



GEOLOGIE UND BODEN

IN NORDRHEIN-WESTFALEN



Geologischer Dienst NRW



Umschlagbild: Das Geotop „Am Silberg“ in Soest gibt einen Eindruck von der Dynamik, die in vielen Millionen Jahren Erdgeschichte in NRW steckt. Auch ist zu erkennen, dass die Bodenbildung vom Gesteinsuntergrund ausgeht und Böden heute den Pflanzen als Standort dienen.

GEOLOGIE UND BODEN

IN NORDRHEIN-WESTFALEN

Impressum

Druckauflage:

© 2016 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –

De-Greiff-Straße 195 • 47803 Krefeld

Telefon 02151 897-0

poststelle@gd.nrw.de

www.gd.nrw.de

Projektleitung und verantwortlicher Redakteur:

Dipl.-Geol. Dr. Martin Hiß

Texte, Abbildungen und Tabellen der Publikation wurden von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Geologischen Dienstes NRW erstellt.

Druck: JVA Geldern

Bild- und Quellennachweise s. Seite 156

ISBN 978-3-86029-938-8

Zitierweise:

Geologischer Dienst NRW [Hrsg.] (2016):

Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen –

157 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Krefeld.

ISBN 978-3-86029-938-8

PDF überarbeitet, mit aktualisierten stratigraphischen Tabellen

© 2022 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –

De-Greiff-Straße 195 • 47803 Krefeld

Telefon 02151 897-0

poststelle@gd.nrw.de

www.gd.nrw.de

Zitierweise der PDF-Version:

Geologischer Dienst NRW [Hrsg.] (2022):

Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen,

PDF überarbeitet, mit aktualisierten stratigraphischen Tabellen –

157 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Krefeld.

Vorwort

Warum dieses Buch „Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen“?

Über die Geologie von Nordrhein-Westfalen ist schon viel geschrieben worden, meist aber für Fachleute. Was fehlt, ist eine verständliche, aktuelle Zusammenschau der Erdgeschichte von Nordrhein-Westfalen, die zugleich auch den Stellenwert des Untergrundes mit seinen Gesteinen und Böden in der heutigen Zeit deutlich macht.

Geologie tritt aufgrund ihrer – im wahrsten Sinne des Wortes – grundlegenden Bedeutung und des gesamtgesellschaftlichen Bedarfs an Rohstoffen, Trinkwasser und Erdwärme immer stärker in den Fokus der Öffentlichkeit. Für nachhaltige Planungen und für eine verantwortliche Daseinsvorsorge ist die Kenntnis der Geologie unverzichtbar. Detaillierte und belastbare Daten über den Untergrund sind ein wesentlicher Bestandteil der geowissenschaftlichen Forschung. Mit diesem Buch wollen wir Ihnen einen Überblick über die Geologie und die Böden NRWs und ihre Bedeutung ermöglichen. Die Arbeit richtet sich also nicht nur an die Fachwelt, sondern will allen geologisch interessierten Menschen die nordrhein-westfälischen Untergrundverhältnisse näherbringen.

Wir alle benötigen geologische und bodenkundliche Erkenntnisse für unser tägliches Leben: sei es bei der Gründung von Häusern und im Straßenbau, bei der Abwendung von Gefahren oder bei der Nutzung der Böden, auf denen unsere Nahrung wächst. Auch bei klimapolitischen Zielen, bei der Rohstoffgeologie oder für die Energiewende werden konstruktive geowissenschaftliche Beiträge benötigt. Wussten Sie, dass nicht nur zur Herstellung von Glas, sondern auch für Solarzellen das Mineral Quarz in hochreiner Form benötigt wird und dass Steinsalz nicht nur als Speise- oder Tausalz Bedeutung hat, sondern einer der wichtigsten Grundstoffe in der chemischen Industrie ist? Und wussten Sie, dass diese Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen vorkommen? Wir vom Geologischen Dienst NRW setzen unser umfangreiches Wissen unter anderem dafür ein, dass Rohstoffe nachhaltig bewirtschaftet werden und dass eine Nutzung über Generationen hinaus möglich ist.

Seit Jahrzehnten erforscht der GD NRW den Untergrund, publiziert die Ergebnisse und stellt geowissenschaftliche Daten in vielfältiger Weise zur Verfügung. Das Ausscheiden unseres Direktors Prof. Dr. Josef Klostermann, der die Geschicke des Hauses über viele Jahre entscheidend geprägt hat, nehmen wir zum Anlass, diese gemeinschaftlich erarbeiteten Ergebnisse der Öffentlichkeit zu präsentieren. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des GD haben direkt oder indirekt beim Zustandekommen des Buches mitgewirkt – von der Erfassung der Geofachdaten in Kartierungen und Laboren über die geowissenschaftliche Beratung bis zur digitalen Datenaufbereitung, vom Archiv bis zur Verwaltung oder von der Redaktion bis zum Druck.

Haben wir Ihre Neugier geweckt? Wir wünschen Ihnen im Namen unserer Kolleginnen und Kollegen eine interessante und spannende Lektüre.

Für die Geschäftsbereiche des GD NRW



Klaus Steuerwald (Geschäftsbereich 1)



Rainer Schroer (Geschäftsbereich 2)



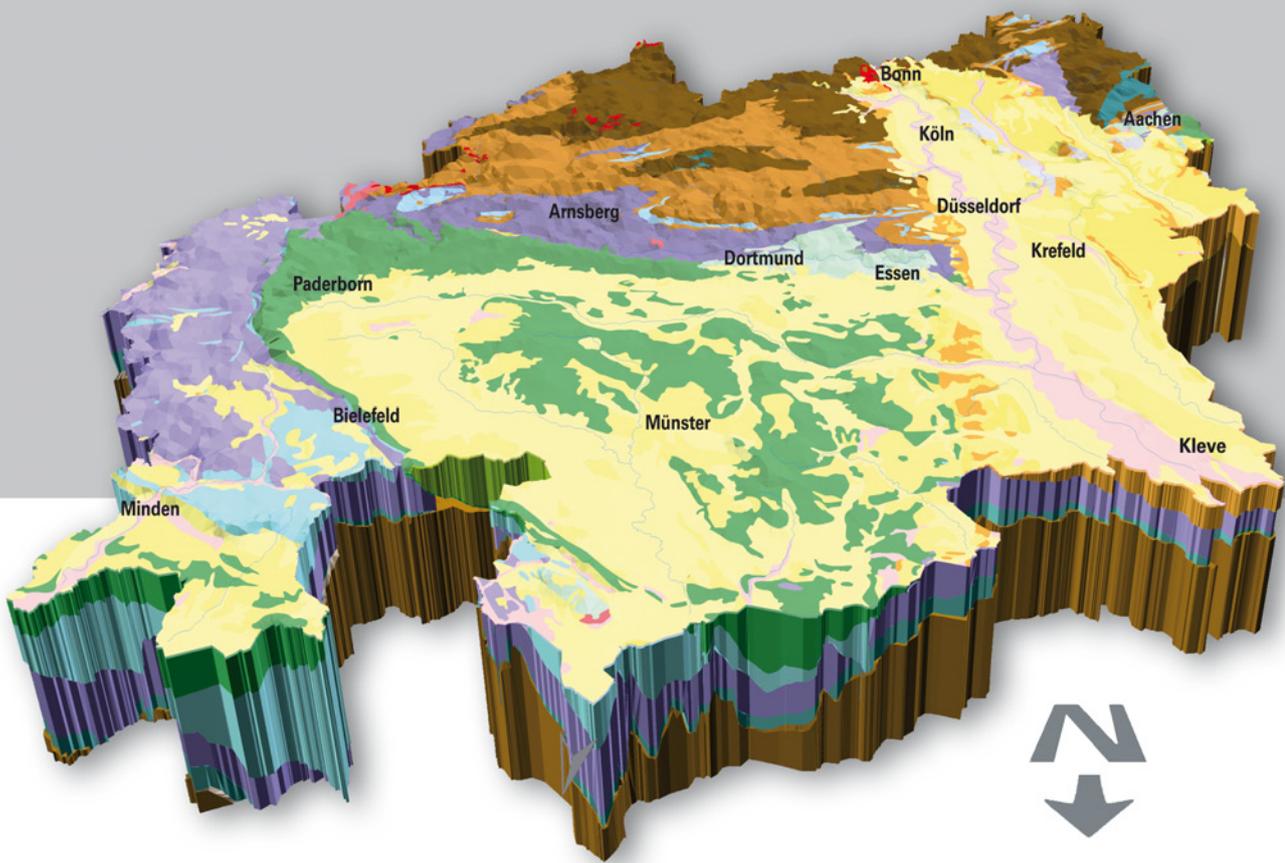
Ulrich Pahlke (Geschäftsbereich 3)



Angelika Vieth (Geschäftsbereich 4)

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----|--|
| 9 | Einführung |
| 10 | Im Herzen Europas |
| 12 | NRW und seine Landschaften |
| 12 | Flächennutzung |
| 13 | Gewässer und Grundwasser |
| 15 | NRW-Landschaften in der Erdgeschichte |
| 20 | 500 Mio. Jahre Erdgeschichte in NRW |
| 22 | Altpaläozoikum (Kambrium bis Silur) |
| 30 | Devon |
| 42 | Karbon |
| 56 | Perm |
| 66 | Trias |
| 76 | Jura |
| 84 | Kreide |
| 94 | Tertiär |
| 106 | Quartär |
| 116 | Bodenvielfalt in NRW |
| 117 | Bodenlandschaften |
| 118 | Eine breite Palette von Bodentypen |
| 132 | Böden in der Stadt |
| 135 | Nachhaltige Bodennutzung |
| 138 | Geowissenschaften sichern unsere Zukunft |
| 138 | Anthropozän – Der Mensch nimmt Einfluss auf die Geofaktoren |
| 141 | Geofahren auch in NRW |
| 144 | Geowissenschaften für eine nachhaltige Entwicklung |
| 148 | Nordrhein-Westfalen im geowissenschaftlichen Kartenbild |
| 154 | Schriften, Internet, Quellen |
| 154 | Schriften |
| 155 | Internet |
| 156 | Quellen |



Nordrhein-Westfalen in 3D

NRW einmal aus einer ungewöhnlichen Perspektive: Blick von Norden auf das dreidimensionale Modell des Landes. Die Farben für Ablagerungen aus unterschiedlichen Erdzeitaltern an der Oberfläche und in der Tiefe lassen geologische Baustrukturen erkennen.

Einführung

Böden und Gesteine sind eine wichtige Lebensgrundlage. Aber nur wenigen ist bewusst, wie komplex diese gerade hier bei uns in Nordrhein-Westfalen aufgebaut sind. Erdgeschichtliche Prozesse haben den Untergrund geschaffen, auf dem wir leben, den wir einerseits nutzen möchten, andererseits aber auch bewahren und für künftige Generationen sichern müssen. Mehr als 500 Mio. Jahre haben die nordrhein-westfälischen Landschaften geprägt. Ihre Böden, Bodenschätze und Grundwasservorkommen sind entstanden, Erdwärme ist im Gestein gespeichert.

Erst ein Blick von der Oberfläche in die Tiefe und in die erdgeschichtliche Vergangenheit – also in vier Dimensionen – macht deutlich, warum das Nebeneinander von verschiedenen Landschaften mit regional unterschiedlichen Gesteinen und Böden existiert.

Das vorliegende Buch baut auf den geologischen und bodenkundlichen Kartenwerken sowie den detaillierten Beschreibungen der Geologie und der Böden in den verschiedenen Landesteilen von Nordrhein-Westfalen auf, die der Geologische Dienst NRW in den letzten Jahren herausgegeben hat: Geologie am Niederrhein, Geologie im Münsterland, Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland, Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, Böden am Niederrhein, Böden im Sauer- und Siegerland. Weitere sind in Vorbereitung. Unser Ziel ist es, den geologischen Werdegang von NRW anschaulich zu machen und zu zeigen, was die verschiedenen Prozesse der Erdgeschichte für uns heute und für die Zukunft bedeuten, welche Schätze sie geschaffen haben, welche Probleme sie uns zum Teil aber auch bereiten.

Die Verbreitungskarten der Schichten der einzelnen Erdzeitalter, die stratigraphischen Tabellen mit den wichtigen Gesteinseinheiten und die Darstellung der wichtigsten Bodentypen verdeutlichen die Gesteins- und Bodenvielfalt in den verschiedenen Regionen von NRW. Sie sind zugleich ein Schlüssel zum Verständnis der geowissenschaftlichen und bodenkundlichen Kartenwerke und Informationssysteme des Geologischen Dienstes NRW. Die Texte beruhen auf Arbeitsergebnissen und Daten des Geologischen Dienstes unter Einbeziehung der vielfältigen Erkenntnisse aus jahrzehntelanger geologischer und bodenkundlicher Forschung, die in zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen niedergelegt sind. Bewusst verzichten wir auf eine ausführliche Literaturübersicht, die in einer solchen Zusammenschau nur Stückwerk bleiben kann, und beschränken uns auf die Angaben von Quellen, insbesondere zu statistischen Daten, Bildern und Zeichnungen. Stattdessen verweisen wir auf die regionalen Beschreibungen zur Geologie und zu den Böden einzelner Landesteile, in denen jeweils weiterführende Literatur genannt wird. Daneben sind die zahlreichen geowissenschaftlichen Karten mit ihren Erläuterungen weitere Informationsquellen.



Landschaftsräume in NRW

Im Herzen Europas

Nordrhein-Westfalen grenzt im Norden und Nordosten an Niedersachsen, im Südosten an Hessen, im Süden an Rheinland-Pfalz und im Westen an Belgien und die Niederlande. Neben der administrativen Unterteilung von NRW in die Landesteile Rheinland, Westfalen und Lippe kann eine Gliederung in Landschaftseinheiten aufgrund der unterschiedlichen geologischen Entwicklungen vorgenommen werden:

- Rheinisches Schiefergebirge, eine Mittelgebirgsregion, überwiegend aus Gesteinen des Erdaltertums
- Weser- und Osnabrücker Bergland, eine Mittelgebirgsregion, meist aus Gesteinen des Erdmittelalters, an die sich nördlich des Wiehengebirges kleine Bereiche des westfälischen Tieflandes anschließen
- Westfälische Bucht, eine flache oder leicht hügelige, eiszeitlich überprägte Landschaft, hauptsächlich aus Gesteinen der Kreide- und Quartär-Zeit
- Niederrheinische Bucht und Niederrheinisches Tiefland, ein tertiärzeitliches Senkungsgebiet mit aktiver Bruchschollentektonik, durch Flussablagerungen von Rhein und Maas geprägt

Aus geologischer Sicht ist NRW nicht nur in Bezug auf seine Landschaften ein sehr abwechslungsreiches Bundesland. Die Fülle der Gesteine aus über 500 Mio. Jahren Erdgeschichte birgt vielfältige Lagerstätten wie Stein- und Braunkohlen, Erze, Salze, Fest- und Lockergesteine. Diese Rohstoffe haben die industrielle und wirtschaftliche Entwicklung von NRW bis heute geprägt.

NRW und seine Landschaften

Zu den nordrhein-westfälischen Mittelgebirgen zählen das Rheinische Schiefergebirge, rechtsrheinisch mit Sauerland, Siegerland und Bergischem Land sowie linksrheinisch mit dem nördlichen Teil der Eifel, und das Weser- und Osnabrücker Bergland mit Egge-, Weser-, Wiehengebirge und Teutoburger Wald. Aber auch die tertiärzeitlichen Vulkanbauten des Siebengebirges am Rand der Niederrheinischen Bucht zählen bereits zu den Mittelgebirgen. Die höchste Erhebung von NRW liegt im Sauerland: Der Langenberg bei Olsberg im Rothaargebirge erreicht 843,2 m ü. NHN (Normalhöhennull) und ist damit noch etwas höher als der wegen seiner Wetterstation oft genannte Kahle Asten (841,9 m ü. NHN) bei Winterberg. In den östlichen und auch südlichen Landesteilen entspricht das Rheinische Schiefergebirge dem Prototyp eines deutschen Mittelgebirges – wald- und niederschlagsreich, kultur- und naturlandschaftlich wertvoll, kleinräumig sehr abwechslungsreich und überwiegend dünn besiedelt.

Rund die Hälfte der nordrhein-westfälischen Landesfläche liegt in den flachen, weitgehend agrarisch genutzten Regionen der Westfälischen Bucht, der Niederrheinischen Bucht und des Niederrheinischen Tieflandes. Neben den Hellwegbörden und dem Emscherland nimmt das Münsterland den Großteil der Westfälischen Bucht ein. Diese flache, parkartige Landschaft wird nur durch kleine Höhenzüge wie die Halterner Berge, die Baumberge oder die Beckumer Berge unterbrochen. Die Niederrheinische Bucht – auch Kölner beziehungsweise Köln-Bonner Bucht genannt – beginnt südlich von Bonn an der Landesgrenze zu Rheinland-Pfalz. Hier verlässt der Rhein auf seinem Weg nach Norden das enge romantische Mittelrheintal des Rheinischen Schiefergebirges. Der mit 9,2 m ü. NHN tiefste natürliche Punkt des Landes befindet sich bei Kranenburg im Niederrheinischen Tiefland – wenn man den riesigen Braunkohlentagebau Hambach westlich von Köln, dessen Sohle tiefer als 300 m unter NHN liegt, außer Acht lässt.

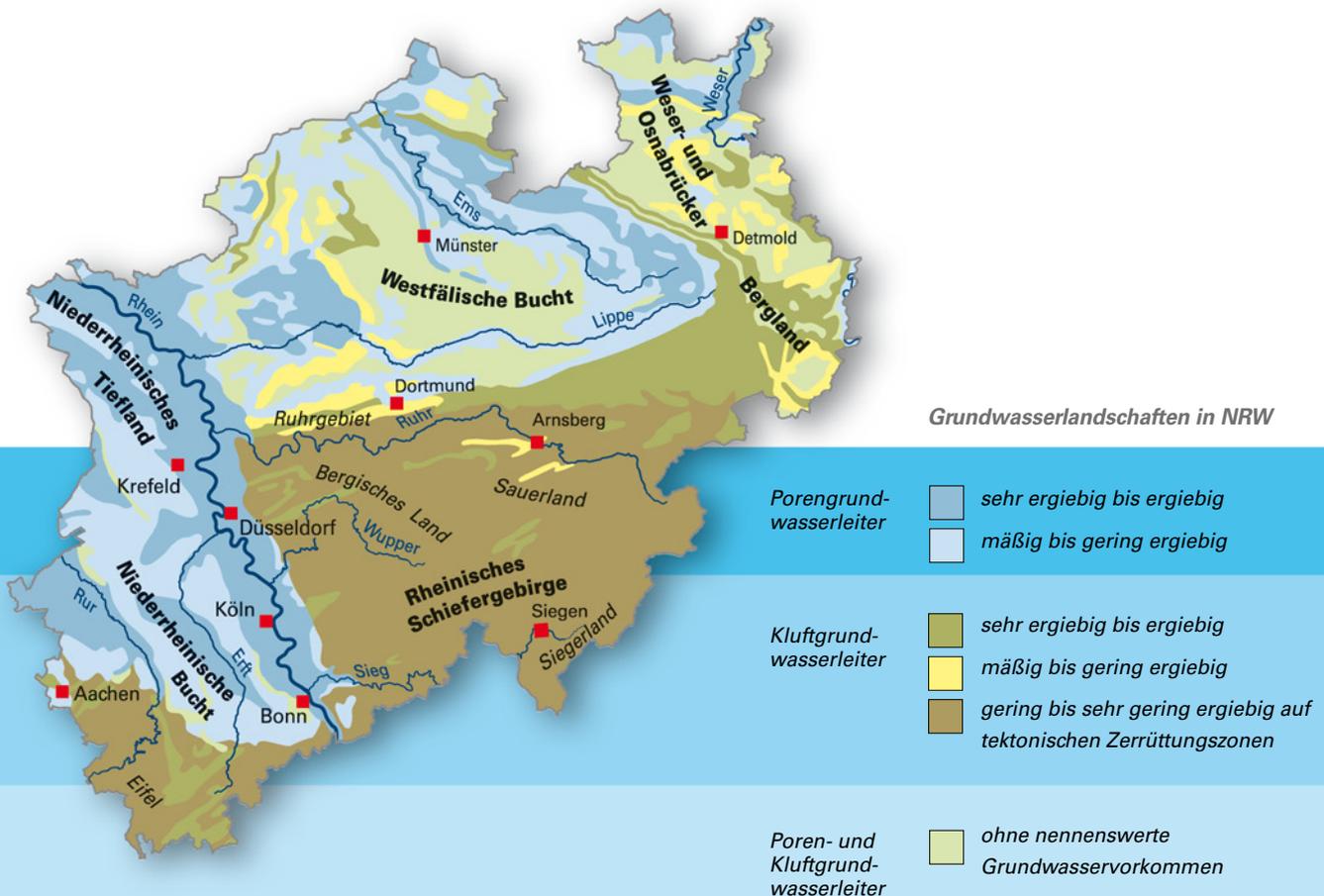
Flächennutzung

Mit einer Gesamtfläche von 34 110 km² ist NRW das viertgrößte Bundesland. Die maximale Nordost-Südwest-Erstreckung zwischen Petershagen an der Weser und der Nordeifel beträgt rund 300 km. In NRW leben 17,64 Mio. Menschen, was einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von 517 Einwohnern pro km² entspricht; damit ist NRW mit Abstand das am dichtesten besiedelte Flächenland Deutschlands. 21,2 % der Landesfläche sind als Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgewiesen, mit 48,5 % ist nahezu die Hälfte der Landesfläche landwirtschaftlich genutzt. Mit 25,9 % hat die Waldfläche einen sehr großen Anteil. Zwölf ausgedehnte Naturparks und der Nationalpark Eifel sprechen für die Landschaftsvielfalt und den Naturreichtum NRWs.

Gewässer und Grundwasser

Der wasserreichste Fluss von NRW – und auch die bedeutendste Wasserstraße – ist der Rhein. Auf einer Gesamtlänge von 226 km durchströmt er das Land von Bonn, am Übergang vom engen Mittelrheintal, bis nach Emmerich, wo er in den Deltarhein übergeht. Mit Bonn, Köln, Leverkusen, Düsseldorf, Neuss und Krefeld liegen große Städte unmittelbar am Rhein, mit Duisburg sogar der größte Binnenhafen Europas. Auch die kleineren Flüsse wie Erft und Rur in der Eifel und der Niederrheinischen Bucht, Sieg und Wupper im Bergischen Land, die Ruhr in Sauerland und Ruhrgebiet, Lippe und Ems im Münsterland sind als Vorfluter oder als Rückzugsgebiete für Flora und Fauna, zum Teil auch als Verkehrswege bedeutsam. Landschaftlich herausragend ist der Durchbruch der Weser bei Porta Westfalica.

NRW ist ein ausgesprochen grundwasserreiches Land. Zudem gibt es hier zahlreiche Heilquellen und 156 amtlich anerkannte Mineralwässer, so viele wie in keinem anderen Bundesland. Ihre Vielfalt spiegelt die geologischen Verhältnisse deutlich wider. Vier Grundwasserlandschaften mit ihren typischen Merkmalsausprägungen können unterschieden werden: In den Flachlandregionen entlang des Niederrheins herrschen mächtige Lockergesteine wie Sand und Kies im Untergrund vor, die als sehr ergiebige Porengrundwasserleiter zu den wirtschaftlich bedeutendsten Grundwasservorkommen Deutschlands zählen. In der Westfälischen Bucht und dem südlich angrenzenden Ruhrgebiet treten ergiebige Kluft- und Porengrundwasserleiter, aber auch Gesteine ohne nennenswerte Grundwasservorkommen auf.





Quellen sind Bindeglied zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Eine artesische Quelle bei Unna-Mühlhausen.

Zudem sind durch die Wasserhaltung in weiten Bereichen des Steinkohlenbergbaus die natürlichen Grundwasserverhältnisse gestört. In den Mittelgebirgsregionen des Weser- und Osnabrücker Berglandes ist die Ergiebigkeit der meist klüftigen Grundwasserleiter regional sehr unterschiedlich. Lediglich im Bereich der quartärzeitlichen Weserterrassen finden sich ergiebige Porengrundwasserleiter, die stark genutzt werden. Weite Teile des Rheinischen Schiefergebirges von der Eifel bis zum Sauerland bestehen überwiegend aus grundwasserarmen devonischen oder karbonischen Festgesteinen. Ausnahmen bilden hier die gering mächtigen Terrassenkörper entlang der kleineren Flüsse, die mittel- bis oberdevonischen Kalksteinvorkommen mit ihren zum Teil ergiebigen Karstgrundwasserleitern sowie mancherorts klüftige Sandsteine und einige wenige Vulkanitvorkommen. Im niederschlagsreichen Rheinischen Schiefergebirge sorgen über 70 Talsperren für die Versorgung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser.



Mit 156 amtlich anerkannten Mineralwässern ist NRW das mineralwasserreichste Bundesland.



Indian Summer an
der Wiehltalsperre

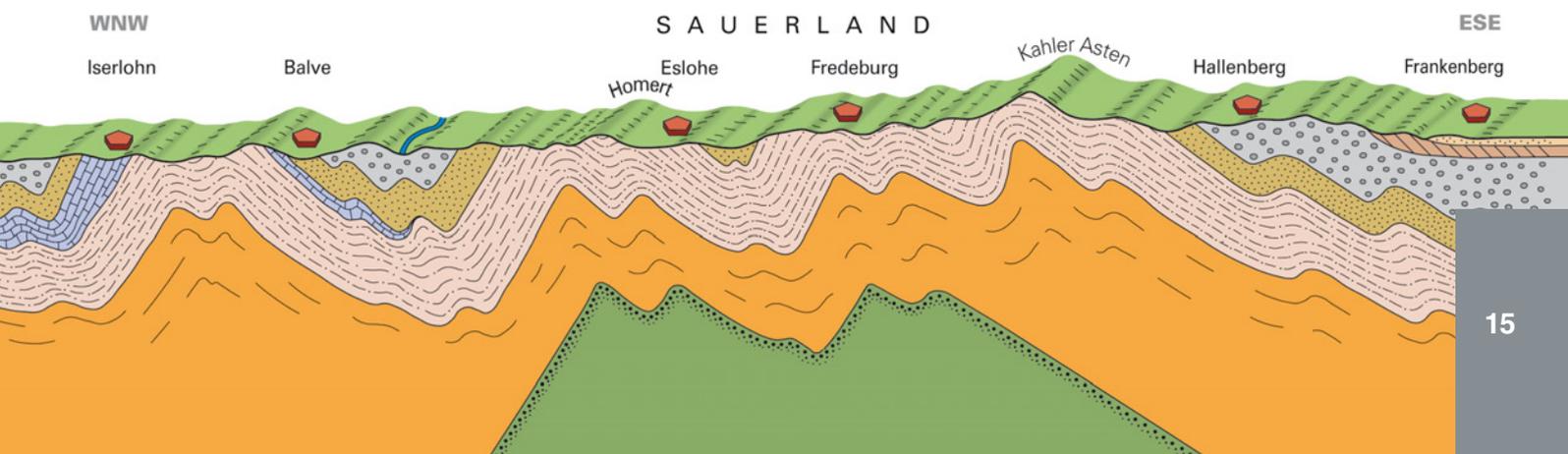
NRW-Landschaften in der Erdgeschichte

Rheinisches Schiefergebirge

Das Rheinische Schiefergebirge ist der älteste Teil von NRW. Es setzt sich linksrheinisch aus der Eifel und rechtsrheinisch aus dem Bergischen Land, dem Sauerland mit Siegerland und Wittgensteiner Land zusammen. Die ältesten Gesteine NRWs sind mehr als 500 Mio. Jahre alt und im Hohen Venn in der Eifel aufgeschlossen. Die Entstehung des Schiefergebirges ist kompliziert; intensive geologische Forschung war zu ihrer Erhellung nötig: Während der kaledonischen Gebirgsbildung im Ordovizium formt sich der im Norden gelegene Kontinent Laurussia (Old-Red-Kontinent). Im Devon (418 – 361 Mio. J. v. h.) entsteht am Südrand dieses Kontinents ein in Schwellen und Becken gegliederter Meerestrog mit unterschiedlichen Ablagerungsbedingungen für verschiedene Sedimente. Im Mitteldevon entwickelt sich ein riesiger Gürtel aus Korallenriffen. Es bilden sich große Kalksteinvorkommen. Dieser Kalkstein ist heute ein wichtiger Rohstoff und Grundwasserträger. In ihm verbergen sich mehr als 1 000 Höhlen, von denen einige – besonders die Tropfsteinhöhlen im Sauerland und im Bergischen Land – Publikumsmagnete sind.

Im Karbon (361 – 299 Mio. J. v. h.) driften der große Südkontinent Gondwana nach Norden. Der Meerestrog mit den devonischen und karbonischen Sedimenten wird eingeengt und das Variszische Gebirge beginnt sich aufzufalten. Dabei entstehen große geologische Sättel und Mulden. In dieser Zeit werden aus Tonen die Tonschiefer, denen das Rheinische Schiefergebirge seinen Namen verdankt. Im nördlichen Vorland des Variszischen Gebirges entwickeln sich während des Oberkarbons tropische Sumpfwälder. Aus deren Biomasse bilden sich zunächst Torflagen, die später zu Steinkohlenflözen umgewandelt werden – Grundlage für den Aufschwung der Ruhrgebietsindustrie, der vor über 200 Jahren beginnt. Die heutige reizvolle Mittelgebirgslandschaft des Rheinischen Schiefergebirges ist vergleichsweise jung. Sie entsteht erst durch die Hebung des Gebirgsblocks im Quartär und damit einhergehender Talbildung durch Erosion.

-  Trias
-  Perm
-  Karbon
-  Oberdevon
-  Massenkalk
-  Mitteldevon
-  Unterdevon
-  Altpaläozoikum



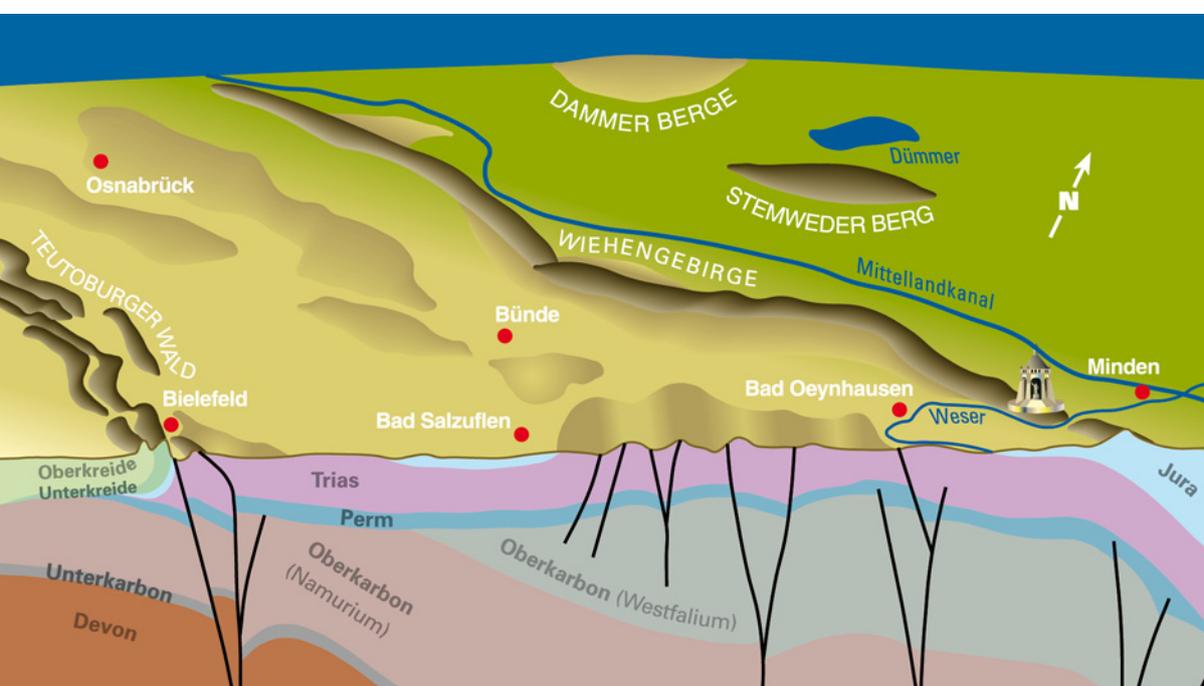


*Externsteine bei
Horn-Bad Meinberg
im Teutoburger Wald,
eine Felsmauer aus
senkrecht aufgerich-
tetem Sandstein
der Unterkreide*

Weser- und Osnabrücker Bergland

Das Weser- und Osnabrücker Bergland ist fast nur aus Gesteinen des Erdmittelalters aufgebaut. Sie entstammen einer Phase mit meist subtropischem bis trockenwarmem Klima und mehrfachem Wechsel zwischen festländischen und marinen Bedingungen. Spätere Hebungen lassen die jeweils aus besonders festen Gesteinen bestehenden Bergketten des Weser- und Wiehengebirges, des Teutoburger Waldes und des Eggegebirges entstehen. Das dazwischen liegende ostwestfälisch-lippische Berg- und Hügelland ist von zahlreichen Verwerfungen durchzogen, die ein abwechslungsreiches Nebeneinander verschiedener Gesteine verursachen. Während des Quartärs wird das Weser- und Osnabrücker Bergland von mächtigen Inlandeisgletschern bedeckt, die auch ihre Gesteinsfracht hinterlassen haben: Kies und Sand, Grundmoräne, Findlinge.

Aber nicht nur im Landschaftsbild ist die Geologie allgegenwärtig: Der meist rot gefärbte Wesersandstein der Trias-Zeit wird bis heute als Werkstein verwendet und ist in vielen historischen Gebäuden präsent. Weit verbreitete Tonsteine dienen als Ziegeleirohstoff. Die kostbaren Heil- und Mineralwässer verdanken ihre Inhaltsstoffe der Auslaugung der im Untergrund liegenden Salz- und Sulfatgesteine.



*Weser- und
Osnabrücker
Bergland*

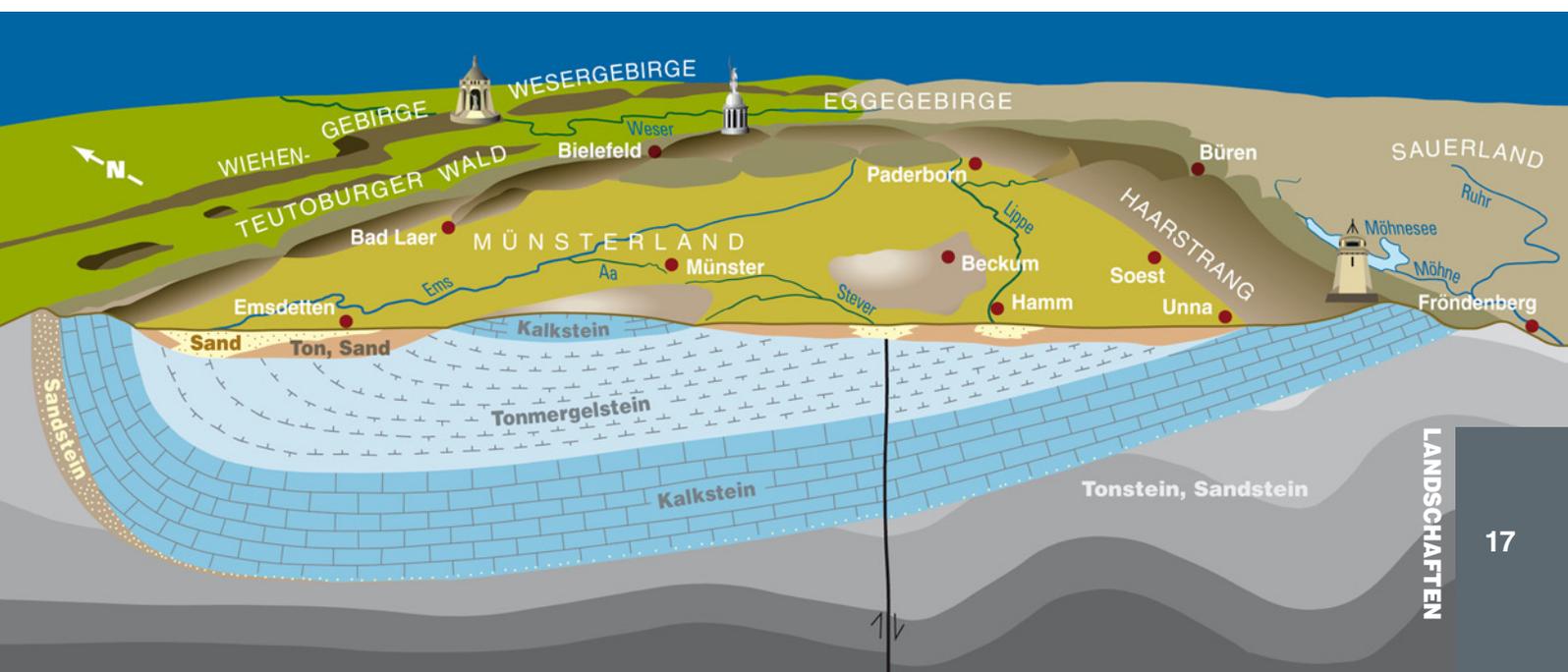


Westfälische Bucht

Die Westfälische Bucht ist geologisch gesehen eine weit gespannte, asymmetrisch gebaute, schüsselförmig eingetiefte Beckenstruktur aus kreidezeitlichen Gesteinen. Vor allem ihr nord-östlicher Rand ist steil aufgerichtet und bildet heute mit den Höhenzügen des Teutoburger Waldes und des Eggegebirges die Grenze zum Weser- und Osnabrücker Bergland. Das sogenannte Münsterländer Kreide-Becken sinkt während der Kreide-Zeit ein und nimmt über 2000 m mächtige Sedimente auf – zunächst im Nordosten Sand, ansonsten meist Kalk und Mergel, die heute allesamt stark verfestigt sind. Kalksteine sind die Grundlage der Kalk- und Zementindustrie zwischen Erwitte und Paderborn oder im Raum Beckum. Im Quartär wird die Westfälische Bucht von Inlandeisgletschern fast vollständig überdeckt. Grundmoräne, Schmelzwassersande, aber auch Sand- und Kiesablagerungen von Flüssen sind weit verbreitet. Letztere prägen die weiten Ebenen des Sandmünsterlandes, zum Beispiel entlang der Ems. Die aus den eiszeitlichen Schotterebenen ausgeblasenen Staubpartikel – der Löss – sind Ausgangsmaterial der fruchtbaren Börde-Böden entlang des Hellwegs.

Acker, Wiese, Wald – die Münsterländer Parklandschaft ist typisch für große Teile der Westfälischen Bucht.

Westfälische Bucht



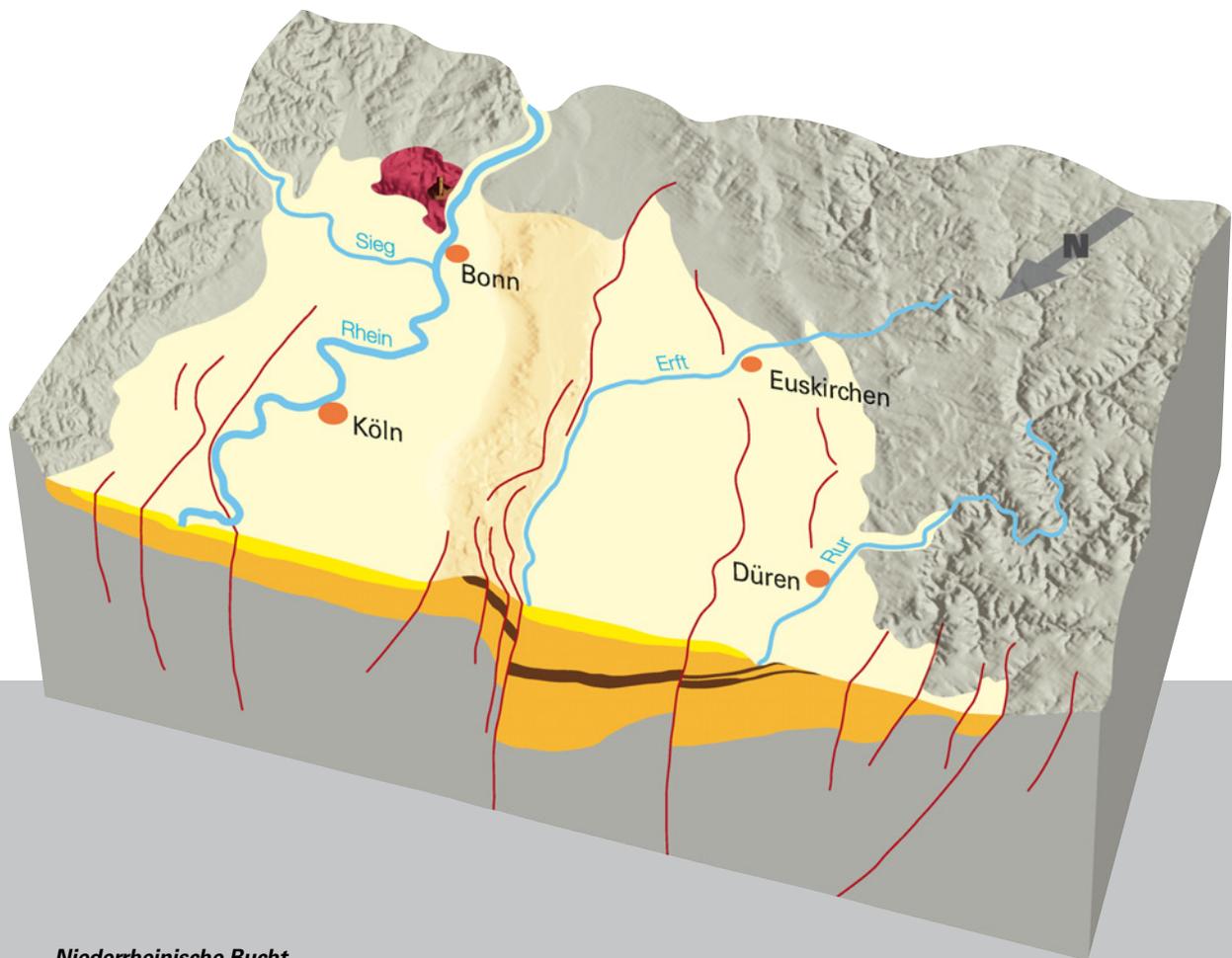


*Rheintal mit
Siebengebirge
bei Bonn*

Niederrheinische Bucht und Niederrheinisches Tiefland

Unmittelbar südlich von Bonn endet das enge Durchbruchstal des Mittelrheins. Die Öffnung zur Niederrheinischen Bucht, die sich keilförmig nach Süden in das Rheinische Schiefergebirge hineinschiebt, prägt das Landschaftsbild. Hier beginnt eine aktive Senkungszone, die sich nach Nordwesten bis in das Niederrheinische Tiefland im Grenzgebiet zu den Niederlanden fortsetzt. Diese tektonisch aktive Region ist Teil eines Störungssystems, das von der Nordsee bis zum Oberrheingraben und weiter über das Rhôneetal quer durch Europa verläuft. Fortlebende oder markante Verwerfungen wie Viersener Sprung, Erft-Sprung und Rurand-Sprung entstehen aufgrund lang anhaltender plattentektonischer Bewegungen, die sich heute noch in Form von Erdbeben äußern. Im Tertiär (66 – 2,6 Mio. J. v. h.) ist die Senkungszone der Bildungsraum von mächtigen Braunkohlenflözen, gegenwärtig noch der wichtigste Energierohstoff NRWs. Auch vulkanische Gesteine, die im Siebengebirge und an anderen Stellen im Raum Bonn aufgestiegen sind, stehen mit den tektonischen Aktivitäten in Zusammenhang. Das Siebengebirge – eine besonders geschützte und touristisch beliebte Landschaft – hat mit seinen vielfältigen vulkanischen Gesteinen über Jahrhunderte hinweg Baumaterialien für Befestigungsanlagen, Burgen, Schlösser und zahlreiche Kirchen wie zum Beispiel den Kölner Dom geliefert.

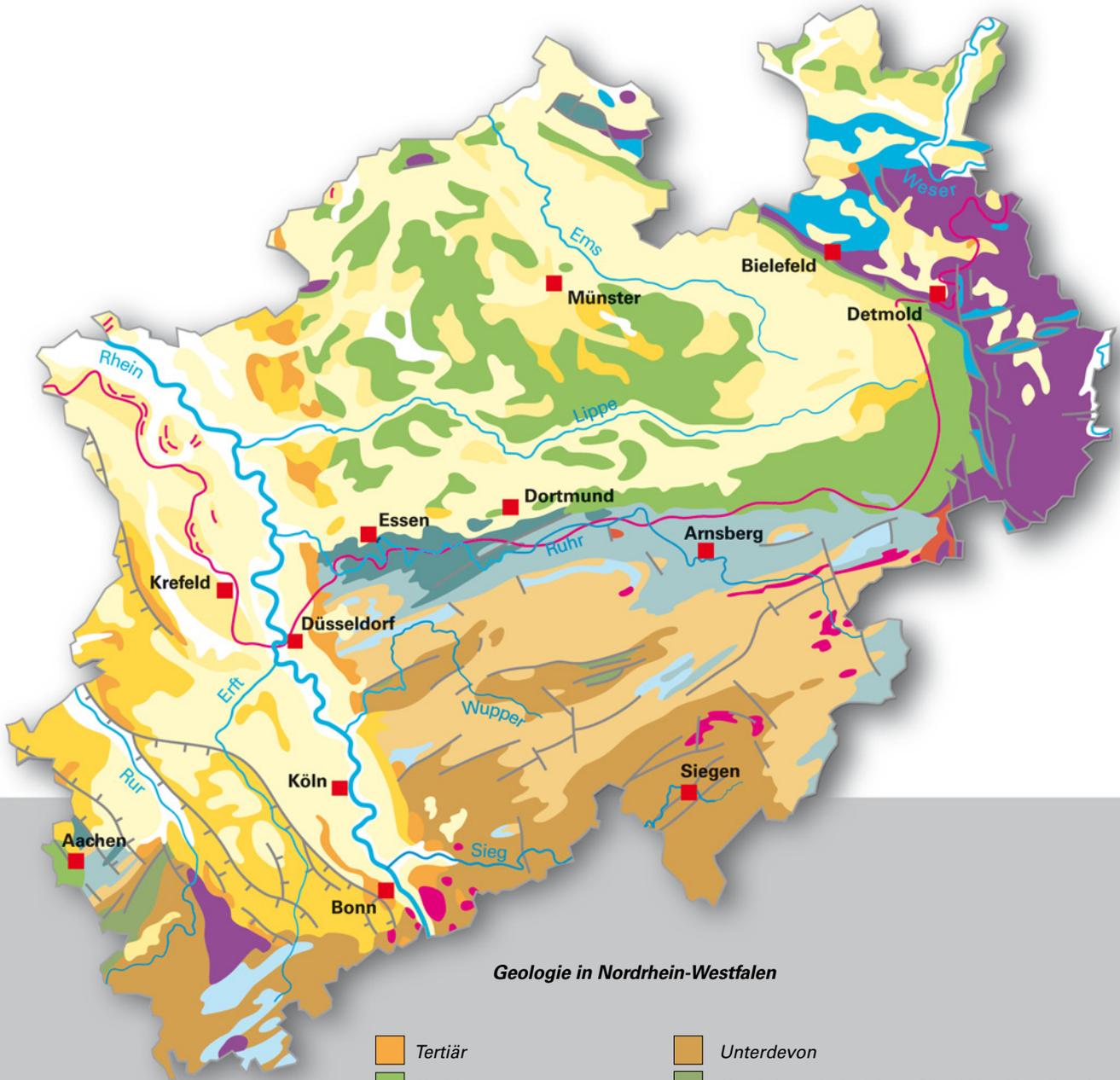
Im Quartär (Beginn vor 2,6 Mio. Jahren) übernehmen Rhein und Maas die weitere Gestaltung der Niederrheinlandschaft. Kies- und Sandablagerungen der Flussterrassen sind begehrte Baurohstoffe und werden vielerorts gewonnen. Eiszeitliche Gletscher haben auch den Niederrhein erreicht und dort die Stauchmoränen zwischen Krefeld und Kleve geschaffen. Es sind markante Höhenzüge, von denen der Blick in die offene Weite der sonst flachen Landschaft geht.



Niederrheinische Bucht

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| Tertiär und Quartär an der Gelände- oberfläche | Quartär (jünger als 2,6 Mio. Jahre) | Tertiär mit Braunkohle (66 – 2,6 Mio. Jahre) | Vulkanite des Siebengebirges (28 – 15 Mio. Jahre) | Paläozoikum (älter als 300 Mio. Jahre) | Störung |

500 Mio. Jahre



Geologie in Nordrhein-Westfalen

- | | | | |
|---------------|---|---|--|
| Q u a r t ä r | Holozän | Tertiär | Unterdevon |
| | Oberpleistozän | Kreide | Kambrium, Ordovizium, Silur (Altpaläozoikum) |
| | Mittelpleistozän | Jura | Vulkanite |
| | Unterpleistozän | Trias | Stauchmoräne |
| | Perm | flözführendes Karbon | Südgrenze des Inlandeises zur Saale-Kaltzeit (Mittelpleistozän) |
| | flözleeres Karbon | Ober- und Mitteldevon mit Massenkalk | Verwerfung |
| | | | Verwerfung, fortlebend |

Erdgeschichte in NRW

Die Geburtsstunde unseres Sonnensystems liegt 4,6 Mrd. Jahre zurück. Urwolken aus Gas und Staubpartikeln verdichten sich zu glutflüssigen Feuerbällen – die Erde ist einer davon. Vor 4 Mrd. Jahren erstarrt die äußere Hülle unseres Planeten und es bildet sich die Erdkruste mit festen Gesteinen. Aus dieser Phase stammt auch das älteste bisher bekannte Gestein der Erde, der Gneis der Acasta-Formation im Norden Kanadas. Gemessen an seinem Alter sind die ältesten Gesteine Nordrhein-Westfalens mit rund 500 Mio. Jahren noch jung – gemessen an der Vorstellungskraft von uns Menschen aber doch schon „steinalt“.

Die geologische Karte von NRW zeigt an der Geländeoberfläche ein buntes Mosaik aus verschiedenen alten Gesteinen vom Erdaltertum bis heute. Geologische Schnitte und dreidimensionale Raumbilder machen deutlich, wie sich die Gesteine von der Erdoberfläche in die Tiefe hin fortsetzen.

Die Böden als jüngstes Glied in der erdgeschichtlichen Entwicklung bilden die dünne Haut der Erde. Das Nebeneinander von Bodentypen in NRW ist vielfältig, denn Böden sind nicht nur vom Gestein, sondern auch vom Geländere relief, von der Vegetation und von klimatischen Einflüssen abhängig. Bodenkarten zeigen, welche Böden sich auf und aus den Gesteinen des Untergrundes gebildet haben.

Ein Blick in die Erdgeschichte hilft zu verstehen, wie die Fülle an Gesteinen und Böden entstanden ist, die heute das Fundament bilden, auf dem wir leben. Er verrät, dass der Untergrund Schätze enthält, seien es Rohstoffe, Trinkwasser oder Erdwärme. Er macht deutlich, dass diese Schätze begrenzt sind und dass damit sorgsam und nachhaltig umgegangen werden muss. Er zeigt aber auch, dass im Untergrund Gefahren lauern können, zum Beispiel Erdbeben oder Erdfälle, und hilft deren Ursachen zu verstehen sowie deren Auswirkungen einzuschätzen und sie zu minimieren.

ERDNEUZEIT

QUARTÄR

2,6

TERTIÄR

66

KREIDE

145

JURA

201,5

TRIAS

252,5

PERMI

299

KARBON

361

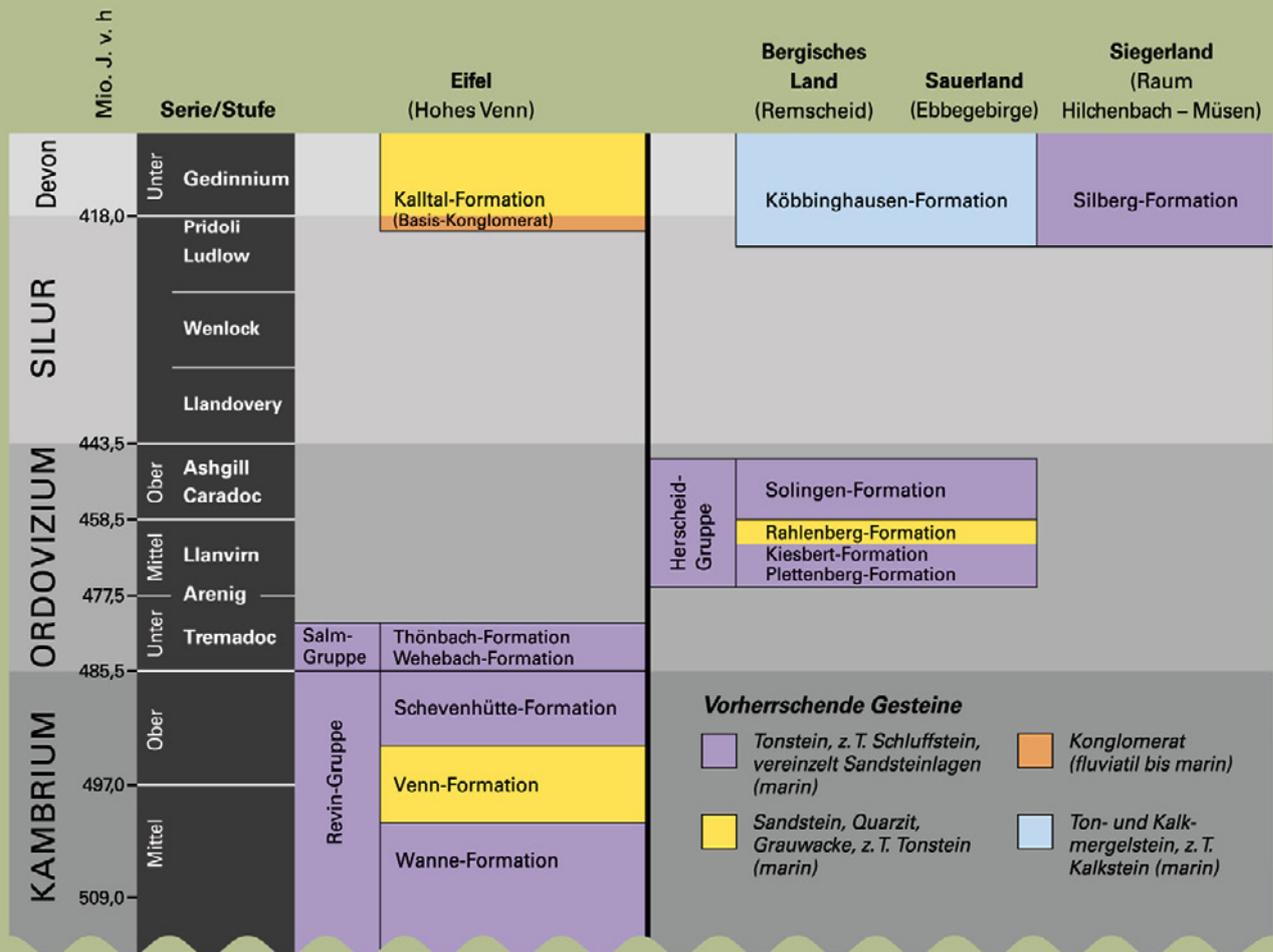
DEVON

418

ALTPALÄOZOIKUM

ERDMITTELALTER

ERDALTERNUM



Stratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums (Kambrium, Ordovizium, Silur)

Stratigraphische Tabellen – Schlüssel zum Verständnis geologischer Karten

In dieser und in den stratigraphischen Tabellen der nachfolgenden Kapitel sind die Schichteinheiten abgebildet, die in NRW aus den jeweiligen Zeitspannen überliefert sind. Mit Ausnahme des Devons – dort kann in Teilbereichen nur eine Auswahl dargestellt werden – sind darin alle Einheiten der Generallegende zum Informationssystem Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 enthalten.

Farben zeigen die vorherrschenden Gesteine einer Schichteinheit und deren Entstehungsbedingungen. Grau hinterlegte Flächen geben Zeitabschnitte an, aus denen in den jeweiligen Regionen keine Schichten bekannt sind. Alle Altersangaben beziehen sich auf die Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016 der Deutschen Stratigraphischen Kommission. Beschreibungen der Einheiten finden sich in den zahlreichen Erläuterungen zu gedruckten geologischen Karten von Nordrhein-Westfalen beziehungsweise zu einem großen Teil auch im Internet im Lithostratigraphischen Lexikon LithoLex.

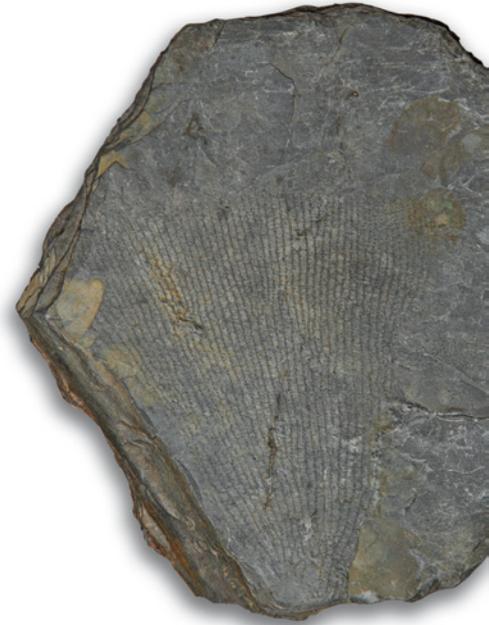
ALTPALÄOZOIKUM

Kambrium 539,0 – 485,5 Mio. Jahre vor heute

Ordovizium 485,5 – 443,5 Mio. Jahre vor heute

Silur 443,5 – 418,0 Mio. Jahre vor heute

Das Altpaläozoikum, also der frühe Teil des Erdaltertums, umfasst die Erdzeitperioden Kambrium, Ordovizium und Silur. Die ältesten nordrhein-westfälischen Schichten stammen aus der Zeit des Kambriums und sind nur im Hohen Venn in der Eifel zu finden. Einst im Meer abgelagert, in große Tiefen versenkt, durch Druck und Temperatur verfestigt, durch zwei gigantische Gebirgsbildungen überprägt, emporgehoben und teilweise wieder abgetragen – sie haben viel erlebt und sind die ältesten Zeugen der wechselvollen geologischen Entwicklungsgeschichte unseres Bundeslandes in den letzten 500 Mio. Jahren.



Rhabdinopora flabelliformis, ein ordovizischer Graptolith und wichtiges Leitfossil

Altpaläozoische Schichten sind in NRW lediglich in wenigen Bereichen des Rheinischen Schiefergebirges an der Erdoberfläche zu finden und dort auch nur lückenhaft. Meist sind sie tief im Untergrund verborgen und daher weitgehend unbekannt. Nur wo gebirgsbildende Kräfte die normalerweise von mächtigen jüngeren Gesteinen bedeckten Schichten in großen Sattelstrukturen aufgefaltet haben, liegen sie heute an der Geländeoberfläche. Linksrheinisch treten Gesteine des gesamten Altpaläozoikums in der Sattelstruktur des Hohen Venns zutage, rechtsrheinisch bilden ordovizische und silurische Schichten die Kerne zweier großer Sättel bei Remscheid im Bergischen Land und im sauerländischen Ebbegebirge. Außerdem kommen sie in einzelnen Gesteinsschuppen bei Müsen im Siegerland vor. Unter kreidezeitlichen Deckschichten sind sie auch noch in einer Sattelstruktur zwischen Anröchte und Er-

Verbreitung des Altpaläozoikums

-  an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär
-  im Untergrund unter Deckschichten der Kreide-Zeit



Kernbohrung bei Anröchte-Klieve:

Hier kommen altpaläozoische Schichten „nah“ an die Geländeoberfläche. Unter 124 m mächtigen Kreide-Schichten, an deren Basis ein Konglomerat ausgebildet ist, folgen grünlich graue Tonsteine des Altpaläozoikums. Ihr genaues Alter ist bisher noch nicht bekannt. Der Zeigefinger deutet aber auf einen Zeitsprung von mindestens 250 Mio. Jahren!

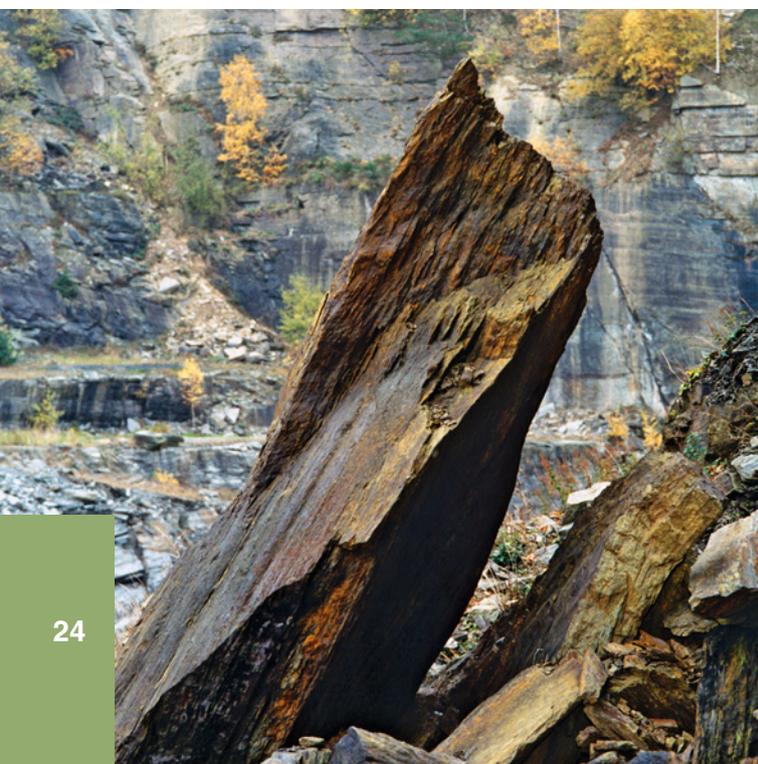


Wirtschaftlich spielen altpaläozoische Schichten heute keine Rolle mehr. Die Verwendung ordovizischer Tonsteine als Ziegeleirohstoff im Raum Plettenberg ist schon lange Geschichte. Auch der Abbau des Schevenhütter Schiefers aus der Schevenhütte-Formation am Nordrand des Hohen Venns ist Vergangenheit. Die graugrünen und violettgrauen, geschieferten kambrischen Tonsteine dienten zur Herstellung von Grabsteinen und Natursteinplatten sowie als Bau- und Zierstein im Gartenbau.

Bei Stolberg-Schevenhütte wurde bis 2013 Schiefer der Schevenhütte-Formation (Kambrium) abgebaut. Heute ist der Steinbruch ein Naturschutzgebiet.

Durch ihre geringe Verbreitung haben die „Uralt-Schichten“ im rechtsrheinischen Schiefergebirge für den Grundwasserhaushalt kaum eine Bedeutung. Nur in der Nordeifel nehmen sie größere Flächen ein und haben etwas ganz Besonderes geschaffen: die in Europa einzigartige Hochmoorlandschaft des Hohen Venns. Vor allem die hier vorkommenden dünnblättrigen kambrischen Schiefer verwittern zu einem fast wasserundurchlässigen Material. In dem sehr niederschlagsreichen Gebiet sammelt sich darauf Regenwasser in flachen, abflusslosen Senken, in denen Torfmoore wachsen können – Heimat einer vielfältigen und schützenswerten Tier- und Pflanzenwelt.

Hochmoor bei Mützenich im Hohen Venn



Ozeane, Kontinente und paläogeographische

Position von NRW vor 450 Mio. Jahren

-  Festland
-  Schelfgebiet
-  Ozean

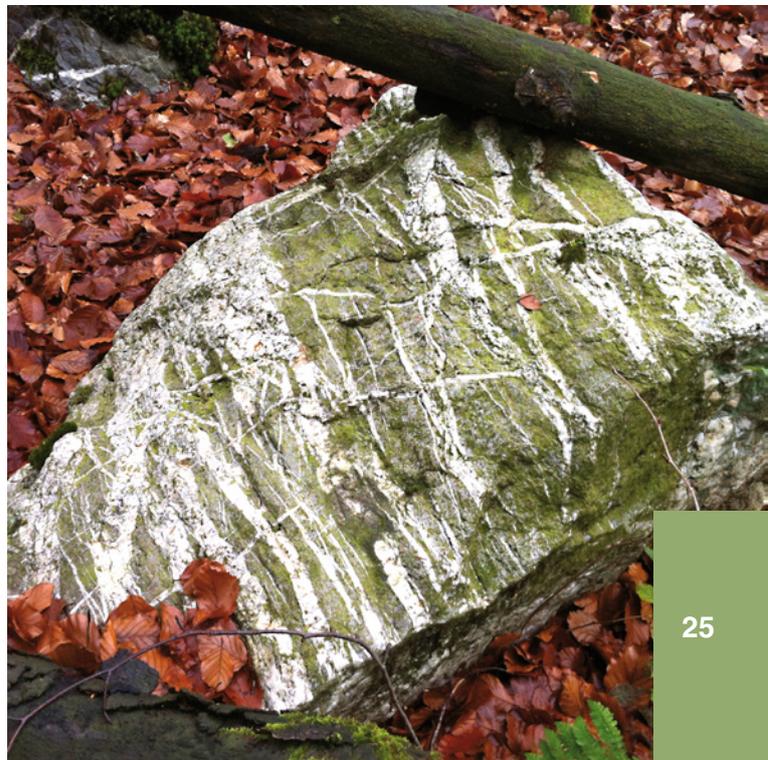


Da die altpaläozoischen Schichten nur selten aufgeschlossen sind, basiert die Rekonstruktion ihrer Bildungsbedingungen und ihres Ablagerungsraumes grobenteils auf Analogieschlüssen. Als sicher gilt, dass zu Beginn des Kambriums auf der Südhalbkugel der Erde drei große Kontinentalplatten liegen – im Süden der Großkontinent Gondwana, nördlich davon Laurentia und Baltica. Auf der Nordhalbkugel liegt Siberia, das aber für die Entwicklung unseres Raumes keine Rolle spielt. Während des frühen Paläozoikums lösen sich zwei kleine Platten – Avalonia (Teile von Mittel- und Westeuropa) und Armorica (Teile von West- und Südeuropa) – vom Nordrand Gondwanas und driften im Verlauf von Ordovizium und Silur nach Norden. Die Geschichte des nordrhein-westfälischen Altpaläozoikums spielt sich vor allem im Bereich von Avalonia und im nördlich vorgelagerten Meeresbecken ab.

Kambrium – vieles liegt im Dunkeln

Im Kambrium wird ganz NRW von einem riesigen Ozean bedeckt. Die ältesten im nordrhein-westfälischen Teil des Hohen Venns nachgewiesenen Gesteine gehören den beiden jüngsten Abschnitten der Revin-Gruppe an – der überwiegend sandig-quarzitisch ausgebildeten Venn-Formation und der tonsteinreichen Schevenhütte-Formation. Die meist schwarzen Tonsteine sind Ablagerungen eines tieferen Meeresbeckens. Das sandige Material ist Verwitterungsschutt des im Süden gelegenen Gondwana-Kontinents, das durch Schlammströme vom Kontinentalrand in das Meeresbecken transportiert wird.

Quarzitblock aus der Venn-Formation (Kambrium, Revin-Gruppe) im Hasselbachtal bei Simmerath in der Eifel





Kaiser Karls Bettstatt in Monschau-Mützenich, unweit der belgischen Grenze im Hohen Venn: Um diesen großen verfalteten Quarzitblock aus der Venn-Formation (Kambrium) rankt sich die Sage, dass Kaiser Karl der Große, als er sich auf einem Jagdausflug im Moor verirrt hatte, dort übernachten musste. Wahr ist auf jeden Fall, dass der Block an Ort und Stelle aus dem Schichtenverband herausgewittert ist und dass es sich nicht um einen verdrifteten Findling handelt.

Im Kambrium spielt sich das Leben im Wesentlichen noch im Meer ab, entwickelt sich dort aber rasant. Bei vielen wirbellosen Tieren wie Trilobiten, Brachiopoden und Krestieren entsteht ein Außenpanzer oder eine harte Schale. Dies begünstigt ihre fossile Überlieferung. Aufgrund der unruhigen Sedimentationsbedingungen findet man in den kambrischen Schichten der Eifel aber nur selten Zeugnisse der damaligen Lebewelt. Neben Acritarchen – einzellige Mikrofossilien mit fester organischer Hülle – und den Schalen von Brachiopoden sind es vor allem Kriech- und Fressspuren von Tieren, die in den Sedimenten erhalten sind.

Ordovizium –

die kaledonische Gebirgsbildung macht Meer zu Land

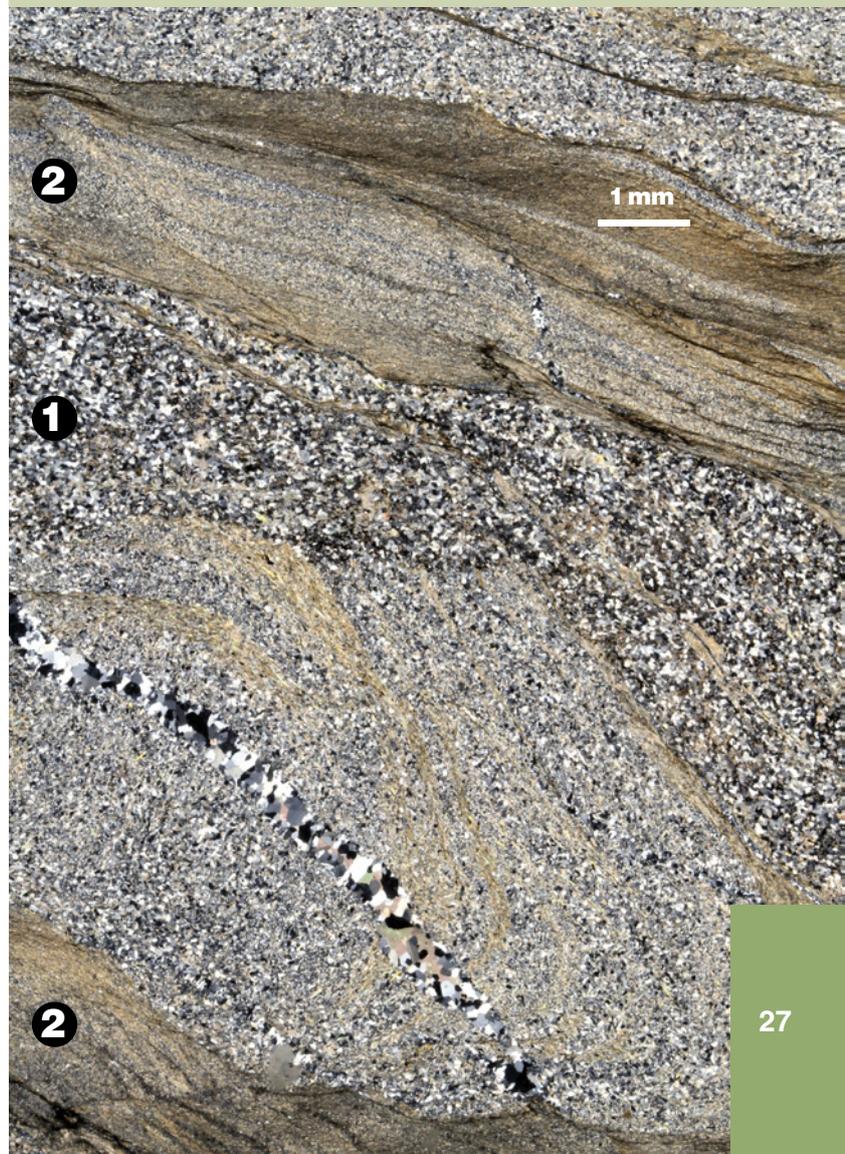
Auch im Ordovizium ist NRW zunächst noch Teil einer Meeresregion. Die in der Nordeifel vorkommenden geschieferten Tonsteine mit Lagen von Sandsteinen belegen, dass weiterhin Schlammströme Sedimentmaterial vom südlich gelegenen Kontinentalhang in das Meeresbecken verfrachten. Von einer späteren Änderung der Ablagerungsbedingungen zeugen rote Gesteinsfarben. Das allmählich verflachende Meer hinterlässt stark strukturierte Küstenlandschaften. Im Hohen Venn nachgewiesene untermeerische Vulkanausbrüche, bei denen auch der Tonalit von Lammersdorf in die Sedimentgesteine eingedrungen ist, zeigen, dass die Erde in Bewegung ist. In den rechtsrheinischen ordovizischen Kernschichten des Remscheider und des Ebbe-Sattels herrschen schwarze Ton- und Schluffsteine vor, Sand-schüttungen vom Kontinentalrand erreichen diesen Meeresteil demzufolge nicht.



Bohrkern aus einer Bohrung bei Stolberg. Zu sehen ist eine Wechselfolge von verfalteten hellen Sand- und dunklen Tonsteinlagen aus der Wehebach-Formation (Salm-Gruppe) des Unterordoviziums.

Im weiteren Verlauf des Ordoviziums treten grundlegende Änderungen in der Paläogeographie des Ablagerungsraumes ein. Dies ist heute vor allem daran zu erkennen, dass zwischen der Ablagerung der ordovizischen und silurischen Schichten in der Nordeifel Gesteine aus einem Zeitraum von etwa 70 Mio. und im rechtsrheinischen Schiefergebirge von rund 30 Mio. Jahren fehlen. Zudem liegen die jüngeren silurischen oder devonischen Schichten mit einer deutlichen Winkeldiskordanz auf älteren ordovizischen Schichten. Grund dafür ist die kaledonische Gebirgsbildung, die vor 450 – 420 Mio. Jahren das heutige nördliche Europa erfasst. In ihrem Verlauf wird die Sedimentation unterbrochen und bereits abgelagerte Schichten werden teilweise wieder abgetragen. Während des Ordoviziums driften die Kontinente Laurentia, Baltica und Avalonia von hohen südlichen Breiten nach Norden in Richtung Äquator und kollidieren dabei miteinander. Die Meeresbecken zwischen diesen Kontinentalplatten schließen sich und die Gesteinsschichten der ehemaligen Meeresräume sowie der angrenzenden Festländer werden zum Kaledonischen Gebirge herausgehoben. Der neue Kontinent Laurussia, auch Old-Red-Kontinent genannt, entsteht.

Ein Gestein der Wehebach-Formation unter dem Mikroskop, hauchdünn geschnitten und in polarisiertem Licht betrachtet: Zu erkennen ist eine Sandschüttung mit Fließstrukturen (1) – die Ablagerung aus einem Schlammstrom –, darüber und darunter fein gebänderter Schluffstein (2).



Diese erste Gebirgsbildung im westlichen Rheinischen Schiefergebirge hat dazu geführt, dass im Hohen Venn nur Gesteine der Salm-Gruppe aus dem Unterordovizium vorkommen. Über ihnen folgen – wie über den rechtsrheinischen spätordovizischen Schichten der Herscheid-Gruppe – unvermittelt Gesteine aus dem jüngsten Silur bis Unterdevon (Kalltal- bzw. Köbbinghausen- und Silberg-Formation).

Im Ordovizium schreitet die Entwicklung der wirbellosen Organismen weiter voran. In tieferen Meeresbereichen sind Graptolithen beheimatet. Aus dem Hohen Venn ist die Art *Rhabdinopora flabelliformis* bekannt (s. S. 23). In Flachmeeren leben vor allem Trilobiten, Brachiopoden und Cephalopoden. Sie entwickeln eine große Formenvielfalt. Frühe Wirbeltiere wie die kieferlosen Fische erleben einen bescheidenen Aufschwung. Im Mittelordovizium erobern erste Pflanzen das Festland und damit einen neuen Lebensraum.

Kaledonische Diskordanz bei Vossenack, Kreis Düren: Links und in der Mitte sieht man 485 Mio. Jahre alte ordovizische Schiefer (1) mit Sandsteinlagen (2) der Wehebach-Formation. Rechts werden diese Schichten von einer steiler gelagerten Konglomeratbank der Kalltal-Formation (3) abgeschnitten. Sie stammt aus dem Gedinnium (Unterdevon) und ist 415 Mio. Jahre alt. Zwischen den beiden Formationen klafft eine Lücke von 70 Mio. Jahren.

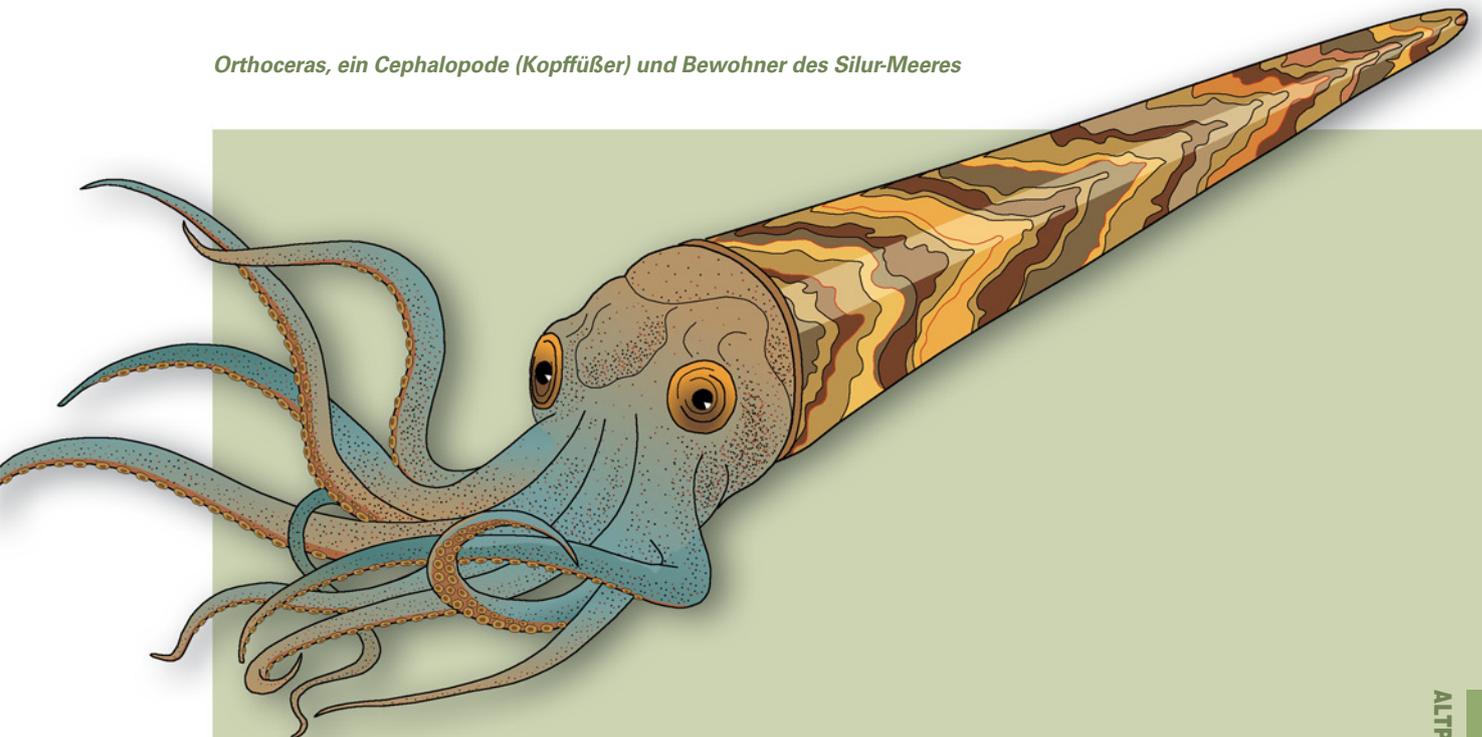


Silur – Geburt des Rhenoharzynischen Beckens

Was genau sich im Silur in NRW abgespielt hat, ist ebenfalls nur zu vermuten. Die kaledonische Gebirgsbildung sorgt dafür, dass Ablagerungen dieser Zeit zum größten Teil fehlen und nur aus dem jüngsten Abschnitt des Silurs überliefert sind. Sie gehören zu Schichtenfolgen, die sich bis in das Unterdevon hinein fortsetzen. Im Hürtgenwald, am Rand des Hohen Venns, ist ein Konglomerat (Basis-Konglomerat der Kalltal-Formation) mit gut gerundeten Quarziten über ordovizischen Schichten zu finden. Es wird als Flussschotter oder als Schutt einer Steilküste gedeutet, der aus dem Bereich des abgetragenen Kaledonischen Gebirges stammt. Darüber folgen Gesteine mit marinen Fossilien – das Meer ist also auf das Festland zurückgekehrt. Aus dem zunächst flachen Schelfmeer entsteht allmählich das Rhenoharzynische Becken, in dem in der Folgezeit die viele tausend Meter mächtigen Sedimente abgelagert werden, die heute das Rheinische Schiefergebirge maßgeblich aufbauen.

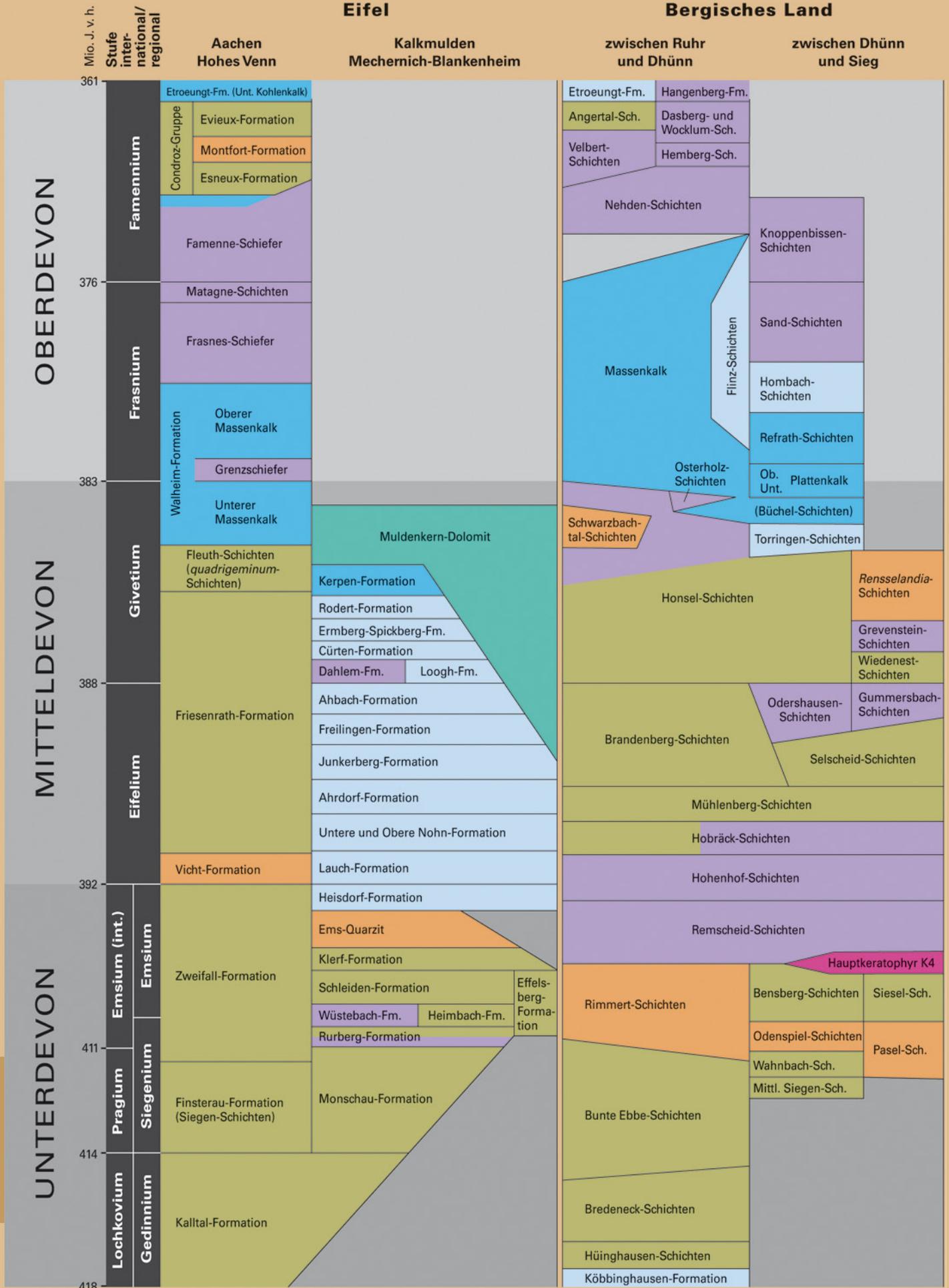
In den Ablagerungen des Silur-Meeres dominieren Kalksteine und kalkhaltige Tonsteine. Sie enthalten viele Fossilien wie Brachiopoden, Trilobiten, Krinoiden, Bryozoen, Cephalopoden und Korallen. Während die ersten Knorpelfische durchs Meer schwimmen, erobern nach den Pflanzen auch Gliedertiere wie Tausendfüßer das Land.

Orthoceras, ein Cephalopode (Kopffüßer) und Bewohner des Silur-Meeres



Eifel

Bergisches Land

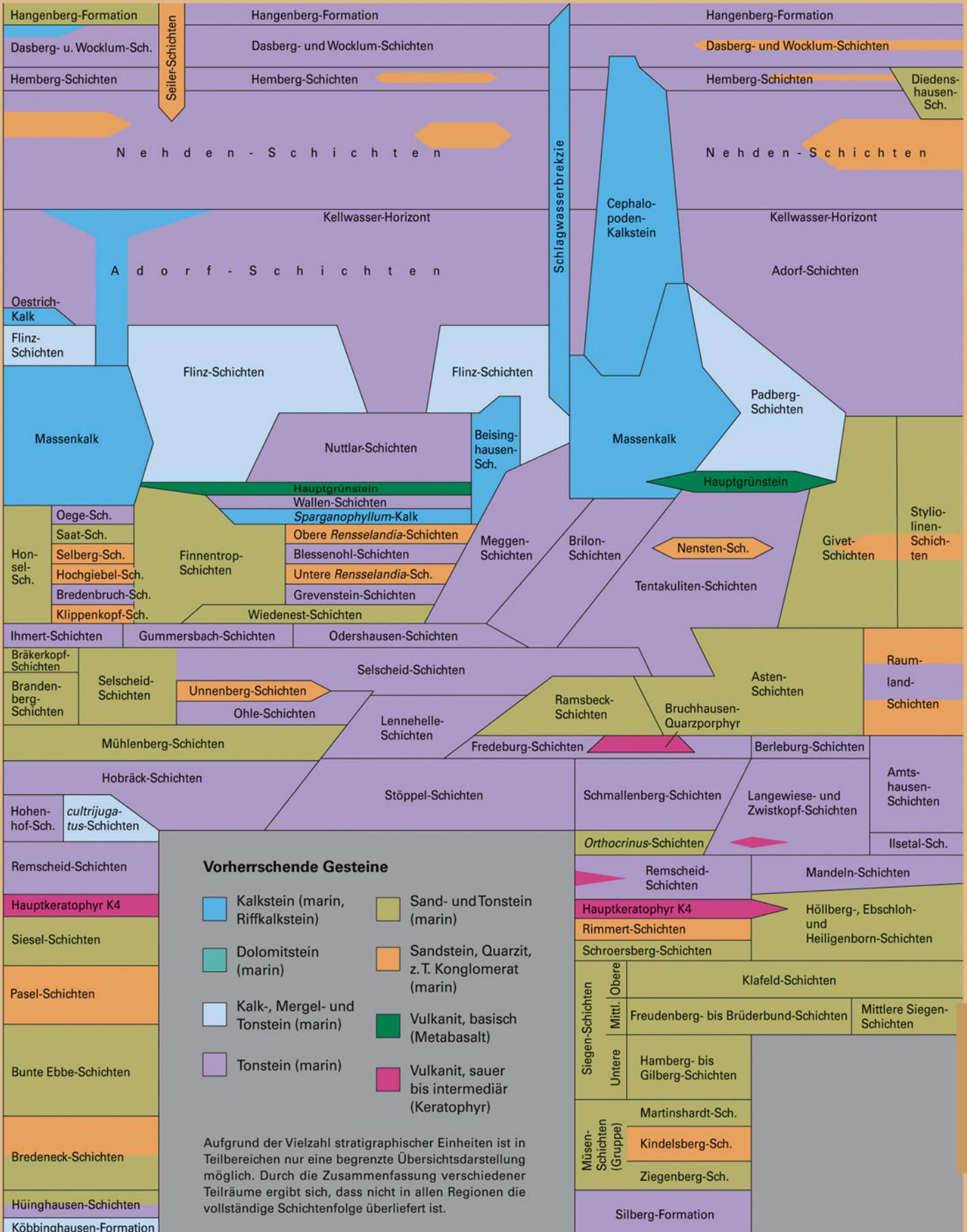


Sauerland

westliches Sauerland

östliches Sauerland

südöstliches Sauerland,
Siegerland, Wittgensteiner Land





Calamophyton – die älteste baumförmige Pflanze der Welt ist 390 Mio. Jahre alt. Vollständige Exemplare stammen aus dem Mitteldevon des Bergischen Landes bei Lindlar.

DEVON

418 – 361 Mio. Jahre vor heute

Ski und Rodel gut! Das Rheinische Schiefergebirge ist nicht nur das flächenmäßig größte Mittelgebirge Nordrhein-Westfalens, sondern auch das höchste. Mit dem Sauerland liegt hier zudem eine der bedeutendsten deutschen Winter-sportregionen nördlich der Alpen. Bergab geht es fast immer über Schichten des Devons, denn vor allem dessen Gesteine bilden den Untergrund von Eifel, Bergischem Land, Sauerland und Siegerland. Aber nicht nur für den Tourismus sind devonische Gesteine wichtig.

Im Rheinischen Schiefergebirge, das rund ein Viertel des Landesgebietes einnimmt, sind die an der Erdoberfläche vorkommenden Devon-Schichten das landschaftsprägende Element. Auch im übrigen NRW sind sie fast überall vertreten, allerdings meist in großen Tiefen, verborgen unter jüngeren Ablagerungen. Auf der einen Seite hunderte Meter mächtige, häufig monotone Folgen dunkelgraugrüner Gesteine, auf der anderen Seite bunte, abwechslungsreiche Schichtenfolgen voller Zeugen frühen Lebens, sind sie Abbild einer wechsellvollen Periode der Erdgeschichte.

Ob Blei, Zink oder Eisen – Erze in devonischen Gesteinen waren Basis für die Industrialisierung NRWs. Sie wurden zum Teil noch bis in das späte 20. Jahrhundert gewonnen. Heute ruht der Abbau, es sind aber noch beträchtliche Erzvorräte vorhanden. Devonische Schichten von der Eifel bis zum Sauerland sind jedoch nach wie vor Lieferant für verschiedenste Festgesteine, die bei der Steine- und Erden-Industrie begehrt sind.

Der Verbreitungsraum devonischer Schichten ist in vielen Bereichen Grundwassermangelgebiet, manchmal ist er aber auch reich an Quellen. Stellenweise haben sich Naturlandschaften erhalten, die – früher als wirtschaftlich benachteiligte Regionen gesehen – heute ganzjährig Touristen anziehen.

Verbreitung des Devons

-  an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär
-  unter jüngeren Schichten, bis in 1000 m u. NHN
-  unter jüngeren Schichten, tiefer als 1000 m u. NHN



Das Erbe des Old-Red-Kontinents

Seit der kaledonischen Faltung an der Grenze Ordovizium/Silur besteht im nördlichen Europa ein ausgedehntes Festland, das Laurussia oder, nach seinen roten Verwitterungsmassen, Old-Red-Kontinent genannt wird. Während des Devons senkt sich durch Krustendehnung südlich dieses Kontinents als lang gestrecktes Meeresgebiet das Rhenohertzynische Becken ein. Es ist ein Randbecken des sehr viel größeren Rheischen Ozeans, der zwischen dem Old-Red-Kontinent im Norden und dem Gondwana-Kontinent im Süden liegt.

Im Laufe des Devons wird der Old-Red-Kontinent durch Erosion abgetragen. Der dabei anfallende Verwitterungsschutt gelangt durch Flüsse in das Rhenohertzynische Becken und füllt es weitgehend wieder auf. So entstehen in 57 Mio. Jahren die stellenweise mehr als 10 000 m mächtigen Sand-, Schluff- und vor allem die geschieferten Tonsteine, aus denen das heutige Rheinische Schiefergebirge zum Großteil besteht und die ihm seinen Namen geben. Im Einzelnen sind die Entstehungsbedingungen der devonischen Gesteine höchst komplex und sehr von Raum und Zeit abhängig. Dies findet seinen Ausdruck in der großen Zahl von Schichteinheiten in den geologischen Karten.

Erz aus NRW: Zinkblende (dunkelbraun), Siderit (hellbraun), wenig Bleiglanz (silbrig glänzend), daneben Quarz (weiß); ein Erzgang in den grünlich grauen Fredeburg-Schichten (Mitteldevon) der Grube Ramsbeck im Sauerland





Paläogeographie im Mitteldevon

- Festland mit Küstenebene, z. T. Delta-Bildungen
- aktives Hebungsgebiet
- flaches Schelfmeer
- tiefes Meeresbecken
- Korallenriff

Ozeane, Kontinente und paläogeographische

Position von NRW vor 400 Mio. Jahren

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean

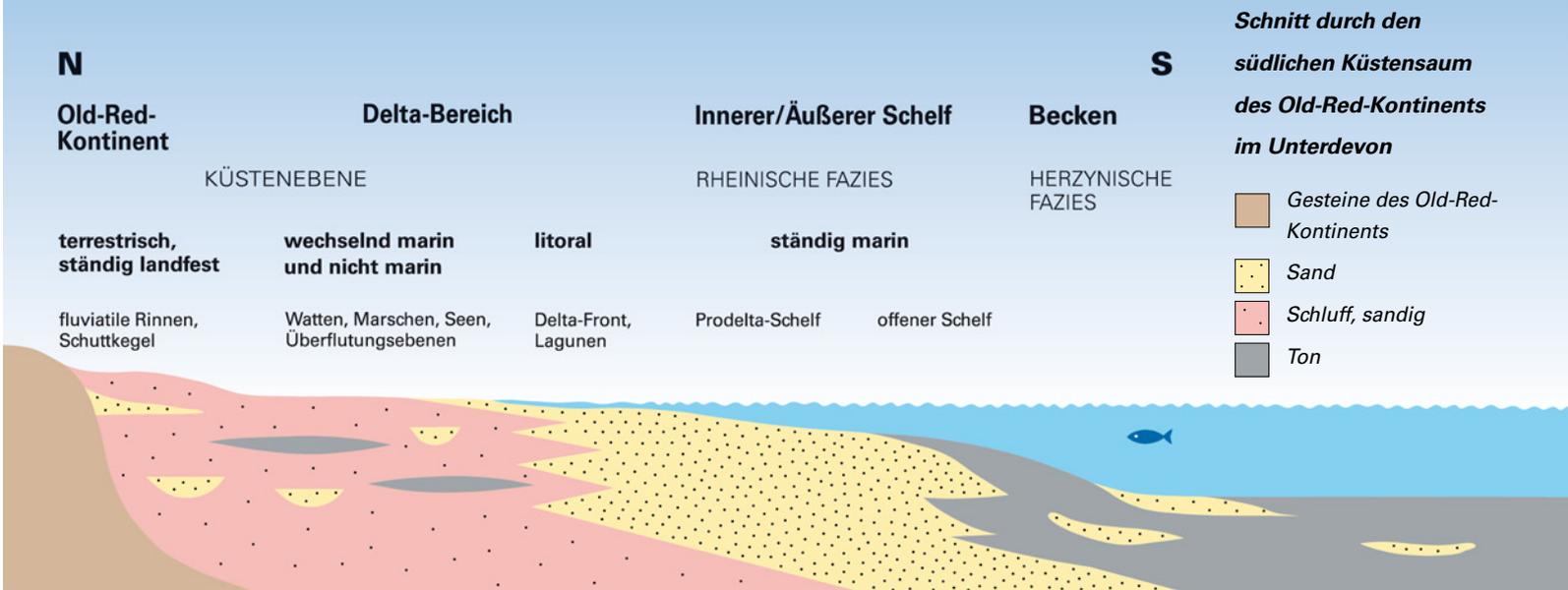


Das langsam einsinkende Rhenoharzynische Becken ändert im Verlauf des Devons ständig seine Form und Tiefe. Durch weit gespannte Hebungen und Senkungen der Erdkruste entstehen auf dem Meeresboden kleinräumige Spezialbecken und -schwellen. Die Vielzahl der Sedimentations- und Lebensräume, die sich räumlich und zeitlich verzahnen, führt zur Bildung von zum Teil sehr unterschiedlichen Gesteinen mit einer Fülle an Fossilien und Sedimentstrukturen. Magmatische Gesteine zeugen von gelegentlicher vulkanischer Aktivität und davon, dass enorme gebirgsbildende Kräfte am Werke sind.

Unterdevon – das große Delta

Unterdevonische Schichten treten linksrheinisch weitflächig zwischen dem Hohen Venn und der Landesgrenze südlich von Blankenheim in der Eifel zutage. Rechtsrheinisch sind sie vor allem im Süden des Bergischen Landes und im Siegerland aufgeschlossen. Ihre nördlichste oberflächennahe Verbreitung liegt im Raum Remscheid und im Ebbegebirge.

Wo zu Beginn des Devons die Südgrenze des Old-Red-Kontinents liegt, ist nicht genau bekannt. Der Bereich des Rheinischen Schiefergebirges ist jedenfalls Teil seines südlich vorgelagerten flachen Delta- und Wattengebietes. Vom Festland schütten Flüsse tonig-sandiges Material in den Meerestrog des Rhenoharzynischen Beckens, dessen tiefster Teil zunächst im Siegerland liegt. In Phasen, in denen große Materialmengen anfallen, verschiebt



sich die Küstenlinie weit nach Süden und am Beckenrand werden überwiegend terrestrische Sedimente abgelagert. In Phasen mit geringem Materialeintrag breitet sich im Norden ein ausgedehntes, flaches Delta aus. Insgesamt lässt sich der Sedimentationsraum von Norden nach Süden in folgende Faziesbereiche mit zunehmender Wassertiefe gliedern:

Im Norden liegt der Old-Red-Kontinent. Daran schließt sich nach Süden eine Küstenebene an. In Festlandsnähe dokumentieren oft rot gefärbte Sedimente einen sehr starken kontinentalen Einfluss. Danach folgt ein ausgedehnter Übergangsbereich zwischen Land und Meer. Hier liegen die verzweigten Delta-Areale großer Flüsse, Überflutungsebenen und Wattengebiete. Von ihnen zeugen überwiegend sandige Ablagerungen mit zeitweise marinem Einfluss.

Im Bereich der Eifel und des südlichen Bergischen Landes schließt sich der durchgehend marin geprägte Schelf an. Es ist der Raum der sogenannten Rheinischen Fazies, die in einem küstennahen, fossilreichen Bewegtwasserbereich mit Tiefen bis 200 m entstanden ist. Hier dominieren mächtige Sandsteinfolgen, deren Material von Norden geschüttet wird.

Eine geologische Rarität: der Mullion-Felsen von Dedenborn (Simmerath, Eifel). Die ausgefallenen Strukturen in der unterdevonischen Sandsteinbank der Monschau-Formation sind durch tektonische Einengung entstanden und in Deutschland ein einmaliges Geotop.





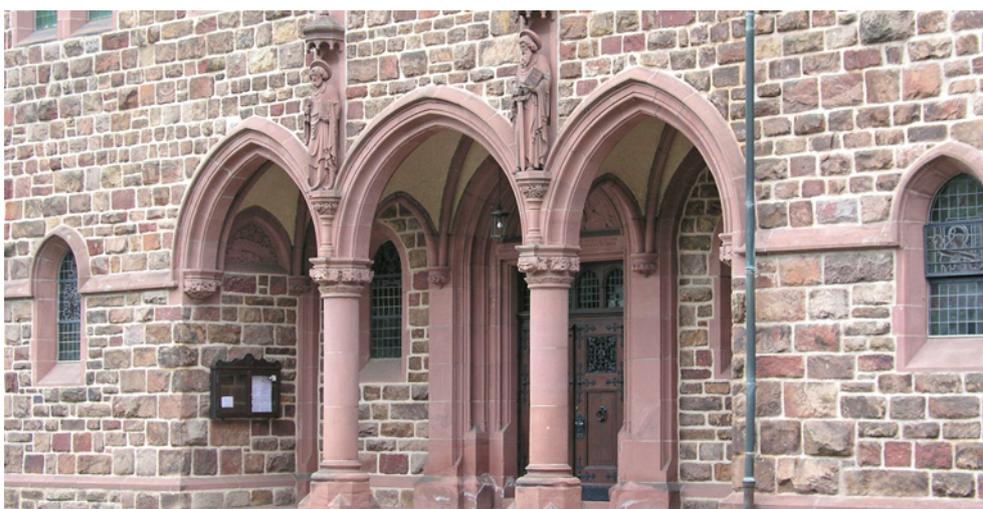
*Unterdevonische
Brachiopoden aus
dem Emsium bei
Dahlem-Kronenburg*

Weiter nach Süden vertieft sich das Meer. Hier, im heutigen Siegerland, befindet sich ein küstenferner Stillwasserbereich innerhalb eines mehr als 200 m tiefen, durch Schwellen gegliederten offenen Meeres. Er ist Ablagerungsraum der Herzynischen (Becken-)Fazies, die durch überwiegend dunkle Tone gekennzeichnet ist. Einzelne Sandsteinlagen belegen, dass Schlamm- oder Suspensionsströme Sediment vom Schelfrand in dieses Becken verfrachten. Im Verlauf des Devons verlagert sich das Becken nach Norden und drängt die Schelffazies immer weiter zurück.

Vor 414 Mio. Jahren, zu Beginn des Siegeniums, des mittleren Abschnitts des Unterdevons, gelangt besonders viel Sand und Ton in eine ausgedehnte Spezialsenke im Siegerland, in den „Siegener Trog“. Die stetige Absenkung des Meeresbodens kann hier mit der Sedimentanlieferung Schritt halten. So entstehen in einem Zeitraum von nur 4 – 5 Mio. Jahren die 5 000 – 6 000 m mächtigen Siegen-Schichten.

Während des gesamten Unterdevons kommt die Erde nicht zur Ruhe, wovon die Spuren eines ausgeprägten untermeerischen Vulkanismus zeugen. Anhaltende Krustendehnung lässt am Meeresboden Ost – West verlaufende Risse entstehen. An ihnen steigen die kiesel-säurereichen Magmen der heutigen Quarzkeratophyre auf. Sie sind in weiten Teilen des rechtsrheinischen Schiefergebirges verbreitet und stellen markante Leithorizonte dar, anhand derer sich die Schichtenfolge gliedern lässt.

Als der Siegener Trog fast aufgefüllt ist, wird der Hauptkeratophyr (K4) abgelagert. Mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 120 – 150 m und einer flächenhaften Verbreitung von mehr als 2 000 km² ist er der bedeutendste Vulkanit aus dieser Phase. Wegen seiner großen Härte und Verwitterungsresistenz war und ist er – wie die anderen Quarzkeratophyre auch – ein begehrter Rohstoff für Werk- und Pflastersteine sowie für den Wasserbau. Heute wird er in Kirchhudem-Würdinghausen abgebaut.



*Pfarkirche St. Peter
und Paul in Kirch-
hudem, erbaut aus
unterdevonischem
Quarzkeratophyr, mit
einem Eingangsportal
aus hessischem
Buntsandstein*



*Die Quarzporphyrfelsen
der Bruchhauser Steine*

Mitteldevon – vom tiefen Meer, Riffen und Vulkanen

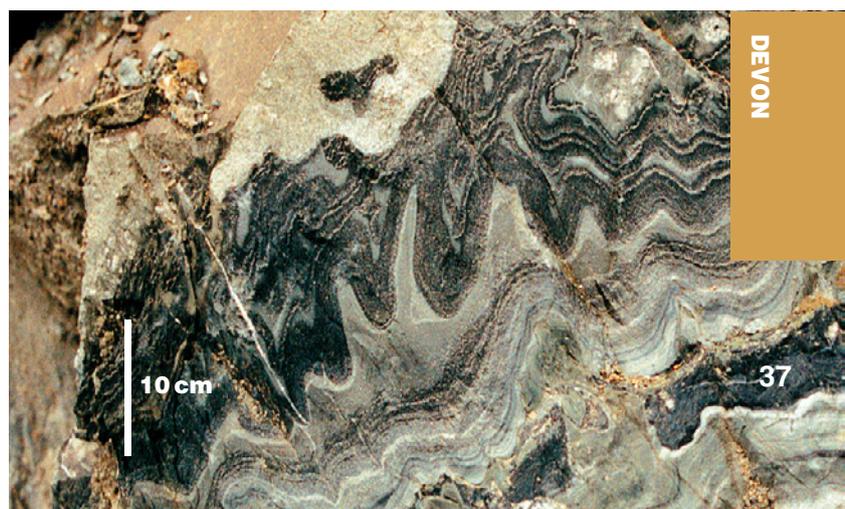
Das Mitteldevon gliedert sich in die Stufen Eifelium und Givetium. Hauptverbreitungsgebiete sind die Kalkmulden der Eifel zwischen Bad Münstereifel und Blankenheim, das nördliche Bergische Land sowie das nördliche und östliche Sauerland.

Während des Mitteldevons verlagert sich das Zentrum des Rhenoherynischen Beckens nach Nordwesten. Damit breitet sich auch die Beckenfazies weiter in diese Richtung aus. Belege dafür sind meist feinkörnige Sedimente wie Ton- und Mergelsteine mit den in ihnen überlieferten Sedimentstrukturen und Fossilien.

Die vulkanische Aktivität hält, bei nachlassender Intensität, auch im Mitteldevon weiter an. Aus der Lava eines Vulkans, der im Eifelium – vielleicht auch erst im Givetium – auf dem Meeresgrund ausbricht und dessen Förderkanäle in den Schichten des Eifeliums überliefert sind, entstehen südlich von Brilon die spektakulären Bruchhauser Steine. Auf dem Nordwesthang des 728 m hohen Istenbergs ragen vier Hauptfelsen aus Quarzporphyr aus dem Wald heraus. Ausgrabungen zeigen frühe Besiedlungsspuren und belegen die kulturhistorische und strategische Bedeutung des Areals für den Menschen. Heute sind die Bruchhauser Steine ein wertvolles Biotop für seltene Tiere und Pflanzen sowie als Geotop ein beliebtes Ausflugsziel.

Im Givetium ändert sich die Art der vulkanischen Aktivitäten und mit ihr die Zusammensetzung der Magmen. Vor allem basische Diabaslaven (Metabasalte) durchdringen den Meeresboden und fließen untermeerisch aus. Es bilden sich Wechsellagerungen aus massiven Laven mit Tuffen und Sedimentgesteinen. Aus ihnen entsteht der oft heterogen aufgebaute Hauptgrünstein. Er findet als Schotter und Splitt im Straßen- und Betonbau Verwendung und wird heute im Raum Brilon abgebaut. An den Hauptgrünstein sind Roteisensteinlager gebunden. Sie entstehen durch Erzlösungen, die im Zuge der vulkanischen Aktivität aufsteigen. Innerhalb des Dreiecks Brilon – Marsberg – Adorf wurden sie bis in die 1960er-Jahre abgebaut. Das bekannteste Vorkommen ist der Martenberg nördlich von Adorf, wo Erze mit bis zu 35 % Eisengehalt gefördert wurden.

Am Meeresboden in Rutschfalten verformter Hauptgrünstein im Raum Brilon



DEVON



*Steinbruch im
Massenkalk
bei Warstein*

Ab dem Givetium wachsen von der Eifel bis zum Ostsauerland am damaligen Schelfrand riesige Rifffkomplexe – vergleichbar dem Great Barrier Reef vor Australien. Die Wachstumsphase der Riffe dauert rund 10 Mio. Jahre. Sie entstehen zu einer Zeit und in einer Region mit günstigen Klimabedingungen, flachem und klarem Wasser. Die Riffbildner, vor allem Korallen und Stromatoporen, bauen den mehrere hundert bis über tausend Meter mächtigen sogenannten Massenkalk auf – einen der wichtigsten devonischen Rohstoffe überhaupt. Der meist hochreine Kalkstein ist Basis für die Kalksteinindustrie zum Beispiel bei Sötenich, Wülfrath, im Hönnetal, bei Warstein oder Brilon. Gleichzeitig ist er aber auch ein hervorragendes und ergiebiges Grundwasserreservoir im sonst eher grundwasserarmen Rheinischen Schiefergebirge. Trinkwassergewinnung und große Steinbruchbetriebe, wie sie hier angesiedelt sind, haben daher konkurrierende Nutzungsansprüche an die wertvolle Ressource.

Der Massenkalk birgt aber nicht nur wirtschaftliche Schätze. Durch die Löslichkeit seiner Mineralien haben sich neben dem Speicherraum für das Grundwasser eine Vielzahl von Karsterscheinungen gebildet wie Bachschwinden, Dolinen und – als spektakulärste Bildung – Höhlen. Die meisten nordrhein-westfälischen Schauhöhlen liegen im Massenkalk und sind touristische Anziehungspunkte.

*Korallenstock aus der Ahrdorf-
Formation bei Bad Münstereifel*



Dort, wo Höhlen und Karstspalten schon in vergangenen Zeitaltern existierten, präsentiert sich der Massenkalk bisweilen auch als Hüter erdgeschichtlicher Geheimnisse. In einem Gebiet, das seit dem ausklingenden Karbon im Wesentlichen Festland und somit Abtragungsgebiet ist, sind fossile Relikte dünn gesät. Umso wertvoller sind Karsthohlräume aus längst vergangenen Epochen, in die Sedimente, manchmal mit fossilen Tieren und Pflanzen, eingespült wurden oder in denen sich menschliche Siedlungsspuren finden. Karstfüllungen im Massenkalk sind damit hervorragende Archive der Erd- und Lebensgeschichte und geben seltene Einblicke in frühere Lebensbedingungen auf dem Festland. Besonders spektakulär sind Funde aus der Kreide-Zeit, beispielsweise Pflanzenreste aus Wülfrath und Saurier aus Brilon-Nehden. Einer Massenkalk-Höhle im Düsseltal bei Mettmann verdanken wir auch etwas ganz Besonderes: Hier wurden die berühmten Überreste des Neandertalers gefunden.

Im Mitteldevon ist noch ein anderer Rohstoff entstanden, der vielen Orten im Rheinischen Schiefergebirge ihr typisches Erscheinungsbild verleiht: der aus den Fredeburg- beziehungsweise den Tentakuliten-Schichten stammende Dachschiefer. Seit dem 16. Jahrhundert werden die dunklen, geschieferten Tonsteine vor allem im Raum Nuttlar, Bad Fredeburg und Bad Berleburg-Raumland abgebaut und für die Dacheindeckung und Fassadengestaltung eingesetzt. Obwohl solche Gesteine im Rheinischen Schiefergebirge weit verbreitet sind, eignen sich nur wenige zur Dachschieferherstellung, da zum einen nur sehr reine Tonsteinpartien infrage kommen und zum anderen Schieferflächen optimal ausgebildet sein müssen. Heute werden Dachschiefer nur noch bei Bad Fredeburg im Untertagebetrieb abgebaut.



Tropfsteine in der Bilsteinhöhle bei Warstein

*Ein mit Schiefer verkleidetes Haus:
die alte Schule in Bad Berleburg*



Oberdevon – von Becken und Schwellen

Oberdevonische Schichten kommen an der Erdoberfläche nur kleinflächig vor, linksrheinisch im Raum Aachen und rechtsrheinisch bei Bergisch Gladbach, bei Attendorn sowie in einem schmalen Band am Nord- und Ostrand von Bergischem Land und Sauerland. Die Oberdevon-Schichten sind in die beiden grundsätzlich verschiedenen Faziesbereiche der Becken- und der Schwellenfazies geteilt.

Im Oberdevon setzt sich die Verlagerung des Schelfrandes nach Nordwesten fort, die Beckenfazies breitet sich somit immer weiter in diese Richtung aus. Im Becken werden überwiegend tonige Sedimente abgelagert, in die immer wieder Sandlagen eingeschaltet sind. Das Material ist vom nordwestlich gelegenen Schelfrand abgerutscht – ausgelöst vielleicht durch Erdbeben oder auch Sturmereignisse – und wird durch Suspensionsströme in tiefere Meeresbereiche transportiert.

Das Relief des Meeresbodens zeigt im Oberdevon eine ausgeprägte Gliederung durch untermeerische Schwellen. Sie werden von ehemaligen Vulkanen und von Riffen gebildet. Dadurch entstehen – teilweise auf engem Raum – abwechslungsreiche Sedimente. So wird zwischen den Schwellen häufig sehr mächtiger Tonschlamm und Riffschutt abgelagert. Dagegen bilden sich auf den Schwellen über lange Zeiträume hinweg die gering mächtigen, geschichteten Kalksteinabfolgen des sogenannten Cephalopoden-Kalks.

Zu Beginn des Famenniums ändert sich das Sedimentationsgeschehen: Die Riffe sterben ab. Zeitgleich werden im Bereich des Beckens zwei Horizonte aus dunklen Ton- und Kalksteinen abgelagert – die Kellwasser-Horizonte. Mit den Riffbildnern sterben auch zahlreiche andere Tiergattungen aus, beispielsweise die bis dahin weit verbreiteten Styliolinen und Tentakuliten. Beides sind bis heute unbekannte Organismen, von denen ein meist nur wenige Millimeter großes, spitzkonisches Kalkgehäuse überliefert ist. Dieses Aussterbe-Ereignis ist weltweit nachgewiesen. Als Ursache kommen klimatische Veränderungen infrage, die mit Meeresspiegelschwankungen einhergehen. Rifforganismen reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen von Wassertemperatur und -tiefe sowie die Qualität des Meerwassers.

Im Oberdevon driftet der Gondwana-Kontinent weiter nach Norden und löst damit eines der größten tektonischen Ereignisse der Erdgeschichte aus: die variszische Gebirgsbildung. In ihrem Verlauf wird der Rheische Ozean mit dem Rhenoherynischen Becken geschlossen, der Untergrund zu einem Gebirge aufgefaltet und emporgehoben. Im höchsten Oberdevon erreicht die Faltungsfrent, von Süden kommend, den südlichen Bereich des Rhenoherynischen Beckens. Aus der von der Faltung zunächst noch nicht erfassten nördlich vorgelagerten Region am heutigen Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges entsteht die Subvariszische Saumsenke. Sie nimmt in der Folgezeit den Abtragungsschutt des aufsteigenden Gebirges auf und wird im Oberkarbon zur Wiege des nordrhein-westfälischen Steinkohlengebirges.

Vom Leben

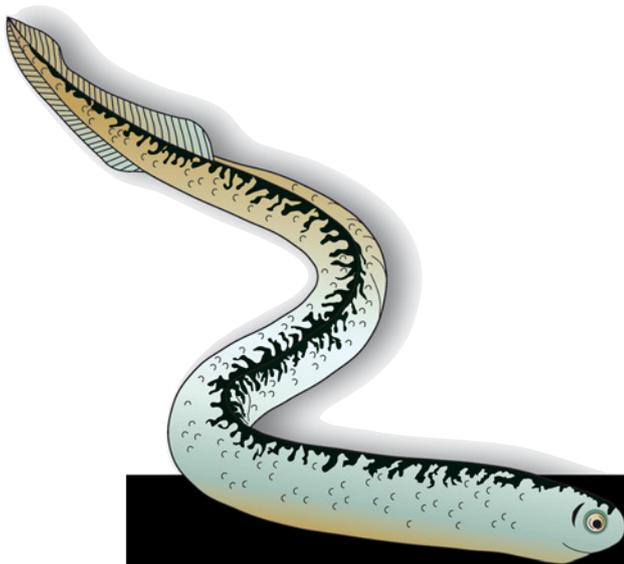
unter der devonischen Sonne

Nordrhein-Westfalen liegt zur Devon-Zeit südlich des Äquators. In einem tropisch-warmen Meer können die Organismen existieren, die die Riffe des Massenkalks aufbauen. Unter den günstigen Klimabedingungen entwickelt sich die Lebewelt rasant. Die urzeitlichen Bärlapp-, Schachtelhalm- und Farngewächse finden entlang der Meeresküsten und in feuchten Festlandsarealen ideale Lebensbedingungen. Aus der niedrigen Vegetationsdecke auf dem unterdevonischen Festland entwickeln sich bis zum Ende des Devons baumähnliche Pflanzen, die schon flächenhafte Wälder bilden. Auch Spinnen und flügellose Insekten fühlen sich hier wohl. Gegen Ende des Devons erscheinen mit den Amphibien die ersten nicht mehr ständig im Wasser lebenden Wirbeltiere.

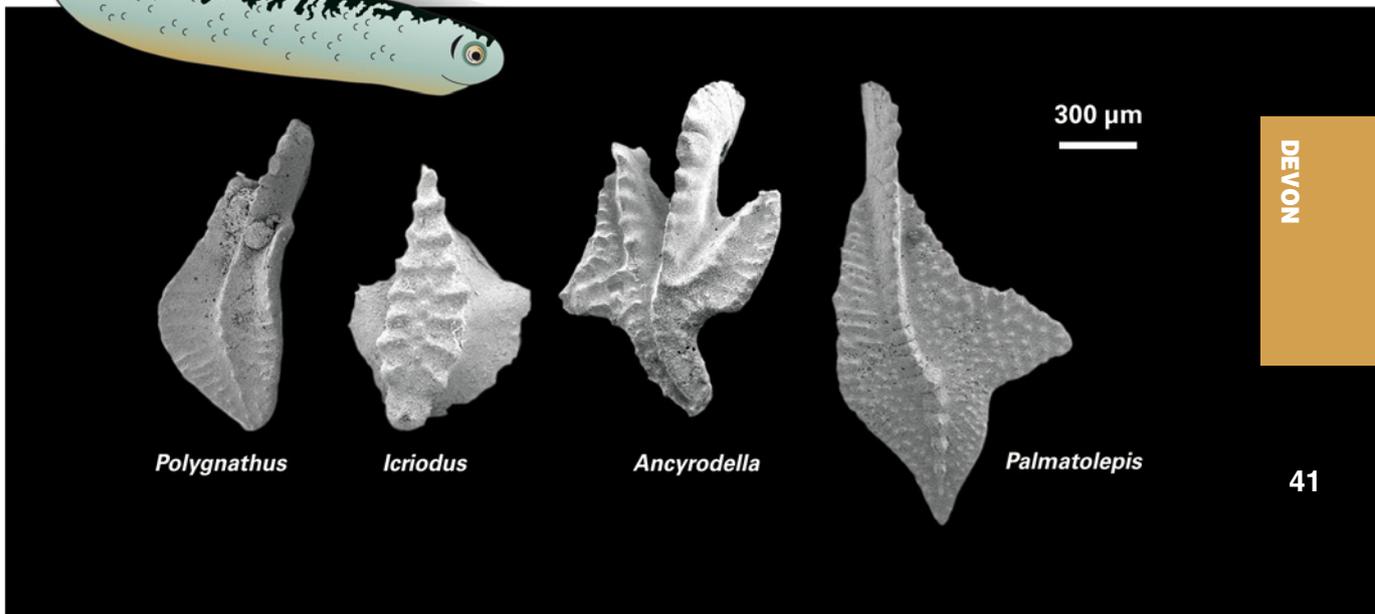


*Kalksteinblock bei Balve mit zahlreichen Schalen des Brachiopoden **Stringocephalus burtini**, einem Leitfossil des Mitteldevons (**Givetium**)*

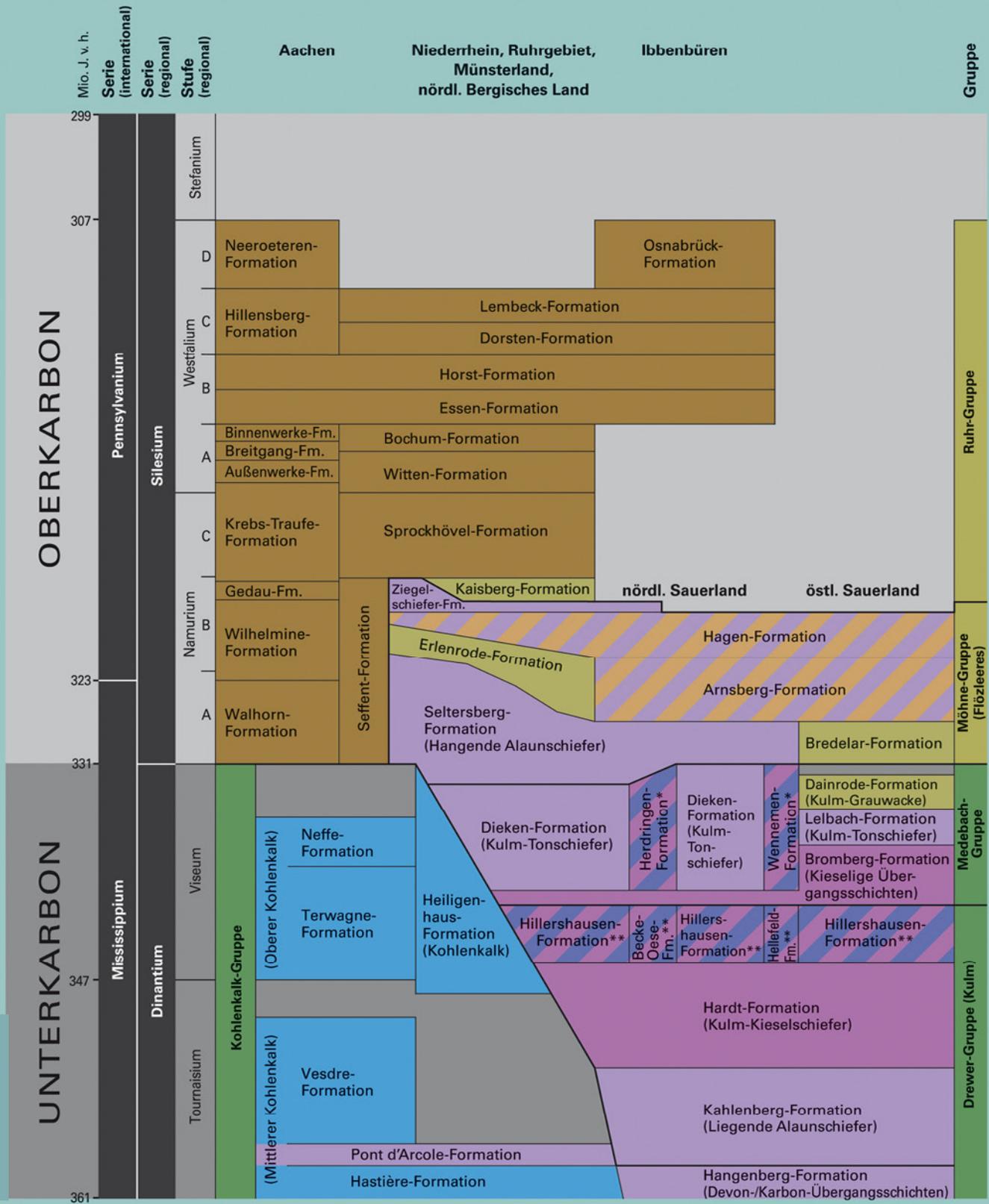
Im Meer haben die Fische eine große Formenvielfalt erreicht. Daneben wird es von Trilobiten, Brachiopoden, Cephalopoden – unter ihnen die ersten aufgerollten Ur-Ammoniten –, Graptolithen und Tentakuliten bevölkert. Wichtig für die Altersbestimmung devonischer Gesteine sind Conodonten. Dabei handelt es sich um zahnartige Apatitkörper aus dem Kopfbereich des 2 – 3 cm langen Conodontentieres.



Conodonten sind zahnartige Apatitkörper aus dem Kopfbereich des 2 – 3 cm langen Conodontentieres.



KARBON



Vorherrschende Gesteine

- Sandstein, z. T. Tonstein, mit Steinkohlenflözen (paralisch)
- Sandstein, z. T. Tonstein (marin, z. T. paralisch)
- Tonstein (marin)
- Kalkstein (marin)
- Tonstein, z. T. Sandstein (marin)
- Tonstein, kieselig (marin)
- Kalkstein, kieselig, z. T. Tonstein (marin)

Stratigraphische Gliederung des Karbons

KARBON

361 – 299 Mio. Jahre vor heute

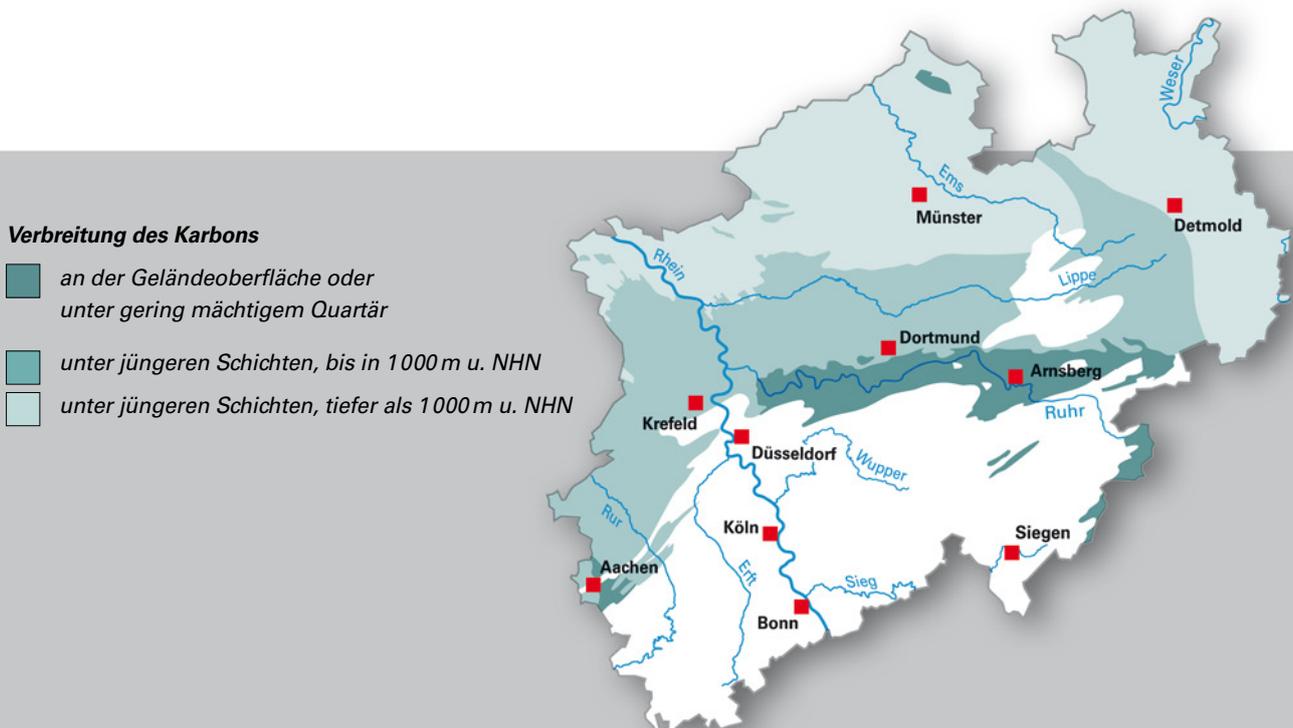
Karbon – Steinkohlenzeit – Entstehungszeit des schwarzen Goldes, das Nordrhein-Westfalen wirtschaftlich und kulturell nachhaltig geprägt hat. Aber auch die Ära der Veränderung, in der das aufsteigende Variszische Gebirge das Meer verdrängt, das über Jahrtausende NRW beherrschte. Eine lange, überwiegend festländisch geprägte Phase beginnt. Eine weite Küstenebene mit Sümpfen und dichten Wäldern erstreckt sich im Norden NRWs. Dort wachsen über 30 m hohe Schuppenbäume, aber auch Schachtelhalme mit baumähnlichen Ausmaßen. Sie werden von riesigen Libellen, Spinnen und Tausendfüßern bevölkert. Die ersten Reptilien leiten die Zeit der Echsen ein, die von da an die Erde für viele Jahrtausende beherrschen.



Der Farn Alethopteris serli aus dem Oberkarbon

Das Karbon wird in Mitteleuropa traditionell in die beiden Abschnitte Unterkarbon (Dinantium) und Oberkarbon (Silesium) gegliedert. Während im Unterkarbon noch Meeresablagerungen dominieren, ist das Oberkarbon durch die meist festländischen Sedimente einer Küstenebene gekennzeichnet, in die zahlreiche Steinkohlenflöze eingebettet sind.

Schichten des Karbons treten in NRW am Nord- und Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges zutage. Dabei sind unterkarbonische Gesteine in einem relativ schmalen Saum im Aachener Raum und im nördlichen Bergischen Land vertreten. Etwas großflächiger sind sie am Nord- und Ostrand des Sauerlandes sowie im Raum Attendorn – Lennestadt zu finden. Oberkarbonische Gesteine sind bei Aachen, im Ruhrgebiet und bei Ibbenbüren aufgeschlossen. Am Niederrhein, fast im gesamten Münsterland sowie im Nordosten von NRW sind sie im Untergrund verbreitet.





Steinkohle mit einer typischen Streifung aus Glanz- und Mattkohle

Steinkohlenland NRW

Nordrhein-Westfalen ist das Bundesland, dessen wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung wie sonst nirgendwo vom Rohstoff Steinkohle geprägt ist. Geologisch gesehen gehört es zu einem Steinkohlengürtel am Rande des Variszischen Gebirges, der von Schlesien über das Ruhrgebiet, den Niederrhein, den Aachener Raum, Belgien und Nordfrankreich bis nach England reicht.

Wie archäologische Funde zeigen, haben schon die Römer Aachener Steinkohle zum Beheizen ihrer Badehäuser benutzt. Urkundlich belegt ist ein erster Kohlenbergbau im Jahr 1113 aus Kohlscheid bei Aachen und im Jahr 1296 bei Dortmund. Zunächst gewinnt man die Steinkohle oberflächennah und für den eigenen Bedarf. Im Laufe der Zeit wird ihre Förderung industrialisiert und geht zunehmend in die Tiefe. Die Lagerstätten im Ruhrgebiet, am Niederrhein, im Aachener Revier und in Ibbenbüren liefern seit Beginn der industriellen Revolution vor ca. 200 Jahren den größten Teil der in Deutschland benötigten Steinkohle. Im Jahr 1956 fördern in NRW fast eine halbe Million Bergleute ca. 130 Mio. t, Ende 2014 rund 12 000 Mitarbeiter knapp 8 Mio. t Steinkohle. Das sind zuletzt nur noch etwa 2 % der in Deutschland erzeugten Primärenergie. Die Eisen- und Stahlindustrie sowie Teile der chemischen Industrie basieren in NRW auf Steinkohle, in Kombination zunächst mit heimischen, später mit importierten Erzen. Seit Anfang 2016 fördern nur noch zwei Bergwerke, 2018 wird auch die letzte Zeche geschlossen sein. Dann ist der Bergbau auf Steinkohle in NRW Geschichte, auch wenn immer noch beträchtliche gewinnbare Vorräte vorhanden sind.

Die Steinkohle hat NRW nicht nur Vorteile gebracht. Sie hat auch Ewigkeitsprobleme geschaffen: Die Wasserhaltung, die notwendig ist, um Bergwerke wasserfrei zu halten, hat die Grundwasserverhältnisse verändert. Auch nach dem Ende des aktiven Bergbaus muss sie weiter betrieben werden. Die Hohlräume, die durch den Steinkohlenabbau in der Tiefe entstanden sind, schließen sich durch das Gewicht des überlagernden Deckgebirges wieder und die Geländeoberfläche sinkt entsprechend ab. Der Grundwasserspiegel würde in einigen Gebieten ohne Regulierung über die Geländeoberfläche steigen – die Folge wäre eine ausgedehnte Seenlandschaft.

Durch Bergsenkung ist bei Dorsten eine offene Grundwasserfläche entstanden.





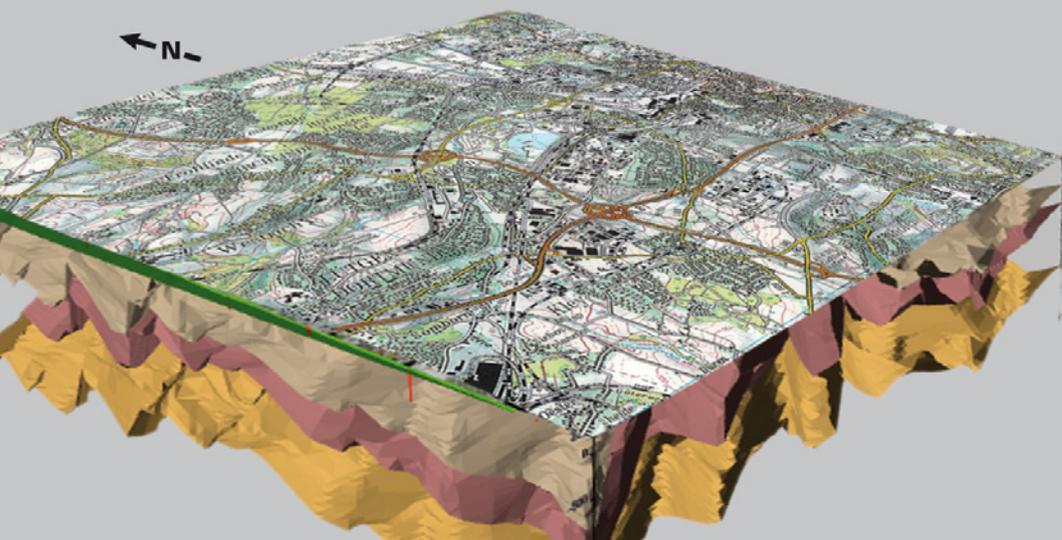
Himmelsleiter an der Halde Rheinelbe in Gelsenkirchen – Anziehungspunkt für Spaziergänger, Jogger, Biker und Fans der Industriekultur

Andere Hinterlassenschaften des Bergbaus sind die Halden aus nicht verwertbaren Nebengesteinen. Sie sind die neuen „Berge“ des Ruhrgebiets; die mit 201,1 m ü. NHN höchste ist die Halde Oberscholven in Gelsenkirchen. Sie überragt die Umgebung um 137 m. Häufig sind die Halden künstlerisch gestaltete Anziehungspunkte für Spaziergänger, Biker und Touristen. Ihre erst durch die Verwitterung freigesetzten Inhaltsstoffe belasten teilweise das Grundwasser, ihre Oberflächen sind erosionsanfällig.

Spuren des alten oberflächennahen Bergbaus sind Tagesbrüche, die besonders im Südteil des Ruhrgebiets auftreten und eine Gefahr darstellen. Sie entstehen, wenn unsachgemäß verfüllte Bergbauhohlräume plötzlich einbrechen.

Das Ruhrgebiet und andere ehemalige Bergbauggebiete sind heute im Wandel. Die Folgen des Bergbaus müssen aber auch in Zukunft beherrscht und neue Nutzungen vorangetrieben werden. Dazu sind aktuelle Geofachdaten unerlässlich. Die geologische Kartierung im Ruhrgebiet durch den Geologischen Dienst NRW ist ein Beispiel dafür, wie Geofachdaten aus den verschiedenen Bergbauepochen zusammen mit neu erhobenen Daten nach einheitlichem Standard in ein modernes Geo-Informationssystem überführt werden.

Aus Daten des Geo-Informationssystems entsteht ein dreidimensionales Bild. Hier sind ausgewählte Horizonte der steinkohlenführenden Schichten im Untergrund von Dortmund dargestellt. Ihre starke Faltung ist gut zu erkennen.



- Kreide-Deckgebirge
- Basis der Bochum-Formation
- Basis der Witten-Formation
- Basis der Sprockhövel-Formation
- Bohrung



*Ibbenbürener Sandstein mit der typischen Maserung durch Eisenausscheidungen.
Parallel zur Schichtung gesägt, ist er ein wertvoller Naturwerk- und Fassadenstein.*

Andere Karbon-Schätze

Eng mit der Kohle verbunden ist das Flözgas. Bei der Umwandlung von Biomasse in Kohle entstehen auch gasförmige Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich Methan. Ein großer Teil davon ist im Laufe der Erdgeschichte durch die Deckschichten der Kohle gewandert und in die Atmosphäre gelangt. Dort aber, wo gering durchlässige Gesteine über den Kohlenflözen liegen, kann das Gas nicht entweichen und sammelt sich in porösen Gesteinshorizonten oder bleibt in der Kohle gebunden. 1 t Kohle kann über 20 m³ Methan enthalten. Im Bergbau ist freigesetztes Gas als Auslöser untertägiger Explosionen gefürchtet und wird deshalb abgesaugt – auch aus bereits stillgelegten Grubengebäuden. Mittlerweile wird dieses Methan in Blockheizkraftwerken in Strom und Wärme umgewandelt.

Die Gewinnung der großen Methanmengen, die in den bergbaulich nicht erschlossenen und wirtschaftlich nicht abbaubaren Flözen im Untergrund des Münsterlandes gebunden sind, ist derzeit ein heftig diskutiertes Thema. Geprüft wird, ob und in welchem Umfang Flözgas unter wirtschaftlichen, technischen und ökologischen Gesichtspunkten tatsächlich gewinnbar ist. Auch dabei sind geowissenschaftlicher Sachverstand und belastbare Geofachdaten gefragt und für die Risikobewertung unerlässlich.

Gegenüber der Kohle treten andere Schätze des Karbons zwar in den Hintergrund, aber auch die Kalksteine des Unterkarbons, die an verschiedenen Stellen im Rheinischen Schiefergebirge auftreten, sind wertvolle Rohstoffe, vor allem die der Kohlenkalk-Gruppe (Schelffazies) sowie die teilweise kieseligen Kalksteine der Drewer- und der Medebach-Gruppe (Kulm-Plattenkalk der Beckenfazies).

Ebenso waren und sind die Sandsteine des Oberkarbons im Ruhrgebiet und bei Ibbenbüren als Naturwerksteine und Straßenbaustoffe begehrt. Auch Tonsteine aus dem Oberkarbon wurden früher häufig, vor allem für Ziegelei-Erzeugnisse, abgebaut. Noch heute werden rote Tonsteine des Westfaliums D in Ibbenbüren hauptsächlich zur Herstellung von Klinkern gewonnen.

Unterkarbon – Aufstieg und Wanderung eines Gebirges

Seit dem Devon drifft der Gondwana-Kontinent in nördliche Richtung auf den Old-Red-Kontinent zu. Dabei werden die Ablagerungen des Rhenoharzynischen Beckens, von Süden nach Norden fortschreitend, zum Variszischen Gebirge aufgefaltet.

Die devonzeitliche Zweiteilung des Ablagerungsraumes in Schelf und Becken bleibt auch noch im Unterkarbon erhalten. So steht der Kohlenkalk-Schelf der Eifel sowie des Bergischen Landes im Westen dem Kulm-Becken des Sauerlandes im Osten gegenüber.



Typische Gesteine aus dem Kulm-Becken des Unterkarbons. Oben: Kulm-Plattenkalk (Medebach-Gruppe, Herdringen-Formation) im Steinbruch in Becke-Oese bei Hemer; unten: vulkanische Tufflagen (hellbraun) in kieseligen Tonsteinen der Bromberg-Formation bei Medebach



KARBON



Posidonia becheri, typisches
Fossil in der Medebach-Gruppe
des Unterkarbons

Goniatites crenistria
im Querschnitt



KARBON

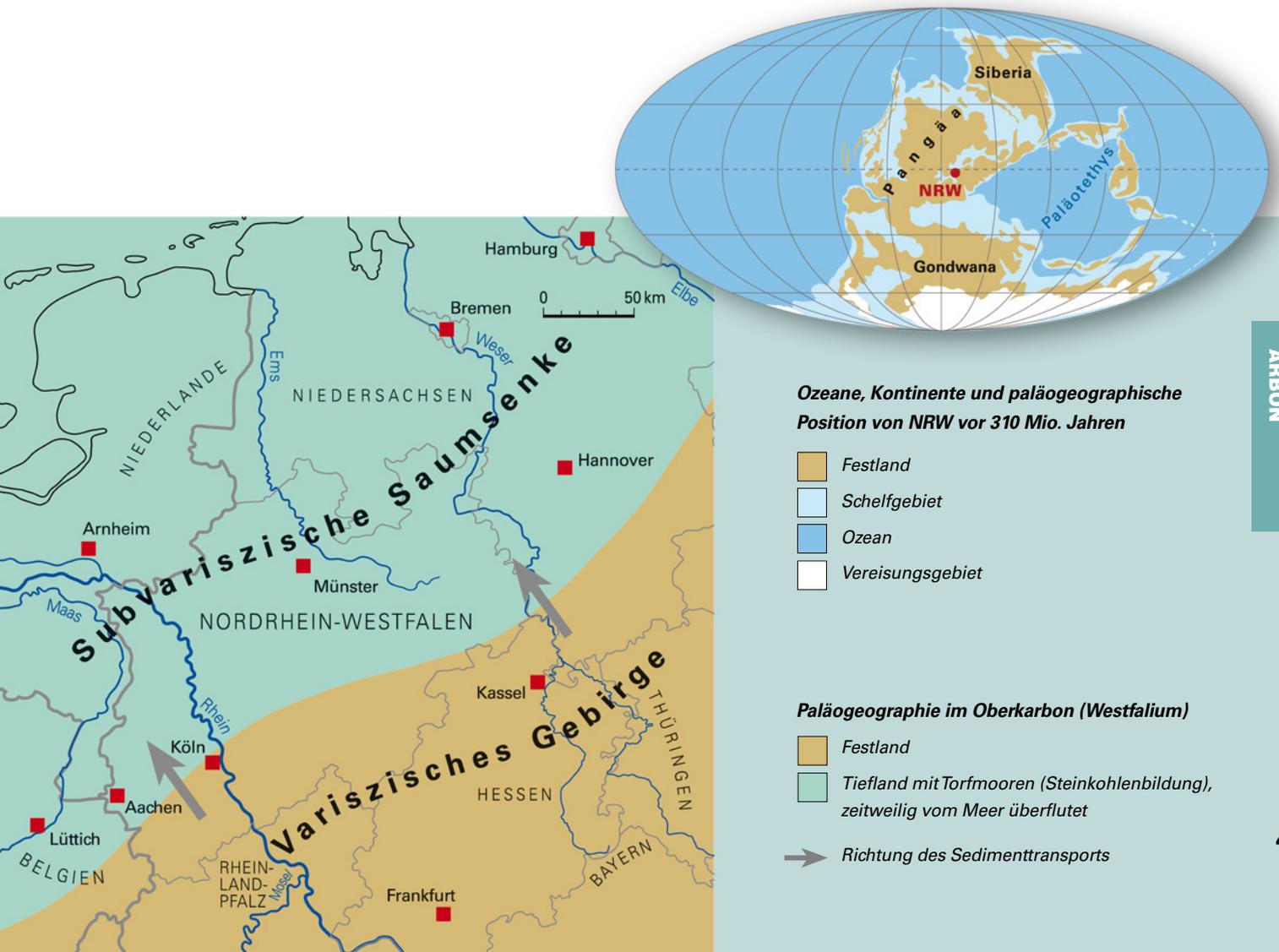
Der Kohlenkalk-Schelf ist ein Flachwassergebiet mit einer reichen Fauna aus Brachiopoden, Goniatiten (eine Ammoniten-Ordnung) und Krinoiden. Bryozoen und Korallen bauen südlich des Old-Red-Kontinents einen Riffgürtel auf. Die Riffe liefern das Material für Schuttkalke, die dem Riffkörper meerwärts vorgelagert sind. Zwischen den Riffen entstehen dunkle, bituminöse Kalksteine. Diese Gesteine werden in der Kohlenkalk-Gruppe zusammengefasst und geben der Fazies ihren Namen. In der Eifel kann die Kohlenkalk-Gruppe bis zu 300 m mächtig werden, rechtsrheinisch, bei Ratingen, noch bis zu 200 m. Im Gebiet von Wuppertal verschwindet sie allmählich. Ohne klare Grenze schließt sich hier die Kulm-Fazies an. Dabei verzahnen sich die Faziesbereiche in einer Zone aus Riffschutt und Kalkturbiditen – episodischen untermeerischen Rutschungen, die vom Kohlenkalk-Schelf ausgehen.

Sedimente und Fossilinhalt kennzeichnen das Kulm-Becken als ein wenig bewegtes, schlecht durchlüftetes Meer, dessen Boden zu Beginn des Karbons noch durch Schwellen und Teilbecken strukturiert ist. Die typischen Ablagerungen sind meist dunkle bis schwarze, bitumenreiche, zum Teil sandig-schluffige Tonsteine und Kiesel-schiefer. Weniger verbreitet sind Schluff- und Sandsteine. In die Schichtenfolge sind immer wieder einzelne vulkanische Tufflagen eingebettet (vgl. Abb. S. 47). Für diesen Lebensraum typische Fossilien sind die Goniatiten, eine Gruppe der Kopffüßer, mit deren Hilfe das gesamte Unterkarbon biostratigraphisch untergliedert werden kann. Charakteristisch ist auch die Muschel *Posidonia becheri*, die vor allem in den Tonsteinen der Medebach-Gruppe zu finden ist.

*Fossilplatte mit
Goniatites crenistria,
einem Leitfossil
des Unterkarbons*

Im Verlauf des Unterkarbons nimmt die Meerestiefe ab, Becken und Schwellen gleichen sich aus. Im gesamten nördlichen und östlichen Sauerland sind zu dieser Zeit die Kulm-Tonschiefer und -Plattenkalke durch verschiedene Formationen vertreten. Zunächst werden überwiegend dunkle Tone und Kalke abgelagert. In diese schalten sich aber vor allem im Ostsauerland immer wieder einzelne zentimeterdünne Bänke ein, die vorwiegend aus feinkörnigen Sanden und Gesteinsbruchstücken bestehen. Diese meist grauen bis grünlich grauen Gesteine werden lokal 10 – 20 m mächtig und als Kulm-Grauwaacke (Dainrode-Formation) bezeichnet. Sedimentstrukturen in den einzelnen Bänken kennzeichnen sie als Ablagerungen aus Schlamm- oder Suspensionsströmen (Turbidite). Sie stammen aber nicht wie bisher aus Norden, vom Old-Red-Kontinent, es ist vielmehr der Abtragungsschutt des im Süden neu entstehenden Variszischen Gebirges. Das Material wird durch die Schlammströme weit in das Kulm-Becken hineintransportiert.

Die Kulm-Grauwaacke dokumentiert somit eine durchgreifende Veränderung der Paläogeographie: Der Old-Red-Kontinent im Norden spielt als Sedimentlieferant kaum noch eine Rolle, er ist weitgehend abgetragen. Das Ablagerungsgeschehen wird jetzt von dem im Süden aufsteigenden neuen Gebirge bestimmt. Die nordwärts wandernde Faltungsfrent engt das zwischen den beiden Festländern liegende Rhenoherynische Becken zunehmend ein. Übrig bleibt ein schmaler Meeresarm. Das ist die Geburtsstunde der Subvariszischen Saumsenke, die im Verlauf des Oberkarbons aufgefüllt wird und schließlich verlandet.





*Ziegelei-Steinbruch Hagen-Vorhalle – Fossilfundstelle von Weltruf, besonders für Arthropoden, wie hier die Riesenslibelle *Namurotypus sippeli* mit einer Flügelspannweite von bis zu 32 cm*

Oberkarbon – die hohe Zeit der Steinkohle

An der Wende Unter-/Oberkarbon werden zunächst noch einmal bis zu 200 m mächtige, dunkle, tonige Beckensedimente abgelagert, die auch nach Westen, auf den zuvor teilweise trockenengefallenen Kohlenkalk-Schelf übergreifen. Danach setzt eine Sedimentation mit fein- bis grobkörnigen, bisweilen konglomeratischen Sanden und dunklen, oft sandigen Tonen ein. Diese untersten Schichten des Oberkarbons führen noch keine Kohlenflöze. Sie werden daher auch „Flözleeres“ genannt und in der Möhne-Gruppe zusammengefasst. Die flözfreien Schichten reichen im Ruhrgebiet bis zur Ziegelschiefer-Formation und im Aachener Raum bis zur Walhorn-Formation. Die Kohlenbildung beginnt damit bei Aachen 1 – 2 Mio. Jahre vor der im Ruhrgebiet.

Die Gesteine der Ziegelschiefer-Formation sind reich an Tonsteinen, die früher zur Ziegelherstellung abgebaut worden sind, wie auch im ehemaligen Steinbruch Hagen-Vorhalle. Dieser ist einer der bedeutendsten Fossilienfundpunkte NRWs. Es sind sowohl Überreste von Meereslebewesen als auch von Landbewohnern bekannt. Das deutet darauf hin, dass dort eine küstennahe Bucht oder Lagune lag. So finden sich beispielsweise Goniatiten, Muscheln, Krebse und Fische, deren Überreste wahrscheinlich aus dem offenen Meer in die Bucht verdriftet worden sind. Die Reste verschiedener Pflanzen sind Zeugnisse des nahen Landes. Weltgeltung hat der Aufschluss jedoch wegen zahlreicher Funde von beeindruckend großen Insekten und Spinnentieren. Sie könnten während eines Unwetters auf das offene Wasser getrieben worden sein. Über seine Bedeutung für die Paläontologie hinaus ist der Aufschluss auch wegen seiner Falten- und Störungsstrukturen berühmt und heute als Bodendenkmal geschützt.



Auch der Faltenbau der oberkarbonischen Schichtenfolge ist im Ziegelei-Steinbruch Hagen-Vorhalle eindrucksvoll zu erkennen.

Vom Küstensumpf zum schwarzen Gold

Mit der Ziegelschiefer- beziehungsweise der Walhorn-Formation geht für NRW die seit dem Devon andauernde Meeresvorherrschaft zu Ende. Danach werden Meeresvorstöße immer seltener. Sie hinterlassen nur noch einzelne marine Horizonte. Durch ihre weite Verbreitung und ihren teilweise markanten Fossilinhalt sind sie bei der Alters-einstufung von Gesteinsschichten von besonderer Bedeutung. Ein anderes, für das Oberkarbon typisches Hilfsmittel zur Schichten-Korrelation sind die sogenannten Kaolin-Kohlentonsteine. Dabei handelt es sich um ebenfalls weit verbreitete dünne Hori-zonte fein verteilter Aschen von Vulkanausbrüchen.

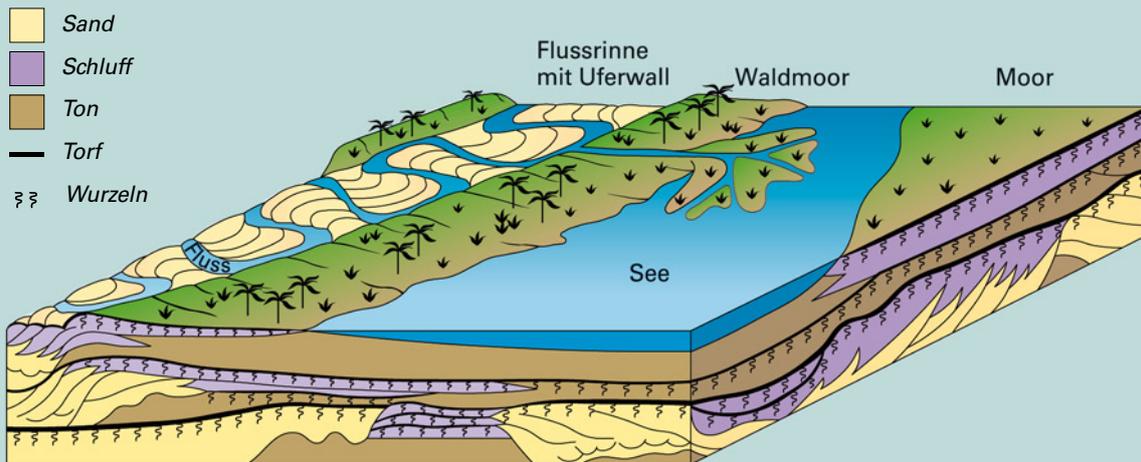
Das flözführende Oberkarbon – die Ära der Steinkohlenbildung – beginnt mit der Kais-berg- und der Sprockhövel-Formation beziehungsweise der Wilhelmine-Formation im Raum Aachen und endet mit der Osnabrück- beziehungsweise Neeroeteren-Formation. Während dieser rund 13 Mio. Jahre (320 – 307 Mio. J. v. h.) senkt sich die Subvariszische Saumsenke ständig ab und verlagert ihr Zentrum vor der variszischen Faltungsfrent all-mählich bis in den Bereich der heutigen Nordsee. Absenkung und Sedimenteintrag hal-ten sich die Waage, sodass sich ein mehr als 4 000 km mächtiger Sedimentstapel aus dem Abtragungsschutt des Variszischen Gebirges bildet.

Das Material wird von großen, ständig ihren Lauf ändernden Flüssen in das immer schma-ler werdende Becken transportiert und füllt es allmählich auf. Dadurch entsteht im Vor-land des Variszischen Gebirges eine flache Küstenlandschaft mit Lagunen, Seen und weiträumig verzweigten Delta-Arealen. Dazwischen bilden sich üppige Urwälder, Sümpfe und Moore. Im tropisch feuchten und warmen Klima gedeihen Siegel- und Schuppen-bäume, Farne und Schachtelhalme. Die anfallende Biomasse ist enorm. Absterbende Pflanzen versinken im Sumpf und geraten unter Sauerstoffabschluss. Die anaeroben Be-dingungen lassen das Pflanzenmaterial nicht verfaulen, sondern vertorfen. Torf ist das erste Produkt im Prozess der Inkohlung, der Umwandlung von Pflanzen in Kohle.

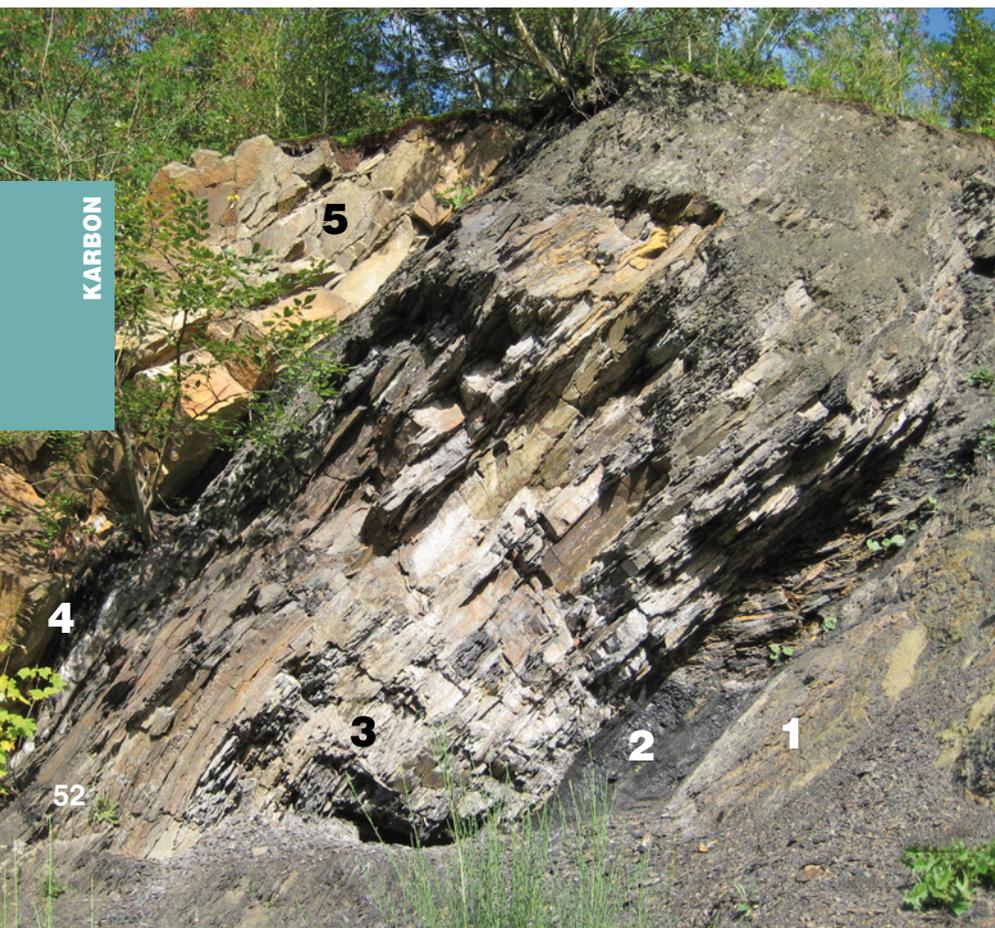
*Pflanzenfossilien
des Oberkarbons:
mal ganz klein,
wie *Neuropteris
chalardi* (links) und
*Sphenophyllum
emarginatum* (Mitte),
oder ganz groß,
wie versteinerte
Baumstämme im
Deilbachtal bei
Essen (rechts)*



Modell des Ablagerungsraums von Steinkohlenflözen im Oberkarbon

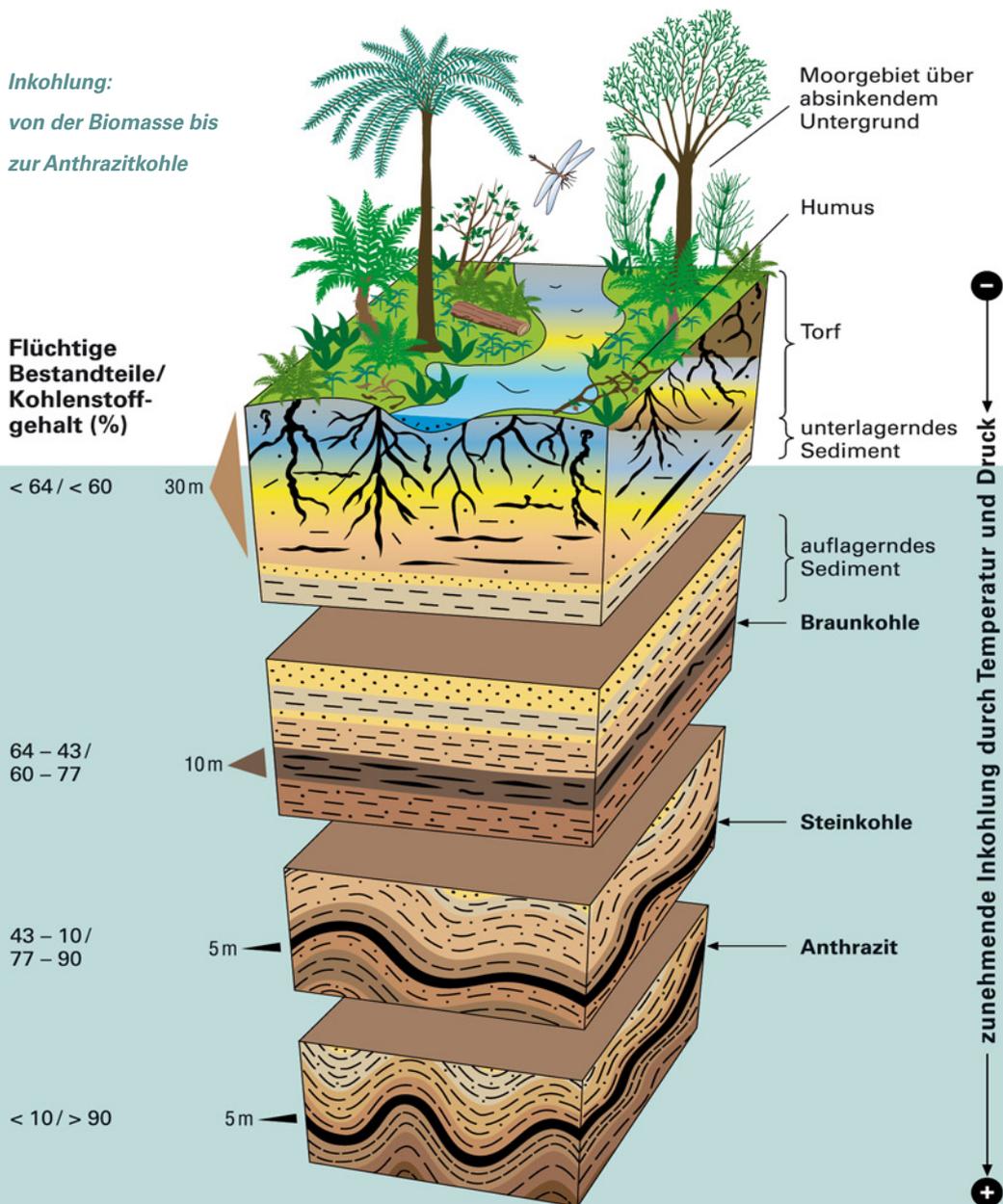


Urwälder, Sümpfe und Moore werden immer wieder unter der Fracht sich verlagernder Flüsse und den Ablagerungen der sporadischen Meeresvorstöße begraben. Eine abwechslungsreiche Schichtenfolge mit einer für das Flözführende typischen zyklischen Abfolge aus marinen, lagunären oder limnischen Tonsteinen, fluviatilen Sandsteinen, sandigen Tonsteinen, Tonsteinen mit Wurzelböden und Kohlenflözen entsteht. Im Laufe der Jahrtausende wiederholt sich dieser Prozess mehrere hundert Mal.



Typische zyklische Gesteinsabfolge des flözführenden Oberkarbons (Sprockhövel-Formation) im Steinbruch Rauen, Witten: Tonstein mit Wurzelboden (1), Flöz Wasserbank 1, teilweise abgebaut und mit Abraum versetzt (2), grauer Tonstein (3), Flöz Wasserbank 2 (4) und Wasserbank-Sandstein (5)

Durch die Auflast der jüngeren Gesteine wird die Biomasse entwässert und verdichtet. Zur Tiefe hin und mit zunehmender Temperatur setzt sich die Inkohlung fort: Aus Torf wird Braunkohle, dann Steinkohle und schließlich Anthrazit. Je weiter die Inkohlung fortgeschritten ist, desto höher der Kohlenstoffgehalt und desto geringer der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Die wirtschaftlich wertvollste Kohle ist die Fettkohle, die bevorzugt zur Koks-herstellung eingesetzt wurde. Die Schichten des flözführenden Oberkarbons enthalten rund 300 Steinkohlenflöze, von denen etwa 50 mächtiger als 1 m und damit abbauwürdig sind. Insgesamt macht der Anteil der Steinkohle aber nur ca. 2 – 3 % der oberkarbonischen Schichtenfolge aus.

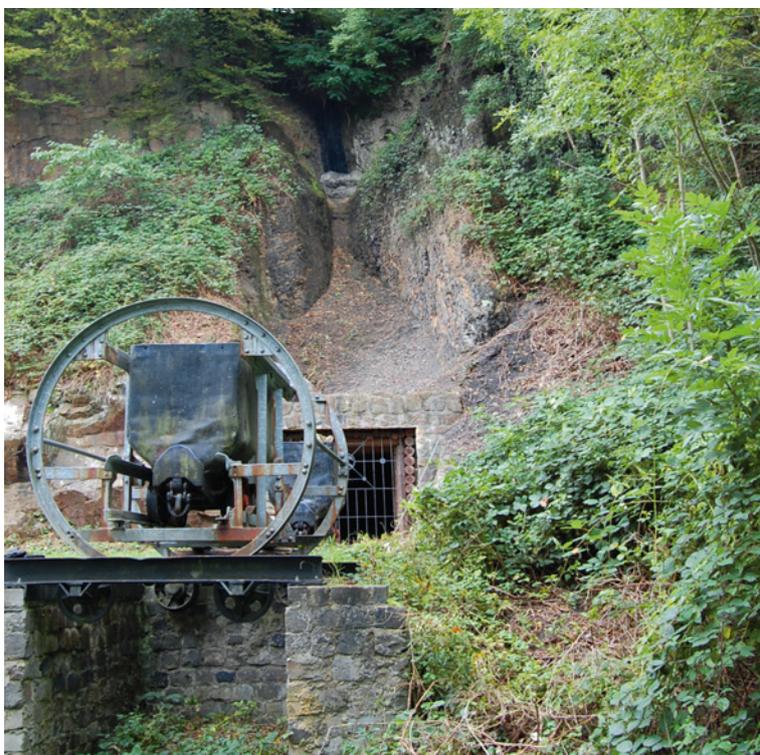




Flach lagerndes Steinkohlenflöz (Westfalium D) in Ibbenbüren, darüber Karbon-Sandstein: Die variszische Faltung hat den äußersten Norden NRWs nicht mehr erreicht.

Steinkohlenschichten stehen im südlichen Ruhrgebiet zwischen Mülheim und Dortmund und auch bei Aachen an der Erdoberfläche an. Hier begann auch der Abbau der Steinkohle. Im Ruhrgebiet findet man die ältesten Flöze im Ruhrtal in der Kaisberg-Formation (Namurium C). Nach Norden zu werden die an der Karbon-Oberfläche austreichenden Schichten zunehmend jünger und tauchen unter ein immer mächtiger werdendes Deckgebirge aus später abgelagerten Schichten ab, bis sie an der Nordsee in etwa 5 000 m Tiefe liegen. Im Raum Ibbenbüren kommen in einer von Verwerfungen begrenzten und durch junge tektonische Bewegungen stark angehobenen Gesteinsscholle noch einmal Steinkohlenschichten an die Erdoberfläche. Die hier abgebaute, hoch inkohlte Anthrazitkohle ist ein Hinweis auf die ehemals große Versenkungstiefe der Ibbenbürener Karbon-Schichten. Die flache Lagerung der Flöze ist ein Indiz für die nach Norden auslaufende Faltungsintensität.

Im südlichen Ruhrgebiet, wo der Bergbau übertägig begann, sind die Grubenfelder weitestgehend ausgekohlt. Im nördlichen Ruhrgebiet, in der zuletzt aktiven Bergbauzone, werden die flözführenden Schichten dagegen von einem bis zu 1 000 m mächtigen Deckgebirge verhüllt. Die komplizierte Geologie der Lagerstätte Ruhrgebiet, die große Tiefenlage und die vergleichsweise geringe Mächtigkeit der abbauwürdigen Flöze von durchschnittlich nur 1,7 m erschweren und verteuern den deutschen Steinkohlenbergbau im Vergleich zum Weltmarkt und sind unter anderem Gründe für sein nahendes Ende, obwohl noch riesige Steinkohlenmengen vorhanden sind.



Wiege des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet: Hier ein rekonstruiertes Stollenmundloch an der Kampmannbrücke in Essen-Heisingen. Abgebaut wurde das Flöz Angelika (Bochum-Formation), das genau über dem Stollenmundloch liegt.

Das Variszische Gebirge ist fertig

Die variszische Faltung hat unser Bundesland seit dem frühen Oberkarbon wie eine Welle durchlaufen. So kommt die Deformationsfront vor 325 Mio. Jahren im Süden NRWs an und klingt vor 307 Mio. Jahren im nördlichen Münsterland aus.

Die variszische Faltung engt die über 10 000 m mächtige, aus Devon- und Karbon-Schichten bestehende Sedimentfüllung im ehemaligen Rhenoharzynischen Becken auf insgesamt etwa 60 % ihrer ursprünglichen Breite ein. Im südlichen Ruhrgebiet beträgt der Einengungsgrad rund 50 %, im nördlichen Bereich dagegen nur noch 10 %. Dabei werden die Gesteine zu großen Sattel- und Muldenstrukturen verformt, die wiederum aus zahllosen kleineren Falten bestehen. Die Falten verlaufen im östlichen Rheinischen Schiefergebirge generell von Südwesten nach Nordosten. Weiter westlich, im Gebiet von Eifel und Ardennen, biegt diese Richtung nach Nordwesten um. Die Gesteine werden durch die bei der Gebirgsbildung wirkenden Kräfte zum Teil geschiefert, zerbrochen und entlang von Störungsflächen gegeneinander verschoben. Die variszische Gebirgsbildung erstreckt sich durch ganz Mitteleuropa bis nach Spanien, nach Nordafrika und Nordamerika.

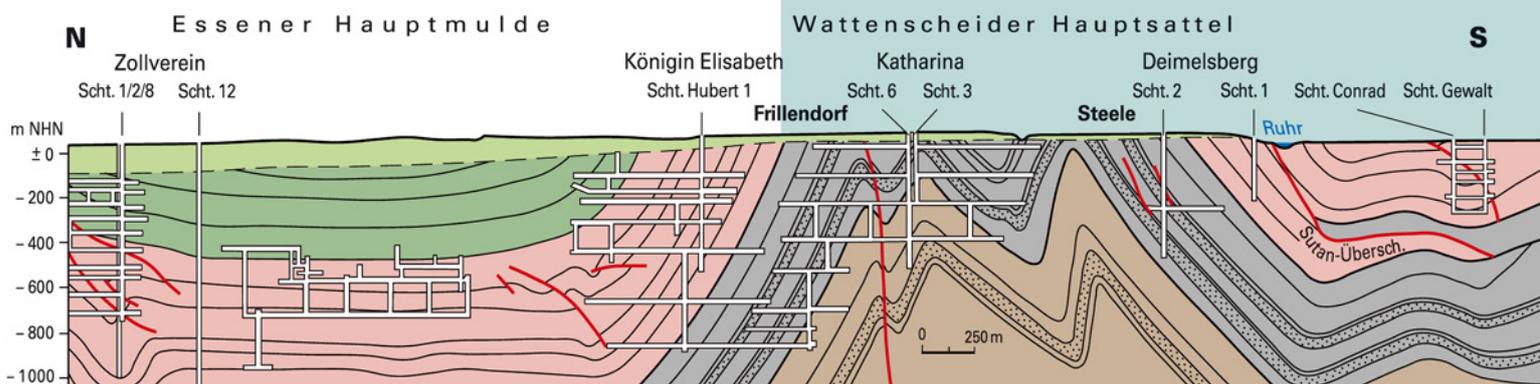
Mit der Heraushebung des Variszischen Gebirges ist die seit dem frühen Unterdevon anhaltende Sedimentansammlung im Rhenoharzynischen Becken abgeschlossen – das Festland der Rheinischen Masse ist entstanden.

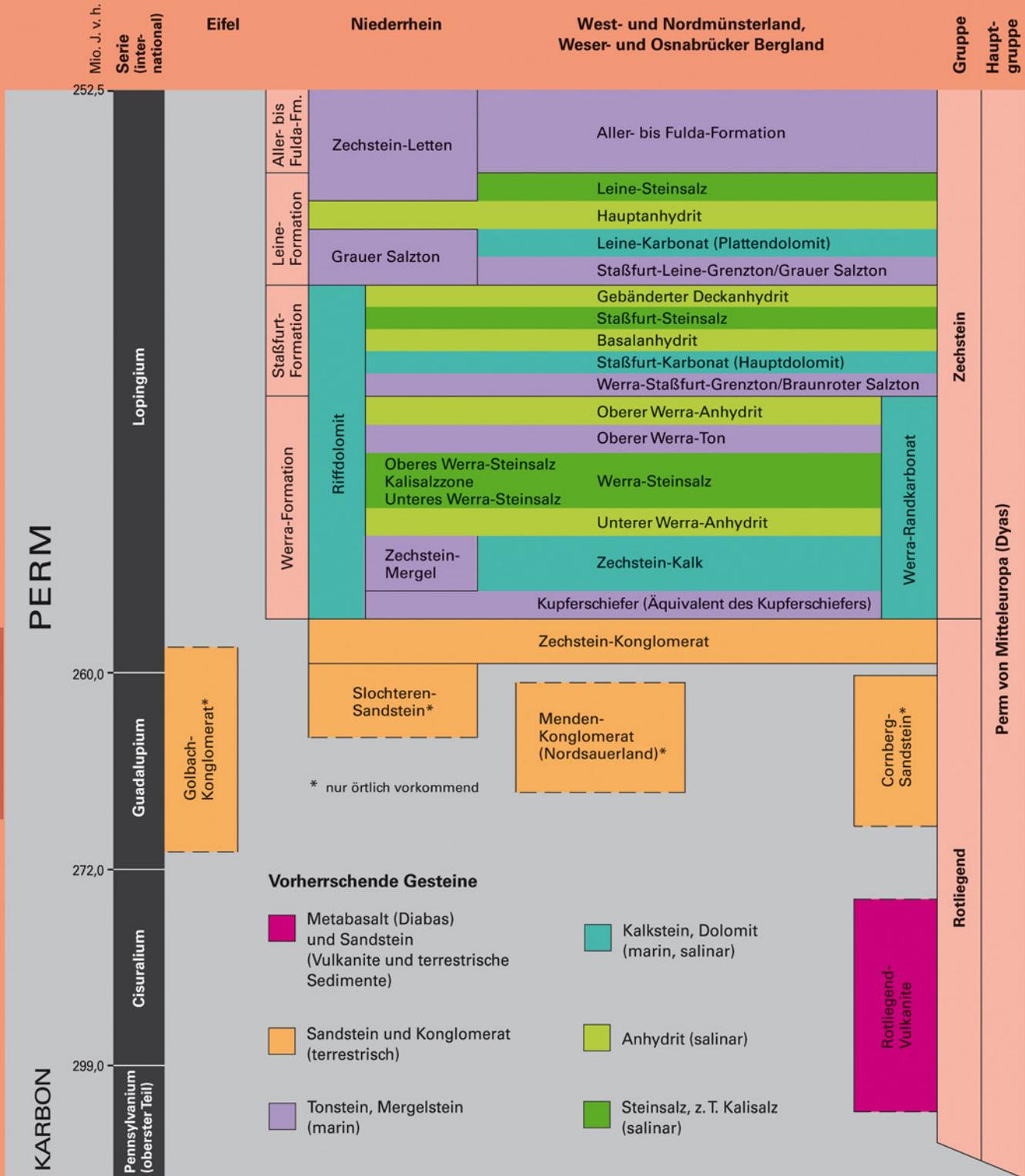


Schnitt durch die Steinkohlenlagerstätte Ruhrgebiet im Raum Essen

- Oberkreide**
- Westfalium B (Essen-Formation)**
- Westfalium A (Bochum-Formation)**
- Westfalium A (Witten-Formation)**
- Namurium C (Sprockhövel-Formation)**
- Oberkarbon Sandstein**
- Flöz**
- Störung**

KARBON





Stratigraphische Gliederung des Perms

PERM

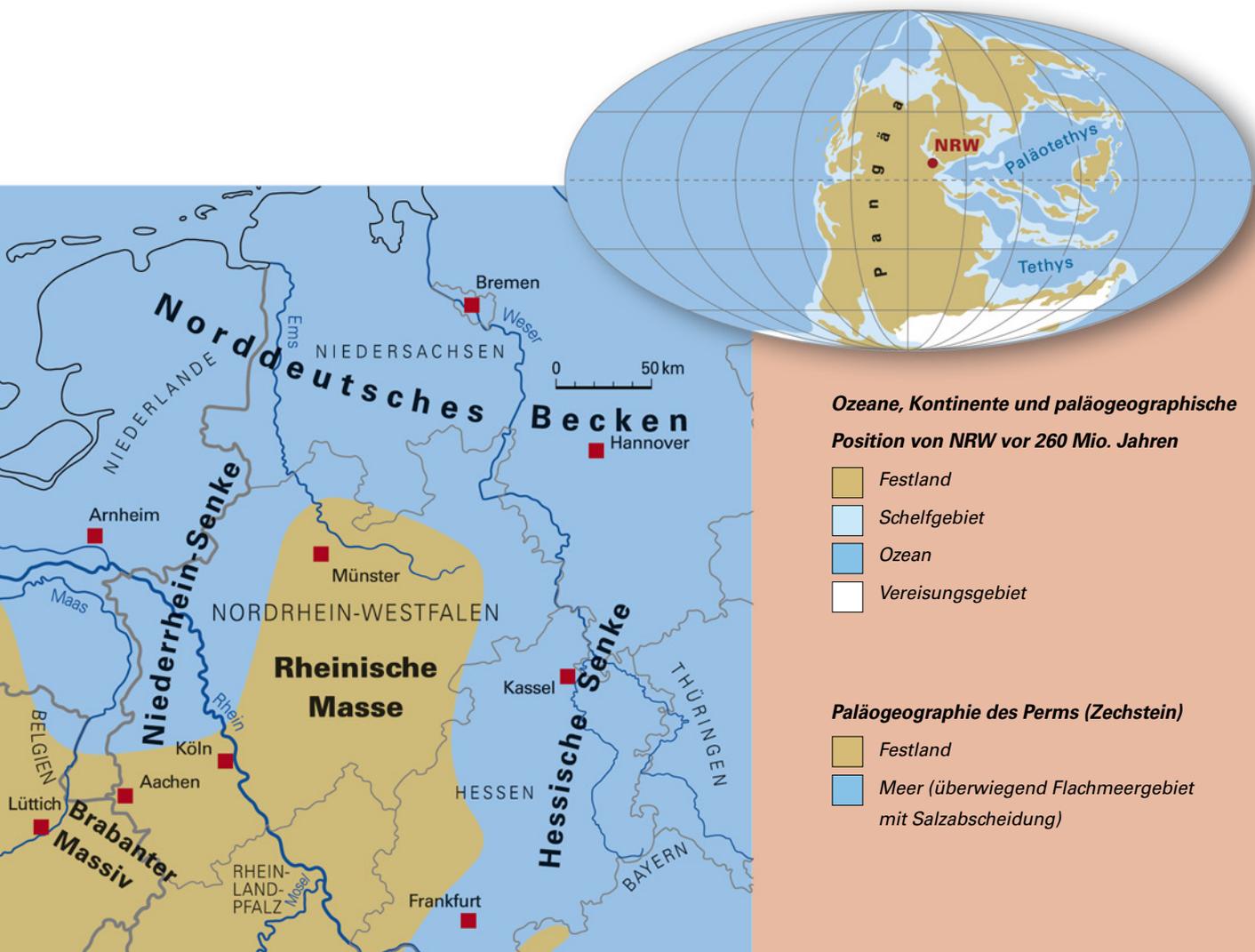
299 – 252,5 Mio. Jahre vor heute



Steinsalzkristall

Perm – Zeit des Rotliegend und des Zechsteins, Zeit der Wüste und des Meeres. Allerdings sind aus 39 Mio. Jahren, dem gesamten Rotliegend, in Nordrhein-Westfalen nur wenige Gesteine überliefert. Dafür geht es in den restlichen 7,5 Mio. Jahren richtig rund: Da kommt das Meer, da geht das Meer und kommt und geht ... und hinterlässt als Schatz sein weißes Gold – Salz.

Zu Beginn des Perms umfasst der durch die variszische Gebirgsbildung entstandene Großkontinent Pangäa fast alle Landmassen der Erde und erstreckt sich von Pol zu Pol. Nordrhein-Westfalen liegt dabei nahe dem Äquator. Bedingt durch diese Lage und die enorme Größe der kontinentalen Landmasse herrscht in unseren Breiten ein heißes und trockenes Klima, das die geologischen Prozesse entscheidend prägt. Dabei ist für NRW die Rheinische Masse maßgebend, die als Teil des mitteleuropäischen Festlandes am östlichen Rand von Pangäa liegt. Im Verlauf der nun folgenden 190 Mio. Jahre wird sie nur randlich vom Meer überflutet und von jüngeren Sedimenten bedeckt. Sie ist Abtragungsgebiet und liefert Sedimente in das Norddeutsche Becken. Dieses wiederum ist ein Teil des wesentlich größeren Mitteleuropäischen Beckens und hat sich nach dem Ende der variszischen Gebirgsbildung nördlich der Rheinischen Masse entwickelt.



Ozeane, Kontinente und paläogeographische

Position von NRW vor 260 Mio. Jahren

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean
- Vereisungsgebiet

Paläogeographie des Perms (Zechstein)

- Festland
- Meer (überwiegend Flachmeergebiet mit Salzabscheidung)



Verbreitung des Perms

- an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär
- im Untergrund

Die variszisch gefalteten Schichten werden punktuell, nur an den Rändern der Rheinischen Masse auch flächendeckend, von permischen Ablagerungen überdeckt. Perm-Gesteine treten aber nur an wenigen Stellen in NRW zutage – etwa bei Ibbenbüren, bei Menden oder am Ostrand des Sauerlandes bei Marsberg. Meist sind sie unter jüngeren Ablagerungen verborgen.

Das Perm von Mitteleuropa wird in zwei Abschnitte gegliedert. Dabei steht das Rotliegend, der untere Abschnitt, mit seinen kontinentalen Konglomerat-, Sand- und Tonablagerungen den marinen und salinaren Ablagerungen des Zechsteins gegenüber.

Rotliegend – selten, aber mit Farbe

Das Rotliegend beginnt im Norddeutschen Becken explosiv: mit vulkanischen Aktivitäten, ausgelöst durch Bewegungen der Erdkruste in der Spätphase der variszischen Gebirgsbildung. Ein Eruptionszentrum nördlich des Harzes hat Auswirkungen auf den Nordosten von NRW. Seine Ausbrüche haben im Untergrund der Region nördlich von Minden über 100 m mächtige Vulkanite hinterlassen.

Der größte Teil des Landes ist im Rotliegend jedoch Abtragungsgebiet. Die Rheinische Masse, ein nach Süden ansteigendes Hochland, ist letztendlich der Rumpf des Variszischen Gebirges, das schon in seiner Entstehungsphase der Erosion ausgesetzt ist und sukzessive mit seiner Hebung wieder abgetragen wird. Bei dem herrschenden Wüstenklima erodieren während der seltenen, aber heftigen Regenfälle große Gesteinsmengen und werden durch Flüsse in das Norddeutsche Becken und seine Nebenbecken transportiert. Nur an ganz wenigen Stellen von NRW kommen Gesteine aus dem Rotliegend an der Oberfläche vor. Im östlichen Westfalen werden sie gelegentlich in Tiefbohrungen angetroffen. Es handelt sich um rötliche oder graue Sandsteine, Brekzien und Konglomerate mit vorherrschend devon- und karbonzeitlichen Geröllen, die mehrere hundert Meter mächtig sein können. Aus dem höheren Oberrotliegend stammt der Cornberg-Sandstein, der aus feinkörnigen Dünenansanden aufgebaut wird. Er ist zum Beispiel in Bohrungen bei Kalldorf (Kreis Lippe) in Mächtigkeiten über 80 m nachgewiesen.



*Beton aus der
Urzeit: das Menden-
Konglomerat aus
dem Rotliegend*

Das bekannteste an der Geländeoberfläche verbreitete Rotliegend-Vorkommen ist das Menden-Konglomerat am Nordrand des Sauerlandes. Das Gestein besteht hauptsächlich aus devon- und karbonzeitlichen Geröllen in einer rot gefärbten Sandstein-Matrix. In einem etwa 8 km² großen Areal überdeckt es, flach lagernd, gefaltete Oberkarbon-Schichten. Ein zweites Vorkommen, das Golbach-Konglomerat, liegt bei Kall in der Nordeifel und enthält vor allem devonzeitliche Kalksteingerölle. Ferner finden sich in der Eifel bei Antweiler und Dahlem an der Basis der dort aufgeschlossenen Buntsandstein-Schichten kleinflächig rötliche Kalksteinkonglomerate, die vermutlich aus dem Rotliegend stammen. Ihr Alter lässt sich aber nicht mit letzter Sicherheit bestimmen.

Öfter als auf Sedimente trifft man auf einen anderen Zeugen der Rotliegend-Zeit: die Rotfärbung. Präpermische Schichten sind gar nicht so selten von ihrer Oberfläche aus tief reichend rot gefärbt. Zurückgeführt wird das auf die intensive Verwitterung damals oberflächennah anstehender eisenhaltiger Gesteine. Wird das Eisen freigesetzt und kommt mit Sauerstoff in Kontakt, so sind die entstehenden Verbindungen rot. Durch einsickerndes Wasser werden diese Verwitterungsbildungen anschließend in tiefer liegenden Schichten verlagert.

Zechstein – die Rückkehr des Meeres

Am Ende des Rotliegend ist die Rheinische Masse fast vollständig eingeebnet. Das Norddeutsche Becken ist ein flaches, kontinentales Becken. Am Übergang vom Rotliegend zum Zechstein führen tektonische Bewegungen zu seinem langsamen Einsinken und zur Meeresüberflutung. Das nunmehr marine Becken weitet sich immer mehr aus und erstreckt sich schließlich von England bis Polen. Auch die Ränder der Rheinischen Masse werden vom vorrückenden Meer überflutet. Die Küstenlinie liegt jetzt etwas südlich des Teutoburger Waldes. Über die Niederrhein-Senke im Westen und die Hessische Senke am Ostrand von NRW stößt das Meer aber auch weit nach Süden vor.



**Entstehung
einer Salzlagerstätte**

Das Norddeutsche Becken ist durch Senken und Schwellen gegliedert, die die Gesteinseigenschaften, Strukturen und den Faltenbau der unterlagernden paläozoischen Schichten nachzeichnen. Untiefen des Meeresbeckens schaffen die Voraussetzung für die Entstehung von Salz, das den Zechstein für NRW so bedeutend macht. Denn Schwellen trennen seichte Meeresbereiche vom offenen Ozean ab. Durch die starke Verdunstung im trockenheißen Klima werden die im Meerwasser gelösten mineralischen Inhaltsstoffe so lange angereichert, bis sie in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit von Karbonaten über Sulfat-, Chlorid- und Kalisalze ausfallen und sich am Meeresboden absetzen. In diese chemischen Sedimente sind vor allem zu Beginn einer solchen Ablagerungsfolge immer wieder Tone und Sande eingeschaltet, die zumindest teilweise durch Wasser oder Wind vom Festland eingetragen werden. Erneute Meeresvorstöße bringen frisches Wasser und setzen den Abscheidungszyklus von Neuem in Gang.

Im Norddeutschen Becken wiederholt sich das mehrfach. Meeresspiegelschwankungen, die Verlagerung von Meeresströmungen oder Änderungen des Salzgehaltes im Wasser können den Ablauf unterbrechen, sodass einzelne Phasen regional ganz oder teilweise fehlen. Auch in Küstennähe sind die Ablagerungen unvollständig ausgebildet. So kommt es in Richtung Festland zu einer horizontalen Abfolge: An Salzablagerungen im Beckenzentrum schließen sich Anhydrit, dann Kalk- und Dolomitsteine und schließlich Ton- und Sandsteine an.

Der Zechstein lässt sich in den zentralen Beckenbereichen Norddeutschlands sieben Abscheidungszyklen zuordnen. In NRW sind vom Niederrhein bis ins östliche Westfalen aber nur Sedimente des 1. – 4. Zyklus (Werra- bis Aller-Formation) erkennbar. Mit Annäherung an die Rheinische Masse gehen sie mehr und mehr in eine Randfazies über. Lediglich im äußersten Norden, bei Rahden, ist auch der 7. Zyklus (Fulda-Formation) in einer randlichen Ausprägung bekannt.



Protosaurus speneri aus dem Kupferschiefer des Schafbergs bei Ibbenbüren, Gesamtlänge des Tieres ca. 170 cm

Die Werra-Formation (1. Zyklus) ist in den nordrhein-westfälischen Zechstein-Ablagerungen rund um die Rheinische Masse, insbesondere in der Niederrhein-Senke, fast vollständig entwickelt. Der erste Meeresvorstoß erfolgt bereits im jüngsten Abschnitt des Rotliegend und hinterlässt ein gering mächtiges Transgressionskonglomerat, das Zechstein-Konglomerat. In einer zweiten Phase zu Beginn des Zechsteins breitet sich das Meer weiter aus. Es wird ruhiger und am Boden strömungs- und sauerstoffarm. Unter diesen anaeroben Bedingungen bildet sich ein Faulschlamm – der heutige Kupferschiefer. Tier- und Pflanzenreste werden nicht zersetzt. Es entstehen feinschichtige Mergelsteine, in denen viele gut erhaltene Tier- und Pflanzenfossilien überliefert sind. Daraus stammen unter anderem auch Funde von Reptilien, beispielsweise das etwa 170 cm große, vollständige Skelett von *Protosaurus speneri*, einer schwimmenden Echse vom Schafberg bei Ibbenbüren, das sich heute in der Sammlung des Naturkundemuseums in Münster befindet. Im Gegensatz zum echten Kupferschiefer, dessen Kupfer-, Blei- und Zinkerze lange Zeit in Thüringen oder in Hessen abgebaut wurden, ist in NRW nur ein weniger metallreiches, mergeliges Kupferschiefer-Äquivalent ausgebildet. Dieses wurde aber dennoch bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts im Raum Marsberg zusammen mit Erzen in dem darunterliegenden unterkarbonischen Kieselschiefer bergmännisch gewonnen.

Nach der Bildung des Kupferschiefers folgt eine Zeit des freien Wasseraustauschs mit dem offenen Meer. Während in zunächst noch schlecht durchlüfteten Meeresbereichen dunkle, bituminöse „Stinkkalke“ abgelagert werden, entstehen später die Kalk-, Mergelkalk-, Kalkmergel- und Dolomitsteine des Zechstein-Kalks und des Werra-Randkarbonats. Ihre Mächtigkeit und Ausbildung ist von der paläogeographischen Situation und der Nähe zum damaligen Festland abhängig und kann stark schwanken.



Kalksteinbruch im Werra-Randkarbonat bei Marsberg

Noch während der Ablagerung des Werra-Karbonats sinkt der Meeresspiegel ab, sodass die Zufuhr von frischem Meerwasser allmählich zum Erliegen kommt. Große Teile Norddeutschlands einschließlich der Hessischen und der Niederrhein-Senke sind nun vom Weltmeer abgeschnürt. Es kommt jetzt zu starken Eindampfungen. Zunächst werden schwer lösliche Sulfatsalze (Unterer Werra-Anhydrit) ausgefällt, danach – am Höhepunkt und zum Abschluss der salinaren Sedimentation – Steinsalz und an wenigen Stellen auch noch leichter lösliche Kalisalze. Schließlich führt der Zyklus durch einen Meeresspiegelanstieg und allmählich zufließendes frisches Meerwasser über die Ablagerung von Ton und Anhydrit wieder zur Ausgangssituation zurück.

Solche Eindampfungsprozesse wiederholen sich. Die räumliche Verteilung und Art der ausgebildeten Sedimente variiert, da die jüngeren Zyklen in NRW nicht vollständig ausgebildet sind. Die Wassertiefen werden geringer und die Reichweiten der Transgressionen auf die Rheinische Masse kleiner; das Meer zieht sich zunehmend in die zentralen Beckenbereiche außerhalb von NRW zurück. Am Niederrhein bildet sich auf dem Höhepunkt des 2. Zyklus, der Staßfurt-Formation, noch einmal bis zu 50 m mächtiges Steinsalz. Auch im Nordosten NRWs tritt Staßfurt-Steinsalz auf; bei Rahden ist es in einer Mächtigkeit von 85 m erbohrt.

Salz – das weiße Gold

Die beiden Elemente Natrium und Chlor, aus denen Steinsalz besteht, kommen in vielen Gesteinen in unterschiedlichen Mineralverbindungen vor. Während der Gesteinsverwitterung werden sie durch Lösungsprozesse als Ionen freigesetzt und letztendlich ins Meer gespült. Unter bestimmten paläogeographischen und klimatischen Bedingungen – wie sie im Zechstein gegeben sind – können sie sich dort bis zur Übersättigung anreichern und als das Steinsalzmineral Natriumchlorid aus dem salzhaltigen Wasser ausfallen. So entsteht Salz, ein wichtiger Rohstoff.





Gradierwerk in Bad Oeynhausen

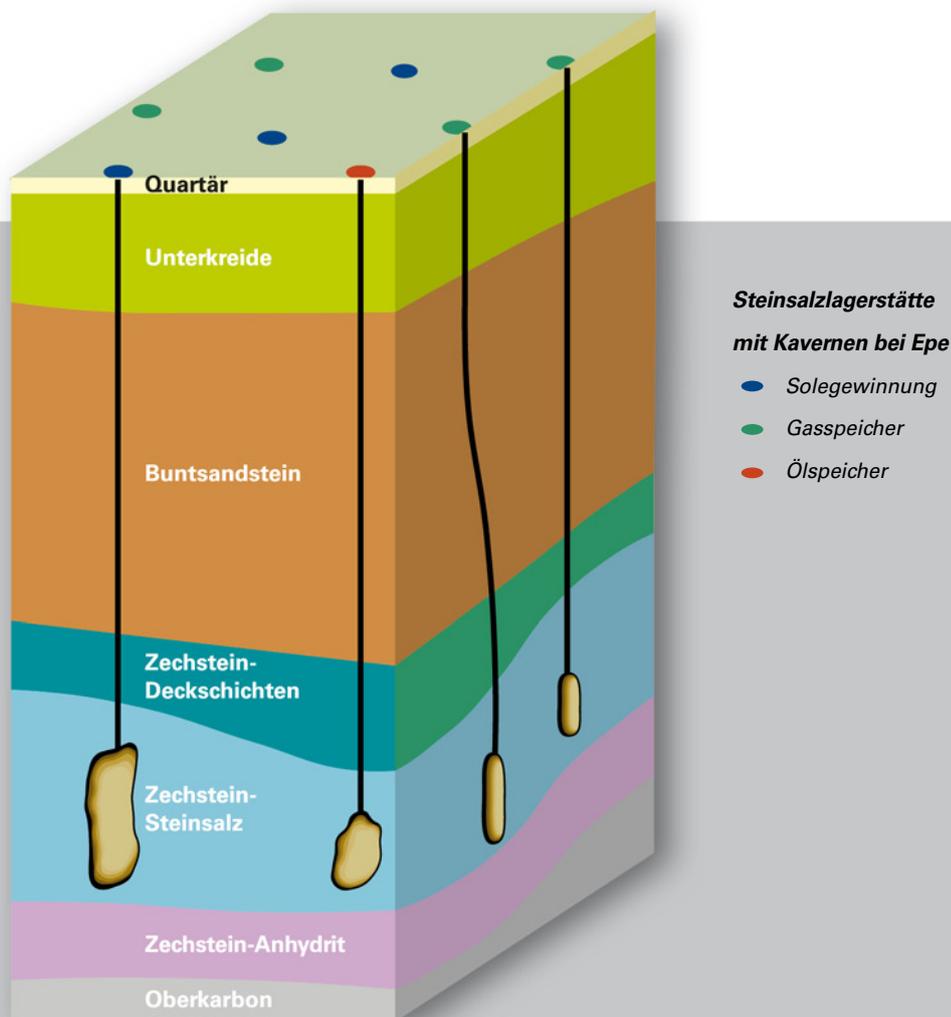
Neben der Verwendung als Würz- und Konservierungsmittel dient Salz als Auftaumittel im Straßenverkehr. Der überwiegende Teil geht jedoch in die chemische Industrie und wird dort in vielfältiger Weise bei der Herstellung von Farben, Lacken, Waschmitteln, Kunststoffen, Düngemitteln für die Landwirtschaft oder als Basis medizinischer Produkte benötigt.

In NRW kommt einerseits festes mineralisches Steinsalz vor. Salzlager gibt es vom Niederrhein über das West- und Nordmünsterland bis nach Ostwestfalen, teilweise in größeren Tiefen. Andererseits ist Salz aber auch in gelöster Form als mehr oder weniger stark konzentrierte Sole vor allem im Untergrund der Westfälischen Bucht, teilweise aber auch in Ostwestfalen vorhanden. So treten beispielsweise am Hellweg Solequellen zutage.

Die Nutzung von Solequellen geht bis in die frühgeschichtliche Zeit zurück. Spätestens seit 591 n. Chr. ist die Salzgewinnung durch Sieden von Sole zunächst in Soest, wenig später auch in Werl belegt. Vom 14. Jahrhundert bis in das Jahr 1940 bestehen Salzwerke bei Unna, die spätere Saline Königsborn. Dort wird seit dem 16. Jahrhundert auch Steinkohle zur Befuerung von Siedepfannen eingesetzt. Später werden Gradierwerke errichtet, um NaCl vor dem Sieden durch Verdunstung anzureichern. Heute wird am Hellweg kein Salz mehr produziert. Solequellen spielen aber noch für Kurzwecke eine Rolle und sind die natürliche Grundlage mehrerer Heilbäder.

Am Niederrhein, im Rheinberger Ortsteil Borth, werden in rund 800 m Tiefe in einem der größten Steinsalzbergwerke Europas jährlich rund 2 Mio. t Steinsalz in fester Form gewonnen. Hier, im Zentrum der Niederrhein-Senke, ist das Salz der Werra-Formation 200 – 250 m mächtig. Bergmännisch abgebaut wird aber nur ein bis zu 20 m mächtiger, qualitativ besonders hochwertiger Steinsalzhorizont.

Der gleiche Salzhorizont wird auch in Gronau-Epe genutzt. Das Salz liegt dort in einer Tiefe von 1 000 – 1 500 m und wird durch Aussolung gewonnen. Süßwasser wird über Bohrlöcher in die Lagerstätte gepumpt, das Salz aufgelöst und als künstliche Sole zutage gefördert – seit 1971 etwa 2 Mio. t Salz pro Jahr. Durch die kontrollierte Aussolung entstehen Hohlräume (Kavernen) von bis zu 70 m Durchmesser und – je nach Salzdicke – bis zu 200 m Höhe, die anschließend als Speicher für Erdgas, einige auch für Rohöl, genutzt werden.



Salze, Sulfate, Karbonate und ihre Folgen

Salze, Sulfate und Karbonate sind leicht löslich und können auch auf natürlichem Wege schnell ausgelaugt werden. Dies geschieht im Verlauf der erdgeschichtlichen Entwicklung mit vielen löslichen Sedimenten nicht nur des Zechsteins, sondern auch mit Kalksteinen, beispielsweise des Devons. Versickernde Niederschläge und zirkulierendes Grundwasser können sie auflösen. Das führt oberflächennah zur Höhlenbildung, unterirdisch zu Massendefiziten oder Hohlräumen, die sich durch sukzessiv nachsackende Deckschichten bis an die Geländeoberfläche durchpausen. So entstehen in Auslaugungsgebieten flache Subrosionssenken. Bei plötzlichem Nachbrechen der Deckschichten über größeren Hohlräumen bilden sich auch Erdfälle oder Dolinen. Im Laufe der Zeit werden diese häufig wieder mit Lockergesteinen verfüllt und weitgehend eingeebnet. Im Verbreitungsgebiet des Zechsteins gibt es eine ganze Reihe solcher Strukturen. Der plötzliche Einbruch eines ca. 50 m breiten und 25 m tiefen Kraters am 15. Juni 1970 in einer mit mächtigem Torf gefüllten Senke in Bad Seebruch ist eines der spektakulärsten auf Salzauslaugung zurückzuführenden Ereignisse. Das Heilige Feld bei Hopsten mit dem Großen und Kleinen Heiligen Meer sowie dem am 14. April 1913 durch Absacken des Untergrundes entstandenen Erdfallsee ist ebenfalls ein Subrosionsgebiet. Es geht auf Auslaugung von Salzgesteinen des Juras zurück. Gebiete, in denen natürliche Auslaugungen stattfinden und wo es zu Subrosionen, Erdfällen oder Dolinenbildung kommen kann, sind in Karten festgehalten. Auskunft hierüber gibt das Informationssystem „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW“.

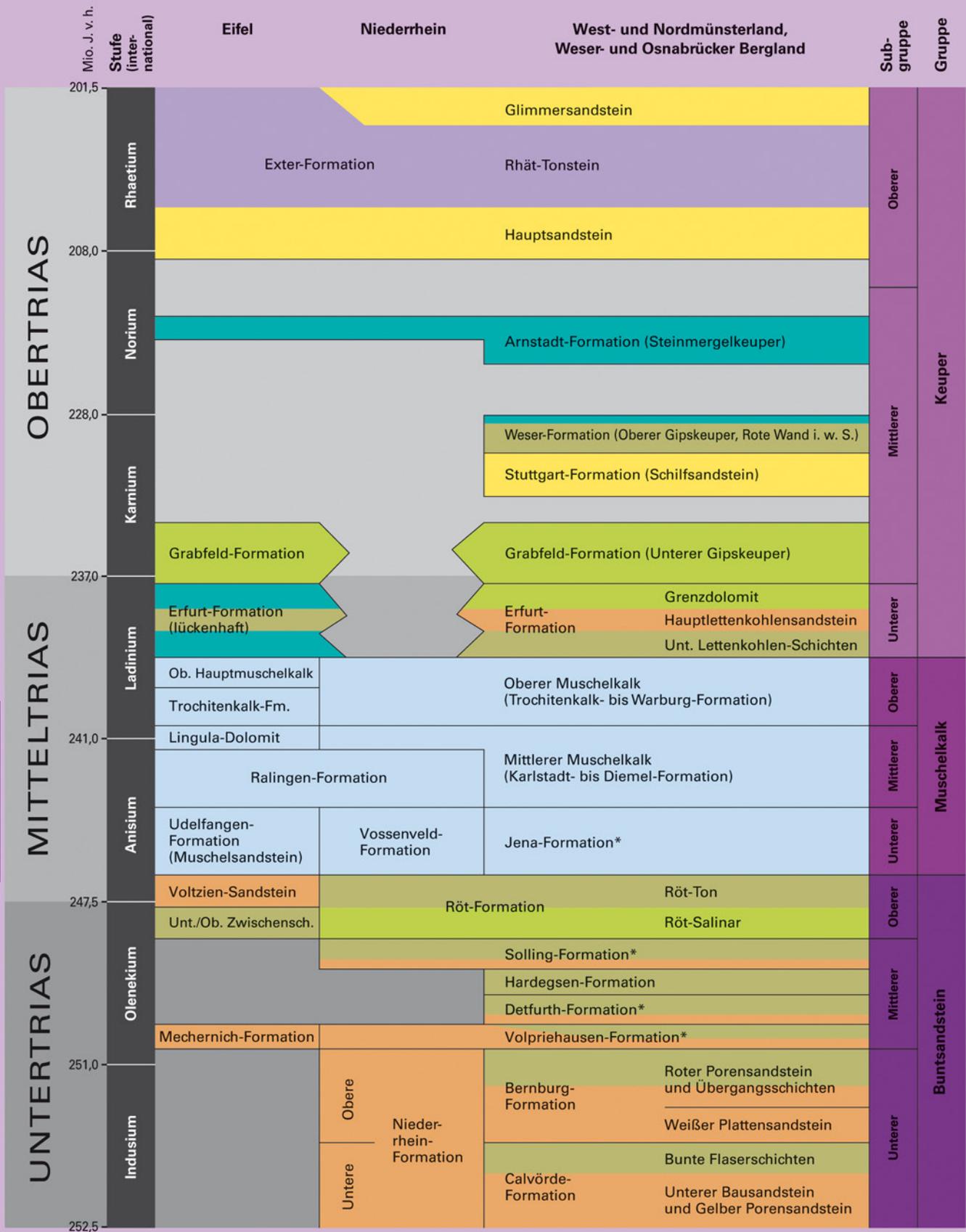


„Bad Seebruch versinkt im Moor“ – 1970 versanken „Moortrichter“ und das am Rand der Kurgebäude liegende Brunnenhaus samt Pumpenanlage in einem plötzlich auftretenden Erdfall-Krater, dokumentiert durch ein Luftbild aus dem gleichen Jahr.

Auslaugungs- und verkarstungsfähige Gesteine in NRW

-  verkarstungsfähige Gesteine
-  Salz
-  Subrosionssenke
-  Höhle
-  Erdfall





* Untereinheiten der Formationen nicht dargestellt

Vorherrschende Gesteine

- Sandstein, z. T. konglomeratisch (terrestrisch)
- Tonstein, Dolomit, Anhydrit, Gips, z. T. Salz (terrestrisch, salinar)
- Kalkstein, Mergelstein, z. T. Dolomit (marin, z. T. salinar)
- Ton- und Schluffstein, z. T. Feinsandstein (terrestrisch, z. T. limnisch)
- Feinsandstein, z. T. Tonstein (limnisch-brackisch)
- Mergelstein, z. T. dolomitisch (terrestrisch, z. T. salinar)
- Tonstein (brackisch, z. T. marin)

TRIAS

Trias (252,5 – 201,5 Mio. Jahre vor heute)

Trias – die Dreiheit: Beginn des Erdmittelalters, Entstehungszeit der Felsen, auf und aus denen unsere Ahnen trutzige Burgen bauten. Zeit der Einöden, aber auch der überbordenden Lebensfülle in den Meeren. Die Trias schenkt Nordrhein-Westfalen abwechslungsreiche Landschaften, das Baumaterial der Weserrenaissance, den Heilgarten Deutschlands und wertvolles Erz.

Die Trias verdankt ihren Namen der Dreiteilung ihrer Schichtenfolge in die Gruppen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper. Während in NRW die Sedimente aus Buntsandstein und Keuper im Wesentlichen in einer abwechslungsreichen Wüsten-, Seen-, Fluss- und Lagunenlandschaft entstehen, sind die Gesteine des Muschelkalks Ablagerungen eines Flachmeeres. Das Klima der Trias-Zeit ist subtropisch bis trocken-heiß und wird erst gegen deren Ende kühler.

Zu Beginn der Trias ist das Norddeutsche Becken als Teil des Mitteleuropäischen Beckens ein flaches Kontinentalmeer im Bereich des Superkontinents Pangäa. Der offene Ozean, die Tethys, liegt weit im Südosten und ist durch Festlandsbereiche vom mitteleuropäischen Raum getrennt.



Encrinurus liliiformis – im Muschelkalk treten Seelilien in Flachmeerbereichen so massenhaft auf, dass sie gesteinsbildend sein können.

TRIAS

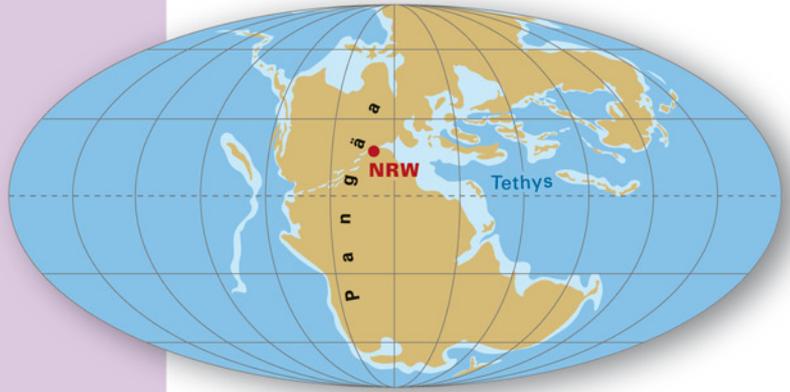
Verbreitung der Trias

- an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär
- im Untergrund



**Ozeane, Kontinente und paläogeographische
Position von NRW vor 220 Mio. Jahren**

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean



Paläogeographie in der Trias (Oberer Buntsandstein)

- Festland
- Flachmeergebiet, vorwiegend mit Ablagerung von Ton und Schluff, z. T. mit Gips und Steinsalzbildung
- tieferer Meeresbereich, vorwiegend mit Ablagerung von Ton und Schluff



In der Trias-Zeit senkt sich das im Perm angelegte Norddeutsche Becken mit der Niederrhein-Senke und der Hessischen Senke weiter ein. Die Rheinische Masse bleibt festländisch und ist Abtragungsgebiet.

Im Osten NRWs und in der Nordeifel bei Mechenich kommen Trias-Schichten großflächig an der Geländeoberfläche vor. Demgegenüber sind sie in der deutsch-niederländischen Grenzregion zwischen Borken und Gronau sowie zwischen Wiehengebirge und Teutoburger Wald nur in kleinen Arealen oberflächennah zu finden. Vom Niederrhein bis zum Nordrand des Münsterlandes sind sie im Untergrund weit verbreitet, verborgen unter teils mächtigen jüngeren Sedimenten.

Neben verschiedenen Werksteinen schenkt uns die Trias noch ein weiteres Gut: Ihre Sulfat- und Salzgesteine verleihen vielen Heil- und Mineralwässern in Ostwestfalen ihren chemischen Charakter und sind eine der natürlichen Grundlagen der bunten Wasservielfalt im „Heilgarten Deutschlands“. Aber ähnlich wie für das Perm beschrieben, lässt auch die Auslaugung von Trias-Gesteinen im Untergrund Massendefizite entstehen. Dadurch können sich die überlagernden Gesteinsschichten sukzessive absenken, sodass an der Erdoberfläche weiträumige Subrosionssinken oder punktuelle Erdfälle entstehen. Aspekte, die bei Bauarbeiten zu berücksichtigen sind.

Horn-Bad Meinberg im Heilgarten Deutschlands: Brunnentempel im Kurpark über einer Mofette. Hier hat sich in einer geologischen Aufwölbung neben Mineralwasser auch CO₂-Gas angereichert, das durch Bohrungen erschlossen und zu Heilzwecken genutzt wird.





Das Geotop Katzensteine bei Mechernich-Katzvey. Die roten Felsen stammen aus dem Buntsandstein.

Buntsandstein – rote Wüsten, wilde Flüsse, stille Seen, Lagunen und ein Meer

In der Untertrias-Zeit (Buntsandstein) ist die Rheinische Masse ein rotes, wüstenhaftes, sich langsam hebendes Hochland. Die Niederrhein-Senke und die Hessische Senke sind von Seen durchsetzte Flussebenen. Die auf dem Festland anfallenden Schuttmassen werden durch große verzweigte Flusssysteme in das Norddeutsche Becken transportiert. Die Flüsse führen aber nur saisonal oder episodisch – meist nach wolkenbruchartigen Regenfällen – Wasser. Die dann reißenden Gewässer können den reichlich anfallenden Gesteinsschutt abtransportieren. Sonst sind die Schotter in den ausgetrockneten Flussbetten dem Wind ausgesetzt, der ihre Oberflächen poliert, feine Partikel ausbläst und an anderer Stelle zum Beispiel als Dünen sand wieder absetzt. Von diesen Umweltbedingungen zeugen auch die Farben des Buntsandsteins: Durch das Klima begünstigt, oxidieren in den Gesteinen enthaltene Eisenminerale zu neuen roten Eisenverbindungen.

Eine typische Bildung des Unteren Buntsandsteins ist die Niederrhein-Formation – eine bis zu 250 m mächtige, sehr grobkörnige Flussschotter-Ablagerung, die aus der Niederrhein-Senke nach Norden geschüttet wird. In Höhe der Küste, die etwa entlang der Linie Bocholt – Münster – Bielefeld – Bad Pyrmont verläuft, verzahnen sich die Flusssedimente mit braunroten, teilweise anhydritischen Tonen, die in einem brackisch-marinen Lagunenbereich gebildet werden. Weiter nach Norden setzen sich zunehmend marine Sedimente durch. In den übrigen Landesteilen sind die Schichten meist feinkörniger. Es überwiegen fein-, selten mittelkörnige braunrote Sandsteine mit stellenweise anhydritischen Ton- und Schluffsteinlagen. Generell nimmt die Korngröße in Richtung des Beckens ab, der Anhydritgehalt und die Mächtigkeit nehmen dagegen zu. Stellenweise, so bei Rahden, kommen nahe dem Beckenzentrum auch bis zu 360 m mächtige sogenannte Rogensteine vor. Diese bestehen aus Kalkkugeln mit einem sandigen Bindemittel und sind typisch für ein bewegtes Flachmeer.

Im Mittleren Buntsandstein erreicht die kontinentale Phase ihren Höhepunkt und die Rheinische Masse ihre maximale Ausdehnung. Mit Annäherung an das Festland fehlen ganze Schichtenabschnitte, die entweder nicht sedimentiert oder wieder abgetragen worden sind.



*„Wesersandstein“ der Solling-Formation
in einem Steinbruch bei Warburg-Scherfede*

*Die Burg Nideggen in der Eifel – aus und
auf Buntsandstein-Gesteinen erbaut*



*Buntsandstein-Konglomerat im Rurtal,
unterhalb der Burg Nideggen*

An anderen Stellen, beispielsweise im Raum westlich von Höxter, ist der Mittlere Buntsandstein fast vollständig erhalten. Die bis zu 500 m mächtige abwechslungsreiche Folge von bunten, teilweise karbonatischen Sandsteinen mit Ton- und Schluffsteineinschaltungen wird von Flüssen, in Seen, im Gezeitenbereich oder als Dünen sand abgelagert. Brackisch-marine Einschaltungen zeugen von lagunären Bedingungen nahe der Meeresküste. Die mächtigen Sandsteine der Solling-Formation sind ein typisches Baumaterial der Weserrenaissance. Der rote Wesersandstein wird bis heute als Werkstein im Raum Bad Karlshafen unweit der Landesgrenze abgebaut.

In der Niederrhein-Senke dehnt sich der Sedimentationsraum im Mittleren Buntsandstein weit nach Süden aus. So wird am Eifelrand, im Raum Düren – Mechernich, die Mechernich-Formation abgelagert. Die meist sandig-konglomeratischen Schotter sind Sedimente eines nach Norden gerichteten Flusssystemes. Sie bilden heute die landschaftlich reizvollen roten Felsen im Rurtal, auf denen auch die Burg Nideggen steht.

Weiter nördlich, im Raum Kleve – Wesel, lagert das gleiche Flusssystem bis zu 250 m mächtige, teilweise konglomeratische Sande ab, die beckenwärts immer feinkörniger werden. Im westlichen Münsterland herrschen rotbraune Sandsteine vor, die den Übergang von der Becken- zur Randfazies dokumentieren. Im Raum Winterswijk, in den benachbarten Niederlanden, ist dann eine bis zu 250 m mächtige, tonige Beckenfazies nachgewiesen.

Zum Abschluss des Mittleren Buntsandsteins steigt der Meeresspiegel an – ausgelöst durch Gebirgsbewegungen und Klimaveränderungen. Die Sedimentation weitet sich auf die Rheinische Masse aus.

Im Oberen Buntsandstein lässt die Hebung der Rheinischen Masse nach, sodass nur noch wenig Abtragungsmaterial in die angrenzenden Becken gelangt. Davon zeugen die meist bunten, tonig-schluffigen Gesteine der Röt-Formation, die in einem flachen, ruhigen, zeitweise trockenfallenden Randmeer abgelagert werden. Im höheren Teil des Buntsandsteins entwickelt sich daraus eine küstennahe Salzton-Ebene, auf der rote Tonsteine mit Gips und Anhydrit entstehen. In ihrem zentralen Bereich wird auch Steinsalz ausgeschieden. Westlich von Hopsten sind in der Röt-Formation ca. 200 m, bei Bielefeld 60 m, bei Detmold 8,5 m und am unteren Niederrhein 30 m Salz nachgewiesen. Insgesamt erreicht der Obere Buntsandstein in NRW bis zu 265 m Mächtigkeit.

Am Anfang der Mitteltrias beginnt Pangäa auseinanderzubrechen. Es entsteht erstmals eine Verbindung zur Tethys. Entlang von Grabenstrukturen dringt nun das Meer aus Südosten nach Mitteleuropa vor. Damit endet der Buntsandstein.

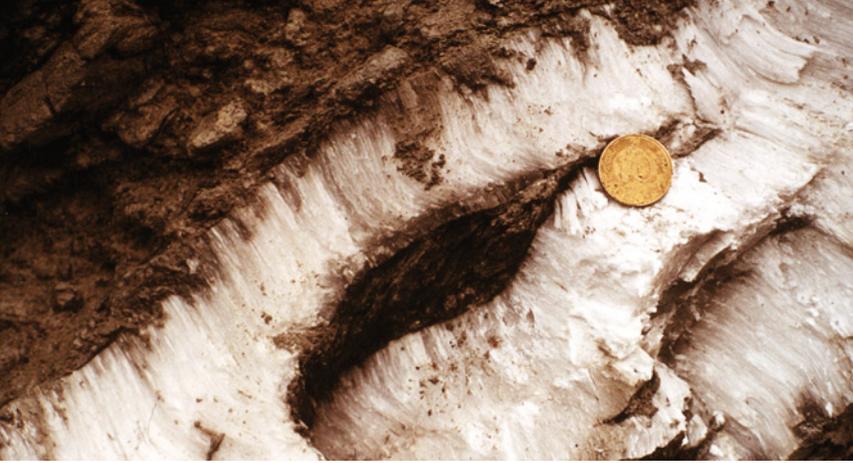
Muschelkalk – ein Meer voller Leben

Die größte zusammenhängende Verbreitung des Muschelkalks liegt zwischen Holzminden und Warburg. Im Teutoburger Wald kommt er nur in einem schmalen Streifen an die Erdoberfläche. Am Rand der Eifel, bei Nideggen, sind Muschelkalk-Schichten kleinflächig aufgeschlossen. Sehr kleine Vorkommen liegen auch im äußersten Nordwesten des Münsterlandes.

Zu Beginn der Mitteltrias ist das Norddeutsche Becken ein bewegtes, zeitweise schwach übersalzenes Flachmeer. Vom Tethys-Raum aus wandert zunächst eine artenarme, aber sehr individuenreiche Fauna vor allem aus Brachiopoden und Muscheln ein. Die Jena-Formation wird abgelagert. Ihr typisches Gestein ist ein welliger Kalkstein – der sogenannte Wellenkalk des Unteren Muschelkalks. Er besteht aus teils kristallinen, teils dichten Kalk- und Mergelsteinen sowie auffällig dottergelben Kalk- und Dolomitsteinen und ist mit Schillagen durchsetzt. Sein Sedimentationsraum muss sehr einheitlich gewesen sein. Darauf deutet die weitflächige Verbreitung der Oolith-, Terebratel- und Schaumkalkbänke hin. Das sind markante Leithorizonte aus festen, oolithischen, fossilschillreichen oder porösen Kalksteinen. Nur in Festlandsnähe dünnen diese aus und gehen in eine Randfazies aus verschiedenartigen Mergelkalk-, Dolomit- und Tonsteinen über.

*Lebensspuren im Mittleren Wellenkalk
(Unterer Muschelkalk, Jena-Formation)
bei Warburg. Zu sehen sind die U-förmigen
Fressbauten von *Rhizocorallium commune*.*





Fasergips des Mittleren Muschelkalks aus dem ehemaligen Gipsbergwerk Stieghorst bei Bielefeld. Bis in die 1970er-Jahre wurde der Gips hier untertage gewonnen.

Oberer Muschelkalk (Trochitenkalk- bis Warburg-Formation) im Kalksteinbruch am Rottberg nordwestlich von Niedermtalle, Gemeinde Kalletal



Ceratiten des Oberen Muschelkalks (Trochitenkalk- bis Warburg-Formation) in einem Steinbruch bei Willebadessen



Im Mittleren Muschelkalk wird der Wasseraustausch mit der Tethys mehrfach unterbrochen und das Norddeutsche Becken zeitweise abgeschnürt, wodurch sein Salzgehalt ansteigt. Er entspricht dem des heutigen Toten Meeres; ein Milieu, in dem sich nur Spezialisten der Lebewelt behaupten können. Bei weiterhin trockenheißem Klima kommt es im Norden von NRW mehrfach zur Ausscheidung von Anhydrit und Steinsalz. Bei Lübbecke ist zum Beispiel ein bis zu 100 m mächtiges Salzlager erbohrt. In Festlandsnähe entstehen als Randfazies Mergelsteine mit zum Teil dolomitischen Kalksteinen, Anhydrit oder Gips im Wechsel mit roten Tonsteinen. Im Beckenzentrum kann der Mittlere Muschelkalk Mächtigkeiten bis zu 200 m erreichen.

Im Oberen Muschelkalk erfüllt wieder frisches Wasser der Tethys das Norddeutsche Becken und verwandelt es in ein bewegtes Flachmeer mit einer reichen, neu eingewanderten Fauna: Seelilien, Tiere aus der Familie der Stachelhäuter, finden hier optimale Lebensbedingungen. Mit ihren bis zu 1,5 m langen Stielen sind sie fest am Meeresboden verankert. Ihre Stielglieder, die Trochiten, bauen zusammen mit anderen Schalenentrümmern die 9 – 15 m mächtigen, dickbankigen Kalksteine der nach ihnen benannten Trochitenkalk-Formation auf. Für Straßenbauzwecke werden diese im Lipper Bergland und im Raum Höxter abgebaut.

Mit den vollmarinen Verhältnissen breiten sich auch die zu den Ammonoideen gehörenden Ceratiten aus. Sie sind typische Leitfossilien der teilweise mächtigen Wechselfolgen aus dünnbankigen Kalk-, Mergelkalk- und Tonmergelsteinen des Oberen Muschelkalks.

Am Ende der Mitteltrias zieht sich das Meer erneut zurück und es stellen sich wieder lagunäre Verhältnisse ein. Dolomit- und Tonmergelsteine sowie Tonsteine mit sandigen Einschaltungen leiten zu den küstennahen Deltabildungen des Keupers über.

*Gesteinsplatte aus der Trochitenkalk-Formation
(Oberer Muschelkalk) mit Resten der Seelilie
Encrinus liliiformis*



Keuper – große Flüsse, Seen und Lagunen

Keuper-Gesteine kommen in Ostwestfalen-Lippe großflächig im Ravensberger Hügelland und im Lipper Bergland sowie in der Warburger Börde vor und erreichen Mächtigkeiten von bis zu 400 m. Am Eifelrand zwischen Düren und Mechernich sind sie in kleinen Arealen in sehr lückenhafter Entwicklung zu finden. Insgesamt ist der nordrhein-westfälische Keuper aber recht einheitlich aufgebaut.

Zu Beginn des Keupers ist die Niederrhein-Senke verlandet. Von der Rheinischen Masse bis in die Niederlande besteht ein großes zusammenhängendes Festland. Das gesamte Mitteleuropäische Becken verflacht; Großlagunen, Deltas, Flüsse und Seen breiten sich aus.

Zunächst bringen vom nordöstlich gelegenen Baltischen Schild kommende Flüsse Süßwasser und Verwitterungsschutt in das Becken. Sie schaffen ein Brackwassermilieu, in dem die Erfurt-Formation mit bunten Ton-, Tonmergel- und Dolomitsteinen entsteht. In den Unteren Lettenkohlen-Schichten bilden zusammengeschwemmte Pflanzenreste dünne verunreinigte Kohlenflözchen. Eingeschaltet sind immer wieder Sandsteine aus festländischem Verwitterungsschutt.

Gegen Ende des Unteren Keupers besteht kurzzeitig wieder eine Verbindung zur Tethys – die gelbbraunen Dolomit- und bunten Tonmergelsteine des Grenzdolomits werden abgelagert. Danach wird der Wasseraustausch erneut eingeschränkt, es entsteht eine oft trockenfallende Großlagune. Hier bilden sich die bunten, zum Teil dolomitischen Ton- und Schluffsteine der Grabfeld-Formation, die wegen zahlreicher Sulfatlagen auch als Gipskeuper bezeichnet wird. Die Mächtigkeiten der Ablagerungen betragen im Beckenbereich maximal 200 m.

In der nachfolgenden Zeit hebt sich durch Gebirgsbewegungen die im Nordosten liegende Landmasse. Weitverzweigte Flusssysteme liefern nun von dort Süßwasser und Sedimente bis in den süddeutschen Raum. In den Stromrinnen hinterlassen sie die bis zu 30 m mächtigen braungrauen bis violettroten, dickbankigen Fein- und Mittelsandsteine der Stuttgart-Formation (Schilfsandstein). Charakteristisch sind zahlreiche kohlige Schachtelhalmreste auf den Schichtflächen. Sie geben dem Schilfsandstein seinen Namen. Er bildet in der Landschaft markante Höhenrücken und war früher als Baustein begehrt. Zwischen den Stromrinnen werden wesentlich weniger mächtige tonige, schluffige oder schwach sandige Hochflutsedimente abgelagert.



*Rote Wand (Weser-Formation), darüber
Steinmergelkeuper (Arnstadt-Formation),
Köllergrund bei Lüdje-Rischenau*

Gegen Ende des Mittleren Keupers schaffen ruhige Sedimentationsbedingungen und fehlender Wasseraustausch mit der Tethys ähnliche Bedingungen wie an seinem Anfang. Aus dieser Phase stammen zunächst die Ablagerungen der Weser-Formation, insbesondere die roten Ton- und Tonmergelsteine der Roten Wand. Später entstehen die festen bunten, dolomitischen Mergelsteine der Arnstadt-Formation, die wegen ihrer harten Bänke auch als Steinmergelkeuper bezeichnet werden. Zu dieser Zeit verstärken sich die Gebirgsbewegungen, die Schichtenfolge ist zum Teil lückenhaft.

Zu Beginn des Oberen Keupers kommt es noch einmal zu ausgeprägten fluviatilen Sand-
schüttungen (Hauptsandstein). Danach senkt sich das Norddeutsche Becken im Zuge mehr-
phasiger Gebirgsbewegungen ab. Zudem dehnt es sich auch nach Norden aus. Neben wei-
teren fluviatilen Sandschüttungen nehmen tonige Sedimente mehr und mehr zu und brackische
Ablagerungsbedingungen stellen sich ein. Erste marine Fossilagen künden eine erneute
Verbindung zur Tethys und damit die Meeresvorherrschaft der Jura-Epoche an.

Fauna und Flora

In der Trias entwickeln die Reptilien eine große Vielfalt. Dino-, Flug- und Fische, Krokodile, Schildkröten und Vertreter der meisten anderen bekannten Reptilgruppen erscheinen. Eine einschneidende Entwicklung ist das Auftauchen erster mausgroßer Säugetiere. Deren große Zeit muss aber noch bis zum Aussterben der Dinosaurier am Ende der Kreide-Zeit warten. Wasserschildkröten und Pflasterzahnechsen bevölkern neben Seelilien, Muscheln, Brachiopoden und Ceratiten die Meere. Am Ende der Trias stirbt ein großer Teil der Lebewesen aus, darunter fast alle Landwirbeltiere. Als Ursache werden heute unter anderem giftige Gase, die bei gewaltigen Vulkanausbrüchen freigesetzt werden, diskutiert.

Bei den Pflanzen entwickeln sich die Nacktsamer weiter, während die Bedeutung der Farne langsam abnimmt. Die großen baumförmigen Bärlapp- und Schachtelhalmgewächse, die im Karbon ihre Hochzeit erlebten, sterben aus. Dafür tauchen am Ende der Trias erstmals Pflanzen auf, die schon einzelne an Blütenpflanzen erinnernde Merkmale aufweisen.

Die Mechernicher Trias-Senke – eine bleischwere Geschichte

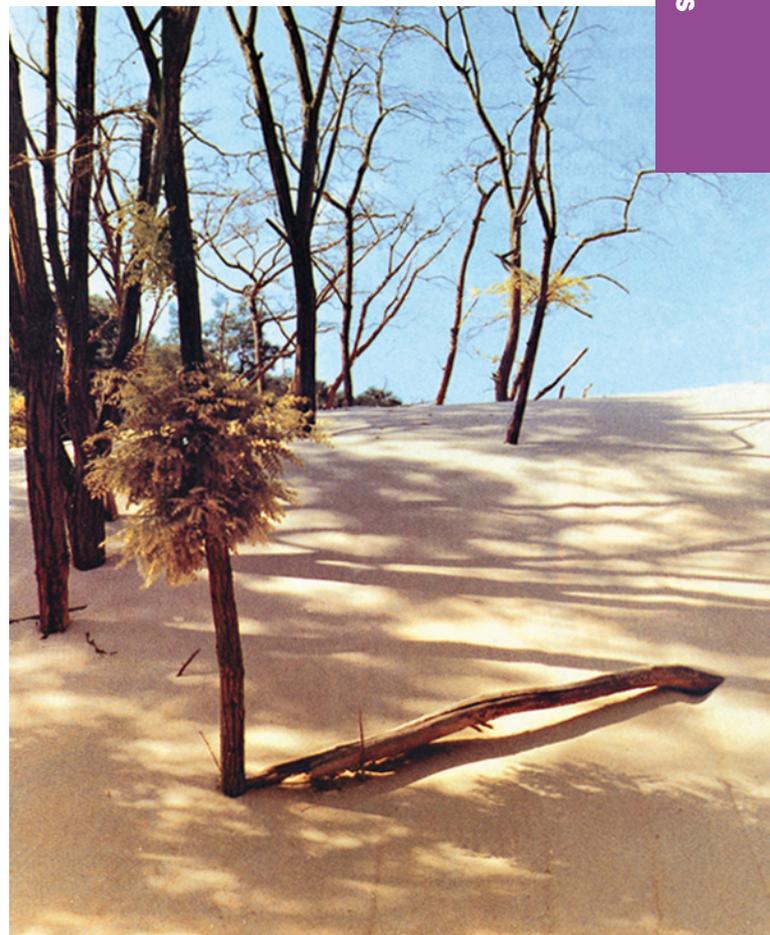
In der südlichen Fortsetzung der Niederrhein-Senke wird am Eifelrand zwischen Düren und Mechernich im Verlauf der Untertrias die Mechernich-Formation mit ihren mächtigen Sandsteinen und Konglomeraten abgelagert. Besondere Bedeutung haben diese im Raum Mechernich, denn dort sind sie mit kleinen „Erzknoten“ aus Blei- und Zinkmineralen durchsetzt. Der Bleigehalt der Gesteine beträgt zwar nur rund 1 %, ihre großräumige Verbreitung und ihre Mächtigkeit machten sie aber bis zur Stilllegung im Jahr 1957 zu einer der bedeutendsten Blei- und Zinkerz-Lagerstätten Deutschlands. Noch heute sind dort große Erzvorräte vorhanden, ihre Förderung ist aufgrund des Weltmarkt-Preisniveaus aber unrentabel.

Der über 600 Jahre zunächst im Tagebau, später untertägig betriebene Erzabbau bei Mechernich hat imposante Spuren in der Landschaft hinterlassen. Die Tagebaue haben enorme Ausmaße. Neben einer bemerkenswerten Kulturlandschaft mit roten Klippen und einer spezifischen Flora, wie zum Beispiel dem Galmeiveilchen, bringen die Erze im Untergrund und deren Abbau aber auch Probleme. Die Böden im Bereich der Lagerstätte und auf den gewaltigen Abrauhalden sind genauso schwermetallbelastet wie die Wässer, die aus den stillgelegten Grubengebäuden abfließen. Die auf Halde geschütteten lockeren Rückstandssande der Erzgewinnung haben teilweise regelrechte Wanderdünen gebildet. In der Folgenutzung sind Teile der Großtagebaue als Abfalldeponien genutzt worden. Umfangreiche Rekultivierungs- und Monitoring-Programme sorgen heute dafür, dass die Umweltbelastungen minimiert werden.

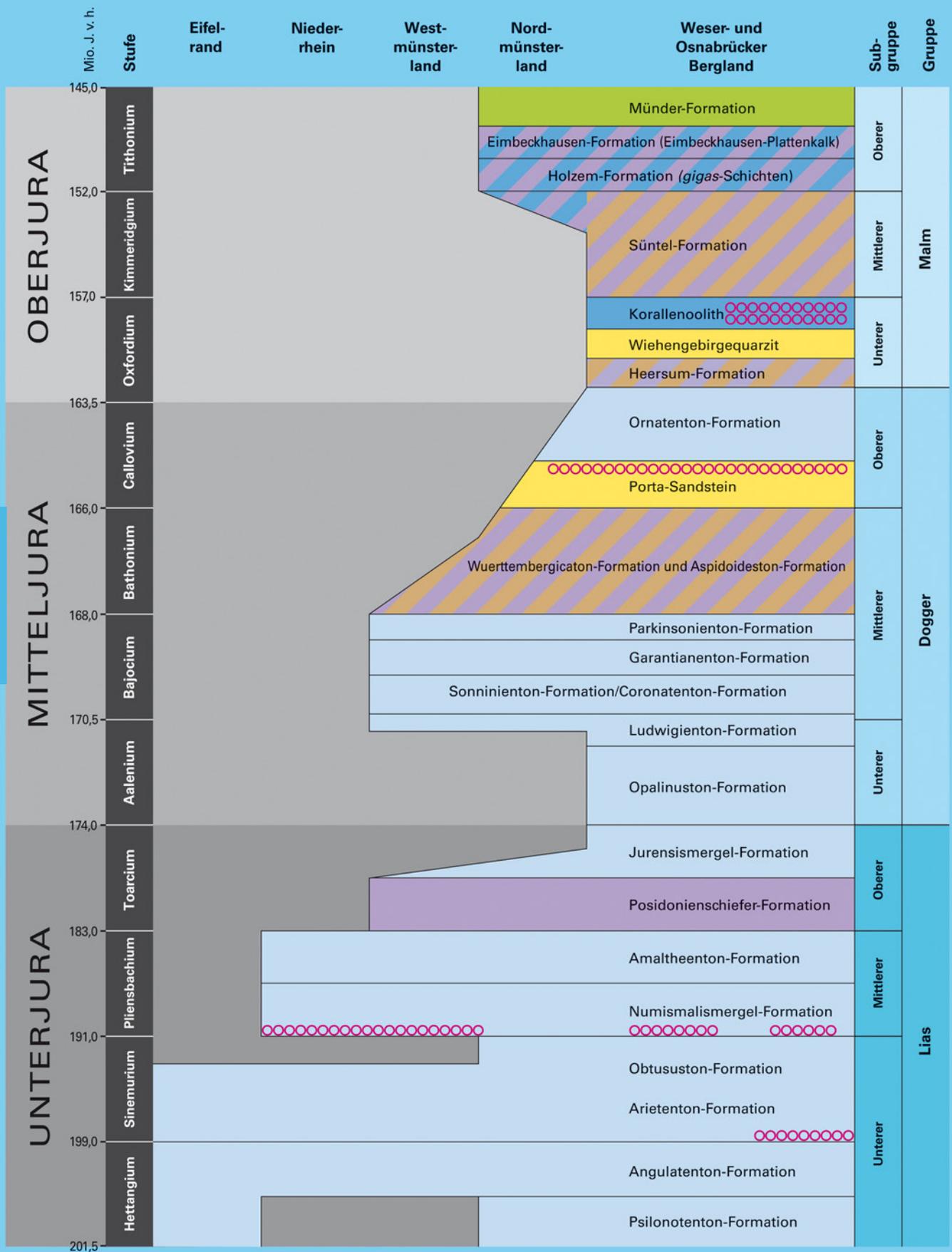


Konglomerat mit Bleierz aus Mechernich

Eine Wanderdüne: Flotationssande aus der Aufbereitung des bleierzführenden Buntsandsteins haben einen Wald bei Mechernich begraben.



TRIAS



Vorherrschende Gesteine

Ton- und Mergelstein, z. T. feinsandig, z. T. mit Kalk- oder Kalksandsteinbänken sowie Tonsteingeoden (marin)

Tonstein, z. T. mergelig, blättrig, bituminös (marin)

Mergelstein, z. T. dolomitisch, z. T. mit Gips und Steinsalz (marin, z. T. salinar)

Sandstein (marin, z. T. fluviatil)

Kalkstein, oolithisch, z. T. eisenerzführend (marin)

Tonstein, Kalkstein, z. T. Dolomit (marin)

Sandstein, Kalksandstein, z. T. eisenoolithisch, wechselnd mit Ton- und Mergelstein (marin, z. T. fluviatil)

oolithischer Eisenerzhorizont (marin)

JURA

201,5 – 145 Mio. Jahre vor heute



Die erdgeschichtliche Periode Jura – 1795 durch Alexander von Humboldt | französisch-schweizerischen Juragebirge benannt – schließt in Nordrhein-Westfalen nahtlos an die Trias an. Lias, Dogger und Malm sind die klassischen Bezeichnungen der drei Schichtengruppen des Unter-, Mittel- und Oberjuras in Norddeutschland, wozu auch die nordrhein-westfälischen Jura-Ablagerungen zählen.

Amaltheus margaritatus,
ein Ammonit aus
dem Unterjura

Im Unterjura bleiben die großräumigen paläogeographischen Konstellationen zunächst noch bestehen: Ähnlich wie in den Perioden zuvor, liegen die wichtigsten Ablagerungsgebiete im Norden und Osten von NRW. Sie sind Teil des Norddeutschen Beckens, haben aber auch zeitweise Verbindungen nach Süddeutschland und damit zur Tethys. Diese Verbindungen führen zum einen über die Hessische Senke nach Süden und zum anderen über die Niederrhein-Senke und die Eifel nach Südwesten in Richtung Trier und Lothringen. Dazwischen liegt die Rheinische Masse als Teil des mitteleuropäischen Festlandes. Sie bleibt – wie auch schon in der Trias – in ihrem Kern ein Hochgebiet und frei von jeglichen Ablagerungen. Dadurch kommen Jura-Sedimente – ähnlich wie die der Trias – nur in Ostwestfalen, am Nord- und Westrand des Münsterlandes, am unteren Niederrhein sowie am Rand der Eifel vor.

Die Jura-Zeit bringt Veränderungen mit sich. So steigt mit ihrem Beginn der Meeresspiegel deutlich an und weite Flächen werden überflutet. Sowohl im Bereich des heutige Nord- als auch Süddeutschland breitet sich ein meist flaches Schelfmeer aus. Im Unter- und Mitteljura dominieren mit Lias und Unterem Dogger zunächst Tonablagerungen. Mächtige Folgen dunkelgrauer Tonsteine sind charakteristisch. Sie sind der Lieferant des Rohstoffs Ton in NRW schlechthin.

Verbreitung des Juras

 an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär

 im Untergrund





Ozeane, Kontinente und paläogeographische Position von NRW vor 170 Mio. Jahren

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean

Paläogeographie im Unterjura (Lias)

- Festland
- Meer (überwiegend mit Ablagerung von Ton und Mergel)



Im Verlauf des Juras machen sich globale Kontinentalverschiebungen bemerkbar. Der Zerfall des Superkontinents Pangäa in Laurasia und Gondwana setzt sich fort. Die Öffnung des zentralen Atlantiks beginnt. Es ist der Anfang einer über viele Millionen Jahre ablaufenden Entwicklung, an deren Ende das heutige geographische Weltbild steht. In Mitteleuropa sind damit im Mittel- und Oberjura tektonische Bewegungen verbunden. In und um NRW führen diese in der sogenannten jungkimmerischen Phase zunächst zum Einsinken von Grabenstrukturen, zu Abtragungen in Hochlagen und dadurch teilweise zu größeren Schichtlücken, danach zu sehr unterschiedlichen Schichten in mehreren Senkungströgen.

Im Jura bleibt es, abgesehen von einer kurzen Klimakrise im oberen Unterjura, weitgehend warm. Man geht von tropisch feuchten Verhältnissen aus. Erst zum Ende des Oberjuras gehen die Temperaturen wohl insgesamt etwas zurück.

Vom Binnensee zum Nebenmeer – die Lias-Transgression

Während im jüngsten Abschnitt der Trias (Rhaetium, Oberer Keuper) das Norddeutsche Becken noch den Charakter eines flachen, allenfalls brackischen Binnensees hat, breitet sich durch den Meeresspiegelanstieg gleich zu Beginn des Juras der marine Einfluss sehr rasch im gesamten Ablagerungsraum aus. Davon sind nicht nur der Osten und Norden von NRW betroffen, sondern auch das Westmünsterland und das Niederrheingebiet bis in die Eifel. Hier öffnet sich auch eine Meeresverbindung in Richtung Trier.

Aus der Lebewelt des Jura-Meeres: oben Inoceramus (Mytiloceras) polyplocus aus Tonsteinen der polyplocus-Schichten des Doggers; darunter Quenstedtoceras mariae, ein Ammonit aus den Heersum-Schichten des Unteren Malm

Erstmalig seit dem Muschelkalk treten nun wieder marine Organismen auf. Charakteristisch sind Ammoniten, die mit großer Arten- und Individuenzahl das Jura-Meer bevölkern. Aufgrund ihrer raschen Evolution entstehen immer wieder neue Arten, die heute hervorragende Leitfossilien und damit Zeitmarker darstellen. Die große Formenfülle und die nicht selten exzellente Erhaltung in Form von Pyrit-Steinkernen machen sie zudem zu begehrten Sammlerobjekten. Aber nicht nur Ammoniten, auch Belemniten, Seelilien, Muscheln und Mikroorganismen wie Foraminiferen und Ostrakoden sind für die marinen Jura-Sedimente typisch.

Das flache Jura-Meer ist auch Heimat verschiedener Schwimmsaurier, zum Beispiel von Ichthyosauriern und mehrere Meter großen Plesiosauriern. Gelegentlich werden einzelne Knochen von Schwimmsauriern gefunden, größere Skelettreste sind selten. Der liebevoll „Toni“ genannte, etwa 4 m lange, leider kopflose Plesiosaurier – nur Wirbelsäule und Extremitäten sind erhalten – ist da schon ein ganz besonderer Fund. Er wurde 2007 in einer Tongrube bei Nieheim-Sommersell im Kreis Höxter geborgen und ist nun im LWL-Museum für Naturkunde in Münster zu bewundern.



JURA



„Toni“, ein 185 Mio. Jahre altes schwimmendes Meeresungeheuer: Westfaliasaurus simonsensii, aus Nieheim-Sommersell (Kreis Höxter). Er ist der größte bislang in NRW gefundene Saurier.

Von der Eifel bis zum Weserbergland – Jura rund um die Rheinische Masse

Im Unter- und Mitteljura (Lias und Dogger) ist das vorherrschende Sediment ein dunkelgrauer, meist kalkhaltiger Tonstein, manchmal auch ein Mergelstein. Vereinzelt treten Kalksteinbänke auf. Häufig sind harte Tonsteingeodenlagen vorhanden. In unmittelbarer Nähe zur Rheinischen Masse enthalten sie in einigen Lagen auch geringe Mengen an oolithischen Eisenerzen, die allerdings keine nennenswerte wirtschaftliche Bedeutung haben. Das Eisen ist meist in bohnen großen Geröllen vorhanden, die aus älteren Schichten stammen und durch die Brandung des vordringenden Meeres aufgearbeitet werden.

Der Lias ist von allen Jura-Ablagerungen in NRW am weitesten verbreitet. Vollständig und in größerer Mächtigkeit ist er im Weser- und Osnabrücker Bergland entwickelt, zum Beispiel im Raum Bad Salzuffen mit bis zu 280 m und nördlich des Wiehengebirges zum Teil mit über 600 m. Auch im Nordmünsterland zwischen Rheine und Gronau ist Lias noch in einer Mächtigkeit bis zu 400 m im Untergrund vorhanden. Im Westmünsterland und am Niederrhein sind Lias-Schichten vielfach durch spätere Hebungen wieder abgetragen und daher nur teilweise erhalten. In der Nähe von Wesel sind in einem kleinen Areal, dem sogenannten Bislicher Graben, eisenerzführende Tonsteine nachgewiesen. Ein anderes vollkommen isoliertes Lias-Vorkommen ist vom Eifelrand zwischen Nideggen und Zülpich bekannt.

Ton- und Mergelsteine aus NRW – Rohstoffe für hochwertige Keramik

Vor allem im ostwestfälisch-lippischen Hügelland zwischen Teutoburger Wald und Wiehengebirge sind Lias- und Dogger-Tonsteine nahe der Geländeoberfläche weit verbreitet. Sie sind gesuchte Rohstoffe für keramische Erzeugnisse wie Klinker, Verblender, Dachziegel und Bodenfliesen. Bedingt durch ihren Eisengehalt nehmen sie beim Brennvorgang eine braunrote Farbe an. Heute werden sie meist mit Materialien anderer Herkunft vermischt und entsprechend den speziellen Qualitäts- oder Farbanforderungen zu keramischen Endprodukten verarbeitet. Bevorzugt werden angewitterte Tonsteinpartien abgebaut, zum Beispiel bei Tecklenburg, nordöstlich von Bielefeld oder zwischen Lübbecke und Bad Oeynhausen.

*Tonstein des Mittleren Lias
mit Tonsteingeode, Tongrube
bei Bielefeld-Jölllenbeck*





Widerstandsfähige organische Hüllen von Tasmanites, einer einzelligen Grünalge, treten massenhaft im Posidonienschiefer des Oberen Lias auf.

Für die Ziegelherstellung oder die keramische Industrie geeignete Tone und Tonsteine gibt es nicht nur im Jura. Auch in den Ablagerungen anderer Erdzeitalter kommen sie gelegentlich vor, beispielsweise im Karbon, in der Trias, der Kreide oder dem Tertiär.

Eine Klimakrise im Jura – Chance für die Zukunft?

Ein besonderer Tonstein-Horizont ist der Posidonienschiefer aus dem Oberen Lias – benannt nach dem früheren Namen einer dort häufig auftretenden Muschel. Er ist bis zu 35 m mächtig, dunkelgrau bis schwarz und auffallend feinschichtig bis blättrig, enthält viel organische Substanz, insbesondere Kohlenwasserstoffe, hat oft einen öligen Geruch und wird daher auch als Ölschiefer bezeichnet. Westlich von Weseke und an einigen Stellen im Lipper Bergland tritt er zutage. Nördlich des Wiehengebirges kommt er zum Teil in mehr als 2000 m Tiefe vor. Der Posidonienschiefer ist ein potenzieller Schiefergas-Horizont. Ob das darin enthaltene Methangas in Zukunft gewonnen werden kann und soll, ist derzeit ungewiss. Wenn, dann ist das nur mit unkonventionellen, derzeit stark umstrittenen Methoden möglich.

Der Posidonienschiefer geht auf eine Klimakrise, eine zwischenzeitliche Abkühlungsphase, zum Ende des Unterjuras zurück. Dabei strömt kühleres und geringer salzhaltiges Wasser in das Meer ein und stärker salzhaltiges, darum auch schwereres Wasser sinkt in die Tiefe. Wasseraustausch und Sauerstoffzufuhr zum Meeresboden werden unterbrochen. Zu Boden sinkende organische Substanz wird nicht abgebaut, sondern konserviert und ist für die Kohlenwasserstoffbildung entscheidend. Der größte Teil der organischen Substanz stammt von *Tasmanites*, einer einzelligen Alge mit einer dicken, widerstandsfähigen Hülle. In saisonalen Algenblüten tritt sie massenhaft auf und die Hüllen sinken zu Boden. Sie ist heute das kennzeichnende Mikrofossil des Posidonienschiefers.

Unruhige Zeiten im Mittel- und Oberjura

Im oberen Abschnitt des Mitteljuras einsetzende Erdkrustenbewegungen sorgen für Unruhe. Eine im Norden Deutschlands sich hebende Scholle engt das Norddeutsche Becken zum Niedersächsischen Becken ein. Der bis dahin recht eintönige Meeresraum ist jetzt in verschiedene Teilbecken und Schwellen gegliedert. Gesteine der nun folgenden Zeit sind in NRW nur im Norden und Osten überliefert. Entweder sind sie andernorts bereits wieder abgetragen oder erst gar nicht abgelagert worden. So ist nicht bekannt, ob die westliche Meeresverbindung vom Niederrhein zur Tethys über die Eifel weiter existiert oder bereits wieder trockengefallen ist.



Der Durchbruch der Weser durch das Weser- und Wiehengebirge bei Porta Westfalica mit dem aus Porta-Sandstein erbauten Kaiser-Wilhelm-Denkmal

Anders ist es im Weser- und im Wiehengebirge, die aus steil aufgerichteten Schichten des höheren Mittel- und Oberjuras (Mittlerer und Oberer Dogger, Malm) aufgebaut werden. Durchquert man die Porta Westfalica von Süden kommend, so wandert man vom Älteren zum Jüngeren durch die Schichtenfolge dieser Zeit. Zunächst schalten sich im Mitteljura in die Dogger-Tonsteinfolge mehr und mehr Kalk-, Schluff- und Sandsteinlagen ein, die zum Teil auch eisenreich sein können und dann eine rötlich braune Farbe aufweisen. Es folgen die Porta-Schichten, in denen, besonders im Gebiet von Lübbecke bis östlich der Weser, der bis zu 15 m mächtige, grobkörnige, rotbraun gefärbte Porta-Sandstein auftritt. Er wurde als ausgezeichneter Baustein über viele Jahrhunderte für Kirchen und profane Gebäude genutzt. Aus ihm ist zum Beispiel auch das weithin sichtbare Kaiser-Wilhelm-Denkmal an der Porta Westfalica errichtet. Das Wittekindflöz, ein Eisenerzhorizont dicht über dem Porta-Sandstein, wurde von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis 1962 in mehreren Betrieben zur Eisenverhüttung gewonnen.

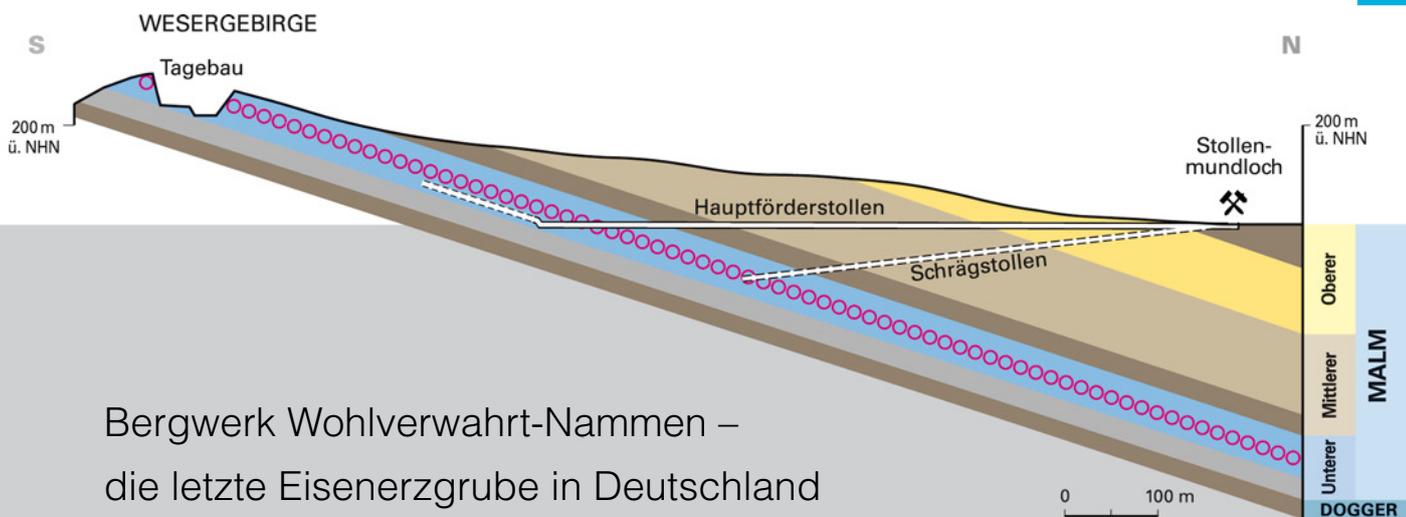
Im Malm wird die Gesteinsvielfalt durch häufige Änderungen des Ablagerungsmilieus noch größer. Zunächst herrschen marine Sedimente vor, allerdings aus einem immer flacher werdenden Meeresareal. Dann schaltet sich mit dem Wiehengebirge-Sandstein auch die Ablagerung eines Flussdeltas ein. Der nachfolgende Korallenoolith, ein aus kleinen runden Körnern aufgebauter Kalkstein, ist wiederum die typische Bildung eines warmen Flachmeeres. Er ist östlich der Porta Westfalica reich an Eisenerz, das dort auch heute noch abgebaut wird. Im Mittleren Malm gibt es durch häufigere Meeresspiegelschwankungen neben Meeresüberflutungen auch festländische Phasen. In den Ablagerungen einer flachen Wattlandschaft ist gelegentliches Trockenfallen durch Horizonte mit Bodenbildungen sowie in den Sedimenten konservierte Trockenrisse dokumentiert. Diese Landschaft ist auch Heimat verschiedener Landsaurier. Eindrucksvoll ist dies in einem Naturdenkmal bei Barkhausen unweit der Landesgrenze bei Preußisch Oldendorf zu sehen, wo in einem kleinen Steinbruch auf einer steil aufgerichteten Sandsteinplatte mehrere Spuren von mindestens zwei verschiedenen Saurierarten überliefert sind. Eher runde Trittsiegel stammen von langhalsigen, vierbeinigen, pflanzenfressenden Sauropoden. Dreizehige Abdrücke sind den zweibeinigen, fleischfressenden Theropoden zuzuordnen.



Im Steinbruch Wallücke im Wiehengebirge bei Minden sind Schichten von der Ornatenton-Formation (Dogger) bis zur Süntel-Formation (Malm) aufgeschlossen.

Erst zum Ende des Juras setzt sich im Oberen Malm für eine kurze Zeit das Meer wieder durch und es lagern sich in der Münder-Formation vorwiegend Mergel ab. Das Meeresbecken ist aber weitgehend abgeschnürt, sodass es bald schon zur Übersalzung und Bildung von chemischen Sedimenten (Dolomit, Anhydrit und z. T. auch Steinsalz) kommt. Danach erfolgt im Übergang zur Kreide eine allmähliche Aussüßung.

JURA



Bergwerk Wohlverwahrt-Nammen – die letzte Eisenerzgrube in Deutschland

Die Grube Wohlverwahrt-Nammen in Porta Westfalica ist nicht nur das einzige Eisenerzbergwerk in NRW, sondern zugleich auch das letzte, das noch in Deutschland fördert. Teils im Tagebau, teils untertägig werden im Jahr zwischen 450 000 und 500 000 t Erz gewonnen. Die erzführende Schicht, ein stark eisenschüssiger Kalkstein im Korallenoolith, ist bis zu 20 m mächtig und enthält 10 – 16 % Eisen. Aus dem abgebauten erzhaltigen Gestein werden heute Schotter, Splitte und Brechsande für die Bau-, Beton- und Zementindustrie sowie für den Verkehrswegebau hergestellt. Die ausgeerzten untertägigen Hohlräume werden mit Versatzstoffen wie Flugaschen aus der Entstaubung und Gipsen aus der Entschwefelung von Kohlekraftwerken wieder verfüllt. Der Geologische Dienst berät hier die Bergverwaltung des Landes bei der Beurteilung von Standsicherheits- und hydrogeologischen Fragen.

-  Korallenoolith mit Eisenerz
-  Grundwassernichtleiter

KREIDE

145 – 66 Mio. Jahre vor heute

Kreide – das ist nicht nur die Bezeichnung für einen schneeweißen, erdigen Kalkstein, den es in Nordrhein-Westfalen allerdings nur sehr selten gibt, sondern auch für einen Zeitabschnitt am Ende des Erdmittelalters. Schreibkreide, weiße Kreide-Felsen, Feuersteine, weitreichende Meeresüberflutungen, sehr warmes Klima, Riesensaurier und deren Ende in einem großen Massensterben vor 66 Mio. Jahren, dem auch Belemniten und Ammoniten zum Opfer fallen – spontane Assoziationen zum Begriff Kreide sind vielfältig.

Und in NRW? Immerhin sind heute von Aachen über das Münsterland bis zur Weser in etwa einem Drittel der Landesfläche Gesteine der Kreide-Zeit verbreitet. Zur Kreide gehört ein wesentlicher Teil des „Deckgebirges“ im Ruhrgebiet, denn von Essen oder Dortmund aus taucht die Steinkohle nach Norden unter immer mächtiger werdende Kreide-Schichten in die Tiefe ab.

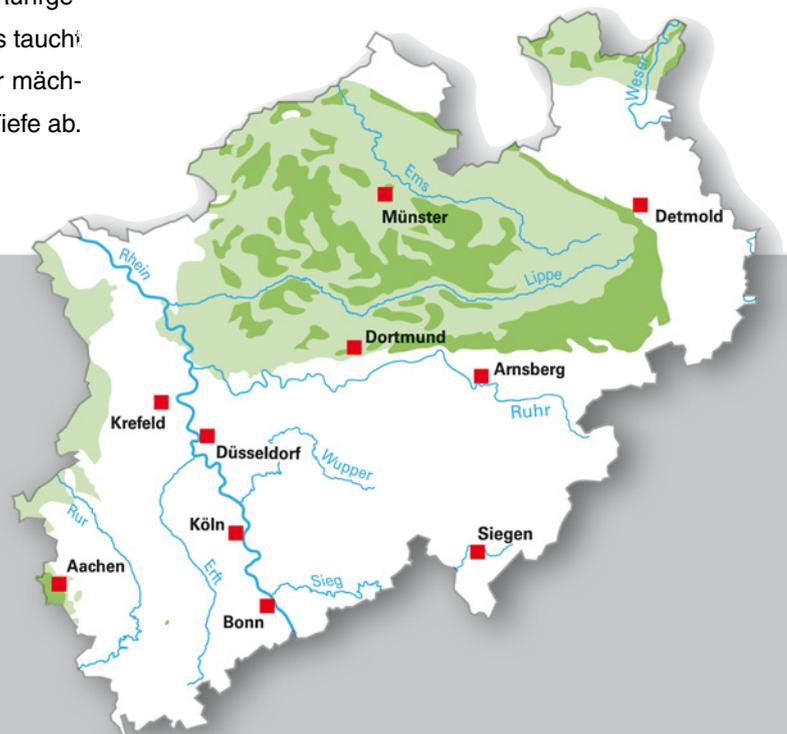


KREIDE

Das ist Iguanodon, ein pflanzenfressender Saurier, bis zu 8 m lang und 5 m hoch: Zahlreiche Knochen dieses Sauriers wurden bei Brilon-Nehden und Balve gefunden. Mit einem Alter von über 110 Mio. Jahren stammen sie aus der frühen Kreide-Zeit, bevor das Meer sich nach Süden ausdehnt.

Verbreitung der Kreide

-  an der Geländeoberfläche oder unter gering mächtigem Quartär
-  im Untergrund



Ockergelb gefärbter Sand der Haltern-Formation – ein wichtiger Baurohstoff



Die Schätze der Kreide

Einige Kreide-Gesteine aus NRW sind bedeutende Rohstoffe: Mergelkalk- und Kalksteine von Hellweg, Münsterland und Teutoburger Wald sind Grundlage der Zement- und Kalksteinindustrie; Osning-, Rühthener und Baumberger Sandstein, Grünsandstein von Anröchte und andere sind oder waren wichtige Naturbausteine. Aus Ton- und Mergelsteinen werden Ziegel und Keramik produziert. Weißer Quarzsand von Haltern ist als feuerfester Rohstoff in der Gießerei- und der chemischen Industrie, für die Glasherstellung, Fertigung von Solarmodulen und für andere hochwertige Produkte begehrt. Seine ockerfarbene Variante aus der Gegend von Dorsten bis Coesfeld ist ein wichtiger Baurohstoff. Erwähnenswert ist auch der Strontianit-Bergbau in der Region Drensteinfurt im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert. Das Strontium-Mineral war beehrter Zusatzstoff bei der industriellen Zuckerproduktion.

Der Quarzsand zwischen Haltern, Dorsten, Borken und Coesfeld ist nicht nur Rohstoff, sondern zugleich ein Grundwasserleiter erster Güte. Da sich in seinem Verbreitungsgebiet jährlich durch Niederschläge etwa 184 Mio. m³ Grundwasser neu bilden, beziehen hieraus große Teile des Ruhrgebiets und des Münsterlandes ihr Trinkwasser. Rohstoffgewinnung und Trinkwasserförderung, zwei gegensätzliche Nutzungswünsche, müssen in Planungsfragen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Auch aus anderen Kreide-Schichten wird Grundwasser gefördert, so etwa in Stadtlohn, Ahaus oder Paderborn. Nicht nur Trinkwasser, auch Mineralwasser kommt vor – im Ruhrgebiet oder bei Bielefeld. Die westfälischen Soleheilbäder Bad Sassendorf, Bad Waldliesborn und Bad Westernkotten fördern ihre Sole zum Teil aus Kreide-Gesteinen.

Kalk- und Mergelstein in einem Steinbruch bei Beckum – Rohstoff für die Zementindustrie



Ozeane, Kontinente und paläogeographische Position von NRW vor 105 Mio. Jahren

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean



Landleben und Strandleben

Vom Beginn der Kreide-Zeit bis vor 110 Mio. Jahren ist der überwiegende Teil von NRW Bestandteil des mitteleuropäischen Festlandes, das sich im Verlauf des Juras durch den Rückzug des Meeres nach Norden deutlich vergrößert hat. Die damalige geographische Breite entspricht der heutigen von Kairo bis Jerusalem. Es herrscht ein ganz anderes Klima als heute; es ist wärmer, dabei aber auch feucht. Das flache Land hat nur ein geringes Relief mit einigen Seen und Flüssen, die träge nach Norden dem Meer zufließen. Es gibt tiefgründige Böden und auch eine üppige Vegetation mit den gerade auf gekommenen Bedecktsamern, also den ersten echten Blütenpflanzen, vorwiegend aber mit Nacktsamern wie Palmfarnen und Nadelholzgewächsen. Das geologische Geschehen auf dem Festland ist jedoch nur in groben Umrissen bekannt, da Gesteine und Fossilien sehr selten und nur unter glücklichen Umständen überliefert sind. So stammen die am besten konservierten Pflanzenreste aus Höhlen bei Wülfrath im Bergischen Land, wo tief in den devonischen Massenkalk reichende Karsthohlräume mit kreidezeitlichem Sand, Ton und eingeschwemmter Holzkohle gefüllt sind. Hierin sind Sporen, Samen und andere Pflanzenteile besonders gut und plastisch erhalten. Die Holzkohle ist ein Beleg für trockene Perioden mit Waldbränden. Aus anderen Höhlen, so im Hönnetal und bei Brilon-Nehden, stammen fossile Überreste verschiedener Dinosaurier (vor allem von *Iguanodon*), aber auch von Krokodilen, Schildkröten und frühen Säugetieren.

Paläogeographie in der Unterkreide (Hauterivium)

- Festland
- größeres Flussmündungsgebiet (Ästuar) mit zeitweiser Meeresüberflutung und Ablagerung von Sand und Ton, vereinzelt mit Braunkohle
- Flachmeergebiet, vorwiegend mit Ablagerung von Sand, z. T. Ton und Tonmergel
- tieferer Meeresbereich, vorwiegend mit Ablagerung von Ton und Tonmergel

KREIDE



Die als Holzkohle mit vielen Details konservierten Pflanzen aus der Höhle von Wülfrath sind etwas Besonderes – zum Beispiel diese Sporangie eines Farns, in deren Innerem sogar noch die Sporen erhalten sind.



Besser bekannt als das Festland ist die Küstenregion. Die Küstenlinie verläuft zu Beginn der Kreide-Zeit im nördlichen Münsterland vom Raum Stadtlohn über Gronau nach Rheine, weiter den Teutoburger Wald entlang zum Eggegebirge und von dort zur Weser bei Hameln. Das nördlich anschließende Meeresgebiet ist das Niedersächsische Becken. Es ist durch eine Inselkette, die sogenannte Pompeckjsche Schwelle, auf der Höhe von Bremen vom nordeuropäischen Borealmeeer abgetrennt, einer „Ur-Nordsee“, die seit der Öffnung des Nordatlantiks mit diesem in Verbindung steht. Am nordrhein-westfälischen Küstenabschnitt des mitteleuropäischen Festlandes lagert sich Sand ab. Daraus wird später der Osning-Sandstein (Osning-Formation), der den lang gestreckten Haupt Höhenzug des Eggegebirges und des Teutoburger Waldes von Kleinenberg im Süden bis nahe Rheine im Nordwesten bildet. Markante Osning-Sandsteinfelsen sind die Externsteine bei Horn-Bad Meinberg und die Dörenther Klippen bei Ibbenbüren.

Der Rothenberg bei Ochtrup, der Eper Berg bei Gronau und der Barler Berg südlich von Ahaus sind weitere Erhebungen aus Unterkreide-Sandsteinen, die den damaligen Küstenverlauf markieren. Die Sande der Kuhfeld-Formation bei Vreden wechseln mit Ton- und Braunkohlenlagen ab und stammen aus der Mündung eines großen Flusses, der bis in das Niederrheingebiet zu verfolgen ist.

Das „Hockende Weib“: eine Felsgruppe in den Dörenther Klippen bei Ibbenbüren (Osning-Formation, Dörenthe-Subformation, Oberaptium – Unteraptium)

Vom ertrunkenen Festland

Vor 110 Mio. Jahren, in der Zeitstufe des Albiums, beginnt die zweite bedeutende Epoche der Kreidezeit: Der Meeresspiegel steigt und steigt, ehemalige Festländer ertrinken. Dieses Phänomen ist weltweit zu beobachten. Es hängt mit einer globalen Erwärmung des Klimas und dem vollständigen Abschmelzen des Eises an den Polen, aber auch mit großen plattentektonischen Veränderungen und dem Entstehen des nördlichen Atlantiks zusammen. In NRW verlagert sich die Meeresküste nach Süden bis an den Rand des Bergischen Landes und in das nördliche Sauerland. Die heutigen Städte Warstein und Brilon werden überflutet, südlich davon verläuft die Küste.

Paläogeographie in der Oberkreide (Cenomanium)

- Festland
- Flachmeergebiet, vorwiegend mit Ablagerung von Glaukonit-sand, sandigem Mergel und kieseligem Mergelkalk
- tiefer Meeresbereich, vorwiegend mit Ablagerung von Mergelkalk und Kalk



Im flachen Meer abgelagert: roter Sandstein der Kleinenberg-Formation bei Lichtenau-Herbram im Eggegebirge



Transgressionsdiskordanz: Das Kreide-Meer überflutet gefaltete und hier steil stehende Schichten der Arnberg-Formation (Oberkarbon) und hinterlässt den grünen Sandmergelstein der Essen-Grünsand-Formation; Geotop bei Ense-Bremen.

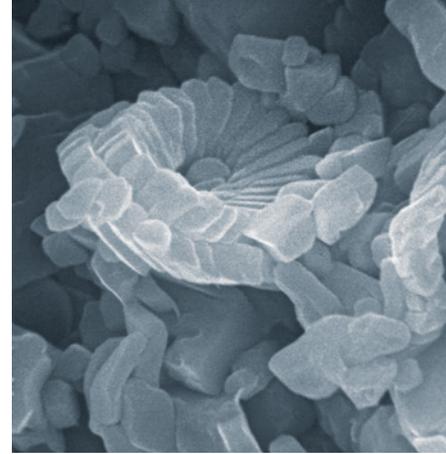
Zunächst bleibt das Meer flach und es lagern sich sandige Sedimente ab. Hierzu gehören im Albium die roten Sandsteine von Kleinenberg und Herbram (Kleinenberg-Formation) sowie die gelbgrünlichen Sandsteine zwischen Rütten und Wünnenberg (Rütten-Formation). Mit steigendem Meeresspiegel verschiebt sich im Cenomanium die Flachwasserzone nach Südwesten ins Ruhrgebiet und an den Niederrhein bei Duisburg, Rheinberg und Wesel, während

die spätere Niederrheinische Bucht als Hochgebiet trocken bleibt. Im Ruhrgebiet markiert die Essen-Grünsand-Formation den Beginn der Meeresüberflutung. Bei Mülheim an der Ruhr, Bochum, Frömeren und Ense-Bremen lässt sich beobachten, wie Kreideschichten diskordant mit einer großen zeitlichen Lücke und im Winkel zueinander direkt auf Karbonschichten liegen. Mit einer Hand kann man dort mehr als 200 Mio. Jahre Erdgeschichte umspannen!





Coccolithen, nur wenige tausendstel Millimeter große, scheibenförmige Kalkskelette von einzelligen Algen des Meeresplanktons. Sie sinken nach ihrem Absterben auf den Meeresboden und sind dort Bestandteil des Kalkschlamm, aus dem zum Beispiel viele Kalksteine der Plänerkalk-Gruppe entstehen.



KREIDE

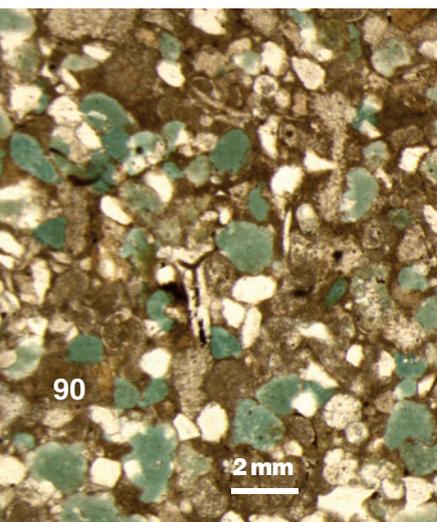
5 cm

*Seeigel und Muscheln, typische Bewohner des Kreide-Meeres. Gehäuse des Seeigels *Conulus subrotundus* sind unter der Schale der Riesenmuschel *Inoceramus lamarcki stuemkei* zusammengeschwemmt; Wüllen-Formation bei Ahaus.*

Bis in das frühe Coniacium vor 89 Mio. Jahren steigt der Meeresspiegel weiter an und hält dann mit nur geringen Schwankungen seinen hohen Stand bei. Die zunächst sandigen Schichten der Küstenregionen gehen daher schnell in Mergel- und Kalkablagerungen des offenen Schelfs über, in die Schichten der Plänerkalk-Gruppe. Kalksteine – teilweise mit bis zu 98 % Kalziumkarbonat – und viele Mergelsteine bestehen aus unzähligen Coccolithen, winzigen Kalkskeletten von einzelligen Algen. Aber auch andere Einzeller, beispielsweise Foraminiferen, sowie viele größere Organismen sind im Kreide-Meer zu Hause: Schwämme, Inoceramen (für die Kreide-Zeit typische Muscheln), Ammoniten und Seeigel, um nur einige zu nennen.

Auffällig sind mehrere Grünsandstein-Horizonte innerhalb der Plänerkalk-Gruppe. Meist sind es Sand- oder Sandmergelsteine, manchmal auch sandige Kalksteine. Ihre Farbe wird durch das grüne, sandkornartige Mineral Glaukonit verursacht. Es bildet sich in Meeressedimenten aus ton- und eisenhaltigen Verbindungen, wenn die Sedimentablagerung stark verlangsamt ist. Dies ist oft in Küstennähe der Fall, in küstenferneren Bereichen nur in kurzen Phasen eines absinkenden Meeresspiegels. Der nur 3 – 4 m mächtige Soester Grünsandstein, auch als Anröchter Grünsandstein bekannt (Soest-Grünsand-Subformation), hat große wirtschaftliche Bedeutung für die Region. Seine Verwendung seit dem Mittelalter ist in vielen historischen Bauwerken in Soest und anderen Orten am Hellweg zu sehen. Heute wird er in großem Umfang bei Anröchte abgebaut und zum Beispiel zu Wand- oder Bodenplatten und Treppenstufen verarbeitet.

Soester Grünsandstein im Dünnschliff: Die grünen Glaukonitkörner geben dem Sandstein Farbe und Namen.



Gewinnung des Soester Grünsandsteins (auch Anröchter Stein genannt) in einem Steinbruch bei Anröchte



Überkippte Schichten der Plänerkalk-Gruppe im Teutoburger Wald bei Halle (Westf.). Links bis zur Bildmitte die älteren, hellgrauen Kalksteine aus dem Cenomanium; nach rechts schließen sich deutlich dunklere Kalkmergel- und Mergelkalksteine aus dem Obercenomanium bis Mitteluronium an.

Es kommt Bewegung ins Spiel – die „Kreide-Schüssel“ entsteht

Das heutige Bild der Kreide-Ablagerungen in Westfalen zeigt eine asymmetrische, schüsselartige Struktur (s. S.17), von deren Rändern die Schichten im Süden (Haarstrang, Ruhrgebiet) und Westen zum zentralen Münsterland hin meist mit flachem Winkel in die Tiefe abtauchen. Demgegenüber sind die Schichten am nördlichen und östlichen Rand, im Teutoburger Wald und im Eggegebirge, steil aufgerichtet. Zum Teil stehen sie sogar senkrecht wie an den Externsteinen oder sind um mehr als 90° verstellt. Diese „Überkipfung“ bewirkt, dass dort die Schichtenfolge auf dem Kopf steht und somit ältere Schichten oben und jüngere darunter liegen.

Erste Anzeichen für die Entstehung der „Kreide-Schüssel“ gibt es im Turonium. Noch heftigere Erdkrustenbewegungen setzen dann im Coniacium vor 89 Mio. Jahren ein. Sie sind mit untermeerischen Rutschungen verbunden, die in der Augustdorf-Subformation am Fuß des Teutoburger Waldes überliefert sind. Der Teutoburger Wald und mit ihm die Ostwestfälisch-Lippische Schwelle bis zum Weser- und Wiehengebirge heben sich. Ehemals dort vorhandene Unterkreide-Schichten werden größtenteils abgetragen. Gleichzeitig senkt sich der Meeresboden im zentralen Münsterland stark ab und das so entstehende Münsterländer Kreide-Becken füllt sich mit kalkhaltigem Ton wieder auf. Aus diesem bildet sich der eintönige Mergelstein der Emscher-Formation. In nur 5,5 Mio. Jahren – bis zum Beginn des Campaniums – hat sich nördlich von Münster ein bis zu 2 000 m mächtiges Sedimentpaket abgelagert; in den Randbereichen deutlich weniger. Bei Lünen und Werne sind es aber immerhin noch etwa 500 m.



Tonmergelsteine der Emscher-Formation in einer Abgrabung bei Waltrop



Sande der Haltern-Formation: Meeresfossilien wie zum Beispiel Muscheln sowie charakteristische Lebensspuren – rechts der Grabgang eines Krebses – zeigen ihre Entstehung in einem flachen Meeresgebiet an.

Fertige „Kreide-Schüssel“ und fallender Meeresspiegel

Bereits zum Ende des Santoniums vor 83,5 Mio. Jahren ist das Münsterländer Kreide-Becken als schüsselförmige Struktur angelegt und zum Teil schon wieder mit Meeresablagerungen aufgefüllt. Im Westmünsterland und im Ruhrgebiet gibt es nun im flachen Meer eine der Küste vorgelagerte, reich gegliederte Unterwasserlandschaft, in der teils neben-, teils übereinander verschiedenartige Sand-, Kalk- und Mergelschichten entstehen. Hierzu gehört die Haltern-Formation mit den hochwertigen Glassanden oder auch die Holtwick-Formation mit ihren berühmten Schwammfossilien. Ebenso ist es die Zeit der Riesenammoniten. Exemplare von mehr als 1 m Durchmesser sind keine Seltenheit und aus Seppenrade und dem Raum Bottrop bekannt.

In der Osthälfte des Münsterlandes, vor allem zwischen Münster und Beckum, ist das Meer tiefer. Bodenunruhen sorgen dort vor 80 Mio. Jahren für untermeerische Rutschungen. Die Rutschmassen sind in den Steinbrüchen von Beckum in wirrem Nebeneinander von Kalk- und Mergelsteinen zu erkennen. Daneben gibt es auch mehrfach Suspensionsströme, durch die noch weiche, wassergesättigte Kalkschlämme aus flacheren in tiefere Meeresbereiche verfrachtet werden. Sie bilden heute markante Kalksteinbänke. Auslöser für diese Vorgänge sind neben Bodenunruhen zum Teil auch starke Sturmereignisse. Diese Ablagerungen sind heute der Rohstoff der Zementindustrie im Großraum Beckum.

Gefaltete Schichten und markante Kalksteinbänke in den Steinbrüchen bei Beckum gehen auf untermeerische Rutschungen und Ablagerungen aus Suspensionsströmen zurück.

Leptophragma murchisoni, ein trichterförmiger Schwamm in Lebensstellung, Holtwick-Formation, Raum Coesfeld



Aus der gleichen Zeit stammen kieselssäurereiche Kalksteine am Steweder Berg nördlich des Wiehengebirges. Es sind feinporöse Gesteine mit sehr vielen Schwammresten, meist isolierten Kieselchwammnadeln. Sie liegen direkt und diskordant auf deutlich älteren Tonsteinen der frühen Kreide-Zeit. Hieran ist gut zu erkennen, dass zwischenzeitlich starke Hebungen stattgefunden haben, und dass das Kreide-Meer später das Hebungsbereich erneut überdeckt hat.

Der Longinusturm am höchsten Punkt der Baumberge ist heute nicht nur eine weithin sichtbare Landmarke und ein exzellenter Aussichtspunkt, in seinen Fundamenten steckt auch eine Besonderheit: Er ist auf den jüngsten Kreide-Gesteinen in Westfalen errichtet. Es sind nach wie vor Meeresablagerungen, deren Alter mit 72 Mio. Jahren genau bekannt ist. Wie es in der Zeit danach weitergeht, ist nur zu vermuten. Sicher ist, dass sich das Meer weit vor dem Ende der Kreide-Zeit mehr und mehr verflacht und aus dem Münsterland zurückzieht. Es ist eine neue Landschaft entstanden, deren weitere Gestalt nun durch Verwitterung und Abtragung modelliert wird. Die gebirgsbildenden Prozesse, die am Nord- und Ostrand des Kreide-Beckens teilweise zur Überkippung der Kreide-Schichtenfolge führen, setzen sich noch über die Kreide- bis in die Tertiär-Zeit hinein fort.

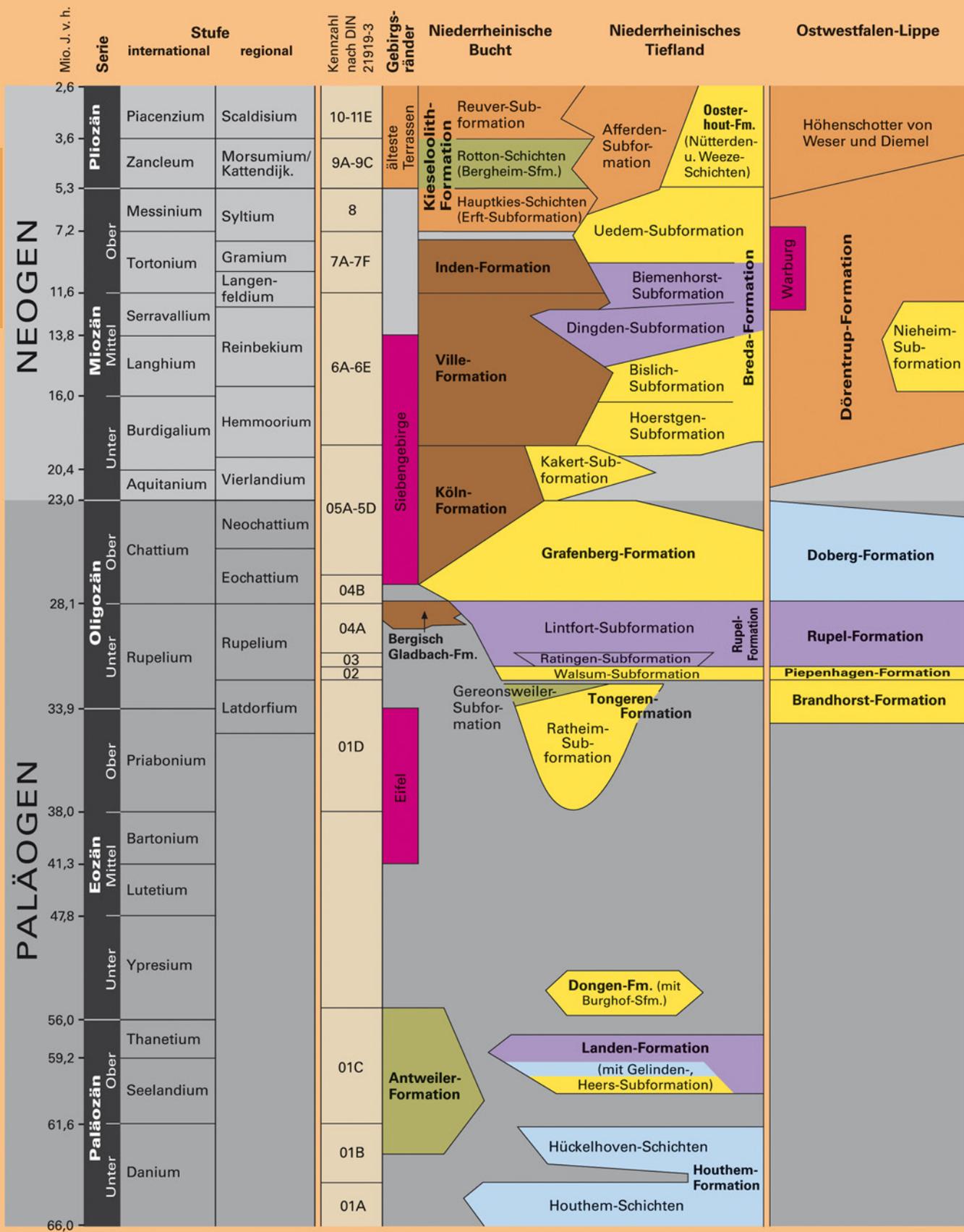
Kreide in Aachen – Vorbote der Niederrheinischen Bucht

Im Münsterland weicht das Meer zurück – in Aachen kommt die große Flut erst noch. Eine aus den Niederlanden in den äußersten Westen von NRW hineinreichende Senke sorgt dafür, dass im Santonium vor 86,5 Mio. Jahren die Grenzregion zu den Niederlanden vom Raum Aachen bis nach Venlo und Goch langsam im Meer versinkt. Bei Aachen sind als Gesteine zunächst Tone und Sande einer Küstenebene (Aachen-Formation), dann Grünsande (Vaals-Formation) und später Kalksteine (Gulpen- und Maastricht-Formation) des warmen Flachmeeres überliefert. Letztere reichen in Relikten bis auf das Hohe Venn und finden sich mit typischen Mikrofossilien des Maastrichtiums auch noch bei Zülpich. In der jüngsten Kreide-Zeit zeichnen sich somit bereits die Strukturen ab, die im Tertiär zum Einsinken der Niederrheinischen Bucht führen. Insbesondere die Rur-Scholle ist als Grabenstruktur bereits angelegt.

*Das berühmteste Fossil des westfälischen Kreide-Meeres ist der weltweit größte Ammonit *Parapuzosia seppenradensis*, 83 Mio. Jahre alt, Durchmesser 1,74 m. Er ist nach seinem Fundort in der Nähe von Lüdinghausen-Seppenrade benannt, wo er am 22. Februar 1895 in einem kleinen Steinbruch entdeckt wurde. Der Münsteraner Zoologie-professor Hermann Landois hat ihn für das damalige Provinzialmuseum erworben und wissenschaftlich beschrieben. Er ist auch heute noch im LWL-Museum für Naturkunde in Münster zu bewundern.*



TERTIÄR



Vorherrschende Gesteine

- Feinsand, Schluff (marin)
- Kalkstein, Mergelstein, z. T. sandig (marin)
- Braunkohle, Sand, z. T. Ton (limnisch-fluviatil, z. T. marine Einschaltungen)
- Sand und Kies (fluviatil)
- Schluff, Ton (marin)
- Schluff, Ton (limnisch-fluviatil, z. T. brackisch)
- vulkanische Aktivität

Stratigraphische Gliederung des Tertiärs

TERTIÄR

Paläogen und Neogen

66 – 2,6 Mio. Jahre vor heute



TERTIÄR

Tertiär-Zeit gleich Braunkohlenzeit? Braunkohle spielt in der Tat eine sehr große Rolle, denn Nordrhein-Westfalen ist derzeit noch einer der größten Braunkohlenförderer weltweit. Unter den Gesteinen des Tertiärs macht Braunkohle mengenmäßig aber nur einen kleinen Teil aus. Bis zu mehrere hundert Meter mächtige Tone, Sande und Kiese sowie vulkanische Tuff- und Lavagesteine sind ebenfalls in NRW verbreitet. Daneben gibt es tiefgründige Verwitterungen älterer Gesteine und verkieselte Sandsteine als Reste der alten Landoberfläche, beides Zeugnisse für das feuchtwarme Klima.

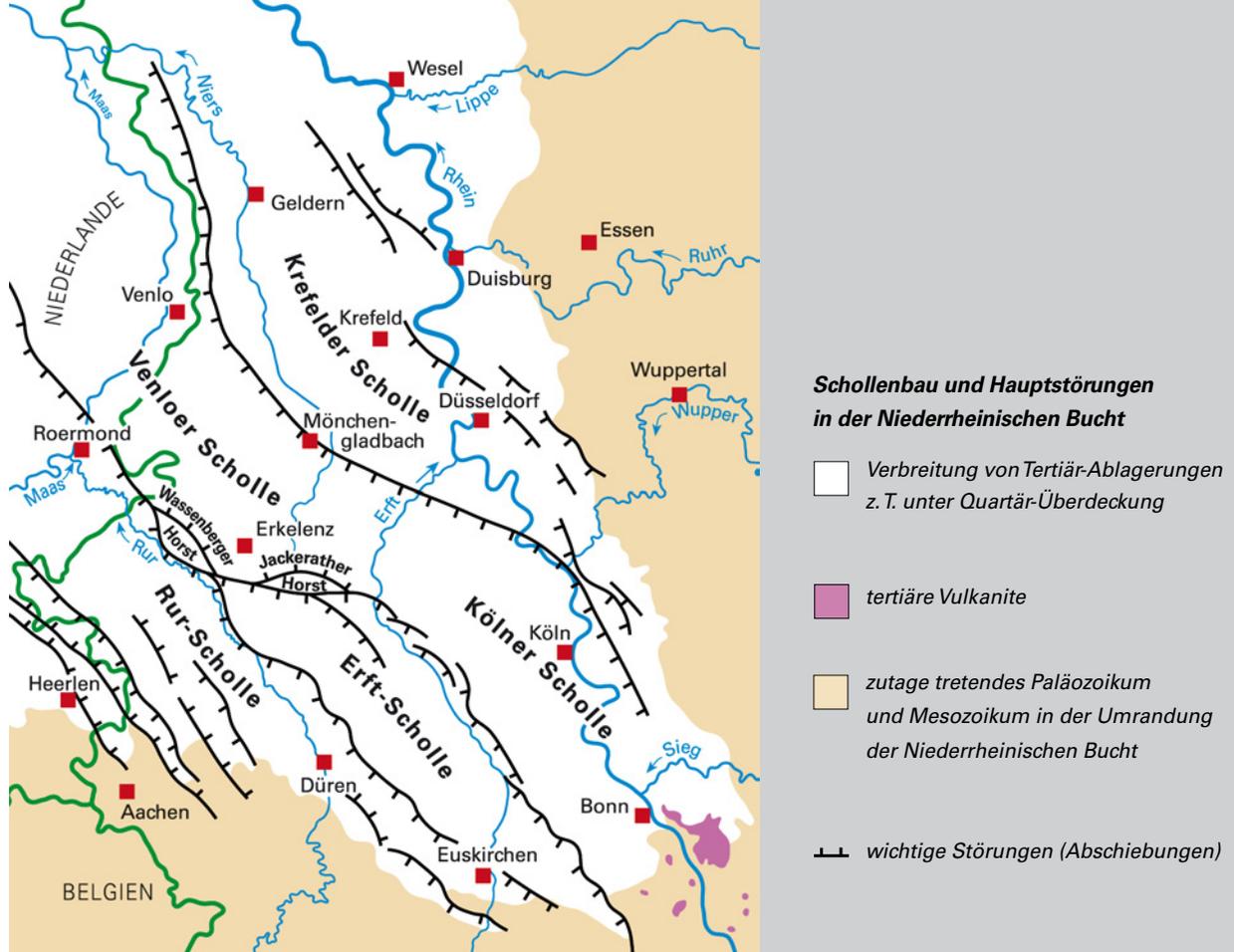
*Pinus timleri –
der 5 Mio. Jahre alte
Zapfen einer Kiefer
aus den Rotton-
Schichten im
Tagebau Hambach*

Tertiär ist der in Mitteleuropa eingebürgerte Oberbegriff für die Perioden Paläogen und Neogen. Mit dem Tertiär beginnt vor 66 Mio. Jahren die Erdneuzeit, das Känozoikum. Es ist eine neue Epoche mit furiosem Start: ein Meteoriteneinschlag nahe der heutigen Halbinsel Yucatán im Golf von Mexiko. Er verändert die Welt und gilt als wahrscheinliche Ursache für ein großes Massensterben, dem nicht nur die Saurier, sondern auch Ammoniten und viele andere Lebewesen zum Opfer fallen. Diese haben den Sprung in die Erdneuzeit nicht geschafft, dafür können sich aber andere vielseitig entfalten, allen voran die Säugetiere. Am Ende des Tertiärs, vor 2,6 Mio. Jahren, erfolgt eine starke Abkühlung des Klimas mit dem Übergang in das Eiszeitalter, das Quartär.

Verbreitung des Tertiärs

-  an der Geländeoberfläche
-  im Untergrund
-  Vulkanite





Im Spannungsfeld der Erdkruste – NRW zerbricht

Verschiebungen von Kontinentalplatten setzen Europa unter Hochspannung: Auf der einen Seite ist es die Kollision Afrikas mit dem europäischen Kontinent. Sie führt zur Bildung der Alpen. Auf der anderen Seite ist es die Ausdehnung des Atlantiks, wo neuer Ozeanboden entsteht und sich zwischen Europa und Amerika drängt. In diesem Spannungsfeld tieft sich die Nordsee vor Südkandinavien grabenartig ein. Quer durch Mitteleuropa bilden sich große Bruchzonen, an denen die alte Kontinentalmasse langsam auseinanderdriftet. Hierzu gehört zum einen die Hessische Senke, die NRW im Osten tangiert. Die andere, für NRW noch viel bedeutendere Bruchzone zieht sich von Nordwesten, aus den Niederlanden, quer durch das westliche NRW bis in den Raum Bonn und setzt sich nach Süden entlang des Rheins fort. Am Niederrhein bildet sich an großen Störungssystemen ein Bruchschollenmosaik, das zum Einsinken der Niederrheinischen Bucht führt. So entsteht ein bis heute aktives Senkungsfeld. Die rege Erdbebenaktivität ist das beste Zeugnis hierfür.

Doch auch der Vulkanismus in Eifel, Westerwald und Siebengebirge sowie am Rand der Hessischen Senke zwischen Warburg und der Weser hat mit diesen Spannungen der Erdkruste zu tun. Und nicht zuletzt ist auch die Hebung des alten Festlandssockels von der Eifel bis zum Sauerland eine Folge davon. Dort, wo über viele Millionen Jahre nur eine flachwellige Landschaft war, beginnt nun allmählich die Entstehung neuer Mittelgebirge, so wie wir sie heute kennen.

Tiefgründig verwitterte und stark entfestigte Gesteine des Paläozoikums bei Mechemich

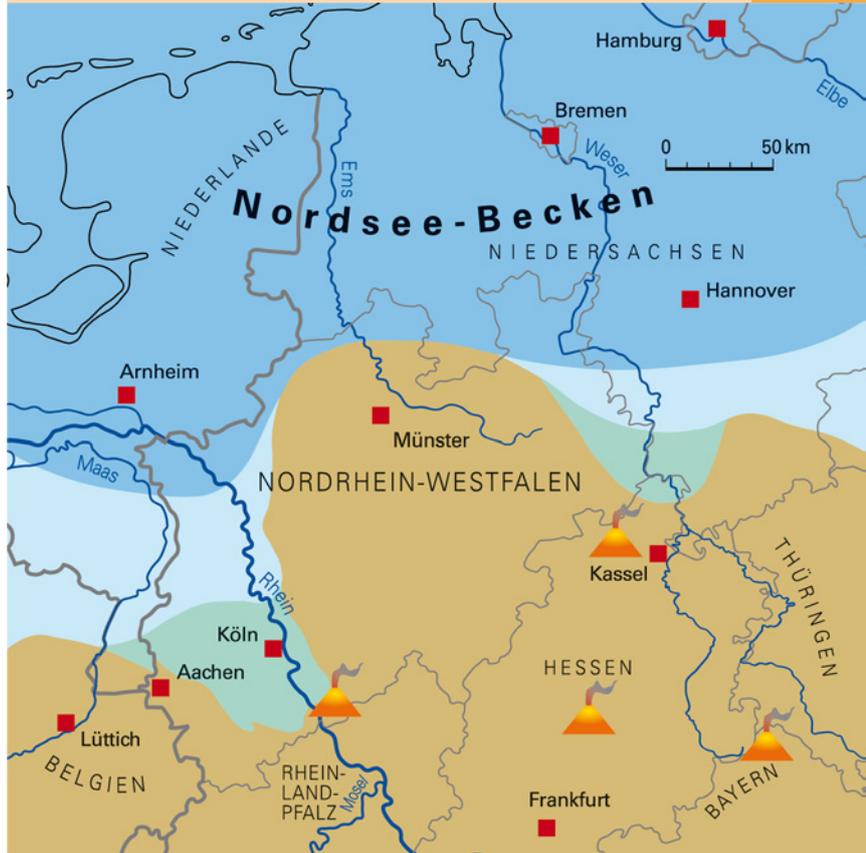


TERTIÄR

Das frühe Tertiär

Spuren des Meteoriteneinschlags zu Beginn des Tertiärs sind in NRW nicht zu finden. Aber nur wenige Kilometer westlich von Aachen, bei Valkenburg in den Niederlanden, ist eine hierauf zurückzuführende Schicht vorhanden, die dramatische Änderungen bei den darin enthaltenen Fossilien zeigt.

NRW ist zu Beginn des Tertiärs bis auf kleine Gebiete im äußersten Westen weitestgehend festländisch. Unter warmen, nahezu tropischen Klimabedingungen mit Wechsel von Regen- und Trockenzeiten dauert auch eine intensive und tiefgründige Verwitterung an. Vor allem in den alten, vom Kreide-Meer nicht überdeckten Festlandssockeln kann dadurch das Gestein über mehrere Zehnermeter zersetzt und entfestigt sein – die beste Voraussetzung für die spätere Abtragung durch Bäche und Flüsse. Erneute Meeresüberflutungen kündigen sich im Westen von NRW an. Schon im Paläozän gibt es im Bereich der Rur-Scholle einen Meeresvorstoß, der von Nordwesten in einer schmalen Zone über Zülpich bis in die Nordeifel reicht – ein erstes Anzeichen für das beginnende Einsinken der Niederrheinischen Bucht.

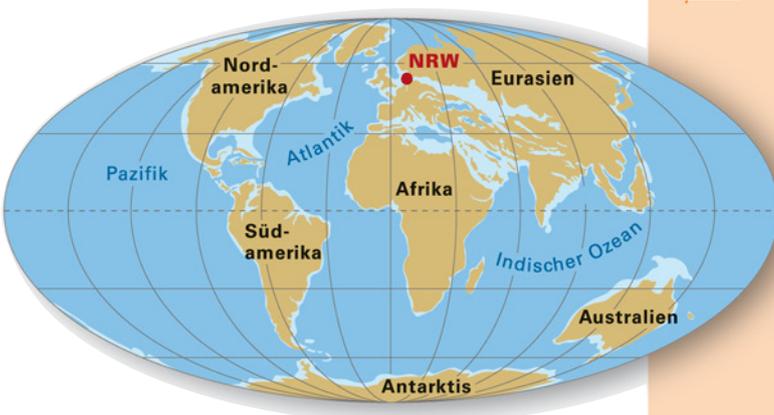


Paläogeographie im Tertiär (Miozän)

- Festland
- Küstenebene, zeitweise überflutet, mit Torfmooren (Braunkohlenbildung)
- Flachmeergebiet, küstennah, vorwiegend mit Ablagerung von Feinsand, z. T. Ton und Schluff
- flach bis mäßig tiefes Meeresgebiet, vorwiegend mit Ablagerung von Ton und Schluff
- Vulkangebiet

Ozeane, Kontinente und paläogeographische Position von NRW vor 35 Mio. Jahren

- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean





Sensationeller Wal-Fund am Niederrhein: Das 6,5 m lange Skelett eines tertiärzeitlichen Bartenwals – 1987 in einer Kiesgrube bei Kervenheim entdeckt – ist heute im Foyer des Geologischen Dienstes zu Hause.

Das Niederrheingebiet im Oligozän und Miozän – Meeresschlamm fürs Dach

Die für NRW wohl spektakulärste Phase des Tertiärs beginnt vor 33,9 Mio. Jahren mit dem Oligozän. Das Senkungsfeld Niederrheinische Bucht nimmt die Konturen seiner heutigen Gestalt an. Zu besonders starkem Absinken kommt es auf der Erft- und der Rur-Scholle, wo heute die Basis der Tertiär-Ablagerungen zum Teil bis über 1 500 m tief liegt. Absenkungen und gleichzeitiges Wiederauffüllen mit Sedimenten gehen Hand in Hand.

Von Westen und Norden her dringt die damals deutlich weiter nach Süden ausgedehnte Nordsee als flaches Meer in die Niederrheinische Bucht vor, zeitweise sogar bis südlich von Köln und Düren. Sie hinterlässt feinen Meeresschlamm, zuweilen Ton, meist aber ein Gemisch aus Ton, Schluff und Feinsand, an den Rändern der Bucht manchmal auch gröberem Sand. Muscheln, Schnecken, Haizähne und Mikrofossilien wie Foraminiferen, Ostrakoden oder Otolithen – Gehörsteinchen von Fischen – sind in großer Zahl in diesen Schlamm eingebettet. Es gibt aber auch bedeutende Wirbeltier-Fossilien, wie den Wal von Kervenheim und Skelette von Seekühen, zum Beispiel das vom heutigen Heidesee in der Kirchheller Heide. Sie alle zeigen, dass die Nordsee damals noch nicht so kalt war wie heute.

Einige der Meeresablagerungen haben oder hatten wirtschaftliche Bedeutung. Der weiße Feinsand der Walsum-Subformation findet dank hervorragender Eigenschaften auf vielen Reitplätzen Anwendung. Ton-Schluff-Gemische werden in mehreren Gruben zwischen Bottrop und Raesfeld abgebaut und entweder als Dichtmaterial für den Deponie- und Wasserbau oder auch zur Dachziegelherstellung verwendet – so wandert fossiler Meeresschlamm letztendlich aufs Dach! Leicht schluffige und damit klebrige Feinsande wurden früher als Formsand in Gießereien eingesetzt. Andere Herstellungstechniken machen diesen Rohstoff heute weitgehend überflüssig.



Tongrube in der Rupel-Formation bei Raesfeld-Erle



Ein besonderer Fund: Im Tagebau Garzweiler wird der 9,5 m lange Stamm von *Taxodioxylon germanicum* geborgen, ein 14 Mio. Jahre alter Verwandter des Küstenmammutbaumes. Er ist das größte Fossil, das bisher im Rheinischen Braunkohlenrevier gefunden wurde.



TERTIÄR

***Liquidambar lievenii* – das 5 Mio. Jahre alte Blatt eines Amberbaumes aus den Rotton-Schichten der Kieseloolith-Formation im Tagebau Hambach**

Ganz anders als der Nordwesten sieht der Süden der Niederrheinischen Bucht aus. Er ist eine flache, versumpfte Küstenregion. Flüsse wie die Ur-Sieg im Raum Bonn liefern aus dem Rheinischen Schiefergebirge ihre Sedimentfracht und bilden ein Deltasystem. Schon im Oligozän vor 30 Mio. Jahren gibt es zunächst bei Bergisch Gladbach, danach vor allem im Raum zwischen Köln und Bonn Seen mit Tonablagerungen und Mooren, in denen sich Torf akkumuliert, aus dem dann später Braunkohle wird. Im Miozän, zwischen 20 und 7,2 Mio. Jahren vor heute, verstärkt sich die Moorbildung in einer weit ausgedehnten, küstennahen Moorseen- und Sumpfwaldlandschaft. Zeitgleich mit der Absenkung einzelner Teilschollen können sich so zwischen Köln, Aachen, Mönchengladbach und Grevenbroich riesige Mengen Torf bilden. Aus ihnen entstehen mehrere Braunkohlenflöze. Zwischengeschaltet sind Sandlagen, die entweder durch Meeresüberflutungen oder Flüsse abgelagert werden. Gesteuert wird dies durch das stetige Absinken der Niederrheinischen Bucht und durch Meeresspiegelschwankungen. Das immer noch tropische Klima begünstigt das Moorbewuchs. Die Pflanzenvielfalt ist enorm: Sumpfympressen, Sequoia-, Lorbeer- und walnussartige Hickory-Bäume, Kiefern, Kastanien, Magnolien und viele mehr. Das Hauptflöz umfasst maximal 100 m reine Braunkohle, entstanden aus 270 m Torf (s. Abb. S. 53).

Blattfossilien aus der Reuver-Subformation im Braunkohlentagebau Garzweiler



Braunkohlentagebau Hambach



Die steinernen Bänke am Rheinufer bei Meerbusch-Büderich. Diese Braunkohlenquarzite lagen ursprünglich im Rhein und wurden bei der Vertiefung der Fahrinne am Ufer abgelegt.

Braunkohle wird in der Niederrheinischen Bucht seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in größerem Umfang gewonnen, zunächst in der Ville und am Eifelrand zwischen Zülpich und Düren, wo sie oberflächennah vorkommt. Derzeit sind drei große Tagebaue in Betrieb – Hambach, Garzweiler und Inden –, in denen jährlich etwa 95 Mio. t Braunkohle abgebaut werden. Hambach, der größte Tagebau Europas, erreicht heute eine Tiefe von rund 400 m und erschließt das dort etwa 70 m mächtige Hauptflöz. Tagebaue sind große Eingriffe in Landschaft, Boden, Untergrund und in den gesamten Grundwasserhaushalt. Es gibt viele Fragen auf den unterschiedlichsten Gebieten an die Geowissenschaftler des Geologischen Dienstes NRW, die schon seit vielen Jahren die Braunkohlengewinnung fachlich begleiten.

Nicht nur Braunkohle, auch der bei Frechen verbreitete hochreine Quarzsand sowie die Tonvorkommen zwischen Bonn und Meckenheim stammen aus der Tertiär-Zeit und liefern heute hochwertige Rohstoffe für die Glas- und Keramikindustrie.

Besondere Gesteine sind die sogenannten Braunkohlenquarzite, große Blöcke von hellen, fast weißen, verkieselten Sandsteinen, oft von Wurzellöchern durchzogen. Manchmal enthalten sie Pflanzenfossilien: feine Wurzeln, Blätter oder Früchte. Sie treten meist isoliert auf, sind aber am Rand des Bergischen Landes, in der Nordeifel, am Rhein bei Meerbusch, am Liedberg bei Korschenbroich oder auch in Ostwestfalen gar nicht selten zu finden. Es sind die Reste einer alten Landoberfläche, quasi ein „versteinerter Boden“, der durch Kieselsäure verfestigt ist. Kieselsäure kann zum einen durch die besonderen chemischen Bedingungen in den damaligen Küstenmooren, zum anderen aber auch aus Aschen der umliegenden Vulkane freigesetzt worden sein.



*Hauptkies-Schichten
(Kieseloolith-Formation)
im Braunkohlentagebau
Hambach*

Die Niederrheinische Bucht im Pliozän

Im späten Miozän vor 7,2 Mio. Jahren klingt die Braunkohlenbildung aus. Ein wesentlicher Grund dürfte die nunmehr verstärkt einsetzende Hebung von Eifel und Bergischem Land sein. Aus einer flachen Landschaft wird allmählich ein Mittelgebirge. Mit seiner Heraushebung beginnt auch schon seine Erosion. Unmengen Abtragungsmaterial werden nun durch Flüsse in die Niederrheinische Bucht transportiert. Zunächst schüttet ein verwildertes Flusssystem die mächtigen Hauptkies-Schichten und deckt damit die jüngsten Braunkohlenflöze zu. Gleichzeitig weicht die Nordsee bis in den Raum Kleve zurück. Später beruhigen sich die Flüsse, bilden Mäander und transportieren weniger grobes Material. In Stillwasserbereichen entstehen nun auch Tone, insbesondere in den Rotton-Schichten. Auch am Rand der Mittelgebirge haben die Flüsse Geröllablagerungen hinterlassen. Aufgrund der späteren Hebungen sind diese auf Terrassenflächen hoch über den heutigen Tälern zu finden.



*Die hellen Sedimente
in einer Doline im
devonzeitlichen
Massenkalk sind
die einzigen Reste
von ehemals weit
verbreiteten Tertiär-
Ablagerungen;
Kalksteinbruch in
Wuppertal-Dornap.*



Das ca. 3,5 m lange Skelett der Doberg-Seekuh *Anomotherium langewieschei* aus Bünde

Das Tertiär im Norden und Osten von NRW

Außer am Niederrhein gibt es Tertiär-Ablagerungen auch im Norden und Osten von NRW. Dort verläuft die Küstenlinie, aus der Niederrheinischen Bucht kommend, durch das West- und Nordmünsterland, um dann im Raum Osnabrück nach Südosten Richtung Kassel umzubiegen. Aus dem Eozän sind 50 Mio. Jahre alte Tone und Schluffe nur aus kleinen Relikten bei Alstätte und Ochtrup bekannt. Im Oligozän hat die Nordsee ihre größte Ausdehnung: Ostwestfalen ist zu dieser Zeit zwischen Osnabrück, Bünde und Warburg Küstenregion. Bekannt ist der Doberg bei Bünde, in dessen Ablagerungen neben Meeresmuscheln und -schnecken, Seeigeln, Krebsen und allerhand anderen Weichtieren auch zahlreiche fossile Reste von Haien (Zähne), Zahnwalen, Seekühen und Meeresschildkröten gefunden wurden. Leider nicht ganz vollständig, aber dennoch berühmt ist das in Bünde ausgestellte Skelett der Doberg-Seekuh. Heute ist der Doberg Naturschutzgebiet und ein bedeutendes Geotop.

**Fossilien vom
Doberg bei Bünde:
Haifischzahn *Otodus
(Carcharocles)
angustidens (links)
und Seeigel *Echino-
lampas kleinii* mit
Kammuscheln
Chlamys hausmanni
(rechts)***

Aber nicht nur Meeresablagerungen kommen vor, sondern lokal begrenzt auch vereinzelt Fluss- und Seeablagerungen, zum Teil mit Braunkohlenlagen, so zum Beispiel bei Dörentrup im Kreis Lippe. Sie stammen aus dem Miozän. Durch spätere Hebungen des Gebirges ist der größte Teil der Tertiär-Ablagerungen außerhalb der Niederrheinischen Bucht bereits wieder abgetragen. Vereinzelte Relikte sind nur noch in Dolinen der Kalksteingebiete oder in Subrosionssenken erhalten (s. S. 101). Letztere sind Geländehohlformen, die durch Salz- und Gipsauslaugungen im tieferen Untergrund entstanden sind.





*Blick vom
Rodderberg
bei Bonn
auf das
Siebengebirge
mit dem
Drachenfels*

Als der Drache Feuer spuckte – vom Siebengebirge und anderen Vulkanen

Es ist im Tertiär nicht das erste Mal, dass es in NRW zu Vulkanausbrüchen kommt. Die ältesten vulkanischen Aktivitäten sind aus dem Ordovizium, vor 450 Mio. Jahren, bekannt und viele weitere ziehen sich durch die Erdgeschichte von NRW (s. S. 104/105). Im Tertiär sind mehrere Vulkane in der Eifel aktiv, ebenso im Westerwald und in Nordhessen. Neben Tuffen werden vorwiegend basaltische Laven gefördert. Einige Förderschloten liegen in NRW und bilden heute meist markante Bergkuppen. Beispiele sind der Michelsberg bei Bad Münstereifel, der Dächelsberg in Wachtberg, die Kuppe der Godesburg in Bonn-Bad Godesberg oder der Desenberg bei Warburg in Ostwestfalen. Ihr Alter liegt zwischen 42 und 7 Mio. Jahren.

Das größte Vulkangebiet von NRW ist das Siebengebirge bei Königswinter mit dem Drachenfels als seinem bekanntesten Berg, dessen Name seiner feurigen Entstehung alle Ehre erweist. Seine geologische Geschichte beginnt im Oligozän vor 28 Mio. Jahren und endet vor 14 Mio. Jahren. Zunächst steigen basaltische Gesteinsschmelzen aus dem Erdmantel entlang tief reichender Brüche in höhere Teile der Erdkruste auf. Dabei entmischt sich das Magma und das, was zuerst an die Oberfläche gelangt, ist besonders quarzreich und wird als trachytisch bezeichnet. Es kommt zu gasreichen, explosiven Eruptionen. Große Mengen Trachyttuff werden gefördert. Danach dringt trachytisches Magma in die Tuffschicht ein und erstarrt in Gängen oder Quellkuppen. Später werden dann auch noch andere, weniger quarzreiche Magmentypen wie zum Beispiel Basalt gefördert, so am Petersberg, am Weilberg oder am Großen Ölberg.

*Der stillgelegte Steinbruch am
Weilberg im Siebengebirge erlaubt
den Blick in das Innere eines
25 Mio. Jahre alten Vulkanschlots.*



Der Drachenfels ist eine aus Trachyt aufgebaute vulkanische Querkuppe. Kennzeichnend sind große Kristalle aus Sanidin, einem bestimmten Feldspat-Typ. Trachyt vom Drachenfels wurde von der Römerzeit bis ins 19. Jahrhundert, als der Berg unter Schutz gestellt wurde, gerne als Baustein verwendet. So sind heute an vielen historischen Bauwerken, zum Beispiel am Kölner Dom oder an der Kaiserpfalz in Düsseldorf-Kaiserswerth, Steine vom Drachenfels zu finden und an ihren Sanidinkristallen leicht zu identifizieren.

Jahrhundertelange Steinbruchaktivitäten haben den Drachenfels in seiner Substanz gefährdet. Die Bergkuppe mit der Burgruine drohte auseinanderzubrechen, sodass schon in den 1970er-Jahren umfangreiche Felssicherungen vorgenommen werden mussten. In jüngerer Zeit erfordern Steinschläge am Eselsweg und am Siegfriedfels weitere Schutzmaßnahmen. Der GD NRW war von Anfang an mit seinem Know-how dabei und kontrolliert nach wie vor regelmäßig die Funktion der Felsanker.

Vulkanismus in NRW

| Erdzeitalter | Zeitraum vulkanischer Aktivität | Wo |
|--|---|---|
| Quartär, Oberpleistozän | vor 13 000 Jahren (10 966 v. Chr.) | Laacher See |
| Quartär, Pleistozän | vor 500 000 – 300 000 Jahren, Hauptphase vor 321 000 Jahren | Rodderberg bei Bonn |
| Tertiär, Mittel- bis Obermiozän | vor 13 – 7 Mio. Jahren | Warburg, Desenberg und andere Stellen in Ostwestfalen |
| Tertiär, Oligozän, Miozän | vor 28 – 15 Mio. Jahren, Hauptphase vor 22 Mio. Jahren | Siebengebirge |
| Tertiär, Oligozän | vor 25,1 Mio. Jahren (Dächelsberg-Vulkan) | Drachenfelser Ländchen bei Bonn diverse Vorkommen am Rand des Westerwaldes |
| Tertiär, Eozän | vor 42 – 34 Mio. Jahren | Nordeifel |
| Tertiär, Untereozän | vor 50 Mio. Jahren | nordwestliches Münsterland |
| Kreide, Turonium, Coniacium | vor 96 – 93 Mio. Jahren | Münsterland |
| Kreide, Aptium, Albium | vor 120 – 110 Mio. Jahren | Münsterland |
| Perm, Unterrotliegend | vor 296 – 280 Mio. Jahren | Weserbergland, Minden |
| Karbon bis Perm, Oberkarbon bis Rotliegend | vor 310 – 260 Mio. Jahren | Kamp-Lintfort |
| Karbon, Oberkarbon | vor 320 – 310 Mio. Jahren | Ruhrgebiet, Aachen, Ibbenbüren |
| Karbon, Unterkarbon | vor 345 Mio. Jahren | Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges |
| Devon, Mitteldevon | vor 390 Mio. Jahren | östliches Sauerland |
| Devon, Mitteldevon | vor 390 Mio. Jahren | Sauerland, Bruchhauser Steine bei Olsberg |
| Devon, Unterdevon, Siegenium, Emsium | vor 410 – 400 Mio. Jahren | Sauerland, Rothaargebirge |
| Ordovizium | vor 450 Mio. Jahren | Hohes Venn, Lammersdorf |

**Kaiserpfalz in Düsseldorf-Kaiserswerth –
erbaut aus vulkanischen Gesteinen
des Tertiärs (hell =
Drachenfels-Trachyt,
dunkel = Basalt aus
dem Mittelrhein-/
Westerwald-Gebiet)**



Art/Bedeutung

Im Raum Bonn findet sich eine bis zu 1 m mächtige Tuffschicht. In ganz NRW ist eine millimeter- bis mehrere Zentimeter dicke vulkanische Aschenlage nachzuweisen.

jüngster Vulkankrater in NRW; Geotop, Naturschutzgebiet

basaltische Vulkankegel, markante Landschaftselemente

Größtes Vulkangebiet von NRW mit verschiedenartigen Vulkaniten, z. B. Trachyttuff, Trachyt, Basalt. Trachyt ist ein historischer Baustoff seit der Römerzeit. Das Siebengebirge steht heute unter Naturschutz; Naherholung, Geotop.

zahlreiche Basalt-, z. T. Trachyt- und Trachyttuff-Vorkommen, z. B. Bad Godesberg, Tomberg bei Rheinbach, Dächelsberg in Wachtberg

Basalte, heute noch Abbau am Hühnerberg bei Willmeroth, Verwendung als Edelsplitt etc.

in NRW nur einzelne Basalkuppen oder Basalttuffe als nördliche Ausläufer des Eifeler Vulkanfeldes, z. B. Stromberg südöstlich von Blankenheim oder Michelsberg bei Bad Münstereifel

mehrere Tuff-Horizonte: dünne weiße Montmorillonit-Lagen in dunklem Tonstein

mehrere Zentimeter dicke Mergelstein-Lagen mit vulkanischen Aschen

mehrere Tuff-Horizonte: dünne weiße Montmorillonit-Lagen in dunklem Tonstein

bis 100 m mächtige vulkanische Ergussgesteine, Diabase, Spillite

vulkanische Gänge in Kontakt mit Steinkohle, dadurch Bildung von Naturkoks

Kaolinkohlentonsteine, stark veränderte Tufflagen

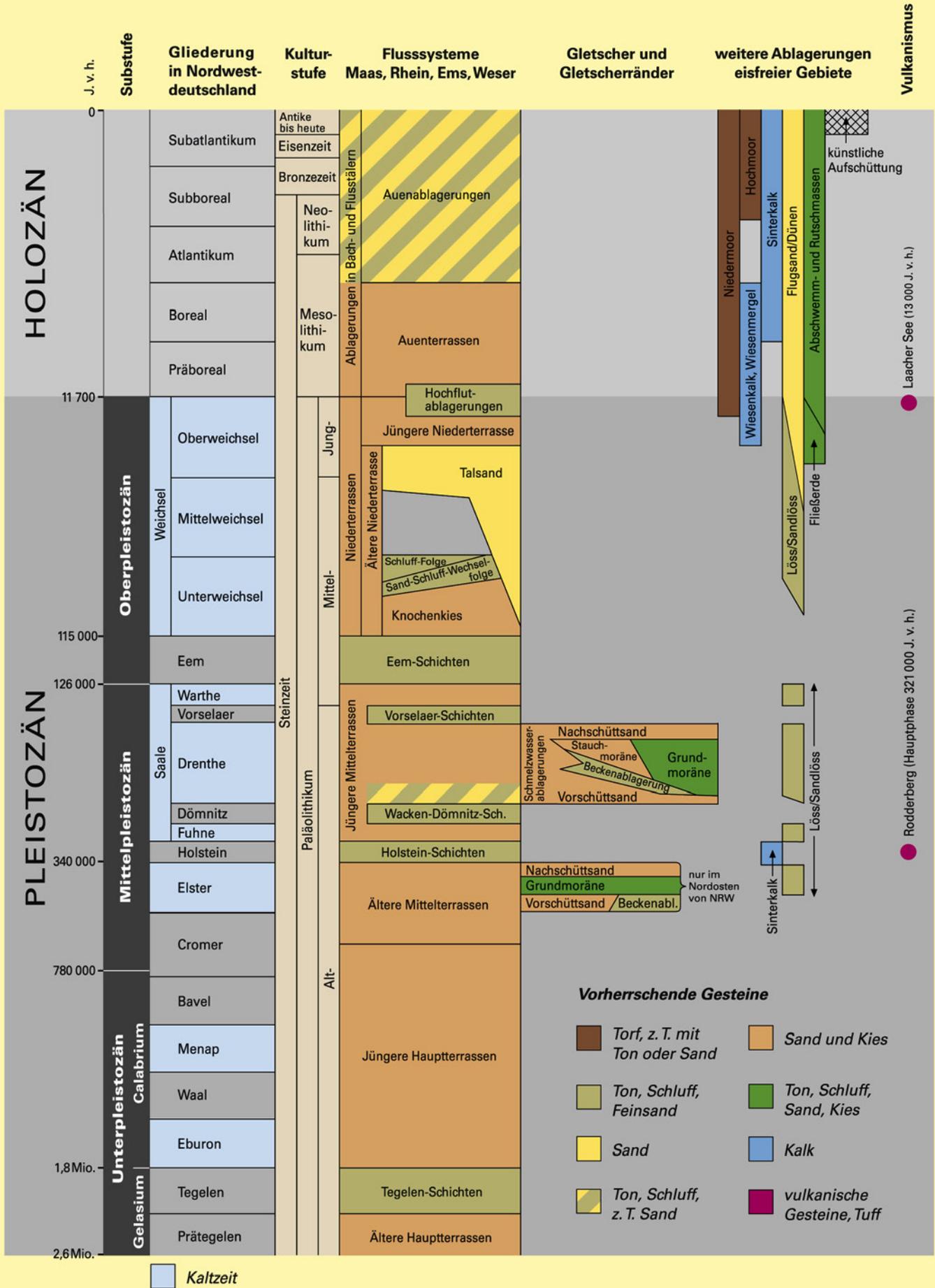
Deckdiabas und Tufflagen

Diabas = basaltisches Lavagestein; seine Schmelzen sind am Meeresboden ausgeflossen oder in Aufstiegskanälen bzw. schichtparallel in das umgebende Gestein eingedrungen; wegen der grünen Farbe wird er auch als Grünstein bezeichnet. Wichtiger Rohstoff für Edelsplitt, Brechsand und Schotter; Tagebaue bei Brilon und Meschede.

Felsformationen aus Quarzporphyr, einem kieselsäurereichen Lavagestein, durch untermeerischen Vulkanismus entstanden; Naturdenkmal

Keratophyre und Keratophyrtuffe: Ablagerungen aus explosiven, alkalischen, untermeerischen Eruptionen; meist nur wenige zentimeter- bis metermächtige Lagen; gute Leithorizonte, die eine sehr genaue Datierungen der Schichtenfolge ermöglichen

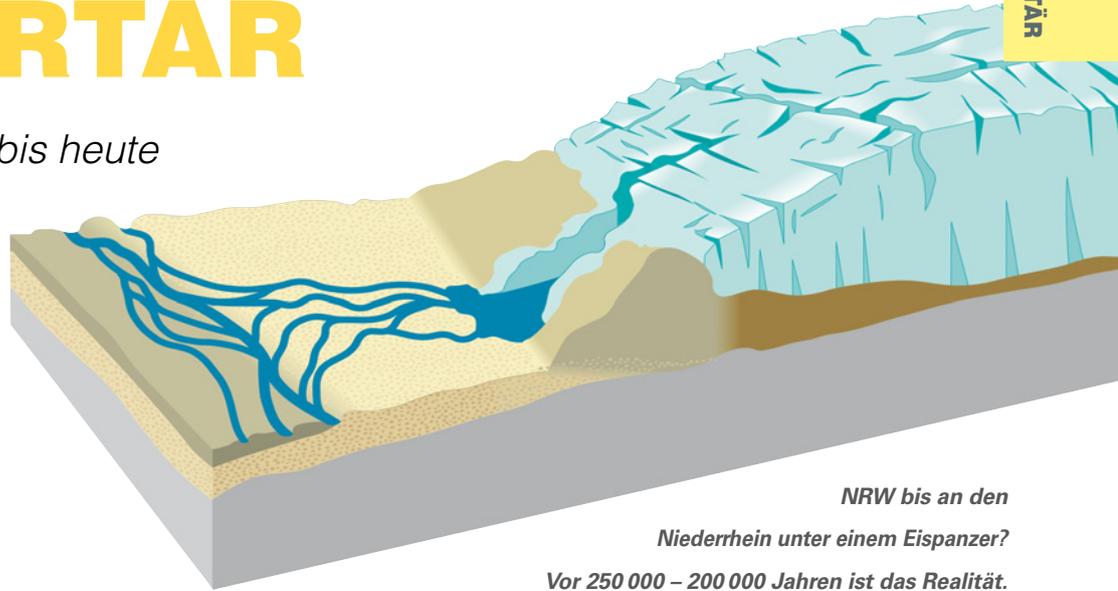
Tonalit, durch untermeerischen Vulkanismus entstanden



Stratigraphische Gliederung des Quartärs

QUARTÄR

2,6 Mio. Jahre bis heute



*NRW bis an den
Niederrhein unter einem Eispanzer?
Vor 250 000 – 200 000 Jahren ist das Realität.*

Die letzten 2,6 Mio. Jahre der Erdgeschichte mit einer deutlichen Abkühlung des Klimas, mehreren großen Vereisungen, dazwischen aber auch Warmzeiten, werden in der Periode Quartär zusammengefasst. Gegenwärtig gibt es schon wieder eine Klimaerwärmung, diesmal aber nicht allein durch natürliche Prozesse bedingt, sondern in starkem Maß durch den Menschen, der wie kein anderes Lebewesen zuvor Natur und Umwelt verändert.

Das Quartär, in Eiszeit (Pleistozän) und Nacheiszeit (Holozän) gegliedert, ist mit seinen Ablagerungen überall in Nordrhein-Westfalen präsent. Manchmal sind es nur wenige zentimeter- oder dezimeterdicke Deckschichten, die in keiner geologischen Karte erscheinen, manchmal aber auch mehr als 150 m mächtige Sedimente, die die vergangenen 2,6 Mio. Jahre hinterlassen haben. In den letzten Jahrzehnten toppt der Mensch die Natur: Die gigantischen Abraumbalden und Wiederverfüllungen des Braunkohlenbergbaus übertreffen diesen Wert deutlich.



Verbreitung des Quartärs

 an der Geländeoberfläche
(gering mächtiges und
kleinflächiges Quartär ist
nicht dargestellt)

Top 12 – Höchstwerte für Quartär-Mächtigkeiten in NRW

| Mächtigkeit (m) | Wo | Alter | Geologie |
|-----------------|---|---|---|
| 430 | Niederzier, Braunkohlentagebau Hambach | Holozän | künstliche Aufschüttung; überhöhte Innenkippe des Braunkohlentagebaus |
| 230 | Jülich, Sophienhöhe | Holozän, Pleistozän | künstliche Aufschüttung (197 m Abraumhalde des Braunkohlentagebaus Hambach) über Löss, Jüngeren und Älteren Hauptterrassen |
| >170 | Detmold, Bohrung Niederschönhagen | Unterpleistozän | Ton und Schluff mit Sand- und Kieslagen in einer Subrosionssenke über ausgelaugten Salinargesteinen im tieferen Untergrund |
| 152 | Wassenberg-Effeld, nördliche Rur-Scholle | Mittelpleistozän, Unterpleistozän | Mittelterrassen der Rur, Jüngere und Ältere Hauptterrassen |
| 137 | Gelsenkirchen, Halde Oberscholven | Holozän | künstliche Aufschüttung; Bergehalde des Steinkohlenbergbaus, höchste Bergehalde des Ruhrgebiets |
| 112 | Bergheim-Kenten, Erft-Scholle | Oberpleistozän, Unterpleistozän | Löss, Jüngere und Ältere Hauptterrassen |
| >105 | Wesel, Bohrung KB 31 | Holozän, Oberpleistozän, Mittelpleistozän | Hochflutablagerungen, darunter vorwiegend Sand und Kies der Rheinterrassen und Schmelzwasserablagerungen |
| 84 | Hopsten, Heiliges Meer | Oberpleistozän, Mittelpleistozän | Niederterrassen und Schmelzwasserablagerungen in einer Subrosionssenke über ausgelaugten Steinsalz-Vorkommen der Münders-Formation (Jura) |
| 70 | Haltern-Hullern, Kartierbohrung 1012 | Oberpleistozän, Mittelpleistozän | Niederterrassen der Lippe über Schmelzwasserablagerungen, in einer übertiefen Abflussrinne |
| 68 | Bielefeld-Brackwede, Kartierbohrung 4016/1110 | Mittelpleistozän | Schmelzwasser- und Beckenablagerungen (Sand, Ton) |
| >57 | Vreden, Zwillbrocker Venn | Oberpleistozän, Mittelpleistozän | Niederterrassen über Schmelzwasserablagerungen, in einer schmalen Abflussrinne |
| 54 | Bochum-Langendreer, Am Heimelsberg | Mittelpleistozän | Schmelzwasserablagerungen und Jüngere Mittelterrassen der Ruhr |

Zu Beginn des Quartärs liegt die Nordseeküste bei Kleve, danach weicht sie weit nach Nordwesten zurück. Auch der letzte Zipfel von NRW wird festländisch und alle entstehenden Gesteine sind von da an landgebunden. Zwei wesentliche Faktoren steuern nun die Erdgeschichte: auf der einen Seite die Entstehung der heutigen Mittelgebirge durch starke Hebungen

und das Einschneiden von Tälern – teilweise auch mit weiteren vulkanischen Aktivitäten verknüpft – und auf der anderen Seite große klimatische Schwankungen. Es sind endogene Kräfte – Erdkrustenbewegungen, Vulkanismus, Erdbeben – und exogene Faktoren wie Wasser, Eis und Wind, die die Ablagerungen des Quartärs prägen. Aber auch klimatisch bedingte Meeresspiegelschwankungen sowie sehr unterschiedliche Vegetationen spielen eine Rolle, zum Beispiel argen Steppen der Kaltzeiten sowie die dichten Wälder und Moore der Warmzeiten.



Ozeane, Kontinente und paläogeographische Position von NRW vor 250 000 Jahren

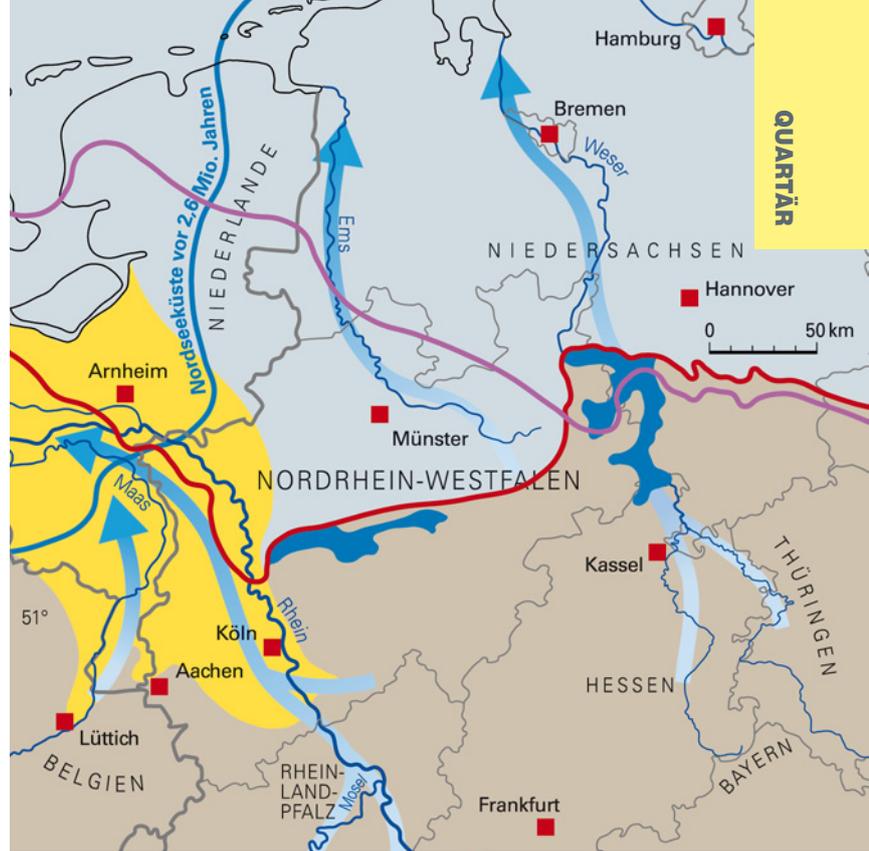
- Festland
- Schelfgebiet
- Ozean
- Vereisungsgebiet

Noch ganz jung – unsere Mittelgebirge

Schon im Pliozän geht es los, aber erst im Quartär nimmt die Entstehung der heutigen Mittelgebirge so richtig Fahrt auf. Ob Eifel, Bergisches Land, Sauerland oder große Teile des ostwestfälischen Hügellandes, allesamt sind sie bis dahin flachwellige Landschaften. Nun aber heben sie sich heraus, nicht gleichmäßig, sondern im Süden stärker als im Norden. Parallel dazu sinken nördliche Landesteile ab, besonders stark in der schon im Tertiär angelegten Bruchzone am Niederrhein. NRW gerät somit in eine Schiefelage mit den höchsten Erhebungen im Süden und den tiefsten Stellen im Nordwesten. Bis heute dauern die Bewegungen an, das lässt sich durch geodätische Messungen und anhand zahlreicher Erdbeben belegen. Mit der Heraushebung der Mittelgebirge beginnt sogleich auch deren Abtragung.

Wasserreiches NRW – Bäche und Flüsse als treibende Kraft

Die Flüsse fließen bis zum Beginn der Hebungen träge und weit mäandrierend. Nun beginnen sie ihr Bett in die wachsenden Mittelgebirge einzugraben. Durch die erosive Kraft des Wassers entstehen allmählich die heutigen Täler. Es fällt eine Menge Abtragungsschutt an, der vom Wasser transportiert, zerkleinert und gerundet wird, bis er als Sand und Kies auf Terrassenflächen oder im Vorland der Mittelgebirge zur Ruhe kommt. Durch ständige Hebungen und das Wechselspiel von warmen und kalten Klimaphasen, in denen die Flüsse mal weniger, mal deutlich mehr Wasser führen, entstehen Terrassen – Flussgeröll-Ablagerungen in verschiedenen Niveaus über den heutigen Talböden. Es sind die Haupt-, Mittel- und Niederterrassen, die ältesten oben, die jüngsten ganz unten – zumindest in den Gebieten mit ausgeprägter Hebungstendenz. Im Vorland, dort, wo starke Absenkung herrscht, gibt es dazu passend Sand- und Kiesablagerungen, aber in umgekehrter Reihenfolge: Die ältesten Sedimente liegen unten und die jüngsten obenauf.



■ Schüttungskörper aus Sand und Kies im Abflusssystem von Rhein und Maas (Unterpleistozän bis Holozän)

■ Mittelgebirgsregion (Hebungsgebiet)

Weiteste Ausdehnung des Inlandeises im Mittelpleistozän

— in der Elster-Kaltzeit vor 400 000 Jahren

— in der Saale-Kaltzeit vor 250 000 – 200 000 Jahren

■ eisbedecktes Gebiet in der Saale-Kaltzeit

■ Aufstau von Ruhr und Weser vor dem Rand des Inlandeises der Saale-Kaltzeit

➔ Abflusssystem von Maas, Rhein, Ems und Weser (Oberpleistozän)

Sand- und Kiesablagerungen des Rheins



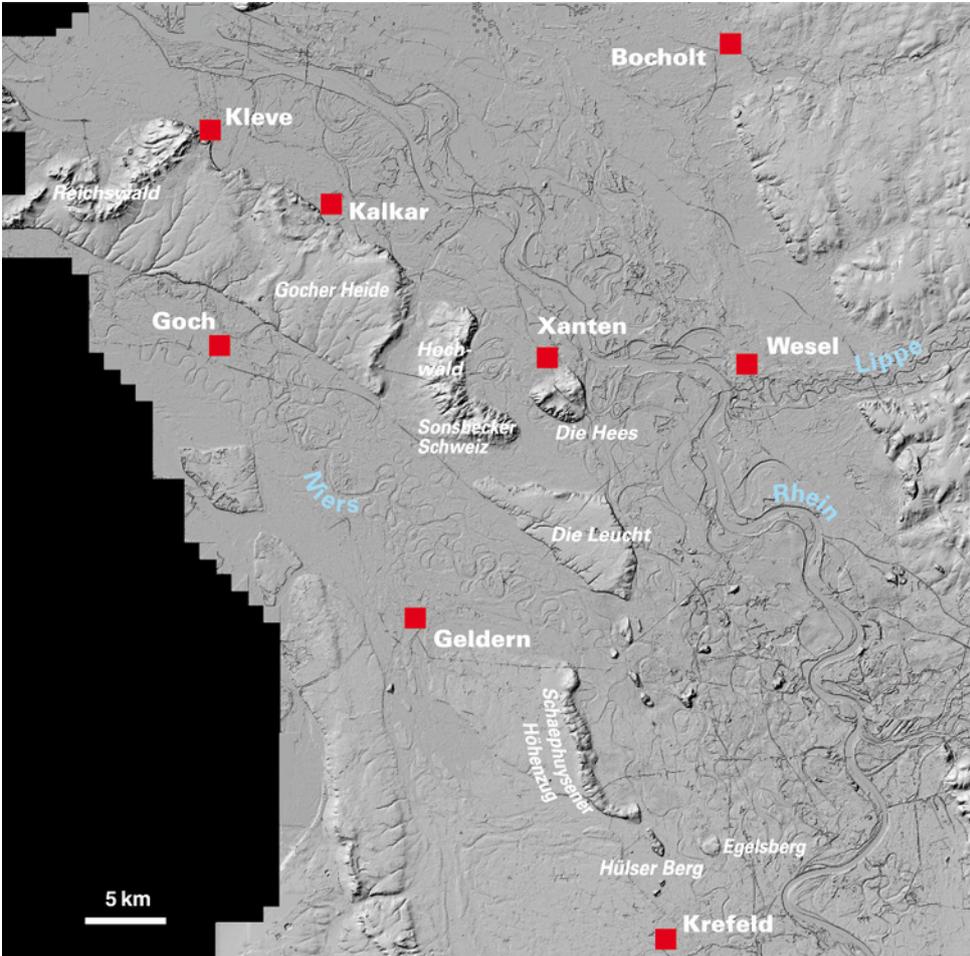
Das bedeutendste Flusssystem für NRW ist das des Rheins. Zusammen mit der Maas und den Zuflüssen aus Eifel, Sauerland und Bergischem Land schüttet er seit Beginn des Quartärs am Niederrhein einen gigantischen Sand- und Kieskörper auf. Besonders zu Beginn und am Ende von Kaltzeiten, wenn der Meeresspiegel tief liegt und dadurch die Reliefenergie erhöht ist, kommt es in den Bergländern zu starker Erosion. Frostsprengung und im Sommer nur oberflächlich auftauender Dauerfrostboden lockern den Gesteinsuntergrund auf. Durch saisonal extrem starke Schmelzwasserabflüsse im Frühling und Sommer wird der Verwitterungsschutt abgetragen und in Richtung Flachland transportiert. Wegen der hohen Sedimentfracht strömt das Wasser breitflächig, mit zahlreichen Verzweigungen der Fließrinnen, wodurch die weit ausgedehnten Terrassenablagerungen entstehen. In Warmzeiten mit gleichmäßigerem, aber insgesamt geringerem Abfluss mäandrieren die Flüsse und neben Sand und Kies lagert sich in Stillwasserbereichen auch Schluff und Ton ab, stellenweise bildet sich auch Torf. In der Saale-Kaltzeit (Mittelpleistozän) reicht das vergletscherte Gebiet bis über den heutigen Rhein hinaus, sodass der Strom ab Düsseldorf nach Westen ausweichen muss.

Für den Osten von NRW ist das Flusssystem der Weser bedeutend. Auch dieses wird von mehreren übereinanderliegenden Terrassen begleitet. Bis zur ersten großen norddeutschen Vereisung in der Elster-Kaltzeit fließt die Weser aus dem Raum Hameln in Richtung Springe und Hannover. Das vorrückende Eis versperrt nun aber ihren Weg und leitet sie nach Nordwesten um. Erst von diesem Zeitpunkt an fließt sie durch die Porta Westfalica in das norddeutsche Tiefland, zunächst nicht wie heute nach Norden – der Weg bleibt vom Eis versperrt –, sondern entlang des Wiehengebirges nach Westen. In der Saale-Kaltzeit riegelt der Inlandgletscher erneut den Weserlauf ab und es bildet sich oberhalb der Porta Westfalica ein großer Eisstausee. Dies ist durch mehrere Meter mächtige Beckenablagerungen aus Schluffen und Tonen zum Beispiel im Raum Kirchlengern belegt.

An den Flüssen des Münsterlandes, vor allem an Ems und Lippe, sind die Niederterrassen (Oberpleistozän) bedeutend. Ihre Terrassenkörper gliedern sich in eine grobe Basis (Knochenkies), einen mittleren, feinkörnigen Teil (Sand-Schluff-Wechselfolge und Schluff-Folge) sowie den Talsand. Insbesondere der Talsand prägt die weiten Ebenen des sogenannten Sandmünsterlandes.

Sibirische Verhältnisse – Gletscher in NRW

Zweimal dehnt sich ein Eispanzer von Skandinavien bis nach NRW aus. Das erste Mal in der Elster-Kaltzeit zwischen 500 000 und 340 000 Jahren v. h. Der Eisrand liegt im östlichen Westfalen, ist aber nicht genau zu lokalisieren. Nur nördlich des Wiehengebirges sind Grundmoräne und Schmelzwasserablagerungen dieser Vereisung bekannt.



Die Höhenzüge der Stauchmoränen sind im digitalen Geländemodell gut sichtbar. Sie markieren den Rand der Vereisung.

Der zweite Eisvorstoß im Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit, zwischen 250 000 und 200 000 Jahren v. h., ist für NRW ungleich spektakulärer. Ostwestfalen, das Münsterland bis zum Haarstrang und das Niederrheingebiet von Düsseldorf bis Kleve sind eisbedeckt. Typische Ablagerungen sind die Grundmoräne an der Basis des Eises aus fein zerriebenem Gesteinsschutt, zum Teil mit Findlingsblöcken, sowie verschiedene Schmelzwassersand- und -kiesablagerungen. Am Niederrhein sind die Stauchmoränen der Gletscherfront mit den sich daran anschließenden ausgedehnten Sanderflächen eindrucksvoll erhalten. Findlinge sind ortsfremde, meist aus Skandinavien stammende und vom Gletscher verfrachtete Gesteinsblöcke jeder Größe. Sie zeichnen heute die Spur des Eises nach und lassen verschiedene Gletscherströme erkennen. Eindrucksvoll sind besonders die großen, heute allesamt als Naturdenkmale geschützten Blöcke.



Typische glaziale Ablagerungen der Saale-Kaltzeit in Haltern-Sythen (von unten nach oben): Ton und Schluff aus einem Schmelzwassersee (grau), darüber Schmelzwassersand (weiß), während des Eisvorstoßes lagert sich die Grundmoräne (grau-braun) ab. Sie zeigt Frostbodenstrukturen, die in der Weichsel-Kaltzeit entstanden sind. Die Grundmoräne ist von einer dünnen Lössschicht überlagert.

**Der Gronauer Brocken,
1993 bei Bauarbeiten entdeckt**

Top 12 – die größten Findlinge in NRW



| Name | Wo | Gewicht | Volumen | Gestein |
|-----------------------------------|---------------------|---------|--------------------|-------------------|
| Großer Stein von Tonnenheide | Rahden | 271 t | 102 m ³ | Granit |
| Großer Johannisstein | Lage | 104 t | 39 m ³ | Granit |
| Stein der Steuerzahler | Bielefeld | 70 t | 27 m ³ | Granit |
| David und Goliath | Glandorf | 69 t | 26 m ³ | Granodiorit |
| Dicker Stein | Ahlen | 63 t | 29 m ³ | Sandstein |
| Kleiner Johannisstein | Lage | 53 t | 20 m ³ | Granit |
| Gronauer Brocken | Gronau | 47 t | 18 m ³ | Granitgneis |
| Findling an der Eichendorffstraße | Horstmar | 45 t | 20 m ³ | Sandstein |
| Großer Stein von Clarholz | Herzebrock-Clarholz | 30 t | 12 m ³ | Granit |
| Findling im Fisbecker Forst | Ibbenbüren | 29 t | 11 m ³ | Granit |
| Findling bei Gut Ringelsbruch | Paderborn | 29 t | 11 m ³ | Granit, vergneist |
| Holtwicker Ei | Rosendahl-Holtwick | 28 t | 11 m ³ | Granit |

Die Kraft des Windes

Außerhalb der vergletscherten Gebiete der Saale-Kaltzeit und während der Weichsel-Kaltzeit, in der das Eis NRW nicht mehr erreicht, ist das Gebiet von einer Tundrenlandschaft mit karger Vegetation geprägt. Es ist der Lebensraum von Mammut und Wollnashorn. Vor allem in den ausgedehnten Flächen der verwilderten Flusssysteme fehlt eine schützende Pflanzendecke, sodass der Wind ungehindert Sand und Staub aufwirbeln und weit transportieren kann. Die Folge sind Flugsand- und Dünenbildungen, vor allem im Niederrheinischen Tiefland, im westlichen und nördlichen Münsterland und an der Ems. Staubpartikel fliegen weiter und werden am Fuß der Mittelgebirge als zum Teil mehrere Meter mächtiger Löss abgelagert. Kalkhaltiger Löss ist in den Börden das Ausgangssubstrat für besonders ertragreiche Böden, so zum Beispiel im Süden der Niederrheinischen Bucht in der Zülpicher und der Jülicher Börde, am Nordrand des Sauerlandes in der Soester Börde oder im Oberen Weserbergland in der Warburger Börde.

**Lössboden –
ein ertragreicher
Ackerstandort**



Teil des Unterkiefers mit einem Backenzahn von Mammuthus primigenius, einem Bewohner der eiszeitlichen Tundrenlandschaft

10 cm





*Moorfläche im
Naturschutzgebiet
Meinweg bei
Wegberg*

Moore, Sinterkalk und Travertin aus warmen Phasen

Wenn auch die meisten quartärzeitlichen Ablagerungen aus kaltzeitlichen Phasen stammen, hinterlassen die zwischengeschalteten Warmzeiten ebenfalls ihre Spuren. Warm bedeutet zugleich viel Niederschlag, hoch anstehendes Grundwasser und eine üppige Waldvegetation. Dies führt im Flachland sowie in Tälern und Mulden der Bergländer zur Versumpfung. Es entstehen zunächst grundwasserabhängige Niedermoore, die sich oft auch zu Hochmooren weiterentwickeln und dann ausschließlich durch Niederschlagswasser versorgt werden. Die größten und zugleich jüngsten Moore stammen aus dem Holozän. Sie sind gerade mal wenige tausend Jahre alt und wachsen, wenn sie nicht von Menschenhand zerstört sind, immer noch. Etwa 1 mm im Jahr beträgt der Torfzuwachs in einem intakten Hochmoor. Große Moorflächen gibt es am Niederrhein, im Münsterland, nördlich des Wiehengebirges und im Hohen Venn. Kleinere sind über das ganze Land verstreut. Bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde in vielen Mooren Torf als Brennstoff oder Düngetorf gewonnen, so zum Beispiel bis 1982 im Amtsvenn nordwestlich von Ahaus, einem ursprünglich 20 km² großen Moorgebiet mit bis zu 7 m mächtigem Torf. Heute sind die noch existierenden Reste dieses Hochmoores wie auch viele andere Moore als wertvolle Lebensräume für seltene Tier- und Pflanzenarten geschützt.

Sinterkalk und Travertin sind Kalkablagerungen in der Nähe von Karstquellen, deren kalziumreiches Wasser aus Kalksteinvorkommen stammt. Beim Quellaustritt ändern sich Druck und Wassertemperatur, sodass CO₂ entweicht und Kalk ausfällt. Meist sind Algen, Moose oder Cyanobakterien an diesem Prozess beteiligt. Es entstehen feste Travertinfelsen oder lockere Sinterkalke, die ganze Talböden ausfüllen können. Der Kartstein mit der Kakushöhle bei Mechernich ist so ein Travertinfelsen. Er entstand vor 310 000 Jahren in der Holstein-Warmzeit. Die überwiegende Zahl der Travertine und Sinterkalke stammt aber aus dem Holozän. Schöne Beispiele gibt es im oberen Almetal, wo mehr als 2,5 km unterhalb der Quellen annähernd 5 m Sinterkalk vorhanden sind, oder im Aschental bei Büren, wo es mehr als 2,6 m sind. Auch das jüngste Festgestein in NRW – nicht einmal 2 000 Jahre alt – ist ein Travertin, der sich am Grund der römischen Wasserleitung, die aus der Eifel nach Köln führt, abgesetzt hat. Es ist ein marmorartiger, fester, fein gemaserner, braun oder rot gefärbter Kalkstein. Im Mittelalter ist er ein begehrter Zierstein, der in einigen bedeutenden Kirchen für Säulen und Dekore verwendet wird – so zum Beispiel in Maria Laach, Köln, Paderborn und Hildesheim.

*Der Rodderberg bei
Bonn aus der Luft:
NRWs jüngster Vulkan*



Wo Kalk ausfällt muss er vorher aufgelöst worden sein. Zahlreiche Höhlen, Dolinen und Spalten in den Kalkgesteinen von NRW sind Zeugnisse hierfür: Kalkstein verkarstet. Dieser Prozess reicht weit in die Erdgeschichte zurück, mindestens bis in die Unterkreide, hält aber bis heute an. Dadurch entstehen nicht nur schöne Schauobjekte wie die Tropfsteinhöhlen des Sauerlandes. Es kommt auch immer wieder vor, dass Dolinen und Erdfälle einbrechen. Alle Gebiete mit verkarstungsfähigen Gesteinen sind daher in den Gefährdungspotenzialkarten des Geologischen Dienstes NRW erfasst (s. S. 65).

Ganz schön feurig und noch gar nicht lange kalt

Im Quartär geht es in NRW nicht nur eisig zu, sondern auch heiß her. Der jüngste Vulkan, der Rodderberg bei Bonn, hat bis vor rund 300 000 Jahren Asche und Lava gespuckt. Noch jünger und sozusagen gar nicht richtig kalt ist der Laacher-See-Vulkan; sein Ausbruch ist gerade einmal 13 000 Jahre her. Er liegt zwar in Rheinland-Pfalz, seine Eruption hat sich aber auf ganz NRW ausgewirkt, da eine große Aschenwolke nach Osten und Norden geweht wurde. Im Raum Bonn ist die Aschenschicht bis 1 m dick. Aber auch im Nordmünsterland und an der Weser finden sich in den dortigen Sand- und Kiesschichten dünne Aschenlagen vom Laacher-See-Vulkan. Zurzeit herrscht zwar Ruhe, aber das bedeutet nicht, dass die vulkanischen Aktivitäten in der Eifel damit beendet sind.

*So könnte der
Neandertaler aus-
gesehen haben.*



Seit Menschengedenken: Eingriffe in die Natur

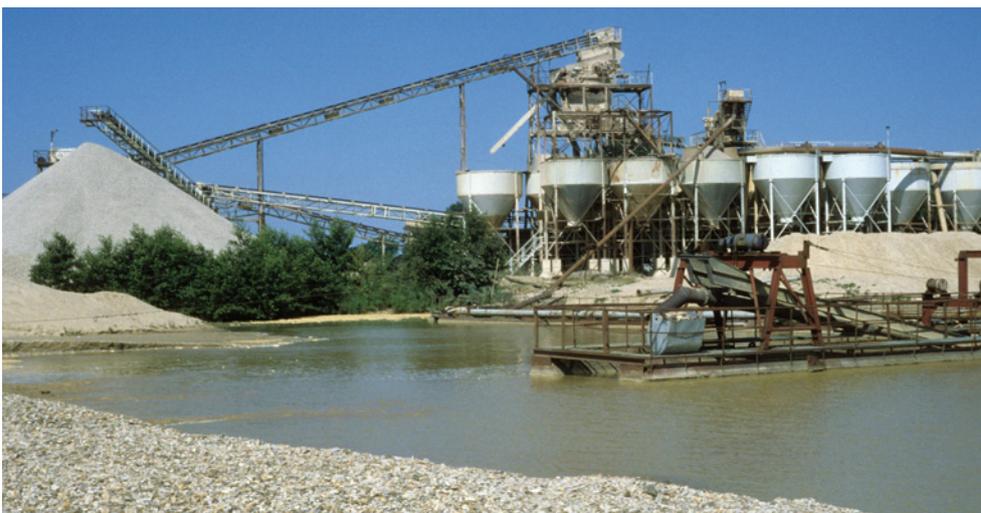
Im Pleistozän tritt der Mensch auf die Bühne der Erd- und Kulturgeschichte in NRW. Hier sind seine ältesten Zeugnisse 350 000 Jahre alte Steinwerkzeuge aus Mönchengladbach-Rheindahlen (Altpaläolithikum). Etwa 310 000 Jahre alt sind einfache Artefakte aus der Kakushöhle bei Mechernich. Der erste Rheinländer ist *Homo neanderthalensis* aus dem Neandertal nahe Düsseldorf. Er lebte vor 42 000 Jahren im Mittelpaläolithikum. Der erste bisher bekannte Westfale mag sogar noch älter sein. Das bei Warendorf gefundene Schädelfragment eines Neandertalers sowie Steinwerkzeuge lassen auf ein Alter zwischen 40 000 und 120 000 Jahren schließen. Die ältesten Überreste des anatomisch modernen *Homo sapiens*, also von unserem direkten Vorfahren, stammen in NRW aus einem jungpaläolithischen Doppelgrab bei Bonn-Oberkassel und sind 14 000 Jahre alt.

Jungsteinzeitliche Befestigungen von Siedlungsplätzen mit Wällen und Gräben sowie die etwa 5 000 Jahre alten Steinkammergräber zwischen Soest und Warburg sind erste Zeugnisse dafür, dass Menschen in der Lage sind, Boden und Steine in großem Umfang zu bewegen und damit künstliche Veränderungen herbeizuführen. Diese steigern sich im Laufe der Geschichte und erreichen in der industriellen Zeit gigantische Ausmaße – seien es Erdbewegungen für Verkehrswege, Flussregulierungen, Abraumhalden des Bergbaus oder künstliche Seen in aufgelassenen Kiesgruben und Steinbrüchen oder als Talsperren, um nur einige zu nennen.

Wie Sand am Meer und Kies ohne Ende?

Sand und Kies sind sehr begehrte Rohstoffe und aus dem täglichen Leben nicht wegzudenken. Es sind nicht nur die Sandkästen auf Spielplätzen, die ständig Nachschub brauchen; insbesondere die Bauindustrie benötigt große Mengen als Schüttgut im Hoch-, Tief-, Straßen- und Gleisbau, zur Beton-, Betonfertigteile- oder Kalksandsteinherstellung sowie bei der Ziegel- und Zementproduktion. Auch für Spezialanwendungen wird Sand und Kies benötigt, zum Beispiel in der Chemie, als Filtermaterial bei der Trinkwassergewinnung, bei der Glasherstellung oder als Formsand in Gießereien. In NRW werden nach den Zahlen aus dem Abgrabungsmonitoring des Geologischen Dienstes durchschnittlich 86,4 Mio. t Sand und Kies im Jahr gefördert.

Der größte Teil der Sande und Kiese von NRW stammt aus dem Quartär. Es sind vor allem die Flusssedimente der Flachlandgebiete, während die Berglandbereiche nur wenige Vorkommen aufweisen. Am Niederrhein bilden die Sand- und Kieskörper aus unterschiedlich alten Terrassenablagerungen von Rhein und Maas die größte zusammenhängende Lagerstätte mit einer hervorragenden Qualität und Mächtigkeiten von zum Teil über 90 m. Auch an der Weser sowie im Münsterland gibt es Sand- und Kiesvorkommen. Es bestehen allerdings große Nutzungskonflikte, sodass der Rohstoff tatsächlich nur in kleinen Bereichen seiner Verbreitung gewinnbar und somit nicht unendlich verfügbar ist. Siedlungsflächen, die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes, schützenswerte Böden sowie der Grundwasserschutz grenzen den Rohstoffabbau stark ein. So sind Sand- und Kiesablagerungen meist auch wichtige Grundwasserkörper und versorgen viele Kommunen in NRW mit Trinkwasser. Monitoringprogramme werden daher immer bedeutender, für den schonenden Umgang mit den Ressourcen, zur optimalen Nutzung bei gleichzeitig minimiertem Flächenverbrauch, zur Wahrung konkurrierender Interessen und zur künftigen Sicherung der Rohstoffversorgung.



*Nassauskiesung
in Paderborn-Sande*



Die wichtigsten Bodentypen in NRW

- Rendzina, z. T. Braunerde und Parabraunerde
- Braunerde, überwiegend flach- bis mittelgründig
- Braunerde, überwiegend mittel- bis tiefgründig
- Parabraunerde
- Podsol
- Pseudogley
- Gley, z. T. Auenboden
- Niedermoor, z. T. Hochmoor

Bodenvielfalt in NRW

Bodenlandschaften

Die verschiedenen Landschaften Nordrhein-Westfalens sind durch charakteristische Bodengesellschaften gekennzeichnet. Im waldreichen Rheinischen Schiefergebirge – von der Eifel im Westen bis zum Sauer- und Siegerland im Südosten – sind steinige und lehmige Braunerden verbreitet, die in Kuppenlagen flachgründig sein können. Die sehr fruchtbaren, landwirtschaftlich genutzten Böden in der Niederrheinischen Bucht zwischen Bonn und Düsseldorf sowie in den Börden zwischen Soest und Warburg sind überwiegend tiefgründige Parabraunerden, die meist aus Löss entstanden sind. In den Niederungen entlang von Bächen und Flüssen haben sich mit den Gleyen lehmige und stellenweise tonige Grundwasserböden sowie Auenböden entwickelt. Aber auch in den Sandniederungen des Münsterlandes sind Grundwasserböden anzutreffen. Allerdings sind dort die stark sauren, gebleichten Podsole aus nährstoffarmem, sandigem Ausgangsmaterial die typischen Böden. Daneben kommen verbreitet Stauwasserböden vor, die Pseudogleye. Sie weisen einen dichten lehmigen oder tonigen Untergrund auf, zum Beispiel eiszeitliche Grundmoräne oder tonig verwitterte Mergelsteine der Kreide-Zeit. Im Niederrheinischen Tiefland herrscht eine große Bodenvielfalt. Hier prägen Parabraunerden aus Löss sowie Gleye, Pseudogleye, Podsole, Niedermoore und viele Auenböden die Bodenlandschaft. Im Weser- und Osnabrücker Bergland sind die steinigen Rendzinen aus Kalkstein oder die Braunerden aus Sand- und Tonstein oft mit Wald bestanden. Als Besonderheit finden sich in der Warburger Börde Relikte der seltenen Schwarzerde. Ökologisch besonders wertvolle und schützenswerte Moorböden sind in NRW nur kleinräumig verbreitet.

*Waldstandort
mit geringem
Wasserspeicher-
vermögen:
Ranker aus
Tonstein bei
Nideggen
in der Eifel*



Eine breite Palette von Bodentypen

Ranker

Flachgründige, nur gering entwickelte Böden aus karbonatfreiem Festgestein wie etwa Sand-, Schluff- und Tonstein oder Quarzit werden als Ranker bezeichnet. Auch auf den nur kleinräumig auftretenden vulkanischen Festgesteinen haben sie sich zum Teil ausgebildet. Ihr Hauptverbreitungsgebiet ist geologisch bedingt das Rheinische Schiefergebirge. Hier sind es insbesondere die Höhenrücken, Bergkuppen und Steilhänge, die eine Erosion fördern. Ranker sind meist mit flachgründigen Braunerden, stellenweise auch mit Podsolen vergesellschaftet.

Charakteristisch für Ranker ist ein humoser, stark steiniger Oberboden aus verwittertem Festgestein, der je nach Reliefposition Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis 30 cm hat. Darunter folgt das kaum verwitterte Festgestein. In der Regel sind diese Böden nährstoffarm und versauert und verfügen nur über ein sehr geringes Wasserspeichervermögen. Diese Eigenschaften machen sie für eine ackerbauliche Nutzung ungeeignet. Kleinflächig werden sie als extensives Grünland bewirtschaftet. Ranker aus vulkanischen Gesteinen können eine deutlich bessere Nährstoffversorgung aufweisen, der Wasserhaushalt bleibt allerdings auch hier sehr ungünstig.

Im Rheinischen Schiefergebirge sind Ranker meistens waldbestanden. Eine standortangepasste Waldbauplanung muss die Flachgründigkeit und Trockenheit dieser Böden berücksichtigen. Die sonst im Bergland weit verbreitete Fichte scheidet hier aus. Durch die oft stark exponierte Geländelage besteht für Waldbestände erhöhte Windwurfgefährdung.

Aufgrund ihrer – besonders hinsichtlich des Wasserhaushalts – extremen Bedingungen sind Ranker häufig Lebensräume für seltene Tier- und Pflanzenarten und dann schutzwürdig.

*Ranker sind nur
in Klüften tiefer
durchwurzelbar.*



Rendzinen und Pararendzinen

Die Rendzina ist bei den wenig entwickelten gesteinsgeprägten Böden das Pendant zum Ranker. Sie entsteht allerdings nicht aus Silikatgestein, sondern aus Kalkstein oder Lockergestein mit einem Karbonatgehalt von über 75 %. Ist der Karbonatgehalt des Ausgangsgesteins geringer, zum Beispiel bei den im Weser- und Osnabrücker Bergland weitverbreiteten Mergelsteinen, so spricht man von einer Pararendzina.

Auch bei den Rendzinen und Pararendzinen schließt sich direkt unter dem humosen, oft steinreichen Oberboden das wenig veränderte karbonatreiche Ausgangsgestein an. Der Anteil der organischen Substanz im Oberboden ist auffällig hoch, der Boden ist hier normalerweise tief dunkelbraun bis braunschwarz gefärbt. Aufgrund einer reichen Bodenlebewelt hat der Oberboden ein stabiles Krümelgefüge. Im Wald wird die anfallende Laubstreu von den Bodentieren zügig in den Mineralboden eingearbeitet und abgebaut; die Nährstoffe stehen den Pflanzen damit schnell wieder zur Verfügung.

Die meisten Rendzinen sind bis in den humusreichen Oberboden karbonathaltig. Üblicherweise liegt der pH-Wert zwischen 6,5 und 7,5 und damit im neutralen bis basischen Bereich. Die Böden sind gut durchlüftet, aber sie haben oftmals nur ein geringes oder sehr geringes Wasserspeichervermögen, insbesondere wenn sie sich aus Festgesteinen entwickelt haben. Daher handelt es sich nicht selten um dürregefährdete Standorte. Ihre Eignung als Ackerland ist insofern eingeschränkt; die extensive landwirtschaftliche Nutzung als Grünland oder auch als Wald ist vorzuziehen.

Die besonderen Standortbedingungen dieser Kalksteinverwitterungsböden haben an vielen Stellen zur Entwicklung einer seltenen, wertvollen Vegetation geführt, die besonders geschützt ist. Beispiele sind Orchideenwiesen, Kalkmagerrasen und Wacholderbestände in den Kalkgebieten der Eifel.



Unter dem humosen Oberboden folgt unmittelbar der Kalkstein: Rendzina bei Marsberg.

Ausgangsmaterial der Rendzinen und Pararendzinen sind in der Westfälischen Bucht und ihren Randhöhen zum Beispiel die Kalk- und Mergelsteine der Oberkreide, in Ostwestfalen die Muschelkalk-Gesteine der Trias sowie in der Eifel, im Bergischen Land und im Sauerland die devonzeitlichen Kalk- und Dolomitsteine. Dementsprechend finden wir die flachgründigen Rendzinen in den Höhenlagen des Teutoburger Waldes, des Haarstrangs und auf exponierten, erosionsgefährdeten Hängen und Anhöhen, auf denen kalkhaltige Festgesteine bis an die Geländeoberfläche reichen. Unter Acker nehmen Rendzinen im zentralen und im südöstlichen Teil der Westfälischen Bucht größere Flächen ein. In der nördlichen Eifel sind sie nur kleinflächig verbreitet, ebenso im Gebiet des devonischen Massenkalks im Bergischen Land zwischen Wuppertal und Wülfrath und im Sauerland bei Attendorn und Warstein.



Flachgründige Rendzina aus Kalkstein im Teutoburger Wald bei Horn-Bad Meinberg

Der typische Boden des Mittelgebirges: steinige Braunerde



Braunerden

Braunerden haben den größten Flächenanteil aller Böden in unserem Klimaraum. Etwa ein Viertel der Landesfläche NRW wird von ihnen eingenommen. Sie besitzen einen humosen Oberboden, dem zur Tiefe ein verbraunter Unterboden und schließlich das Ausgangsmaterial der Bodenbildung folgt.

Die Verbraunung ist neben der Humusbildung im Oberboden der profilprägende Prozess im gemäßigt humiden Klimaraum. Dabei verwittern eisenhaltige Minerale und den Boden braun färbende Eisenoxide werden angereichert. Oft ist damit eine Verlehmung durch Neubildung von Tonmineralen verbunden. Die Braunerden entstehen aus sehr unterschiedlichen Ausgangsgesteinen unter ver-

schiedenartigen Entwicklungsbedingungen. Deshalb nehmen Braunerden aus sandigen, schluffigen, lehmigen und tonigen Ausgangssubstraten eine breite Spanne von nährstoffarm bis nährstoffreich, sehr stark sauer bis neutral sowie von mäßig trocken bis sehr frisch ein.

Im Bergland sind die Braunerden aus kaltzeitlichen Fließerden meist nur 50 – 100 cm tief entwickelt. Sie sind steinig-grusig und werden als Forststandorte oder Grünland genutzt. Die früher übliche Ackernutzung wird zunehmend eingestellt. Anders ist es im Flachland, wo die Braunerden überwiegend tiefgründig ausgebildet sind.

Lehmige und schluffige Braunerden haben eine hohe Wasserspeicherkapazität ($> 200 \text{ l/m}^3$) und ein gutes Speichervermögen für Nährstoffe. Sie sind hervorragende Standorte für eine landwirtschaftliche Nutzung. Braunerden aus Sand werden heute ebenfalls landwirtschaftlich genutzt. Sie speichern allerdings nur halb so viel Wasser und werden deshalb in trockenen Jahren während der Sommermonate oftmals beregnet.

Je nach Steingehalt ist das Wasserspeichervermögen von Braunerden sehr unterschiedlich.



250 l/m³



175 l/m³



100 l/m³



25 l/m³



*Getreide
auf einer Löss-
Parabraunerde
bei Erkelenz*

Parabraunerden

Parabraunerden sind bodengenetisch mit den Braunerden verwandt. Sie entstehen bevorzugt aus ursprünglich kalkhaltigen, schluff- oder feinsandbetonten Wind- und Flussablagerungen. Seit Beginn des Holozäns vor 11 700 Jahren wird Kalk durch Niederschlagswasser allmählich aufgelöst und die Böden beginnen zu versauern. Im schwach sauren Zustand, mit pH-Werten zwischen 6,5 und 5, werden dann vom oberen Bodenbereich feine Tonteilchen und auch Humuspartikel nach und nach zur Tiefe hin verlagert. Ein aufgehellter Bodenbereich, der arm an Ton und Humus ist, entwickelt sich über einem kräftig braunen bis rötlich braunen Horizont mit deutlicher Anreicherung von Ton und Humus. Im Verlauf der weiteren Bodenentwicklung können die Poren in der Tonanreicherungszone allmählich so stark verstopfen, dass diese Böden Niederschlagswasser stauen und sich nach und nach zu Stauwasserböden, den Pseudogleyen, entwickeln.

Parabraunerden sind sehr ertragreiche Acker- und Grünlandstandorte, die vor allem in den Lössgebieten von Niederrheinischer Bucht, Soester und Warburger Börde, zwischen Bielefeld und Minden sowie auf den spätweichselzeitlichen Hochflutablagerungen entlang größerer Flüsse vorkommen. Auch aus Grundmoräne im Münsterland und aus Sandlöss im Niederrheinischen Tiefland haben sich Parabraunerden entwickelt. Ihr Flächenanteil in NRW beträgt ca. 20 %. Parabraunerden sind meist sehr tiefgründig. Vor allem, wenn sie aus tonigem Schluff oder stark schluffigem Sand bestehen, können sie mehr als 250 l Wasser pro m³ speichern. Außer in Trockenjahren sichern sie damit immer eine gute Wasserversorgung für unsere Nutzpflanzen.

Bereits seit dem Neolithikum vor mehr als 5 000 Jahren sind die Areale mit Parabraunerden in NRW die Ackerstandorte schlechthin. Die typische Fruchtfolge in den zurückliegenden Jahrzehnten war Zuckerrübe – Winterweizen – Wintergerste. Inzwischen werden auch weitere Nutzpflanzen wie Mais, Obst, Gemüse, Salat, Kartoffeln und sogar Kürbis angebaut. Aufgrund der klimatischen Gunst und des Einsatzes von Folien und Beregnung können am Niederrhein im Freiland 3 – 4 Salaternten pro Jahr erreicht werden.

*Parabraunerden
sind besonders
ertragreiche
Ackerstandorte.*



*Podsol aus
kreidezeit-
lichem Sand
bei Haltern*

*Harte Eisenverfestigungen: Ortstein-Brocken aus
einem Podsol bei Dorsten*

Podsole

Der Name Podsol kommt aus dem Russischen und kann mit „aschefarbener Boden“ übersetzt werden. In NRW sind Podsole bevorzugt aus sauren, nährstoffarmen Ausgangsgesteinen unter Heide und Nadelwäldern entstanden. Die Streurückstände der Pflanzen werden von Mikroorganismen nur unvollständig abgebaut. Es entstehen mächtige Humusauflagen, die organische Säuren freisetzen. Diese lösen Huminstoffe, Eisen, Aluminium und andere Metalle aus den Bodenmineralen und verlagern sie in den Unterboden. So entsteht unterhalb einer Humusaufgabe ein meist dünner humushaltiger Oberboden, gefolgt von einem gebleichten, violettstichig-hellgrauen Bodenbereich, der namensgebend ist. Darunter lagern sich Humus und Eisen mit braunschwarzer und rotbrauner Färbung wieder ab. Oft ist dieser Bereich so fest, dass man von „Ortstein“ spricht. Die Podsolierung ist stets mit erheblicher Versauerung verbunden.

Podsole nehmen etwa 5 % der Landesfläche NRWs ein. Im Bergland sind dies meist kleinflächige Areale aus Quarzit und Sandsteinen, zum Beispiel auf Buntsandstein oder Kreide-Sandstein. Am Niederrhein, im Münsterland und in Ostwestfalen treten Podsole großflächig auf Flugsand, Terrassensand, Schmelzwassersand sowie tertiär- und kreidezeitlichem Sand auf.

Durch Wiederaufforstung ehemaliger Eichen-Birken-Wälder mit Kiefern und durch die Verbreitung der Heidevegetation als Folge der seit dem Mittelalter betriebenen Plaggenwirtschaft begünstigt der Mensch die Podsolierung in unserem Klimaraum.

Podsole haben meist nur ein geringes Wasserspeichervermögen, tragen aber aufgrund guter Durchlässigkeit zu einer relativ hohen Grundwasserneubildung bei. Heute werden Podsole im Flachland überwiegend ackerbaulich genutzt. Durch Kalkung und Düngung haben sie ihre Podsolierungsdynamik verloren. Ihre ausgeprägte Farbdifferenzierung, die manchmal an eine lebhafte Holzmaserung erinnert, haben sie behalten. Die Zeugnisse einer Nutzungsgeschichte ohne Minereraldünger haben eine wichtige Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte unseres Landes.

*Doppelter
Podsol, durch
Flugsand-Über-
wehung eines
alten Bodens
entstanden*





Pseudogley (Stauwasserboden) mit Nassbleichung und marmoriertem Staukörper

Pseudogleye

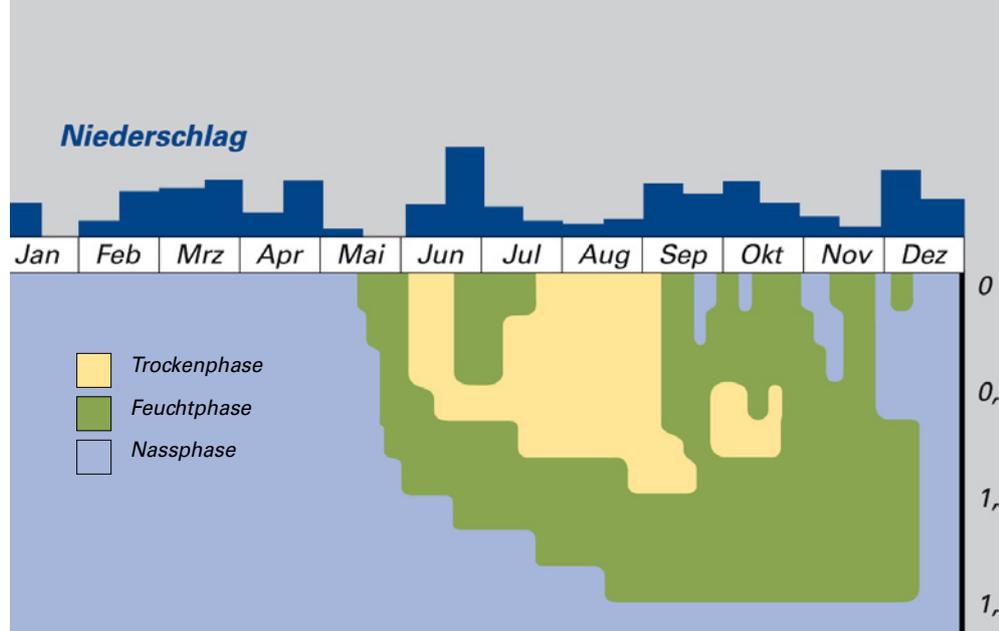
Pseudogleye sind wechselfeuchte, durch Stauwasser beeinflusste Böden. In Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit des Bodens, von der Witterung und vom Wasserverbrauch der Pflanzen wechseln sich in Pseudogleyen Nass-, Feucht- und Trockenphasen ab. Je höher der Jahresniederschlag und je dichter und oberflächennäher der Staukörper, umso stärker ausgeprägt ist die Staunässe. In NRW sind Pseudogleye mit einem Flächenanteil von 16 % weit verbreitet. Sie entstehen immer dann, wenn innerhalb einer Bodentiefe von etwa 1 m wasserstauende Schichten auftreten. Im Bergland umgeben Pseudogleye häufig saumartig Grundwasserböden. Sie speichern Niederschlagswasser, das zeitverzögert verdunstet, von Pflanzen verbraucht wird oder als Sickerwasserspende um Wochen und Monate verlangsamt abzieht. Damit nehmen sie eine Regelungsfunktion für die Niederschlagsverteilung im Jahresablauf wahr.

Stauwasserböden sind meistens stark gefleckt. Unter einem humushaltigen Oberboden folgt ein Bodenbereich, in dem hellgraue Farben überwiegen, unterbrochen von rostfarbenen und schwarzen Flecken. Etwas tiefer nimmt die Fleckung deutlich zu, angereichert mit bis zu nussgroßen roten und schwarzen Tupfern. Dieser obere Bereich des Bodens ist der Stauwasserleiter. Darunter folgt der Staukörper – häufig aus Lehm oder Ton –, der für Wasser nur schwer durchlässig ist. Der Staukörper ist intensiver gefleckt bis marmoriert. Graue und rostfarbene Flecken wechseln sich ab.



*Dem Standort angepasst:
Stieleichen-Hainbuchen-Wald mit Buche und Linde auf Pseudogley im Kottenforst bei Bonn*

Jahresverlauf der Bodenfeuchte in einem Pseudogley



Pseudogleye entstehen durch geologische Schichtung, durch Bodenprozesse, die Bodenporen verstopfen, aber auch durch Bodenverdichtung infolge von Bewirtschaftungsfehlern. Sie sind einzigartige Naturkörper und werden häufig als Wald- und Grünlandstandorte genutzt. Sie sind die natürlichen Standorte von Waldgesellschaften, die Wechselfeuchte bevorzugen. Hier wachsen Birken-Stieleichen-, Stieleichen-Hainbuchen-, Stieleichen-Buchen sowie Erlen-Eschen-Wälder. Auf Stauwasserböden mit besonders ausgeprägter Nassphase (Stagnogleye) entwickeln sich unter kühlfeuchtem Klima Torfdecken und auf Dauer entstehen Übergangs- und Hochmoore. In der Landwirtschaft ist Grünlandnutzung am besten an den wechselhaften Wasserhaushalt von Stauwasserböden angepasst. Während der Nassphase sind die Böden jedoch nicht befahrbar und für Weidevieh nicht ausreichend trittfest.

Pseudogleye sind witterungs- und klimasensible Standorte. Im Zuge des Klimawandels vermehrt auftretende Starkregen können zu häufigeren Nassphasen führen. Verlängert sich die Vegetationszeit durch einen Anstieg der Temperaturen, wird der Wasserverbrauch der Pflanzen im Frühjahr, Sommer und Herbst ansteigen. Längere Trockenphasen sind dann die Folge. Wechselfeuchte Stieleichen-Hainbuchen-Wälder und staunasse Erlenbruch-Wälder können sich dann langfristig zu Buchenwäldern entwickeln. Bereits jetzt hat sich in einigen Regionen Deutschlands die Vegetationszeit um mehr als zwei Wochen verlängert und Starkregenereignisse haben zugenommen.

Pseudogleye sind während der Nassphase nur sehr schlecht zu bearbeiten.



Gleye

Gleye sind durch hoch anstehendes Grundwasser geprägt. Sie sind typisch für die Bachtäler in den nordrhein-westfälischen Mittelgebirgen. Auch im Münsterland und am Niederrhein kommen sie an Bachläufen, aber genauso in größeren Niederungsgebieten vor. Gleye entstehen überwiegend aus holozänen Bachablagerungen oder pleistozänen Terrassensedimenten, bevorzugt aus Sanden der Niederterrassen.

Das Bodenprofil spiegelt bei den Gleyen die Grundwasserschwankungen im Jahresverlauf wider. Beim Absinken des Grundwasserspiegels während der Vegetationsperiode gelangt von der Geländeoberfläche her Sauerstoff in den Boden. Dadurch können im Bodenwasser gelöstes Eisen und Mangan oxidieren und als orangerote Rostflecken oder als feste, stecknadel- bis walnussgroße, braunschwarze Konkretionen ausgefällt werden. Bei extremer Eisenanreicherung bilden sich harte Raseneisensteinbänke, das sogenannte Raseneisenerz. Dadurch wird die Tiefendurchwurzelung der Pflanzen sehr stark eingeschränkt oder unterbunden. In einigen Gebieten NRWs, zum Beispiel in Dülmen, Haltern und Isselburg, wurde Raseneisenerz in früherer Zeit abgebaut und verhüttet.



Unter dem rostfleckigen Oxidationshorizont folgt ein Bereich, der ganzjährig unter Grundwassereinfluss steht und daher sauerstoffarm ist. Eisen und Mangan liegen hier in Form von farblosen, wasserlöslichen Verbindungen vor. Dieser Reduktionshorizont ist grau bis blaugrau gefärbt, Rostflecken fehlen.

Gleye sind hinsichtlich ihrer Nutzungsmöglichkeiten ursprünglich Wald- und Grünlandstandorte. Durch großflächige Entwässerung, insbesondere im Rahmen der Flurbereinigung in den 1960er- und 1970er-Jahren, sind viele Flächen ackerfähig geworden und werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Allerdings sind sie empfindlich gegenüber mechanischer Belastung, sodass der Einsatz schwerer Maschinen nur sehr behutsam erfolgen darf. Bereiche mit natürlichen hohen Grundwasserständen sind heute wertvolle Lebensräume für seltene Tier- und Pflanzengemeinschaften.

Gley mit orange-farbenem Oxidations- und grauem Reduktionshorizont

Raseneisenstein: stark verfestigte Eisenanreicherungen aus einem Gley bei Kamp-Lintfort

Als Grünland genutzte Gleye entlang der Niers bei Grefrath am Niederrhein





Brauner Auenboden am Wahnbach im Bergischen Land



Als Grünland genutzte Auenböden in der Rheinaue bei Wesel

Auenböden

Auenböden sind die charakteristischen Böden der breiteren Flusstäler. Großflächig kommen sie entlang des Rheins vor, aber auch an den meisten anderen Flüssen und Bächen sind sie vertreten. Ihr Verbreitungsgebiet ist durch eine starke Dynamik mit einem engen räumlichen und zeitlichen Wechsel von Erosion und Sedimentation geprägt. Unter natürlichen Bedingungen zeigen Auenböden einen stark schwankenden, von der Wasserführung des Flusses abhängigen Grundwasserspiegel; bei Hochwasser werden sie überflutet.

Auenböden entstehen meist aus der fruchtbaren humushaltigen Ackerkrume, die bei Starkregen von Hängen abgeschwemmt und dann flussabwärts auf Überflutungsflächen feingeschichtet sedimentiert wird. Diese Böden sind somit das Ergebnis von Bodenerosion, die im Einzugsgebiet von Flüssen und Bächen stattfindet.

Abhängig von den Böden und Gesteinen im Gewässereinzugsgebiet können Auenböden sandig, schluffig oder sogar tonig ausgebildet sein, wobei im Münsterland oft sandige Auenablagerungen vorherrschen, in den übrigen Landesteilen aber eher schluffreiche. Insgesamt sind Auenböden gleichmäßig braun gefärbt und mehr oder weniger humushaltig. In dem angeschwemmten Bodenmaterial hat sich zunächst keine weitere erkennbare Bodenentwicklung vollzogen. Auenböden zeigen eine sehr gute Versorgung mit Mineralen und Nährstoffen, was entsprechend die Biomasseproduktion fördert. Daher sind die Böden tief reichend belebt und von vielen Regenwurmröhren durchzogen. Örtlich sind in Auenbereichen allerdings die Schwermetallgehalte als Zeugnis mittelalterlicher bis heutiger Zivilisationseinflüsse deutlich erhöht.

Rhein-Hochwasser am Kraftwerk Duisburg-Walsum: Auf Überschwemmungsflächen der Flüsse entstehen Auenböden.



Auenböden sind ursprünglich artenreiche Waldstandorte. In NRW werden sie mittlerweile nahezu überall landwirtschaftlich genutzt, häufig als Acker. Infolge ihrer Flussnähe besteht aber immer die Gefahr, dass es durch Überschwemmungen zu Ernteaussfällen kommt. Aufgrund ihrer Seltenheit, ihrer Bedeutung für die Biotopentwicklung und den Hochwasserschutz sowie ihrer Fruchtbarkeit gehören die typischen Auenböden zu den schützenswerten Böden.



*Niedermoor im Ederbruch bei
Erndtebrück im Wittgensteiner Land*

Moore

Moore bilden Torf, der überwiegend aus abgestorbenen und unvollständig zersetzten Pflanzenresten besteht. Es handelt sich also um organische Böden. Moore müssen – aus bodenkundlicher Sicht – mindestens 30 cm Torfmächtigkeit aufweisen. Die jährliche Torfzuwachsrate liegt bei 1 mm, günstige Bedingungen vorausgesetzt. Je nach ihrer Entwicklungsgeschichte und ihrer Vegetationszusammensetzung werden Niedermoore und Hochmoore unterschieden.

Niedermoore entstehen seit dem Beginn des Holozäns durch Verlandung offener Gewässer, Versumpfung von Erlen- oder Birken-Bruchwäldern bei ansteigendem Grundwasser sowie durch Überflutung an den Rändern von Talauen, wenn Grundwasser im langfristigen Mittel nahe an oder über der Geländeoberfläche steht. Durch den starken Grundwassereinfluss ist die Nährstoff- und Basenversorgung in den meisten Fällen recht günstig. Beispiele sind die Niedermoore in den Altarmen des Rheins zwischen Köln und Düsseldorf, entlang der Schwalm und im Elmpter Bruch an der niederländischen Grenze sowie im Heiligen Meer im Kreis Steinfurt.

Im Gegensatz zu Niedermooren werden Hochmoore nur durch Niederschlagswasser gespeist, das von den typischen hochmoorbildenden Sphagnum-Torfmoosen gespeichert wird. Der Wasseranteil intakter Torfmoose liegt zwischen 70 und 95 Vol.-%. Hochmoore sind sehr nährstoffarm und stark sauer. Oft kommen sie in Gebieten mit hohem Niederschlag, hoher Luftfeuchtigkeit und zumindest mäßig kühlen Durchschnittstemperaturen vor, so etwa großflächig im Hohen Venn an der Grenze zu Belgien und kleinflächig in Hochlagen des Ebbe- und des Rothaargebirges. Andererseits können Hochmoore aber auch aus Niedermooren entstehen, wenn Torfmoose eine immer mächtigere Schicht bilden und aus dem Grundwassereinfluss herauswachsen. Viele Hochmoore des nordwestdeutschen Flachlandes haben sich auf diese Weise gebildet, etwa das Große Torfmoor und das Alte Moor im Kreis Minden-Lübbecke sowie das Amtsvenn und das Zwillbrocker Venn im nordwestlichen Münsterland. In der Heubachniederung bei Dülmen kommen Hoch- und Niedermoore nebeneinander vor.



Ein entwässertes Niedermoor bei Neuss: Vererdung, Torfsackung und Freisetzung klimaschädlicher Gase sind nachhaltige Veränderungen.

In Nordrhein-Westfalen besitzen Moore mit ca. 1 % nur einen sehr geringen Flächenanteil. Großflächig haben Entwässerung, Umwandlung in Weide- und Ackerböden sowie Torfabbau zu nachhaltigen Veränderungen geführt. Sinkt zum Beispiel der Wasserstand in einem Niedermoor durch Entwässerung, so wird der Torf belüftet und die organische Substanz abgebaut. Der Torf sackt und es bilden sich tiefe Schrumpfungsrisse. Große Mengen an Nitrat und anderen Nährstoffen sowie klimaschädliches CO₂ werden freigesetzt und ins Grundwasser beziehungsweise in die Atmosphäre abgegeben. Aus den ursprünglichen Niedermooren entwickeln sich so Erdniedermoore und schließlich pulvrig-trockene, wasserabweisende Mulmniedermoore. In weitgehend natürlichem Zustand zählen die Moore im Hinblick auf den Biotop-, Arten- und Klimaschutz zu den besonders schutzwürdigen Böden in NRW.

Wollgras, eine typische Hochmoorpflanze; Süskenbrocks Moor bei Dülmen im Münsterland

Entwässerte Moorfläche bei Simmerath in der Eifel





Schluffreicher Kolluvisol bei Neuss

Kolluvisole

Seit der Mensch mit den ersten Rodungstätigkeiten und anschließendem Ackerbau Bodenerosionsprozesse auslöst oder beschleunigt, entstehen Kolluvisole. Sie bestehen aus verlagertem humosem Bodenmaterial, das in weiter hangaufwärts liegenden Gebieten durch Niederschlagswasser abgespült und am Hangfuß, in Senken und in kleineren Tälern abgesetzt wird. Infolge der starken Anfälligkeit grobschluffreicher Bodenarten gegenüber Erosion liegen die Verbreitungsschwerpunkte vor allem in den Lössgebieten der Niederrheinischen Bucht

Pflanzenschäden durch angeschwemmtes Bodenmaterial auf einem Maisacker bei Kempen am Niederrhein



und in den Börden der Westfälischen Bucht und des Oberen Weserberglandes. Kolluvisole wechseln hier kleinflächig mit den fruchtbaren Parabraunerden. Aber auch in den Mittelgebirgen mit ihren schluffreichen Fließerden sind Kolluvisole häufig. Noch heute entstehen sie durch aktuelle Bodenerosion in den Ackerbaugebieten NRW.

Abgesehen vom stärker humosen Oberboden ist in dem meist braun gefärbten, schwächer humushaltigen Ausgangssubstrat der Kolluvisole noch keine weitere Bodenbildung erkennbar. Das umgelagerte Sediment überdeckt gegebenenfalls ältere Bodenbildungen.

Gerade den Kolluvisolen aus schluffreichem Material kommt durch ihre Fähigkeit, Nähr- und Schadstoffe zu speichern, zu puffern und zu filtern, eine besondere Bedeutung im Stoffhaushalt zu. Gleichzeitig zeichnen sie sich dann durch eine hohe biologische Aktivität und durch überdurchschnittliche natürliche Bodenfruchtbarkeit aus. Aufgrund der Schluffgehalte ist die Neigung zur Bodenverschlammung durch Starkniederschläge allerdings sehr ausgeprägt. Zudem können durch frisch erodiertes Bodenmaterial aus hangaufwärts gelegenen Gebieten die Kolluvisole und darauf wachsende Nutzpflanzen überdeckt werden, was Ertragseinbußen zur Folge hat. Auf eine erosionsmindernde Bewirtschaftung dieser Standorte muss daher besonders geachtet werden.

Nach Bodenerosion angeschwemmtes Bodenmaterial am Schaephysener Höhenzug bei Krefeld



*Typischer schwarzgrauer Plaggenesch
mit Ziegelbröckchen bei Ostbevern*



Plaggenesche

Plaggenesche gehen auf eine historische Form der Landnutzung zurück, die seit dem 8. Jahrhundert verbreitet im Gebiet armer Sandböden im nordwestdeutschen Flachland betrieben wurde, in NRW vor allem im Münsterland. Ziel der Plaggenwirtschaft war die Bodenverbesserung auf den hof- und ortsnahen Ackerflächen.

Die Plaggen, flache Stücke des humushaltigen Oberbodens einschließlich der darauf wachsenden Vegetation, gewann man mit der Plaggenhacke im Gemeinschaftsland, der sogenannten Allmende. Von dort brachte man sie in die Ställe, wo sie als Einstreu für das Vieh dienten. Danach wurde das mit dem Tierdung, teilweise auch mit häuslichen Abfällen und Kompost vermischte Plaggenmaterial auf den Ackerflächen verteilt. Die Bodenverbesserung bestand zum einen in der Zufuhr von Nährstoffen aus dem Dung und in der Nährstofffreisetzung bei der langsamen Zersetzung des Humus, zum anderen auch in dem durch den Humus leicht erhöhten Wasserspeichervermögen des Plaggenmaterials.

Plaggenesche sind häufig an einer Geländestufe zu erkennen.



Man schätzt, dass die Bodenoberfläche durch den Plaggenauftrag pro Jahr im Mittel um 1 mm erhöht wurde. Über die Jahrhunderte entstanden in NRW Plaggengesche von durchschnittlich 40 – 80 cm, nur selten von mehr als 100 cm Stärke. Der durch Humus dunkel gefärbte Plaggenauftrag, bodenkundlich der Eschhorizont, enthält oft noch Artefakte, zum Beispiel kleine Ziegelbruchstücke oder Keramikscherben aus den häuslichen Abfällen. Unter dem Bodenauftrag findet man meist noch Reste des ursprünglichen Bodens. Gegenüber der Umgebung sind Plaggengesche heute oft herausgehoben und an einem Geländesprung erkennbar, der sogenannten Eschkante.

Für die Plaggengewinnung benötigte man riesige Flächen; man geht von einem Verhältnis von 10 : 1 bis 40 : 1 zwischen abgeplaggtter Fläche und Auftragsfläche aus. Den Entnahmegebieten entzog man durch wiederholtes Plaggenstechen systematisch die Nährstoffe. Die Böden verarmten dort vollständig und unter schütterer Heidevegetation entwickelten sich Podsole, extrem versauerte Sandböden. Mit der Plaggenentnahme wurde die schützende Vegetationsdecke entfernt; es kam verbreitet zur Winderosion. Noch bis in das 19. Jahrhundert hinein wurde in einigen Teilen NRWs Sand zu Dünen aufgeweht, die mehrere Meter hoch sein können. Beispiele finden sich im Münsterland bei Rhede und Rheine, in der Senne und bei Wesel am Niederrhein.

Erst mit dem Aufkommen mineralischer Düngemittel und der Auflösung der Allmenden im 19. Jahrhundert fand die Plaggenwirtschaft ein Ende. Da Plaggengesche durch eine Agrarnutzung geprägt sind, die lange zurückliegt, bilden sie heute Archive der kulturhistorischen Entwicklung der nordrhein-westfälischen Landschaft. Oberhausen-Königshardt und Augustdorf in der Senne haben Plaggenhacken in ihre Ortswappen aufgenommen und damit der Plaggenwirtschaft ein Denkmal gesetzt.

Plaggenentnahmeflächen verarmten und verheideten, Sand wurde verweht.



Böden in der Stadt

Eine vielfältige und engräumig wechselnde Bodennutzung ist charakteristisch für den städtischen Raum. Neben Siedlungsflächen mit unterschiedlichster Bebauung, Industrie- und Gewerbestandorten, Verkehrs- sowie Entsorgungsflächen bis hin zu Bergehalden finden sich auch Erholungs- und Freizeitflächen wie Stadtwälder, Parks, Gärten und Spielplätze. In der Stadt tritt der Mensch als „bodenbildender Faktor“ in den Vordergrund.

Eingeschränkte Bodenfunktionen durch Versiegelung

Die Versiegelung des Bodens durch Asphalt und Beton oder Überbauung ist das augenfälligste Merkmal der Bodenveränderung in städtischen Räumen. Auf großen Flächen ist der gewachsene Boden oft vollständig entfernt, überformt oder überdeckt. Dies ist gleichbedeutend mit einem Totalverlust natürlicher Bodenfunktionen. Der Schutz des Grundwassers durch Filterung und Pufferung von Schadstoffen, die Aufnahme von Niederschlagswasser zur Grundwasserneubildung und der Lebensraum für Pflanzen und Tiere gehen verloren. Durch Versiegelung gelangt der überwiegende Teil der Niederschläge als Oberflächenabfluss über die Kanalisation in die Gewässer und erreicht den Boden kaum noch.

Die Nutzung als Straße, Fuß- und Radweg oder sonstiger Verkehrsfläche – die auch meist mit einer Versiegelung einhergeht – führt zu einer Verdichtung der Böden und verändert die physikalischen Bodeneigenschaften, zum Beispiel den Bodenlufthaushalt. So müssen sich Straßenbäume häufig durch einen flach und sehr dicht ausgebildeten Wurzelteppich zum Beispiel direkt unter den Pflastersteinen mit Wasser und Nährstoffen versorgen.

Böden in der Stadt sind häufig versiegelt.



Man made – technogene Substrate

Beim Auftrag von natürlichen oder künstlichen (technogenen) Substraten wird die ursprüngliche Bodenoberfläche meist im Zuge von Baumaßnahmen oder Deponierungen begraben. Die Herkunft des aufgeschütteten Materials ist häufig unbekannt. Oft kommt es auch zu einer Durchmischung mit den obersten Bereichen des gewachsenen Bodens, wobei seine physikalischen und chemischen Eigenschaften nachhaltig verändert werden können. Die Mächtigkeit der Substrataufträge schwankt zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern. Technogene Substrate wie Bauschutt, Aschen, Schlacken, Müll und sonstige Reststoffe aus gewerblich-industrieller Produktion weisen andere Eigenschaften als natürliche Substrate auf. Extreme Nähr- oder Schadstoffgehalte und pH-Werte, hohe Grobbodenanteile sowie geschichtete Ablagerungen erschweren die Bewertung der Bodeneigenschaften. Um eine Kulturfähigkeit oder Nutzung von Standorten aus überwiegend technogenen Substraten zu erreichen, werden Aufschüttungen häufig mit humosem natürlichem Bodenmaterial überdeckt.

Oft nährstoffreich, aber trockenempfindlich

Aufschüttungsböden mit hohen Anteilen an Bauschutt sind in nordrhein-westfälischen Städten häufig anzutreffen. Kalkhaltiger Bauschutt, Trümmerschutt und bauschutthaltiges Sand/Lehm-Gemenge mit hoher Wasserdurchlässigkeit sind dabei die häufigsten Substrate. In der Regel handelt es sich bei den Aufschüttungsböden um Verfüllungen alter Rinnen und Senken, Baugruben und Bombentrichter oder Aufhaldungen von Trümmerbergen. Hier entwickeln sich Neuböden mit erkennbarer Humusanreicherung. Hohe Karbonatgehalte durch Zement und Mörtel, pH-Werte im alkalischen oder neutralen Bereich und ein hoher Grobbodenanteil sind kennzeichnend für diese Böden. Aufgrund der hohen Porosität ist die pflanzenverfügbare Wassermenge oft unzureichend und die Standorte sind zum Teil sehr trockenempfindlich.

Technogene Substrate – hier Rückstände aus der Glasindustrie – sind nicht selten schadstoffbelastet.

Böden aus Ziegelschutt im Ruhrgebiet





Stadtbodenmaterial mit hohem Bauschuttanteil

Hortisole schützen durch hohes Filtervermögen

Eine langjährige und tiefgründige Bearbeitung und Lockerung des natürlichen Oberbodens mit Zufuhr von Kompost und anderen Vegetationsresten führt zur Entwicklung von humus- und nährstoffreichen Gartenböden, den Hortisolen. In Stadt- oder stadtnahen Bereichen werden sie intensiv genutzt, zum Beispiel in Kleingartenanlagen. Charakteristisch ist der mehr als 40 cm mächtige humose Oberboden, der intensiv belebt ist und eine stabile Krümelstruktur aufweist. In älteren Gärten können die Beimengungen von Hausbrandasche groß sein; nicht selten kommt es daher zu erhöhten Gehalten an organischen und anorganischen Schadstoffen. In öffentlichen Grünanlagen und Parks, Hausgärten sowie zahlreichen Kleingartenanlagen stellen die Hortisole einen beträchtlichen Anteil der Böden innerstädtischer Freiflächen. Aufgrund ihres Schadstoffbindungsvermögens, ihrer klimatischen Ausgleichsfunktion und hydrologischen Bedeutung im Wasserhaushalt der Stadt kommt den Hortisolen eine wichtige Funktion zu.

Die Böden in städtischen Parks, Grünanlagen und Freiflächen sind nur selten unverändert, da diese Flächen immer in den städtebaulichen Wandel einbezogen waren und mitunter umgestaltet oder umgenutzt wurden. Neben kleinen Arealen naturbelassener Böden finden sich hier Hortisole bis hin zu tiefgründig gestörten und veränderten Böden. So wurden zum Beispiel manche stark zerstörten Wohngebiete nach dem Krieg nicht wieder vollständig aufgebaut, sondern ihr Trümmersmaterial wurde zu Hügeln aufgeschüttet. Mit humosem Boden überdeckt, werden sie heute als Park- und Grünflächen genutzt.

Nachhaltige Bodennutzung

Wir brauchen den hoch belebten Naturkörper Boden, verbrauchen ihn aber auch – ein konflikträchtiges Spannungsfeld. Wir haben die Pflicht zum nachhaltigen Umgang mit unseren Ressourcen. Zurzeit liegt der tägliche Bodenverbrauch in NRW bei 10 ha/Tag, obwohl wir genau wissen, dass Boden eine endliche Ressource ist. Das Ziel sollte ein Null-Flächenverbrauch sein. Das bedeutet, dass bevorzugt bereits anthropogen veränderte Bodenflächen in Anspruch genommen werden oder, wenn nicht anders möglich, verbrauchte Bodenflächen funktional kompensiert werden.

Bodenverbrauch und Bodenschädigung

Die größten Gefährdungen der Böden in NRW sind der Flächenverbrauch und die hohen Nutzungskonkurrenzen zwischen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz, Erholung, Rohstoffnutzung, Infrastruktur, Wohn- und Gewerbegebieten. Bei der Wahl von Flächen stehen wir in der schwierigen Situation, entweder urbane/technogene Böden mit ihren spezifischen Problemen zu verbrauchen oder solche, die bisher landwirtschaftlich genutzt werden. Zurzeit geht der Bodenverbrauch häufig zu Lasten der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Eine weitere Gefährdung stellt die nicht an die Bodeneigenschaften angepasste Nutzung durch den Menschen dar: Die Bodennutzung und -bearbeitung wird eher durch das Streben nach rationelleren Bearbeitungsverfahren oder durch technische Möglichkeiten gesteuert als durch die Bodeneigenschaften selber. Mit zu schweren Maschinen befährt und bearbeitet der Mensch Böden häufig unabhängig von ihrem jeweiligen Zustand, egal ob nass, feucht oder trocken. Diese Fehler werden sowohl bei landwirtschaftlicher als auch bei forstlicher Nutzung und erst recht im Rahmen von Bauarbeiten gemacht.

Durch die Anlage und Erweiterung von Verkehrswegen und Siedlungen gehen immer mehr Freiflächen verloren.

Die Wiedernutzbarmachung alter Industrie- und Bergbaustandorte ist häufig sehr aufwendig.



Neben diesen Bewirtschaftungsfehlern führen auch stoffliche Belastungen zu Bodenschäden. In Waldböden wird sehr viel mehr Stickstoff aus der Landwirtschaft und aus der Verbrennung fossiler Energieträger eingetragen, als der Boden und der darauf wachsende Wald verbrauchen. Zusätzlich sind unsere Niederschläge durch anthropogene Emissionen deutlich saurer als früher.

Eine Gefährdung feuchter und nasser Böden stellt ihre Entwässerung durch den Menschen dar, zum Beispiel für Landwirtschaft, Wohn- und Gewerbegebiete oder Straßenbau. Die Böden verlieren ihren Luft- und Wasserhaushalt, Humus wird abgebaut, die ursprünglichen Bodeneigenschaften gehen verloren. Die Atmosphäre wird durch klimabeeinflussende Treibhausgase belastet, zum Beispiel durch die zunehmende Freisetzung von CO₂, das vorher im Boden gebunden war.

Wie können wir unsere Böden besser schützen?

Der Boden ist ein Lebensraum und Naturkörper, der sich unserer Wahrnehmung weitgehend entzieht. Unter einem Quadratmeter Bodenoberfläche leben mehr als 1 Billion (10¹²) Organismen. Deshalb ist der Boden genauso wichtig und schützenswert wie die oberirdische Welt mit ihren für uns sichtbaren Pflanzen und Tieren, für die wir ein Bewusstsein ihrer Schutzwürdigkeit entwickelt haben. Boden ist die Lebensgrundlage für Menschen, Pflanzen und Tiere. Fast alle unsere Nahrungsmittel stammen unmittelbar oder mittelbar



*Rohstoffgewinnung
kontra Landwirtschaft*

vom Boden – gesunde Böden sind die Voraussetzung für gesunde Nahrungsmittel. Zugleich beheimaten Böden etwa zwei Drittel aller Tier- und Pflanzenarten und sind nach den Ozeanen der zweitgrößte CO₂-Speicher der Erde – sie sind somit ein Schlüsselement für den Erhalt der Artenvielfalt und für den Klimaschutz.

Böden kann man nicht künstlich herstellen, sie sind eine begrenzte Ressource und verwundbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts wird die Weltbevölkerung auf 9 Milliarden Menschen anwachsen. Die nachhaltige Nutzung unserer Böden ist die Voraussetzung für deren Ernährung. Der sich mittlerweile weltweit ausbreitende Anbau von Bioenergiepflanzen wie Mais oder Raps steht in enger Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau.

Unsere Böden sind kostbar, deshalb müssen sie geschützt werden. Dazu ist im urbanen Bereich ein nachhaltiges Flächenmanagement erforderlich, das stärker als bisher bereits beanspruchte Bereiche nutzt und flächensparende Maßnahmen belohnt. Dadurch könnte der Verbrauch noch unbeeinflusster Böden reduziert werden, im regionalen wie im globalen Maßstab.

Die Entwässerung naturnaher Feuchtgebiete und Moore muss eingedämmt und so weit wie möglich rückgängig gemacht werden, um die Freisetzung von klimaschädlichem CO₂ aus den Böden in die Atmosphäre zu verringern. Außerdem muss sich die Bodenbearbeitung in Zukunft nach den Standorteigenschaften der Böden richten, statt diese durch immer schwerere Maschinen zu verdichten.

Effektivitätssteigerung in der Landwirtschaft durch immer schwerere Maschinen. Bodenverdichtung ist die Folge.



Geowissenschaften sichern unsere Zukunft

500 Mio. Jahre Erdgeschichte haben in Nordrhein-Westfalen eine reiche Palette unterschiedlicher Gesteine und Böden entstehen lassen. Sie sind der Grund und Boden, auf dem wir leben und den wir für kommende Generationen schützen und erhalten müssen. Die Ansprüche der Gesellschaft an die Geowissenschaften und an die Staatlichen Geologischen Dienste in Deutschland sind dabei hoch. Große Herausforderungen kommen auf uns zu, auch in NRW.

Daseinsvorsorge, Klimaschutz, Schutz und nachhaltige Nutzung von geogenen Ressourcen, Böden und Grundwasser, Abwehr und Präventionsmaßnahmen bei Gefahren, die vom Untergrund ausgehen, sind Stichworte, hinter denen sich komplexe Sachverhalte und diffizile Abwägungsprozesse mit hoher gesellschaftlicher Relevanz verbergen. Nur geeignete Informationsgrundlagen, wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse und Know-how auf aktuellem Stand helfen uns weiter. Die ökonomische Bedeutung dieser Herausforderungen ist bei der engen Verflechtung von geowissenschaftlichen Fragen mit allen gesellschaftlichen Bereichen groß. Die hierzu notwendigen Geofachdaten erhebt und pflegt der Geologische Dienst für das Land NRW und stellt sie zur Verfügung.

Anthropozän – Der Mensch nimmt Einfluss auf die Geofaktoren

Pleistozän, Holozän und jetzt auch Anthropozän? Im Jahre 2000 wurde von dem renommierten Meteorologen und Nobelpreisträger für Chemie, Paul Crutzen, die nacheiszeitliche Phase des Holozäns mit ihren weitgehend stabilen und natürlichen Klimabedingungen für beendet erklärt. Der Mensch sei durch seine weltweit und nachhaltig wirkenden Eingriffe in biologische, atmosphärische und geologische Prozesse zu dem bestimmenden Faktor der Umweltentwicklung geworden. Artensterben, Treibhausgase, Ozonloch, Klimawandel, Gletscherschmelze, Meeresspiegelanstieg, Vermüllung der Meere – die lange Liste von Auswirkungen der menschlichen Tätigkeiten auf die Lebensbedingungen war für Crutzen Anlass genug, ein neues stratigraphisches Zeitalter zu fordern, um auf die brisante Stellung des Menschen besser aufmerksam machen zu können. Der Terminus Anthropozän steht für das vom Menschen gemachte neue Zeitalter. Nach bisheriger Lesart beginnt es mit der fortgeschrittenen Industrialisierung im ausgehenden 18. Jahrhundert. Ob das Anthropozän zur offiziellen stratigraphischen Einheit ernannt werden wird, ist offen.



Anthropogener Eingriff in den Untergrund: Braunkohlentagebau Hambach

Relief und Boden

Neben der anthropogenen Einflussnahme auf Klima, Boden, Relief, Vegetation, Meere, Oberfläche und Untergrund im globalen Maßstab sind Veränderungen zudem im regionalen Maßstab offensichtlich – auch in NRW. Die Beispiele sind zahlreich. Im Ruhrgebiet haben wir viele und große Halden, morphologisch herausgehobene und nicht zu übersehende Landschaftsbauwerke als Hinterlassenschaften des Steinkohlenbergbaus. Aber nicht nur dort, im Braunkohlenrevier westlich von Köln können künstliche Aufhaldungen von Abraummateriale landschaftsprägend sein; die bekannte Sophienhöhe am Tagebau Hambach unweit von Jülich überragt die Umgebung um fast 200 m. Großflächige Absenkungen des Grundwassers durch Sumpfungmaßnahmen im Zusammenhang mit Braunkohlentagebauen haben die Grundwasserlandschaft verändert und Böden mit Grundwasseranschluss fast ausgetrocknet. Feuchtbiotope und natürliche Fließgewässer können oft nur durch Grundwasseranreicherungen in ihrer ökologischen Funktionalität erhalten werden. Im Ruhrgebiet haben Bergsenkungen das Relief verändert, Vorfluter sind kanalisiert, riesige Flächen versiegelt und überbaut.

Auch gibt es neue, künstliche Gesteinsarten: Technogene Substrate wie Aschen, Schlacken, Verhüttungs- und Verbrennungsrückstände, Baustoffe wie Ziegel und Beton, aber auch Hausmüll treten als neue „Sedimente“ und Ausgangsmaterialien der Bodenbildung auf. Damit tun sich Fragen nach ihren bisher unbekanntem Eigenschaften auf: Mögliche Freisetzung und Mobilität von gesundheitsbeeinträchtigenden Substanzen, wie Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine und Furane, sind in diesem Kontext bekannte Probleme.

Auswirkungen des Klimawandels

Wie sieht das Klima der nächsten Jahrzehnte aus? Wir können davon ausgehen, dass in NRW die Jahresmitteltemperaturen steigen, die Sommer trockener und die Winter regenreicher werden. Eis- und Frosttage werden ebenso wie die Tage mit Schneefall abnehmen; Extremwetterereignisse in den Sommermonaten werden noch häufiger auftreten. Das wird weitreichende Folgen für die Böden und den Untergrund haben. Die Beispiele sind zahlreich: zunehmende Bodenerosion, Veränderungen des Grund- und Stauwasserregimes in Böden mit vermehrtem Trockenstress, Wegfall von Grenzertragsböden, CO₂-Freisetzung aus Mooren, Schwermetallmobilität und erhöhter Eintrag in Gewässer, Windwurf in Wäldern, Schädlingsausbreitung, Bodenbewegungen nach Starkregen, verstärkte Neigung zu Subrosionen und Erdfällen, Standsicherheitsprobleme an Böschungen und natürlichen Hängen, nachhaltige Veränderung der Grundwasserlandschaften ...

Grund- und Oberflächenwasser

Mit dem prognostizierten Klimawandel wird der Schutz des Grundwassers und der zahlreichen Mineral- und Heilquellen in NRW besonders bedeutsam, denn mit ihm ändern sich auch Faktoren des Wasserkreislaufs. Niederschläge, Verdunstung und Abflussverhalten haben Auswirkungen auf Grundwasser und Gewässer. Um Grundwasservorkommen nachhaltig schützen zu können, müssen alle hydrologischen und hydrogeologischen Parameter bekannt sein. Geologische und hydrogeologische Karten und Fachdaten leisten einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Trinkwasserversorgung und der Bereitstellung von Brauch- und Beregnungswasser.

Der tiefe Untergrund

Sind unsere Kenntnisse des Untergrundes lückenlos? Die Ansprüche an die Nutzung des tieferen Untergrundes sind inzwischen sehr vielfältig. Da sind zum Beispiel die Gewinnung von Erdwärme, die Förderung von Rohstoffen wie Salz oder fossile Energieträger, die Speicherung von Öl und Gas oder die Lagerung radioaktiver und sonstiger schadstoffbelasteter Substanzen sowie unterirdische Bauwerke. Auch andere Fragen werden an den Untergrund gestellt, etwa beim Grundwasserwiederanstieg in Bereichen des ehemaligen Steinkohlenbergbaus. Jegliche Untergrundnutzung ist von geologischen Gegebenheiten abhängig und damit standortgebunden. Alle Eingriffe erfordern sorgfältige, vorausschauende Planungen und geowissenschaftliche Expertisen, damit Risiken minimiert werden können. Das Wissen über den Untergrund muss daher gepflegt und ständig erweitert werden. In den zurückliegenden Jahrzehnten wurden zwar verschiedene geophysikalische Verfahren entwickelt, um den Untergrund von der Oberfläche her zu erkunden, dennoch sind Informationen aus aufwendigen Tiefbohrungen unersetzlich. Die Bohrungsdatenbank des GD NRW enthält mehr als 300 000 Schichtenverzeichnisse von Aufschlüssen und Bohrungen aus allen Landesteilen. Im Bohrkernarchiv des GD NRW lagern 45 000 m Bohrkern aus nahezu 300 Bohrungen, kostbare Belegstücke zum Untergrund des Landes. Die tiefste Bohrung – bei Münster – erreichte 5 956 m, was 1962 westeuropäischer Rekord war.

Geogefahren auch in NRW

Erdbeben, Paläoseismik, Erdbebenalarmsystem

Seit 1980 überwacht der Geologische Dienst die Erdbebenaktivität in NRW. Die kontinuierliche Erhebung seismischer Daten in einem engmaschigen Netz von Messstationen hat gezeigt: Die Niederrheinische Bucht gehört zu den aktivsten Erdbebengebieten in Deutschland. Um die bestehende Erdbebengefährdung in dieser Region und ihrer Umgebung richtig einschätzen zu können, benötigen wir einen umfassenden Erdbebenkatalog und belastbare Informationen zu den maximal möglichen Erdbebenstärken. Neben der als Daueraufgabe durchgeführten instrumentellen Überwachung mittels hochsensibler Seismometer sind auch Studien zur Erdbebenaktivität in historischer Zeit und paläoseismische Untersuchungen an seismisch aktiven Störungen, also die Bewertung von Erdbebenereignissen aus vorgeschichtlicher Zeit, unverzichtbar. Der Untergrund ist in Bewegung. Im Quartär finden an den Hauptverwerfungen der Niederrheinischen Bucht Bewegungsraten von durchschnittlich 0,06 – 0,09 mm pro Jahr statt. Aber auch ruckartige Versätze mit Bewegungsstrecken von teilweise bis zu 80 cm, ausgelöst durch einzelne Starkbeben, können anhand paläoseismischer Untersuchungen in dieser Region nachgewiesen werden. Es gibt inzwischen Belege für prähistorische Starkbeben mit Magnituden von 6,3 – 6,8. Wie häufig solche starken Beben auftreten, ist derzeit nur unter Ansatz von Modellannahmen und -szenarien zu beurteilen. Daraus abgeleitete Wiederkehrperioden liegen in der Größenordnung von etwa 1 000 Jahren.

Dorfkirche in Düren-Distelrath mit deutlich sichtbaren Erdbebenschäden: Der romanische Turm aus Naturstein zeigt lange, mit Ziegeln ausgebesserte Risse und wird durch mehrere Maueranker gesichert.

Was tun bei Erdbeben?



Ruhe bewahren!



In Gebäuden: Schutz unter Türsturz oder Tisch suchen!



Nicht überstürzt ins Freie! Weg von Gebäuden!



Nicht unnötig telefonieren!

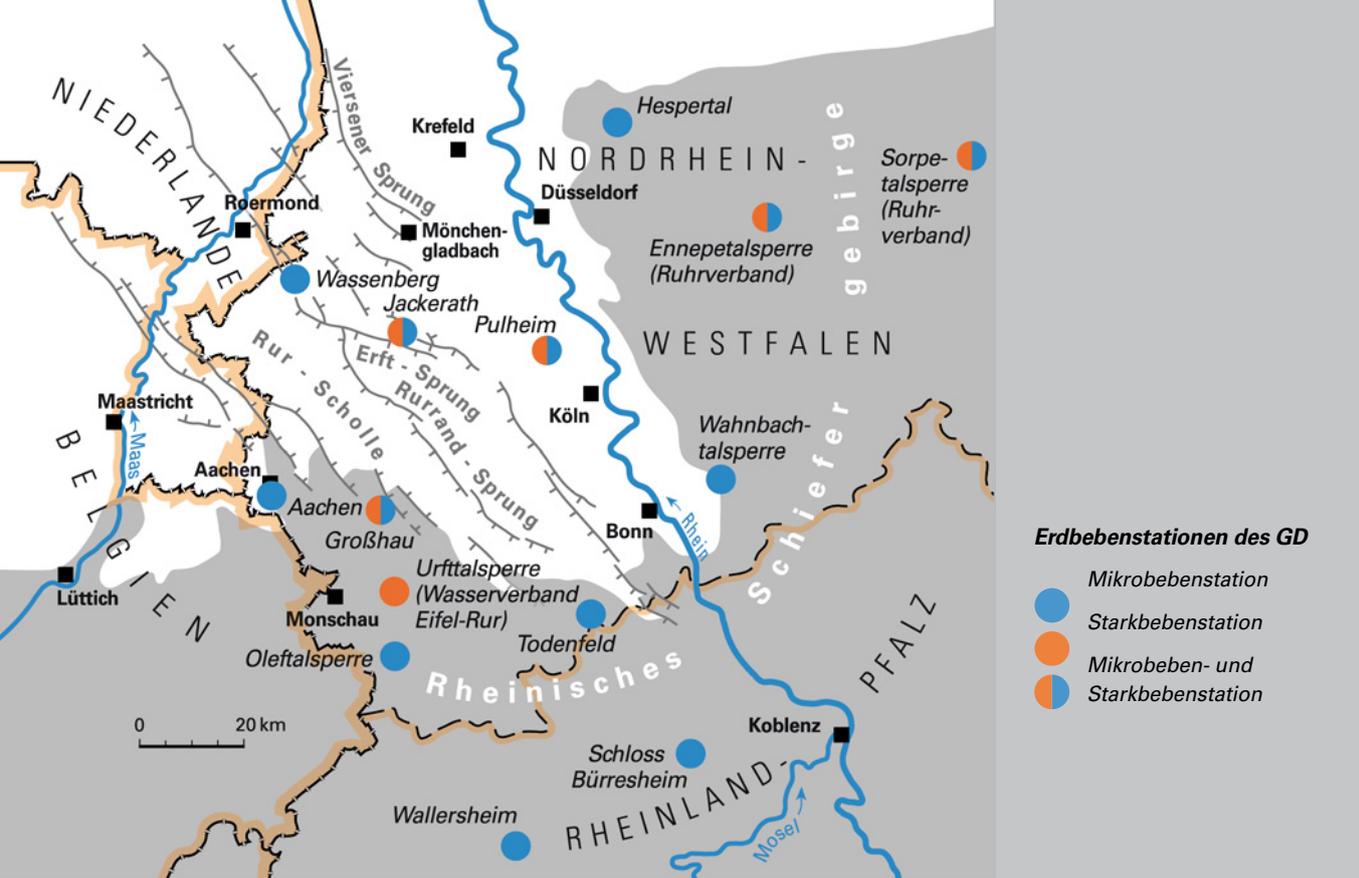


Radioansagen beachten!



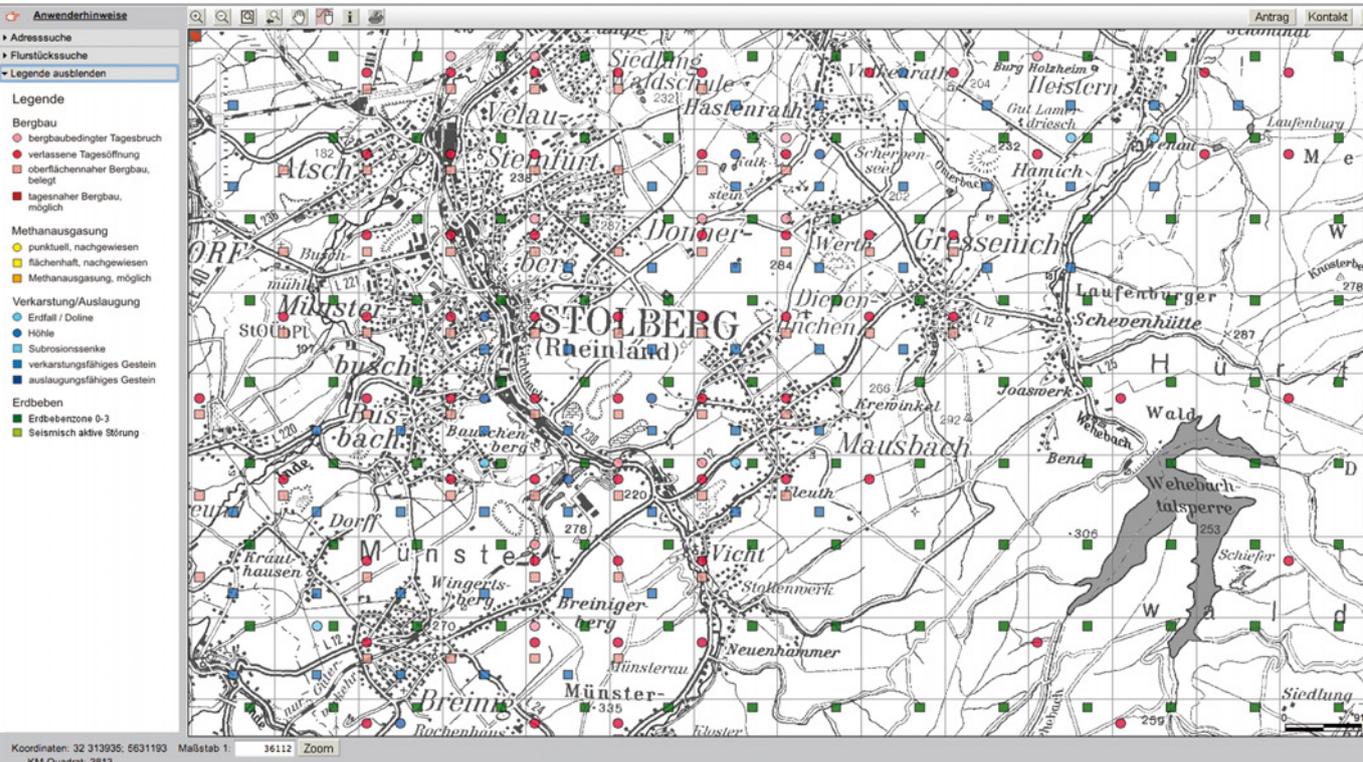
Rettungswege freihalten!





Auch Beben aus historischer Zeit, wie zum Beispiel die Ende 1755 beginnende und über mehrere Jahre andauernde Erdbebenserie im Rheinland, zeugen unmittelbar von der tektonischen Dynamik der Erdkruste in NRW. Das stärkste dieser Ereignisse war das Schadenbeben von Düren am 18. Februar 1756 mit einer Magnitude von ca. 6,4, nur einige Monate nach dem verheerenden Erdbeben von Lissabon vom 1. November 1755. Die Gesamtheit der seit der Zeit Kaiser Karls des Großen um 800 n. Chr. dokumentierten Beben gibt, gemeinsam mit der Datenbasis aus instrumentellen Registrierungen, Hinweise auf mögliche Intensitäten und Wiederkehrperioden tektonisch bedingter Erdbeben. Weitere detaillierte Untersuchungen der historischen und prähistorischen Seismizität sowie eine ständige Überwachung an aktiven Störungssystemen sind in so dicht besiedelten und intensiv genutzten Regionen wie der Niederrheinischen Bucht und dem Niederrheinischen Tiefland unverzichtbar.

Das vom Geologischen Dienst NRW entwickelte Erdbebenalarmsystem (EAS NRW) liefert seit Mai 2015 bei tektonischen Erdbeben in NRW und in den angrenzenden Gebieten mit Magnituden von 3,0 und größer automatisch generierte Meldungen zur Lage des Epizentrums, zur Stärke des Bebens und zur makroseismischen Bewertung. Sie beinhalten also eine Abschätzung der möglichen unmittelbaren Auswirkungen des Bebens. Die Meldungsinhalte werden anhand der Messdaten berechnet und geprüft, bevor sie innerhalb weniger Minuten an das Lagezentrum des NRW-Innenministeriums gesendet werden. Dort wird umgehend über die Notwendigkeit und den Einsatz von Rettungsmaßnahmen, die Koordinierung von Rettungseinsätzen etc. entschieden. Ein großes Plus zur Sicherheit von Menschen und zum Schutz von sicherheitsrelevanten Anlagen oder sensiblen Infrastruktureinrichtungen.



Bürgerversion des
Info-Portals GDU

Untergrundgefahren und das Info-Portal GDU – Gefährdungspotenziale des Untergrundes

Neben den Erdbeben birgt der Untergrund weitere Georisiken, die uns in Zukunft noch mehr beschäftigen werden. Hier einige typische Beispiele aus NRW, die geologisch und montanhistorisch bedingt sind:

- Verkarstung oder Auslaugung von Salz-, Sulfat- und Karbonatgesteinen mit Erdfällen, Dolinen, Subrosionsssenken
- Ausgasung des Treibhausgases Methan (CH₄) aus Kohlenflözen und organogen geprägten Böden und Gesteinen
- Spätfolgen des früheren oberflächennahen Bergbaus: bergbaubedingte Tagesbrüche, Tagesöffnungen etc.

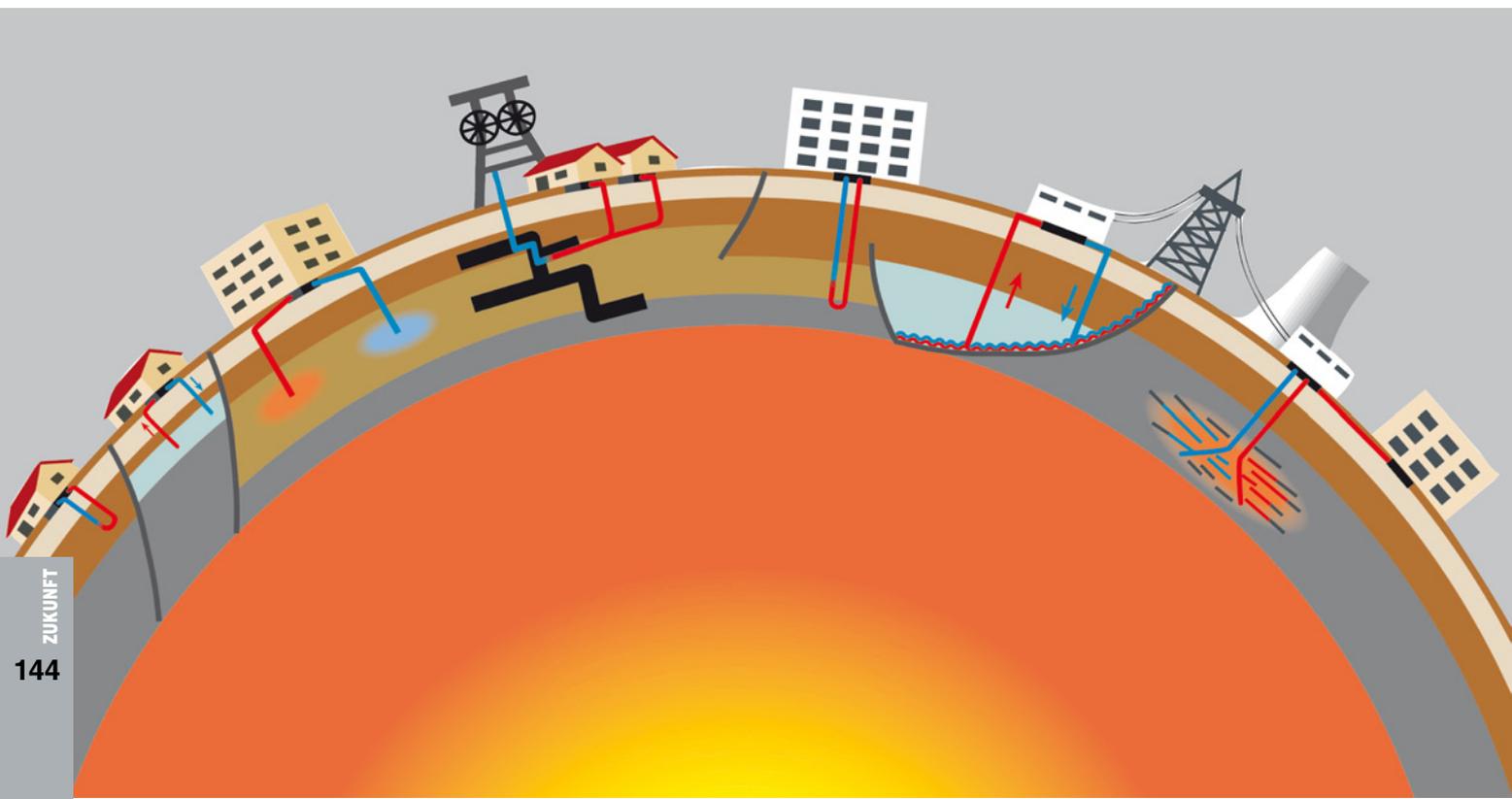
Durch den GD NRW werden landesweit Geofachdaten zu geologischen Gefahrenpotenzialen erhoben, bewertet, im Informationssystem „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW“ archiviert und gepflegt. Sie werden für raumbezogene Planungs- und Genehmigungsprozesse sowie für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

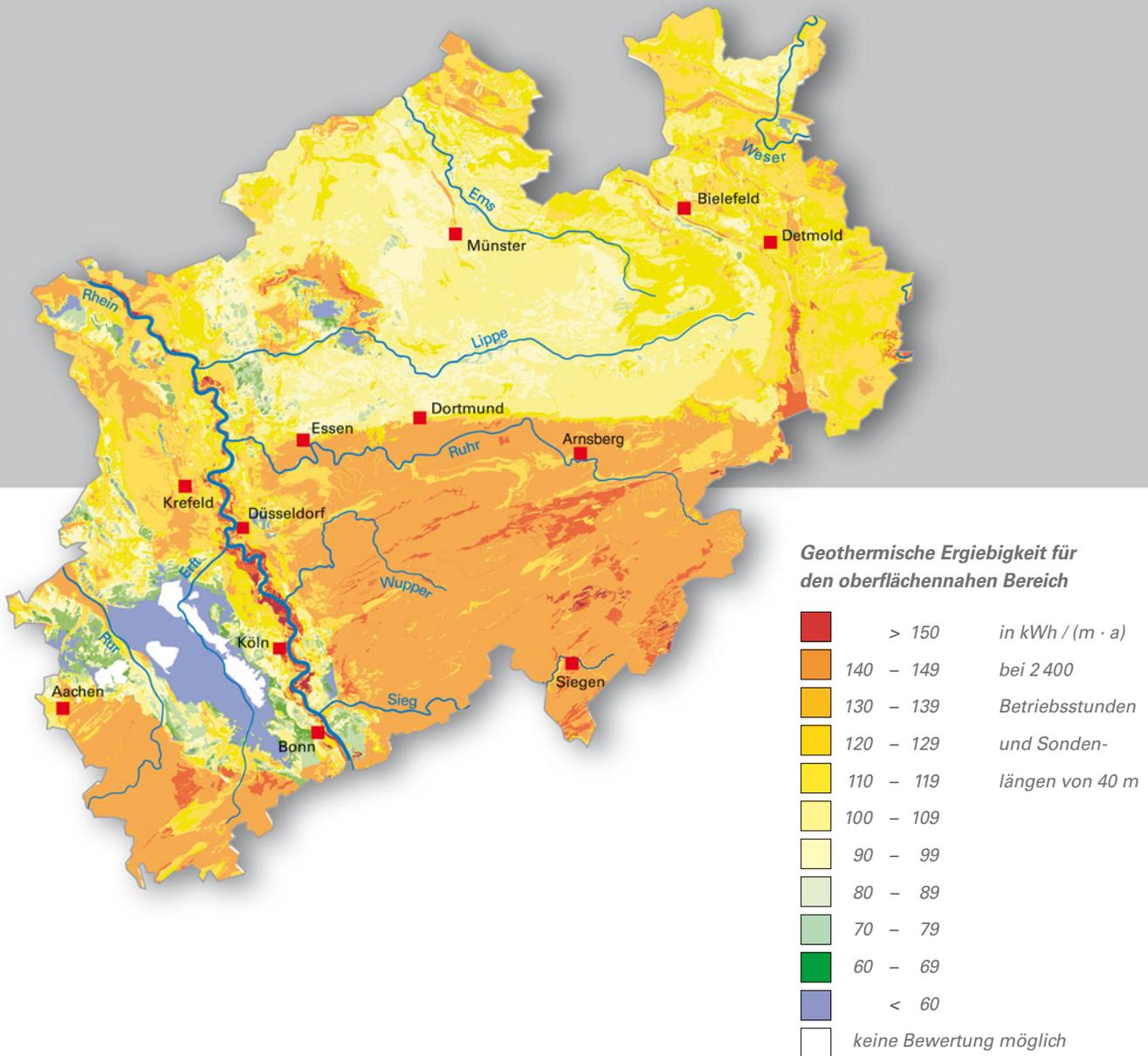
Geowissenschaften für eine nachhaltige Entwicklung

Keine Prognose ohne Basisdaten

Geowissenschaftlicher Sachverstand für ein geologisch so abwechslungsreich und komplex aufgebautes Bundesland erfordert eine verlässliche Datenbasis, um all den schwierigen Fragen der Gesellschaft an die Geowissenschaften gerecht werden zu können. Geofachdaten müssen erfasst, laufend fortgeschrieben, weiterentwickelt und technisch verfügbar gemacht werden. Unsere jetzigen Kenntnisse von NRWs Geologie und Böden sind zwar groß, allerdings haben sich die Anforderungen an die Datenform und -dichte in den letzten Jahren stark gewandelt. Bodenversauerung, Bodennutzung, alljährliche Waldschadensberichte, Standortklassifikation, Grundwasserschutz und Grundwasserwiederanstieg, geothermische Eignung und Nutzung, Erdbebenüberwachung und fortlebende Tektonik, Georisiken und Prävention, Rohstoffnutzung und Schadstoffmobilität – in vielen aktuellen Themenfeldern stecken geologische und bodenkundliche Daten. Nur eine flächendeckende, gründliche und umfassende geologische und bodenkundliche Landesaufnahme kann die Datenbasis für anstehende Fragen liefern und ermöglicht einen verantwortungsvollen Umgang mit Chancen und Risiken des Untergrundes.

Erdwärme ist vielfältig nutzbar.

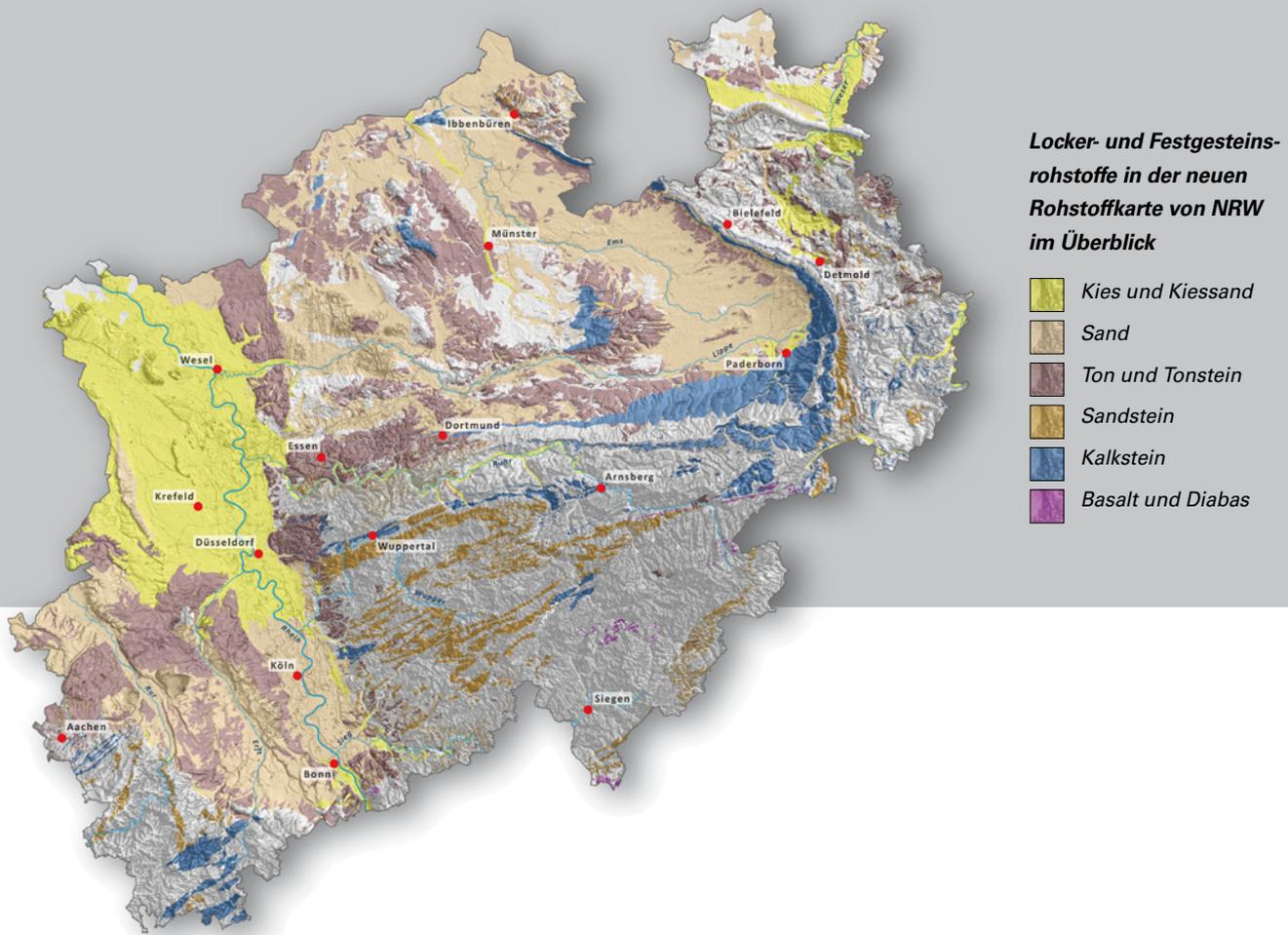




Wärme aus der Erde – Geothermie

Deutschlands Energieversorgung ist derzeit noch maßgeblich von Öl- und Gasimporten abhängig. Regenerative Energieformen gewinnen aber immer mehr an Bedeutung. Dazu zählt auch die Erdwärme. In NRW ist die geothermische Ergiebigkeit des oberflächennahen Untergrundes in der Regel ausreichend hoch, um Eigenheime kostengünstig mit Heizenergie zu versorgen. Über das Geothermieportal des GD NRW können für das gesamte Bundesland Daten zur oberflächennahen geothermischen Nutzung abgerufen werden.

In NRW kann auch aus Tiefen bis zu mehreren tausend Metern geothermische Energie gewonnen werden. Tiefe Erdwärmesonden mit hydro- oder petrothermalen Verfahren sowie die Nutzung von warmen Grubenwässern aus den Schachtanlagen des Steinkohlenbergbaus kommen hierfür infrage. Wenn Temperaturen von über 100 °C erreicht werden, lässt sich tiefe Geothermie auch zur Stromerzeugung nutzen.



Rohstoffgewinnung und Ressourcenschutz

NRW ist ein ausgesprochen rohstoffreiches Bundesland. Die Liste von ökonomisch bedeutsamen Rohstoffen ist lang: Stein- und Braunkohle, Steinsalz, Kies und Sand, Kalk-, Mergelkalk- und Dolomitstein, Quarzsand, Basalt und einige mehr. Sie alle sind unerlässlich und begegnen uns jeden Tag. Von der Zahnpasta bis zum Beton, überall werden mineralische Rohstoffe benötigt. Ihre Gewinnung ist standortgebunden, steht aber auch in direkter Konkurrenz zum Trinkwasserschutz, Natur- und Landschaftsschutz, zu Flächenansprüchen für Infrastruktur, Wohnbebauung und anderen mehr. Wie lassen sich all die widerstreitenden Interessen, die Nutzungskonflikte, die Gefahren managen und wie ist dennoch eine lebenswerte, gesunde und stabile Umwelt zu erhalten? Nachhaltige Ressourcennutzung ist für diese komplexe Interessenlage eine besondere Herausforderung.

Die landesplanerische Sicherung von Rohstoffvorkommen muss auf verlässlichen Fundamenten ruhen. Die seit 2014 vorliegende Rohstoffkarte für Locker- und Festgesteine im Maßstab 1 : 50 000 liefert dazu eine wesentliche Planungsgrundlage. Um die Versorgungssicherheit und eine nachhaltige Nutzung der Rohstoffvorkommen zu gewährleisten, ist parallel zur neuen Rohstoffkarte vom GD NRW ein Abgrabungsmonitoring entwickelt worden. Dabei werden Abbausituationen landesweit nach einheitlichen Methoden erfasst, Abbaufortschritte in Zeitreihen dokumentiert und Restvolumina sowie Versorgungszeiträume für einzelne Rohstoffgruppen mit hoher Genauigkeit ermittelt.

*Basaltsäulen
am Dächelsberg
in Wachtberg*

Geotope als Zeugen der erdgeschichtlichen Entwicklung

Die lange erdgeschichtliche Entwicklung von NRW spiegelt sich in der Anzahl der geologisch herausragenden Lokationen wider. Wir haben über 4 000 dokumentierte Geotope in NRW, mehr als in jedem anderen Bundesland. Sie sind Schlüssel zum Verständnis der spannenden und manchmal geheimnisvollen Erdgeschichte und daher schützenswert. Sie tragen dazu bei, eine etwas andere und vielleicht nicht ganz alltägliche Sicht auf unseren Planeten zu eröffnen. Viele Geotope sind für die Öffentlichkeit zugänglich: zum Beispiel die Tropfsteinhöhlen in den mitteldevonischen Kalksteinen im Bergischen Land und im Sauerland, die Katzensteine in der Eifel, die Externsteine in Horn-Bad Meinberg, das Siebengebirge bei Königswinter, aber auch viele kleinere Steinbrüche, Felswände und manches andere mehr. Ziel ist es, Geotope zu erhalten und als Naturdenkmäler, Naturschutzgebiete oder nach den Möglichkeiten des Landschaftsgesetzes zu schützen und als erdgeschichtliche Dokumente künftigen Generationen zu erhalten.

*Geneigte Schichtfläche
in Sandsteinen der
Nehden-Schichten
bei Hallenberg*



Felsenmeer bei Hemer

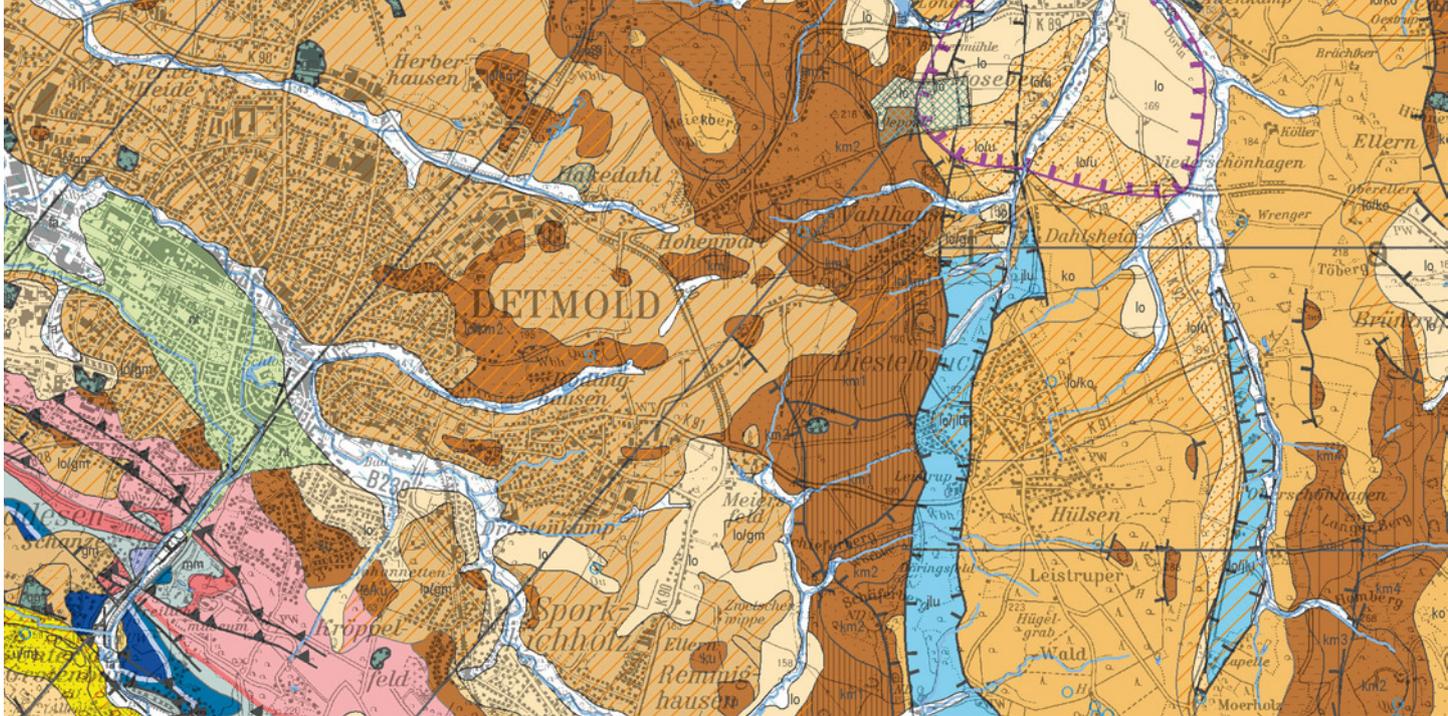


Nordrhein-Westfalen im geowissenschaftlichen Kartenbild

Wie genau sieht der Boden oder der Gesteinsuntergrund an meinem Wohnort aus? Ist der Untergrund tragfähig genug für ein Gebäude und wie müssen die Fundamente ausgelegt werden? Gibt es grundwasserführende Schichten? Lohnt sich für mich eine Erdwärmeanlage? Gibt es in der Region gute und besondere Acker- oder Waldböden? Gibt es Bodenschätze? Welche geologischen Besonderheiten sind einen Ausflug wert?

Diese und viele andere Fragen zum Untergrund bewegen Privatleute, Wirtschaftsunternehmen, Planer, Politik, Kommunal- und Landesverwaltung. Sie alle brauchen Geofachdaten für die Planung der unterschiedlichsten Projekte, zur Abwägung konkurrierender Interessen, zum nachhaltigen Schutz des Untergrundes oder zur allgemeinen Information.

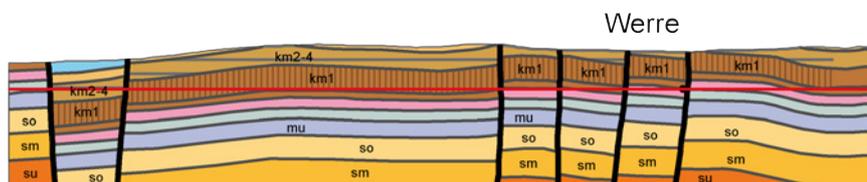
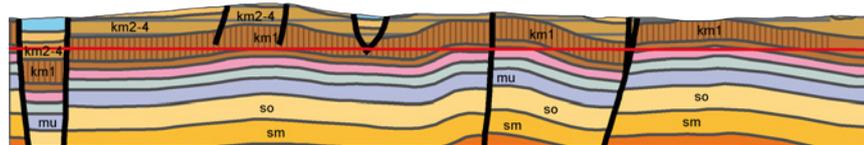
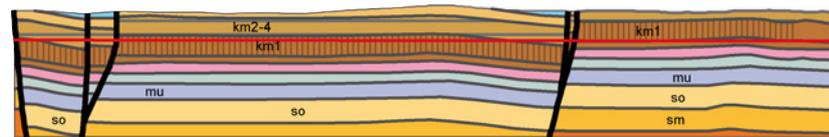
Hier helfen die geowissenschaftlichen Kartenwerke und die modernen und leistungsfähigen Geoinformationssysteme des Geologischen Dienstes, die er als Einrichtung des Landes NRW erstellt und für Politik, Verwaltung, Wirtschaft und die Öffentlichkeit verfügbar macht. Früher waren es ausschließlich gedruckte Karten. Die gibt es zwar nach wie vor, heute sind aber zunehmend digitale Geofachdaten mit zahlreichen Angaben zum Aufbau des Untergrundes und seinen Eigenschaften gefragt. Diese haben den Vorteil, dass Karten als thematischer Auszug aus den Geoinformationssystemen entweder als Standardausgabe, in Onlinediensten oder auch bedarfsorientiert zur Verfügung gestellt werden können. Je nach Fragestellung der Anwender können so Informationen mit individuellem Kartenzuschnitt elektronisch weitergegeben oder auf Papier geplottet werden.



*Auszug aus dem Informationssystem
 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000,
 geologische Detaildarstellung und Beispiele
 für geologische Schnitte aus dem Raum Detmold*

Geologische Karten

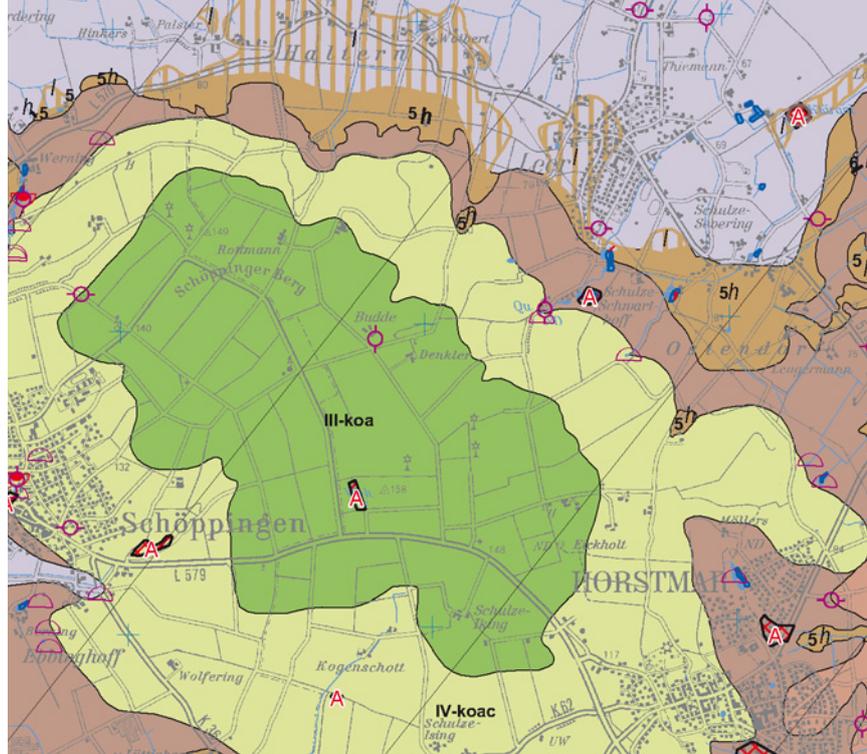
Geologische Karten liefern in Kombination mit vertikalen Schnitten ein quasi dreidimensionales Modell des Untergrundes und geben Informationen über das räumliche Neben- und Übereinander von Gesteinsschichten, ihr Alter, ihre Zusammensetzung, Verbreitung und Mächtigkeit sowie über tektonische Elemente wie Falten oder Verwerfungen. Sie enthalten damit die Basisdaten zum Untergrund. Alle weiteren Themenkarten bauen hierauf auf. Es gibt analoge und digitale geologische Karten in verschiedenen Übersichtsmaßstäben zwischen 1 : 1 Mio. und 1 : 100 000. Für detaillierte Informationen bieten sich Auszüge aus dem Informationssystem Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 mit verschiedenen Kartenebenen und Schnittserien sowie die gedruckten Karten im Maßstab 1 : 25 000 an. Zu den meisten gedruckten Karten gibt es Erläuterungshefte mit wertvollen, im Kartenbild nicht darstellbaren Informationen zur Geologie eines Gebietes.



Werre

Hydrogeologische Karten

Hydrogeologische Karten leiten sich aus den Grunddaten der geologischen Karten und zum Teil auch der Bodenkarten ab. Im Planungsmaßstab 1 : 50 000 liefern sie digital oder analog Angaben über die Grundwasserführung der Gesteinsschichten, über Grundwasserleiter und -geringleiter, deren hydraulische Verbindungen und Ergiebigkeiten, über die Schutzfunktion von Deckschichten, zum Flurabstand und zur chemischen Beschaffenheit des Grundwassers. Zusammen mit Tiefenschnitten vermitteln sie ein räumliches Gesamtbild der Grundwassersituation.

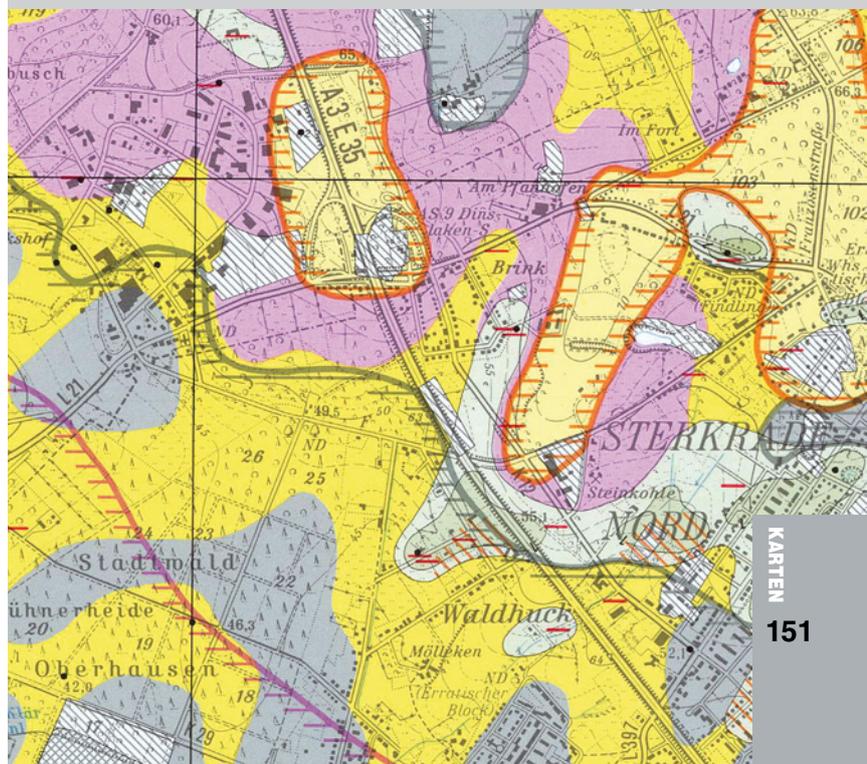
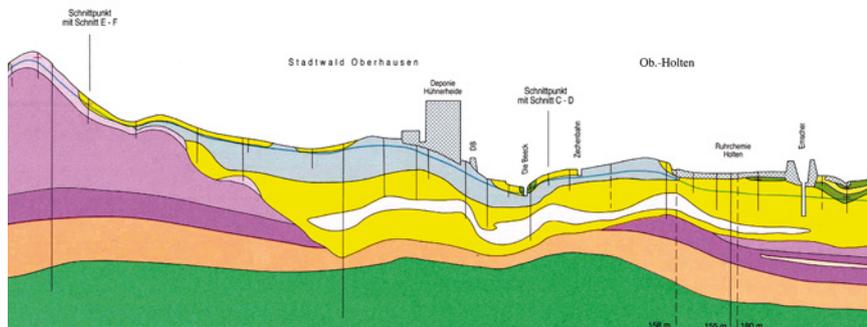


Auszug aus dem Informationssystem Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 für das Gebiet des Schöppinger Berges

Auszug aus dem Informationssystem Ingenieurgeologische Karte 1 : 25 000 für den Raum Oberhausen-Sterkrade

Ingenieurgeologische Karten

Ingenieurgeologische Karten im Maßstab 1 : 25 000 gibt es für Teile der Ballungsräume an Rhein und Ruhr. Bei diesen Karten steht die Eignung des Untergrundes als Baugrund im Blickpunkt. Sie liefern Informationen für Planungen und Vorentwürfe von Bauwerksgründungen, die durch gezielte örtliche Untersuchungen ergänzt und gestützt werden müssen.





Auszug aus der Rohstoffkarte
von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000,
Verbreitung von Sand und Kies

Rohstoffkarten

Rohstoffkarten liefern Informationen über die Verbreitung und Beschaffenheit von Gesteinsrohstoffen. Ob Steine und Erden, Salz, Stein- oder Braunkohle, Kohlenwasserstoffe oder Erze: NRW ist ein rohstoffreiches Land. Rohstoffkarten sind daher für die Landesplanung und die Rohstoffindustrie von großer Bedeutung. So gibt es für die verschiedenen Rohstoffe sehr umfangreiche, in Karten zusammengefasste Daten.

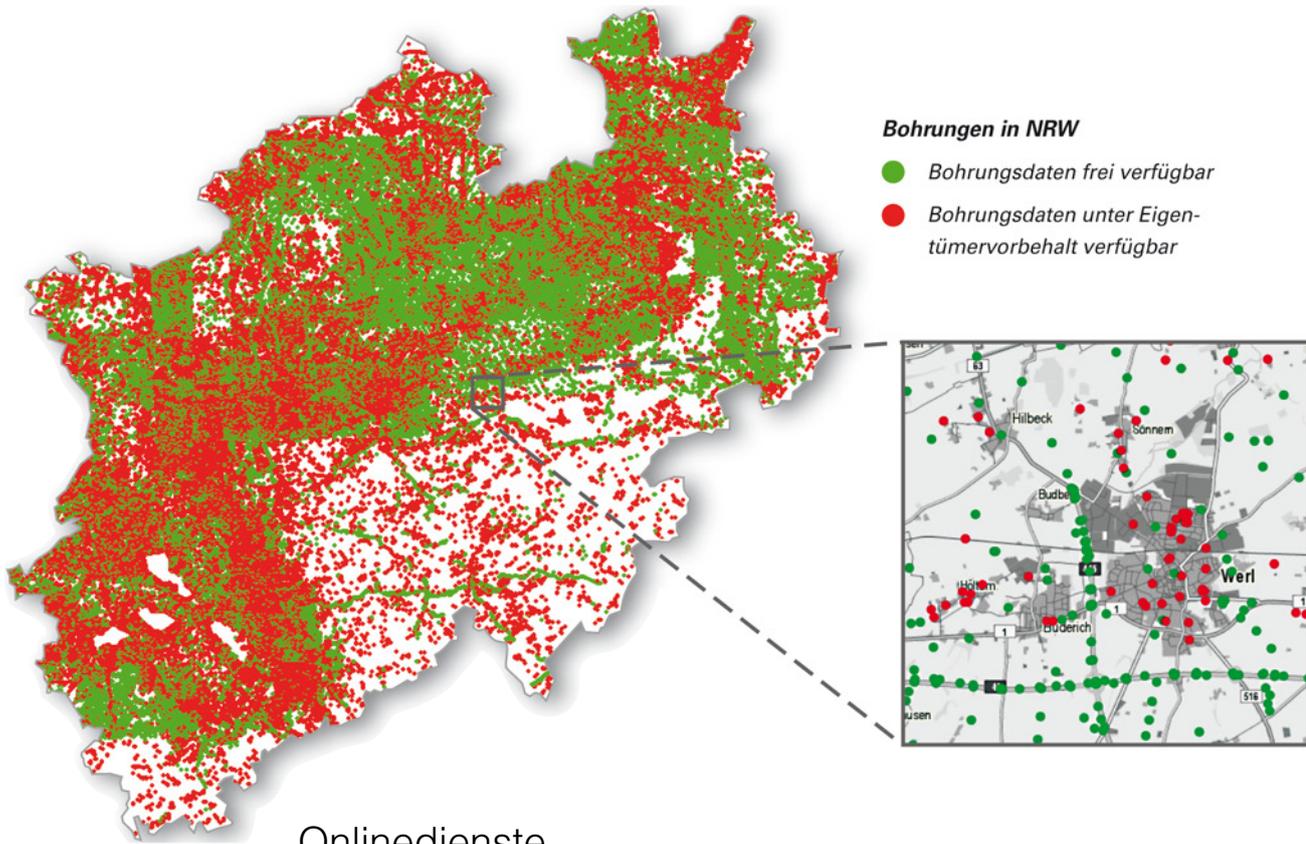
Die flächendeckend im Planungsmaßstab 1 : 50 000 entwickelte Rohstoffkarte von NRW basiert auf einem Informationssystem und gibt Auskunft zu den oberflächennahen nicht-energetischen, nach Rohstoffgruppen zusammengefassten Locker- und Festgesteinen, zum Beispiel zu deren Verbreitung, Mächtigkeit und Überlagerung.

Digitale Untergrundmodelle

Digitale Untergrundmodelle lassen sich insbesondere aus Bohrungen und aus Daten der geologischen Landesaufnahme ableiten. Die Geoinformationstechnologie ermöglicht es, mit diesen Daten den Untergrund in 3D-Modellen zu visualisieren und sie am Bildschirm aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Solche Modelle werden als Produktelement des Informationssystems Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 erstellt. Sie veranschaulichen die geologische Situation und unterstützen alle raumbezogenen, den Untergrund betreffenden Planungen.

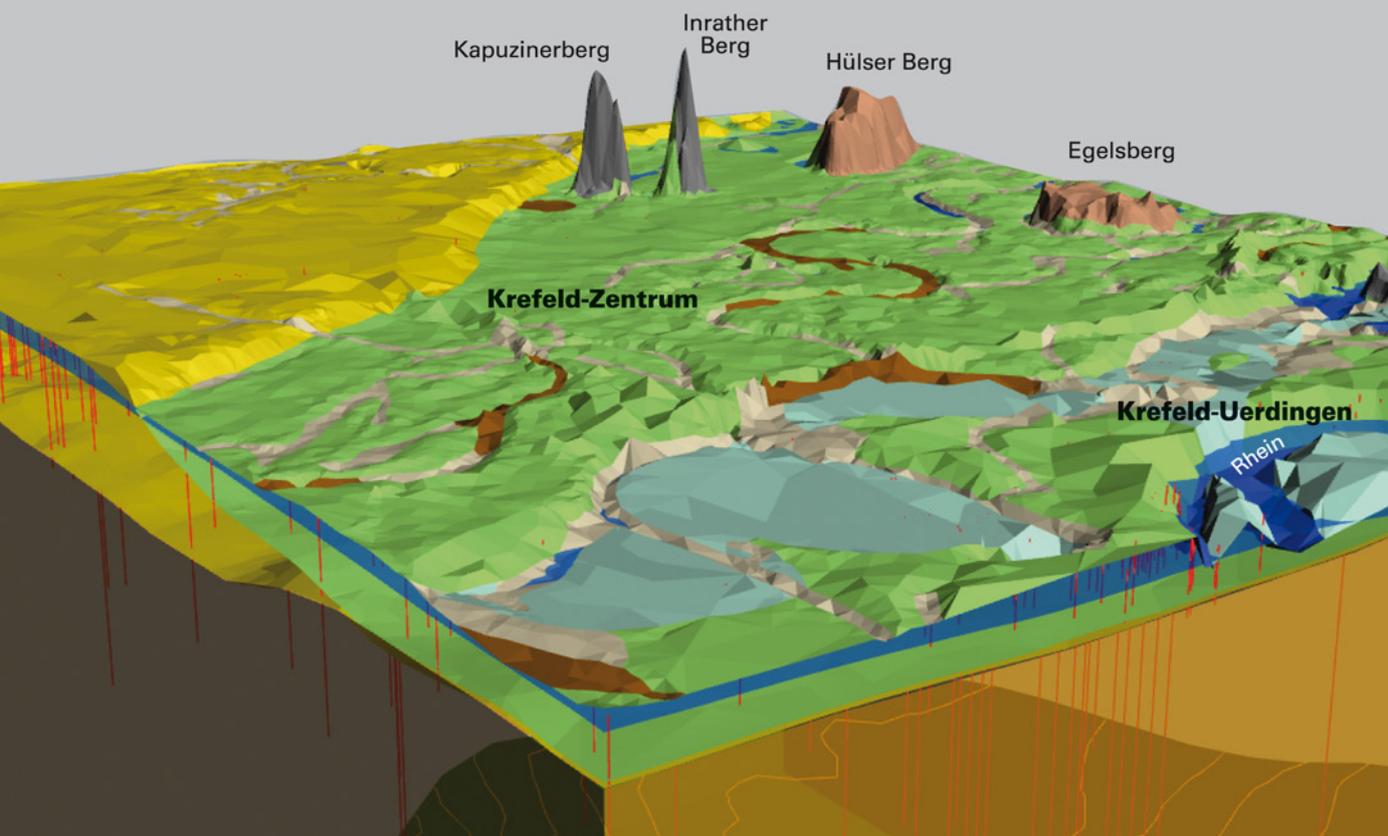
Digitales 3D-Untergrundmodell für den Raum Krefeld

-  künstliche Aufschüttung
-  Niedermoor
-  Bachablagerungen
-  holozäne Auenterrasse
-  Niederterrasse
-  Holstein-Interglazial
-  Mittelterrasse
-  Gletscherablagerungen
-  Tertiär
-  Festgestein
-  Gewässer/Grundwasseroberfläche
-  Isolinie Basis Tertiär
-  Bohrung



Onlinedienste

Onlinedienste bieten inzwischen einen schnellen und einfachen Zugang zu geowissenschaftlichen Karten. Viele Geofachdaten sind als Web Map Services (WMS) abrufbar und mit GIS-Anwendungen oder geeigneten Kartenviewern frei zu nutzen. Ein Teil der zuvor genannten, aus den Informationssystemen zu Geologie, Boden und Hydrogeologie abgeleiteten Kartenwerke steht somit einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung. Das Angebot wird Zug um Zug erweitert. Andere Informationen sind über eigene themenspezifische Internetportale zu erreichen, insbesondere über die Portale „Bohrungen in NRW“, „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW“, „Geothermie in NRW – Standortcheck“ und „Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen“.



Schriften, Internet, Quellen

Schriften

Die vielfältigen Erkenntnisse zur Geologie und zu den Böden in NRW sind in zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen niedergelegt. Sie alle oder auch nur besonders herausragende Arbeiten zu nennen, ist in dieser Zusammenschau nicht möglich. Anstelle einer ausführlichen Literaturübersicht verweisen wir hier lediglich auf einige wenige regionale Beschreibungen zur Geologie und zu den Böden in NRW. Diese vertiefen den Inhalt dieses Buches und bieten jeweils ausführliche Literaturangaben.

- DROZDZEWSKI, G. (2007): Lagerstätten nutzbarer Festgesteine in Nordrhein-Westfalen. – 163 S., 74 Abb., 10 Tab., 1 Anl.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2003), mit Beitr. von BÉRENGER, D.; BETZER, H.-J.; DASSEL, W.; DROZDZEWSKI, G.; FARRENSCHON, J.; GAWLIK, A.; HEUSER, H.; JUCH, D.; KLASSEN, H.; RIBBERT, K.-H.; SKUPIN, K.: Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland. – 219 S., 59 Abb., 18 Tab., 6 Taf.; Krefeld.
- Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2004): Zeitreise durch den Untergrund von Nordrhein-Westfalen – Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 500 000; Krefeld.
- Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2008): Geotope in Nordrhein-Westfalen – Zeugnisse der Erdgeschichte, 3. Aufl. – 44 S., zahlr. Abb.; Krefeld.
- Geologischer Dienst NRW [Hrsg.] (2005): Böden am Niederrhein : Entstehung, Eigenschaften, Verbreitung, Nutzung, Schutz. – CD-ROM; Krefeld.
- Geologischer Dienst NRW [Hrsg.] (2017) mit Beitr. von RIBBERT, K.-H.; WREDE, V.; OESTERREICH, B.; BAUMGARTEN, H.; GAWLIK, A.; HEUSER, H.; PIECHA, M.; ROTH, R.; THÜNKER, M.; BAALES, M.; CICHY, E.; ZEILER, M.: Geologie im Rheinischen Schiefergebirge. Tl. 3: Sauer- und Siegerland. – 243 S., 134 Abb., 14 Taf. in der Anl.; Krefeld
- Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (1988), mit Beitr. von ALBERTS, B.; HAGER, H.; HEIDE, G.; HILDEN, H. D.; KLOSTERMANN, J.; KNAPP, G.; PELZING, R.; PRÜFERT, J.; QUERFURTH, H.; SCHLIMM, W.; THIERMANN, A.; WREDE, V.; KNAUFF, W.; REICHMANN, C.: Geologie am Niederrhein, 4. Aufl. – 142 S., 39 Abb., 4 Tab.; Krefeld.
- Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (1995), mit Beitr. von DAHM-ARENS, H.; DROZDZEWSKI, G.; FINKE, W.; HISS, M.; LEHMANN, F.; MICHEL, G.; SKUPIN, K.; STAUDE, H.; THIERMANN, A.: Geologie im Münsterland. – 195 S., 50 Abb., 6 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1992): Das Quartär der Niederrheinischen Bucht : Ablagerungen der letzten Eiszeit am Niederrhein. – 200 S., 30 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- MICHEL, G.; ADAMS, U.; SCHOLLMAYER, G. (1998): Mineral- und Heilwässervorkommen in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. – 80 S., 16 Abb., 11 Tab., 1 Kt. in der Anl.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- PELZING, R. (2008): Erdbeben in Nordrhein-Westfalen. – 42 S., 19 Abb., 1 Tab.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).

- RIBBERT, K.-H. (2010) mit Beitr. von BAUMGARTEN, H.; GAWLIK, A.; GREWE, K.; RICHTER, F.; SCHUSTER, H.; WEGENER, W.: Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, Tl. 1: Nordeifel. – 185 S., 113 Abb. 6 Tab.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- RIBBERT, K.-H. (2012) mit Beitr. von BAUMGARTEN, H.; GAWLIK, A.; GECHTER-JONES, J.; JONES, M.; RICHTER, F.; WILDER, H.: Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, Tl. 2: Bergisches Land. – 193 S., 94 Abb. 6 Tab.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- ROTH, R. (2014): Böden im Sauer- und Siegerland. – Krefeld (Geol. Dienst NRW). – [E-Book/Download als pdf unter www.gd.nrw.de]
- SCHREY, H. P. (2014): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 : Inhalt · Aufbau · Auswertung. – 120 S., 20 Abb., 35 Tab., 81 S. m. Tab. i. Anh.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- SKUPIN, K.; SPEETZEN, E.; ZANDSTRA, J. G. (2003): Die Eiszeit in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten Niedersachsens. – 95 S., 15 Abb., 10 Tab., 2 Tab. i. Anh., 1 Fototaf. i. Anh.; Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- SKUPIN, K.; ZANDSTRA, J. G. (2011): Gletscher der Saale-Kaltzeit am Niederrhein. – 116 S., 30 Abb., 16 Tab., 3 Bildtaf., 7 Tab. i. Anh., 2 Taf. i. d. Anl. – Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- SPEETZEN, E. (1998): Findlinge in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. – 172 S., 43 Abb., 9 Tab., Anh. m. 111 Kurzbeschreibungen u. Fotos, 1 Anl.-Taf. – Krefeld (Geol. Dienst NRW).
- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000. – Hrsg.: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf./Geol. Dienst NRW; Krefeld. – [flächendeckend für das Land NRW; z. T. 2. Aufl.]
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, mit Erl. – Hrsg.: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf./Geol. Dienst NRW; Krefeld. – [20 Blätter flächendeckend für das Land NRW; z. T. 2. Aufl.]
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, mit Erl. – Hrsg.: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf./Geol. Dienst NRW; Krefeld. – [zahlr. Blätter für das Land NRW; z. T. 2./3. Aufl.]

Internet

www.gd.nrw.de

Homepage des Geologischen Dienstes NRW mit zahlreichen Informationen zu Geologie und Böden in NRW, weiterführenden Links zu den Geoportalen, zum Geoshop und zu Onlinediensten wie Web Map Services, 3D-Untergrundbildern etc.

www.geothermie.nrw.de

Geothermieportal von NRW. Es informiert über das geothermische Potenzial und gibt in einem Standortcheck Auskunft darüber, ob eine Wärmepumpenheizung dort energetisch sinnvoll ist.

www.gdu.nrw.de

Portal „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ mit Angaben zu geogenen und bergbaubedingten Untergrundgefahren.

www.bohrungen.nrw.de

Bohrungsportal. Es gibt Auskunft über alle in NRW registrierten Bohrungen und zeigt vereinfachte Schichtenprofile an.

www.erosion.nrw.de

Das Portal „Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen“ zeigt Erosionsgefährdungsklassen nach Landeserosionsschutzverordnung (LESchV) und ist rechtlich verbindlich.

<http://litholex.bgr.de>

Lithostratigraphisches Lexikon. Es gibt Beschreibungen zu vielen der in den stratigraphischen Tabellen aufgelisteten Schichteinheiten.

Quellenangaben

Zahlen und Daten aus NRW

- S. 12:** www.it.nrw.de (Abruf 27.10.2015);
www.naturparke.de (Abruf 27.10.2015)
- S. 13/14:** www.bvl.bund.de (Abruf 27.10.2015);
www.talsperren.net (Abruf 27.10.2015)
- S. 44:** Gesamtverband Steinkohle: Steinkohle 2014 – Kennzahlen, www.gvst.de/site/steinkohle/kennzahlen2014.htm (Abruf 17.9.2015).
- S. 45:** www.halden.ruhr/halde-oberscholven.html (Abruf 2.10.2015)
- S. 83 unten:** Barbara Erzbergbau GmbH, Porta Westfalica.
- S. 100:** RWE Power AG, Köln
- S. 108 (Tabelle):** GD NRW, ergänzt durch Angaben von RWE Power AG, Köln, und www.halden.ruhr/halde-oberscholven.html (Abruf 2.10.2015)
- S. 112 (Tabelle):** ergänzt nach SPEETZEN (1998), Findlinge in NRW
- S. 135:** Flächenverbrauch aus www.lanuv.nrw.de (Abruf 27.10.2015)

Altersangaben

zu den Erdzeitaltern und in den stratigraphischen Tabellen: Deutsche Stratigraphische Kommission, Stratigraphische Tabelle von Deutschland (STD) 2016 (in Vorb.) bzw. International Chronostratigraphic Chart, Version 2015/01, www.stratigraphy.org (gerundet).

Bildnachweise

- S. 8:** GD NRW (www.gd.nrw.de/zip/ge_3D-NRW.pdf)
- S. 15 oben:** R. WENGENROTH, Tourismus NRW e. V.
- S. 15 unten:** verändert nach PIECHA (2008), GeoWanderführer Rothaarsteig
- S. 17 oben, S. 18 oben:** O. FRANKE, Tourismus NRW e. V.
- S. 24 unten links, S. 37 unten:** aus DROZDZEWSKI (2007), Lagerstätten nutzbarer Festgesteine in NRW
- S. 25 oben, S. 34 unten, S. 49 Mitte, S. 57 Mitte, S. 68 oben, S. 78 oben links, S. 87 oben, S. 97 unten, S. 108 unten:** GD NRW, gezeichnet nach Vorlagen von R. BLAKEY (2014), www.cpgeosystems.com (Abruf 2.10.2015)
- S. 30/31:** GD NRW, unter Verwendung der Devon-Tabellen in RIBBERT (2010, 2012, in Vorb.), Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, TI. I – III
- S. 32:** P. GIESEN, Wuppertal
- S. 33 unten:** aus RIBBERT (in Vorb.), Rheinisches Schiefergebirge, TI. III
- S. 34 oben, S. 78 oben rechts:** GD NRW, unter Verwendung von ZIEGLER (1990), Geological Atlas of Western and Central Europe
- S. 35 oben:** verändert nach RIBBERT (2010), Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, TI. I
- S. 36 oben:** aus RIBBERT (2010), Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, TI. I
- S. 45 unten:** GD NRW (www.gd.nrw.de/zip/ge_3D-Modell_Dortmund.pdf)
- S. 46, S. 68 unten, S. 79 Mitte:** GD NRW (2003), Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland
- S. 48 oben:** PIECHA (2008), GeoWanderführer Rothaarsteig

S. 49 unten, S. 52 oben, S. 57 unten, S. 87 Mitte, S. 89 unten: verändert nach Geologisches Landesamt NRW (1995), Geologie im Münsterland

S. 50 oben: L. KOCH, Ennepetal

S. 53: verändert nach www.geodt.com/deu/d/Inkohlung (Abruf 2.10.2015)

S. 55 unten: Geologisches Landesamt NRW (1990), Schnitt E – F, Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Blatt 4508 Essen (verändert)

S. 61 oben, S. 73 oben, S. 93: LWL-Museum für Naturkunde, Münster

S. 65 unten: GD NRW, Auszug aus dem Informationssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW

S. 68 Mitte: verändert nach GD NRW (2003), Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland

S. 70 unten: RIBBERT (2010), Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, Tl. I

S. 83 unten: verändert nach GD NRW (2003), Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland

S. 92 unten links: Ruhr Museum, Essen

S. 95 oben: U. LIEVEN (aus Sammlung Ruhr Museum, Essen)

S. 97 Mitte: GD NRW, unter Verwendung von KNOX et al. (2010), Cenozoic, in: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area

S. 99 oben: U. LIEVEN, RWE Power AG, Köln

S. 99 unten, S. 101 oben, S. 139: GD NRW, mit Genehmigung von RWE Power AG, Köln;

S. 102: Doberg-Museum Bünde, vgl. KAISER & EBEL (2014), Der Doberg bei Bünde

S. 109 oben: GD NRW, unter Verwendung von

HUIZER & WEERTS (2003), Formatie van Maassluis: www.dinoloket.nl/formatie-van-maassluis (Abruf 1.7.2015); SPEETZEN (1998), Findlinge in NRW; THOME (1980), Der Vorstoß des nordeuropäischen Inlandeises in das Münsterland; WINSEMANN et al. (2011), Depositional architecture and palaeogeographic significance of Middle Pleistocene glaciolacustrine ice marginal deposits in northwest Germany

S. 111 oben: verändert nach SKUPIN & ZANDSTRA (2010): Gletscher der Saale-Kaltzeit am Niederrhein, Digitales Geländemodell berechnet nach Daten der Bezirksregierung Köln, Abt. 7, GEObasis.nrw

S. 114 oben: Wolkenkratzer, (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Rodderberg_002-.jpg?uselang=de), Wikimedia Commons, lizenziert unter CreativeCommons-Lizenz by-sa-3.0-de, URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode> (Abruf 2.10.2015)

S. 114 unten: Neanderthal Museum Mettmann

S. 146, S. 149, S. 150, S. 151, S. 152 oben, S. 143: www.gdu.nrw.de (Abruf 26.10.2015)

S. 146, S. 149, S. 150, S. 151, S. 152 oben, S. 153: Topographische Grundlagen: Daten der digitalen topographischen Karte mit Genehmigung der Bezirksregierung Köln, Abt. 7, GEObasis.nrw

S. 147 Mitte: GeoPark Ruhrgebiet

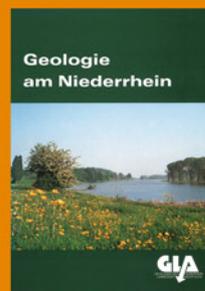
S. 153 oben: www.bohrungen.nrw.de (Abruf 29.10.2015)

S. 153 unten: GD NRW (www.gd.nrw.de/zip/ge_3D-Krefeld.pdf)

alle übrigen Abbildungen: GD NRW

Geologie am Niederrhein

4. Aufl. (1988), 142 S. · ISBN 3-86029-909-3 · € 7,00



Geologie im Münsterland

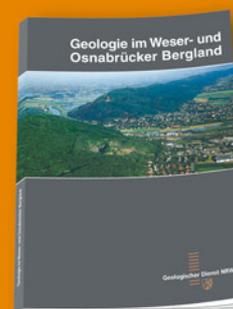
(1995), 195 S. · kostenfreier Download:

www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geologiemuensterland.pdf



Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland

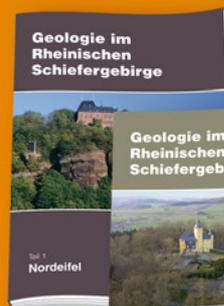
(2003), 219 S. · ISBN 3-86029-932-8 · € 14,50



Geologie im Rheinischen Schiefergebirge

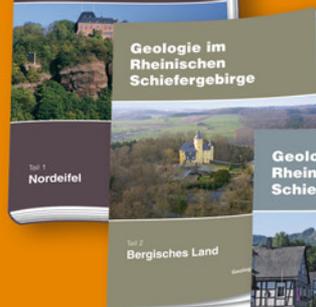
Teil 1 Nordeifel

(2010), 184 S. · ISBN 978-3-86029-934-0 · € 18,00



Teil 2 Bergisches Land

(2012), 192 S. · ISBN 978-86029-935-7 · € 19,00



Teil 3 Sauerland

(in Vorbereitung)



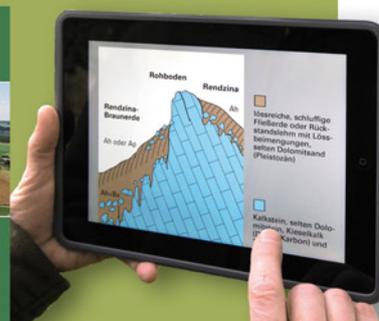
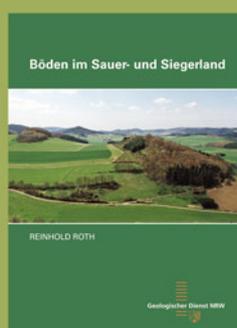
Böden am Niederrhein

(2005), CD-ROM · € 14,50



Böden im Sauer- und Siegerland

(2014), E-Book/pdf-Datei (als Download)





Wir über uns

Der Geologische Dienst NRW ist die zentrale geowissenschaftliche Einrichtung des Landes Nordrhein-Westfalen mit Sitz in Krefeld. Wir erforschen seit über 50 Jahren den Untergrund im gesamten Bundesland NRW. Unsere Erkenntnisse zur Geologie, Lagerstättenkunde, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Bodenkunde und Geophysik stellen wir der Politik und Verwaltung, der Wirtschaft und der Allgemeinheit zur Verfügung. Wir betreiben ein Erdbebenüberwachungs- und -alarmsystem, bewerten das Erdbebenrisiko in NRW, ermitteln Daten zur Risikovorsorge bei Gefahren, die vom Untergrund ausgehen. Wir betreiben verschiedene Informationsportale für NRW.

ISBN-978-3-86029-938-8