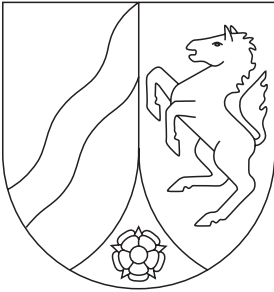


# Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen



Ingenieurgeologische Karte  
1:25 000

4907 Leverkusen  
Erläuterungen





## Darstellungsprinzip

Für die ingenieurgeologische Beurteilung der Schichten sind unter dem Gesichtspunkt der Tragfähigkeit und der Eignung des jeweiligen Bodens als Erdbaustoff die Korngrößenzusammensetzung, der Mineralbestand, die Lagerungsdichte, das Porenvolumen, der Wassergehalt, die Plastizität, die Schichtdicke, die geologische Geschichte und die daraus herzuleitenden geotechnischen Eigenschaften von Bedeutung. Auch die Grundwasserstände können für die Belastbarkeit des Bodens und für dessen Gewinnung, Transport und Verwendung als Erdbaustoff bedeutsam sein.

Im Blattgebiet werden nach diesen Gesichtspunkten drei ingenieurgeologische Einheiten, die über- oder auch nebeneinander lagern, unterschieden (s. Abbildung):

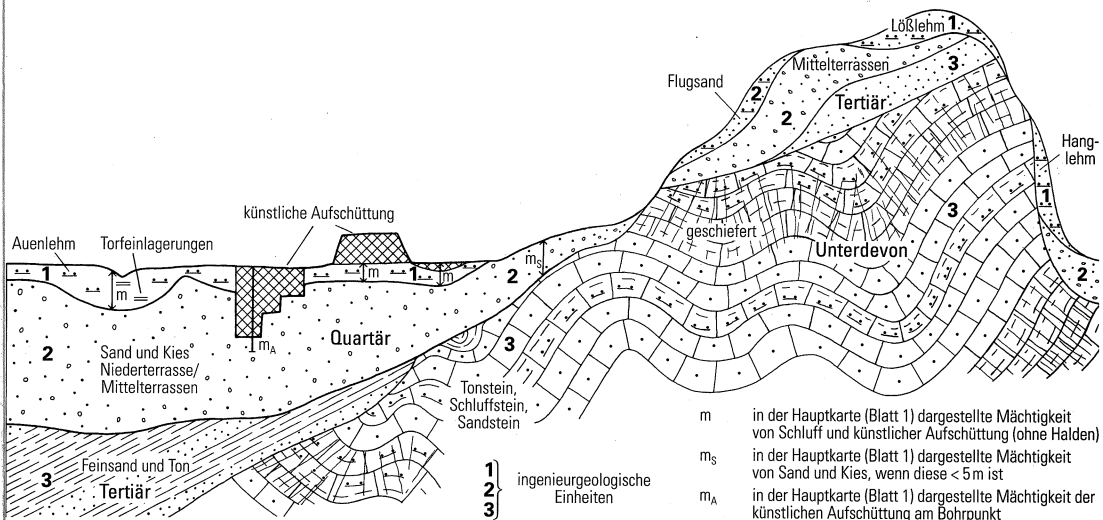
- Einheit 1 (E1) umfaßt die oberflächennahen holozänen und pleistozänen Lockergesteine, die mäßig bis gering oder auch nicht tragfähig sind: Diese Lockergesteine bestehen aus tonigen, feinsandigen Schluffen oder Schluff/Sand-Wechselfolgen, teilweise mit humosen und/oder tonigen Einlagerungen. Geologisch handelt es sich um Auen- und Hochflutlehm, den bindigen oberen Teil der Niederterrasse, Sandlöß, Lößlehm und Hanglehm des Holozäns und Pleistozäns. Diese Bodenarten werden in der Hauptkarte „Art und Mächtigkeit der Bodenschichten“ (Blatt 1) zusammengefaßt und in olivgrünen Farben dargestellt. Einlagerungen von Auen- und Hochflutton sind in der Hauptkarte (Blatt 1) durch violette waagerechte Strichsignaturen dargestellt. Humose und torfige Einlagerungen sind durch rote Zeichen (Doppelstriche) am Bohrpunkt markiert. Auch die künstlichen Aufschüttungen werden zur Einheit 1 gerechnet. Sie sind durch graue Strichsignaturen gekennzeichnet. Bohrungen, in denen künstliche Aufschüttungen nachgewiesen wurden, sind mit einer mächtigkeitsbezogenen Signatur versehen
- Einheit 2 (E2) besteht vorwiegend aus grobkörnigen, teilweise feinkörnigen Lockergesteinen des Holozäns und Pleistozäns mit guter bis sehr guter Tragfähigkeit. Sie wird großenteils von Lockergesteinen der Einheit 1 überdeckt, kann aber, wo diese fehlen, auch direkt an der Oberfläche liegen. Die Einheit 2 setzt sich aus mitteldicht gelagerten Auen- und Hochflutsanden, Flugsanden sowie dichtgelagerten Kiesen und Sanden der Mittel- und Niederterrasse zusammen. Einheit 2 ist nicht immer vorhanden. Die sandig-kiesigen Ablagerungen werden in gelben Farben dargestellt.
- Einheit 3 (E3) folgt unter dem Quartär und setzt sich größtenteils aus steifem bis halbfestem Ton und dichtgelagertem Feinsand des Tertiärs von mäßiger bis guter Tragfähigkeit zusammen. Im Nordosten des Blattgebiets treten gefaltete Ton-, Schluff- und Sandsteine — untergeordnet auch Konglomerate — des Unterdevons unmittelbar unter Einheit 1 oder 2 nahe an die Geländeoberfläche. Diese Festgesteine sind von zahlreichen Trennflächen durchsetzt und haben im allgemeinen eine sehr gute Tragfähigkeit.

In der Hauptkarte „Art und Mächtigkeit der Bodenschichten“ im Maßstab 1 : 25 000 (Blatt 1) wird die Mächtigkeit der geringer tragfähigen ingenieurgeologischen Einheit 1, daneben aber auch die Mächtigkeit der gut bis sehr gut tragfähigen Einheit 2, wo diese unmittelbar an der Oberfläche ausstreicht, dargestellt. Kleinflächig treten auch Schichten der Einheit 3 an die Geländeoberfläche. In den Aufschüttungsflächen sind die Mächtigkeitslinien des Schluffs (einschließlich künstlicher Aufschüttungen) gestrichelt dargestellt. Diese Flächen sind mit linksliegenden Schraffen versehen. Flächen mit Aufschüttungen in ehemaligen Abgrabungen und ehemals offenen Gewässern sind mit

waagerechten Kreuzschraffen gekennzeichnet und enthalten keine Mächtigkeitslinien. Künstliche Aufschüttungen, die bereits in der topographischen Karte mit Böschungssignaturen oder als Verkehrswegedämme gekennzeichnet sind, werden in den Mächtigkeitsdarstellungen der Hauptkarte und der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ nicht berücksichtigt.

Die Beschreibung der Bodenarten entspricht DIN 4022, die Darstellung richtet sich nach DIN 4023.

Vier West – Ost und drei Nord – Süd gerichtete „Schnitte“ (Längenmaßstab 1 : 25 000, Höhenmaßstab 1 : 1 000, Blatt 2) geben im Bereich der oberen 60 m einen Einblick in die Lagerungsformen der verschiedenen Gesteinsschichten. Wegen der Bedeutung der oberflächennahen Lockergesteine für Ingenieurvorhaben sind die Schnitte 25fach überhöht, um die einzelnen Schichten noch darstellen zu können.



Schematischer Schnitt zur Erläuterung des Darstellungsprinzips

Der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 1) sind die Gesamtmächtigkeiten der Einheiten 1 und 2 sowie Beschaffenheit und geologisches Alter der unterlagernden präquartären Schichten (Einheit 3) zu entnehmen.

Acht „Lagenkugeldiagramme“ (Blatt 1) zeigen die örtlich unterschiedliche räumliche Lage von Schicht-, Schieferungs- und Kluftflächen im Festgestein.

Die „Bohrkarte“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 1) dokumentiert Lage und Tiefe der für die Kartenkonstruktionen ausgewerteten 2 900 Bohrungen.

Tabellen der „Gesteinsphysikalischen Kennwerte“ und der „Korngrößenverteilungen“ (Blatt 1) der Böden bieten zusätzliche Informationen.

Die Karten „Grundwassergleichen April 1988“ und „Flurabstand des Grundwassers April 1988“ im Maßstab 1 : 50 000 (Blatt 2) zeigen die Grundwasserverhältnisse für einen hohen Grundwasserstand. In fünf „Grundwasserstandsganglinien“ (Blatt 2) werden die langjährigen Grundwasserstandsschwankungen dargestellt.

Die Erarbeitung und die Darstellungsmethodik der ingenieurgeologischen Karte beschreibt J. KALTERHERBERG (1985) in „Die Ingenieurgeologische Karte 1 : 25 000 (IK) des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen“.

## **Geologischer Überblick**

Das Blattgebiet gehört zum größten Teil zur Niederrheinischen Bucht. In diesem Gebiet ist infolge starker Absenkung im Tertiär (Oberoligozän) eine mächtige Schichtenfolge von Sanden mit Einlagerungen aus Tonen, Schluffen und Braunkohle abgelagert worden. Diese Schichten sind allgemein von bis zu 38 m mächtigen pleistozänen Terrassenschottern des Rheins und seiner Nebenflüsse überdeckt. Als jüngste Sedimente sind Auen- und Hochflutablagerungen weit verbreitet.

Der Nordostteil des Blattgebiets ist dem Randbereich des Rheinischen Schiefergebirges zuzurechnen. Aufgrund quartärzeitlicher Hebungen sind dort die tertiären Schichten größtenteils wieder abgetragen worden. Die älteste tertiäre Feinsandschicht ist allerdings noch in Mächtigkeiten bis zu 15 m erhalten. Gefaltete Festgesteine des Unterdevons treten örtlich an die Geländeoberfläche, meist sind sie aber von quartären Lockergesteinen überdeckt.

Einen erdgeschichtlichen Überblick gibt die nebenstehende Tabelle.

## **Unterdevon (E3)**

Der Festgesteinsuntergrund besteht hauptsächlich aus gefalteten Wechselfolgen von Sand-, Schluff- und Tonsteinen des Unterdevons. Die Ablagerungen werden den Bredeck- und den Bunten Ebbe-Schichten, den Grenzschichten Siegen/Ems sowie den Remscheid-Schichten zugeordnet. Die Bredeck- und die Bunten Ebbe-Schichten wie auch die Grenzschichten Siegen/Ems bestehen im wesentlichen aus grauen, roten und grünen sandigen Ton- und Schluffsteinen mit Einlagerungen grauer und grüner Konglomerate sowie quarzitischer Feinsandsteine. Die Sandsteine zeigen häufig Schrägschichtungen. Dunkelgraue, geschieferte Tonsteine in Wechselfolge mit grauen Schluff- und graugrünen Sandsteinen kennzeichnen die Remscheid-Schichten. Die marinen Sedimentgesteine wurden im Laufe der variscischen Gebirgsbildung gefaltet, zum Teil geschiefert und durch tektonische Störungen (Auf- und Abschiebungen sowie Seitenverschiebungen) vielfach zerlegt. In der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ sind nur im Nordosten des Blattgebiets zwei in Nordwest-Südost-Richtung verlaufende Verwerfungen dargestellt, da an ihnen auch die Tertiär-Schichten verstellt sind. An diesen Abschiebungen sind die Gesteinsschollen bis zu 14 m vertikal versetzt.

## Erdgeschichtlicher Überblick

Ära	System	Alter (Mio. Jahre)	Gliederung		Schichten, Gesteine, geologische Vorgänge	
Känozoikum	Quartär	0,01	Holozän		künstliche Aufschüttungen: Bauschutt, Erdaushub, Müll Niedermoorbildungen: Humus, Torf Auenablagerungen: Ton, Schluff, Sand Hochflutablagerungen: Ton, Schluff, Sand	
			Weichsel		Flugsand: Sand Sandlöß: Feinsand, schluffig Lößlehm: Schluff, tonig, feinsandig Hanglehm: Schluff, tonig, sandig, steinig Niederterrasse: Sand, Kies, Schluff, steinig	
		Pleistozän	Eem		nicht nachgewiesen	
			Saale		Untere (Jüngere) Mittelterrasse: Sand, Kies, Schluff, steinig	
			Holstein		Holstein-Schichten: Ton, Schluff, Sand, Torf	
			Elster		Mittlere/Obere (Ältere) Mittelterrasse: Sand, Kies, Schluff, steinig	
			ältere Kalt- und Warmzeiten			
			Tertiär	2,4	Pliozän	
		Miozän				
		Oligozän			Chatt	Köln-Schichten: Sand; Ton, schluffig; Braunkohle Grafenberg-Schichten: Feinsand, schwach schluffig
	Eozän					
	Paleozän					
	Mesozoikum	Kreide	65			
		Jura	144			
		Trias	206		nicht nachgewiesen	
	Paläozoikum	Perm	251			
Karbon		296				
		354		variscische Gebirgsbildung		
Devon			Oberdevon			
			Mitteldevon			
		Unterdevon	Ems	Remscheid-Schichten: Ton-, Schluff-, Sandstein Grenzsch. Siegen/Ems: Ton-, Schluff-, Sandstein, Konglomerat		
			Siegen			
	Gedinne		Bunte Ebbe-Schichten: Ton-, Schluff-, Sandstein, Konglomerat Bredeneck-Schichten: Ton-, Schluff-, Sandstein, Konglomerat			
	400					

## **Tertiär (E3)**

Über den Schichten des Devons liegen im Nordosten des Blattgebiets Ablagerungen des Tertiärs. Die hellgelben und weiß- bis hellgrauen, teils leicht eisenschüssigen marinen Feinsande sind schwach schluffig bis schluffig, teils schwach tonig. Sie sind in Mächtigkeiten bis zu ca. 15 m verbreitet und an Störungen bis zu 14 m versetzt. Die gleichförmigen, quarzreichen Sande mit örtlich geringmächtigen Quarzkieseinlagerungen enthalten lagenweise sandigen Schluff. Sie werden den oberoligozänen Grafenberg-Schichten zugeordnet, die bei Leichlingen-Trompete als Formsande abgebaut wurden.

Im größten Teil des Blattgebiets wurde im späten Oligozän jedoch die Aufeinanderfolge von marinen Sanden sowie terrestrischen Tonen und Schluffen der Köln-Schichten abgelagert. Die dunkelgrauen und grüngrauen, teilweise mittelsandigen, schwach schluffigen bis schluffigen, teilweise schwach tonigen marinen Feinsande führen örtlich lagenweise Muschelreste. In einzelnen Bohrungen wurden auch Ton-, Schluff- und Braunkohleneinlagerungen angetroffen. Die schwach bis stark schluffigen terrestrischen Tone — untergeordnet auch Schluffe — führen lokal Braunkohle. Der Übergang der Tonfazies in die gleichaltrige Feinsandfazies ist fließend. Er wird in der Karte „Gesteine unter der Quartär-Basis und Mächtigkeit der Quartär-Schichten“ durch eine „Verzahnung“ der Schichten dargestellt.

Die Tertiär-Ablagerungen sind flach nach Süden bis Südwesten geneigt und bis zu 250 m mächtig. Im Südwesten des Blattgebiets sind die Köln-Schichten an einer Abschiebung mit einem Verwurfbetrag von bis zu 15 m gegeneinander versetzt.

## **Quartär (E2, E1)**

Die Schichten des Devons und des Tertiärs werden von bis ca. 38 m mächtigen Lockergesteinen des Quartärs überlagert. Die morphologisch hochliegenden Schotter der Oberen Mittelterrassen aus dem älteren Quartär sind nur noch auf sehr kleinen Flächen erhalten. Diese dichtgelagerten Sande und Kiese (E2) sind teilweise schwach schluffig und in Mächtigkeiten zwischen 1 und 8 m verbreitet. Die Unteren Mittelterrassen von Rhein und Wupper bestehen aus zum Teil schluffigen bis schwach tonigen, sandigen Kiesen (E2) mit örtlichen Einschaltungen von feinsandigen Ton- und Schlufflinsen, die teilweise während der Holstein-Zeit entstanden sind. Die Ablagerungen der Unteren Mittelterrassen werden in Mächtigkeiten von 3 – 30 m angetroffen, sind dicht gelagert und häufig eisenschüssig.

Während der letzten Kaltzeit (Weichsel) wurden die mitteldicht gelagerten, überwiegend kiesig-sandigen, teilweise schluffigen Sedimente der Niederterrassen von Wupper und Rhein abgelagert (E2). Die Niederterrassenablagerungen der Wupper setzen sich aus zum Teil schwach schluffigen, plattigen Kiesen mit einzelnen dünnen, kiesigen Sandlagen zusammen und sind 5 – 15 m mächtig. Die Niederterrassensedimente des Rheins bestehen hauptsächlich aus gut gerundeten Kiesen, die Einlagerungen von Fein-, Mittel- und Grobsand enthalten und bis zu 38 m mächtig sind.

Der obere Teil der Terrassenschichten besteht örtlich aus sandigen, teilweise tonigen Schluffen, die zur Einheit 1 gestellt werden.



Ein flächenmäßig kleiner Teil der Mittelterrassen und des devonischen Grundgebirges wird von Windablagerungen aus Lößlehm und Sandlöß bedeckt (E1). Der hellgelbe oder hellgraue, ehemals kalkhaltige Löß ist zu völlig entkalktem Lößlehm verwittert. Dieser sehr gleichförmige, tonige, schwach feinsandige Grobschluff kann in Hanglagen verschwemmt und umgelagert worden sein. Der Sandlöß besteht aus feinsandigem Schluff und schluffigem Feinsand. Übergänge und Verzahnungen der äolischen Sedimente sind meist fließend. Lößlehm und Sandlöß werden in Mächtigkeiten von 1 – 5 m angetroffen.

Örtlich sind Flug-, Auen- und Hochflutsand abgelagert. Die teils schwach tonigen, schwach schluffigen Fein- und Mittelsande werden dort, wo sie den Sedimenten der ingenurgeologischen Einheit 2 aufliegen, mit diesen zusammengefaßt. Sandeinlagerungen im Schluff sind in der Karte durch eine orange Schraffensignatur gekennzeichnet.

Die spätweichselzeitlichen bis holozänen Auen- und Hochflutlehme oder Auen- und Hochfluttone (E1) erreichen in ehemaligen Flußrinnen — z. B. in der früheren Rheinschlinge bei Worringen — Mächtigkeiten von 5 – 10 m. In den Haupttälern des Rheins und der Wupper bildet der Auenlehm die jüngste Ablagerung. Er besteht vorwiegend aus tonigem, sandigem Schluff und enthält örtlich humose bis torfige Einlagerungen.

Der bindige obere Teil der Niederterrassensedimente und der Hanglehm im Mittelgebirgstal gehören zu der oberflächennahen Einheit 1. Der Hanglehm setzt sich aus Schluff mit eingelagerten Gesteinsbruchstücken vom unterlagernden verwitterten Fels zusammen und führt auch Kiesanteile und Gerölle aus hochliegenden, älteren Terrassenablagerungen.

Künstliche Aufschüttungen (E1) wie Halden, Auffüllungen von natürlichen Hohlformen, Aufschüttungen und Einebnungen für Betriebsgelände und künstlich veränderte oder durch industrielle Nutzung beeinflusste Böden sowie Deponien von Siedlungs- und Gewerbeabfällen, Verfüllungen oder Teilverfüllungen von ehemaligen Abgrabungsflächen — insbesondere von zahlreichen Ziegeleigeländen — sind im Blattgebiet weit verbreitet. Der Mündungsbereich von Wupper und Dhünn im Bereich der Stadt Leverkusen wurde künstlich verlagert. Der ehemalige Flußverlauf ist heute verfüllt. Die Zusammensetzung der anthropogenen Ablagerungen und anthropogen veränderten Böden ist heterogen und zum Teil auch unbekannt.

## **Hydrogeologischer Überblick**

Die Karte der „Grundwassergleichen April 1988“ (Blatt 2) bietet die flächenhafte Darstellung eines hohen Grundwasserstandes. In den vier Aprilwochen wurden für das oberste Grundwasserstockwerk in ca. 800 Grundwassermeßstellen hohe Grundwasserstände ermittelt. Danach wurde bis 1997 ein entsprechend hoher Grundwasserstand nicht mehr erreicht. Einzelne flußnahe Meßstellen können davon abweichend durch das Hochwasser von Rhein und Wupper in der letzten Märzwoche 1988 höhere Grundwasserstände als im April aufzeigen. Die Darstellung dieser gemessenen höchsten Grundwasserstände ist für Bauwerksgründungen von besonderer Bedeutung, weil Gründung und somit Standsicherheit von Bauwerken vom maximal möglichen Grundwasserstand abhängen.

Rhein und Wupper bestimmen im Blattgebiet als Hauptvorfluter sowohl den ober- als auch den unterirdischen Wasserabfluß. Bei Hochwasser sickert Flußwasser im Uferbereich in den Grundwasserleiter und wirkt dem unterirdischen, zu den Vorflutern gerichteten Grundwasserabfluß entgegen. Somit ist eine von den Randbereichen des Einzugsgebiets her schwach konkav und dann zu den Flüssen hin leicht konvex ausgebildete Grundwasseroberfläche in der Grundwassergleichenkarte zu erkennen. Verschiedene Grundwasserentnahmeanlagen verstärken durch lokale Absenkungsbereiche diesen wellenförmigen Verlauf der Grundwasseroberfläche, ebenso können sie für Änderungen der Grundwasserfließrichtung verantwortlich sein.

Im Nordosten des Blattgebiets zeigen die Grundwassergleichen ein relativ steiles, gleichmäßiges Gefälle der Grundwasseroberfläche nach Westen und Südwesten zum Rhein und nach Südsüdost zur Wupper an. Sie verlaufen in Nord-Süd- und in Nordwest-Südost-Richtung, etwa parallel zum Mittelgebirgsrand. Im nordöstlichsten Bereich des Blattgebiets kann aus Mangel an Unterlagen keine weitere Darstellung geboten werden, hier sind nur punktuell Grundwasserstände anzugeben.

Die Mehrzahl der flußnahen Grundwassermeßstellen zeigt den höchsten Grundwasserstand Anfang April 1988, mehrere abseits von Rhein und Wupper liegende am Ende des Monats. Die Grundwassergleichenkarte bietet somit ein zeitlich gestrecktes Bild aller gemessenen Höchstwerte in diesem Zeitraum.

Die bis zu 38 m mächtigen Mittel- und Niederterrassenablagerungen von Rhein und Wupper sind im allgemeinen gute Porengrundwasserleiter. Allerdings führen die Schotter häufig 10 – 30 % Schluff und geringe Tonanteile, wodurch die Durchlässigkeiten in diesen inhomogen aufgebauten Bereichen sehr unterschiedlich sein können (Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  zwischen  $10^{-2}$  und  $10^{-7}$  m/s).

Im Nordosten des Blattgebiets können in den morphologisch hochliegenden Terrassen-schottern und den tertiären Feinsandschichten zusammenhängende oder lokale oberflächennahe Grundwasserkörper vorkommen. In den Sedimenten der Taleinschnitte ist örtlich mit isoliertem, schwebendem Grundwasser oder Schichtwasser zu rechnen. In den Festgesteinen des Unterdevons kann Kluftgrundwasser auftreten.

Die Karte „Flurabstand des Grundwassers April 1988“ (Blatt 2) ist aus der Grundwassergleichenkarte und den in der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 (Luftbildkarte) dargestellten Geländehöhen konstruiert worden. In der Kartendarstellung sind entlang des Rheins, in den Mündungsbereichen von Dhünn und Wupper und in der ehemaligen Rheinschlinge bei Köln-Worringen Flächen hervorgehoben, in denen durch Grundwasseraustritte oder durch mögliche Überflutungen der Flüsse zeitweise Überschwemmungen auftreten können. Gebiete mit geringem Flurabstand von 0 – 1 m und 1 – 2 m unter Gelände erkennt man in den Rheinniederungen zwischen Köln-Worringen und Köln-Langel, nordöstlich bei Dormagen, westlich von Monheim, im Unterlauf von Dhünn und Wupper sowie in einzelnen morphologischen Rinnen. Ein Flurabstand von 5 – 8 m und über 8 m ist insbesondere in Bereichen großflächiger künstlicher Aufschüttungen festzustellen.

In den Kartendarstellungen sind ausschließlich die höchsten im April 1988 gemessenen Grundwasserstände berücksichtigt worden. Bei anderen Hochwasserereignissen können lokal auch andere Überschwemmungsbereiche aufgetreten sein oder noch auftreten als die für April 1988 dargestellten.

Schwankungen der Grundwasserstände im Verlauf mehrerer Jahrzehnte sind den „Grundwasserstandsganglinien“ (Blatt 2) zu entnehmen, die vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, zur Verfügung gestellt wurden.

Die Grundwassermeßstelle 1 liegt an der Flußschleife zwischen Dormagen und Monheim, etwa 600 m westlich des Rheins. Die Grundwasserstandsganglinie umfaßt den Zeitraum von 1957 bis 1997. In dieser Zeit sind Grundwasserstandsschwankungen von bis zu 8 m dokumentiert. Die Ganglinie zeigt den deutlichen Einfluß des Rheins, insbesondere seiner Hochwässer, auf die Grundwasserstände. Der Meßwert für April 1988 (+36,5 m NN) ist auch 1982/83 und 1994/95 annähernd erreicht worden. Bei vierzehntägigen Messungen sind möglicherweise die höchsten Grundwasserstände nicht erfaßt worden. Für Bauwerksplanungen ist daher ein um 1,0 m höherer als der im April 1988 gemessene Grundwasserstand zugrunde zu legen, auch sind mögliche Beeinflussungen der Grundwasserstände durch verschiedene Grundwasserentnahmeanlagen der näheren Umgebung zu beachten.

Die Grundwassermeßstelle 2 liegt ca. 300 m südöstlich des Yachthafens von Monheim, am Laacherhof, in größerer Entfernung zum Rhein. Der für April 1988 abzulesende Grundwasserstand beträgt +36,3 m NN — ein Wert, der schon häufiger erreicht worden ist (1966, 1967, 1970, 1982 und 1983). Angesichts der vierzehntägigen Messungen können möglicherweise höhere Grundwasserstände nicht aufgezeichnet worden sein. Für Bauausführungen sollte daher als Bemessungsgrundwasserstand ein um 0,5 m erhöhter Meßwert berücksichtigt werden.

Die Grundwassermeßstelle 3 liegt ca. 500 m nordöstlich des Rheins, nahe Leverkusen-Hitdorf. Die Ganglinie zeigt Grundwasserstände aus der Zeit von 1954 bis 1993 mit Schwankungen zwischen +31,2 und +38,2 m NN. Der in der Grundwassergleichenkarte dargestellte Meßwert von April 1988 mit +38,2 m NN wurde nur noch in den Jahren 1970 und 1982 annähernd erreicht. Hinsichtlich des Abstandes zum Rhein und der vierzehntägigen Messungen können eventuelle Spitzenwerte nicht erfaßt worden sein. In diesem Bereich ist für Bauplanungen ein Sicherheitszuschlag von 1,0 m zu den in der Grundwassergleichenkarte dargestellten Verhältnissen zu addieren.

Die Grundwassermeßstelle 4 liegt südöstlich Köln-Thenhoven, nahe dem Worringer Bruch. Die Grundwasserstandsganglinie zeigt zwischen 1969 und 1973 eine insgesamt fallende Tendenz, danach bis 1988 einen ansteigenden Verlauf. Im gesamten Beobachtungszeitraum von 1969 bis 1997 wurde der maximale Meßwert im April 1988 aufgezeichnet. Aufgrund der größeren Entfernung zum Rhein ist bei Bauvorhaben nur ein Sicherheitszuschlag von 0,5 m zu dem Grundwassermeßwert von April 1988 hinzuzurechnen. Auch in dieser Meßstelle wurden die Grundwasserstände vierzehntägig gemessen.

Die Grundwassermeßstelle 5 liegt östlich Köln-Merkenich, unweit des Rheins. Die Ganglinie dokumentiert die Grundwasserstandsschwankungen zwischen 1969 und 1997, die in wöchentlichem Turnus gemessen wurden. In diesem Zeitraum sind Schwankungen von bis zu 8 m festzustellen. Die Grundwassermeßstelle befindet sich in einem Gebiet, das bei Rheinhochwässern zeitweise überflutet sein kann. In diesem Bereich sind daher für Bauvorhaben Höchstwasserstände des Rheins zu berücksichtigen, da diese Wasserstände der Grundwasserstandsganglinie nicht zu entnehmen sind.

Bei der Planung von Bauwerken sollten zusätzliche Auskünfte vom zuständigen Staatlichen Umweltamt (im Bereich Monheim und Langenfeld StUA Düsseldorf, sonst StUA Köln) und von der Unteren Wasserbehörde der jeweiligen Stadt oder Gemeinde eingeholt werden.

Bei Bauwerksgründungen im Schwankungsbereich des Grundwassers sind Untersuchungen auf Betonaggressivität (s. DIN 4030) zu empfehlen.

## **Geotechnische und bodenmechanische Eigenschaften der Böden**

In der Tabelle „Gesteinsphysikalische Kennwerte“ (Blatt 1) sind für die wichtigsten Bodenarten des Blattgebiets bodenmechanische Kennwerte, die zugehörigen Bodenklassen nach DIN 18 300 und die Bodengruppen nach DIN 18 196 angegeben. Die Zahlenwerte sollen einen Anhalt bieten und der Orientierung dienen. Bei örtlichen Untersuchungen sollten zusätzlich die erforderlichen Kennwerte in Laborversuchen ermittelt werden. Die Kennwerte müssen im Zusammenhang mit der Korngrößenverteilung der jeweiligen Schichten gesehen und bewertet werden. Hierüber informieren drei Diagramme mit insgesamt sechs Korngrößenverteilungen für Bodenproben aus dem Blattgebiet.

Die Ton-, Schluff- und Sandsteine des Unterdevons (E3) sind durch Trennflächen (Schicht-, Schieferungs- und Kluffflächen; s. „Lagenkugeldiagramme“, Blatt 1) vielfach zerlegt. Felsaufschlüsse zeigen vornehmlich geschieferte Ton- und Schluffsteine. Charakteristisch für diese Gesteine sind die teilweise sehr kleinen Schieferungsabstände, durch die eine dünnplattige bis blättrige Gesteinsabsonderung entsteht. Die bankigen, quarziti-schen Feinsandsteine haben meist auffällige Schicht- und Kluffflächen. Die Tonsteine besitzen eine deutlich ausgeprägte Transversalschieferung, die im allgemeinen in Nordost-Südwest-Richtung streicht und meist steil nach Südosten einfällt, mancherorts auch senkrecht steht. Nördlich Reuschenberg, in der Böschung am Mühlengraben, fallen die Schichtflächen zwischen 45 und 55° nach Südwesten ein und streichen mit 155 – 175°. In dem gegenüberliegenden östlichen Erosionshang der Wupper sind eine nordöstliche Streichrichtung und südöstliches Einfallen der Schichten festzustellen. Diese teilweise umlaufenden Streichrichtungen und unterschiedlichen Einfallrichtungen der Schichtflächen weisen darauf hin, daß die Gesteinsschichten hier eine Mulde (Synklinale) bilden.

Der Abstand der Kluffflächen liegt im Zentimeter- bis Meterbereich. In den „Lagenkugeldiagrammen“ wird die räumliche Lage der Trennflächen gezeigt.

Die Festgesteine des Unterdevons wurden durch Verwitterungsvorgänge bis in mehrere Meter Tiefe stark entfestigt und zersetzt. Die Verwitterungsschicht aus Tonen und Schluffen sowie untergeordnet aus schluffigen Sanden mit Einlagerungen von Gesteinsbruchstücken ist örtlich 0,5 bis ca. 5 m mächtig, kann aber auch fehlen. Eine Bohrung am Neuburger Hof zeigt in einer Tiefe von 18 – 63 m unter Bohransatzpunkt einen schluffigen Ton mit wenigen Tonsteinbröckchen. Diese stark verwitterte Tonsteinschicht gibt einen Hinweis auf die möglichen Mächtigkeiten der ursprünglichen Zersetzungszone.

Die Devon-Gesteine sind ein sehr gut geeigneter Baugrund. Als Festgesteine sind sie nach DIN 18 300 in die Bodenklassen 6 oder 7 einzustufen, der verwitterte Bereich in die Klassen 5 und 6. Wegen der Schlämmkornanteile sind diese entfestigten und teilweise umgelagerten Lockergesteinsschichten wasser- und frostempfindlich.

Die räumliche Lage von Trennflächen in An- und Einschnittböschungen ist für Baumaßnahmen von Bedeutung und deshalb zu untersuchen. Streichen Trennflächen, wie Schicht-, Schieferungs- oder Kluffflächen, etwa parallel zu steilen Böschungsflächen und fallen flacher als diese ein, so kann es zu Rutschungen kommen. Bei Verschneidungen unterschiedlicher Trennflächen können keilförmige Felsausbrüche entstehen, wenn die Schnittkanten deutlich geneigt sind, aber flacher als die Anschnittböschung einfallen.

Die Lockergesteine des Tertiärs (E3) bestehen überwiegend aus Feinsanden und Tonen. Die Grafenberg-Schichten mit einem Korngrößenanteil von 70 – 95 % im Feinsandbereich sind lagenweise schwach schluffig bis schluffig und zum Teil schwach tonig. Diese gleichförmigen Sande sind in Anschnitten und in Böschungen unter Wasserzutritt fließgefährdet. Die marinen Feinsande der Köln-Schichten sind vorwiegend schwach schluffig bis schluffig. In den festländischen Tonen der Köln-Schichten treten örtlich geringmächtige Braunkohlenflöze auf. Aufgrund des hohen geologischen Alters und der Belastung durch überlagernde Schichten kann eine gute Konsolidierung der tertiären Lockergesteine angenommen werden. Die Feinsande der Grafenberg- und Köln-Schichten sind dicht gelagert und ein gut tragfähiger Baugrund. Die mittel- bis ausgeprägt plastischen Tone und die Braunkohleneinlagerungen haben eine mäßige bis gute Tragfähigkeit. Durch Entlastung und Veränderung des Wassergehalts kann es bei den Braunkohleneinlagerungen zur Volumenänderung und Verringerung der Tragfähigkeit kommen. Sie verfügen dann über ähnliche Eigenschaften wie Torf. Die Tone können durch Austrocknung ihr Volumen verringern und schrumpfen und dann bei Wasseraufnahme wieder quellen und ihr Volumen vergrößern. Aufgrund der Schlämmkornanteile sind alle Schichten des Tertiärs frost- und feuchtigkeitsempfindlich.

Die Nieder- und Mittelterrassenablagerungen und die in der Kartendarstellung mit diesen zusammengefaßten Auen-, Flug- und Hochflutsande entsprechen der ingenieurgeologischen Einheit 2. Die Sande und Kiese sind im Bereich der oberen 2 m locker bis mitteldicht, darunter mitteldicht bis dicht gelagert. Die vorwiegend fluviatilen Ablagerungen sind als Baugrund und als Erdbaustoff gut geeignet. Die älteren Schotter der Mittelterrassen sind im allgemeinen dicht gelagert, wenn sie nicht an der Oberfläche durch Witterungseinflüsse aufgelockert sind. Sie führen häufig 10 – 30 % Schluff und geringe Tonanteile. Teilweise aus dem Holstein stammende Einlagerungen von schwach feinsandigen, tonigen Schluffen und leicht bis mittelplastischen Tonen mit fester Konsistenz und Mächtigkeiten von 0,2 – 2,9 m sind lokal verbreitet. Aufgrund ihrer bindigen Bestandteile sind diese Einlagerungen in den Terrassensedimenten feuchtigkeits- und frostempfindlich und nur bedingt einbaufähig.

Die schluffig-tonigen Schichten der ingenieurgeologischen Einheit 1 zeigen im Korngrößendiagramm Schlämmkornanteile von 40 – 95 %, davon Tonanteile von ca. 5 – 35 %. Diese bindigen Schichten mit über 15 – 40 % Feinkornanteil (Korndurchmesser < 0,063 mm) sind nach der Bodenklassifikation (DIN 18 196) als leicht plastische Schluffe oder leicht, mittel- und ausgeprägt plastische Tone einzustufen. Die Ablagerungen sind gering bis mäßig konsolidiert. Die Böden sind feuchtigkeits- und frostempfindlich. Sie haben im allgemeinen steife, bei Vernässung, durch statische oder dynamische Belastung oder unterhalb des Grundwasserspiegels weiche bis breiige Konsistenz. Beim Wiedereinbau bindiger Böden kann die erforderliche optimale Verdichtung nur in engen Wassergehaltsgrenzen erreicht werden.

Humose Bodenarten sind nicht tragfähig und somit als Baugrund ungeeignet. Da die Zersetzung der humosen Substanz nicht abgeschlossen ist, muß mit einem fortschreitenden Volumenverlust gerechnet werden. Torfe können ein Mehrfaches ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen und wieder abgeben. Sie unterliegen dabei erheblichen Volumenänderungen. Torfe und humose Bodenarten sind gegen tragfähige Böden auszutauschen, oder die Gründungsflächen sollten unterhalb solcher Ablagerungen liegen.

Als Baugrund sind künstliche Aufschüttungen im allgemeinen nicht geeignet. Sie haben überwiegend eine heterogene Zusammensetzung und unregelmäßige Lagerungsdichten. Flächen mit Aufschüttungen aus Bauschutt oder Erdaushub können jedoch durch Verdichtung und konstruktive Maßnahmen zur Aufnahme von Bauwerkslasten hergerichtet werden (vgl. S. 13). Aufschüttungen von Siedlungsabfällen sind aufgrund lockerer und hohlraumreicher Lagerung sowie fortschreitender Zersetzung als Baugrund ungeeignet. Über die Verwendung von Abfallstoffen als Erdbaustoff liegt eine Untersuchung von Floss & TOUSSAINT (1976) vor.

In jedem Fall müssen die Eigenschaften der künstlichen Aufschüttungen und der künstlich veränderten Böden für eine mögliche Verwendung als Erdbaustoff oder Baugrund durch spezielle Untersuchungen beurteilt werden.

### **Anwendung für Planungsfragen und Hinweise auf technische Regelwerke (Normen)**

Nach der Karte der Erdbebenzonen in DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten, 1981) sowie dem Beiblatt 1 zu DIN 4149 liegt der äußerste Südwesten des Blattgebiets in der Erdbebenzone 2. Daran schließt sich ein Nordwest – Südost verlaufender Streifen der Erdbebenzone 1 an. Bei Bauwerksplanungen sollten die in der DIN gegebenen Empfehlungen bezüglich der konstruktiven Anforderungen, der zulässigen Geschöszahlen, der Lastannahmen und der zulässigen Spannungen beachtet werden.

Der Nordosten des Blattgebiets liegt in der Erdbebenzone 0. Danach sind in dem Bereich bei Bauwerksplanungen keine Maßnahmen zur Erdbebensicherung erforderlich.

Bei Planungsfragen liefert die Ingenieurgeologische Karte 1 : 25 000 mit ihren Einzelkarten, Tabellen und Diagrammen Auskünfte zu folgenden Punkten:

- Lagerungsverhältnisse, Abfolge und geotechnischer Charakter der Bodenschichten
- Mächtigkeiten der weniger tragfähigen Bodenschichten
- Tiefenlage des gut tragfähigen Baugrundes
- Mächtigkeiten der Quartär-Schichten
- strukturelle und petrographische Ausbildung des Präquartärs
- Verbreitung und zum Teil Mächtigkeit der künstlichen Aufschüttungen
- allgemeine gesteinsphysikalische Kennwerte (Erfahrungswerte)
- Grundwassergleichen, Flurabstand des Grundwassers für einen hohen Grundwasserstand (April 1988) sowie das Langzeitverhalten des Grundwassers anhand von Grundwasserstandsganglinien

Diese Darstellungen des Untergrundes und seiner bodenmechanischen Kennwerte können zur Klärung von Fragen der übergeordneten kommunalen und regionalen Planung herangezogen werden — zum Beispiel für

- die Ausweisung von Bebauungsgebieten (Wohnbebauung, Industrieansiedlung)
- die Ausweisung von geeigneten Deponieflächen
- die Trassierung von Verkehrswegen und Versorgungsleitungen
- die Abgrabung nutzbarer Gesteine
- die Abschätzung der Grundwasserstände und Ermittlung der Mächtigkeiten des obersten Grundwasserleiters

Die Karte kann für spezielle Bauvorhaben zusammen mit den geltenden Richtlinien der DIN Angaben zu Vorentwürfen von Bauwerksgründungen liefern. Der Planungsfachmann kann mit diesen Unterlagen ein Gründungskonzept entwickeln, das durch gezielte örtliche Untersuchungen ausgebaut und gestützt werden muß. Er kann aus der ingenieurgeologischen Karte entnehmen, ob die sich konstruktiv ergebende Gründungstiefe in tragfähigem Baugrund liegt und ob die aus der Bauwerkskonstruktion resultierende Gründungsart möglich ist.

Bei ungünstigen Baugrundverhältnissen (künstliche Aufschüttungen, junge Schluffe, humose oder torfige Einlagerungen, hohe Grundwasserstände) sind entsprechende Maßnahmen und Gründungsarten vorzusehen — zum Beispiel Verdichtung des Untergrundes, chemische Verfestigung, (teilweiser) Baugrundersatz durch Kies, Gründung mit bewehrten Streifenfundamenten oder, bei größeren Einzellasten, mit Brunnen oder Pfählen im tiefer liegenden, besser tragfähigen Baugrund. Bei geringerem Konsolidierungsgrad des Bodens und setzungsempfindlichem Bauwerk können untereinander verbundene und konstruktiv bewehrte Streifenfundamente erforderlich werden. Unvermeidliche Einzelfundamente sollten durch Zerrbalken miteinander oder mit benachbarten Streifenfundamenten verbunden werden. Der Mehraushub und Ersatz durch Magerbeton oder mittels lagenweise einzubauendem und zu verdichtendem Kies kann eine Gründung mit höheren spezifischen Sohlpressungen ermöglichen. In der DIN 1054 sind die für die einzelnen Bodenarten zulässigen Bodenpressungen in Relation zur Fundamentbreite und Einbindetiefe angegeben.

Für den eigentlichen Bauwerksentwurf sollten gezielte Untersuchungen (Bohrungen, Schürfe und Baugrubenbegehungen) durchgeführt werden, um eine sichere und wirtschaftliche Gründung zu erreichen.

Auf eine weitergehende Diskussion von praktischen Maßnahmen für Bauwerksgründungen, Verkehrswegebau oder erdverlegte Leitungen wird hier verzichtet. Allgemeine Hinweise und Verfahren können den geltenden Normen entnommen werden. Deshalb folgt eine Auflistung der geltenden Normen für den Bereich Baugrund – Bauwerk, in denen das unter Fachleuten gesicherte „Know-how“ festgelegt ist. Diese Normen gelten als Teil der „anerkannten Regeln der Technik“.

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. Bodenkenngrößen: 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, Tl. 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, Tl. 1 (1979): Baugrund. Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung, mit Beibl.
- DIN 4019, Tl. 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, Tl. 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, Tl. 2 (1981): Baugrund und Grundwasser. Benennen und Beschreiben von Boden und Fels. Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein).
- DIN 4022, Tl. 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): Rammpfähle. Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung, mit Beibl.
- DIN 4030, Tl. 1 (1991): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Grundlagen und Grenzwerte.
- DIN 4030, Tl. 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 18 122, Tl. 1 (1976): Baugrund. Untersuchung von Bodenproben. Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen). Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.
- DIN 18 123 (1983): Baugrund. Untersuchung von Bodenproben. Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- DIN 18 130, Tl. 1 (1989): Baugrund. Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts, Laborversuche.
- 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.
- DIN 18 337 (1979): VOB — Verdingungsordnung für Bauleistungen, Tl. C, Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen, Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser.

Folgende Schriften und Karten bieten zusätzliche Informationen und Planungshilfen:

- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000. — Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.  
Blatt L 4906 Neuss (1972), Bearb. PAAS, W.; ROTH, R.
- Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau [Hrsg.] (1994): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 94). — 78 S., 10 Tab., 29 S. Anh.; Köln (Forsch.-Ges. Straßen- u. Verkehrswes. e. V.).
- Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. [Hrsg.] (1993): Merkblatt über Wasserhaltung bei Baugruben. — Bautechnik, 5: 287 – 293, 6 Abb.; Berlin (Ernst & Sohn).

- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. [Hrsg.] (1994): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ — EAB, 3. Aufl. — 165 S., 86 Abb.; Berlin (W. Ernst & Sohn).
- FLOSS, R. (1979): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 76), Kommentar. — 454 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).
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, mit Erl. — Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.  
Blatt C 5106 Köln (1986), Bearb. HAGER, H.; HAMMLER, U.; HILDEN, H. D.; HISS, M.; KAMP, H. VON; LANGE, F. G.; MICHEL, G.; MÜLLER, H.-P.; PAAS, W.; REINHARDT, M.
- Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000, mit Erl. — Hrsg. Preuß. Geol. L.-Anst.; Berlin.  
Blatt [4907] Leverkusen (1935), 2. Aufl., Bearb. FLIEGEL, G.; FUCHS, A.; KRAUSE, P. G.; QUAAS, A.; WUNSTORF, W.; ZIMMERMANN E.
- 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.
- Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000. — Hrsg. L.-Amt Wasser u. Abfall NW; Düsseldorf.  
Blatt 4907 Leverkusen (1981), 2 Kt., Bearb. BREDDIN, H.
- KALTERHERBERG J. (1985): Die Ingenieurgeologische Karte 1 : 25 000 (IK 25) des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen. — Geol. Jb., **C 41**: 21 – 68, 22 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover.
- 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. VON (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.).
- SMOLTCZYK, U. [Hrsg.] (1996 – 1997): Grundbau-Taschenbuch, 5. Aufl. — **1**: 701 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1996; **2**: 918 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1996; **3**: 872 S., zahlr. Abb. u. Tab., 1997; Berlin, München (W. Ernst & Sohn).
- SCHNEIDER, H., & THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. — 185 S., 75 Abb., 7 Tab., 2 Taf.; Düsseldorf (Minist. Ernähr., Landwirtsch. u. Forsten Land Nordrh.-Westf.).



