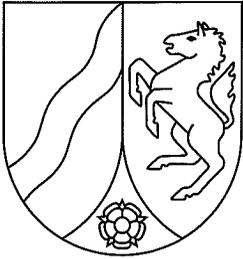


# Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen



---

Ingenieurgeologische Karte  
1 : 25 000

---

5208 Bonn  
Erläuterungen



Alle Urheberrechte vorbehalten

© 1998 Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen  
Postfach 10 80 · D-47710 Krefeld

Bearbeiter: Dr. H. HEUSER Geologisches Landesamt  
Nordrhein-Westfalen  
De-Greif-Strasse 195  
D-47803 Krefeld

Redaktion: Dipl.-Geol.'in B. GROSS-DOHME

ISBN 3-86029-587-X

Ingenieurgeol. Kt. 1 : 25 000	<b>5208</b>	2 Kt.	Erl.: 23 S., 1 Abb., 1 Tab.	Krefeld 1998
-------------------------------	-------------	-------	-----------------------------	--------------

## Darstellungsprinzip

Die Darstellungen der Ingenieurgeologischen Karte 1 : 25 000, Blatt 5208 Bonn beruhen auf der Auswertung von Informationen aus etwa 10 000 Aufschlüssen, überwiegend Bohrungen. 1 350 Sondierbohrungen wurden speziell für die ingenieurgeologische Kartierung zur Schließung vorhandener Informationslücken abgeteuft.

Aufgrund des Mineralbestandes, der Korngrößenverteilung, der Schichtdicke, der Lagerungsdichte, des Verfestigungsgrades, des Porenvolumens, des Wassergehaltes und der Plastizität haben die im Blattgebiet vorkommenden Fest- und Lockergesteine unterschiedliche Eigenschaften als Baugrund und Erdbaustoff.

In der Karte werden Bodenarten mit ähnlichen geotechnischen Eigenschaften auch unter Berücksichtigung ihrer Genese und ihrer stratigraphischen Stellung zu ingenieurgeologischen Einheiten zusammengefaßt.

Art und Verbreitung der einzelnen ingenieurgeologischen Einheiten werden durch Flächenfarben dargestellt. Die Mächtigkeit der als Baugrund problematischen ingenieurgeologischen Einheit 1 wird neben den Isopachen durch Abstufungen der jeweiligen Flächenfarbe wiedergegeben, wobei zunehmende Farbintensität zunehmende Mächtigkeit bedeutet.

Soweit möglich werden innerhalb der einzelnen ingenieurgeologischen Einheiten Bodenarten mit verschiedener Petrologie unterschieden. Einlagerungen petrologisch abweichender Art (z. B. tonige oder sandige Einlagerungen im Schluff oder schluffige, tonige Einlagerungen in Sand und Kies) werden durch Schraffuren oder Farbsäume gekennzeichnet, wenn sie in wenigstens zwei benachbarten Bohrungen auftreten und eine Mächtigkeit von 1 m übersteigen. Organische Einlagerungen werden unabhängig von ihrer Mächtigkeit durch rote Zeichen (Doppelstrich) markiert. Künstliche Aufschüttungen von weniger als 1 m Mächtigkeit werden der unterlagernden Schicht zugeschlagen.

Die Bezeichnung der Fest- und Lockergesteine richtet sich nach DIN 4022, ihre Darstellung nach DIN 4023.

- Einheit 1 (E1) umfaßt Lockergesteine mit geringer bis mäßiger Tragfähigkeit. Überwiegend handelt es sich um zum Teil sandigen bis stark sandigen und/oder tonigen Schluff holozänen oder pleistozänen Alters. Zu Einheit 1 zählen Auenlehm, Hochflutton und -lehm, Löß, Lößlehm und Schwemmlöß sowie Hanglehm. Auch sonst bodenmechanisch besser einzustufende, zum Teil schwach schluffige bis schwach tonige Sande wie Dünen-, Flug-, Auen- und Hochflutsand werden zur ingenieurgeologischen Einheit 1 gerechnet, da sie meist in Wechsellagerung mit weniger tragfähigen, bindigen Sedimenten auftreten. Desweiteren zählen künstliche Aufschüttungen zu dieser Einheit. Für die Farbgebung ist diejenige Bodenart maßgebend, die in der Gesamtmächtigkeit der Einheit überwiegt. So wird zum Beispiel ein Hochflutlehm mit Sandeinlagerungen und überlagerndem Dünensand in der Karte als Sand mit bindigen Einlagerungen dargestellt, wenn der Sandanteil an der Gesamtmächtigkeit dominiert.
- Einheit 2 (E2) besteht aus dem quartärzeitlichen Sand und Kies der Auen und der verschiedenen Terrassen von Sieg und Rhein. Die petrologisch und bodenmechanisch nicht von diesen zu unterscheidenden Sande und Kiese einer pliozänen Terrasse wer-

den hier ebenfalls in die Einheit 2 gestellt. Diese Schichten besitzen eine mittlere bis hohe Tragfähigkeit. Schluffige, tonige Einlagerungen in der Niederterrasse können die Tragfähigkeit örtlich herabsetzen. Ihre Verbreitung ist in der Karte „Art und Mächtigkeit der Bodenschichten“ durch einen violetten Farbsaum, die Tiefenlage ihrer Oberfläche durch Zahleneinschreibungen dargestellt.

- Einheit 3 (E3) umfaßt im wesentlichen die präquartären Gesteine. Dazu gehören die dicht gelagerten Sande, untergeordnet auch Kiese, die konsolidierten Schluffe, Tone und Trachyttuffe des Tertiärs mit mittlerer bis hoher Tragfähigkeit sowie die tertiären Basalte und die unterdevonischen Festgesteine (Ton-, Schluff- und Sandsteine) mit hoher bis sehr hoher Tragfähigkeit. Auch die verwitterten und entfestigten, jedoch nicht umgelagerten Anteile der Festgesteine zählen zu dieser Einheit.

Die Hauptkarte „Art und Mächtigkeit der Bodenschichten“ im Maßstab 1 : 25 000 (Blatt 1) zeigt Art und Verbreitung der verschiedenen Fest- und Lockergesteine der drei ingenieurgeologischen Einheiten sowie die Mächtigkeit der Einheit 1. Diese bedeckt nahezu die gesamte Fläche des Blattgebiets. Neben den durch verschiedene Farben gekennzeichneten natürlichen Bodenarten sind die durch graue Schraffen bezeichneten künstlichen Aufschüttungen weit verbreitet. In Bereichen mit flächenhaft vorkommenden Aufschüttungen (z. B. im Stadtzentrum von Bonn) wird die Gesamtmächtigkeit der Einheit 1 (Aufschüttungen und natürliche Ablagerungen) durch gerissene Mächtigkeitslinien dargestellt. Lokale, in Bohrungen angetroffene Aufschüttungen von mehr als 1 m Mächtigkeit sind am Bohrpunkt mit einer mächtigkeitsbezogenen Signatur versehen. Kleinflächige Aufschüttungen oder Abgrabungen, die bereits aus der grau unterlegten topographischen Karte als solche zu erkennen sind (z. B. Dämme und Einschnitte von Verkehrswegen), werden nicht gesondert ausgewiesen und in den Mächtigkeitsdarstellungen nicht berücksichtigt.

In der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 1) wird neben der Mächtigkeit der quartären Schichten (zugleich Tiefenlage der Quartär-Basis in m unter Geländeoberkante) auch die Art und Verbreitung der präquartären Fest- und Lockergesteine dargestellt. Das Trennflächengefüge (Schicht- und Kluffflächen) der unterdevonischen Festgesteine wird in zehn „Lagenkugeldiagrammen“ (Blatt 1) wiedergegeben.

Die „Bohrkarte“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 1) informiert über Lage und Tiefe der ausgewerteten Bohrungen und erlaubt somit eine Abschätzung der Darstellungszuverlässigkeit. Die Zeichen können sowohl für Einzelbohrungen als auch für Gruppen von Bohrungen stehen. Im letzteren Fall ist die jeweils tiefste Bohrung dargestellt.

Sieben Diagramme mit „Korngrößenverteilungskurven“ und die „Tabelle der bodenmechanischen Kennwerte“ (Erfahrungswerte) (Blatt 1) informieren über die geotechnischen Eigenschaften der Bodenarten.

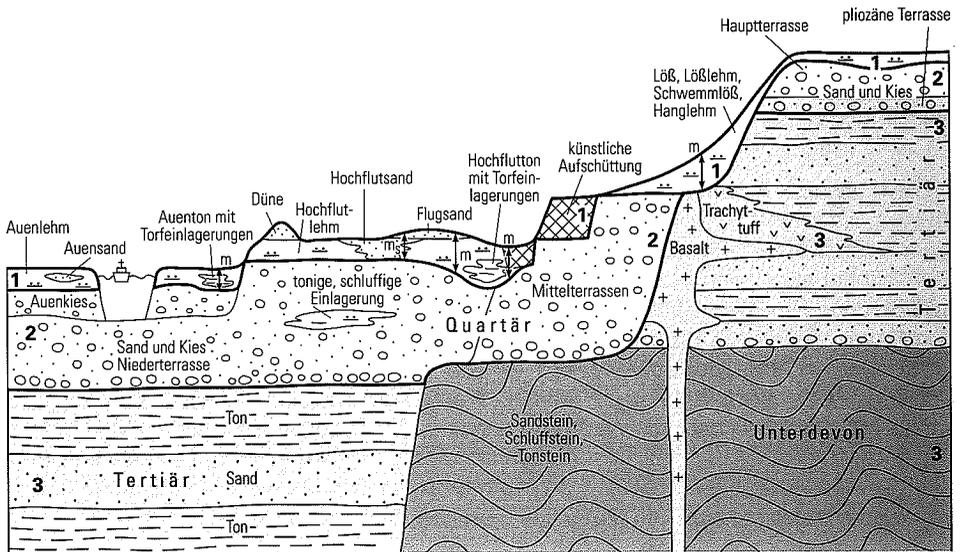
Die 25fach überhöhten „Schnitte“ im Längenmaßstab 1 : 25 000 (Blatt 2) vermitteln in Verbindung mit den Kartendarstellungen ein dreidimensionales Bild der ingenieurgeologischen Verhältnisse. In ihnen sind unter anderem ausgewählte Bohrungen dargestellt, sofern deren Abstand zum Schnitt 100 m nicht übersteigt. Die nicht im Schnitt liegenden Bohrungen wurden senkrecht auf diesen projiziert.

Zusätzlich zur Hauptkarte geben die Schnitte Auskunft über Ober- und Untergrenze der in der Hauptkarte dargestellten Einlagerungen. Neben dem sehr hohen Grundwasserstand von Dezember 1993 ist auch ein Niedrigwasserstand (Herbst 1976) angegeben.

Die hydrogeologischen Karten „Grundwassergleichen März/April 1988“ und „Flurabstand des Grundwassers März/April 1988“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 2) bieten Informationen über die Höhe des Grundwasserspiegels in einem Zeitraum mit hohem Grundwasserstand (März/April 1988) sowie den Abstand des Grundwassers von der Geländeoberfläche (Flurabstand). Zusätzlich enthalten sie Angaben über die Wasserstände von Rhein und Sieg sowie die Begrenzung von Grundwasserblänken und des gesetzlichen Überschwemmungsgebiets. Sechs „Grundwasserstandsganglinien“ (Blatt 2) geben Auskunft über das Langzeitverhalten des Grundwassers während der letzten drei Jahrzehnte.

Die ingenieurgeologische Karte stellt trotz der Vielzahl ausgewerteter Informationen nur eine grobe Annäherung an die natürlichen Verhältnisse dar. Sie ist daher als Anhalt zu verstehen und kann objektbezogene Einzeluntersuchungen nicht ersetzen.

Im Schemaschnitt sind die vorkommenden ingenieurgeologischen Einheiten und das Darstellungsprinzip erläutert.



- 1 } ingenieurgeologische Einheiten
  - 2 }
  - 3 }
- m in der Hauptkarte (Blatt 1) dargestellte Mächtigkeit von Schluff und ggf. künstlicher Aufschüttung, mit Einlagerung von Ton und/oder Ein- oder Überlagerung von Sand
- m<sub>s</sub> in der Hauptkarte (Blatt 1) dargestellte Mächtigkeit von Sand ggf. mit Ein- oder Überlagerung von Schluff

Schematischer Schnitt zur Erläuterung des Darstellungsprinzips

## Geologischer Überblick

Im Blattgebiet treffen zwei geologische Großräume zusammen: das Rheinische Schiefergebirge und die Niederrheinische Bucht mit dem Siebengebirge. Tektonisch gehört der größte Teil des Blattgebiets zur Kölner Scholle der Niederrheinischen Bucht. Morphologisch wird der Raum um Bonn von den quartären Terrassen des Rheins beherrscht, deren Untergrund zum Teil von tertiären Lockergesteinen, zum Teil von tertiären und unterdevonischen Festgesteinen gebildet wird.

### Unterdevon (E3)

Ton-, Schluff- und Sandsteine der Siegen-Stufe des Unterdevons treten linksrheinisch im Roisdorf-Horst und im Kreuzberg-Horst (FRECHEN 1976) nahe an die Oberfläche, am Nord- und Osthang des Venusberges auch zutage. Rechtsrheinisch wurden entsprechende Gesteine im Hardt-Horst (s. BURGHARDT 1979: 14) in nur wenigen Metern Tiefe erbohrt. Im übrigen Blattgebiet bilden sie den tieferen Untergrund. Die Schichten wurden während des Oberkarbons gefaltet. Die Faltenachsen streichen in Westsüdwest-Ostnordost-Richtung. Die Faltung ist nordvergent. Seit ihrer Heraushebung im Zuge der variscischen Gebirgsbildung an der Grenze Oberkarbon/Perm bis zum Beginn des Tertiärs unterlagen die paläozoischen Gesteine der Verwitterung. Sie sind tiefgründig entfestigt und liegen häufig als Lockergesteine vor.

### Tertiär (E3, E2)

An Nordwest – Südost streichenden Störungen begann im Oligozän das Absinken der Niederrheinischen Bucht. Die Störungen sind teilweise auch heute noch aktiv. Als letztes weithin spürbares Zeugnis dieser Bewegungen gilt das Erdbeben von Roermond vom 13. April 1992.

Die Vallendar-Schichten des Unteroligozäns sind die ältesten Ablagerungen des Tertiärs, die im Blattgebiet überliefert sind. Es handelt sich um Sande und Kiese, die von einer nach Norden entwässernden Vorläuferin der Sieg (HAGER & PRÜFERT 1988) als Flußschotter abgelagert wurden. Die Vallendar-Schichten sind nur punktuell durch einzelne Bohrungen im Blattgebiet nachgewiesen. Im Oberoligozän stieß die Ur-Nordsee bis in den Raum südlich von Bonn vor. Dort verzahnen sich marine Sande mit dem nunmehr feinkörnigeren Abtragungsmaterial des Rheinischen Schiefergebirges. Diese als Köln-Schichten bezeichnete Abfolge umfaßt eine Wechsellagerung von Sanden, Schluffen und Tonen mit Einlagerungen von geringmächtigen Braunkohlenflözen. Nach Süden nimmt der Anteil limnischer und fluviatiler Ablagerungen zu. Im Miozän herrschten die gleichen Ablagerungsbedingungen. Die im höheren Miozän sedimentierten Ville-Schichten unterscheiden sich somit kaum von den unterlagernden Köln-Schichten.

Im Zusammenhang mit dem Absinken der Niederrheinischen Bucht kam es zwischen dem Oberoligozän und dem Obermiozän zur Förderung von Tuffen und Laven (BURGHARDT 1979). Von den Förderprodukten dieses Siebengebirgsvulkanismus sind innerhalb des Blattgebiets Trachyttuffe und Basalte überliefert.

Nach dem Durchbruch des Rheins durch das Rheinische Schiefergebirge begann im Pliozän die Ablagerung von quarzreichen Sanden und Kiesen. Reste dieser tertiären

## Stratigraphische Gliederung

Alter	Schichtenfolge*	Kurzzeichen**	Gesteine		
<b>Quartär</b>	Holozän	künstliche Aufschüttung	Bauschutt, Erdaushub, Haus- und Industrieabfälle		
	Pleistozän	Dünensand, Flugsand Auenton, -lehm, -sand, -kies Hochflutten, -lehm, -sand	Sand Ton, Schluff, Sand, Kies; z. T. mit Torfeinlagerungen		
		Weichsel	Niederterrasse	19	Sand, Kies, z. T. Schluff
		Saale } Elster } Prä-Elster	Löß, Lößlehm, Schwemmlöß, Hanglehm Mittelterrassen Hauptterrasse	18 17 16	Schluff, tonig, feinsandig Sand, Kies, z. T. schluffig Sand, Kies, z. T. schluffig
Pliozän		8, 9B, 10	Sand, Kies		
<b>Tertiär</b>	Miozän	Ville-Schichten mit Hauptflöz-Gruppe	6A	Ton, Schluff, Sand, z. T. Braunkohle	
	Oligozän	Köln-Schichten mit Unterflöz-Gruppe	Vulkanite des Siebengebirges	5D 5C 5B 5A 4	Ton, Schluff, Sand, z. T. Braunkohle
		Unterflöz 1	3 2	Ton Sand	} im Süden des Blattgebiets: Ton, Schluff, Braunkohle, untergeordnet Sand, Kies
		Unterflöz 2	1 09	Ton, Braunkohle Sand, z. T. Schluff	
		Unterflöz 3	08 07	Ton, Braunkohle Sand	
	Unterflöz 4	06 05	Ton Braunkohle		
	Vallendar-Schichten	02	Sand, Kies		
Unterdevon	Siegen-Schichten		Ton-, Schluff-, Sandstein		

\* Schichtenfolge nach HAGER (1981)

\*\* Kurzzeichen nach SCHNEIDER & THIELE (1965)

Rheinschotter sind auf Hardtberg und Hardthöhe unter der Hauptterrasse erbohrt worden. Als einzige präquartäre Schicht wird die pliozäne Terrasse der ingenieurgeologischen Einheit 2 zugeordnet.

### Quartär (E2, E1)

Der Wechsel ausgeprägter Kalt- und Warmzeiten führte während des Pleistozäns in Verbindung mit der fortdauernden Hebung des Rheinischen Schiefergebirges zur Ablagerung der verschiedenen Terrassen des Rheins. Innerhalb des Blattgebiets sind – mit abnehmendem Alter und abnehmender topographischer Höhe – die Hauptterrasse, die Jüngeren Mittelterrassen und die Niederterrasse von Bedeutung. Die Terrassen beste-

hen überwiegend aus Sanden und Kiesen (E2), die auf der Hauptterrasse oberflächennah verlehmt sein können.

Der aus den Schotterfluren herausgeblasene Feinkornanteil lagerte sich oft in mehreren Generationen übereinander als Löß oder Flugsand (E1) ab. Die Lößmächtigkeit erreicht an den Leehängen der Hauptterrasse mehr als 30 m. Nach Umlagerung durch Bodenkriechen oder Abschwemmung handelt es sich zum Teil um Schwemmlöß (E1). Der Löß ist im oberen Bereich durch Entkalkung und Verwitterung zu Lößlehm (E1) umgewandelt. Auf Hängen mit geringer Lößmächtigkeit ist der Anteil an Verwitterungsschutt der unterlagernden Gesteine deutlich erhöht. Es handelt sich dann um Hanglehm (E1).

Die Sande und Kiese der Niederterrasse (E2) sind mit Hochflutablagerungen (E1) bedeckt. Es handelt sich überwiegend um Hochflutlehm – in Rinnen zum Teil mit tonigen und organischen Einlagerungen – seltener um Hochflutton und Hochflutsand.

Jüngste natürliche Ablagerungen sind der holozäne Auenton, -lehm und -sand (E1), der Auenkies (E2) der Sieg und des Rheins sowie der meist in Lee der jungen Rheinrinnen aufgewehte Dünen- und Flugsand (E1).

Künstliche Aufschüttungen (E1) unterschiedlichen Alters und mannigfacher Zusammensetzung finden sich an vielen Stellen des Blattgebiets. Während die größeren Abgrabungen (meist Sand und Kies) in den Außenbezirken der Stadt Bonn in der Regel mit Erdaushub, Bauschutt und Hausabfällen verfüllt wurden, sind im Stadtkern von Bonn neben dem bis zu 2 000 Jahre alten Bau- und Kulturschutt auch stark schluffige und humose Auffüllungen sowie Mauerwerksreste der mittelalterlichen und neuzeitlichen Stadtbefestigungen anzutreffen.

## **Hydrogeologischer Überblick**

### **Grundwasservorkommen**

Im Blattgebiet treten sowohl Porengrundwasser- als auch Kluftgrundwasserleiter auf. In der Niederrheinischen Bucht, an deren Südende Bonn liegt, sind entsprechend der Wechsellagerung grundwasserleitender (Sand, Kies) und grundwassergeringleitender Schichten (Ton, Schluff) Porengrundwasserleiter in mehreren Stockwerken übereinander anzutreffen. Für ingenieurgeologische Fragen ist im allgemeinen nur das oberste Grundwasserstockwerk von Bedeutung, das Sande und Kiese der Niederterrasse und Aue sowie der rechtsrheinischen Jüngeren Mittelterrasse umfaßt. Die Sand-/Kiesablagerungen der linksrheinisch zwischen Alfter, Enderich und Duisdorf verbreiteten Jüngeren Mittelterrasse sind wegen zahlreicher bindiger Einlagerungen ein wenig ergiebiger Grundwasserleiter. Die Grundwasservorkommen im Sand und Kies der Hauptterrasse sind wegen der relativ geringen Mächtigkeit des Grundwasserleiters (meist < 10 m) und dessen oberflächennaher starker Verlehmung ebenfalls nur von untergeordneter Bedeutung. Durch bindige Einlagerungen im quartären Sand und Kies sowie tonige Horizonte im Lößlehm kann es zur Ausbildung schwebenden Grundwassers kommen. Ebenso wirken die verlehnte Oberfläche der Hauptterrasse, die im oberen Bereich verwitterten Tone und Trachytuffe des Tertiärs sowie die stark verwitterten und entfestigten Ton-, Schluff- und Sandsteine des Unterdevons als Stauhazone. Sie sind bei ingenieurgeologischen Planungen zu berücksichtigen.

Kluftgrundwasserleiter sind die tertiären Basalte und unterdevonischen Festgesteine. Die Basalte gelten wegen ihrer intensiven Klüftung als ergiebige Kluftgrundwasserleiter. In den unterdevonischen Festgesteinen ist nur im Bereich mächtigerer Sandsteinpakete und in Störungszonen mit nennenswerten Grundwasservorkommen zu rechnen.

In bindigen Lockergesteinen (Ton, Schluff) können Inhomogenitäten, die teils durch Materialunterschiede, teils durch Trennflächen bedingt sind, zu einer deutlichen Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit führen (MÜLLER 1987: 143 f.). In solchen Fällen weichen die im Laborversuch bestimmten Durchlässigkeiten (Gesteinsdurchlässigkeiten) von den im Gelände ermittelten Werten (Gebirgsdurchlässigkeiten) zum Teil um Zehnerpotenzen ab.

## Grundwasserstände

Die Daten für die Karte „Grundwassergleichen März/April 1988“ im Maßstab 1 : 50 000 wurden vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, und vom Staatlichen Umweltamt Köln zur Verfügung gestellt. Infolge der verallgemeinernden Darstellung der Karte können sich Abweichungen zu den gemessenen Grundwasserständen der Grundwasserstandsganglinien ergeben. Die Begrenzung der Überschwemmungsbereiche und Grundwasserblänken für Dezember 1993 wurde vom Katasteramt Bonn und der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, nach einer Bundeswehrbefliegung übernommen. Bei Hochwassersituationen ist örtlich auch außerhalb der dargestellten Überschwemmungsgebiete mit dem Auftreten von Grundwasserblänken und Qualmwasser zu rechnen. Bei der Wahl des Darstellungszeitraumes (März/April 1988) für den Grundwasserstand wurde der für ingenieurgeologische Belange wichtigen Erfassung möglichst vieler Höchststände gegenüber einer hydrogeologisch exakten Momentaufnahme des Grundwassers Vorrang eingeräumt. Innerhalb dieses zweimonatigen Darstellungszeitraumes traten in 62 % der 325 auswertbaren Meßstellen Höchststände auf. Während der Winterhochwässer 1993/94 und 1994/95 traten in 20 und 27 % der Grundwassermeßstellen höhere Grundwasserstände auf als 1988, und zwar überwiegend in der Nähe der Überschwemmungsgebiete des Rheins und der Sieg. Für ausgewählte Meßstellen sind diese Grundwasserstände in der Karte angegeben. Für Baumaßnahmen in der Nähe der Überschwemmungsgebiete sollten die Grundwasserhöchststände beim Staatlichen Umweltamt Köln erfragt werden.

Eine Ableitung von Grundwasserfließrichtungen aus der Grundwassergleichenkarte kann wegen der Hochwassersituation des Rheins und der Sieg nur mit Vorbehalt vorgenommen werden. Für die Zeiten mittlerer Flußwasserstände ergibt sich in der Umgebung der Vorfluter ein anderer Verlauf der Grundwassergleichen. Er ist in der Karte der Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Blatt L 5308 Bonn, herausgegeben vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, für Oktober 1973 dargestellt. Für dasselbe Blatt dieses Kartenwerks gibt es auch eine Darstellung der Grundwassergleichen für April 1988.

Der zu den Grenzen des Überschwemmungsgebiets nahezu parallele Verlauf der Grundwassergleichen wird durch die Infiltration von Flußwasser in die Terrassenkiese verursacht. Der Grundwasserspiegel fällt zunächst mit zunehmender Entfernung von Rhein und Sieg ab und steigt dann zu den Außenrändern der Niederterrasse wieder an. Diese

muldenförmige Ausbildung der Grundwasseroberfläche wird durch Grundwasserentnahmen im Stadtgebiet von Bonn (Heizkraftwerk) und südlich von St. Augustin-Meindorf (Wasserwerk Untere Sieg) verstärkt. Weitere lokale Absenkungen des Grundwasserspiegels sind im Bereich der Kläranlage Salierweg (Bonn) und des Wasserwerks Eschmar (Troisdorf) zu erkennen. Am nördlichen und westlichen Blattrand fällt der Grundwasserspiegel auf unter +46 m beziehungsweise +45,5 m NN ab.

Das Hochwasser im Frühjahr 1988 erreichte am Bonner Pegel einen Stand von ca. 9,50 m über Pegel-Null (+42,66 m NN). Der bisher höchste Stand wurde im November 1882 mit 10,20 m über Pegel-Null gemessen. Die Wasserstände vom Dezember 1993 und Januar 1995 lagen mit 10,13 und 10,06 m über Pegel-Null geringfügig unter diesem Wert. Den in der Karte angegebenen Wasserständen des Rheins liegt ein Nivellement des Wasser- und Schifffahrtamtes Köln zugrunde. Die Wasserstände der Sieg sind anhand von Pegelmessungen unter Berücksichtigung der bekannten Gefälleverhältnisse für die einzelnen Stromkilometer nach Angaben des Staatlichen Umweltamtes Köln errechnet worden.

In allen Karten entspricht die Darstellung der Oberflächengewässer der jeweiligen topographischen Grundlage. In den Schnitten dagegen ist für die Oberflächengewässer zum einen die Hochwassersituation von Dezember 1993, zum anderen die Niedrigwassersituation vom Herbst 1976 dargestellt.

Die Karte enthält zusätzlich eine Darstellung des gesetzlichen Überschwemmungsgebiets, da in diesem Bereich nach dem Landeswassergesetz jegliche Veränderungen des Abflußquerschnitts (z. B. durch Herstellen von Anlagen) genehmigungspflichtig sind. Die Begrenzung des gesetzlichen Überschwemmungsgebiets kann in größerem Maßstab (1 : 5 000) beim Staatlichen Umweltamt Köln eingesehen werden.

Die Karte des Flurabstands des Grundwassers im Maßstab 1 : 50 000 entstand durch Differenzbildung zwischen dem Höhenmodell der topographischen Karte 1 : 25 000 und der Karte der Grundwassergleichen. Im Bereich der Siegaue wurde das Höhenmodell der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 zugrunde gelegt. Geringe Flurabstände treten in der Rhein- und Siegaue auf sowie in Altarmen auf der Niederterrasse des Rheins. Im größten Teil der Niederterrasse und der Mittelterrassen liegen die Flurabstände jedoch über 8 m. Die Karte enthält zusätzlich eine Darstellung der Grundwasserblänken während der Hochwässer 1983 und 1988.

Die Grundwassermeßstelle 1 liegt zwischen Bonn-Tannenbusch und Bornheim-Roisdorf, ca. 700 m nördlich eines verlandeten Altarms des Rheins (Wasserland – Wasserfeld), und vom Rhein ca. 3,5 km entfernt. Die Grundwasserstandsganglinie umfaßt den Zeitraum von 1956 bis 1995 mit täglichen Messungen. Die Schwankungsbreite des Grundwasserstandes betrug in dieser Zeit ca. 3,3 m. Im März/April 1988 erreichte das Grundwasser einen Stand von +46,94 m NN. Die rheinferne Lage der Meßstelle bedingt einen vergleichsweise ausgeglichenen, weitgehend nur vom Niederschlagsgeschehen beeinflussten Verlauf der Ganglinie.

Die Grundwassermeßstelle 2 liegt zwischen Bonn-Graurheindorf und Bornheim-Hersel, nur etwa 100 m vom Ufer des Rheins entfernt. Die unmittelbare Beeinflussung durch den Rhein zeigt sich in der relativ hohen Schwankungsbreite des Grundwasserstandes von knapp 8 m. Der in der Karte dargestellte Grundwasserstand von +49,75 m NN wurde in

den Jahren 1970, 1983, 1993 und 1995 übertroffen. Am 24. Dezember 1993 wurde ein Höchststand von +50,69 m NN gemessen. Die Meßstelle wird seit 1956 im täglichen Meßturnus beobachtet. 1995 wurde sie erneuert. Zwischen dem 27. Januar und 1. Februar 1995 war sie überflutet, so daß der Grundwasserstand über der Meßpunkthöhe von +49,95 m NN gelegen haben dürfte. Für Baumaßnahmen im Überschwemmungsbereich des Rheins sind dessen Höchstwasserstände zu berücksichtigen. Außerhalb des Überschwemmungsbereichs sollte in Rheinnähe als Bemessungswasserstand der in der Karte dargestellte Wert um 1 m erhöht werden.

Die Grundwassermeßstelle 3 liegt nordöstlich von Niederkassel-Mondorf, etwa 1,3 km vom Rhein entfernt. Seit 1958 liegen tägliche Daten vor. Die Schwankungsbreite des Grundwasserstandes beträgt dort etwa 5,3 m. Der bisherige Höchststand wurde am 2. April 1988 mit +48,16 m NN gemessen.

Die Grundwassermeßstelle 4 liegt in der Bonner Innenstadt, etwa 1,3 km vom Rhein entfernt. Es handelt sich um einen der ehemaligen Kurfürsten-Brunnen in der Nähe des Alten Friedhofs. Die im wöchentlichen Turnus stattfindenden Messungen umfassen den Zeitraum von 1969 bis 1993. Die Schwankungsbreite des Grundwasserstandes betrug ca. 5,4 m. Mit +48,25 m NN wurde am 4. April 1988 der bisherige Höchststand gemessen.

Die Grundwassermeßstelle 5 liegt in Bonn-Beuel, etwa 800 m vom Rhein entfernt. Sie wird seit 1975 in wöchentlichem Turnus beobachtet. Die rheinnahe Lage bedingt eine relativ hohe Schwankungsbreite des Grundwasserstandes von etwa 6,8 m. Am 28. März 1988 wurde ein Wert von +50,34 m NN registriert, der jedoch bei den Winterhochwässern 1993/94 und 1994/95 mit +50,84 m und +50,67 m NN übertroffen wurde. Bei Baumaßnahmen in der Umgebung dieser Meßstelle sollte als Bemessungswasserstand der in der Karte dargestellte Wert um 0,5 m erhöht werden.

Die Grundwassermeßstelle 6 liegt in Bonn-Plittersdorf, ca. 1,5 km vom Rhein und ca. 700 m vom Freizeitpark Rheinaue, der bei Hochwasser teilweise vom Rhein überflutet wird, entfernt. Entsprechend hoch ist die Schwankungsbreite des Grundwasserstandes mit ca. 5,3 m. Für diese Meßstelle liegen seit 1969 wöchentliche Meßwerte vor. Der bisher höchste Grundwasserstand betrug +50,31 m NN, gemessen am 6. April 1988. Die während der Winterhochwässer 1993/94 und 1994/95 registrierten Werte lagen mit +49,91 m und +49,56 m NN niedriger.

In den Diagrammen sind auf der Zeitachse jeweils die Wasserwirtschaftsjahre (1.11. bis 31.10.) dargestellt.

## **Grundwasserbeschaffenheit**

Viele Analysen aus dem Blattgebiet weisen das Grundwasser als betonangreifend aus. Diese Betonaggressivität geht überwiegend auf hohe Gehalte an freiem CO<sub>2</sub> zurück, das im Gefolge des quartären Vulkanismus bevorzugt in Hochlagen des paläozoischen Untergrundes (Roisdorf-Horst) aufsteigt, so zum Beispiel im Bereich der Roisdorfer Mineralquellen. Seltener sind hohe Sulfatgehalte oder niedrige pH-Werte für die Betonaggressivität des Wassers verantwortlich. Im Abstrombereich von Deponien muß ebenfalls mit erhöhter Mineralisation und Betonschädlichkeit des Grundwassers gerechnet werden. In jedem Fall ist für Bauwerke, die ständig oder längere Zeit mit dem Grundwasser in Be-

rührung kommen, eine Untersuchung des Grundwassers auf betonangreifende Stoffe nach DIN 4030 anzuraten.

Neben dem gering mineralisierten Grundwasser gibt es in Bornheim-Roisdorf ein Mineralwasservorkommen, das aus den paläozoischen Schichten gespeist wird, die in diesem Bereich oberflächennah anstehen. Das mineralisierte Grundwasser nimmt seinen Weg wahrscheinlich über die östliche Randstörung des Roisdorf-Horstes.

## **Geotechnische und bodenmechanische Eigenschaften der Schichten**

Die wichtigsten bodenmechanischen Kennwerte der im Blattgebiet anstehenden Gesteine können der „Tabelle der bodenmechanischen Kennwerte“ (Erfahrungswerte) (Blatt 1) entnommen werden. Dabei handelt es sich größtenteils um Erfahrungswerte, die zwar im Rahmen der Geländeaufnahme zu dieser Karte an zahlreichen Proben überprüft wurden, im einzelnen aber durch örtliche Spezialuntersuchungen gestützt werden müssen. Bei der Bewertung der Kennwerte sollten ferner die auf Blatt 1 dargestellten „Korngrößenverteilungskurven“ berücksichtigt werden. Dabei ist zu beachten, daß die Gesteine dort nach der Hauptbodenart und Genese unterschieden werden. In der Hauptkarte dagegen überwiegt in der Darstellung die geotechnische Bewertung. So wird ein Sand mit mehr als 15 % Feinkornanteil (Schluff, Ton) in den Korngrößenverteilungskurven als Sand eingestuft, in der Hauptkarte jedoch den bindigen Bodenarten zugeordnet und in olivgrüner Farbe dargestellt. Allgemeine bodenmechanische Eigenschaften und Besonderheiten der verschiedenen Gesteine werden im folgenden erläutert.

### **Unterdevon (E3)**

Die unterdevonischen Festgesteine sind überwiegend tiefgründig verwittert und entfestigt. Die Entfestigung betrifft vor allem die Ton- und Schluffsteine, die in ihren bodenmechanischen Eigenschaften den entsprechenden Lockergesteinen vergleichbar sind. Plastizitätsuntersuchungen an entfestigten Schluffsteinen mit Tongehalten von 18 – 23 % ergaben Einstufungen als leicht bis mittelplastische Tone. Sandsteine mit höherem Feldspatanteil sind ebenfalls völlig entfestigt und häufig zu weißem, kaolinitischem Feinsand verwittert.

In Bohrungen ist die Unterscheidung der entfestigten unterdevonischen Gesteine und der tertiären Tone, Schluffe und Feinsande häufig nicht einfach. In größeren Aufschlüssen ist das paläozoische Festgestein besser zu erkennen, da das Material meist noch im ursprünglichen Verband vorliegt und Kluffflächen, vor allem aber die Schichtflächen sichtbar sind.

Das Trennflächengefüge (Schicht-, Kluff- und Störungsflächen) ist bei Bauvorhaben von besonderer Bedeutung. Bei steilem Einfallen von Schnittkanten verschiedener Trennflächen kann es zu keilförmigen Felsausbrüchen kommen, wenn man diese Schnittkanten bei Baumaßnahmen unterschneidet. Werden Schicht- oder Kluffflächen, die etwa parallel zur Anschnittböschung streichen und zu ihr einfallen, unterschritten, kann es zu Rutschungen kommen. Dies gilt insbesondere bei Tonsteinzwischenlagen, die zu Ton verwittert sind und bei Vernässung bevorzugte Gleitflächen darstellen.

Hinsichtlich der Herstellung von Hohlräumen (z. B. Tunnelbauten) im verwitterten Bereich des unterdevonischen Festgesteins ist das Gebirge wegen der Entfestigung des Gesteins und der meist fehlenden oder geringen Kohäsion auf den Trennflächen als gebräch bis druckhaft (PACHER & VON RABCEWITZ & GOLSER 1974) einzustufen.

Die Tragfähigkeit der verwitterten Ton-, Schluff- und Sandsteine ist trotz der Entfestigung höher als die der vergleichbaren jüngeren Lockergesteine. Dies liegt an der hohen Konsolidierung und an den häufig anzutreffenden Festgesteinsrelikten, vor allem in den Sandsteinen, sowie an sekundärer Verfestigung, zum Beispiel durch Eisenoxid.

## **Tertiär (E3, E2)**

Tertiärzeitliche Tone, Schluffe und Sande der Köln-Schichten (Miozän, Oligozän) und der Ville-Schichten (Miozän) bilden im größten Teil des Blattgebiets den präquartären Untergrund. Die Tone sind im unverwitterten Zustand steif bis halbfest. An der Oberfläche sind sie in den oberen 1 – 2 m verwittert und infolge Durchfeuchtung von weicher Konsistenz mit mittlerer bis ausgeprägter Plastizität. Tonmineralanalysen ergaben für alle untersuchten Proben Montmorillonit und Montmorillonit-Illit-Mixed-Layer-Mineralen als quellfähige Tonmineralanteile. Die Tone sind frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Änderungen des Wassergehaltes muß mit entsprechenden Volumenänderungen (Quellen, Schrumpfen) gerechnet werden. In den Tönen sind häufig, unregelmäßig verteilt, inkohle Pflanzenteile eingelagert. Seltener sind geringmächtige Braunkohlenflöze anzutreffen. Die Braunkohle ist oberflächennah verwittert und im vernäßten Zustand von weicher bis breiiger Konsistenz.

Die tertiären Trachyttuffe sind auf kleine Vorkommen am Finkenberg und am Südwesthang des Ennerts begrenzt. Die in der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ dargestellte Verbreitung der Trachyttuffe wurde der Geologischen Karte 1 : 25 000, Blatt 5208 Bonn entnommen. Die Trachyttuffe zeigen ein breites Korngrößenspektrum im Ton- bis Sandbereich. Überwiegend handelt es sich um schwach bis stark tonige Schluffe. Das Material ist jedoch häufig – auch bei relativ geringen Tongehalten – wegen des hohen Anteils quellfähiger Schichtsilikate am Tonmineralbestand (MÜLLER 1987) als mittel- bis ausgeprägt plastischer Ton einzustufen. Die Trachyttuffe gelten wegen ihres hohen Wasseraufnahmevermögens als rutschgefährdet.

Von den tertiären Basalten des Blattgebiets sind nur noch einige kleinere Vorkommen am West- und Südhang des Ennerts zugänglich. Die Vorkommen des Finkenbergs und ein kleiner Basaltstock am Nordosthang des Venusbergs sind weitgehend abgebaut, überbaut oder mit Aufschüttungen bedeckt. In den Basalten entsteht durch Schrumpfung des Gesteins bei der Abkühlung eine ausgeprägte Klüftung. Dabei bilden sich oft Säulen mit polygonalem, meist fünf- bis sechseckigem Querschnitt heraus. Die Klüftflächen stehen häufig senkrecht zur Abkühlungsfläche. Wie aus der meist vertikalen Säulenstellung der Basalte am Hang des Ennerts und aus Aufschlußbeschreibungen des Finkenberg-Basaltes (FRECHEN 1942) hervorgeht, handelt es sich überwiegend um Lagergänge, die schichtparallel in die Lockergesteine der Köln-Schichten eingedrungen sind. Die zu beobachtende Verwitterungsrinde des Basaltes ist nur wenige Zentimeter bis Dezimeter dick. Die Auflockerungszone kann eine Mächtigkeit von 1 – 2 m erreichen. Die Basalte, die auch am Nordhang des Ennerts unter geringmächtiger Bedeckung durch quartäre Ab-

lagerungen erbohrt wurden, eignen sich gut als Baugrund, wenn nachgewiesen wurde, daß der Basaltkörper an allen Stellen der belasteten Fläche mächtig genug ist, um die Bauwerkslast ohne schädliche Setzungsunterschiede aufzunehmen. Basalte sind gute Kluffgrundwasserleiter. Daher muß beim Anschnitt von Basaltkörpern mit hohem Andrang von Kluffwasser gerechnet werden.

Der Sand und Kies der pliozänen Terrasse unterscheidet sich petrologisch und bodenmechanisch nicht wesentlich von den entsprechenden Ablagerungen der Hauptterrasse. Er wird folglich der ingenieurgeologischen Einheit 2 zugeordnet.

## **Quartär (E2, E1)**

Quartäre Ablagerungen bedecken den größten Teil der Oberfläche des Blattgebiets. Sie sind daher für ingenieurgeologische Planungen von besonderer Bedeutung.

## **Sand und Kies (E2)**

Die pleistozänen Sande und Kiese gehören durchweg zur ingenieurgeologischen Einheit 2. Sie sind überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert. Die Lagerungsdichte nimmt mit dem Alter zu. Der Sand und Kies der Hauptterrasse hat die höchste, der der Aue die niedrigste Lagerungsdichte. Die Oberfläche der Hauptterrassenablagerungen ist unter anderem infolge Verwitterung und Lößüberwehung verlehmt. Dieser Ton- und Schluffgehalt kommt auch in den Korngrößenverteilungskurven zum Ausdruck. Die wasserstauende Wirkung des Lehms ist zum Beispiel bei der Anlage von Baugruben zu berücksichtigen. Der Sand und Kies der Mittelterrassen enthält häufig, vor allem auf linksrheinischem Gebiet, Einlagerungen von Schluff und Feinsand. Die Sande und Kiese von Niederterrasse und Aue bestehen im Durchschnitt aus einem relativ gleichgewichteten Gemenge aus Sand und Kies. Örtlich sind sowohl im Sand und Kies der Niederterrasse als auch in älteren Terrassenablagerungen gröberkörnige Einlagerungen eingeschaltet, in denen der Stein- und Blockanteil bis zu 40 % betragen kann. Dabei handelt es sich um Lagen, die bevorzugt an der Basis des jeweiligen Terrassenkörpers auftreten. Sie sind aber auch in anderen Tiefen anzutreffen. Steine und Blöcke können bei Erdarbeiten Schwierigkeiten, zum Beispiel beim Herstellen von Schlitzwänden oder beim Rammen von Spundwänden, verursachen. In ungünstigen Fällen können Meißelarbeiten notwendig werden. Auch im Sand und Kies der Niederterrasse wurden bindige Einlagerungen erbohrt. Es handelt sich meist um stark tonige bis stark sandige Schluffe. Sie treten zum Teil in so geringen Tiefen auf, daß sie bei der Bauwerksplanung zu berücksichtigen sind. In der Hauptkarte werden solche Einlagerungen durch einen violetten Farbsaum mit Angabe der Tiefenlage ihrer Oberfläche gekennzeichnet.

## **Löß, Lößlehm und Schwemmlöß (E1)**

Lößablagerungen überdecken im Südteil des Blattgebiets die Sande und Kiese der Hauptterrasse und der Mittelterrassen sowie stellenweise Ablagerungen des Devons und des Tertiärs. Auf der Hauptterrasse sind die Lößablagerungen weitgehend abgetragen oder kryoturbar mit dem Sand und Kies der Hauptterrasse vermengt. Die Mächtigkeiten

betragen zum Teil nur wenige Dezimeter bis Meter. Dagegen wurden unterhalb der im Gelände deutlich hervortretenden Hauptterrassenkante Mächtigkeiten von örtlich mehr als 30 m erbohrt. Hier handelt es sich zum Teil um mehrere Lößgenerationen übereinander. Der Löß liegt teils autochthon, teils als Schwemmlöß vor. Schwemmlöß ist häufig an eingeschalteten Sand- und Kiesbändern zu erkennen. Der aus dem Löß oder Schwemmlöß durch Entkalkung und Verwitterung entstandene Lößlehm weist im Unterbodenbereich (ca. 1 – 2 m unter Gelände) häufig einen erhöhten Tonanteil auf, der sich stau-nässefördernd auswirkt.

Löß zeigt als äolisches Sediment eine gute Korngrößensortierung. Das Korngrößerverteilungsmaximum liegt im Grobschluffbereich. In trockenem bis erdfeuchtem Zustand besitzt Löß eine hohe Böschungstabilität, die zum Teil auf Kornverkittung durch Calciumcarbonat zurückzuführen ist. Vernäßt neigt Löß jedoch zum Fließen. Er ist außerdem frostgefährdet. Löß ist mäßig tragfähig und als Erdbaustoff wenig geeignet, da er nur in engen Wassergehaltsgrenzen einbaufähig ist. Die Lößablagerungen auf linksrheinischem Gebiet, insbesondere auf den Hängen oberhalb von Alfter, können kubikmetergroße Blöcke aus tertiärem Braunkohlenquarzit enthalten, die als ehemalige Bestandteile der Grobfraction der Hauptterrassenkiese abgeglitten sind.

## **Handlehm (E1)**

Auf den Hängen zwischen Haupt-, Mittel- und Niederterrasse, insbesondere am Osthang des Venusberges, treten geringmächtige, überwiegend schluffige Ablagerungen auf, die aus einem Gemenge von Löß und verwitterten oder unverwitterten Bestandteilen der unterlagernden Locker- oder Festgesteine bestehen. Sie werden als Handlehm bezeichnet. Die Korngrößerverteilung wird vom unterlagernden Gestein mitgeprägt. So ist der Handlehm über Sedimenten des Tertiärs überwiegend tonig, teils auch sandig, über Festgesteinen des Unterdevons überwiegend schluffig, mit hohen Anteilen an Gesteinsbruchstücken. Die Korngrößerverteilungskurven (Blatt 1) zeigen eine so große Bandbreite, daß in der „Tabelle der bodenmechanischen Kennwerte“ auf eine Charakterisierung des Handlehms verzichtet wird.

## **Hochflut- und Auenton- und -lehm (E1)**

Bindige Hochflut- und Auenablagerungen sind innerhalb des Blattgebiets die am weitesten verbreiteten Oberflächenablagerungen. Der Hochflutlehm enthält häufig im unteren Teil sandige, zum Teil auch kiesige Lagen. Auf rechtsrheinischem Gebiet bei Mondorf und Rheidt erbrachten Bohrungen grobsandige bis feinkiesige Lagen, die ganz aus gut gerundeten, locker gelagerten Bimskörnern bestehen.

Hochflut- und Auensand mit bindigen Anteilen von mehr als 15 % sowie Wechsellagerungen aus etwa gleichen Teilen Schluff und Sand werden in der Karte und in den Schnitten als Schluff dargestellt, da dessen bodenmechanische Eigenschaften überwiegen. In den oberen 1 – 2 m ist der Hochflutlehm entkalkt und zeigt ähnlich wie der Löß eine Tonanreicherung im Unterboden, die jedoch sekundärer Natur ist und daher eine Bezeichnung als Hochflut- nicht zuläßt. Hochflut- im eigentlichen Sinne kommt nur an wenigen Stellen des Blattgebiets vor, insbesondere in alten Rheinarmen, wie zum Beispiel der Gumme. (Die Gumme ist ein verlandeter Altrheinarm, dessen ehemaliges

Bett etwa durch den Verlauf von Roisdorfer/Bornheimer Bach, Dransdorfer Bach und Rheindorfer Bach markiert ist.) Auenton findet sich in der Rheinaue im Mündungsbereich der Sieg. Im Auen- und Hochflutton treten auch humose bis torfige Lagen auf.

Hochflutton und -lehm sowie Auenton und -lehm liegen in der Regel in erdfeuchtem Zustand vor und besitzen steife Konsistenz. Feucht bis vernäßt sind sie weich bis breiig. Die eingelagerten Torfe unterliegen bei Wassergehaltsänderungen erheblichen Volumenänderungen. Auenlehm ist in der Regel kalkhaltig und besitzt oft einen deutlich höheren Kiesanteil als Hochflutlehm.

### **Hochflut- und Auensand (E1)**

Hochflut- und Auensand bestehen aus Fein- bis Mittelsand, zum Teil mit Feinkornanteilen bis 15 % (schwach schluffige oder schwach tonige Sande). Sie vertreten örtlich ihre bindigen Äquivalente. Häufig finden sich Einlagerungen von Schluff und tonigem Schluff. Diese Sande sind fließgefährdet und werden wegen ihrer lockeren Lagerung zur ingenieurgeologischen Einheit 1 gestellt

### **Dünen- und Flugsand (E1)**

Dünen- und Flugsand begleiten auf linksrheinischem Gebiet den Gleithang der Gumme von Bonn-Tannenbusch bis zum Eichenkamp. Rechtsrheinisch finden sich Aufwehungen an den Hängen des Ennerts und, nördlich der Sieg, in Rheidt entlang einer Geländestufe in der Niederterrasse östlich der Mondorfer Straße (L 269). Die Sande überlagern in der Regel Hochflutablagerungen, am Ennert auch präquartäre Schichten in Mächtigkeiten bis zu mehreren Metern. Der Dünen- und der Flugsand besitzen als Windablagerungen eine gute Korngrößensortierung mit einem Korngrößenmaximum im Fein- bis Mittelsandbereich. Sie sind locker gelagert und fließgefährdet.

### **Künstliche Aufschüttungen, Abgrabungen, künstlich veränderte Böden**

Aufschüttungen unterschiedlicher Zusammensetzung finden sich an vielen Stellen des Blattgebiets. Ihre Lage und Abgrenzung wurde den topographischen Kartenwerken entnommen, insbesondere der Topographischen Karte 1 : 25 000, Blatt 5208 Bonn (Ausgaben 1895 bis 1987), der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 und der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000, Luftbildkarte. Auch die Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Blatt 5208 Bonn, die Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Blatt L 5308 Bonn und die Bodenschätzungskarte 1 : 5 000 lieferten Informationen über künstlich veränderte Flächen. Abgrabungsflächen werden – soweit sie nicht wassererfüllt sind oder Aufschüttungen enthalten – mit der Flächenfarbe des an der Abgrabungssohle anstehenden Fest- oder Lockergesteins dargestellt.

Die bodenmechanischen Eigenschaften der Aufschüttungen streuen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und dem Alter des Materials stark. Die häufigen Abgrabungen auf Sand und Kies wurden meist mit Erdaushub, Bauschutt und Hausabfällen, zum Teil

auch mit Schlacken und Schlämmen verfüllt. Erstbewertung und Gefährdungsabschätzung dieser Altablagerungen liegen in der Zuständigkeit der Kreise und kreisfreien Städte. Dort sind Informationen zum Untersuchungsstand und zu eventuell vorliegenden Ergebnissen (Altlasten) der in der Karte dargestellten Aufschüttungsflächen zu bekommen. Altstandorte im Sinne des Landesabfallgesetzes (§ 28 Abs. 3) sind in der Karte nicht dargestellt.

## **Anwendungen für Planungsfragen**

Nach der Karte der Erdbebenzonen in DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten, 1981) liegen die kreisfreie Stadt Bonn, die Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises und die Gemeinde Wesseling (Erft-Kreis) in der Erdbebenzone 2. Für Bauwerksplanungen sollten die in DIN 4149 gegebenen Hinweise bezüglich der zulässigen Geschöszahlen, Lastannahmen, zulässigen Spannungen und Sicherheiten beachtet werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Ingenieurgeologischen Karte 1 : 25 000 für Fragen der Objekt- und Regionalplanung ergeben sich aus den Karten- und Schnittdarstellungen in Verbindung mit den bodenmechanischen Kennwerten und den Erläuterungen. Die Karte gibt Auskunft über Art und Verbreitung der oberflächennahen Locker- und Festgesteine und über zum Teil darin enthaltene, petrologisch abweichende Einlagerungen, über die Mächtigkeit der wenig tragfähigen Schichten beziehungsweise über die Tiefenlage der besser tragfähigen Schichten, über die Verbreitung und zum Teil über die Mächtigkeit der Aufschüttungen und die Mächtigkeit der quartären Ablagerungen. Ferner informiert die Karte über die Höhenlage des Grundwasserspiegels in einem Zeitraum mit hohem Grundwasserstand, über den Flurabstand des Grundwassers und anhand von Grundwasserstandsganglinien über das Langzeitverhalten des Grundwassers während einer Zeitspanne von mehreren Jahrzehnten. Diese Darstellungen lassen Aussagen zu Fragen der kommunalen und regionalen Planung zu, zum Beispiel für

- Flächennutzungs- und Bauleitplanung
- Trassierung von Verkehrswegen und Versorgungsleitungen
- Anlage neuer Deponien
- Abgrabung von nutzbaren Gesteinen
- Wassererschließung und Abwasserbeseitigung

Außer für solche übergeordneten Planungsfragen bietet die Karte Informationen für die Vorplanung spezieller Bauvorhaben.

Für Bauwerksplanungen können zusammen mit den geltenden Normen und Richtlinien erste Annahmen über die geeignete Gründungsart und gegebenenfalls Maßnahmen zur Baugrundverbesserung getroffen werden. Für gezielte Objektuntersuchungen läßt sich der technische Aufwand, zum Beispiel die voraussichtliche Tiefe von Bohrungen oder Sondierungen, besser abschätzen.

In Aufschüttungen wird die Verbesserung der Tragfähigkeit des Untergrundes durch dynamische Verdichtung und eventuell teilweisen Baugrundersatz oder durch Zementierung des Aufschüttungsmaterials erreicht. Bei höheren Bauwerkslasten empfiehlt sich eine Gründung mit Pfählen im tiefer liegenden, besser tragfähigen Baugrund. Ähnliches

gilt auch für mächtige tonige Schluffe (z. B. Hochfluttone oder tonige Hochflutlehme), die unter Grundwassereinfluß eine weiche bis breiige Konsistenz besitzen. Weiche, humose Schichten, wie zum Beispiel Braunkohle oder Torfe, sind auszuräumen und durch tragfähiges Material zu ersetzen. Bei geringem Konsolidierungsgrad des Untergrundes und setzungsempfindlichem Bauwerk ist es vorteilhaft, die Gründungssohle durch Beton oder lagenweise einzubauenden Sand und Kies in tragfähigen Untergrund zu verlegen. Bei Baugrundersatz durch Sand und Kies ist ein Druckausbreitungswinkel von 45° unter den Fundamentaußenkanten zu berücksichtigen.

Freigelegte Gründungssohlen in Schluffen und schluffigen Tonen sind sofort mit Beton abzudecken, da das Material frost- und feuchtigkeitsempfindlich ist. An Hängen können nach Freilegung der Baugrubensohle unterschiedlich tragfähige Schichten anstehen, zum Beispiel unterdevonisches Festgestein und quartärer Hanglehm oder tertiärer Sand und quartärer Löß. In solchen Fällen ist die Bauwerkslast auch auf der Talseite in den besser tragfähigen Untergrund zu übertragen. Dies kann zum Beispiel durch ein weiteres Untergeschoß oder durch Pfähle geschehen. Bei Bauwerksgründungen in Lößablagerungen in Hanglage sollten Vorkehrungen zur schadlosen Ableitung des Oberflächen- und Sickerwassers getroffen werden, um eine rutschungsfördernde Vernässung des Schluffes zu vermeiden.

Die für die einzelnen Fest- und Lockergesteine zulässigen Bodenpressungen in bezug zur Fundamentbreite und Einbindetiefe enthält DIN 1054. Für die Anlage von Baugruben sollten die DIN 4124 sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau berücksichtigt werden. Über Dränung des Untergrundes und Abdichtung von Bauwerken gegen Wasser informieren DIN 4095 und DIN 18 195.

Für die Trassenplanung für Verkehrswege und Versorgungsleitungen liefert die Karte Hinweise auf den zu erwartenden Baugrund und die in der Nähe vorkommenden Erdbaustoffe. Schluffe oder schluffige Tone kommen als Dammbaumaterial nur bedingt in Frage. Sie sind feuchtigkeitsempfindlich und können nur in engen Wassergehaltsgrenzen eingebaut und verdichtet werden. Beim Transport oder bei Zwischenlagerung sind sie vor Austrocknung oder Vernässung zu schützen.

Die Abwasserbeseitigung erfolgt in einigen Teilen des Blattgebiets durch Grundverrieselung. Hierfür, wie auch für die Verrieselung von Niederschlagswasser, liefert die „Tabelle der bodenmechanischen Kennwerte“ Angaben über die zu erwartende Gesteinsdurchlässigkeit.

Für die Wassererschließung liefert die Karte Angaben über die Mächtigkeit des obersten Grundwasserleiters im Rheintal sowie über die Schwankungshöhe des Grundwasserstandes.

Für die Planung von Deponien kann der Fachmann anhand der Karte Flächen ausweisen, in denen das anstehende Material (z. B. tertiärer Ton) – gegebenenfalls nach Aufbereitung – als geologische Barriere in Frage kommt.

Die Karte liefert zwar Grundlagen für die Vorplanung ingenieurgeologischer Vorhaben, sie kann jedoch objektbezogene Spezialuntersuchungen nicht ersetzen.

## **Rutschungen**

Aus dem gebirgigen Südteil des Blattgebiets sind mehrere fossile und rezente Rutschungen bekannt, die in der Karte zwar nicht dargestellt sind (Ausnahme: Westhang Kreuzberg), aber dennoch erwähnt werden müssen.

Infolge der auch heute noch andauernden Hebung des Rheinischen Schiefergebirges gegenüber der Niederrheinischen Bucht schneiden die Bäche, die aus dem Mittelgebirge dem Rhein zufließen, in den Untergrund ein. Durch die ständige Vertiefung der Bachtäler werden die Hänge unterschritten. Auch menschliche Eingriffe, zum Beispiel Hangversteilungen durch Aufschüttungen oder Abgrabungen, schaffen die Voraussetzungen für Rutschungen, indem sie die Standsicherheit der Böschungen verringern. Auslösender Faktor ist häufig eine natürliche (Starkregen) oder künstliche Vernässung (Infiltration, Kanalrohrbruch etc.) des Bodens. Bevorzugte Gleitflächen sind die Oberflächen der verwitterten, präquartären bindigen Gesteine, also der tertiären Tone und insbesondere der Trachyttuffe sowie der devonischen Ton- und Schluffsteine. Rutschungen ereignen sich häufig in Bereichen, in denen die quartäre Bedeckung (Löß, Lößlehm, Schwemmlöß, Hanglehm) nur wenige Meter mächtig ist. Dabei wirkt sich häufig rutschungsfördernd aus, daß die quartären Schluffe, besonders Schwemmlöß und Hanglehm, eine kiesige wasserwegsame Basis besitzen, die den Zutritt des Oberflächenwassers zu den potentiellen Gleitflächen erleichtert.

Während der Geländearbeiten kam es innerhalb des Blattgebiets infolge der Starkregenereignisse im Frühjahr 1988 zu zwei Rutschungen (Deponie an der Provinzialstraße, Friedhof in Ippendorf). Beide Rutschungen ereigneten sich in Gebieten, die als rutschungsgefährdet anzusehen sind. Beide wurden durch menschliche Eingriffe (Hangversteilung durch Aufschüttung) ermöglicht und durch erhöhten Wasserzutritt ausgelöst.

In Abhängigkeit von der mineralogischen Zusammensetzung der präquartären Gesteine, der Hangneigung und der Mächtigkeit der quartären Schichten sind in der südlichen Hälfte des Blattgebiets mehrere Flächen als rutschungsgefährdet einzustufen. Zu ihnen gehören der Osthang der Ville zwischen Bornheim-Roisdorf und Alfter-Impekoven, das Tal des Heilsbaches zwischen Hardtberg und Hardthöhe, das Tal des Lengsdorfer Baches, das Tal des Engelbaches (Melbtal) und der Osthang des Venusberges sowie der Südhang des Ennerts zwischen Küdinghoven und dem Ostrand des Blattgebiets. Aus all diesen Bereichen sind rezente Rutschungen bekannt, die in der Regel durch menschliche Einflußnahme verursacht wurden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß auch ohne menschliche Einflußnahme Rutschungen auftreten können, wenn Gleithorizonte, die in einigen Bohrungen angetroffen wurden, aktiviert werden.

## **Stadtentwicklung von Bonn**

Die Römer errichteten wahrscheinlich an der Stelle einer älteren Besiedlung in topographisch und strategisch günstiger Lage zwischen Rhein und Gumme, einem westlich gelegenen, verlandeten Altarm des Rheins, ein Auxiliarkastell (ENNEN & HÖROLDT 1985: 15), das wahrscheinlich im 2. Jahrzehnt v. Chr. angelegt wurde und zwischen heutiger Minoritenkirche und Rathausgasse lag. Um 40 n. Chr. entstand nördlich davon, zwischen heutigem Augustusring und Rosental, ein Legionslager (ENNEN & HÖROLDT 1985: 18). Die Umgrenzung des nahezu quadratischen Lagers (528 x 524 m, PETRIKOVITS 1960: 43) und

gilt auch für mächtige tonige Schluffe (z. B. Hochfluttone oder tonige Hochflutlehme), die unter Grundwassereinfluß eine weiche bis breiige Konsistenz besitzen. Weiche, humose Schichten, wie zum Beispiel Braunkohle oder Torfe, sind auszuräumen und durch tragfähiges Material zu ersetzen. Bei geringem Konsolidierungsgrad des Untergrundes und setzungsempfindlichem Bauwerk ist es vorteilhaft, die Gründungssohle durch Beton oder lagenweise einzubauenden Sand und Kies in tragfähigen Untergrund zu verlegen. Bei Baugrundersatz durch Sand und Kies ist ein Druckausbreitungswinkel von 45° unter den Fundamentaußenkanten zu berücksichtigen.

Freigelegte Gründungssohlen in Schluffen und schluffigen Tonen sind sofort mit Beton abzudecken, da das Material frost- und feuchtigkeitsempfindlich ist. An Hängen können nach Freilegung der Baugrubensohle unterschiedlich tragfähige Schichten anstehen, zum Beispiel unterdevonisches Festgestein und quartärer Hanglehm oder tertiärer Sand und quartärer Löß. In solchen Fällen ist die Bauwerkslast auch auf der Talseite in den besser tragfähigen Untergrund zu übertragen. Dies kann zum Beispiel durch ein weiteres Untergeschoß oder durch Pfähle geschehen. Bei Bauwerksgründungen in Lößablagerungen in Hanglage sollten Vorkehrungen zur schadlosen Ableitung des Oberflächen- und Sickerwassers getroffen werden, um eine rutschungsfördernde Vernässung des Schluffes zu vermeiden.

Die für die einzelnen Fest- und Lockergesteine zulässigen Bodenpressungen in bezug zur Fundamentbreite und Einbindetiefe enthält DIN 1054. Für die Anlage von Baugruben sollten die DIN 4124 sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau berücksichtigt werden. Über Dränung des Untergrundes und Abdichtung von Bauwerken gegen Wasser informieren DIN 4095 und DIN 18 195.

Für die Trassenplanung für Verkehrswege und Versorgungsleitungen liefert die Karte Hinweise auf den zu erwartenden Baugrund und die in der Nähe vorkommenden Erdbaustoffe. Schluffe oder schluffige Tone kommen als Dammbaumaterial nur bedingt in Frage. Sie sind feuchtigkeitsempfindlich und können nur in engen Wassergehaltsgrenzen eingebaut und verdichtet werden. Beim Transport oder bei Zwischenlagerung sind sie vor Austrocknung oder Vernässung zu schützen.

Die Abwasserbeseitigung erfolgt in einigen Teilen des Blattgebiets durch Grundverrieselung. Hierfür, wie auch für die Verrieselung von Niederschlagswasser, liefert die „Tabelle der bodenmechanischen Kennwerte“ Angaben über die zu erwartende Gesteinsdurchlässigkeit.

Für die Wassererschließung liefert die Karte Angaben über die Mächtigkeit des obersten Grundwasserleiters im Rheintal sowie über die Schwankungshöhe des Grundwasserstandes.

Für die Planung von Deponien kann der Fachmann anhand der Karte Flächen ausweisen, in denen das anstehende Material (z. B. tertiärer Ton) – gegebenenfalls nach Aufbereitung – als geologische Barriere in Frage kommt.

Die Karte liefert zwar Grundlagen für die Vorplanung ingenieurgeologischer Vorhaben, sie kann jedoch objektbezogene Spezialuntersuchungen nicht ersetzen.

## Rutschungen

Aus dem gebirgigen Südteil des Blattgebiets sind mehrere fossile und rezente Rutschungen bekannt, die in der Karte zwar nicht dargestellt sind (Ausnahme: Westhang Kreuzberg), aber dennoch erwähnt werden müssen.

Infolge der auch heute noch andauernden Hebung des Rheinischen Schiefergebirges gegenüber der Niederrheinischen Bucht schneiden die Bäche, die aus dem Mittelgebirge dem Rhein zufließen, in den Untergrund ein. Durch die ständige Vertiefung der Bachtäler werden die Hänge unterschritten. Auch menschliche Eingriffe, zum Beispiel Hangversteilungen durch Aufschüttungen oder Abgrabungen, schaffen die Voraussetzungen für Rutschungen, indem sie die Standsicherheit der Böschungen verringern. Auslösender Faktor ist häufig eine natürliche (Starkregen) oder künstliche Vernässung (Infiltration, Kanalrohrbruch etc.) des Bodens. Bevorzugte Gleitflächen sind die Oberflächen der verwitterten, präquartären bindigen Gesteine, also der tertiären Tone und insbesondere der Trachyttuffe sowie der devonischen Ton- und Schluffsteine. Rutschungen ereignen sich häufig in Bereichen, in denen die quartäre Bedeckung (Löß, Lößlehm, Schwemmlöß, Hanglehm) nur wenige Meter mächtig ist. Dabei wirkt sich häufig rutschungsfördernd aus, daß die quartären Schluffe, besonders Schwemmlöß und Hanglehm, eine kiesige wasserwegsame Basis besitzen, die den Zutritt des Oberflächenwassers zu den potentiellen Gleitflächen erleichtert.

Während der Geländearbeiten kam es innerhalb des Blattgebiets infolge der Starkregenereignisse im Frühjahr 1988 zu zwei Rutschungen (Deponie an der Provinzialstraße, Friedhof in Ippendorf). Beide Rutschungen ereigneten sich in Gebieten, die als rutschungsgefährdet anzusehen sind. Beide wurden durch menschliche Eingriffe (Hangversteilung durch Aufschüttung) ermöglicht und durch erhöhten Wasserzutritt ausgelöst.

In Abhängigkeit von der mineralogischen Zusammensetzung der präquartären Gesteine, der Hangneigung und der Mächtigkeit der quartären Schichten sind in der südlichen Hälfte des Blattgebiets mehrere Flächen als rutschungsgefährdet einzustufen. Zu ihnen gehören der Osthang der Ville zwischen Bornheim-Roisdorf und Alfter-Impekoven, das Tal des Heilsbaches zwischen Hardtberg und Hardthöhe, das Tal des Lengsdorfer Baches, das Tal des Engelbaches (Melbtal) und der Osthang des Venusberges sowie der Südhang des Ennerts zwischen Küdinghoven und dem Ostrand des Blattgebiets. Aus all diesen Bereichen sind rezente Rutschungen bekannt, die in der Regel durch menschliche Einflußnahme verursacht wurden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß auch ohne menschliche Einflußnahme Rutschungen auftreten können, wenn Gleithorizonte, die in einigen Bohrungen angetroffen wurden, aktiviert werden.

## Stadtentwicklung von Bonn

Die Römer errichteten wahrscheinlich an der Stelle einer älteren Besiedlung in topographisch und strategisch günstiger Lage zwischen Rhein und Gumme, einem westlich gelegenen, verlandeten Altarm des Rheins, ein Auxiliarkastell (ENNEN & HÖROLDT 1985: 15), das wahrscheinlich im 2. Jahrzehnt v. Chr. angelegt wurde und zwischen heutiger Minoritenkirche und Rathausgasse lag. Um 40 n. Chr. entstand nördlich davon, zwischen heutigem Augustusring und Rosental, ein Legionslager (ENNEN & HÖROLDT 1985: 18). Die Umgrenzung des nahezu quadratischen Lagers (528 x 524 m, PETRIKOVITS 1960: 43) und

seine Hauptachsen sind auch heute noch im Stadtbild zu erkennen. Das Lager besaß einen künstlich angelegten Hafen, dessen Mole bei extremem Niedrigwasser auch heute noch zu sehen ist.

Nach dem Abzug der Römer gegen Mitte des 5. Jahrhunderts verlagerte sich der Siedlungsschwerpunkt vom Legionslager nach Süden in den Bereich des ehemaligen Cassiustiftes. Hier entstand zunächst zwischen dem heutigen Hauptbahnhof und St. Remigius eine ummauerte Stiftsstadt („Stiftsburg“) und nordöstlich im Anschluß daran um den Markt eine unbefestigte Siedlung. Die Marktsiedlung wurde ab 1244 mit einer Mauer umgeben, die im Süden von der Stiftsstadt über die heutige Schloßkirche in der Universität, entlang der Franziskaner- und Konviktstraße zum Alten Zoll führte. Im Westen und Norden verlief sie parallel zur heutigen Vivatsgasse, der Kasernenstraße und Theaterstraße.

Von den Stadttoren ist allein das Sterntor erhalten geblieben, das zwar 1898 abgebrochen wurde, aber im Anschluß an einen Halbrundturm der alten Stadtbefestigung in der Vivatsgasse wieder neu errichtet wurde (ENNEN & HÖROLDT 1985: 65). Es vermittelt einen Eindruck von der Bauausführung der mittelalterlichen Stadtmauer, die zwischen den Türmen ca. 1 m dick und 7 m hoch war.

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts wurde die Mauer durch Schanzen vor den Haupttoren verstärkt (ADERS 1973). Rechtsrheinisch entstand in Beuel ein Fort, dessen genaue Lage heute jedoch nicht mehr nachweisbar ist. Im Laufe des 17. Jahrhunderts, insbesondere während des Dreißigjährigen Krieges, wurden die Schanzen zu einem geschlossenen Befestigungsring ausgebaut. Der Verlauf der Befestigungsgräben ist im heutigen Stadtbild anhand der Straßenbezeichnungen leicht nachvollziehbar (Cassiusgraben, Florentiusgraben, Annagraben). 1741/42 ließ Kurfürst Clemens August den Südteil der Befestigungsanlagen im Zuge des Ausbaus der Kurfürstlichen Residenz (heute Universität) und des nach Süden anschließenden Hofgartens abtragen. Die übrigen Wälle fielen nach 1825 der Stadterweiterung zum Opfer.

Die gesamte Innenstadt von Bonn ist flächenhaft mit Auffüllungen von mehr als 1 m Mächtigkeit bedeckt, überwiegend handelt es sich um Schluff und Sand mit Beimengungen von Bauschutt und Siedlungsabfällen. Im Bereich der ehemaligen Befestigungsanlagen können die Auffüllungen Mächtigkeiten von mehr als 10 m erreichen. Dort ist neben Lockermaterial auch mit massivem Mauerwerk der alten Stadtmauern und Bastionen zu rechnen.

### **Hinweise auf technische Regelwerke (Normen)**

Deutsche Industrienormen (Beuth-Verlag; Berlin, Wien, Zürich):

DIN 1054 (1976): Baugrund. Zulässige Belastung des Baugrunds, mit Beibl.

DIN 1055, Tl. 2 (1976): Lastannahmen für Bauten. Bodenkenngößen: Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel.

DIN 4014 (1990): Bohrpfähle. Herstellung, Bemessung und Tragverhalten.

DIN 4017, Tl. 1 (1979): Baugrund. Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen, mit Beibl.

- DIN 4017, TI. 2 (1979): Baugrund. Grundbruchberechnungen von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen, mit Beibl.
- DIN 4018 (1974): Baugrund. Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen, mit Beibl.
- DIN 4019, TI. 1 (1979): Baugrund. Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung, mit Beibl.
- DIN 4019, TI. 2 (1981): Baugrund. Setzungsberechnungen bei schräg und bei außermittig wirkender Belastung, mit Beibl.
- DIN 4020 (1990): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke, mit Beibl.
- DIN 4021 (1990): Baugrund. Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.
- DIN 4022, TI. 1 (1987): Baugrund und Grundwasser. Benennen und Beschreiben von Boden und Fels. Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels.
- DIN 4022, TI. 2 (1981): Baugrund und Grundwasser. Benennen und Beschreiben von Boden und Fels. Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein).
- DIN 4022, TI. 3 (1982): Baugrund und Grundwasser. Benennen und Beschreiben von Boden und Fels. Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein).
- DIN 4023 (1984): Baugrund- und Wasserbohrungen. Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.
- DIN 4026 (1975): Ramppfähle. Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung, mit Beibl.
- DIN 4030, TI. 1 (1991): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Grundlagen und Grenzwerte.
- DIN 4030, TI. 2 (1991): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben.
- DIN 4084 (1981): Baugrund. Gelände- und Böschungsbruchberechnungen, mit Beibl. 1.
- DIN 4094 (1990): Baugrund. Erkundung durch Sondierungen, mit Beibl. 1.
- DIN 4095 (1990): Baugrund. Dränung zum Schutz baulicher Anlagen. Planung, Bemessung und Ausführung.
- DIN 4123 (1972): Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen.
- DIN 4124 (1981): Baugruben und Gräben. Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau.
- DIN 4125 (1990): Verpreßanker. Kurzzeitanker und Daueranker, Bemessung, Ausführung und Prüfung.

- DIN 4149, Tl. 1 (1981): Bauten in deutschen Erdbebengebieten. Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, mit Beibl.
- DIN 18 195, Tl. 4 (1983): Bauwerksabdichtungen. Abdichtungen gegen Bodenfeuchtigkeit, Ausführung und Bemessung.
- DIN 18 195, Tl. 5 (1984): Bauwerksabdichtungen. Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser, Ausführung und Bemessung.
- DIN 18 195, Tl. 6 (1983): Bauwerksabdichtungen. Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser, Ausführung und Bemessung.
- DIN 18 196 (1988): Erd- und Grundbau. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.
- DIN 18 300 (1992): VOB – Verdingungsordnung für Bauleistungen, Tl. C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Erdarbeiten.

Folgende Schriften und Karten bieten zusätzliche Informationen und Planungshilfen:

- ADERS, G. (1973): Bonn als Festung. – Veröff. Stadtarchiv Bonn, **12**: 147 S., 37 Abb.; Bonn (Ludwig Röhrscheid).
- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.  
Blatt L 5308 Bonn (1983), Bearb. SCHNEIDER, F. K.
- Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau [Hrsg.] (1976): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 76). – 81 S., 8 Tab., 2 Anl.; Köln (Forsch.-Ges. Straßenwesen).
- BURGHARDT, O. (1979): Siebengebirge. Landschaft im Wandel. – 65 S., 30 Abb., 2 Tab., 1 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. [Hrsg.] (1980): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB. – 106 S., 44 Abb., 1 Tab.; Berlin, München (W. Ernst & Sohn).
- ENNEN, E.; HÖROLDT, D. (1985): Vom Römerkastell zur Bundeshauptstadt – Kleine Geschichte der Stadt Bonn. – 447 S., 128 Abb., 4 Beil.; Bonn (Stollfuß).
- FLOSS, R. (1979): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 76), Kommentar. – 453 S., 154 Abb., 84 Tab.; Bonn-Bad Godesberg (Kirschbaum).
- FLOSS, R.; TOUSSAINT, A. (1976): Abfallstoffe und industrielle Nebenprodukte im Erd- und Straßenbau. – Straße u. Autobahn, **27**: 303 – 313, 15 Abb.; Bonn-Bad Godesberg (Kirschbaum).
- FRECHEN, J. (1942): Der geologische Aufbau des Finkenberges. – Decheniana, **101 AB**: 215 – 230, 5 Abb.; Bonn.

- FRECHEN, J. (1976) Siebengebirge am Rhein – Laacher Vulkangebiet – Maargebiet der Westeifel – Vulkanologisch-petrographische Exkursionen, 3. Aufl. – Slg. geol. Führer, **56**: 209 S., 46 Abb., 7 Tab., 5 Beil.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, mit Erl. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.  
Blatt C 5506 Bonn (1987), Bearb. BURGHARDT, O.; HAMMLER, U.; JÄGER, B.; LEDOUX, H.; MICHEL, G.; MÜLLER, H.-P.; REINHARDT, M.; RIBBERT, K.-H.
- Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten 1 : 25 000, mit Erl. – Hrsg. Preuß. Geol. L.-Anst.; Berlin.  
Blatt Bonn (1923), Bearb. RAUFF, H.; ZIMMERMANN, E.; KEGEL, W.
- Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Stand Okt. 1973. – Hrsg. L.-Umweltamt Nordrh.-Westf.; Essen.  
Blatt L 5308 Bonn
- Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Stand April 1988. – Hrsg. L.-Umweltamt Nordrh.-Westf.; Essen.  
Blatt L 5308 Bonn
- HAGER, H. (1981): Das Tertiär des Rheinischen Braunkohlenreviers, Ergebnisse und Probleme. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **29**: 529 – 563, 3 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- HAGER, H.; PRÜFERT, J. (1988): Tertiär. – In: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein, 4. Aufl.: 32 – 40, 2 Abb.; Krefeld.
- Hydrologisches Kartenwerk der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen (Grundriß- u. Profilkarte 1 : 25 000. – Minist. Ernährung, Landwirtsch. u. Forsten Land Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf. – [Handkol. Ausg. unveröff.]  
Blatt 5208 Bonn (1963), Bearb. DIELER, H.
- MÜLLER, L. (1987): Spezielle geologische und geotechnische Untersuchungen bei der Sanierung von Rutschungen im nördlichen Siebengebirge. – Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., **27**: 234 S., 90 Abb., 25 Tab., 1 Anl.; Aachen.
- PACHER, F.; RABCEWITZ, L. VON; GOLSER, J. (1974): Zum derzeitigen Stand der Gebirgsklassifizierung im Stollen- und Tunnelbau. – B.-Minist. Bauen u. Techn., Straßenforsch., **18**: 51 – 58, 2 Taf.; Wien.
- PETRIKOVITS, H. (1960): Das römische Rheinland. Archäologische Forschungen seit 1945. – Arb.-Gem. Forsch. Land Nordrh.-Westf., Geisteswiss., **86**: 173 S., 44 Abb., 17 Taf., 1 Beil.; Köln, Opladen (Westdt. Verl.).
- SMOLTZYK, U. [Hrsg.] (1980 – 1987): Grundbau-Taschenbuch, 3. Aufl. – **1**: 598 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1980; **2**: 995 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1982; **3**: 560 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1987; Berlin, München (W. Ernst & Sohn).
- SCHNEIDER, H.; THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Ertfgebietes. – 185 S., 75 Abb., 7 Tab., 2 Taf.; Düsseldorf (Minist. Ernähr., Landwirtsch. u. Forsten Land Nordrh.-Westf.).