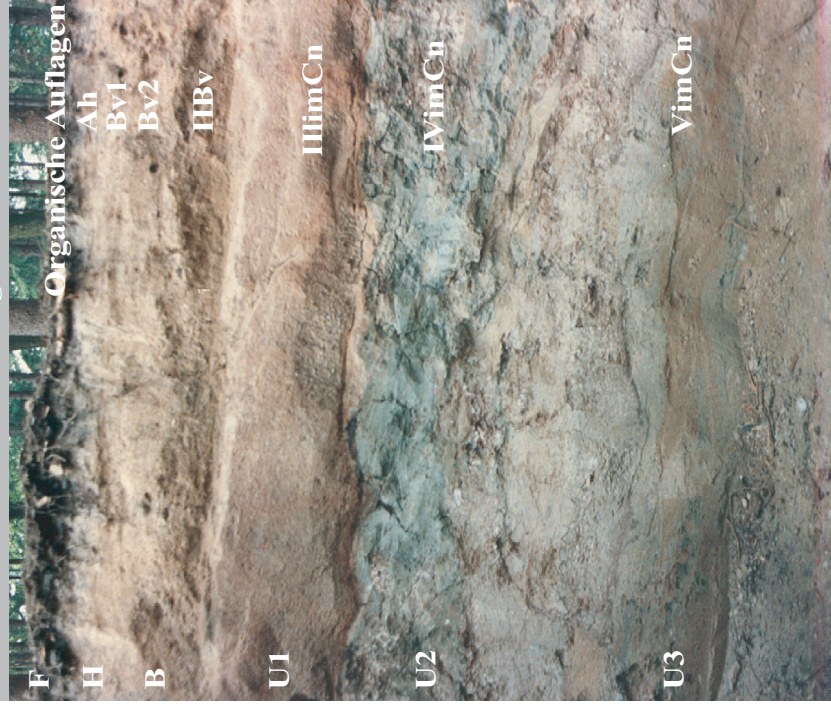
Nr.	Horizont	Grenze	Beschrieb
1	L	bis +5 cm	Streuauflage
2	Of	bis +5 cm	fermentierte organische Auflage
3	Oh	bis +1 cm	humifizierte organische Auflage
4	Ah	bis 5 cm	dunkelgraubrauner bis dunkelbrauner, (schwach) humoser, schluffig-lehmiger Sand bis sandig-toniger Lehm; Krümel- bis Subpolyedergefüge
5	Bv	bis 60 cm	rot- bis gelbbrauner, z.T. schuffführender schluffig-lehmiger Sand bis sandig-toniger Lehm; Subpolyedergefüge
6	II ilCv	>60 cm	violettrotter bis weißgrauer, z.T. carbonathaltiger bis -reicher, z.T. schuffführender sandig-toniger Lehm bis lehmiger Ton; Kohärenzgefüge

Ökologische Kennwerte der Bodenformengruppe

Feinboden 1m [kg/m ²]	1522,88	sehr hoch
FK 1m [mm]	391,33	hoch
nFK 1m [mm]	167,16	mittel
LK 1m [mm]	59,76	mittel
KAkeff 1m [mol/m ²]	48,29	sehr gering
Ton 1m [kg/m ²]	88,77	gering
TonGewicht [%]	6,21	gering

Bsp. für eine Braunerde über Burgsandstein

6431/90/14 Herzogenaurach



15. Anhang

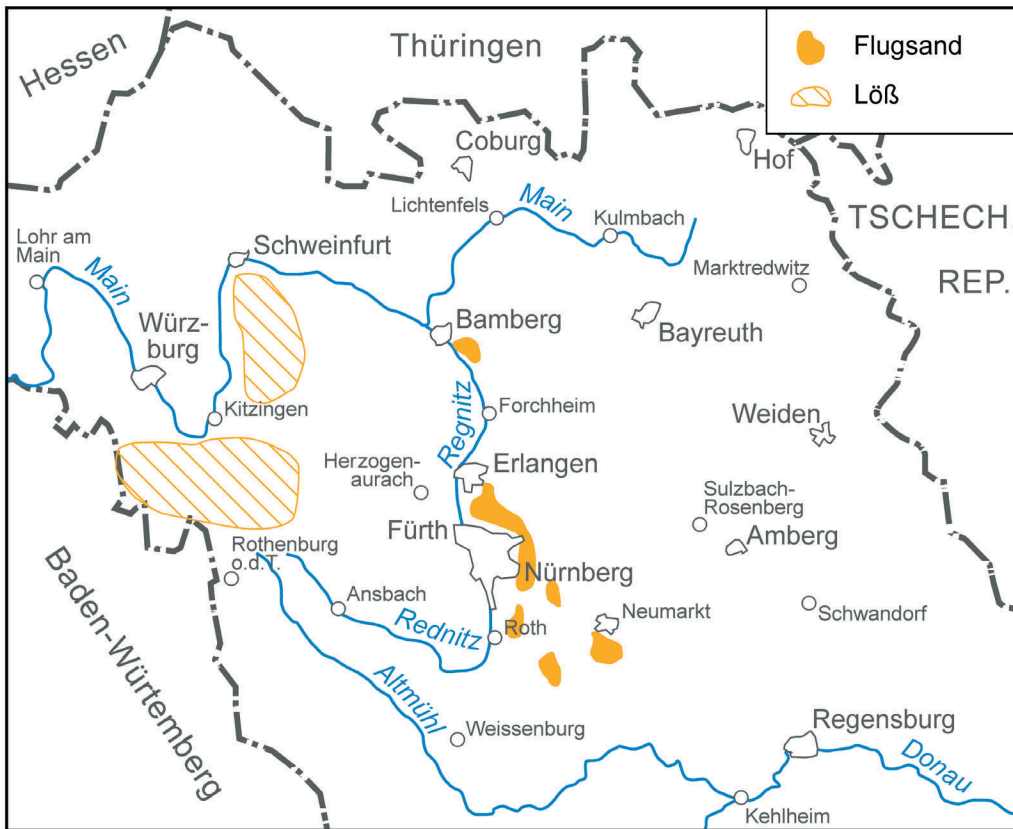


Abb. 7: Löß- und Flugsandverbreitung im Keuper-Lias-Land.

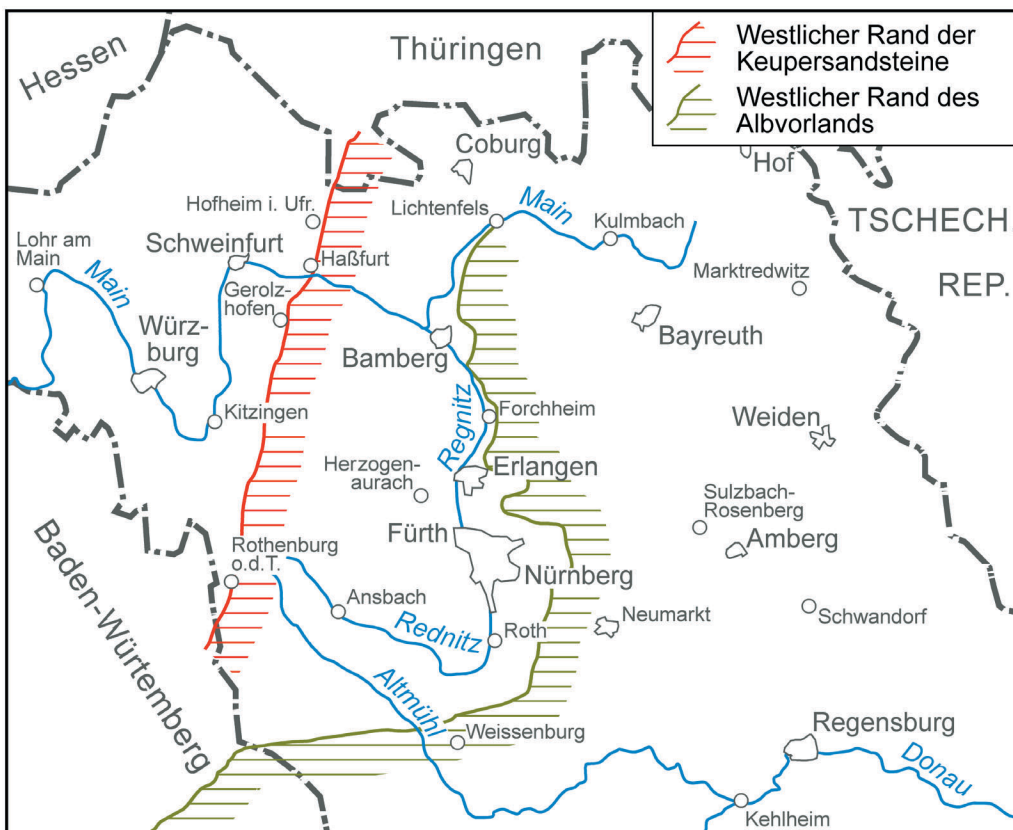


Abb. 9: Westliche Ränder der Keupersandsteine und des Albvorlands mit morphologisch gut sichtbaren Anstiegen.

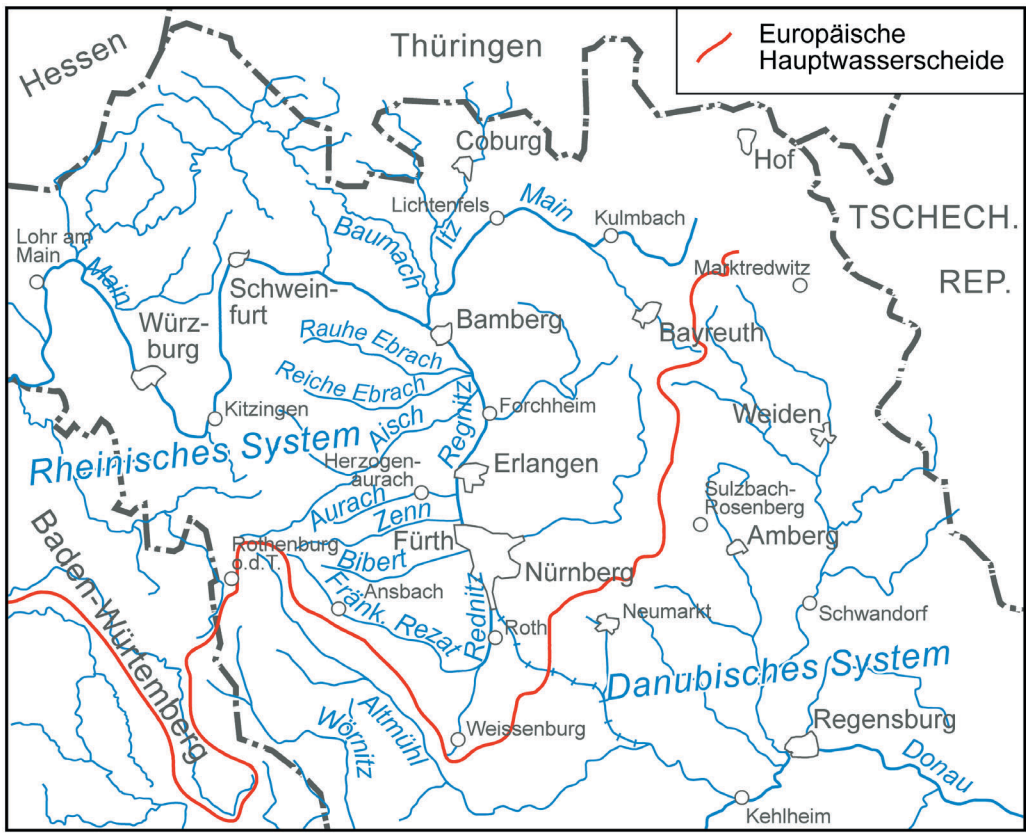


Abb. 11: Gewässernetz und Europäische Hauptwasserscheide als Trennlinie zwischen Rheinischem und Danubischem System.

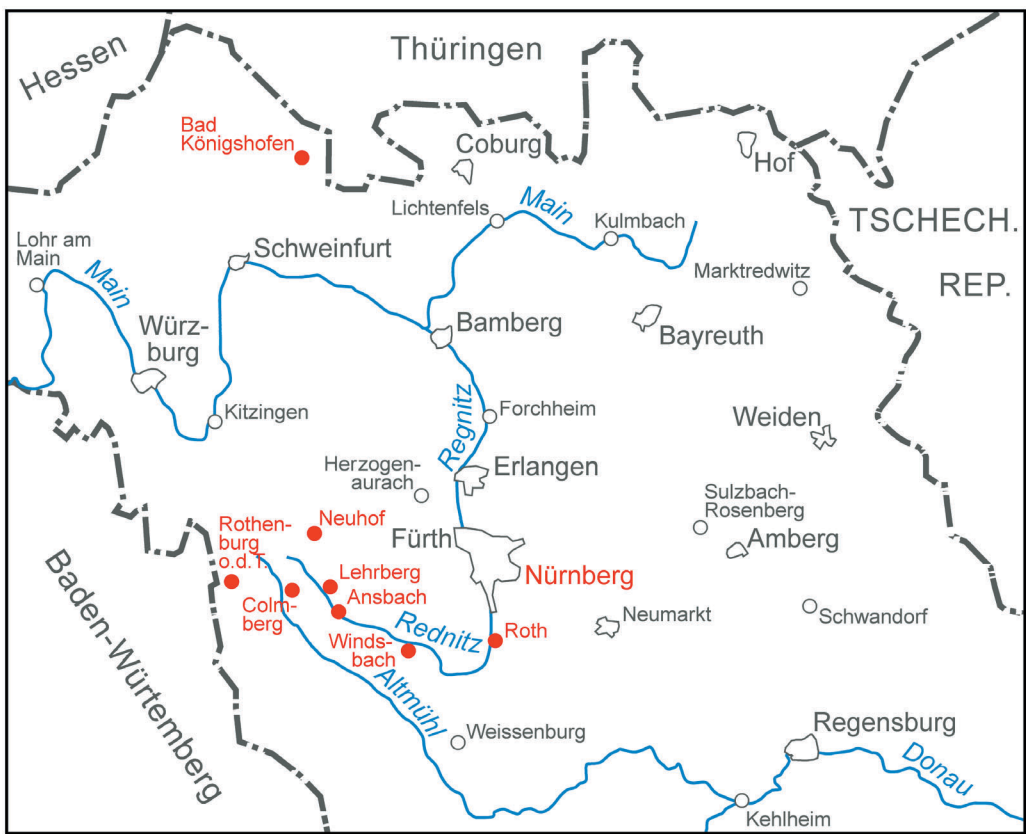


Abb. 15: Lage der in den Kapiteln 10.2 und 10.4 genannten Ortschaften.

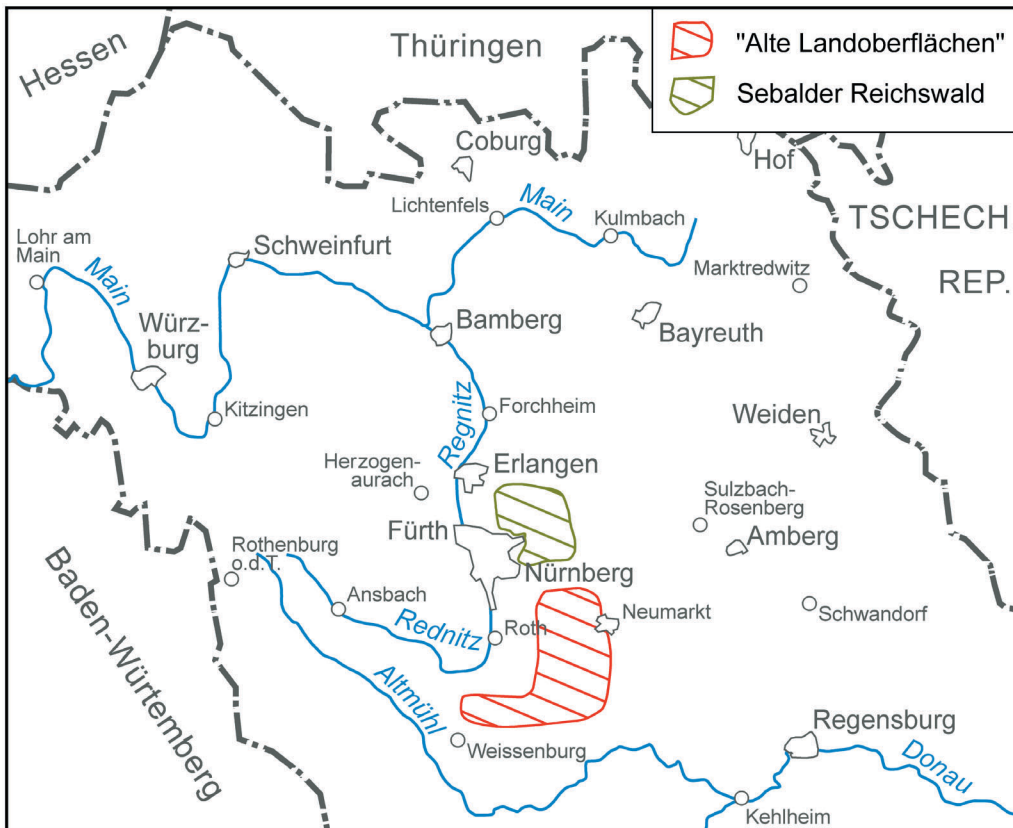


Abb. 16: Lage von „Alten Landoberflächen“ und dem Sebalds Reichswald.

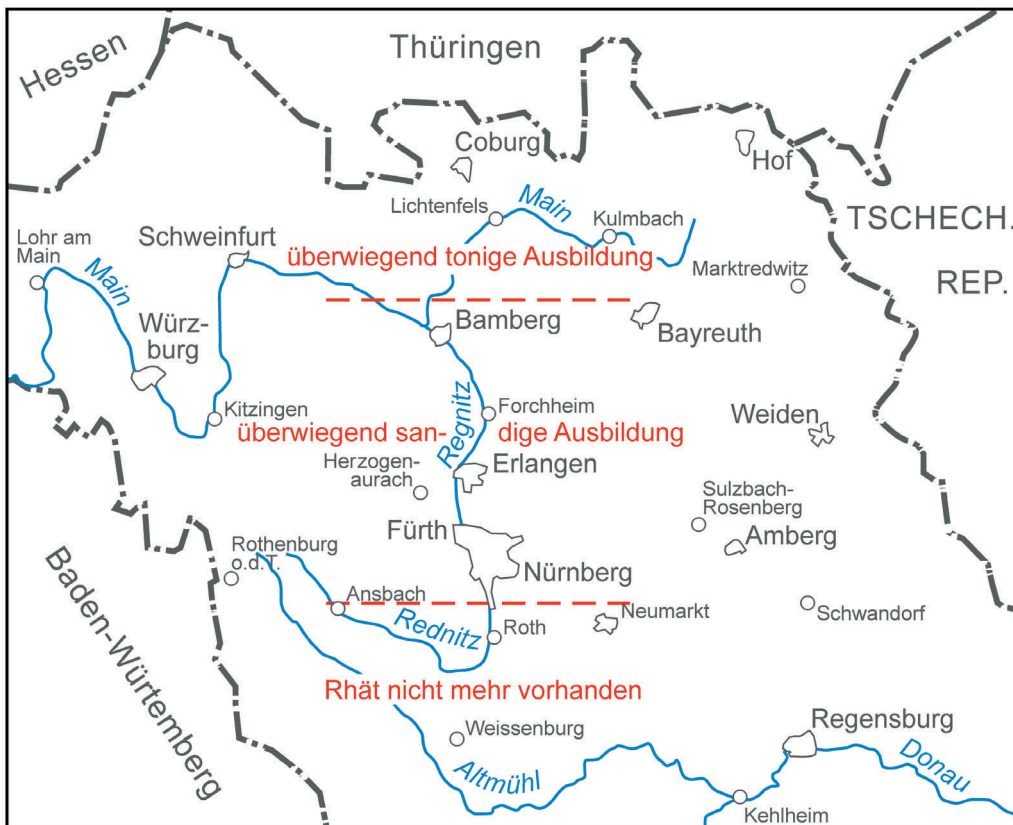


Abb. 17: fazielle Ausbildung des Rhäts im Keuper-Lias-Land (schematisch).



Bayrisches Geologisches Landesamt

ISSN 0943 - 3244