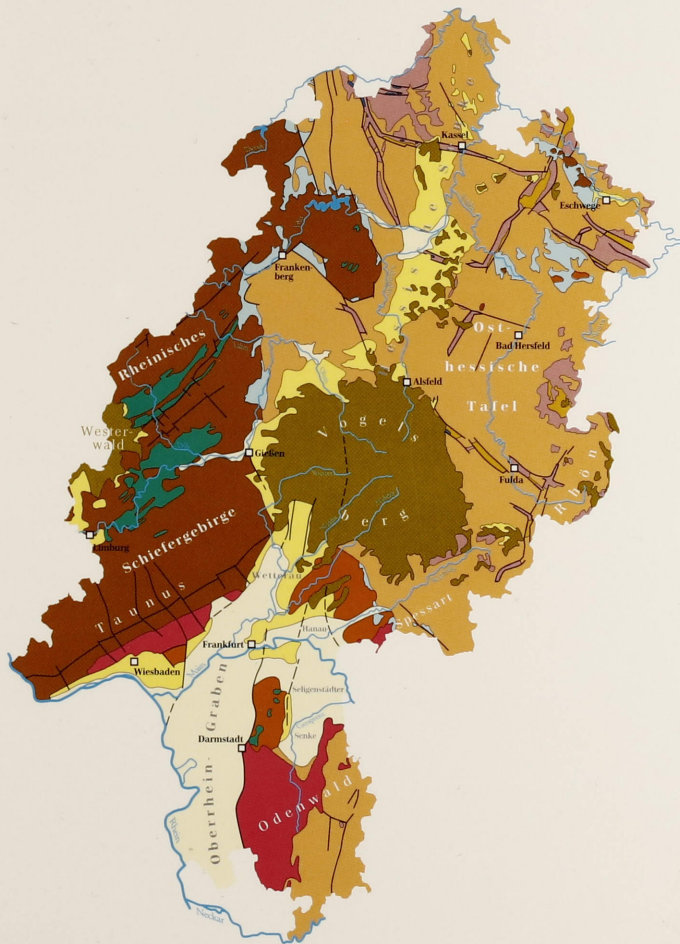


Geowissenschaftlicher Atlas von Hessen



Geologie in Hessen, Band 4/1999
Wiesbaden 1999
ISSN 0947-9864
ISBN 3-89531-601-6

Geowissenschaftlicher Atlas von Hessen



HLFB Hessisches Landesamt
für Bodenforschung

Schriftleitung
Prof. Dr. Andreas Hoppe
Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Leberberg 9, 65193 Wiesbaden

Umschlagbilder
Vorderseite: Geologische Übersicht von Hessen
Rückseite: Geologische Entwicklung in Hessen

Abbildungsnachweis:
Abel (Umschlagrückseite, 27), Becker (24), Bernhard (26), Brenner (5), Emmerich (7,14,18), Heggemann (1-4), Hoppe (8, 10, 11, 23, 25), Kurhessentherme Kassel (13), Mittelbach (9, 12), OHI GmbH Hanau (21), M. Peter, Obermörlen (15), Rosenberg (19), Sabel (17), Vorderbrücke (16), Westrup (20).

© Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1999
ISSN 0947-9864
ISBN 3-89531-601-6

Bearbeitung: A. Hoppe und G. Mittelbach
mit Beiträgen von H. Abel, G. Aderhold, W. Barth,
R. Blum, K. Friedrich, H. Heggemann, M. Hemfler,
M. Hoffmann, T. Kirnbauer, W. Liedmann, U. Mat-
tig, M. Peter, W. Pöschl, F. Rosenberg, K.-J. Sabel,
A.-K. Theuerjahr, T. Vorderbrücke.

Satz: Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Druck: Druckhaus „Thomas Müntzer“ GmbH,
Neustädter Str. 1-4, 99947 Bad Langensalza
Gedruckt auf chlor- und säurefreiem Papier

Vertrieb: Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Leberberg 9, 65193 Wiesbaden
Telefon: 0611/537-0, Telefax: 0611/537327
<http://www.hlfb.de>

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Übersichtskarte (Landkreise und Kreisstädte)	5
Einleitung	6
Von der „Werkstatt Gelände“ zur Geologischen Übersichtskarte	6
Boden, empfindsame Haut der Erde – Bodenkundliche Übersichtskarte	12
Thematische Karten	15
Hydrogeologische Einheiten	16
Oberflächennah anstehende Grundwasserleitertypen	18
Grundwasserergiebigkeit	20
Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers	22
Mineral- und Heilwässer	24
Physikochemisches Filtervermögen des Bodens	26
Nitratrückhaltevermögen des Bodens	28
Ertragspotenzial des Bodens	30
Biotopentwicklungspotenzial des Bodens	32
Boden-Dauerbeobachtung	34
Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und Böden	36
Potenzielle Barrieregesteine für die Standortbeurteilung von Deponien	38
Oberflächennahe Rohstoffe	40
Rohstoffsicherungsflächen	42
Ton- und Ziegeleirohstoffe	44
Naturwerksteine	46
Erdfälle, Subrosion	48
Erdbeben	50
Temperaturverteilung in 1000 m unter der Erdoberfläche	52
Schwerekarte (Bouguer-Anomalien)	54
Ausblick:	56
Und was mehr? Beispiel „Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers im Bereich von Straßen“	56
Verzeichnis lieferbarer Karten	58

Vorwort

In geologischen Karten stellen Geologen in dem höchstmöglichen Detaillierungsgrad all das dar, was sie in einem jahrelangen, manchmal jahrzehntelangen Erforschungsprozess im Gelände, im Labor, in den Archiven, über Erfahrungsaustausch, im Hörsaal und am Schreibtisch gesehen, erfahren, herausgefunden und interpretiert haben. Solche Karten versuchen dann alle diese Informationen über die Gesteine an der Erdoberfläche und im Untergrund mitzuteilen. Ein Geologe soll sich daraus die Entwicklungen in der Zeit und im Raum ableiten können. Diese Karten haben daher meist einen sehr hohen Grad an Komplexität. Sie verstehen und interpretieren zu können ist daher ebenfalls eine hohe Kunst und erfordert langjährige Erfahrung. Gleiches gilt für die Arbeit der Bodenkundler und für bodenkundliche Karten.

Nutzer oder „Kunden“ Geologischer Landesdienste verfügen über solche Erfahrungen in der Regel nicht. Meist haben sie auch gezielte Fragen, für deren Beantwortung nur ein Teil der in erdwissenschaftlichen Karten enthaltenen Daten notwendig ist. Häufig werden Fragen zum Grundwasser, zu mineralischen Rohstoffen, Standfestigkeit oder Verschmutzungsgefährdungen des Untergrundes, Nutzungs- und Schutzigenschaften von Böden u.a. gestellt. Der Geologische Landesdienst erhebt und archiviert solche Daten als zentrale geowissenschaftliche Einrichtung flächendeckend für Hessen und stellt sie aktualisiert und interpretiert zur Verfügung. Er erfüllt damit auch einen Teil des im Artikel 20a Grundgesetz formulierten staatlichen Auftrages, in Verantwortung für künftige Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen.

Damit wird es notwendig, aus den Karten der Erdwissenschaftler Darstellungen bzw. „Thematische Karten“ zu entwickeln, die Planungen zum Schutz, zur Sicherung und zur Verbesserung der natürlichen Lebensgrundlagen

„begründen“ können. Allerdings müssen die vorhandenen Daten überarbeitet, digitalisiert und in eine Flächen-datenbank überführt sowie Auswertungsverfahren entwickelt werden, bevor ihre Inhalte mit der modernen Technologie graphischer Informationssysteme in Thematische Karten umgesetzt werden können.

Die digitale Umsetzung der reichhaltigen Informationen ist noch in den Anfängen. Das elektronische Hessische Erdinformationssystem¹, das alle geowissenschaftlichen Informationen speichern und über geeignete Methoden komplexe Fragestellungen und ihre Beantwortung erlauben soll, ist im Aufbau. Erste Darstellungen in kleineren Maßstäben sind aber bereits möglich und sollen daher auch allgemein zur Verfügung gestellt werden. Der vorliegende Atlas gibt einen Überblick. Wegen des kleinen Maßstabes und der verwendeten Interpolationsverfahren ist dabei eine kleinräumige Interpretation durch „Herausvergrößern“ selbstverständlich nicht zulässig.

Die Karten und kurzen Erläuterungen sollen möglichst für sich sprechen, ohne dass die Kenntnis eines geowissenschaftlichen Fachvokabulars vorausgesetzt wird. Sollte der eine oder andere Abschnitt dennoch nicht ohne weiteres verständlich sein, so sei hier auf einschlägige Fachwörter² oder Lehrbücher³ verwiesen.

Dieser Atlas soll auch anregen darüber nachzudenken, ob weitere Informationen gewünscht werden, die ein Geologischer Landesdienst liefern könnte. Fragen, Kritik und Anregungen sehen wir mit großem Interesse entgegen.

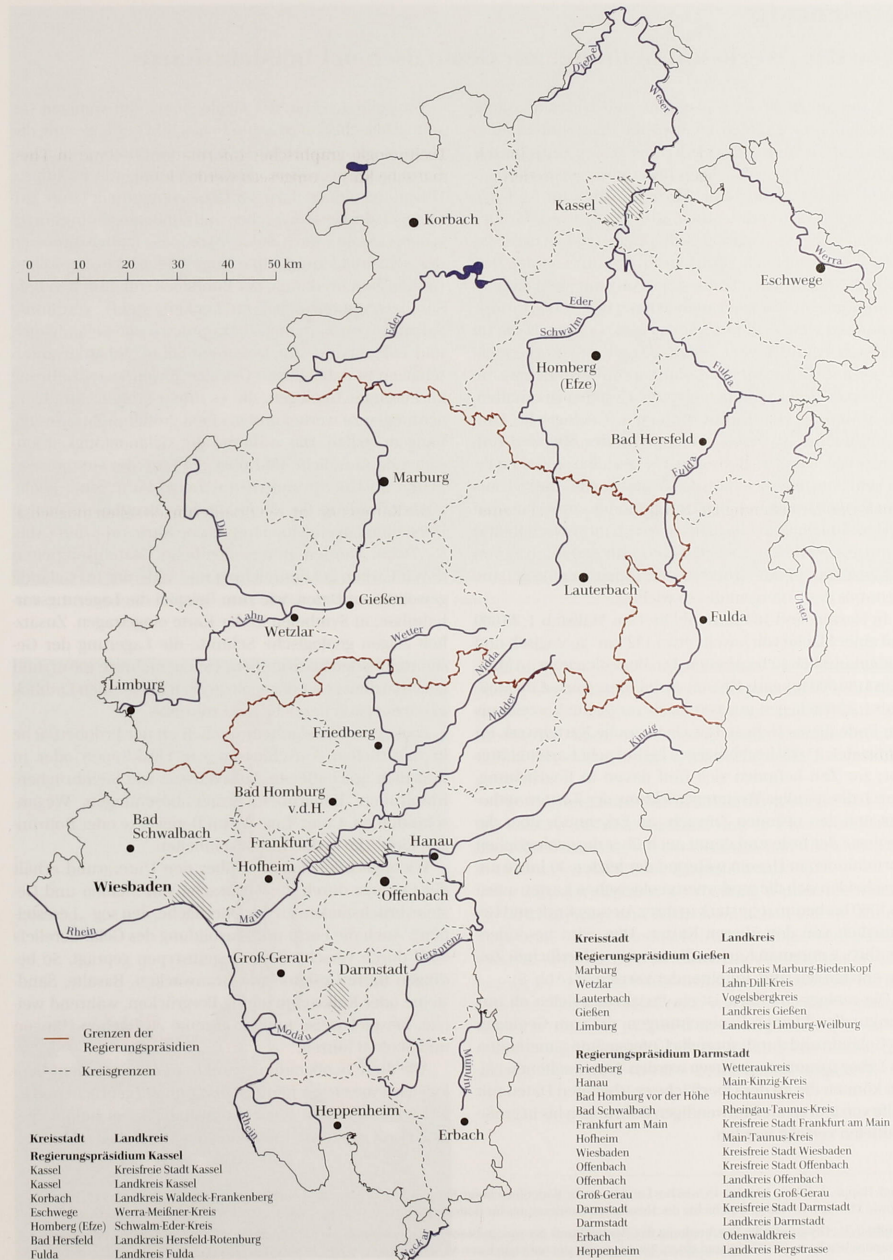
Wiesbaden, im Dezember 1999

Andreas Hoppe und Georg Mittelbach

¹ vgl. Ulmer, D., Friedrich, K. & Ulmer, S. (1999): Das Hessische Erdinformationssystem (HEISS). Geologie in Hessen 3: 35 S., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.) [ISBN 3-89531-600-8].

² Murawski, H. & Meyer, W. (1998): Geologisches Wörterbuch. 10. Aufl. 278 S., Stuttgart (Enke) [ISBN 3-432-84100-0], Hintermaier-Erhard, G. & Zech, W. (1997): Wörterbuch der Bodenkunde. 338 S., Stuttgart (Enke) [ISBN 3-432-29971-0].

³ Bahlburg, H. & Breikreuz, C. (1998): Grundlagen der Geologie. 328 S., Stuttgart (Enke) [ISBN 3-432-29761-0], Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H. & Schwertmann, U. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Aufl., 520 S., Stuttgart (Enke) [ISBN 3-432-84774-2].



Einleitung

Von der „Werkstatt Gelände“ zur Geologischen Übersichtskarte

Naturgemäß findet geologische und bodenkundliche Feldaufnahme draußen, oder wie die Geowissenschaftler sagen „im Gelände“ statt (Abb. 1 bis 4). Zuständig für diese Aufnahme ist der Geologische Landesdienst⁴.

Die älteste geologische Karte Hessens im Maßstab 1:25 000 ist 1876 veröffentlicht worden. Aufträge für kleinermaßstäbige geologische Aufnahmen reichen bis in das Jahr 1821 zurück, als Christian Ernst Stiff von der Herzoglich Nassauischen Landesregierung mit einer „umfassenden geognostischen Untersuchung des Herzogthums“ beauftragt wurde. 10 Jahre später legte er seine Karte im Maßstab 1:125 000 vor⁵. Schon daraus ist zu erkennen, dass sehr früh mit der Landesaufnahme begonnen wurde um genaue Informationen über die Gesteine zu erhalten, die unseren Lebensraum aufbauen. Geologische Landesaufnahme ist Daseinsvorsorge. In der obersten Erdkruste liegen unsere Rohstoffe. Die Gesteine enthalten Erze, sind Baustoff, speichern das Grundwasser. Die sich aus den Gesteinseinheiten des Untergrundes entwickelnden Böden sind die Grundlage für unsere Landwirtschaft und schützen gleichzeitig, beispielsweise vor dem Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser. Daher ist eine genaue Kenntnis des Untergrundes so wichtig.

In Hessen sind 163 Kartenblätter im Maßstab 1:25 000 mit einer Fläche von jeweils etwa 132 km² geologisch und bodenkundlich zu bearbeiten. Die Bodenkarte ist im Maßstab 1:50 000 für ganz Hessen vorhanden, Karten im Maßstab 1:25 000 liegen nur vereinzelt vor (siehe Verzeichnis am Ende dieses Heftes). Das Geologische Kartenwerk im Maßstab 1:25 000 liegt hingegen bis auf acht Kartenblätter vor; zur Zeit befinden sich fünf davon in Bearbeitung. Durch die ständige Weiterentwicklung der Kartiermethoden und den rasanten Zuwachs an Erkenntnis über die Geologie der Erde und damit auch über die geologischen Formationen in Hessen während der letzten 30 Jahre unterscheiden sich die modernen geologischen Karten (etwa ab 1960 bis heute) sehr stark in ihrer Aussagekraft und Genauigkeit von den älteren Karten. Dies wird besonders deutlich, wenn man Karten, die zu unterschiedlichen Zeiten entstanden sind, miteinander vergleicht (Abb. 6).

Die geologische Karte ist ein Puzzle aus vielen oft nur punktuellen kleinen Beobachtungen, die vom Geologen im Gelände und durch spezielle Untersuchungsmethoden im Labor zusammengetragen werden. Nur in seltenen Fällen können die an der Oberfläche erarbeiteten Daten mit Hilfe von teuren und aufwendigen Bohrungen bis in große Erdtiefen verfolgt werden.

Im Gelände muss der Geologe aus den wenigen Gesteinsaufschlüssen ein räumliches Bild der Lagerung der Gesteinsschichten entwickeln und die unterschiedlichen Gesteinseigenschaften charakterisieren. Als wichtigste Hilfsmittel dienen dazu der Geologenhammer (zum Aufschlagen der Gesteinsproben und zur Beobachtung am frischen Gestein), der Geologenkompass (zum Einmessen der Schichtlagerung), eine Lupe (zur makroskopischen Gesteinsbeschreibung), der Bohrstock (für 1 bis 2 m tiefe Sondierungsbohrungen im Lockergestein), verdünnte Salzsäure (zur Karbonatbestimmung) sowie Geländebuch und Fotoapparat (zur Dokumentation). Nicht zu unterschätzen ist dabei die im Gelände gewonnene Erfahrung kartierender Geologen, die es ihnen erlaubt, die Beobachtungen zu werten und in einen größeren Zusammenhang zu stellen. Das während der Geländetätigkeit entstehende räumliche Bild über die Lage der Gesteinseinheiten im Untergrund wird dann in Form einer geologischen Karte in die Ebene zu einer zweidimensionalen Darstellung in eine topographische Karte projiziert (Abb. 5). Dabei werden unterschiedliche Gesteinseinheiten durch Farben gekennzeichnet und viele der im Gelände gewonnenen Daten, wie zum Beispiel die Lagerungsverhältnisse, in Symbolen in der Karte eingetragen. Zusätzlich zeigen geologische Schnitte die Lagerung der Gesteinseinheiten bis in größere Tiefen (mehrere 100 m) und geben so dem Leser der geologischen Karte einen Einblick in die obersten Bereiche der Erdkruste.

Locker- und Festgesteine stehen an der Erdoberfläche in natürlichen Aufschlüssen wie Felsklippen oder in künstlich geschaffenen Aufschlüssen wie Steinbrüchen, Kiesgruben, Baugruben, Straßenböschungen, Weganschnitten an. Unter Tage geben Bergwerke oder Bohrungen Einblicke in die Gesteinseinheiten.

Wichtige Informationen über den Untergrund erhält der Geologe durch die Ansprache von Steinen und Gesteinsbruchstücken an der Oberfläche, den sog. „Lesesteinen“. Auch die Form und Ausbildung des Geländereiefs wird durch verschiedene Gesteinstypen geprägt. So bedingen harte Gesteine wie Grauwacken, Basalte, Sandsteine oder Kalksteine häufig Bergrücken, während weiche, beispielsweise tonige Gesteine zu flachen Hängen und Senken führen.

Alle diese Beobachtungspunkte werden von dem Geologen in einen logischen Zusammenhang gebracht und in einer geologischen Karte dargestellt. Dabei helfen spezielle Untersuchungsmethoden der Mineralogie (Mineral-



Abb. 1. Im Steinbruch Dudinghausen auf Blatt 4718 Goddelsheim ist eine Falte mit einer Störung aufgeschlossen.



kunde), der Petrologie (Gesteinskunde), der Paläontologie (Versteinerskunde), der Hydrogeologie (Grundwasserkunde), der Lagerstättenkunde, der Geophysik und der Geochemie. Diese sind meist in umfangreichen Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000 dargestellt.

Die Informationen der detaillierten geologischen Karten können zusammengefasst und in Übersichtskarten kleinerer Maßstäbe, wie der Geologischen Übersichtskarte von Hessen (GÜK 300), dargestellt werden.

Im Zuge der digitalen Bearbeitung werden die Inhalte der geologischen und bodenkundlichen Karten zunehmend auch mit anderen, z.B. hydrogeologischen, geochemischen, aber auch Wetterdaten u.a. verschnitten. So können zu bestimmten Fragestellungen thematische Karten erstellt werden, die dann auch von Nichtgeologen einfach zu lesen sind, da in ihnen die komplexen geowissenschaftlichen Daten je nach Fragestellung vereinfacht dargestellt wurden. Sie werden im Kartenteil vorgestellt.

⁴ vgl. Hoppe, A. (1996): 50 Jahre Hessisches Landesamt für Bodenforschung: Standortbestimmung und Ausblick. Geol. Jb. Hessen, 124: 3-11, Wiesbaden sowie Thews, J.-D. (1996): Geschichte des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung 1946-1996. Geol. Jb. Hessen 124: 15-37, Wiesbaden.

⁵ Stiff, C. E.: Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau, in besonderer Beziehung auf die Mineralquellen dieses Landes, mit einer topographischen Karte (1:125 000) und einem Niveauprofile der vorzüglichsten Mineralquellen. - 606 S., Wiesbaden 1831 (L. Schellenberg).

<ul style="list-style-type: none"> Schwemmlehm Lx1 Lehm, Sand, Kies H Torf Ton, Schluff, oft mit Steinen, Geröllen und Sand Lächer Bimsablagerungen Ton, Lehm Sand Lehm, Sand, Gesteinsblöcke Kies, Sand 	<ul style="list-style-type: none"> Verlandete Flußbetten Ablagerungen in Fluß- und Bachtälern Moorbildungen Solifluktionsschluff, Lösslehm, Löss Vulkanische Bildungen Hochflutlehm Flugsand und Dünen Geschiebellehm Terrassen 	<ul style="list-style-type: none"> cd10 Konglomerat, Sandstein, Tonstein, Kohleflöz cnS Tonschiefer, Sandstein, Konglomerat, Steinkohle cnZ Tonschiefer, Sandstein cnH Tonschiefer, Sandstein, Grauwacke cnA Tonschiefer, Schwarzschiefer, Grauwacke, Konglomerat cd.tg Tonschiefer, Grauwacke, Konglomerat, Kalkstein cd.l Kieselschiefer, Kieselkalkstein, Schwarzschiefer cd.q Quarzlit cd Tonschiefer, Kieselschiefer, Grauwacke, Kalkstein, Konglomerat 	<ul style="list-style-type: none"> Ottweiler Schichten Sprockhöveler Schichten Ziegelschiefer-Folge Hagener Schichten Arnsberger Schichten Kulmgrauwacke, Kulmtonschiefer, Kümplattenskalk Kiesel Übergangsschicht Kümmelschiefer, Liegende Alauenschiefer Kammquarzit ungegliedert und Giebener Grauwacke 	<ul style="list-style-type: none"> Stephan Ober- (Steinm.) Natur Taunus und Völs
<ul style="list-style-type: none"> Laterit, Basalt, Basalteisenstein Basaltische Gesteine, vorw. Alkalibasalt und Tholeiitische Basalt Andesit, Hawaii, Mugearit u.a. Trachyt, Phonolith Pyroklastische Gesteine („Tuff“) pl Ton-Schluff, Sand-Kies, Braunkohle (z.B. Wetterauer Hauptbraunkohle) mi Ton-Schluff, Sand-Kies, Quarz, Kalkstein, Tuff, Braunkohle (z.B. Friedländer Flöz) olo Ton-Schluff, Sand, Mergel, Kalkstein ol Ton-Schluff, Sand-Kies, Mergel o-la Ton-Schluff, Sand, Braunkohle (z.B. Borkener Flözgruppe), Quarz, Glimmerschiefer von Messel o Ton-Schluff, Sand-Kies, Mergel, Kalkstein, Braunkohle, Quarz 	<ul style="list-style-type: none"> Ferrallitische Verwitterungsbildungen Vulkanische Bildungen Ober- und Mitteliozän ungegliedert (im Westerwald z.T. auch Miozän) Unteriozän ungegliedert Eozän Stromberger Sch., Quadraten-Sch. Santon Emerschermgel Turon Cenoman Flammenmergel Gault-Sandstein Osnung-Sandstein 	<ul style="list-style-type: none"> D Metabasalt („Spilit“, „Diabas“) Metatrachyt, Metarhyolith („Keraphyt“, „Quarzeraphyt“) do Tonschiefer, Sandstein, Grauwacke, Quarz, Kalkstein dvA Kalkstein, Dolomitstein dvts Tonschiefer, Sandstein, Kieselschiefer der Giebener Grauwacke Basaltische Metavulkaniklaste, geschiefert „Schalstein“ Tonschiefer, Quarz, Grauwackensandstein dm Tonschiefer, Sandstein, Quarz ds Tonschiefer, Flaserschiefer, Sandstein, Grauwacke, Kalkstein dsb Quarz ds Tonschiefer, Sandstein, Porphyroidschiefer Tonschiefer, Bänderschiefer dso Tonschiefer, Sandstein dsn Tonschiefer, z.T. faserig, Sandstein dsu Tonschiefer, Sandstein ds Tonschiefer, Sandstein dsu Quarz, Tonschiefer, Sandstein ds Sandstein, Tonschiefer dsu Tonschiefer, Sandstein dsu Tonschiefer, Sandstein, Grauwacke, Quarz 	<ul style="list-style-type: none"> Vulkanite des Devons und Unter-Karbons ungegliedert und Giebener Grauwacke Massenkalk Tonschiefer, Sandstein, Kieselschiefer der Giebener Grauwacke ungegliedert Emssquarzit in Sauerland örtlich mit Schichten der Siegen-Stufe zusammengefaßt Hunsrückschiefer Siegen-Stufe ungegliedert (Sauerland) 	<ul style="list-style-type: none"> Ober- (Steinm.) Mittel- (Steinm.) Emm-Stufe Ober- (Steinm.) Untere (Steinm.) Mittlere (Steinm.) Untere (Steinm.) Gießener Grauwacke Siegen-Stufe Gießener Grauwacke Emm-Stufe Siegen-Stufe Gießener Grauwacke
<ul style="list-style-type: none"> ka Mergelstein, Kalkmergelstein, Mergelkalkstein, Kalkstein ksa Tonmergelstein kc Mergelstein, Kalkmergelstein kt Weibler Mergelstein, Kalkmergelstein, Kalkstein kc Mergelstein, Kalkmergelstein, Kalkstein, Sandstein ku Tonnmergelstein, Sandstein ksu Sandstein, Tonstein 	<ul style="list-style-type: none"> Mergelstein, Kalkmergelstein, Mergelkalkstein, Kalkstein Emerschermgel ungegliedert ungegliedert ungegliedert Flammenmergel Gault-Sandstein Osnung-Sandstein 	<ul style="list-style-type: none"> si Kalkstein, Tonschiefer (Gießen, Kellerwald) osi Quarz (Andreasloch bei Gießen), Tonschiefer und Konglomerat (Sauerland) sgn Serizitgneis, Grünschiefer (metamorpher Rhyodazit und Andesit) Ph Phyllit (metamorphe Sedimente) Amphibolit, Diabasamphibolit ms Metamorphe Schiefer Spessart: Rotgneis, Odenwald: „Bollstener Gneise“ q Quarz Staurolith-Granat-Plagioklas-Gneis-Serie Amphibolit-Paragneis-Serie Körnig-streifige Paragneis-Serie Glimmerschiefer-Biotitgneis-Komplex gr. „Habacher Gneis“ Granit Granodiorit Diorit, Quarzdiorit, Granodiorit, Gabbro 	<ul style="list-style-type: none"> Taunus ungegliedert (Sauerland) Siegen-Stufe Gießener Grauwacke Emm-Stufe Siegen-Stufe Gießener Grauwacke Emm-Stufe Siegen-Stufe Gießener Grauwacke 	
<ul style="list-style-type: none"> li Tonstein, Kalkstein ko Sandstein, Ton-Schluffstein km Ton-Schluffstein, Dolomitmangelstein, Sandstein ku Ton-Schluffstein, Dolomitstein, Sandstein k Ton-Schluffstein, Sandstein, Dolomitstein, Dolomitmangelstein mo Kalkstein, Mergelstein, Tonstein mm Tonstein, Mergelstein, Dolomitstein, Kalkstein, örtlich Gipsstein mu Kalkstein, Mergelstein m Kalkstein, Mergelstein, Dolomitstein, Tonstein so Ton-Schluffstein, Mergelstein, Gipsstein, Quarz, Plattenmergelstein sm Sandstein, z.T. mit Geröllen, Ton-Schluffstein su Sandstein, z.T. mit Geröllen, Ton-Schluffstein z Dolomitstein, Kalkstein, Konglomerat, Gips, Tonstein, Sandstein Ma Effusivgesteine, vorw. Andesit, Laitit Mj Intrusivgesteine, vorw. Kuselit, Palatin, Tholeit Mv Vorw. Rhyolith Mv Pyroklastische Schlot-Breccie Mj Konglomerat, Sandstein (z.T. Arkose), Schluff- und Tonstein, rhyolithischer Tuff, z.T. Kalkstein Mj Sandstein, bzw. Arkose, Silt- und Tonstein Mj Konglomerat, rhyolithischer Tuff, Kalkstein, Kohleflöz Mj Konglomerat, Sandstein, Tonstein 	<ul style="list-style-type: none"> Lias Jura Oberer Mittlerer Unterer ungegliedert Oberer Mittlerer Unterer ungegliedert Oberer Mittlerer Unterer Zechstein Intermediäre bis basische Magmatite Saure Magmatite Oberes Unteres ungegliedert 	<ul style="list-style-type: none"> si Kalkstein, Tonschiefer (Gießen, Kellerwald) osi Quarz (Andreasloch bei Gießen), Tonschiefer und Konglomerat (Sauerland) sgn Serizitgneis, Grünschiefer (metamorpher Rhyodazit und Andesit) Ph Phyllit (metamorphe Sedimente) Amphibolit, Diabasamphibolit ms Metamorphe Schiefer Spessart: Rotgneis, Odenwald: „Bollstener Gneise“ q Quarz Staurolith-Granat-Plagioklas-Gneis-Serie Amphibolit-Paragneis-Serie Körnig-streifige Paragneis-Serie Glimmerschiefer-Biotitgneis-Komplex gr. „Habacher Gneis“ Granit Granodiorit Diorit, Quarzdiorit, Granodiorit, Gabbro 	<ul style="list-style-type: none"> Silur Ordoviciem Trias Trias Trias Trias Trias Zechstein Intermediäre bis basische Magmatite Saure Magmatite Oberes Unteres ungegliedert 	

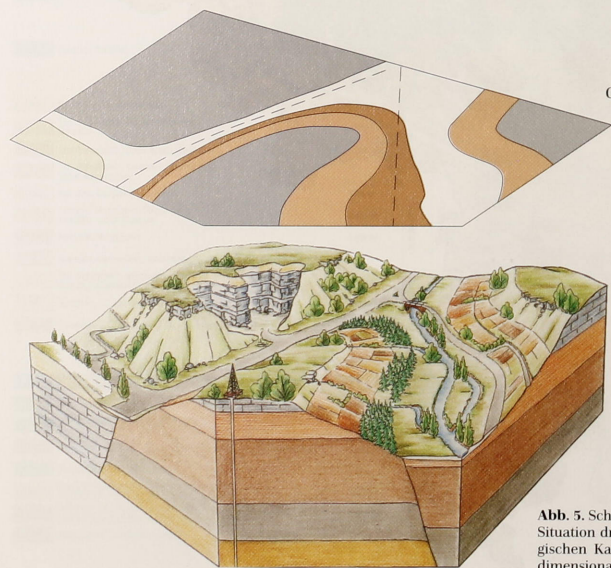




Abb. 3. Ein Bagger-Schurf erlaubt Einblicke in den Untergrund auf Blatt 4718 Goddelsheim.



Abb. 4. Erdwissenschaftler graben in der Korbacher Spalte nach Fossilien aus der Permzeit.



Geologische Karte

Abb. 5. Schematisches Blockbild, in dem die geologische Situation dreidimensional dargestellt wird. In der geologischen Karte hingegen wird die Erdoberfläche zweidimensional abgebildet.



Ausgabe 1867



Ausgabe 1993



Mächtigkeit der quartären Deckschichten, Ausgabe 1993



Abgedeckte geologische Karte, Ausgabe 1993

Abb. 6. Ausschnitte aus der Geologischen Karte 1:25 000, Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost.

Boden, empfindsame Haut der Erde – Bodenkundliche Übersichtskarte

Böden bilden die oberste, belebte Verwitterungszone der Erdoberfläche, in der sich Lithosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Atmosphäre durchdringen⁶.

Böden bedecken die gesamte feste Erdoberfläche und werden nach unten durch Fest- oder Lockergestein, nach oben durch eine Vegetationsdecke und die Atmosphäre begrenzt. Sie sind das Produkt des komplexen Zusammenspiels der bodenbildenden Faktoren, der Intensität und Dauer ihrer Einwirkung. Je nach Art des Ausgangsgesteins und Reliefs, unter einem bestimmten Klima, der entsprechenden streuliefernden Flora und der Pflanzen- und Tierwelt im Boden selbst, entstehen Naturkörper mit einer charakteristischen Gestalt, mit typischen Merkmalen und Eigenschaften. Darüber hinaus greift der Mensch seit ca. 6000 Jahren in den Naturhaushalt ein und beeinflusst auch die Böden.

Die Folgen des bodenbildenden Prozessgeschehens (Pedogenese) sind Gesteinsverwitterung, Mineralumwandlung und -neubildung, Zersetzung organischer Streu und Humusbildung, Stoffverlagerung und Gefügebildung. Bodenbildende Prozesse laufen vielfach in engbegrenzten, mehr oder minder oberflächenparallelen Zonen ab, den sogenannten Bodenhorizonten. Böden bestehen aus einer festen Phase, die sich aus dem Humuskörper und dem Mineralboden zusammensetzt. Das durch Verwitterung, Lösung, Verlagerung und physikalische Vorgänge entstandene Hohlraumssystem des Bodens, die Poren, ist mit der Bodenlösung, d.h. Wasser mit gelösten Salzen und Gasen, sowie mit der Bodenluft erfüllt.

In unserer hessischen Landschaft ist die Bodenbildung selten älter als die letzte Kaltzeit (Würm/Weichsel, vor ca. 80 000 Jahre), aus der die durch Wind und Wasser abgelagerten Sedimente Löss, Flugsand, Hochflut- und Auensedimente stammen. Der größte Teil der Landesfläche, vor allem im Bergland, wird von einem Gemisch von Gesteinsbruchstücken in feinkörniger Matrix verhüllt. Es entstand durch Zerfriern des Untergrundgesteins, Einwehung von Flugstaub oder -sand sowie Umlagerung am Hang (Solifluktion).

Ein typisches Bodenprofil aus einem hessischen Mittelgebirge weist unter Wald zuoberst noch nicht vollständig zersetzte Lagen aus Streu auf, in denen vornehmlich Bodenorganismen und Pilze den Abbauprozess vollziehen. Die dadurch entstehenden Huminstoffe werden in den Mineralboden eingewühlt und färben ihn dunkelbraun bis schwärzlich.

Unter dem 5–15 cm mächtigen Oberboden folgt der braune Unterboden, dessen Farbe auf die durch Silikatverwitterung entstandenen Eisenoxide zurückzuführen ist. Vor allem der Zerfall von Feldspäten und Glimmer ermöglicht die Bildung neuer Tonminerale, die für die Bin-

dung von Pflanzennährstoffen oder die Verengung der Porendurchmesser und somit verbesserter Bodenwasserspeicherung von überragender Bedeutung sind. Dieser Verwitterungsvorgang betrifft vornehmlich die feineren Mineralkörner, z.B. den eingewehten Flugstaub, weniger die groben Gesteinsbruchstücke.

Der Boden endet, wo entweder festes Gestein ansteht oder Lockergesteine, die bodenchemisch und -physikalisch nicht überprägt sind. In der Regel wird diese Zone von Pflanzen auch nicht durchwurzelt, da hier kaum Nährstoffe verfügbar sind und nur bedingt Wasser gespeichert wird. Die Mächtigkeit der Böden schwankt im Bergland zwischen wenigen Dezimetern und allenfalls 2 m in den Niederungen.

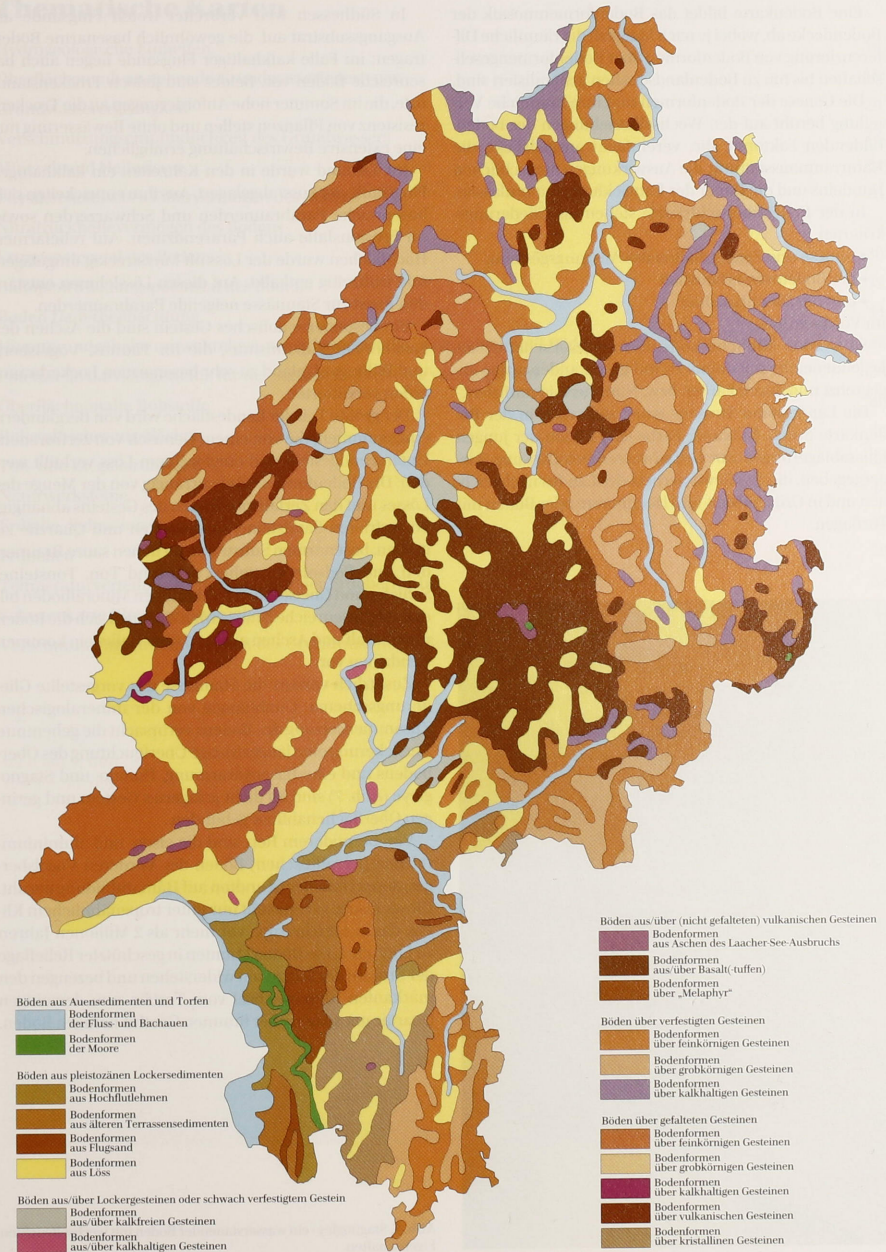
Diese nur geringmächtige Zone spielt im Stoff- und Energiehaushalt der Umwelt eine ganz zentrale Rolle und nimmt in Ökosystemen vielfältige und lebensnotwendige Funktionen wahr.

Als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und als Lebensraum für Bodenorganismen ist der Boden ein bedeutender Standortfaktor für Biozönosen. Selbst nur eine Handvoll Boden beheimatet Milliarden von Lebensformen, wie Bakterien, Pilze, Amöben, Fadenwürmer, Käfer, Regenwürmer usw. Sie veratmen die Streu und organische Substanz und mineralisieren die Nährstoffe, die zur natürlichen Fruchtbarkeit der Standorte auch für forst- und landwirtschaftliche Kulturpflanzen beitragen. Böden sind folglich ein ganz wesentlicher Teil im Nährstoffkreislauf.

Das Hohlraumssystem und Gefüge des Bodens ermöglicht das Eindringen des Niederschlages, und je nach Porendurchmesser wird das Bodenwasser gegen die Schwerkraft zurückgehalten oder versickert allmählich. Dadurch wird der Oberflächenabfluss gehemmt, die Bodenerosion unterbunden, der Wasserbedarf der Pflanzen und Bodentiere gedeckt und über die Sickerwasserspense das Grundwasser angereichert. Der Boden übernimmt somit regulative Funktionen im Wasserkreislauf.

Die chemische Reaktionsfreudigkeit des Humus und der Tonminerale ermöglicht, freigesetzte Stoffe zu binden und zu bevorraten. Dies betrifft nicht nur Nährelemente, sondern auch Schadstoffe, die aus der Bodenlösung ausgefiltert, im Verein mit den Bodenorganismen abgebaut, unschädlich fixiert oder gepuffert werden. Als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen gewinnt der Boden eine überragende Bedeutung.

Böden präsentieren sich auch als ein Archiv der Natur- und Kulturgeschichte, da der Wandel der bodenbildenden Faktoren und die kulturelle Nutzung zu teilweise irreversiblen Veränderungen führen und damit Vorzeitbedingungen archivieren.



⁶ vgl. Hoppe, A. (1997): Ein Boden ist ein Boden ist kein Boden. Plädoyer für eine einheitliche Begriffsbestimmung. - Nachr. Dt. Geol. Ges. 60: 70-78, Hannover.

Eine Bodenkarte bildet das Bodenformenmosaik der Bodendecke ab, wobei je nach Maßstab die räumliche Differenzierung von Bodenformen über Bodenformengesellschaften bis hin zu Bodenlandschaften generalisiert sind.

Die Genese der Bodenformen und ihre räumliche Verteilung beruht auf den Wechselbeziehungen der bodenbildenden Faktoren, die, vereinfacht ausgedrückt, die Naturraumausstattung, die Auswirkungen menschlichen Handelns und die Dauer der Entwicklungszeit umfassen.

In der Bodenübersichtskarte stehen als Gliederungskriterien

- Genese und Eigenschaften des Ausgangsgesteins,
- der Bodenwasserhaushalt
- und der Basenhaushalt

im Vordergrund.

So werden ähnliche Bodenformengesellschaften als Legendeneinheiten definiert und gegen andersartige abgegrenzt und durch Farben bzw. Nummern identifiziert.

Die Landesnatur Hessens paust sich auch in der Bodenkarte durch. In blauer Farbe sind Böden der jungen Flussablagerungen mit Grundwasserbeeinflussung wiedergegeben, die das Gewässernetz des Landes nachzeichnen und in Grün Nieder- und Hochmoore oder Böden mit Torflagen.



In Südhessen weit verbreitet treten Flugsande als Ausgangssubstrat auf, die gewöhnlich basenarme Böden tragen; im Falle kalkhaltiger Flugsande liegen auch basenreiche Böden vor. Beides sind jedoch Trockenstandorte, die im Sommer hohe Anforderungen an die Trockenresistenz von Pflanzen stellen und ohne Bewässerung nur eine extensive Bewirtschaftung ermöglichen.

Im Tiefland wurde in den Kaltzeiten ein kalkhaltiger Flugstaub, der Löss, abgelagert. Aus ihm entwickelten sich basenreiche Parabraunerden und Schwarzerden sowie im Erosionsfalle auch Pararendzinen. Auf reliefarmen Hochflächen wurde der Löss oft kurzstreckig umgelagert und frühzeitig entkalkt. Auf diesen Lösslehmen entstanden meist zur Staunässe neigende Parabraunerden.

Ein besonderes äolisches Gestein sind die Aschen des Laacher-See-Vulkanismus, die im Taunus, Vogelsberg und Willinger Upland zu sehr basenarmen Lockerbraunerden verwitterten.

Der größte Teil der Landesfläche wird von Bergländern eingenommen, die von einem Gemisch von zerfrorenem Untergrundgestein und eingewehtem Löss verhüllt werden. Die Bodenformen sind vorrangig von der Menge des Lösses und den Zerfallsprodukten des Gesteins abhängig. So zerfriren Sandsteine, Grauwacken und Quarzite zu groben, basenarmen Substraten, in denen saure Braunerden und Podsole entstehen, während Ton, Tonsteine, Schiefer und Gneise einen feinkörnigen Mineralboden bilden. Als basenreiche Braunerden zeichnen sich die Böden über Basalt und Aschen aus, und über Kalkstein kommen Rendzinen vor.

Zusätzlich variiert die Staunässe das vorgestellte Gliederungsschema. Unabhängig von der mineralogischen Zusammensetzung des Bodens verursacht die gehemmte Versickerung eine längerfristige Überfeuchtung des Oberbodens und eine Basenverarmung. Pseudo- und Stagnogleye (Abb. 7) sind an dicht gelagertes Gestein und geringen Oberflächenabfluss gebunden.

Von besonderem Reiz sind die eisen- und aluminiumreichen (ferrallitischen) Böden des Vorderen Vogelsberges, deren rötlicher Grundton auf Hämatitbildung beruht. Dieses Eisenoxid entsteht nur unter tropenähnlichem Klima, das in Mitteleuropa vor mehr als 2 Millionen Jahren zu Ende ging. Die Böden konnten in geschützter Relieflage der Erosion der Kaltzeiten widerstehen und bezeugen den markanten Klimawechsel vom Tertiär zum derzeitigen Quartär mit seinen eher braunen Goethit-haltigen Böden.

Abb. 7. Stagnogley - ein wasserstauer Boden mit wechselfeuchten Eigenschaften.

Thematische Karten

Hydrogeologische Einheiten	16
Oberflächennah anstehende Grundwasserleitertypen	18
Grundwasserergiebigkeit	20
Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers	22
Mineral- und Heilwässer	24
Physikochemisches Filtervermögen des Bodens	26
Nitratrückhaltevermögen des Bodens	28
Ertragspotenzial des Bodens	30
Biotopentwicklungspotenzial des Bodens	32
Boden-Dauerbeobachtung	34
Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und Böden	36
Potenzielle Barrieregesteine für die Standortbeurteilung von Deponien	38
Oberflächennahe Rohstoffe	40
Rohstoffsicherungsflächen	42
Ton- und Ziegeleirohstoffe	46
Naturwerksteine	46
Erdfälle, Subrosion	48
Erdbeben	50
Temperaturverteilung in 1000 m unter der Erdoberfläche	52
Schwerekarte (Bouguer-Anomalien)	54
Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers im Bereich von Straßen	56

Hydrogeologische Einheiten

Die Karte kombiniert die hydrogeologisch bedeutsamen Gesteinseigenschaften Durchlässigkeit und Gesteinszusammensetzung. Diese sind wesentlich für die Grundwasserbeschaffenheit und erlauben eine erste Beurteilung des quantitativen und qualitativen Grundwasserangebots in Hessen.

Die neun hydrogeologischen Groseinheiten, bzw. 25 Untereinheiten, orientieren sich im wesentlichen an den geologischen Gegebenheiten der Regionen, wobei Detailkenntnisse hinsichtlich Durchlässigkeit, Gesteinsaufbau und Grundwasserbeschaffenheit berücksichtigt sind.

Farbabstufungen innerhalb der Einheiten kennzeichnen verschiedene Durchlässigkeiten der Gesteinsverbände. In Festgesteinen besteht die Gesteinsdurchlässigkeit im wesentlichen aus der Trennfugendurchlässigkeit, in Lockergesteinen - also in Porengrundwasserleitern - aus der Porendurchlässigkeit. Die relativen Durchlässigkeiten werden durch drei Farbstufen unterschieden:

hell: schlechte bis geringe Durchlässigkeit,
mittel: mittlere Durchlässigkeit,
dunkel: gute Durchlässigkeit.

Vergleiche der Durchlässigkeitsstufen hinsichtlich des quantitativen Grundwasserangebots sind nur innerhalb der jeweiligen Groseinheit zulässig, da ihre Stufen nach

relativen und nicht nach strengen, für ganz Hessen einheitlichen Durchlässigkeitswerten gegliedert sind.

Im wesentlichen wird die Grundwasserbeschaffenheit durch die großräumig anstehenden geologischen Gesteinseinheiten geprägt (vgl. Geologische Übersichtskarte auf Seite 9): Das sind die Kristallingesteine des Odenwaldes, die devonischen und karbonischen Schiefer und Grauwacken des Rheinischen Schiefergebirges, Sandsteine des Rotliegend, Kalksteine des Zechsteins und des Muschelkalkes, der Buntsandstein, die tertiären Vulkangebiete sowie die quartären Sande und Kiese der Niederhessischen Senke, der Oberrhein- und der Untermainebene.

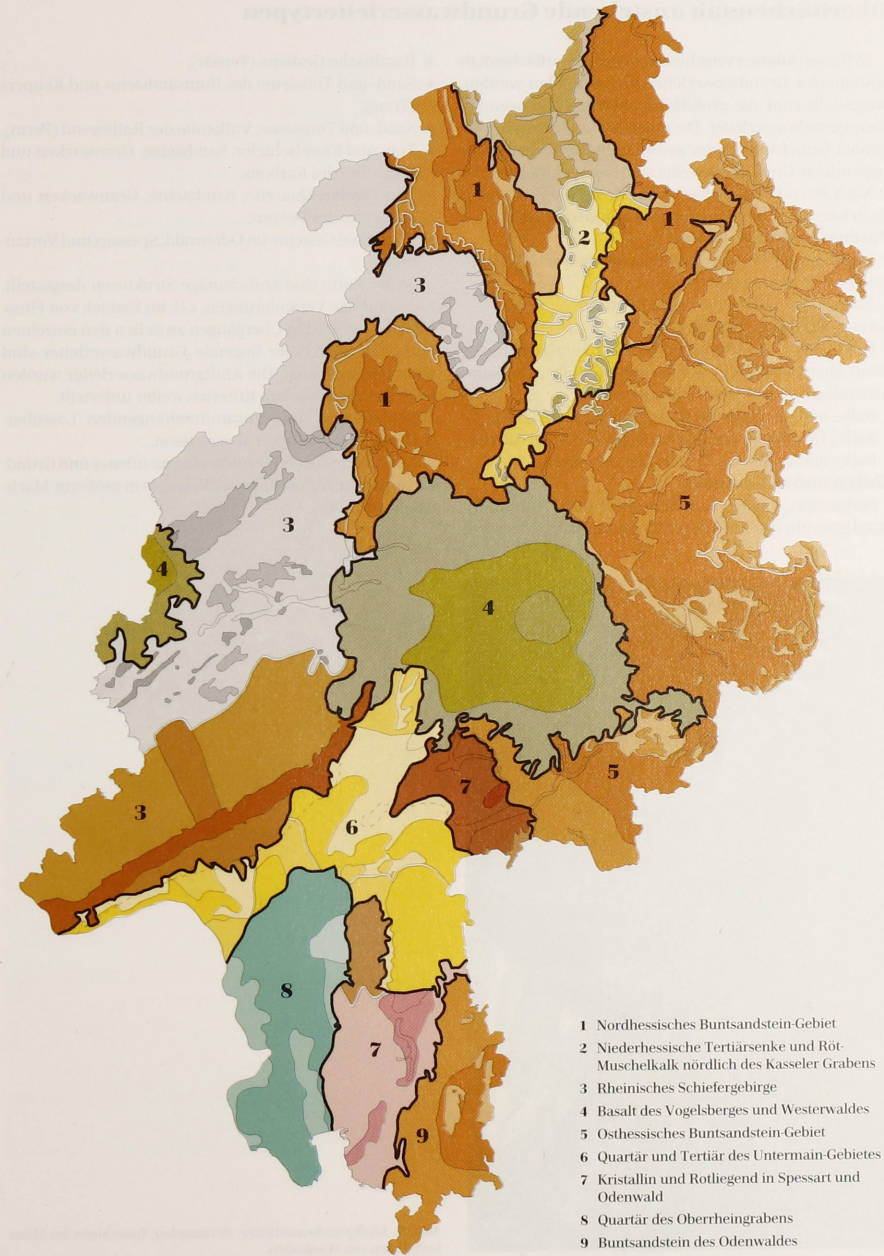
Wegen der groß- und z.T. auch kleinräumig wechselnden Anteile löslicher Gesteinsbestandteile (z.B. Sulfate im Zechstein, Mittleren Muschelkalk und Oberen Buntsandstein Nordhessens) sind keine pauschalen Angaben über die Grundwasserbeschaffenheit der einzelnen Grundwasserkörper gemacht. Die Übersichtskarte soll vielmehr relative Unterschiede bei der zu erwartenden Grundwasserbeschaffenheit aufzeigen, deren Interpretation jedoch hydrogeologische Kenntnisse voraussetzt.

Die Karte ist Teil des „Hydrogeologischen Kartenwerkes Hessen 1:300 000“⁷, das mit einem Erläuterungstext versehen ist.



Abb. 8. Der Oberrheingraben bzw. das „Hessische Ried“ (im Hintergrund der Odenwald mit dem Melibocus) ist ein wichtiger Grundwasserspeicher und ein Gebiet intensiver landwirtschaftlicher Nutzung.

⁷ Diederich, G., Finkenwirth, A., Hölting, B., Kaufmann, E., Rambow, D., Scharpf, H.-J. & Stengel-Rutkowski, W. (1992): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1:300 000. Geol. Abh. Hessen 95; 83 S., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).



Oberflächennah anstehende Grundwasserleitertypen

In Hessen können verschiedene Typen oberflächennah anstehender Grundwasserleiter unterschieden werden. Dargestellt sind die großflächig zusammenhängenden Hauptgrundwasserleiter. Die unter großer Bedeckung liegenden Grundwasserleiter sowie mehrere übereinander angeordnete Grundwasserleiter sind hier nicht dargestellt.

Nach ihren hydrogeologischen Eigenschaften können sie in folgende Groseinheiten untergliedert werden:

Porengrundwasserleiter

Lockergestein, dessen durchflusswirksamer Hohlraumanteil von Poren gebildet wird:

- Ablagerungen des Quartär und Tertiär.

Karstgrundwasserleiter

Festgestein, dessen durchflusswirksamer Hohlraumanteil überwiegend durch Lösung von Kalk-, Dolomit- oder sulfatischen Gesteinen gebildet wird:

- Kalk- und Mergelsteine des Muschelkalkes (Trias),
- Kalk-, Dolomit- und Sulfatsteine des Zechsteins (Perm),
- Kalk- und Dolomitsteine des Oberdevons.

Kluftgrundwasserleiter

Festgestein, dessen durchflusswirksamer Hohlraumanteil ganz überwiegend durch Trennfugen gebildet wird:



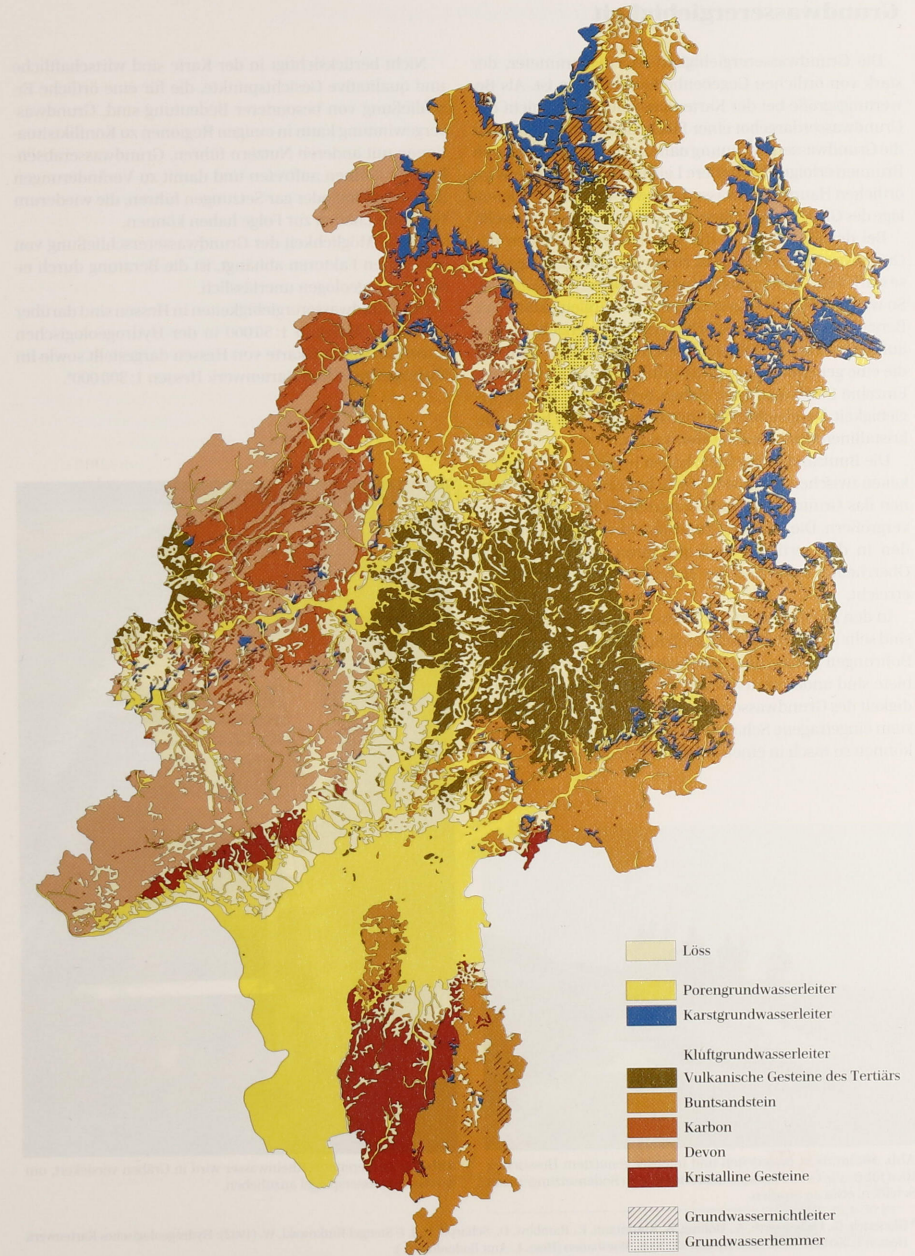
Abb. 9. Kluftgrundwasserleiter, devonischer Tonschiefer im Münzbergstollen von Wiesbaden.

- Basaltische Gesteine (Tertiär),
- Sand- und Tonsteine des Buntsandsteins und Keupers (Trias),
- Sand- und Tonsteine, Vulkanite des Rotliegend (Perm),
- Ton- und Kieselschiefer, Sandsteine, Grauwacken und Vulkanite des Karbons,
- Tonschiefer, Quarzite, Sandsteine, Grauwacken und Vulkanite des Devons,
- Kristalline Gesteine im Odenwald, Spessart und Vortaus.

In der Karte sind großräumige Strukturen dargestellt. Kleinräumige Veränderungen, z.B. im Bereich von Flussläufen oder bei den Übergängen zwischen den einzelnen Einheiten oder tiefer liegende Grundwasserleiter sind nicht berücksichtigt. Die Kluftgrundwasserleiter wurden nach stratigraphischen Kriterien weiter unterteilt.

Gebiete mit einer zusammenhängenden Lössüberdeckung sind gesondert ausgewiesen.

Außerdem wurden Grundwassernichtleiter und Grundwasserhemmer dort dargestellt, wo sie in größerer Mächtigkeit auftreten.



Grundwasserergiebigkeit

Die Grundwasserergiebigkeit ist ein Parameter, der stark von örtlichen Gegebenheiten abhängig ist. Als Bewertungsgröße bei der Kartendarstellung wird nicht das Grundwasserangebot einer Flächeneinheit, sondern - da die Grundwassergewinnung nahezu ausschließlich durch Brunnen erfolgt - die mittlere Leistung eines Brunnens im örtlichen Hauptgrundwasserleiter verwendet. Die Tiefenlage des Grundwasserleiters wird hierbei nicht dargestellt.

Bei der Einteilung in die verschiedenen Klassen der Grundwasserergiebigkeit ist zu berücksichtigen, dass diese stark vom Gestein des Grundwasserleiters abhängig ist. So werden die geringsten Grundwasserergiebigkeiten im Bereich des Rheinischen Schiefergebirges erzielt. Dies ist auf die intensiv verfalteten Tonschiefer zurückzuführen, die eine generell geringe Wasserdurchlässigkeit besitzen. Einzelne Sandsteinlinsen haben örtlich eine höhere Ergiebigkeit. Vergleichbar geringe Ergiebigkeiten haben die kristallinen Gesteine des Odenwaldes.

Die Buntsandsteingebiete haben in der Regel Ergiebigkeiten zwischen 5 und 30 l/s. Örtliche Besonderheiten können das Grundwasserangebot deutlich verringern oder vergrößern. Die größten Grundwasserergiebigkeiten werden in den tertiären und quartären Sedimenten des Oberrheingraben und der Hanau-Seligenstädter Senke erreicht.

In den Karstgebieten des Zechsteins - wie im Ringgau - sind sehr stark schüttende Quellen bekannt. Hier würden Bohrungen eine große Ergiebigkeit aufweisen. Karstgebiete sind andererseits wegen der hohen Fließgeschwindigkeit des Grundwassers besonders gefährdet. In das System eingetragene Schadstoffe werden nicht gefiltert und können so rasch in einen Brunnen gelangen.



Abb. 10. Im dicht besiedelten und intensiv genutztem Hessischen Ried führte die Grundwasserentnahme lokal zu Bodensetzungen und Schäden, etwa an Straßen.

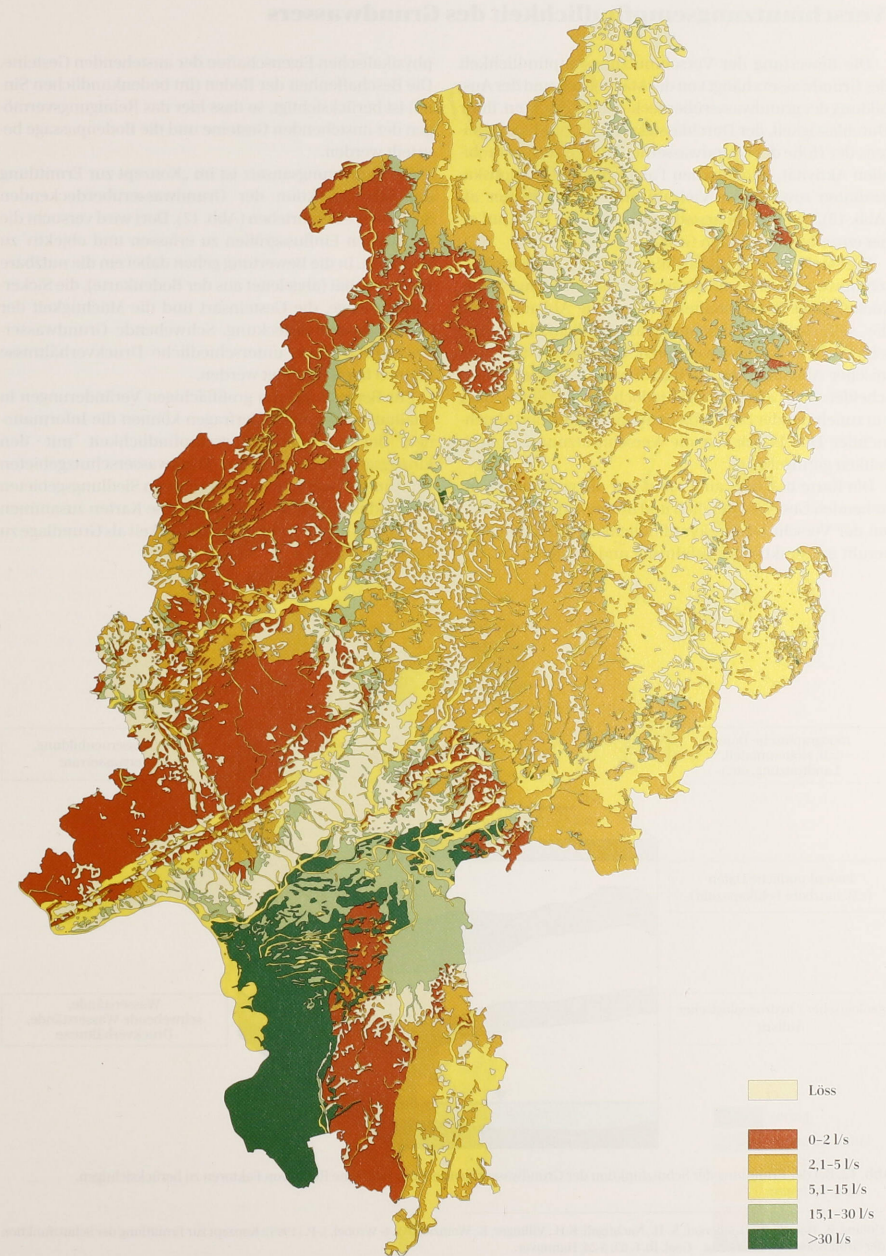


Abb. 11. Aufbereitetes Rheinwasser wird in Gräben versickert, um den Grundwasserspiegel anzuheben.

Nicht berücksichtigt in der Karte sind wirtschaftliche und qualitative Gesichtspunkte, die für eine örtliche Erschließung von besonderer Bedeutung sind. Grundwassergewinnung kann in einigen Regionen zu Konfliktsituationen mit anderen Nutzern führen. Grundwasserabsenkungen können auftreten und damit zu Veränderungen der Vegetation oder gar Setzungen führen, die wiederum Gebäudeschäden zur Folge haben können.

Da die Möglichkeit der Grundwassererschließung von sehr vielen Faktoren abhängt, ist die Beratung durch einen Hydrogeologen unerlässlich.

Die Grundwasserergiebigkeiten in Hessen sind darüber hinaus im Maßstab 1:50 000 in der Hydrogeologischen Karte der Standortkarte von Hessen dargestellt sowie im Hydrogeologischen Kartenwerk Hessen 1:300 000⁸.



⁸ Diederich, G., Finkenwirth, A., Hölting, B., Kaufmann, E., Rambow, D., Scharpf, H.-J. & Stengel-Rutkowski, W. (1992): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1:300 000. Geol. Abh. Hessen 95., 83 S., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).

Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers

Die Bewertung der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers hängt von der Mächtigkeit und der Ausbildung der grundwasserüberdeckenden Schichten, ihrer Durchlässigkeit, der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, der Höhe der Grundwasserneubildung, der mikrobiellen Aktivität, klimatischen Faktoren, der Sorptionskapazitäten sowie einer Vielzahl anderer Parameter ab (Abb. 12). Die Kartendarstellung beruht also nicht auf einer einzelnen messbaren Größe.

Die Darstellung berücksichtigt nicht die Art eines Verschmutzungsstoffes und dessen physikalische und physikochemische Eigenschaften sowie seine Abbaubarkeit, die sich in verschiedener Wasserlöslichkeit, unterschiedlichem Sorptionsverhalten, biologischer und chemischer Abbaubarkeit im Boden zum Teil stark unterscheiden. Ganz allgemein gilt jedoch für alle Stoffe, dass mit zunehmender Deckschichtenmächtigkeit und abnehmender Durchlässigkeit die Verschmutzungsempfindlichkeit geringer wird.

Die Karte bewertet außerdem nur die großflächig anstehenden Gesteinseinheiten und untergliedert sie in Stufen der Verschmutzungsempfindlichkeit. Die Einteilung beruht auf praktischer Erfahrung und der Kenntnis der

physikalischen Eigenschaften der anstehenden Gesteine. Die Beschaffenheit der Böden (im bodenkundlichen Sinne) ist berücksichtigt, so dass hier das Reinigungsvermögen der anstehenden Gesteine und die Bodenpassage beurteilt werden.

Der Bewertungsansatz ist im „Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckenden Schichten“⁹ beschrieben (Abb. 12). Dort wird versucht die wichtigsten Einflussgrößen zu erfassen und objektiv zu bewerten. In die Bewertung gehen dabei ein die nutzbare Feldkapazität (abgeleitet aus der Bodenkarte), die Sickerwassermenge, die Gesteinsart und die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung. Schwabende Grundwasserstockwerke sowie unterschiedliche Druckverhältnisse können berücksichtigt werden.

Zur Beurteilung von großflächigen Veränderungen in qualitativen Grundwasserfragen können die Informationen der Verschmutzungsempfindlichkeit mit den Einzugsgebieten oder den Trinkwasserschutzgebieten verschnitten werden. Zur Planung von Siedlungsgebieten oder industriellen Anlagen sind diese Karten zusammen mit Karten der Grundwasserergiebigkeit als Grundlage zu verwenden.

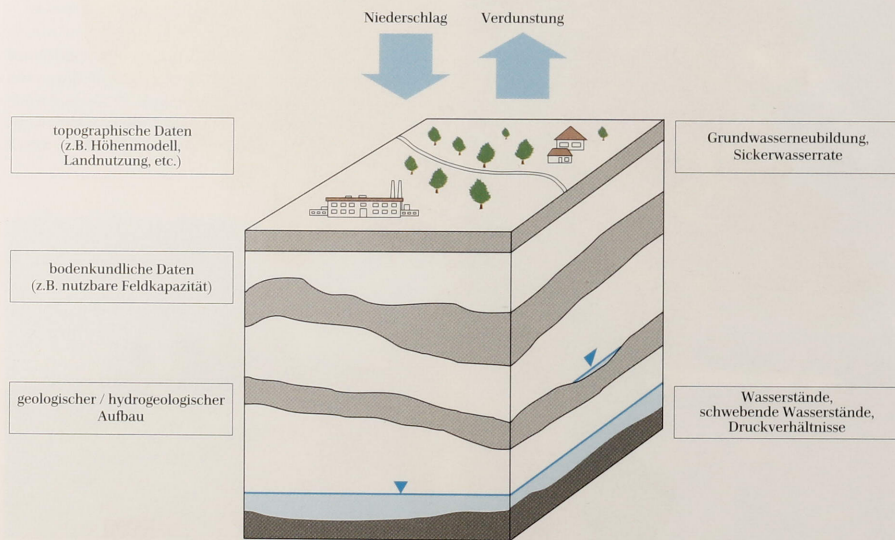
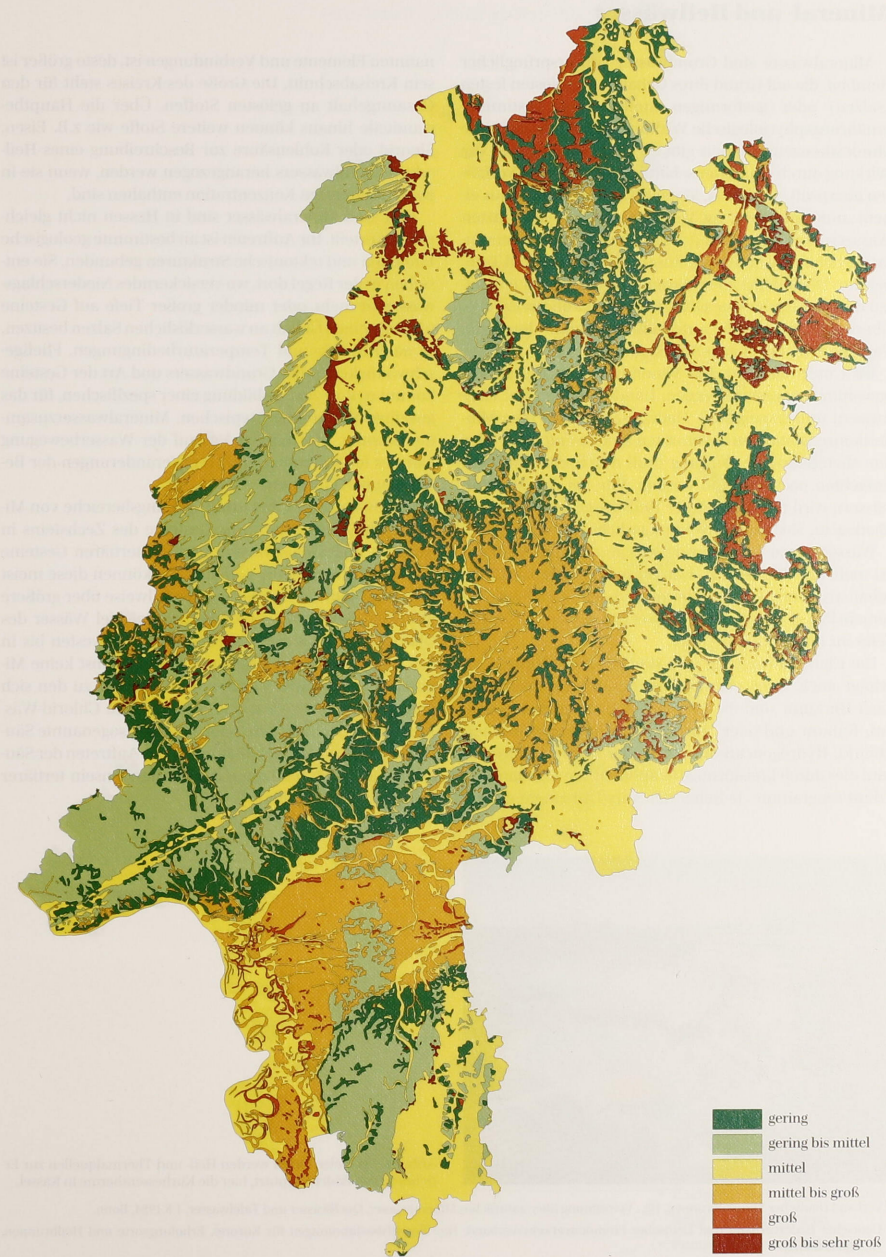


Abb. 12. Bei der Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung sind eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen.

⁹Höling, B., Haertle, T., Hohberger, K.-H., Nachtigall, K.H., Villingner, E., Weinzierl, W. & Wrobel, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. - Geol. Jb. C 63: 5-24, Hannover.



Mineral- und Heilwässer

Mineralwässer sind Grundwässer von ursprünglicher Reinheit, die auf Grund ihres Gehaltes an gelösten festen (Salzen) oder gasförmigen Stoffen eine bestimmte ernährungsphysiologische Wirkung haben. Vorgegebene Mindestkonzentrationen gibt es dabei nicht, wenn die Wirkung durch ein wissenschaftlich anerkanntes Verfahren überprüft worden ist. Mineralwässer stammen aus einem „unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen“¹⁰ und zeigen im Rahmen bestimmter Grenzen eine konstante Zusammensetzung und Temperatur. Die Gehalte an bestimmten unerwünschten Stoffen dürfen vorgegebene Grenzwerte nicht überschreiten. Überwacht werden die aufgezählten Punkte durch die Vergabe einer amtlichen Anerkennung.

Im Unterschied zu den Mineralwässern, die als Lebensmittel eingestuft werden, handelt es sich bei Heilwässern um Arzneimittel. Heilwässer müssen eine Mindestkonzentration an bestimmten Stoffen enthalten oder ihre therapeutische Wirkung muß durch ein klinisches Gutachten nachgewiesen werden. Wie bei den Mineralwässern wird die Qualität der Heilwässer kontinuierlich überwacht. Sie benötigen eine staatliche Anerkennung¹¹.

Wässer, deren Temperatur von Natur aus am Austrittsort mehr als 20°C beträgt, werden unabhängig vom Salzgehalt als Thermen oder Thermalwässer bezeichnet. Allgemein läßt sich sagen, daß Wässer um so wärmer sind, je tiefer ihr Entstehungsort liegt.

Die Charakterisierung von Mineral- und Heilwässern erfolgt nach ihrer chemischen Zusammensetzung. Je nach Herkunft sind die Haupt-Kationen Natrium, Calcium, Kalium und/oder Magnesium, die Haupt-Anionen Chlorid, Hydrogencarbonat und/oder Sulfat. Dargestellt wird dies durch kreisförmige Graphiken, die sogenannten Udluft-Diagramme. Je höher der Anteil an einem der ge-



Abb. 13. An vielen Orten werden Heil- und Thermalquellen zur Errichtung von Bädern genutzt, hier die Kurhessentherme in Kassel.

¹⁰ Verband Deutscher Mineralbrunnen, Hg.: Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser, 1.8.1984, Bonn.

¹¹ Deutscher Bäderverband und Deutscher Fremdenverkehrsverband, Hg.: Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen, 16.3.1991, Bonn.

nannten Elemente und Verbindungen ist, desto größer ist sein Kreisabschnitt. Die Größe des Kreises steht für den Gesamtgehalt an gelösten Stoffen. Über die Hauptbestandteile hinaus können weitere Stoffe wie z.B. Eisen, Fluorid oder Kohlensäure zur Beschreibung eines Heil- oder Mineralwassers herangezogen werden, wenn sie in einer bestimmten Konzentration enthalten sind.

Heil- und Mineralwässer sind in Hessen nicht gleichmäßig verteilt. Ihr Auftreten ist an bestimmte geologische Einheiten und tektonische Strukturen gebunden. Sie entstehen in der Regel dort, wo versickerndes Niederschlagswasser in mehr oder minder großer Tiefe auf Gesteine trifft, die einen Gehalt an wasserlöslichen Salzen besitzen. Je nach Druck- und Temperaturbedingungen, Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers und Art der Gesteine kommt es dort zur Ausbildung einer spezifischen, für das jeweilige Vorkommen typischen, Mineralwasserzusammensetzung. Im weiteren Verlauf der Wasserbewegung kann es fortlaufend zu weiteren Veränderungen der Beschaffenheit kommen.

In Hessen gibt es drei große Bildungsbereiche von Mineral- und Heilwässern: die Gesteine des Zechsteins in Nordost- und Südost-Hessen und die tertiären Gesteine des Oberrheingraben. Von dort aus können diese meist Natrium-Chlorid-betonten Wässer teilweise über größere Strecken fließen. So wandern zum Beispiel Wässer des Oberrheingraben nach Norden und Nordwesten bis in das Rheinische Schiefergebirge, in dem selbst keine Mineralwässer gebildet werden. Im Gegensatz zu den sich teilweise über weite Strecken bewegendes Chlorid-Wässern sind an Kohlensäure reiche Wässer, sogenannte Säuerlinge, meist regionale Bildungen. Das Auftreten der Säuerlinge läßt sich häufig auf das Vorhandensein tertiärer Vulkanite zurückführen.



Physikochemisches Filtervermögen des Bodens

Der gesamte Boden wirkt als Filter für Stoffe, die auf seine Oberfläche durch Niederschlag und menschliche Aktivitäten aufgebracht werden. Diese Stoffe dringen über die Bodenlösung in den Boden ein und werden mit der Bodenlösung in größere Tiefen bis hin zum Grundwasser verlagert. Die Belastbarkeit der Böden wird weitgehend von den Filtereigenschaften der oberen Bodenhorizonte bedingt. Es wird unterschieden zwischen mechanischen und physikochemischen Eigenschaften.

Die mechanischen Filtereigenschaften, d.h. die Fähigkeit des Bodens Sickerwasser mechanisch zu klären, hängt vor allem von der Wasserdurchlässigkeit und der Porengrößenverteilung ab.

Die Fähigkeit eines Bodens, gelöste Stoffe aus der Bodenlösung zu adsorbieren - „physiko-chemisches Filtervermögen“ - hängt insbesondere von der Oberfläche und der Oberflächenaktivität der Bodenteilchen ab. Über eine hohe Oberflächenaktivität verfügen wiederum vor allem die tonreichen Böden.

Grundlage für die Einstufung und Beurteilung des Filtervermögens ist somit die weitgehend von der Bodenart bzw. der Torfart bestimmte Austauschkapazität für gelöste Stoffe, die Kationenaustauschkapazität (KAK).

Durch Maßnahmen des Bodenschutzes sowie der Planung sollten die Flächen mit sehr geringem bzw. geringem Filtervermögen, vor allem unter dem Aspekt der Vorsorge, gezielt vor weiteren Schadstoffeinträgen, Humusverlust und Absenkung des pH-Wertes geschützt werden. Gesetzliche Grundlagen hierfür finden sich im Bundes-Bodenschutzgesetz, dem Bundes-Naturschutzgesetz und dem Hessischen Naturschutzgesetz.

Maßnahmen:

Generell ist einer Versauerung entgegenzuwirken, der Humuskörper zu erhalten und der pH-Wert zu stabilisieren. Dies gilt vor allem, wenn an die Ausbringung von Reststoffen (Komposte und Klärschlämme) im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes gedacht wird.

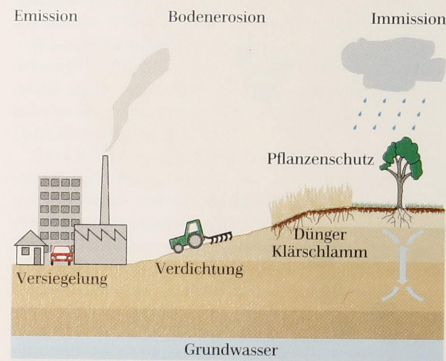


Abb. 14. Das Filtervermögen von Böden.



Nitratrückhaltevermögen des Bodens

Die Verlagerung von Nitrat mit dem Sickerwasser wird als ausschlaggebender Faktor einer Grundwassergefährdung angesehen. Sie steigt mit der Sickerwasserrate, die sich vor allem aus dem jährlichen Wasserbilanzüberschuss ergibt und verringert sich mit der Verweildauer des Wassers im Boden sowie dem dadurch vermehrten Nitratentzug durch die Pflanzen. Die Verweildauer hängt vor allem von der Feldkapazität ab, die für den durchwurzelbaren Bodenraum betrachtet werden muss.

Die Austragsgefährdung wird bei stauwasserbeeinflussten Standorten durch komplexe Standortbedingungen (potenzielle Denitrifikation, längere Verweilzeit des Stauwassers im Wurzelraum und einen nicht quantifizierbaren seitlichen Nitratreintrag bzw. -austrag) besonders beeinflusst. In tonreichen Böden, die zur Bildung von Trockenrissen neigen, kann es trotz hoher Feldkapazität nach längeren Trockenzeiten zu einer Nitratverlagerung kommen. Derartige Böden (Pelosole, Terrae Fuscae) sind im Hinblick auf den Grundwasserschutz gesondert zu beurteilen. Böden aus organogenen Substraten zeichnen sich grundsätzlich durch ein hohes Rückhaltevermögen aus. Aufgrund ihres erhöhten Mineralisationspotenzials ist aber eine Gefährdung des Grundwassers (z.B. nach einer Melioration) nicht auszuschließen.

Durch Maßnahmen des Boden- und Gewässerschutzes sowie durch die Planung sollten die Flächen mit sehr geringem bis geringem Nitratrückhaltevermögen extensiv

durch Land- und Forstwirtschaft bewirtschaftet werden. Gesetzliche Grundlagen hierfür finden sich im Bundes-Bodenschutzgesetz, dem Bundes-Naturschutzgesetz und dem Hessischen Naturschutzgesetz.

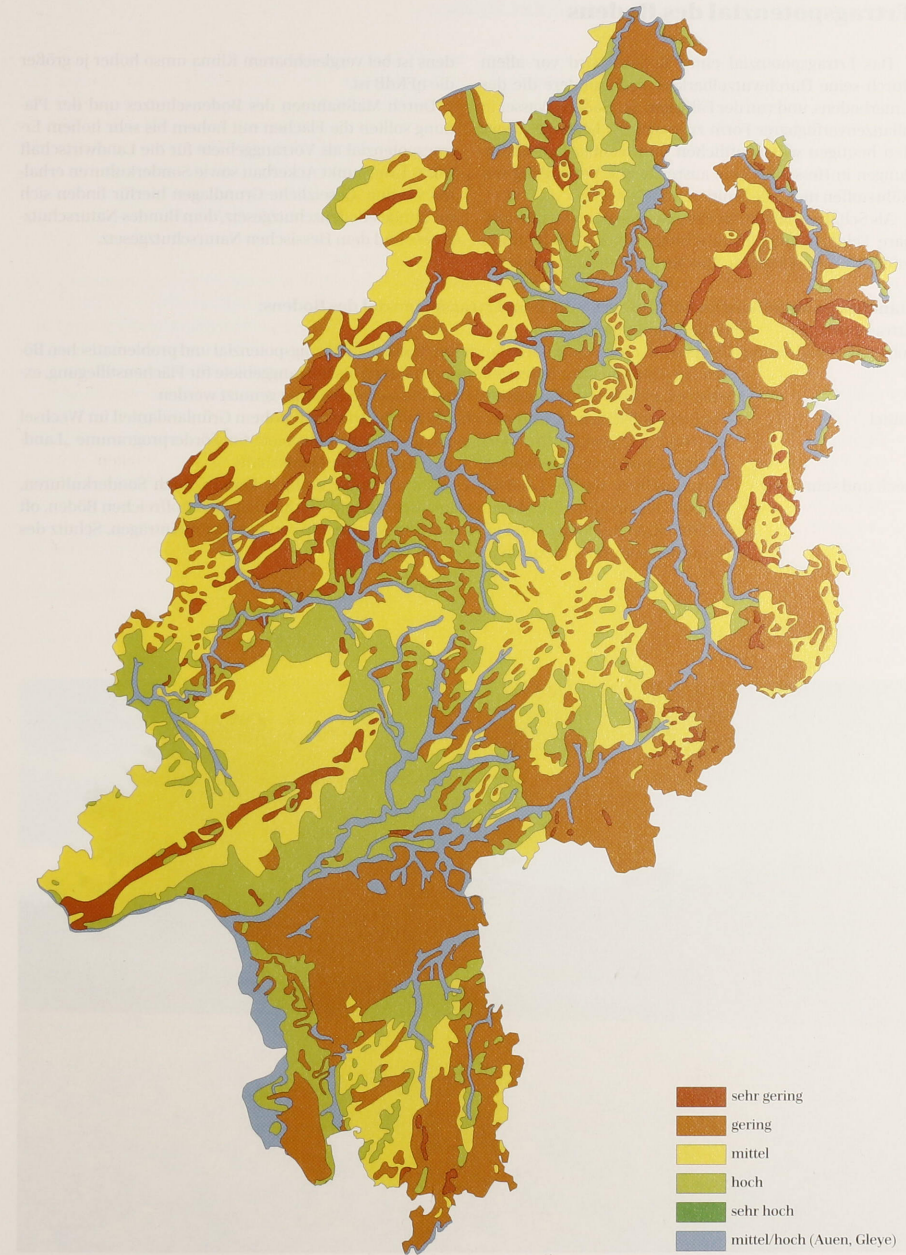
Maßnahmen:

Leitbilder der Planung ergeben sich aus der Definition der „Guten fachlichen Praxis“ gemäß Bundes-Bodenschutzgesetz sowie den Grundlagen einer standortgemäßen Bewirtschaftung. Beispielhaft sind folgende Maßnahmen zur Umsetzung einer standortgemäßen Bewirtschaftung geeignet:

- Intensivierung der Beratung unter dem Aspekt des vorsorgenden Bodenschutzes
- Kein Umbruch von Grünland
- Grünlanddüngung auf Entzug in Abhängigkeit vom Viehbesatz
- keine intensive Beweidung
- keine Beaufschlagung mit Siedlungsabfällen
- Minimierung der Stickstoff-Bevorratung im Boden durch Düngung auf Entzug
- Entwicklung von Fruchtfolgen mit Zwischenfrüchten
- Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach dem Schadschwellenprinzip
- keine Ackernutzung in weniger als 5 m Entfernung zu Fließgewässern.



Abb. 15. Ausbringen von Gülle mittels Schleppschräben - ein Beitrag zur standortgemäßen Bewirtschaftung.



Ertragspotenzial des Bodens

Das Ertragspotenzial eines Bodens wird vor allem durch seine Durchwurzelbarkeit, insbesondere die des Unterbodens, und von der Fähigkeit des Bodens Wasser in pflanzenverfügbarer Form zu speichern begrenzt. Unter den heutigen wirtschaftlichen und technischen Bedingungen in Hessen ist eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen nicht die limitierende Größe.

Als Schätzgröße für das Ertragspotenzial wird die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum [nFKdB] zugrundegelegt. Das Ertragspotenzial eines Bo-

dens ist bei vergleichbarem Klima umso höher je größer die nFKdB ist.

Durch Maßnahmen des Bodenschutzes und der Planung sollten die Flächen mit hohem bis sehr hohem Ertragspotenzial als Vorranggebiete für die Landwirtschaft mit Schwerpunkt Ackerbau sowie Sonderkulturen erhalten werden. Gesetzliche Grundlagen hierfür finden sich im Bundes-Bodenschutzgesetz, dem Bundes-Naturschutzgesetz und dem Hessischen Naturschutzgesetz.

Handlungsempfehlungen bei unterschiedlichem Ertragspotenzial des Bodens:

Ertragspotenzial:	Handlungsempfehlung:
sehr gering und gering	Flächen mit eingeschränktem landwirtschaftlichem Ertragspotenzial und problematischen Böden (s.a. Nitratauswaschungsgefährdung) sollten als Vorranggebiete für Flächenstillegung, extensive Landbewirtschaftung und Grundwasserneubildung genutzt werden
mittel	Flächen zur extensiven landwirtschaftlichen Nutzung mit hohem Grünlandanteil im Wechsel mit Wald, z.T. geeignet für Flächenstillegung, Vorranggebiete für Förderprogramme „Landwirtschaft und Landschaftspflege“ (Offenhaltung der Landschaft)
hoch und sehr hoch	Vorranggebiete für die Landwirtschaft mit Schwerpunkt Ackerbau, auch Sonderkulturen, überwiegend in klimatisch begünstigten Beckenlandschaften mit nährstoffreichen Böden, oft Stadtnähe. Vermeidung von Flächenverlust, Minderung von Schadstoffeinträgen, Schutz des Humuskörpers, Bodenerosion unterbinden.



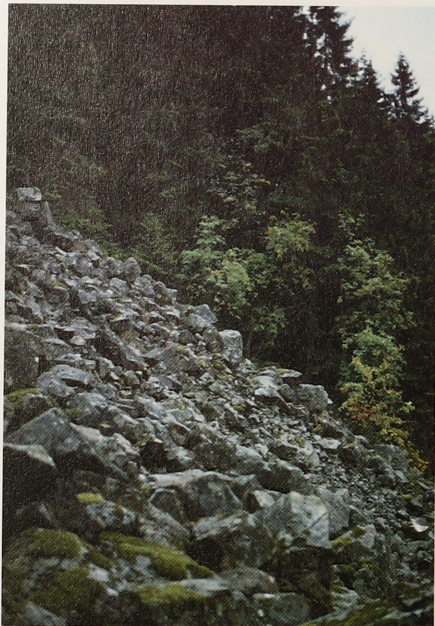
Abb. 16. Ackerbauliche Nutzung auf einem Standort mit hohem Ertragspotenzial.



Biotopentwicklungspotenzial des Bodens

Böden dienen als Lebensraum für Mikroorganismen und Bodentiere, sind Standort von Pflanzen und Bestandteil von Lebensräumen für Biozönosen. Diese Biotopfunktionen sind vor allem für den flächenhaften Naturschutz interessant, besonders unter den Aspekten der Biotopvernetzung, -entwicklung und -regeneration. Auswertungen der Roten Listen haben gezeigt, dass viele der verschollenen und gefährdeten Arten zu einem erheblichen Teil zu Pflanzengesellschaften (Trocken- und Halbtrockenrasen, Feuchtwiesen, Zwergstrauchheiden, Borstgrasrasen und Moore) gehören, deren Vorkommen häufig an extreme Standortbedingungen gebunden ist. Extrem vor allem bezüglich Wasser- und Lufthaushalt oder Nährstoffversorgung bzw. Basenreaktion. Infolge der intensiven Landnutzung, Tourismus etc. sind solche Standorte relativ selten geworden. Für die Belange des Naturschutzes (Biotopverbundsysteme, Auenverbund, Biotopentwicklung) sind vor allem

- trockene Standorte
 - vernässte Standorte (incl. Moore)
 - sehr nährstoffarme Standorte
 - sehr saure oder basenreiche Standorte
 - Salz- und Alkaliböden
- bei standortgemäßer Nutzung potenziell wertvolle Standorte.



Gesetzliche Grundlagen:

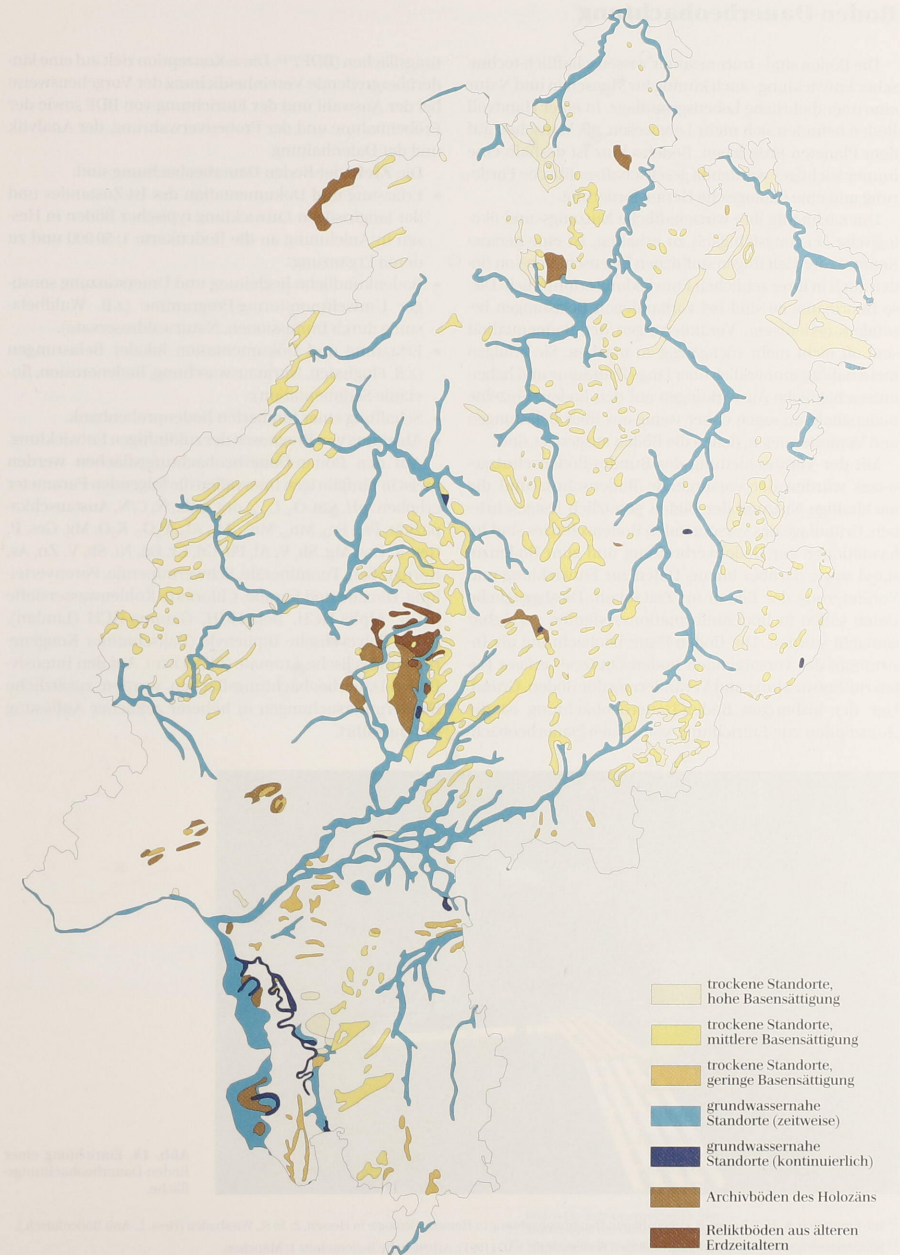
Im Rahmen der Landschaftsplanung sollten die Flächen mit besonderer Bedeutung für die Biotopentwicklung, Biotopvernetzung, Entwicklung von Biotopverbundsystemen sowie die Renaturierung dargestellt werden. Gesetzliche Grundlagen hierfür finden sich im Bundes-Bodenschutzgesetz; im Bundes-Naturschutzgesetz und dem Hessischen Naturschutzgesetz.

Maßnahmen:

Leitbild der Planung ist eine Nutzungsanpassung mit dem Ziel des Erhaltes standortbedingter Extrema als Grundlage für die Biotopentwicklung. Maßnahmen hierfür sind:

- Erhalt überwiegend zusammenhängender Flächen
- Erhalt und Regeneration zusammenhängender Flächen in Auenlagen
- Sicherung und Regeneration zusammenhängender Moorflächen
- Minimierung der Nährstoffzufuhr, Verbot der Düngung auf Magerstandorten
- Entwicklung von Konzepten zur Aushagerung
- Entwicklung und Umsetzung von Pflegemaßnahmen (Vertragsnaturschutz)
- Entwicklung und Förderung extensiver Bewirtschaftungskonzepte
- Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen im Rahmen naturschutzfachlicher Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
- Einbeziehung von Pufferflächen.

Abb. 17. Extremer Trockenstandort. Blockmeer in Südhessen.



- trockene Standorte, hohe Basensättigung
- trockene Standorte, mittlere Basensättigung
- trockene Standorte, geringe Basensättigung
- grundwassernahe Standorte (zeitweise)
- grundwassernahe Standorte (kontinuierlich)
- Archivböden des Holozäns
- Reliktböden aus älteren Erdzeitaltern

Boden-Dauerbeobachtung

Die Böden sind - trotz rasanter wissenschaftlich-technischer Entwicklung - auch künftig für Menschen und Natur eine unentbehrliche Lebensgrundlage. In einer Handvoll Böden befinden sich mehr Lebewesen, als Menschen auf dem Planeten Erde leben. Bodenschutz ist deshalb eine immer wichtiger werdende gesellschaftspolitische Forderung und eine ökologische Herausforderung.

Um nachhaltig ihre wirtschaftliche Nutzungs- und ökologische Leistungsfähigkeit zu erhalten, ist eine genaue Kenntnis der vielfältigen stofflichen Eigenschaften von Böden auch in ihrer zeitlichen Entwicklung erforderlich. Diese Informationen sind bei vorhandenen Belastungen besonders bedeutsam. Veränderungen der Bodenqualität sind oft nicht mehr rückgängig zu machen. Sie erfolgen meist nahezu unmerklich über lange Zeiträume und haben unterschiedliche Auswirkungen auf den Boden. Einzelne Bodenanalysen sagen daher wenig aus über Belastungen und Veränderungen, denen die Böden ausgesetzt sind.

Mit der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes wurden der vorsorgende Bodenschutz und die nachhaltige Nutzung der Böden gesetzlich festgeschrieben. Grundlage des vorsorgenden Bodenschutzes sind Informationen zur Bodenverbreitung und zum Bodenzustand sowie darüber hinaus Daten zur Entwicklung und Veränderung der Böden im Zeitablauf. Diesbezügliche Daten sollen in Bodeninformationssystemen verfügbar gemacht werden. Die Boden-Dauerbeobachtung als Instrument des vorsorgenden Bodenschutzes¹² erfasst Daten zur Entwicklung und Veränderung der Böden. Grundlage der bisherigen Boden-Dauerbeobachtung ist die „Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobach-

tungsflächen (BDF)¹³. Diese Konzeption zielt auf eine länderübergreifende Vereinheitlichung der Vorgehensweise bei der Auswahl und der Einrichtung von BDF sowie der Probenahme und der Probenverwahrung, der Analytik und der Datenhaltung.

Die **Ziele** der Boden-Dauerbeobachtung sind:

- Erfassung und Dokumentation des Ist-Zustandes und der langfristigen Entwicklung typischer Böden in Hessen in Anlehnung an die Bodenkarte 1:50 000 und zu deren Ergänzung.
 - Bodenkundliche Begleitung und Unterstützung sonstiger Umweltmonitoring-Programme (z.B. Waldbelastung durch Immissionen, Naturwaldreservate).
 - Erfassung und Dokumentation lokaler Belastungen (z.B. Flughafen, Nitratwaschung, Bodenerosion, fluviale Sedimentation).
 - Schaffung einer fundierten Bodenprobenbank.
 - Ableitung von Prognosen der zukünftigen Entwicklung.
- Auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen werden meist in fünfjährigen Intervallen die folgenden Parameter erhoben: pH, CaCO₃, C_{org}, org. Sub., N, C/N, Austauschkapazität, Fe_{op}, Fe_d, Mn_{op}, Mn_d, Al_{op}, Al_d, P₂O₅, K₂O, Mg, Ges. P, Ges. K, Ges. Mg, Sb, V, Al, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Sb, V, Zn, As, Korngrößen, Tonminerale, Schwerminerale, Porenverteilung, Dioxine und Furane, Chlorierte Kohlenwasserstoffe [HCB, Alpha-HCH, Beta-HCH, Gamma-HCH (Lindan), DDT], Polycyclische Biphenyle (Ballschmitter Kongenere), Polycyclische Aromate (EPA-Liste). Auf den Intensiv-Boden-Dauerbeobachtungsflächen werden zusätzliche Sonderuntersuchungen in höherer zeitlicher Auflösung durchgeführt.

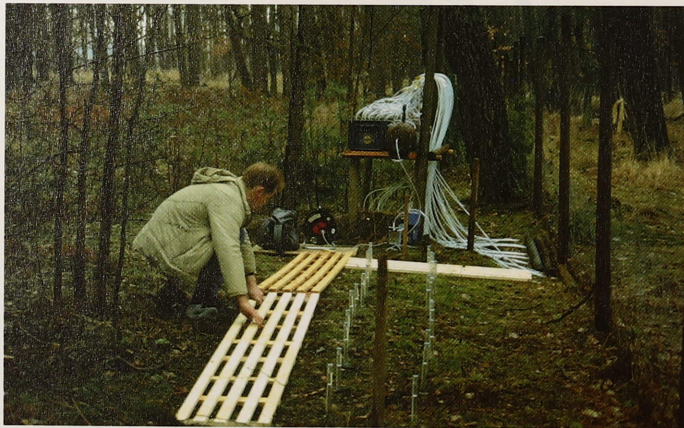
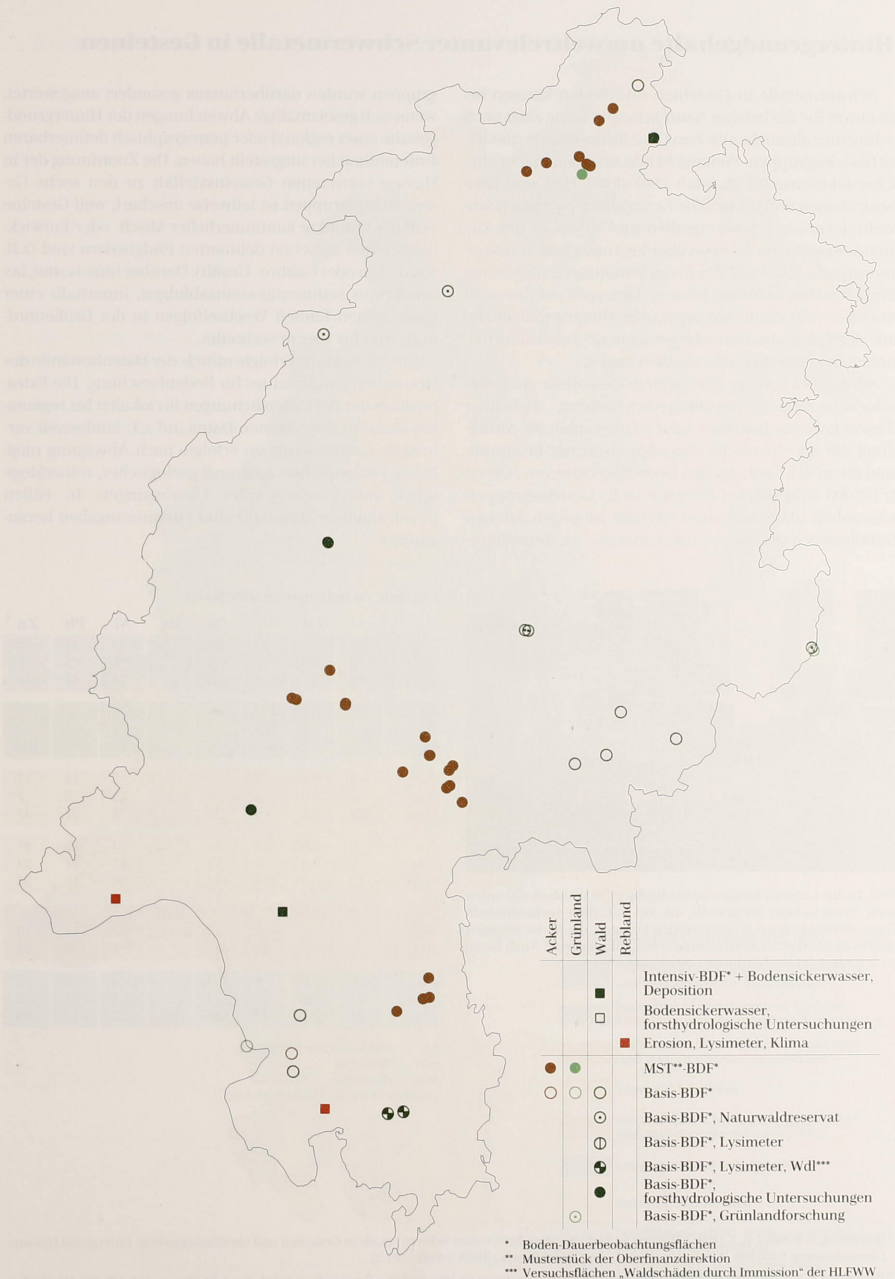


Abb. 18. Einrichtung einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche.

¹² vgl. Emmerich, K.-H. & Kaiser, B. (1998): Boden-Dauerbeobachtung in Hessen.- Geologie in Hessen, 2: 28 S., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).

¹³ Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz, SAG (1991): Arbeitshefte Bodenschutz 1; München.



Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen

Schwermetalle in Gesteinen und Böden können bedeutsam für die belebte Natur sein. Die Karte zeigt nach schwermetallgeochemischen Gesichtspunkten gegliederte Gesteinsgruppen. Weitergehende Angaben macht eine Übersichtskarte im Maßstab 1:300 000¹⁴. Hier sind Konzentrationen und statistische Kennzahlen von sieben umweltrelevanten Schwermetallen und Arsen zu den Gesteinseinheiten und den sie überlagernden Böden zusammengestellt. Es ist nur das in der jeweiligen geologischen Einheit vorherrschende Gestein dargestellt, so dass sich orientierende lokale Aussagen über Hintergrundgehalte aus der Karte ohne örtliche geologische Zusatzinformationen nur eingeschränkt ableiten lassen.

Ausgehend von der Überlegung, dass allein die mineralogische Zusammensetzung eines Gesteines, nicht aber dessen geologisches Alter oder petrographische Ausbildung die geochemische Zusammensetzung bestimmt, sind die in der Geologischen Übersichtskarte von Hessen 1:300 000 aufgeführten Gesteine sechs Gesteinsgruppen zugeordnet (das sedimentäre Tertiär ist wegen raschen Gesteinswechsels hier ausgenommen). Gesteinsunter-

gruppen wurden darüberhinaus gesondert ausgewertet, wenn sich gesetzmäßige Abweichungen der Hintergrundgehalte einer regional oder petrographisch definierbaren Untereinheit herausgestellt haben. Die Zuordnung der in Hessen vertretenen Gesteinsvielfalt zu den sechs Gesteinshauptgruppen ist teilweise unscharf, weil Gesteine vielfach Produkte kontinuierlicher Misch- oder Entwicklungsreihen zwischen definierten Endgliedern sind (z.B. Sand-Ton oder Gabbro-Granit). Darüber hinaus sind, besonders in Sedimentgesteinsabfolgen, innerhalb einer geologischen Einheit Wechselfolgen in der Größenordnung mm bis 10er m verbreitet.

Die Auswertung erfolgte mittels der Datenbestände des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. Die Extrapolation der bei Untersuchungen im lokalen bis regionalen Maßstab gewonnenen Daten auf z.T. landesweit verbreitete Gesteinsgruppen erfolgte nach Abwägung möglicher Fehlerquellen aufgrund geologischer, mineralogischer und geochemischer Überlegungen. In Fällen unvollständiger Datenlage sind Literaturangaben herangezogen.

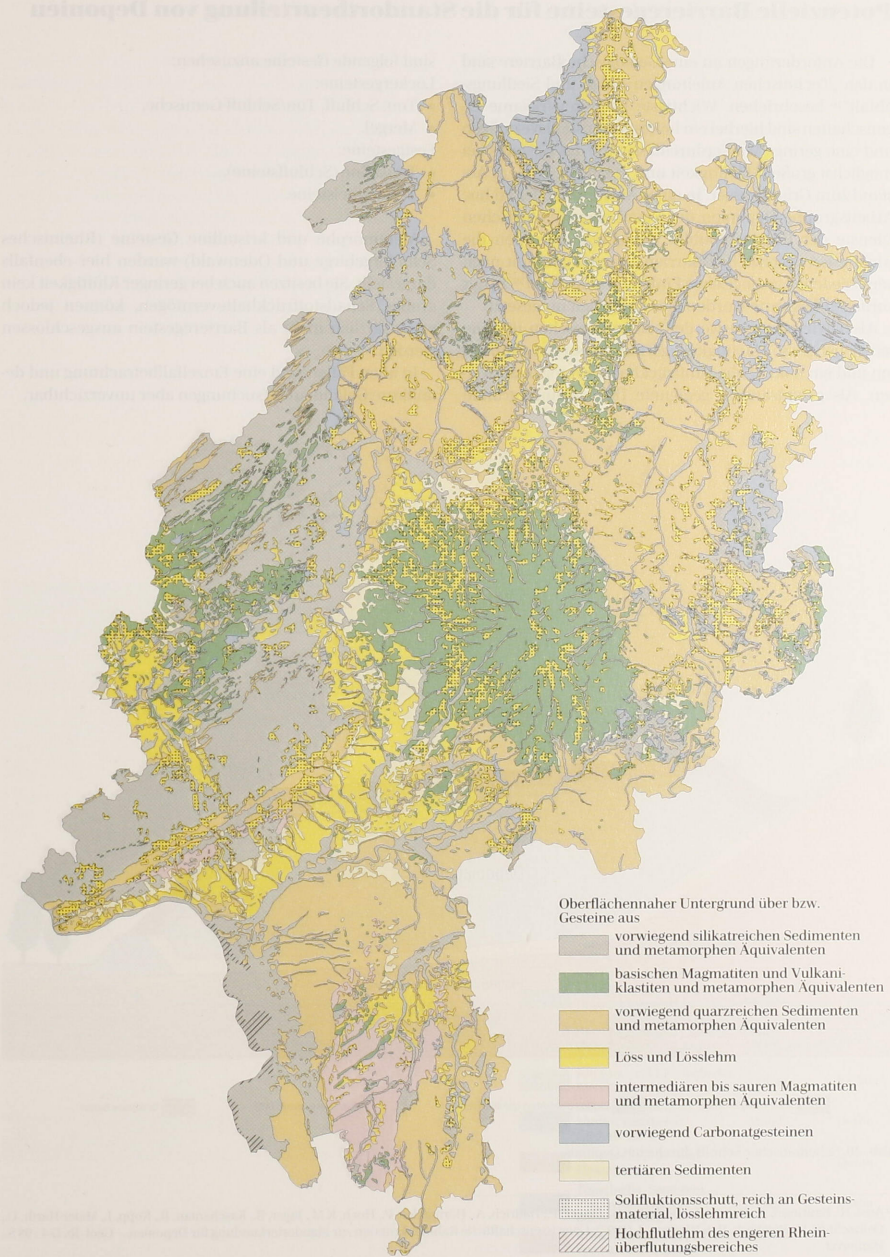


Abb. 19. Bei Untersuchungen im Stadtgebiet von Wiesbaden wurden hohe Arsen-Gehalte festgestellt, die auf natürlich vorkommende Thermalwässer zurückgeführt werden konnten, die in der jüngsten Erdgeschicht durch Oberflächenschotter zirkulierten¹⁵. Auch heute noch fördert der Kochbrunnen arsenhaltiges Wasser.

Legende zu nebenstehender Karte

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Xa	18	0,02	83	14		33	17	60
min	3	<0,01	27	<3		6	<5	9
max	58	<0,1	141	85		74	82	200
Xa	<3	0,12	399	56		249	6	108
min	<3	<0,1	207	19		98	<3	89
max	4	0,4	985	105		717	10	160
Xa	4	0,03	18	4		8	11	11
min	<1	<0,01	<3	1		<3	3	2
max	22	0,1	89	23		34	27	47
Xa	9	<0,05	82	13		24	16	41
min	5	<0,05	59	11		15	11	24
max	13	<0,05	108	17		34	19	54
Xa	2	0,07			0,08			
min			4	<3		<2	11	15
max			22	12		4	19	82
Xa	6	0,08	7	4		4	5	10
min	1	0,06	<3	2		<3	<3	<3
max	28	0,16	22	27		27	14	49

Xa arithmetischer Mittelwert
 min Minimum
 max Maximum
 Angaben in mg/kg Trockensubstanz



¹⁴ Rosenber, F. & Sabel, K.-J. (1996): Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens. Übersichtskarte 1:300 000, Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.) [ISBN 3-89531-701-2].

¹⁵ Rosenber, F. & Mittelbach, G. (1996): Geogene Arsenanreicherungen im Wiesbadener Bergkirchenviertel. Geol. Jb. Hessen 124: 175-189, Wiesbaden.

Potenzielle Barrieregesteine für die Standortbeurteilung von Deponien

Die Anforderungen an eine Geologische Barriere sind in den „Technischen Anleitungen Abfall und Siedlungsabfall“¹⁶ beschrieben. Wichtigste barrierewirksame Eigenschaften sind hierbei ein hohes Adsorptionsvermögen und eine geringe Wasserdurchlässigkeit des Gesteins bei möglichst großer Mächtigkeit und möglichst großem Abstand zum Grundwasser. In einer Ausführung der ad-hoc Arbeitsgruppe Deponien der Staatlichen Geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland werden die wichtigsten potenziellen Barrieregesteine getrennt nach verschiedenen geologischen Einheiten aufgeführt¹⁶. In der vorliegenden Karte wurden diese Angaben umgesetzt.

Als Barrieregesteine werden solche angesehen, die eine möglichst große Mächtigkeit, geringe Wasserwegsamkeiten und ein hohes Schadstoffrückhaltevermögen aufweisen. Als grundsätzlich geeignete Deponieuntergründe

sind folgende Gesteine anzusehen:

Lockergesteine:

- Ton, Schluff, Ton/Schluff-Gemische,
- Mergel.

Festgesteine:

- Tonsteine (Schluffsteine),
- Tonmergelsteine.

Metamorphe und kristalline Gesteine (Rheinisches Schiefergebirge und Odenwald) wurden hier ebenfalls dargestellt. Sie besitzen auch bei geringer Klüftigkeit kein großes Schadstoffrückhaltevermögen, können jedoch grundsätzlich nicht als Barrieregestein ausgeschlossen werden.

In allen Fällen sind eine Einzelfallbetrachtung und detaillierte Geländeuntersuchungen aber unverzichtbar.

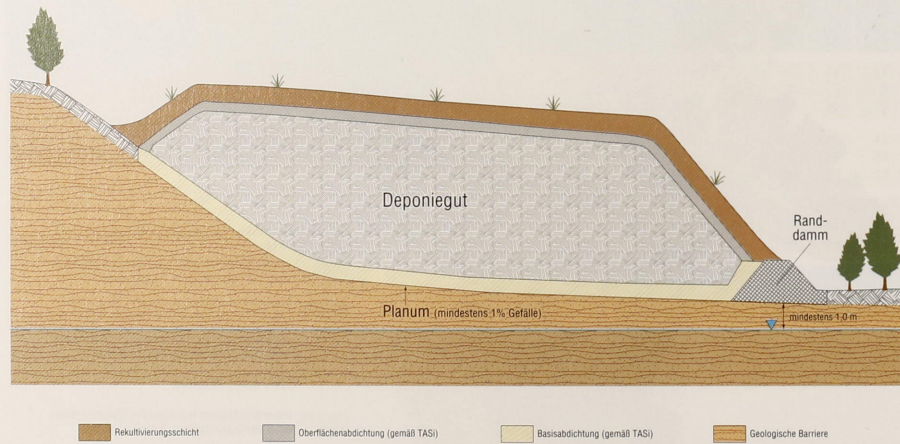
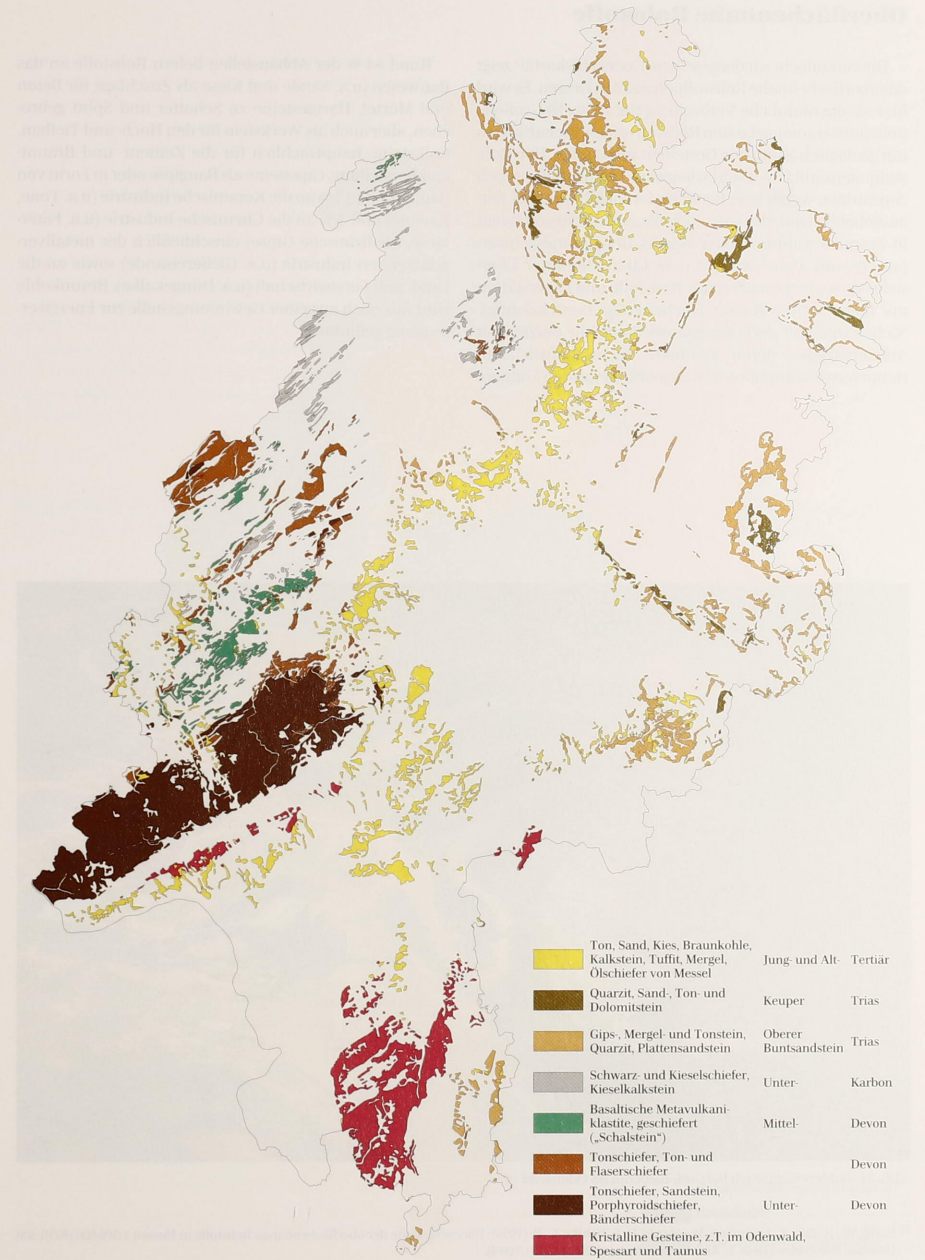


Abb. 20. Schematischer Schnitt durch eine Deponie

¹⁶ Aust, H., Bauriegel, A., Dahms, E., Dörhöfer, G., Finger, P., Hädrich, A., Höringkle, P., Huch, K.M., Jäger, B., Kaschian, B., Kopp, J., Maier-Harth, U., Oeltzschner, H., Weckeck, H. & Westrup, J. (1997): Geowissenschaftliche Rahmenkriterien zur Standorterkundung für Deponien. - Geol. Jb. G-4 : 98 S., Hannover.



Oberflächennahe Rohstoffe

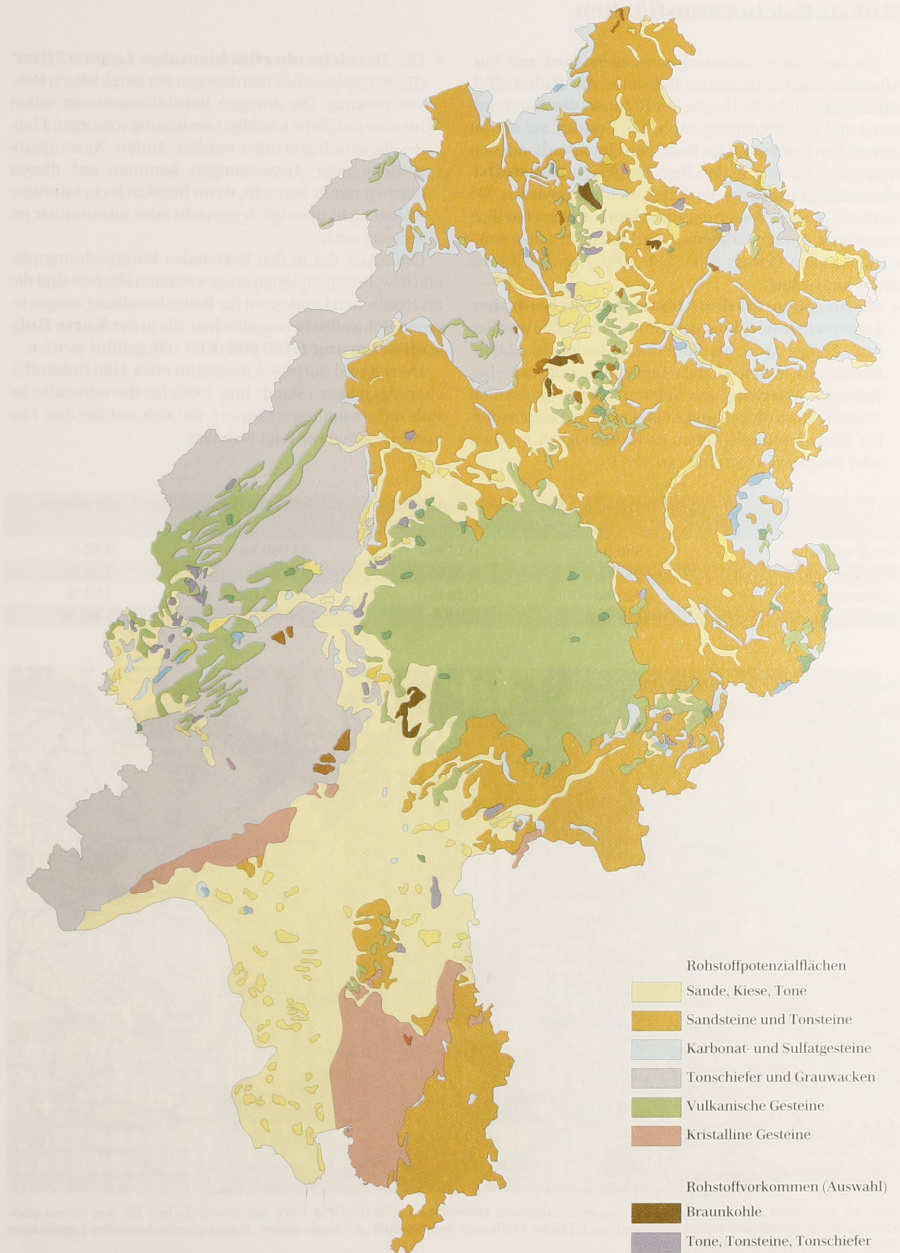
Die vereinfacht wiedergegebene Übersichtskarte¹⁷ zeigt das oberflächennahe Rohstoffpotenzial in Hessen. Es wird hier als die räumliche Verbreitung der zu sechs Großeinheiten zusammengefassten Rohstoffvergesellschaftungen mit geologisch ähnlichen Gesteinen verstanden. Den Rohstoffpotenzialflächen sind wiederum 14 Rohstoffgruppen zugeordnet, wobei jene Bereiche farblich besonders herausgehoben sind, die vorrangig für einen Rohstoffabbau in Betracht kommen oder bereits Gewinnungsschwerpunkte sind. Dabei wurden dem Charakter einer Übersichtskarte entsprechend nur Rohstoffe und Lagerstätten mit mehr als 100 Hektar Flächengröße berücksichtigt. Nicht dargestellt sind - maßstabsbedingt - die derzeitigen Abbaubetriebe, deren Produkte sechs industriellen Hauptverwendungszwecken zugeordnet werden können.

Rund 84 % der Abbaustellen liefern Rohstoffe an das Bauwesen (u.a. Sande und Kiese als Zuschläge für Beton und Mörtel, Hartgesteine zu Schotter und Splitt gebrochen, aber auch als Werkstein für den Hoch- und Tiefbau, Kalksteine hauptsächlich für die Zement- und Branntkalkherstellung, Gipssteine als Baugipse oder in Form von Bauplatten), 13 % an die Keramische Industrie (u.a. Tone, Kaoline) und 3 % an die Chemische Industrie (u.a. Filterkiese, medizinische Gipse) einschließlich der metallverarbeitenden Industrie (u.a. Gießereisande) sowie an die Land- und Forstwirtschaft (u.a. Düngekalke). Braunkohle wird nur noch aus einer Gewinnungsstelle zur Energieerzeugung gefördert.



Abb. 21. Gabbro-Steinbruch bei Groß-Bieberau im Odenwald.

¹⁷ Barth, W., Helbig, P., Liedmann, W., Mattig, U. & Ziehle, C.-P. (1995): Übersichtskarte der oberflächennahen Rohstoffe in Hessen 1:300 000 (KOR 300 Hessen); Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.) [ISBN 3-89531-700-4].



Rohstoffsicherungsflächen

Die langfristige Sicherung von Lagerstätten und Vorkommen oberflächennaher Rohstoffe, die **Rohstoffsicherung**, erfolgt in Hessen im Rahmen der Raumordnung und Landesplanung (Abb. 22). Gestützt auf die im Hessischen Landesamt für Bodenforschung vorhandenen Kenntnisse werden in den Regionalplänen **Rohstoffsicherungsgebiete** zweier Kategorien ausgewiesen. Sie werden - je nach Regierungspräsidium - unterschiedlich bezeichnet. Dieser Einteilung wird auch im Landesentwicklungsplan Hessen 2000 (LEP 2000, Entwurf für die Anhörung) gefolgt:

- Die „**Bereiche für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten**“ (Abbaugebiete) weisen abbauwürdige und -fähige, kurz- bis mittelfristig benötigte Abbauflächen aus. In ihnen hat die Gewinnung mineralischer Rohstoffe **Vorrang** vor anderen raumbedeutsamen Nutzungsansprüchen und Ausweisungen. Letztere dürfen einen künftigen Abbau nicht unmöglich machen oder unzumutbar erschweren.

- Die „**Bereiche oberflächennaher Lagerstätten**“ (Reservegebiete) dienen dagegen der langfristigen Rohstoffvorsorge. Die dortigen Rohstoffressourcen sollen für eine mögliche künftige Gewinnung vorsorgend landesplanerisch geschützt werden. Andere Nutzungsansprüche oder Ausweisungen kommen auf diesen Flächen nur in Betracht, wenn hierdurch ein künftiger Abbau nicht unmöglich gemacht oder unzumutbar erschwert wird.

Grundlage der in den Regionalen Raumordnungsplänen bzw. Regionalplänen ausgewiesenen Flächen sind die im Hessischen Landesamt für Bodenforschung ausgewiesenen Rohstoffsicherungsflächen, die in der **Karte Rohstoffsicherung 1:100 000** (KRS 100) geführt werden.

Derzeit sind in Hessen insgesamt etwa 1400 Rohstoffsicherungsgebiete (Stand: Juni 1999) für die mineralische Rohstoffgewinnung registriert, die sich auf die drei Planungsregionen wie folgt verteilen:

	Gebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten		Gebiete oberflächennaher Lagerstätten	
Nordhessen	1996 ha	0,24 %	31 680 ha	3,82 %
Mittelhessen	2077 ha	0,39 %	18 985 ha	3,53 %
Südhessen	1995 ha	0,26 %	26 995 ha	3,63 %
Hessen insges.	6 028 ha	0,28 %	77 660 ha	3,68 %



Abb. 22. Ausschnitt aus dem Regionalen Raumordnungsplan Mittelhessen 1995 (RRÖPM 1995) mit einem „Gebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten“ (rote Fläche, evtl. auch Fläche <10 ha mit dem Symbol „A“) sowie einem „Gebiet oberflächennaher Lagerstätten (Reservefläche)“ (rote Schraffur).



- Gebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Abbaugebiet) > 10 ha
- Gebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Abbaugebiet) < 10 ha
- Gebiet oberflächennaher Lagerstätten (Reservegebiet) > 10 ha
- Gebiet oberflächennaher Lagerstätten (Reservegebiet) < 10 ha

Ton- und Ziegeleirohstoffe

Tone sind Verwitterungs- und Abtragungsprodukte der Erdkruste. Sie entstehen im kontinentalen und marinen Bereich. Ihre Vielfalt ist von den physikochemischen Bildungsbedingungen abhängig, die ein breites Spektrum der Eigenschaften und damit die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der Tone begründen.

Die Hauptverbreitungsgebiete der Ton-Rohstoffe sind: Westerwald, Hessische Senke, Taunus, Raum Gießen, Ostsauerländer Randgebirge. Es handelt sich überwiegend um kontinentale Bildungen (Westerwald, Taunus). Melanien- und Rupeltone (Hessische Senke) sind Meeresablagerungen.

Die Hauptverbreitungsgebiete der Ziegelei-Rohstoffe Löss und Lehm (Löss sind periglaziale äolische Ablagerungen, aus denen sich durch Entkalkung und/oder Umlagerung Lehme bilden) sind: Bergstraße, Reinheimer Hügelland, Taunus, Hessische Senke, Osthessisches Bergland. Die Tonsteine des Rotliegend und Röt sind vor allem in Ost- und Nord-Hessen verbreitet.

Glashafentone, Fetttone und feuerfeste Spezialtone werden im Verbund mit Braunkohle bei Glimmerode und Großalmerode in Osthessen abgebaut. Bentonite, die vor allem im Westerwald und Vogelsberg vorkommen, bilden sich überwiegend aus basaltischen Tuffen und Vulkaniten. Bentonite werden z.Z. nur im Westerwald abgebaut.

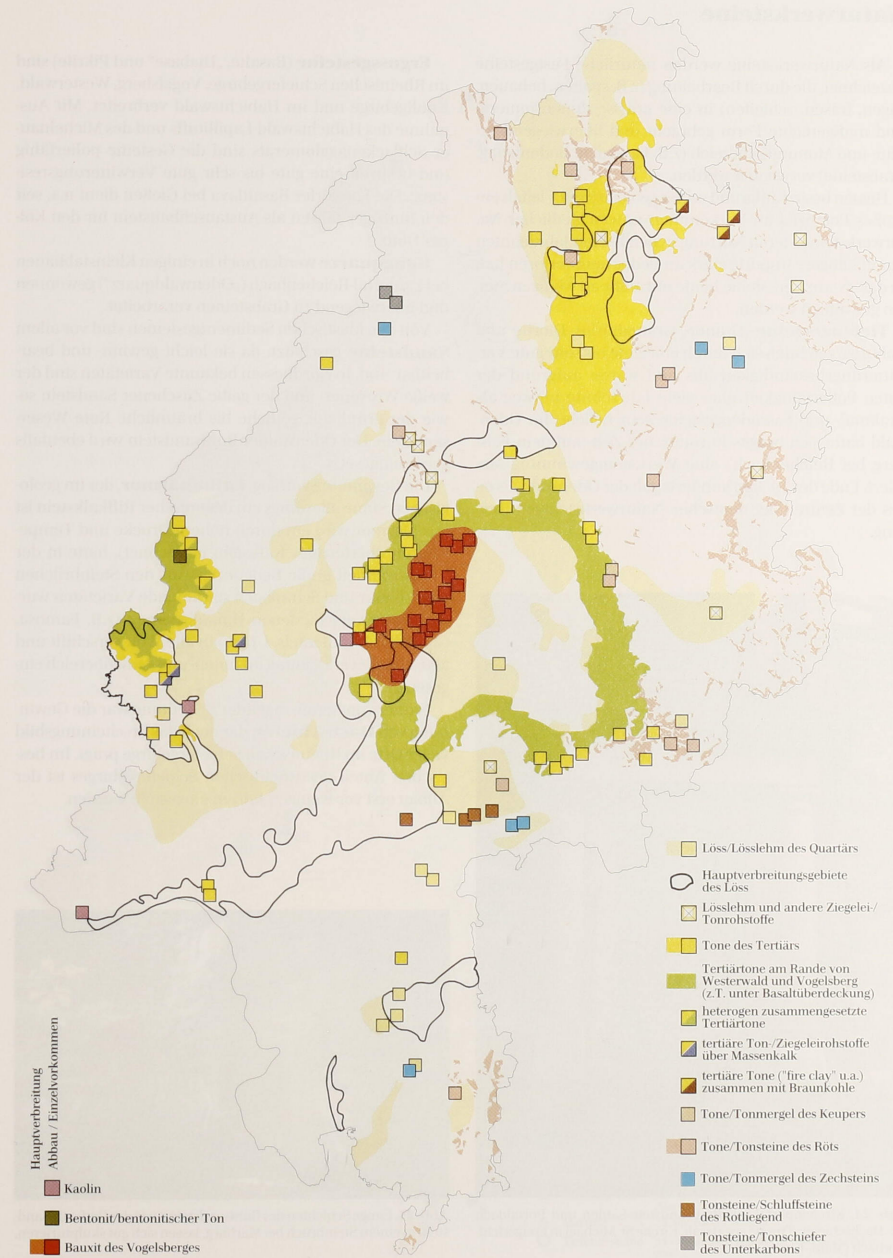
Erzeugnisse der Ziegeldindustrie sind Massenbaustoffe (Mauerziegel, Klinker, Dach- und Deckenziegel). Tone werden für Produkte der Grob-, Fein- und Kunstkeramik, für Baustoffe und Schmelzziegel verwendet. Kaoline, kaolinitische Tone und „fire-clay-Tone“ finden Verwendung in der Papier-, Keramik- und Feuerfest-Industrie, als Füllstoffe (Farben, Lacke, Gummi, Kunststoffe), Keramikträger (Abgaskatalysatoren), in der Waschmittelindustrie und als Dichtungsmaterial (Deponie, Altlastensanierung). Breitgefächert ist ebenfalls die Verwendung der Bentonite: u.a. Papierindustrie und pharmazeutische Industrie, Abwasser- und Textilreinigung, Farben, Lacke, Kosmetika, Landwirtschaft, Umweltschutz (z.B. Gewässerschutz) und Dichtungsmaterial (Deponien, Altlastensanierung).

Die Hauptmenge der gewinnbaren Tonrohstoffe ist im Tertiär und in der Oberkreide sowie während des Oberen Buntsandsteins (Röt) entstanden. Keupertone sowie Tone und Tonmergel des Zechsteins werden nur an wenigen Stellen abgebaut. Bei der Fördermenge von hochwertigen Tonrohstoffen nimmt Hessen in der Bundesrepublik die dritte Position ein. Die gewinnbaren Vorräte an reinen Kaolinen und Bentoniten spielen keine Rolle.

Ergänzend zu den Ton- und Ziegelei-Rohstoffen sind in die Karte die ehemaligen Abbaustellen der Bauxite und deren Verbreitungsgebiet eingetragen.



Abb. 23. In der Ziegelei Volkmar werden Tone des Oberen Buntsandsteins (Röt) abgebaut. Sie sind durch Ablaugung von Gips (die hellen Lagen im Inset) leicht verbogen.



Naturwerksteine

Als Naturwerksteine werden natürliche Festgesteine bezeichnet, die durch Bearbeitung (z.B. spalten, behauen, sägen, fräsen, schleifen) in eine präzise dimensionierte und maßgerechte Form gebracht und überwiegend im Bau- und Monumentbereich (z.B. Fassaden, Bodenbelag, Grabsteine) verwendet werden.

Hessen besitzt aufgrund seiner geologischen Vielfalt ein großes Potenzial an Vorkommen unterschiedlicher Naturwerksteine, deren Nutzung in den letzten Jahrzehnten durch billigere Importe stark an Bedeutung verloren hat, so dass Naturwerksteine heute nurmehr an wenigen Stellen gewonnen werden.

Tiefengesteine (Granite, Granodiorite, Diorite und Gabbros) zeichnen sich durch eine gute bis sehr gute Verwitterungsbeständigkeit aus und waren aufgrund der guten Polierfähigkeit über viele Jahrzehnte hinweg als Grabmal- und Fassadengesteine sehr beliebt. Im Odenwald hatte sich bereits in römischer Zeit (auf dem Felsberg bei Reichenbach) eine Werksteingewinnung etabliert. Ende des 19. Jahrhunderts galt der Odenwald als eines der Zentren der deutschen Naturwerksteinverarbeitung.

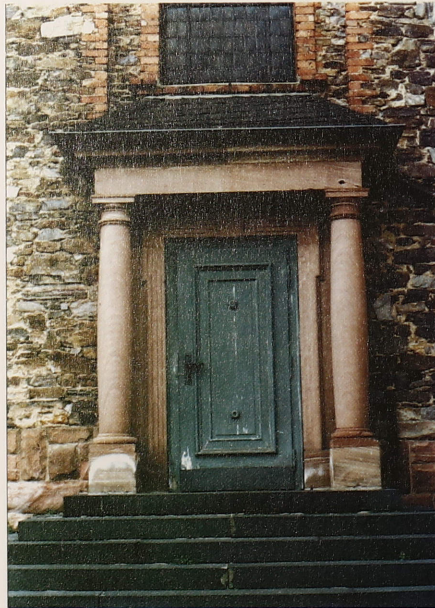


Abb. 24. Kirchenportal mit Buntsandstein-Säulen und Portaldach aus Dachschiefer; Treppe aus Basalt. Kirche St. Michael in Freigericht-Horbach (Main-Kinzig-Kreis).

Ergussgesteine (Basalte, „Diabase“ und Pikrite) sind im Rheinischen Schiefergebirge, Vogelsberg, Westerwald, Knüllgebirge und im Habichtswald verbreitet. Mit Ausnahme des Habichtswald-Lapillituffs und des Michelnauer Schlackenagglomerats sind die Gesteine polierfähig und besitzen eine gute bis sehr gute Verwitterungsresistenz. Die Londorfer Basaltlava bei Gießen dient u.a. seit den fünfziger Jahren als Austauschbaustein für den Kölner Dom.

Gangquarze werden noch in einigen Kleinstabbaue bei Lautertal-Reichenbach („Odenwaldquarz“) gewonnen und überwiegend zu Grabsteinen verarbeitet.

Von den klastischen Sedimentgesteinen sind vor allem **Sandsteine** geschätzt, da sie leicht gewinn- und bearbeitbar sind. In Nordhessen bekannte Varietäten sind der weiße Wrexener- und der gelbe Züscherer Sandstein sowie der grünliche, rötliche bis bräunliche Rote Wesersandstein. Der Odenwälder Buntsandstein wird ebenfalls gerne eingesetzt.

Die Gewinnung von sog. **Lahnmarmor**, der im geologischen Sinne allerdings ein devonischer Riffkalkstein ist (als Marmor wird ein durch höhere Drucke und Temperaturen überformter Kalkstein bezeichnet), hatte in der Vergangenheit große Bedeutung. Aus den Steinbrüchen von Villmar und Schubach stammende Varietäten wurden unter verschiedenen Handelsnamen (z.B. Famosa, Goldader, Korallenfels, Unica) in alle Welt verschifft und als Gebäudeverkleidung im Innen- und Außenbereich eingesetzt.

Früher von herausragender Bedeutung war die Gewinnung von **Dachschiefer**, der noch das Erscheinungsbild vieler Orte im Rheinischen Schiefergebirge prägt. Im hessischen Anteil des Rheinischen Schiefergebirges ist der Abbau erst vor wenigen Jahren eingestellt worden.

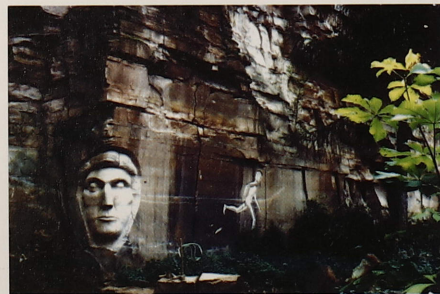
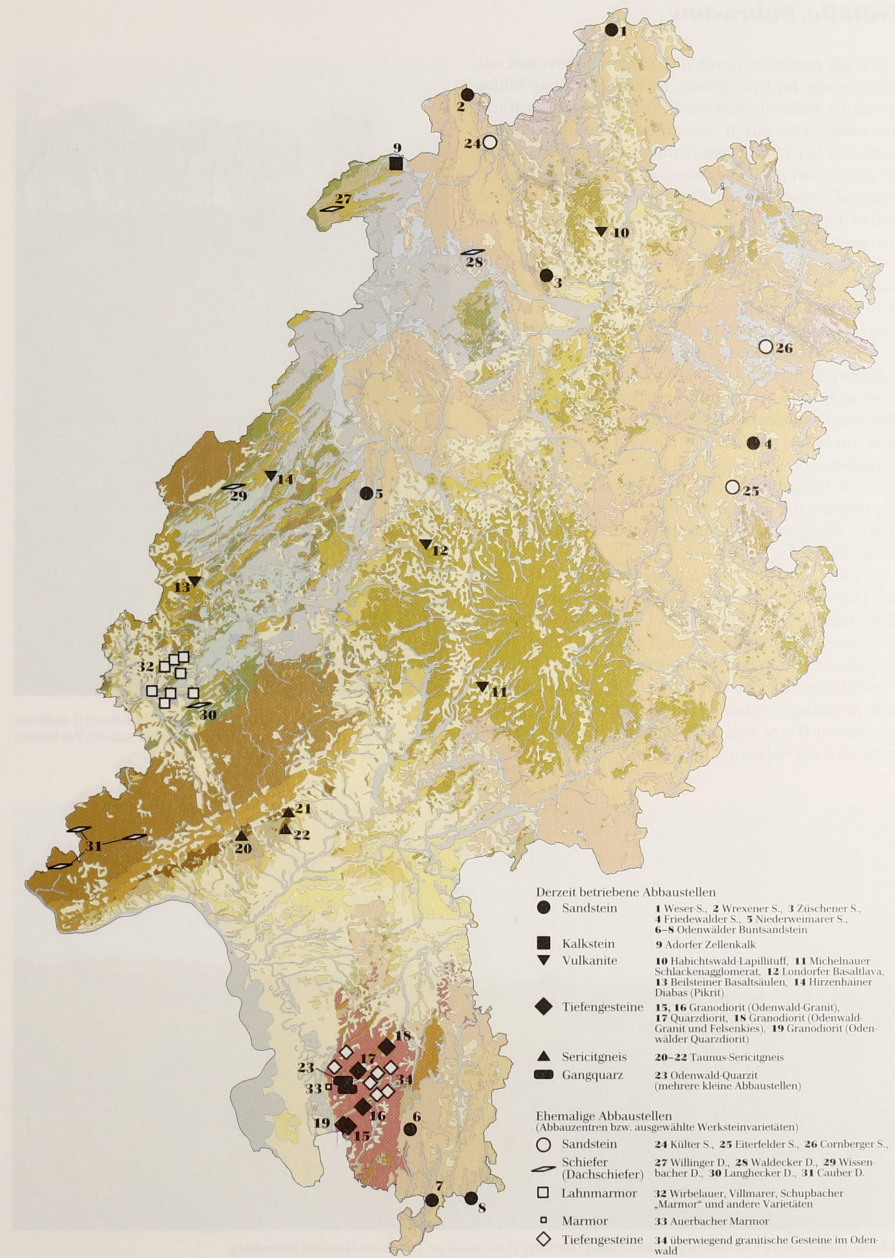


Abb. 25. Einige Schichten des Buntsandsteins, wie der Detfurth-Sandstein in einem Steinbruch bei Marburg, lassen sich gut skulpturieren.



Erdfälle, Subrosion

Erdfälle entstehen durch das Zusammenbrechen von Hohlräumen im Untergrund. Diese Hohlräume bilden sich durch Auflösung von wasserlöslichem Gestein (Karst-Subrosion) oder durch Ausspülung von Lockergestein (Suffosion bei Löss, Wasserleitungsschäden). Da weder der genaue Ort noch der Zeitpunkt und Wahrscheinlichkeitsgrad eines derartigen Ereignisses zu bestimmen sind, wird in der Planung auf solche Risiken meist keine Rücksicht genommen.

Es ist ratsam, in Erdfall- und Senkungsgebieten bei Bauvorhaben eingehende objektorientierte Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Zur Begrenzung von eventuellen Schäden können in besonders gefährdeten Gebieten auch Frühwarnsysteme vorgesehen (Feinnivellements, Erdfallpegel) und zur Vermeidung von Gebäudeschäden baugrundverbessernde und konstruktive Maßnahmen eingeplant werden. In Karstgebieten sind Bauwerke aber nicht nur durch aktuelle Erdfälle und Bodensenkungen gefährdet, sondern auch durch fossile Einbrüche, die mit lockeren Ablagerungen gefüllt sind. Solche Schwächezonen müssen dann im Bereich von Fundamenten konstruktiv überbrückt oder durch tragfähiges Material ausgetauscht werden.

In Nord- und Mittelhessen treten Erdfälle im Muschelkalk (Karbonatkarst), über Gips und Anhydrit der oberflächennahen Zechstein- und der Rötformation (Sulfatkarst) und über Salzlagerstätten der unter dem Buntsandstein liegenden Zechsteinformation auf (Salinarkarst).

Erdfallgebiete liegen vor allem in Nord- und Osthessen. Bodensenkungen zwischen Fulda und Bebra und entlang der unteren Werra sind vielfach an die Ablaugungsfront im Bereich der Salzhänge gebunden.



Abb. 27. Der Nasse Wolkenbruch östlich von Trendelburg (Landkreis Kassel) hat sich als Ablaugungstrichter über dem Salz des Zechsteins über mehr als 900 m Buntsandstein durchgepaust.



Abb. 26. Erdfall vom 22.10.1992 in der Gemarkung Cornberg-Rockensüß im Landkreis Hersfeld-Rotenburg.



Erdbeben

Die Karte zeigt die Verteilung der seit ca. 1000 n. Chr. in Hessen beobachteten Erdbeben und ist dem Erdbebenkatalog für Deutschland¹⁸ entnommen, der von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover laufend digital fortgeschrieben wird. Als Stärkemaßstab sind einheitlich Epizentralintensitäten gewählt, das sind die jeweils maximalen, beobachteten Erdbebenwirkungen. Intensität IV bedeutet dabei allgemeine Fühlbarkeit, ab VII ist bei strukturell guten Gebäuden mit leichten Schäden zu rechnen. Die heute weithin üblichen Magnituden nach der sog. Richter-Skala, ein Maß für die Bebenstärke im Herd, können nur für die instrumentell beobachteten Beben der jüngsten Vergangenheit exakt angegeben werden. In etwa gilt folgender Zusammenhang für die in Hessen typischen Herdtiefen von ca. 10 km:

Epizentralintensität I _e (MSK)	Magnitudo nach Richter
IV (weitgehend gefühlt)	3,0
V (aufweckend, allgemein gefühlt)	3,6
VI (erschreckend)	4,2
VII (Risse an guten Gebäuden, starke Schäden an schlechten)	4,9

Die Erdbebenaktivität konzentriert sich vor allem auf Südhessen. Zahlreiche schwache Ereignisse aus diesem Raum werden an der Erdbebenstation am Feldberg/Taunus aufgezeichnet, daneben erinnern aber auch immer wieder schwach fühlbare Beben daran, dass Oberrhein-

graben und Taunus tektonisch noch nicht völlig zur Ruhe gekommen sind. Die Abb. 28 zeigt das Beispiel eines an der Station Feldberg/Taunus aufgezeichneten Bebens in der Idsteiner Senke vom 29.11.1997.

Die seismische Aktivität im Oberrheingraben ist nicht auf die Grabenrandstörungen beschränkt, sondern füllt den gesamten Graben aus. Herausragend war in dieser Region der Erdbebenschwarm von Groß-Gerau von 1869 bis 1871, als etwa 2000, meist schwache, Erdstöße beobachtet wurden.

Im Taunus, mit einer Betonung auf dem Südrand und entlang des Mittelrheintals, wird eine weitere Erdbebenhäufung festgestellt. Daneben treten tektonische Erdbeben nur noch sehr selten und schwach im Fulddatal auf.

Die Aktivität im Nordosten, mit mehreren Ereignissen der Intensität VI und größer, ist an den Kalibergbau gebunden. Dabei handelt es sich allerdings nicht um tektonische Beben, sondern um abbaubedingte Einsturzbeben in Kaligruben, wie beispielsweise den Gebirgsschlag vom 13.3.1989 in der Kaligrube Ernst-Thälmann im Kreis Bad Salzungen in Thüringen.

Geologisch gesehen ist die Erdbebenaktivität eine Folge des Wechselspiels zwischen dem aus der Kollision von afrikanischer und europäischer Platte resultierenden Spannungsfeld und alten Bruchstrukturen.

Die Verteilung der historisch beobachteten Erdbeben vermittelt ein anschauliches Bild vom Erdbebenrisiko eines Gebiets. Mit Hilfe moderner instrumenteller Beobachtungen kann dieses Risiko präzisiert werden.

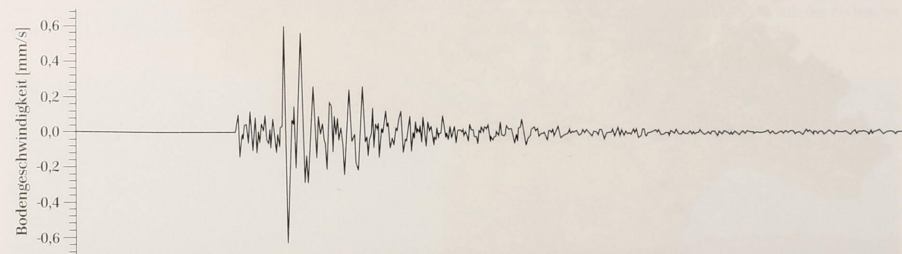


Abb. 28. Seismogramm eines Erdbebens bei Idstein, aufgezeichnet am 29.11.1997 an der Erdbebenstation TNS (Kleiner Feldberg).

¹⁸ Leydecker, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1900–1981. Geol. Jb. E 36; Hannover.



Temperaturverteilung in 1000 m unter der Erdoberfläche

Eine Temperaturdatensammlung für Deutschland wurde 1988 am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung zusammengestellt¹⁹. Die Ausgangsdaten sind dabei größtenteils Temperaturmessungen in Bohrlöchern, d.h. kontinuierliche Aufzeichnungen der Temperatur als Funktion der Tiefe. Teilweise sind es auch Einzelmessungen der Temperatur am tiefsten Punkt von Bohrungen („BHT“ = Bottom Hole Temperatures). Die Isolinien bzw. Linien gleicher Temperatur sind nur für Gebiete bestimmt, die nicht weiter als 10 km von einer Bohrung mit Temperaturbeobachtungen entfernt sind, um zu vermeiden, dass durch Interpolation ein verfälschtes Bild entsteht. Beim Fehlen von entsprechenden Daten ist die Fläche frei gelassen.

Die Temperatur in 1000 m Tiefe schwankt im Mittel in Deutschland zwischen 40 und 50°C. Eine markante positive Abweichung wird im gesamten Oberrheingraben beobachtet. Im hessischen Teil steigt sie südöstlich von Mainz in der „Stockstadter Anomalie“ auf über 75°C an, südlich der Landesgrenze in der „Landauer Anomalie“ sogar auf 90°C. Die Wärmeanomalie scheint an die westliche Randverwerfung des Rheingrabens gebunden zu sein. Sie wird bei Mannheim von einem Minimum überlagert, verursacht durch das hier besonders mächtige Lockergesteinspaket (bei Geologen als „Heidelberger Loch“ bekannt), das als Wärmeisolator wirkt.

Im Norden reicht das Wärmemaximum westlich von Frankfurt im Raum Hattersheim - Oberliederbach etwas über den eigentlichen Oberrheingraben hinaus.

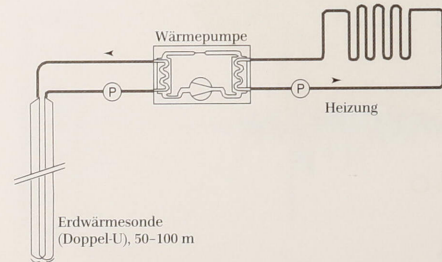


Abb. 29. Schema einer erdgekoppelten Wärmepumpe mit (von links nach rechts): Erdwärmesonde (Wärmequellenkreislauf), Wärmepumpen-Kreislauf und Heizkreislauf (aus ²⁰).

Das übrige Hessen zeichnet sich größtenteils durch leicht erniedrigte Temperaturen in 1000 m Tiefe aus, sie liegen zwischen 30 und 40°C, östlich von Fulda sogar unter 30°C.

Die Temperaturverteilung in der Tiefe kann Hinweise auf Wärmekonvektionsvorgänge im Erdmantel, auf Wärmetransport durch Fluide in der Erdkruste - etwa auf tiefreichenden geologischen Störungen - und auf Wärmeproduktion in der Erdkruste durch radioaktive Prozesse geben. Sie trägt somit zum Verständnis der geologischen Entwicklung bei.

Daneben hat die Kenntnis der Temperaturverteilung wirtschaftliche Bedeutung: So zeigt sich der Oberrheingraben im Raum Stockstadt als ein Gebiet, in dem geothermische Energie, etwa zur Stromerzeugung, am wirtschaftlichsten gewonnen werden könnte. Dies könnte mit dem noch in der Entwicklung befindlichen HDR („hot dry rock“)-Verfahren geschehen. Bei diesem Verfahren würde durch tiefe Bohrungen in heiße Gesteine mit mehr als 175°C der Untergrund als Wärmequelle zur Erhitzung von zirkulierendem Wasser benutzt werden.

Für herkömmliche Technik zeigt die Karte, mit welchem Aufwand heißes Wasser zur direkten Wärmeerzeugung gefördert werden kann. Zusätzlich müssen dabei selbstverständlich auch die Eigenschaften des Grundwasserleiters, wie Ergiebigkeit, Durchlässigkeit und Chemismus, berücksichtigt werden. Dies gilt auch für die heute in Deutschland am weitesten verbreitete Nutzung geothermischer Energie mit Wärmepumpen.



60 Isotherme in 1000 m Tiefe in °C

¹⁹ Schulz, R., Hänel, R. & Werner, K.H. (1988): Geothermische Ressourcen und Reserven: Weiterführung und Verbesserung der Temperaturdatensammlung (Abschlussbericht) - unveröff. Bericht des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, NLB-Archiv Nr. 103.143, Hannover.

²⁰ Sanner, B. & Rybach, L. (1997): Oberflächennahe Geothermie, Nutzung einer allgegenwärtigen Ressource. - Geowissenschaften 15 (7); Berlin.

Schwerekarte (Bouguer-Anomalien)

Die Darstellung ist ein Ausschnitt aus der Schwerekarte 1:500000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Mitte²¹. Die Schwerewerte stammen von Messungen der Geophysikalischen Reichsaufnahme 1935, solchen des Niedersächsischen Landesamts für Bodenforschung und von Erdölfirmen. Nach Gang- und Geländekorrekturen sind sie mit einer Dichte von $2,67 \text{ g/cm}^3$ auf NN reduziert und auf das Normalfeld IGSN71 (International Gravity Standardization Net 1971) bezogen. Die so bestimmten Anomalien in Milligal (mgal) spiegeln Dichteabweichungen gegenüber einem normalen Aufbau in Oberem Mantel und in der Kruste wider.

Dominiert wird Hessen schweremäßig von einem trogförmigen Minimum, das es von Süden nach Norden durchteilt, indem es dem Oberrheingraben bzw. dem Verlauf des Meeres zur frühen Tertiärzeit (Oligozän) folgt. Im Süden, im Oberrheingraben, ist es mit bis zu -40 mgal am stärksten ausgeprägt. Hier erkennt man besonders deutlich die Grabenränder an der engen Scharung der Isolinen, was einem starken Horizontalgradienten entspricht. Zur Verdeutlichung ist in Abb. 30 ein Schwereprofil durch den Rheingraben mit der zugehörigen Dichteverteilung im Untergrund gezeigt. Im weiteren Verlauf lässt sich dieses Minimum über die Wetterausenke bis zur Niederhessischen Tertiärsenke, wo nochmals ein Abfall auf -14 mgal erfolgt, deutlich verfolgen.

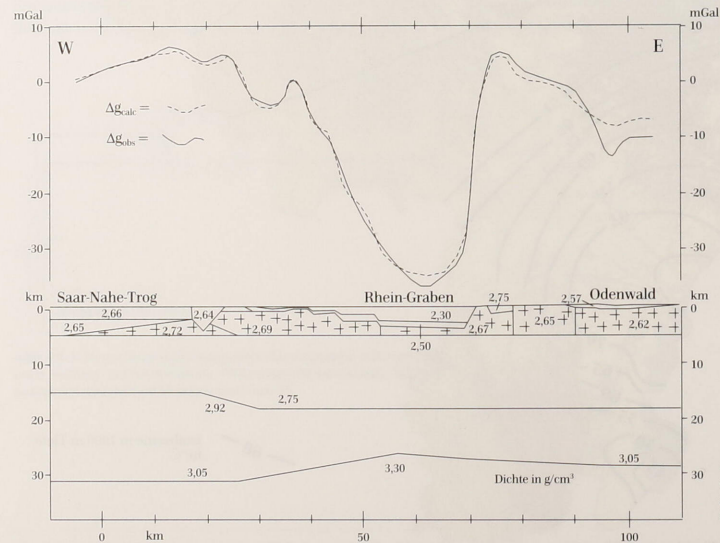
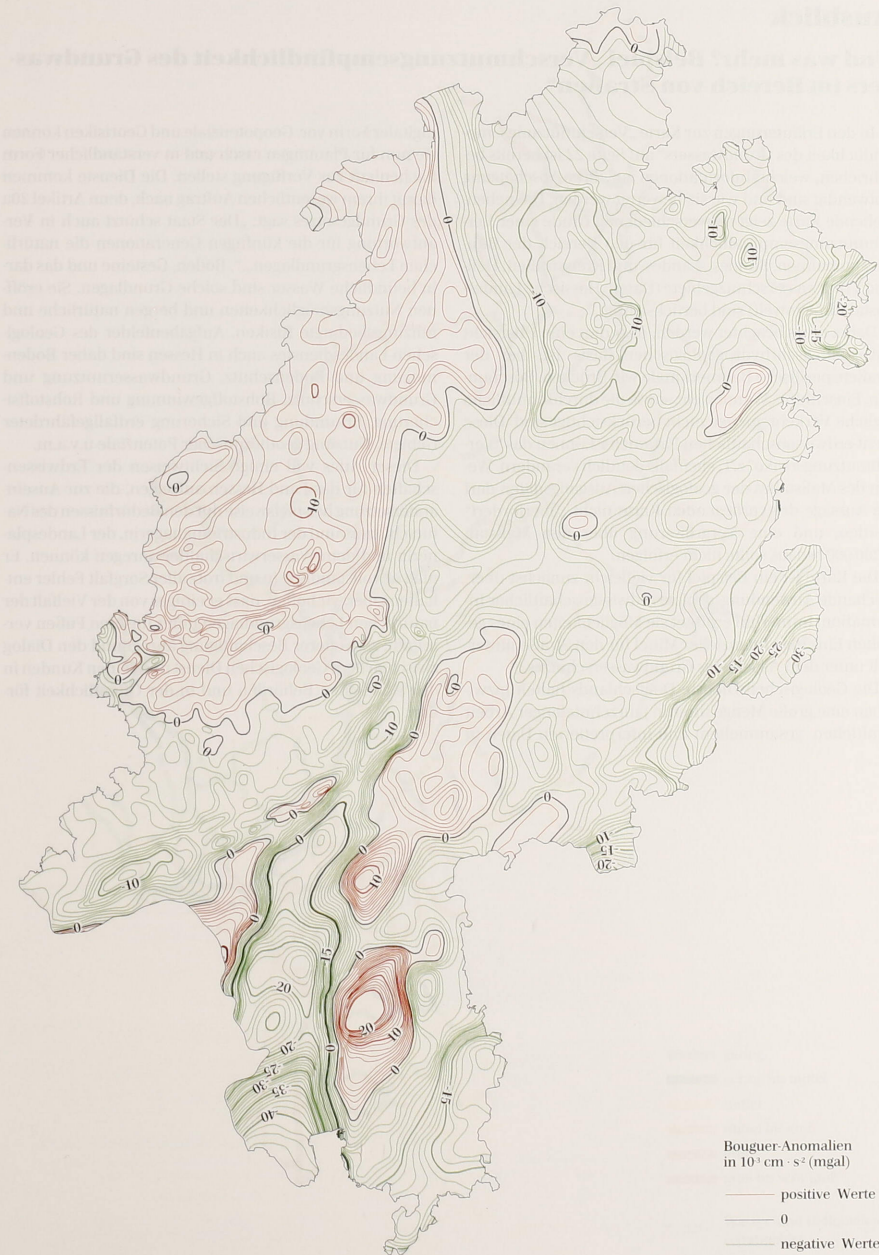


Abb. 30. Schwereprofil durch den Rheingraben mit der zugehörigen Dichteverteilung im Untergrund²².

²¹ Plaumann, S. (1991): Die Schwerekarte 1:500000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Mitte. Geol. Jb. E 46: Hannover.

²² aus Gutscher M.-A. (1991): Gravity interpretation along seismic reflection profile DEKORP 9.N (northern Rhine Graben). Terra nova 3: 166-174.



Ausblick

Und was mehr? Beispiel „Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers im Bereich von Straßen“

In den Erläuterungen zur Karte „Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers“ auf Seite 22 ist bereits beschrieben, welche Informationen zur ihrer Abschätzung notwendig sind und wie sie bewertet werden. Die nebenstehende Karte zeigt die verschiedenen Grade einer Verschmutzungsempfindlichkeit für den Bereich der Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen; Heil- und Trinkwasserschutzgebiete (Daten: Hessische Landesanstalt für Umwelt) sind berücksichtigt.

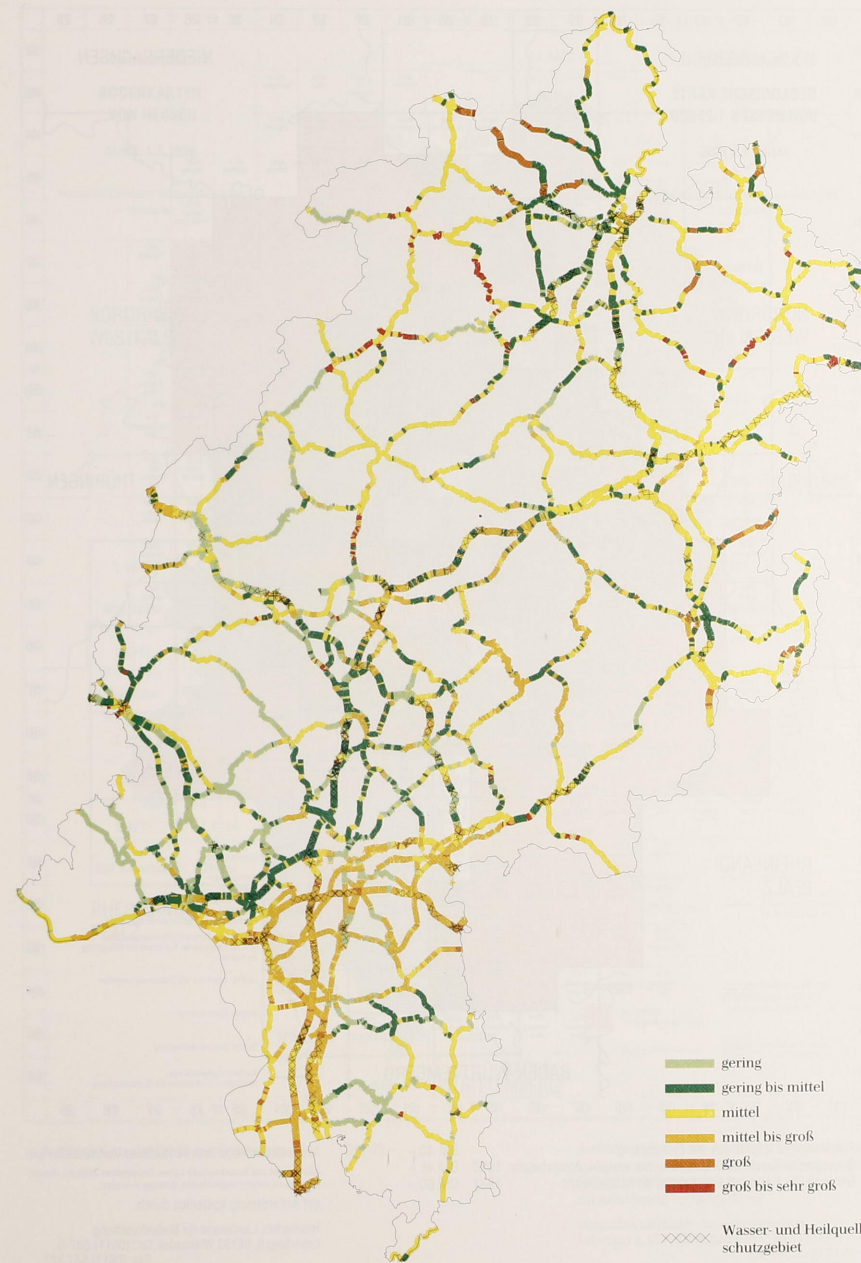
Dabei muss beachtet werden, dass dies eine Übersicht auf geologisch/hydrogeologischer Basis ist, bei der straßenspezifische Baumerkmale wie Brücken, Böschungen, Einschnitte, Wannen etc. sowie die durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge nicht berücksichtigt sind. Diese nicht-erdwissenschaftlichen Parameter können das „Verschmutzungsrisiko“ z.T. ebenfalls deutlich verändern. Wegen des Maßstabes der geologischen Ausgangsdaten darf die Aussage der vorliegenden Karte nicht „überfordert“ werden, und eine Vergrößerung über den Maßstab 1:200 000 hinaus sollte nicht erfolgen.

Die Karte ist ein Beispiel für vielleicht zunächst überraschende Anwendungsgebiete erdwissenschaftlicher Information. Immerhin eröffnet sie Möglichkeiten eines gezielten Einsatzes finanzieller Mittel für den Straßenunterhalt unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes.

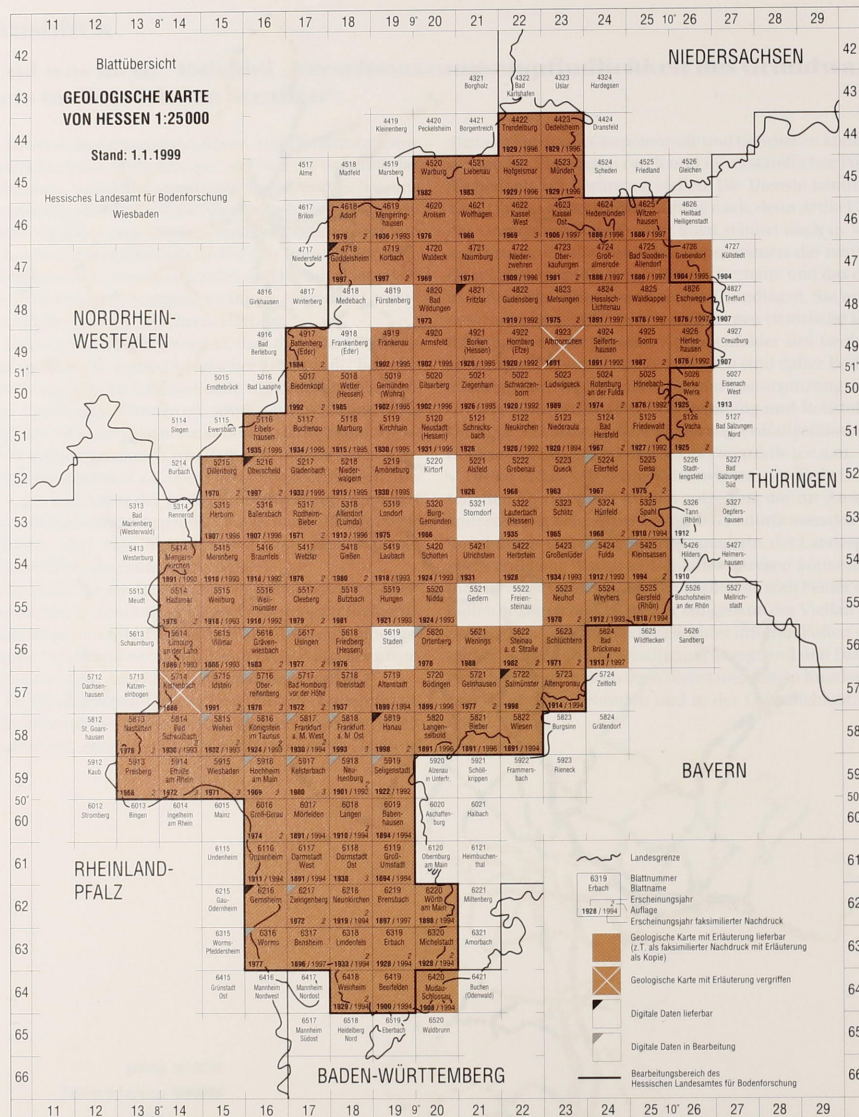
Die Geologischen Dienste Deutschlands halten inzwischen eine große Menge ihrer in jahrzehntelanger Arbeit ermittelten, gesammelten und interpretierten Daten in

digitaler Form vor. Geopotenziale und Georisiken können sie nun für Planungen rasch und in verständlicher Form flächenhaft zur Verfügung stellen. Die Dienste kommen damit ihrem wesentlichen Auftrag nach, denn Artikel 20a des Grundgesetzes sagt: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen...“. Böden, Gesteine und das darin befindliche Wasser sind solche Grundlagen. Sie eröffnen Nutzungsmöglichkeiten und bergen natürliche und nutzungsbedingte Risiken. Aufgabenfelder des Geologischen Landesdienstes auch in Hessen sind daher Bodennutzung und Bodenschutz, Grundwassernutzung und Grundwasserschutz, Rohstoffgewinnung und Rohstoffsisicherung, Erkundung und Sicherung erdfallgefährdeter Gebiete, Nutzung geothermischer Potenziale u.v.a.m.

Dieser Atlas will einige Sichtweisen der Erdwissenschaften für das Land Hessen aufzeigen, die zur Auseinandersetzung beispielsweise mit den Bedürfnissen des Naturschützers und der Industriemanagerin, der Landesplanerin und dem Wasserwirtschaftler anregen können. Er mag unvollständig sein und trotz aller Sorgfalt Fehler enthalten; aber wir hoffen, dass er einiges von der Vielfalt der natürlichen Lebensgrundlagen unter unseren Füßen vermittelt, zu weiterer Beschäftigung anregt und den Dialog zwischen dem Geologischen Dienst und seinen Kunden in den staatlichen Behörden und in der Öffentlichkeit fördert.



Verzeichnis lieferbarer Karten

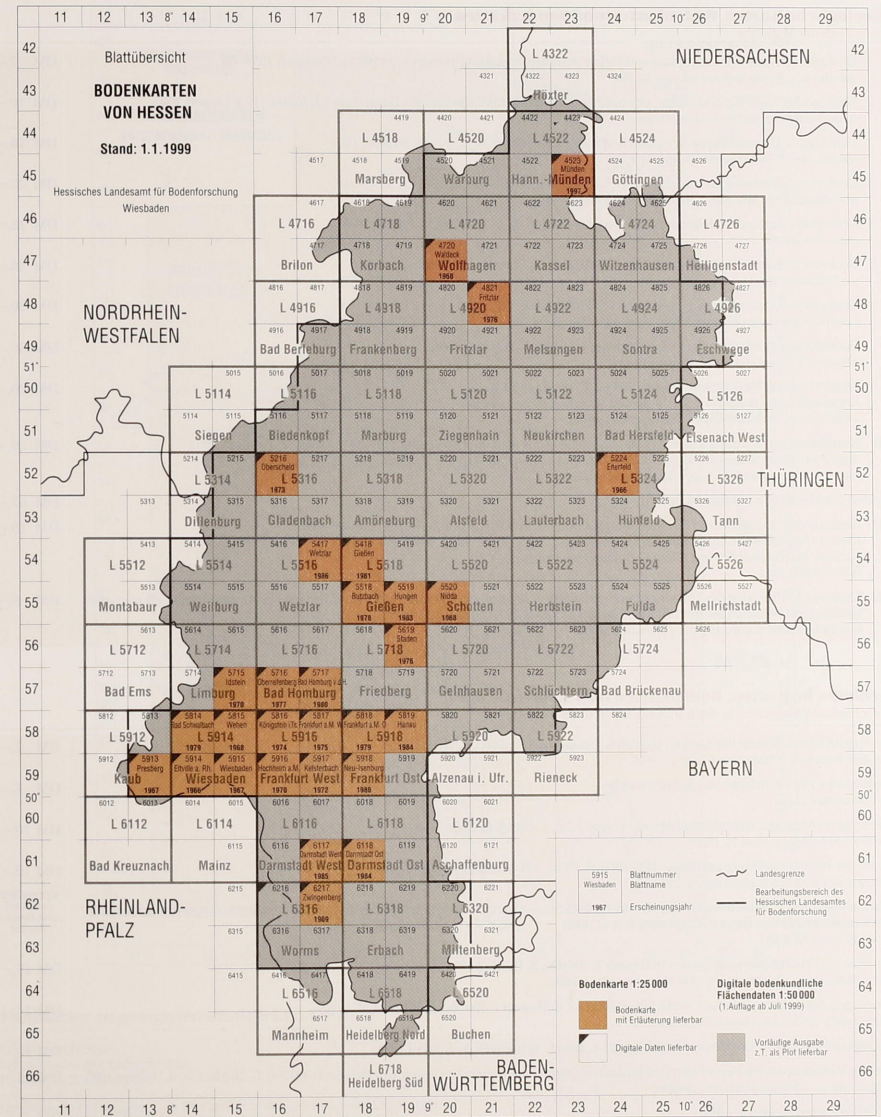


Faksimiliertes Nachdruck mit Erläuterung
 Geologische Karte mit Erläuterung bis einschl. Ausgabejahr
 Geologische Karte mit Erläuterung ab Ausgabejahr

DM 40,-
 1986 DM 45,-
 1987 DM 60,-

Ausführliches Verzeichnis verkäuflicher Veröffentlichungen
 (Geologische und bodenkundliche Karten, Geologisches Jahrbuch Hessen,
 Geologische Abhandlungen Hessen, Geologie in Hessen)
 auf Anforderung kostenlos durch:

Hessisches Landesamt für Bodenforschung
 Leberberg 9, 65193 Wiesbaden, Tel.: (0611) 537-0
 Fax: (0611) 537327
 Vertriebsstelle: (0611) 701 034



Preis pro Karte der BK 25 mit Erläuterung DM 40,-

Ausführliches Verzeichnis verkäuflicher Veröffentlichungen
 (Geologische und bodenkundliche Karten, Geologisches Jahrbuch Hessen,
 Geologische Abhandlungen Hessen)

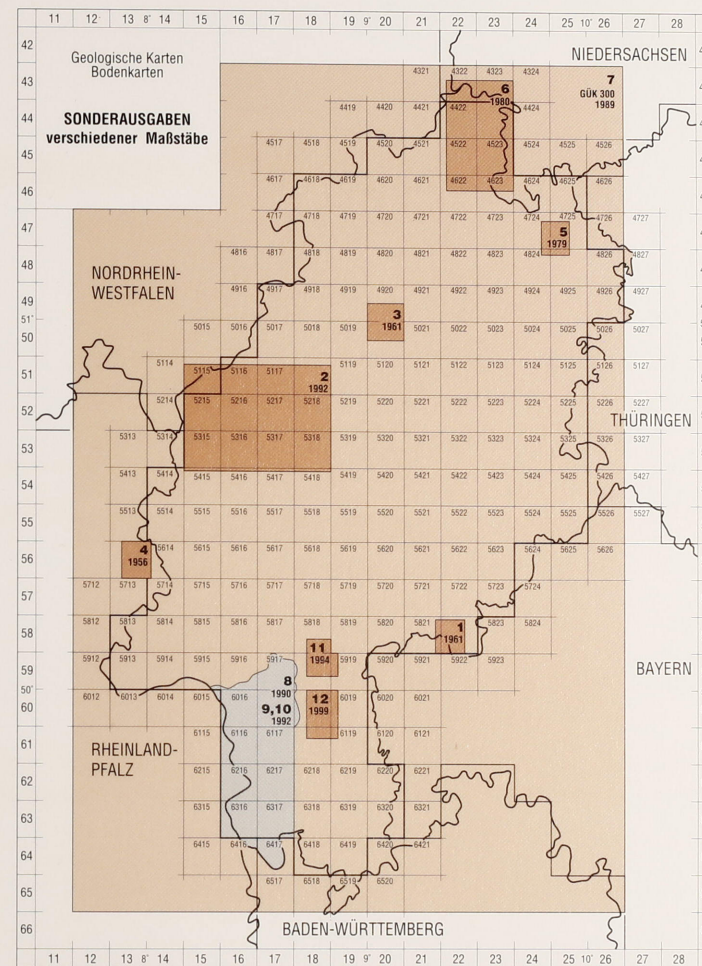
auf Anforderung kostenlos durch:
 Hessisches Landesamt für Bodenforschung
 Leberberg 9, 65193 Wiesbaden, Tel.: (0611) 537-0
 Fax: (0611) 537327
 Vertriebsstelle: (0611) 701 034

Geologische Karten, Bodenkarten und Sonderkarten
verschiedener Maßstäbe

1 Geologische Karte der Umgebung von Bieber im nordwestlichen Spessart 1:25 000, G. Diederich 1959–60 aus Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. Heft 48, 1964	DM 7,-
2 Geologische Karte der Dill-Mulde, der nordwestlichen Lahn-Mulde und des Hörre-Zuges 1:100 000, H.-J. Lippert 1992 2., neu bearbeitete Auflage, plano oder gefaltet	DM 10,-
3 Geologische Übersichtskarte des südlichen Kellerwaldgebirges 1:25 000, D. Stoppel 1961 aus Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. Heft 34, 1961	DM 10,-
4 Geologische Karte der Lahnmulde im Gebiet Diez–Laurenburg 1:25 000, E. Pauly 1958 in Verbindung mit Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. Heft 25, 1958	DM 25,-
5 Geologische Karte des Meißner 1:25 000, M. Laemmlen, H.-G. Kupfahl, G. Pflanzl 1979 plano oder gefaltet	DM 15,-
6 Geologische Karte des Reinhardswaldes 1:50 000, E. Backhaus et al. 1980 mit Erläuterungen, plano oder gefaltet	DM 20,-
7 Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000 (GÜK 300) 4. Auflage (siehe auch Geol. Abh. Hessen, Band 96), plano oder gefaltet	DM 30,-
8 Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1:50 000, E. Weidner 1990 2 Blätter (Nord- und Südteil), ohne Erläuterungen	DM 35,-
9 Filtervermögen für Schwermetalle 1:50 000, E. Weidner 1992 Abgeleitet aus der Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1:50 000 2 Blätter (Nord- und Südteil), ohne Erläuterungen, gefaltet	DM 20,-
10 Grundwassergefährdung durch Nitrat auswaschung aus dem durchwurzelten Boden 1:50 000, E. Weidner 1992 Abgeleitet aus der Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1:50 000 2 Blätter (Nord- und Südteil), ohne Erläuterungen, gefaltet	DM 20,-
Karten der Positionen 8, 9 und 10 zusammen	
11 Geologie des Stadtgebietes von Offenbach am Main 1:25 000, E. Kümmerle & G. Hühner 1994 Karte 1: Abgedeckte Geologische Karte, gefaltet Karte 2: Mächtigkeit der quartären Deckschichten, gefaltet ISBN 3-89531-500-1	DM 65,- DM 15,-
12 Karte zur Verbreitung der Messel-Formation (Mitteleozän) und der Tiefenlage der Basis des Deckgebirges (Miozän, Pliozän und Quartär) am Ostrand des Sprendlinger Horstes 1:25 000, F.-J. Harms et al. 1999 siehe Falblatt Welterbe Grube Messel S. 9, plano oder gefaltet	DM 9,-

Geologische Karten, Bodenkarten und Sonderkarten
verschiedener Maßstäbe (in der Kartensübersicht nicht dargestellt)

Geologische Spezialkarte der Gegend südlich Langenaubach 1:5 000, E. Wiegel 1956 aus Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. Heft 15, 1956	DM 7,-
Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:1 Mio. 2. Auflage 1974, plano	DM 7,-
Geologische Karte der Olkenbacher Mulde, Südost-Eifel, 1:25 000, G. Solle 1976 aus Geol. Abh. Hessen, Band 74, 1976	DM 10,-
Karte der Bouguer-Schwere in Hessen 1:300 000, R. Blum & R. Wendler † 1984 Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet	DM 10,-
Übersichtskarten 1:300 000 der Grundwassergebiegkeit, der Grundwasserbeschaffenheit und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers von Hessen, G. Diederich et al. 1985 Blattschnitt wie GÜK 300	vergriffen siehe Geol. Abh. Hessen, Band 95
Mineral- und Heilwasservorkommen in Hessen 1:300 000, B. Hötling 1985 mit Erläuterungen; Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet	DM 15,-
Störungen der erdmagnetischen Vertikalintensität ΔZ in Hessen 1:300 000, R. Blum et al. 1986 Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet	DM 13,-
Bodenübersichtskarte von Hessen 1:500 000 (BÜK 500), E. Schönhals, K.-J. Sabel 1989	DM 10,-
Übersichtskarten der hydrogeologischen Einheiten grundwasserleitender Gesteine in Hessen 1:300 000, G. Diederich, B. Hötling 1985 Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet	DM 15,-
GEO-Postkarten Hessen 1:2 Mio. Geologie, Böden, Hydrogeologie, Baugrund, Lagerstätten 1992 Übersichtskarte der oberflächennahen Rohstoffe in Hessen 1:300 000 (KOR 300), W. Barth et al. 1995 Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet ISBN 3-89531-700-4	Satz: 9 Karten ab 2 Sätze DM 3,- DM 2,50 DM 15,-
Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens Übersichtskarte 1:300 000 (SMK 300), F. Rosenberg, K.-J. Sabel, 1996 Blattschnitt wie GÜK 300, plano oder gefaltet ISBN 3-89531-701-2	DM 15,-



Faltblätter zu geowissenschaftlichen Themen

Geotope in Hessen Schaufenster der Erdgeschichte H. Abel, H. Brenner 1996	plano oder gefaltet	DM 5,-
Geologische Entwicklung am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges dargestellt am Beispiel des Eisenberges westlich von Korbach H. Heggemann 1997		DM 3,-
Welterbe Grube Messel mit einer Karte zur Verbreitung der Messel-Formation (Mitteleozän) und der Tiefenlage der Basis des Deckgebirges (Miozän, Pliozän und Quartär) am Ostrand des Sprendlinger Horstes 1:25 000 F.-J. Harms 1999	plano oder gefaltet	DM 9,-
Bodenschutz in Hessen 1999	plano oder gefaltet	DM 5,-

Geologische Entwicklung in Hessen

