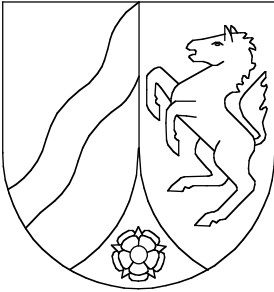


Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen



Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000

Erläuterungen
4515 Hirschberg

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000

Erläuterungen zu Blatt 4515 Hirschberg

Von
CLAUS-DIETER CLAUSEN

Mit Beiträgen von FRANK-DIETRICH ERKWOH, HEINZ GRÜNHAGE
HEINRICH VON KAMP, HANS-WOLFGANG REHAGEN und MONIKA WOLF



Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen

Krefeld 1984

Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000	Erl.	4515 Hirschberg	115 S.	11 Abb.	7 Tab.	3 Taf.	Krefeld 1984
---	------	--------------------	--------	---------	--------	--------	-----------------

Alle Urheberrechte vorbehalten

© 1984 Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen

Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Dr. C.-D. CLAUSEN Dipl.-Geol. Dr. F.-D. ERKWOH Dipl.-Geol. H. GRÜNHAGE Dipl.-Geol. Dr. H. VON KAMP Dr. H.-W. REHAGEN Dipl.-Geol. Prof. Dr. M. WOLF	Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen De-Greiff-Straße 195 D-4150 Krefeld 1 Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Lochnerstraße 4-20 D-5100 Aachen
Redaktion:	Dipl.-Geol. H. D. HILDEN	
Druck:	Joh. van Acken, Krefeld	
Vertrieb:	Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen De-Greiff-Straße 195, D-4150 Krefeld 1 Best.-Nr. 13-4515	

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Vorbemerkungen	9
2. Allgemeine Übersicht	10
2.1 Geographischer Überblick	10
2.1.1. Geländegestaltung und naturräumliche Gliederung	10
2.1.2. Gewässernetz	14
2.1.3. Klima	15
2.2. Geologischer Überblick	16
3. Schichtenfolge	19
3.1. Devon	19
Mitteldevon und Mittel-/Oberdevon-Grenzbereich	19
3.1.1. Massenkalk (dv-aM)	19
3.1.2. Flinz-Schichten (dv-a, fz)	21
Oberdevon	25
3.1.3. Styliolinen-Schichten (daST)	25
3.1.4. Schichten der höheren Adorf-Stufe (da,t/k)	26
3.1.5. Schichten der tieferen Nehden-Stufe (dn,t)	27
3.1.6. Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe (dn-w)	29
3.1.7. Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe (da-w)	31
3.1.8. Devon/Karbon-Übergangsschichten (nicht gesondert ausgeschieden)	32
3.2. Karbon	34
Unterkarbon (Dinantium)	34
3.2.1. Liegende Alaunschiefer (c2,tal)	34
3.2.2. Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk (c2,ki)	36
3.2.3. Kieselige Übergangsschichten (c3,ki)	39
3.2.4. Kulm-Tonschiefer (c3,t)	40
Oberkarbon (Silesium)	42
3.2.5. Untere Arnsberger Schichten (cnA1)	42
3.2.6. Obere Arnsberger Schichten (cnA2)	43
3.3. Kreide	47
Oberkreide	47
3.3.1. Cenoman	47
3.3.1.1. Essener Grünsand (krcE)	47

	Seite
3.3.1.2. Cenoman-Pläner und „Arme <i>rhodomagense</i> “-Schichten (krc)	51
3.3.2. Turon	53
3.3.2.1. <i>labiatus</i> -Schichten	53
3.3.2.1.1. Untere <i>labiatus</i> -Schichten (krt1u)	53
3.3.2.1.2. Obere <i>labiatus</i> -Schichten (krt1o)	54
3.3.2.2. <i>lamarcki</i> -Pläner (krt2)	57
3.4. Tertiär	57
3.5. Quartär	58
3.5.1. Pleistozän	59
3.5.1.1. Oberste Terrassen	59
3.5.1.2. Mittelterrassen (M1,M2)	60
3.5.1.3. Niederterrasse (nicht gesondert ausgeschieden)	60
3.5.1.4. Hang- und Hochflächenlehm („hg)	61
3.5.1.5. Verwitterungsdecke	61
3.5.2. Holozän	62
3.5.2.1. Ablagerungen in den Talsohlen und Talkerben (qh)	62
3.5.2.2. Schwemmkegel	62
3.5.2.3. Niedermoor („Hn) (H.-W. REHAGEN)	62
3.5.2.3.1. Vegetationsgeschichte	63
3.5.2.4. Künstliche Aufschüttung („y)	66
4. Gebirgsbau	68
4.1. Bauelemente	68
4.1.1. Schichtung und Faltung	68
4.1.2. Schieferung	69
4.1.3. Klüftung	70
4.1.4. Störungen	70
4.2. Baueinheiten	71
4.2.1. Belecker Sattel	71
4.2.2. Möhne-Mulde	71
4.2.3. Warsteiner Sattel	72
4.2.4. Nuttlarer Hauptmulde	74
4.2.5. Westlicher Blattbereich	74
4.2.6. Kreide-Decke	75
4.3. Baugeschichte	75
4.4. Inkohlungsverhältnisse (M. WOLF)	76
5. Erd- und Landschaftsgeschichte	79
5.1. Fazies und Paläogeographie	79
5.2. Landschaftsgeschichte	81

	Seite
6. Mineralische Rohstoffe	84
6.1. Erze	84
6.1.1. Eisenerze	84
6.1.2. Bleierze	87
6.2. Steine und Erden	87
6.2.1. Verkieselte Gesteine des Oberdevons	87
6.2.2. Kieselschiefer, Lydite, Kieselkalke	87
6.2.3. Grauwacken, Sandsteine und Schluffsteine	87
6.2.4. Mergel- und Mergelkalksteine	88
6.2.5. Lehm	88
7. Hydrogeologie (H. VON KAMP)	89
7.1. Grundwasserleiter	89
7.1.1. Kluftgrundwasserleiter	89
7.1.1.1. Grundwasser in Kalkgesteinen	89
7.1.1.1.1. Schwinden und Quellen in Kalkgesteinen	90
7.1.1.2. Grundwasser in klastischen Festgesteinen	91
7.1.2. Porengrundwasserleiter	91
7.2. Quellen	92
7.3. Faktoren der Grundwasserneubildung	92
7.3.1. Niederschläge	92
7.3.2. Trockenwetterabfluß	92
7.4. Wasserhaushalt und Grundwasserneubildung	94
7.5. Chemische Beschaffenheit des Grundwassers	94
7.6. Mineralwasser	95
7.7. Wassergewinnung und Wasserreserven	98
7.8. Schutz des Grundwassers	99
8. Ingenieurgeologie (H. GRÜNHAGE)	100
8.1. Festgesteine (Fels)	100
8.1.1. Massenkalk	100
8.1.2. Ton- und Kalksteine des Oberdevons und Unterkarbons	101
8.1.3. Ton-, Schluff- und Sandsteine des Oberkarbons	103
8.1.4. Grünsandsteine und Plänerkalksteine der Oberkreide	104
8.2. Lockergesteine	104
8.3. Spezielle Hinweise	105
9. Böden (F.-D. ERKWOH)	106
9.1. Bodengesellschaft des Nordsauerländer Berglandes	108
9.2. Bodengesellschaft des Haarstranges	108
9.3. Bodengesellschaft des Möhnetals	109

10. Verzeichnis der Schriften und Karten	110
--	-----

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Lage des Blattgebietes	10
Abb. 2 Naturräumliche Gliederung	12
Abb. 3 Die Hirschberger Blöße	13
Abb. 4 Mergelgrube Westendorf	55
Abb. 5 Fossilien aus der Mergelgrube Westendorf	56
Abb. 6 Bilsteinhöhle	59
Abb. 7 Wechsellagerung von stark spezialgefalteten Lyditen, Kiesel- und Alaunschiefern	73
Abb. 8 Spezialgefaltete Abfolge aus Sand-, Schluff- und Tonsteinen der Oberen Arnsberger Schichten	73
Abb. 9 Inkohlungsverhältnisse im Bereich des Warsteiner Sattels	78
Abb. 10 Schnitte durch die ehemalige Grube David	86
Abb. 11 Bodenkundliche Übersicht	106

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1 Mittlere Jahreswerte der Klimaelemente	16
Tab. 2 Stratigraphische Gliederung des Mittel- und Oberdevons	22/23
Tab. 3 Stratigraphische Gliederung des Karbons	33
Tab. 4 Stratigraphische Gliederung der Kreide	48
Tab. 5 Ergebnisse der Reflexionsmessungen	77
Tab. 6 Monatliche Niederschlagssummen	93
Tab. 7 Grundwasseranalysen	96/97

Verzeichnis der Tafeln in der Anlage

Taf. 1 Geologische Schnitte 1:25 000
Taf. 2 Strukturkarte 1:25 000
Taf. 3 Hydrogeologische Karte 1:50 000

1. Vorbemerkungen

Lange Zeit beschränkten sich die Kenntnisse über die Geologie des Blattgebietes 4515 Hirschberg nur auf einige wenige stratigraphische und paläontologische Einzelangaben, die zudem hauptsächlich die vom Blattgebiet 4516 Warstein herüberstreichenden, kleinflächigen westlichen Teile des Warsteiner und Belecker Sattels betrafen (u. a. VON DECHEN 1850, 1855, 1884; DENCKMANN 1894, 1895). Auch die durch SCHMIDT 1922 im Maßstab 1 : 50 000 vorgelegte geologische Übersichtskarte des Devon – Kulm-Gebietes von Warstein geht im Bereich des Blattes Hirschberg kaum über den Ausstrich des Warsteiner Sattels hinaus.

Die 1931 abgeschlossene geologische Aufnahme des Blattes 4514 Arnsberg-Nord (heute Möhnesee) durch KÜHNE (1938) konnte die stratigraphischen Verhältnisse im Grenzbereich zum Blattgebiet Hirschberg klären. Im Jahr 1936 begann G. RICHTER (RICHTER-BERNBURG) die Aufnahme des Blattgebietes Hirschberg. Sie konnte 1938 weitgehend abgeschlossen werden. Eingearbeitet wurde eine von PAECKELMANN (1937) im Maßstab 1 : 10 000 angefertigte geologische Karte der Umgebung der Grube David. 1940 lag die druckfertige Manuskriptkarte vor; ein Druck unterblieb jedoch infolge der Kriegswirren.

Es dauerte 35 Jahre, bis die geologischen Aktivitäten im Blattgebiet wieder auflebten, wenn man von einer während der Aufnahme des Blattes 4615 Meschede (THOME 1968) erfolgten Kartierung des südlichen Blattrandbereiches absieht. Die im Laufe der Jahrzehnte gewandelten tektonischen Anschauungen, moderne fazieskundliche Aspekte sowie die bisher fehlenden Datierungen durch Conodonten und Ostracoden machten eine völlige Neubearbeitung erforderlich. Die Kartierung begann im Herbst 1975, erstreckte sich über den Sommer 1976 und wurde nach einer zweijährigen Unterbrechung 1980 beendet.

Zur Unterstützung der umfangreichen Geländearbeiten wurden zahlreiche Spezialuntersuchungen im Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Die Untersuchungsberichte sind im Archiv des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen niedergelegt.

Fossilbestimmungen übernahmen außerdem G. HAHN, Universität Marburg (Trilobiten); F. SCHMID und E. SEIBERTZ, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Kreide-Fossilien des Cenomans); TH. SAUERLAND, Lippstadt (Kreide-Fossilien des Turons) und D. KORN, Sundern (Clymenien).

2. Allgemeine Übersicht

2.1. Geographischer Überblick

Der überwiegende Anteil des Blattgebietes 4515 Hirschberg ist bewaldet und weitgehend unbesiedelt (Bereich des Arnberger Waldes mit oberkarbonischen Schichten). Im Osten schiebt sich der weitgehend landwirtschaftlich genutzte Bereich des Warsteiner Sattels wie ein Keil in den Arnberger Wald ein. Am Nordrand greift das Münsterländer Kreide-Becken auf das Blattgebiet über (Abb. 1).

2.1.1. Geländegestaltung und naturräumliche Gliederung

Das Blattgebiet Hirschberg liegt im Übergangsbereich der Westfälischen Tieflandsbucht im Norden zum Bergisch-Sauerländischen Gebirge im Süden. Die Grenze zwischen diesen beiden Landschaftseinheiten verläuft nördlich der Möhne von Wamel über Völlinghausen

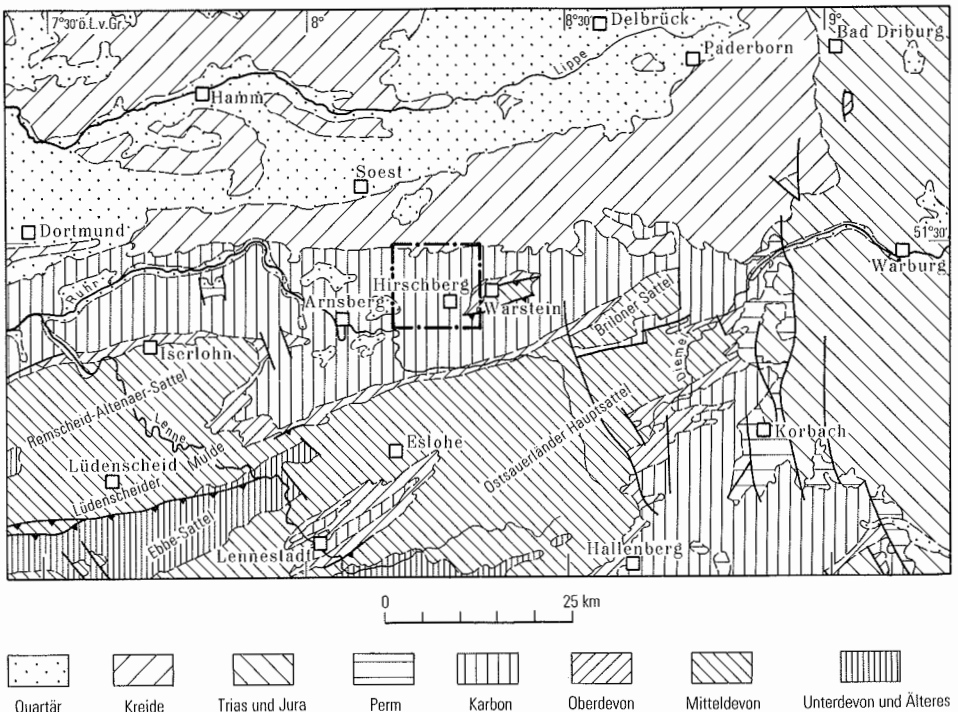


Abb. 1 Lage des Blattgebietes

und Sichtigvor nach Belecke. Nach BÜRGENER (1969) geben zwei naturräumliche Haupteinheiten dem Blattgebiet das Gepräge: die Hellwegbörden und das Nordsauerländer Oberland (Abb. 2).

Die der Westfälischen Tieflandsbucht zugehörigen **Hellwegbörden** stellen eine unbewaldete, weitgehend ackerbaulich genutzte, ebene bis flachwellige, sanft nach Norden einfallende Schichtstufenlandschaft dar. Der Südrand dieser Landschaft, die West-Ost verlaufende Haarhöhe, greift auf das Blattgebiet über. Die Haarhöhe ist fast durchgehend mit einer steil abgeboachten Stufe gegen die Möhnetalniederung abgesetzt. Die aus Cenoman- und Turon-Plänen aufgebaute Kreide-Decke erreicht Geländehöhen zwischen ca. +240 und ca. +310 m NN. Das Geländeniveau des Stufenrandes steigt von ca. +250 m NN am Berghof bei Wamel im Westen des Blattgebietes auf ca. +300 m NN bei Belecke im Osten des Blattgebietes an. Die Randstufe ist durch Täler und Kerben in Sporne zerlappt. Weit nach Nordosten bis Norden vorspringende Täler, in denen die unter der Kreide-Decke anstehenden oberkarbonischen Arnsberger Schichten freigelegt sind, unterbrechen bei Wamel, Oberbergheim und Mülheim die Randstufe. Dieser Stufenrand war in früheren Zeiten der bevorzugte Standort für Gutshöfe (Berghof, Volmershof, Wamel-Höfe, Gut Köbbinghof, Oberbergheim-Höfe, Westendorf-Höfe, Gut Mülheim).

Den überwiegenden Anteil des Blattgebietes nimmt das **Nordsauerländer Oberland** ein. Es ist vom südlichen Blattrand (Plackwald mit zum Teil +500 m NN überschreitenden Höhen) zu den das Möhnetal begleitenden Randhöhen (+280 bis +330 m NN) im Norden abgedacht. Seine paläozoischen Gesteine tauchen unter die Kreide-Decke der Hellwegbörden ab.

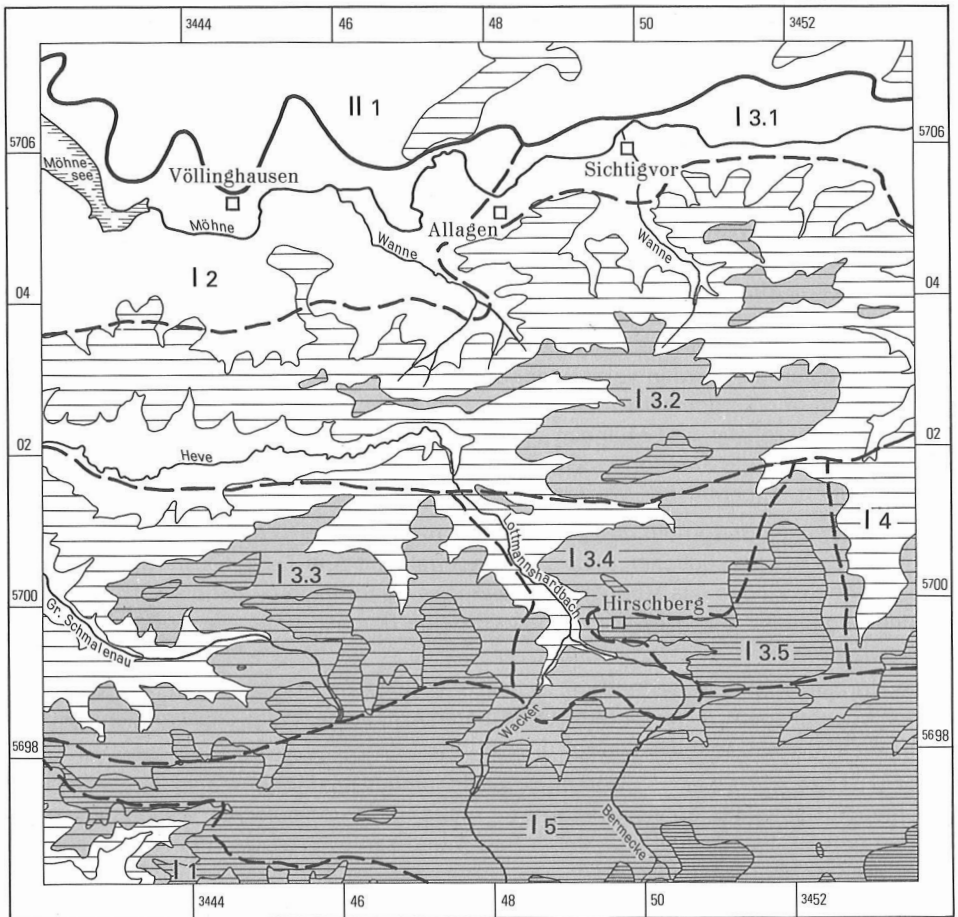
Das Nordsauerländer Oberland läßt sich im Blattgebiet orographisch in fünf Untereinheiten weiter aufgliedern, in den Unteren und Oberen Arnsberger Wald, das Warsteiner Hügelland, den Plackwald und das Oeventroper Ruhrtal.

Der **Untere Arnsberger Wald** (Eichwald) umfaßt das Möhneseegebiet, welches den östlichen Ausläufer des Möhnesees sowie die breite Niederung zwischen Völlinghausen und Allagen enthält. Es zeichnet sich durch flache und sanftwellige Geländeformen aus, die kaum +300 m NN übersteigen.

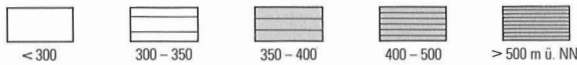
Der **Obere Arnsberger Wald** (Buchwald) stellt die zentrale naturräumliche Einheit des Blattgebietes dar. Er wird durch West-Ost streichende Bergrücken und Talmulden untergliedert und umfaßt das Mittelmöhnetal, den Heve-Möhne-Wald, den Breitenbrucher Wald, die Hirschberger Blöße sowie die Kahlenbergsköpfe. Seine durchschnittliche Höhenlage liegt zwischen +300 und +400 m NN.

Das **Mittelmöhnetal** ist ein feuchter, mit Wiesen und Weiden bestandener, Ost-West gestreckter Talgrund und grenzt den Schiefergebirgsanteil des Blattes gegen die Bördenhochfläche der Haar ab. Seine Talsohle liegt 50 – 60 m unterhalb der Kreide-Hochfläche. Die Talbreite beträgt bei Schloß Welschenbeck 600 m und verengt sich nach Osten zu bei Allagen am Übergang zum Möhneseegebiet auf 100 m.

Der **Heve-Möhne-Wald** ist ein langgestreckter, hügeliger, bewaldeter Randsaum des Oberen Arnsberger Waldes zwischen Hirschberg, dem Mittelmöhnetal und dem Möhneseegebiet. Seine größten, am Brandriegen sogar +400 m NN geringfügig übersteigenden Höhen besitzt er im östlichen Abschnitt, während er nach Westen zu beträchtlich absinkt, im Hevegrund unter +300 m NN. Der hier nur sehr schmale, eine Hochlage von +330 m NN aufweisende Höhenrücken, auf dessen Kamm der Rennweg entlangführt, fällt über ein von



0 4 km



I 1	Glösingener Hänge	Oeventroper Ruhrtal	I 4	Warsteiner Hügelland	} Nordsauerländer Oberland
I 2	Möhneseegebiet	Unterer Arnsberger Wald	I 5	Plackwald	
I 3.1	Mittelmöhnetal	} Oberer Arnsberger Wald	II 1	Haarhöhe	} Hellwegbörden
I 3.2	Heve-Möhne-Wald				
I 3.3	Breitenbrucher Wald				
I 3.4	Hirschberger Blöße				
I 3.5	Kahlenbergsköpfe				

Abb. 2 Naturräumliche Gliederung

breiten Quellmuscheln gegliedertes Gehänge nach Süden in den Hevegrund (+ 250 bis + 280 m NN), nach Norden zur Möhne (+ 220 bis + 230 m NN) hin ab.

Der Breitenbrucher Wald stellt einen von langen, West – Ost gestreckten Rücken, Talmulden und Platten wellig gegliederten Südabschnitt des Oberen Arnsberger Waldes dar. Seine durchschnittliche Höhenlage liegt zwischen + 300 und + 400 m NN, kann aber gelegentlich, besonders am Übergang zum Plackwald, auch + 400 m NN übersteigen.

Zwei kleine auffällige Singularitäten im naturräumlichen Gefüge des Oberen Arnsberger Waldes sind die Hirschberger Blöße und die Kahlenbergsköpfe. Beide verdanken ihre Entstehung dem hier abtauchenden und durch rasch wechselnde und unterschiedlich verwitternde Gesteinseinheiten gekennzeichneten Warsteiner Sattel.

Die Rodung der Hirschberger Blöße umgibt als breite, mit Wiesen, Weiden und Äckern bestandene Geländemulde die Ortschaft Hirschberg (Abb. 3). Die in der Senke anstehenden Kulm-Tonschiefer und Unteren Arnsberger Schichten sind tiefgründig zersetzt und ausgeräumt. Aus dieser eine durchschnittliche Höhenlage von + 350 bis + 370 m NN aufweisenden Geländesenke erhebt sich unvermittelt eine bis + 425 m NN aufragende Kuppe, auf welcher die Ortschaft Hirschberg liegt. Dieser Härtling ist vorwiegend aus den widerstandsfähigen Grauwacken der Oberen Arnsberger Schichten aufgebaut, welche in die weicheren Unteren Arnsberger Schichten und Kulm-Tonschiefer eingemuldet sind.

Die Kahlenbergsköpfe bilden einen Nord – Süd verlaufenden Querriegel, welcher durch das umlaufende Streichen am Westende des Warsteiner Sattels zustandekommt. Stark verkieselte oberdevonische Kalksteine sowie Kieselschiefer und Lydite des Unterkarbons bilden hier einen kuppigen, maximal 800 m breiten und 2,5 km langen Bergrücken, welcher sich um mehr als 100 m über die Hirschberger Blöße und das Warsteiner Hügelland hinaus emporhebt. Die größte Höhe mit + 485,7 m NN erreicht der Querrücken in seinem südlichen Abschnitt.

Ein kleiner Anteil des Warsteiner Hügellandes schließt sich östlich an die Kahlenbergsköpfe an. Seine durchschnittliche Höhenlage schwankt zwischen + 300 und + 400 m

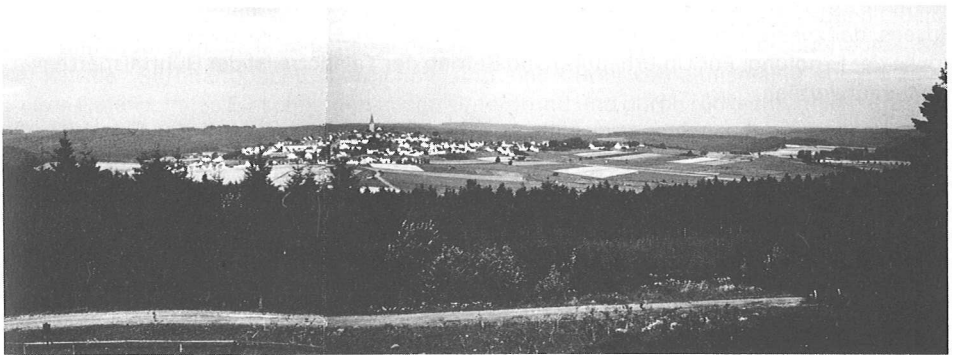


Abb. 3 Die Hirschberger Blöße – Blick von den Kahlenbergsköpfen (R 51 690, H 99 610) nach Westen. Die bewaldeten Höhen im Hintergrund bestehen aus Oberen Arnsberger Schichten; rechts im Hintergrund ist die schnurgerade Linie des aus Oberkreide-Sedimenten aufgebauten Haarstranges schwach erkennbar.

NN. Der nördliche Abschnitt setzt sich aus leicht ausräumbaren tonigen Gesteinen des höheren Mitteldevons und tiefen Oberdevons zusammen. Wiesen, Weiden und Ackerfluren überziehen die kuppig-wellige Oberfläche. In seinem südlichen Abschnitt geht das Warsteiner Hügelland über eine deutliche, an eine Aufschiebung geknüpfte Geländestufe in den bewaldeten Massenkalk-Komplex der Bilsteinfelsen über. Durch den Hirschberger Bach wird das Warsteiner Hügelland in seiner ganzen Erstreckung längsgegliedert.

Der Plackwald wird ausschließlich von oberkarbonischen Ton-, Schluff- und Sandsteinen aufgebaut. Die am südlichen Rand des Blattgebietes gelegenen Kuppen steigen bis auf + 550 m NN an und bilden die höchsten Erhebungen des Blattgebietes. Vom Niekopf (551,0 m) bis zum Großen Berg (474,0 m) reicht ein ca. 9 km langer, fast überall + 470 m NN überschreitender Höhenrücken, der nach Norden hin bis auf + 400 m NN zum Oberen Arnsberger Wald abdacht. Zahlreiche nordwärts abfließende Bäche zerlegen den Plackwald in Riedel, Kuppen und Rücken.

Zum Oeventroper Ruhrtal gehören die Glösingener Enster Hänge in der Südwestecke des Blattgebietes, welche die aus oberkarbonischen Arnsberger Schichten bestehenden Nordhänge des Mittelruhrtals aufbauen. Ihr Gepräge erhalten die Glösingener Enster Hänge im Blattgebiet Hirschberg durch tiefe Seitentalkerben, die südlich des Plackweges das Gehänge in schroff abfallende Sporne auflösen. Hier befinden sich im Blattgebiet auf kleinstem Raum die größten Höhenunterschiede: Zwischen dem Kuhnsberg bei Lattenberg (421,0 m) und dem nördlichen Ruhrtalufer am Eckernkopf (230,0 m) beträgt die Höhendifferenz 191 m auf ca. 1,2 km.

2.1.2. Gewässernetz

Der Hauptvorfluter ist die Möhne, welche nördlich Belecke in einer Höhe von ca. + 250 m NN in das Blattgebiet eintritt und westlich Völlinghausen bei ca. + 215 m NN in den Möhnesee einspeist. Der Fluß zieht sich südlich der Hellwegbörden fast genau in Ost – West-Richtung entlang. Das Gefälle beträgt 2,5 ‰.

Die 1913 errichtete Möhnetalsperre, deren östlichster Abschnitt im Blattgebiet liegt, hat ein Einzugsgebiet von 430 km². Ihr Speichereinhalt beläuft sich auf 134,5 Mio. m³, der mittlere jährliche Zufluß auf 180 Mio. m³. Sie dient der Aufhöhung des natürlichen Niedrigwasserabflusses, der zusätzlichen Abgabe von Wasser in Trockenzeiten, der Wasserkrafterzeugung sowie der Erholung. Für Unterhaltung und Betrieb der Talsperre ist der Ruhrtalsperrenverein verantwortlich.

Bis auf wenige Ausnahmen im südwestlichsten Blattabschnitt, wo der Plackweg die Hauptwasserscheide zwischen Möhne und Ruhr kennzeichnet, fließen alle Wasserläufe der Möhne zu. Von den größeren, der Ruhr tributären Bachläufen südlich des Plackweges seien der Schwalbenhohlsiepen, der Lütkebach und der Glatteheistersiepen genannt.

Das Einzugsgebiet der Möhne ist durch eine auffallende Asymmetrie gekennzeichnet. Das linksseitige Einzugsgebiet ist sehr groß. Lange, der allgemeinen Abdachung des Gebirges folgende Bäche fließen in nördlicher bis nordwestlicher Richtung zur Möhne hin ab. Als wichtigste Abdachungsbäche sind die Große Schmalenau, der Lottmannshardbach, die Heve, der Bilsteinbach und der Wideybach zu nennen.

Die Große Schmalenau entspringt unmittelbar nördlich der Plackweghöhe im Schmalenaus Bruch. Zunächst nach Norden abfließend, wendet sie sich zwischen Schmalenausberg und Battenberg nach Westen zu und wird in ihrem weiteren Verlauf durch zahlreiche von der

Kammlinie des Plackweges her zufließende Bäche gespeist (Luttmecke, Bumecke, Spakebach). Sie mündet im Blattgebiet 4514 Möhnesee bei Neuhaus in die Heve.

Der Lottmannshardbach besitzt ein breites Einzugsgebiet im Plackwald zwischen Oestergrehen und Brandenburg (Hauptzuflüsse: Wacker, Bormecke, Bermecke). Er hat sich in die weicheren Tonsteine des Unter- und Oberkarbons am Westrand des Warsteiner Sattels eingetieft und stellt den bedeutendsten Zustrom für die Heve dar.

Die Heve ist neben der Möhne das wichtigste Gewässer des Blattgebietes. Sie entsteht innerhalb eines nur 1 km langen Talstreifens durch Zusammenfluß von vier größeren Wasserläufen, der Deutmecke, der Halle, des Lottmannshardbaches und der Hettmecke. Die stark mäandrierende Heve weist wie die Möhne einen Ost-West-Verlauf auf. Ihr durchschnittlich 300 m breites Hochwasserbett übertrifft vielerorts noch dasjenige der Möhne. Das Hochwasserbett enthält viele abgeschnürte Altarme. Die Heve mündet im Blattgebiet 4514 Möhnesee in den Hevesee, einen Seitenarm der Möhnetalsperre. Ihr Gefälle beträgt 1 ‰ .

Der Bilsteinbach entspringt im Plackwald im Blattgebiet 4615 Meschede in der Nähe des Stimmstamms und bezieht seine Wasserführung aus den dort zahlreichen Mooren. Am Südwestrand des Warsteiner Sattels trifft er auf die Bilsteiner Kalksteinfelsen, wo er teilweise oder gänzlich in den Klüften, Spalten und Höhlen des verkarsteten Massenkalks versickert. Nach einer 390 m langen unterirdischen Laufstrecke tritt sein Wasser am Parkplatz des Hotels Bilsteinhöhle als Hirschberger Bach wieder zutage und fließt nunmehr über oberdevonische Tonsteine des Warsteiner Hügellandes gradlinig nach Norden ab. Durch die Vereinigung des Hirschberger Baches mit dem Bermeckebach entsteht der Schorenbach, welcher, in eine nordöstliche Richtung umbiegend, in den Westerbach mündet.

Vom Wideybach ist im südöstlichen Blattgebiet nur der ca. 2 km lange Mittellauf vorhanden.

Mehrere kleine Abdachungsbäche fließen von der in einer Höhe von + 330 bis + 370 m NN gelegenen Kammlinie des Heve-Möhne-Waldes aus direkt der Möhne zu. Als wichtigste seien Bremecke, Burmecke, Fismecke, Wanne, Quamecke, Mülmecke und Silbke genannt.

Das rechtsseitige Einzugsgebiet der Möhne ist sehr schmal. Die Bäche, welche vom Südabhang der Haar aus südwärts zum Möhnetal abfließen, überwinden zwischen Quelle und Einmündung in die Möhne beträchtliche Niveauunterschiede auf kurzem Raume. Sie werden als „Stirnhangbäche“ bezeichnet und sind durch verhältnismäßig kurzen Lauf, großes Gefälle, tiefes Einschneiden in den Untergrund und durch rückschreitende Erosion entstandene Kerbtäler gekennzeichnet. In der Regel ist am Talgrund und an den Talflanken der unter der Kreide-Decke verborgene paläozoische Untergrund freigelegt. Ein großer Teil der Quellen entspringt an der Basis des Essener Grünsandes über dem Basalkonglomerat und dem Paläozoikum.

Zu den Stirnhangbächen gehören im Blattgebiet Hirschberg die Merpke, der Remelsbach und der Bormelsbach.

2.1.3. Klima

Das Blattgebiet 4515 Hirschberg gehört dem nordwestdeutschen Klimabereich an. Seine Hauptkennzeichen sind: relativ niedrige Temperaturen, große Frostgefahr, geringe Jahreschwankungen der Temperatur, kurze Vegetationsperiode, vorherrschende West- und Südwestwinde mit maritimen Luftmassen, hohe Niederschlagsmengen und große Luft-

Tabelle 1
Mittlere Jahreswerte der Klimatelemente

Klimatelemente	Werte		Beobachtungs- zeitraum
	Haarhöhe	südliches Mittelgebirge	
mittlere wirkliche Lufttemperatur im Januar (°C)	0 — 1	— 2 — 0	1881 — 1930
mittlere wirkliche Lufttemperatur im Juli (°C)	16 — 17	14 — 16	1881 — 1930
mittlere wirkliche Lufttemperatur pro Jahr (°C)	8 — 9	6 — 8	1881 — 1930
mittlere Anzahl der Eistage pro Jahr (Höchstwert unter 0°C)	15 — 20	20 — 40	1881 — 1930
mittlere Anzahl der Frosttage pro Jahr (Tiefstwert der Temperatur in 2 m Höhe unter 0°C)	80 — 100	90 — 120	1881 — 1930
mittlere Niederschlagshöhe pro Jahr (mm)	800 — 900	900 — 1000	1891 — 1930
mittlerer Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag (%)	10 — 15	15 — 20	1931 — 1940
mittlere Anzahl der Schneefalltage im Jahr (mindestens 0,1 mm)	20 — 30	30 — 50	1911 — 1940
mittlere Anzahl der Sommertage im Jahr (Höchstwert der Temperatur mindestens 25°C)	20 — 30	10 — 20	1881 — 1930

feuchtigkeit. Es handelt sich also um ein ozeanisches Klima, das sich durch relativ milde, regenreiche Winter und gemäßigte feuchte, nur selten trockene, heiße Sommer auszeichnet. Trockene, kontinentale Luftmassen aus dem Osten werden nur für kurze Zeit bedeutsam.

Das Blattgebiet liegt im Übergangsbereich vom mäßig feuchten Klima der Hellwegbörden zum niederschlagsreichen Nordsauerländer Oberland. Die mittleren Jahreswerte der Klimatelemente werden deshalb in Tabelle 1 getrennt nach Haarhöhe und südlichem Mittelgebirgsland aufgeführt. Auch innerhalb des Mittelgebirges treten, bedingt durch die großen Höhendifferenzen, viele klimatische Unterschiede auf (zum Beispiel zwischen Unterem Arnsberger Wald, Oberem Arnsberger Wald und Plackwald). Die räumliche Verteilung der langjährigen mittleren Niederschläge zeigt nach SCHNELL (1955) eine Zunahme von Norden nach Süden. Die Stationen Hirschberg und Belecke weisen Niederschlagswerte von 966 mm/Jahr und 892 mm/Jahr auf.

Den Klimadaten der Tabelle 1 liegen Angaben von SCHNELL (1955) und aus dem Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen (1960) zugrunde.

2.2. Geologischer Überblick

Das Blattgebiet 4515 Hirschberg umfaßt einen Ausschnitt aus dem nordöstlichen rechtsrheinischen Schiefergebirge. Hier wurden während der Devon- und Karbon-Zeit im rheinischen Meerestrog der variscischen Geosynklinale mehrere tausend Meter an klastischen und chemischen Sedimenten mit vulkanogenen Einschaltungen abgelagert.

Die älteste Schichteneinheit des Blattgebietes, der Massenkalk, entstand in der Schelfregion des nordwärts vorgelagerten Old-Red-Kontinentes. Hochlagen auf dem paläomorphologisch differenzierten Schelf waren im oberen Mitteldevon der Siedlungsort von biohermalen (Belecker Riff) und biostromalen Riffbauten (Warsteiner Riff). Das Warsteiner Riff schuf eine ausgedehnte Carbonatplattform. Die Gesamtmächtigkeit des Massenkalks beträgt hier mehrere hundert Meter.

Gegen Ende des Mitteldevons traten im Zuge der vororogenen Dehnungstektonik diskontinuierliche Bewegungen auf, die sich in der synsedimentären Zerlegung des Schelfs in einzelne nach Nordwesten gekippte Schollen äußerten. Dadurch änderte sich im Oberdevon die paläogeographische Situation grundlegend. Beckenbereiche und Tiefschwellen (Einzelkuppen und plattformartige Hochlagen) waren für die Faziesvielfalt des Oberdevons verantwortlich. Die Warsteiner Carbonatplattform kippte nach Nordwesten ein. Das Riffwachstum kam überwiegend im höchsten Mitteldevon zum Erliegen, nur am Südrand setzte sich der Riffaufwuchs bis in das tiefste Oberdevon hinein fort.

Mit der Wende Mittel-/Oberdevon wurden zunächst einheitlich bituminöse Tonschlämme sedimentiert, in welche sich in wechselndem Umfang riffdetritäre Schuttströme einschalteten. Das Oberdevon ist durch Beckensedimente (Tonsteine, Schluffsteine, Bänder-tonsteine, Mergelsteine) und Schwellenhangsedimente (Kalksteine, Knollenkalksteine, Kalkknotentonsteine) gekennzeichnet. Sie bildeten sich in deutlicher Abhängigkeit vom abgestorbenen, faziessteuernden Riffkörper. Auf der Schwelle des Belecker Riffs reicherten sich vorwiegend einige Zehner Meter mächtige Knollenkalksteine an.

Durch eine Absenkung und Erweiterung des Sedimentationsbeckens konnte sich im Unterkarbon die Kulm-Fazies ausbreiten. Die das Oberdevon prägenden Faziesgegensätze verwischten sich jetzt. Ein zunehmender Kieselsäuregehalt ließ Kieselschiefer, Lydite und Kieselkalke entstehen. Gegen Ende des Unterkarbons wurde das Kulm-Becken mit seinen einige hundert Meter mächtigen Ablagerungen in den Namur-Trog einbezogen. Von weiter südlich gelegenen Liefergebieten wurde im Oberkarbon fein- bis grobkörniges Material in diesen Trog geleitet (Arnsberger Schichten). Infolge ständigen Absinkens des Meeresbodens und fortlaufender Materialzufuhr wurden insgesamt einige tausend Meter mächtige Schichten aufgeschüttet.

In der asturischen Phase der variscischen Gebirgsbildung (Wende Westfal/Stefan) wurden die Schichten aufgefaltet. Es entstand der heute vorliegende tektonische Bau mit nordwestvergenten Falten, Auf- und Abschiebungen, Seitenverschiebungen sowie zerklüfteten und geschieferten Gesteinen.

Der heutige Südrand des Massenkalks entspricht der ehemaligen Riffbegrenzung. An der Südrandstörung, einem über viele Millionen Jahre aktiven, synsedimentär wirksamen Scharnier, wurden während der orogenen Einengungstektonik oberkarbonische Gesteine der Nuttlarer Hauptmulde auf den Warsteiner Sattel aufgeschoben.

Nach der variscischen Tektogenese war das Blattgebiet bis zur tiefsten Oberkreide Festland. Bereits in der Perm-Zeit war das aufgefaltete Gebirge weitgehend zu einem Rumpf eingeebnet worden. Über diesen Rumpf transgredierte von Norden her das Oberkreide-Meer. Mit den *Iamarcki*-Plänen des Turons bricht die Überlieferung marin entstandener Gesteine im Blattbereich ab.

Im Neozoikum wurde das eingerumpfte Gebirge flächenhaft mit wechselnd mächtigen Lockergesteinen überdeckt. Die heutige Oberflächengestalt entstand im Pleistozän wäh-

rend des klimatisch bedingten Wechsels mehrerer Kalt- und Warmzeiten. Decken aus Hang- und Hochflächenlehm und Terrassenablagerungen stammen aus dieser Zeit. Die Heraushebung des Gebirges war mit linearerosiver Tieferlegung der Bach- und Flußbetten gekoppelt. Die Carbonatplattform stellt heute eine von Höhenzügen eingerahmte, schon in mesozoischer Zeit als Fastebene angelegte Karstwannenlandschaft mit tertiärer bis pleistozäner Überprägung dar. Die seit dem Mesozoikum angelegten Spalten, Ponore und Höhlen sind teilweise mit datierbaren Karstsedimenten verfüllt.

Mehrmals gaben im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung (im Paläozoikum, in der Unterkreide und im Tertiär) Hydrothermen ihre Kieselsäurefracht an die Warsteiner Carbonatplattform ab. Mehrere Quarzgenerationen, von denen die bekannteste diejenige der Suttroper Quarze ist, können unterschieden werden. Der Aufstieg der Lösungen wurde durch die tiefreichende interne Zerschierung und Verschuppung der Gesteine bedeutend erleichtert.

Das Holozän leitet in die geschichtliche Zeit über. Der Anteil des Holozäns an den Lockergesteinen beschränkt sich vorwiegend auf Auenlehm und Moorbildungen.

3. Schichtenfolge

3.1. Devon

Mitteldevon und Mittel-/Oberdevon-Grenzbereich

3.1.1. Massenkalk (dv-aM)

Gesteine: Der tiefere Anteil des Massenkalks besteht aus einer Folge dickbankiger bis massiger, schwärzlicher, grauschwarzer bis graublauer, bituminöser dichter Kalksteine. Mergelige Zwischenlagen fehlen weitgehend. Das Gestein zeigt massenhaft die verspäteten Querschnitte von *Stringocephalus burtini* DEFANCE. Der höhere Anteil enthält hellgraue bis blaugraue, von außen her weißlich verwitternde, dichte bis feinkristalline, teils grobbankige, teils massige Kalksteine.

In den massigen Partien beider Anteile ist eine Schichtung nicht zu erkennen. Es sind jedoch auch Bankdicken bis zu wenigen Dezimetern anzutreffen, die dem Kalkstein einen wohlgeschichteten Eindruck verleihen, so zum Beispiel über dem Portal zur Bilsteinhöhle. Häufiger als an Schichtfugen kann man die Schichtung an Fossilagen (Korallen, Stromatoporen, Stringocephalen) und an Gesteinswechseln (Überlagerung des dunklen bituminösen Kalksteins durch hellgrauen; sporadische Einschaltungen von Tonstein- und Mergelbändern) erkennen.

Die beiden beschriebenen Anteile sind mitteldevonischen Alters und gehören der Schwelm-Fazies an (vgl. Kap. 5.1.). Oberdevonischer Massenkalk (Dorp-Fazies, vgl. Kap. 5.1.) ist am Südrand der Warsteiner Carbonatplattform anzutreffen. Seine petrographischen Merkmale entsprechen denen des hellgrauen mitteldevonischen Massenkalks.

Mikroskopisch ist der Massenkalk bereichsweise als rekristallisierter Biomikrit mit Übergängen zu Spariten zu bezeichnen. Häufig sind Einschlüsse von idiomorphen Quarzen. Nach W. SCHNEIDER (1973 a, 1973 b, 1977) liegen zwei Quarzgenerationen vor, die bei der spätdiagenetischen Authigenese entstanden. Die Quarze enthalten Bitumen- und Calciteinschlüsse. Gebiete ausgedehnter Dolomitisierung fehlen. Von tektonischen Trennflächen und Schichtfugen ausgehende Dolomitisierungen in Form millimeter- bis zentimeterdünner Dolomitbestege sind allenthalben anzutreffen. Solche Bereiche fallen makroskopisch durch ihre im angewitterten Zustand dunkelgraue Farbe und die rauhe absandende Gesteinsoberfläche auf.

Der Kalkstein ist intensiv tektonisch beansprucht. Kluft- und Schieferungsflächen zerlegen ihn in zahlreiche Trennflächen, welche die Schichtung oft gänzlich überprägen. Millimeter- bis zentimeterstarke, grobkristalline, rekristallisierte Calcitlamellen und -bänder, die mehr oder weniger parallel zu den Schieferungsflächen verlaufen, durchziehen den Kalkstein und täuschen eine Schichtung vor. Sie treten meist als Leisten erhaben aus der Kalksteinoberfläche hervor.

Die Verkarstung ist stark ausgeprägt. Sie steht in engem Zusammenhang zu den tektonischen Trennflächen, besonders den Klüften. Die ac-Klüfte sind spalten- bis trichterförmig erweitert und mit jüngeren Sedimenten gefüllt. Viele Klufflächen sind mit Tapeten aus Kalksinter und Tropfsteinbildungen überzogen. Weißer Kalkspat in Form von millimeterdünnen Adern bis zu mehrere Meter mächtigen Gängen durchzieht kreuz und quer den Kalkstein. Genauere Angaben zu den Beziehungen zwischen Tektonik und Karst geben EBHARDT & MEIBURG (1979: 93 – 111). Über die Bilsteinhöhle und ihr Formeninventar berichten MEIBURG & STOFFELS (1979: 143 – 178).

Sedimentgänge mit Conodontenmischfaunen, welche im Blattgebiet 4516 Warstein häufig auftreten, konnten im Blattgebiet Hirschberg nicht nachgewiesen werden.

Fossilien: Der Massenkalk ist zwar sehr faunenreich, aber durch Rekristallisation, tektonische Zerschierung und Verkieselung sind in manchen Arealen alle Fossilien zerstört. Es fanden sich Querschnitte von *Stringocephalus burtini* DEFRANCE, rugose und tabulate Korallen, Stromatoporen, Conodonten und Ostracoden.

Altersstellung: Schon MUCHOW (1965 a: 8) machte darauf aufmerksam, daß der Massenkalk im Warsteiner Raum Riffbewohner enthält, welche nicht umgelagert sind, sondern an ihrem ursprünglichen Wachstumsort vorkommen. Andererseits kann seiner Ansicht nach der Massenkalk wegen des rasenartigen Auftretens dieser Fossilien nicht als Bioherm angesehen werden. KREBS (1971, 1974) wies dann den Warsteiner Massenkalk der mitteldevonischen Schwelm-Fazies zu. Später zeigten Kartierungsbefunde, daß ein geringer Anteil der Kalksteine entlang des Südrandes dem tieferen Oberdevon angehört und als „Dorp-Fazies“ bezeichnet werden kann.

Die ausgedehnten Plattformkalksteine der Schwelm-Fazies reichen nach der Conodontenchronologie vom oberen Teil der Unteren *varcus*-Zone bis zum unteren Teil der Unteren *asymmetricus*-Zone. Sie umfassen somit die höhere Givet-Stufe, die Mittel-/Oberdevon-Grenze und die tiefste Adorf-Stufe. Die oberdevonischen Riffkalksteine der Dorp-Fazies am Südrand lassen sich demgegenüber der Mittleren bis Oberen Adorf-Stufe (do I (β) γ) bis (do I δ) zuweisen. Der Massenkalk aus dem kleinen Spezialsattel 300 m südöstlich der Bilsteinhöhle (R 53 080, H 98 990) konnte in die Untere *gigas*-Zone (höheres do I (β) γ) eingestuft werden (Zonen- und Stufenbezeichnungen s. Tab. 2, S. 22 – 23).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Das Liegende des Massenkalks ist nirgendwo im Blattgebiet bekannt. Es ist wahrscheinlich, daß der Massenkalk von Gesteinen der „Lenneschiefer-Fazies“ (Klastische Schelfablagerungen vom Typ der Honseler oder Newberrien-Schichten) unterlagert wird (KREBS & WACHENDORF 1979: 33, Abb. 1). Bezüglich der Abgrenzung zu den überlagernden Flinz-Schichten vergleiche Kapitel 3.1.2. Am Südrand der Carbonatplattform wird der Massenkalk von verkieselten Cephalopodenkalksteinen überdeckt.

Da die Untergrenze des Massenkalks nicht bekannt ist, kann die Mächtigkeit nur annähernd angegeben werden. Sie dürfte zwischen 200 und 300 m liegen.

Verbreitung: Im Blattgebiet Hirschberg ist der Massenkalk nur östlich des Hirschberger Baches und der Straße Hirschberg – Warstein verbreitet. Er stellt dort das westliche Ende des vom östlichen Nachbarblatt 4516 Warstein herüberstreichenden südlichen Massenkalk-Zuges dar. Er tritt in zwei sattelförmig hervortretenden Arealen auf, einem kleineren am Lothringer Hof und einem größeren im Bereich der Bilsteinhöhle. Beide Sättel tauchen nicht normal nach Westen ab, sondern enden an Störungen.

Aufschlüsse:

- Areal der Bilsteinfelsen (Einzelklippen, Steilwände, drei Kulturhöhlen), R 52 910, H 99 250 bis R 53 020, H 99 280
- Klippen 300 m südöstlich der Bilsteinhöhle, R 53 080, H 98 990
- Klippenbereich unmittelbar östlich des Parkplatzes an der Bilsteinhöhle, R 53 020, H 99 480 bis R 53 090, H 99 490
- Klippe ca. 100 m östlich des rekultivierten Tagebaugeländes der Grube David, R 53 550, H 99 610

3.1.2. Fliinz-Schichten (dv-a,fz)

Tentaculitenschiefer, unterer Teil SCHMIDT 1922: 257

Fliinz RICHTER 1936

Fliinzschiefer MUCHOW 1965 (1965 a)

Fliinzschichten MUCHOW 1965 (1965 b)

Gesteine: Die Fliinz-Schichten setzen sich vorwiegend aus schwarzen, blauschwarzen und blaugrauen bis schwarzgrauen, kalkhaltigen Tonsteinen zusammen, welche vom Rande her beige bis fahlweiß sowie weißgrau, grau-, gelb- bis rostbraun und oliv verwittern und oft rötlich anlaufen. Bei starker Verwitterung zerfallen sie mürbe. Die ursprünglich dunklen Farben sind dann nur schlierenartig erhalten.

Die Tonsteine sind feinkörnig bis dicht und meistens bituminös. Sie sind in der Regel engstündig geschiefert und spalten plattig nach den Schieferungsflächen auf, sind manchmal aber auch kompakt ausgebildet. Schwefelkies ist diffus in Form dünner Flitterchen verteilt oder tritt knollenartig auf. Nicht selten enthalten die Tonsteine Schluffbeimengungen. Gelegentlich wechsellagern sie mit dünnen Schluffsteinbänkchen, wodurch sie eine feimbänderige Textur erhalten.

In der Regel sind in die Tonsteine schwarze, blauschwarze bis blaugraue, bei Verwitterung ausbleichende, fahlgraue, rötlich- bis rostbraune, zum Teil mulmartig zerfallende Kalksteine eingelagert. Diese Fliinzkalksteine sind dicht, feinkörnig bis spätig, ebenplattig, aber auch knollen-, fladen- bis brotlaibförmig ausgebildet. Unregelmäßig eingestreut sind Putzen und Flitterchen von Pyrit, welcher bei Verwitterung in Brauneisen umgewandelt ist. Die reinen Kalksteine brechen splitterig, bei Verunreinigung mit Ton zerfallen sie schalig. Eine oftmals angetroffene Feimbänderung ist vermutlich auf die Wechsellagerung mit Schluff zurückzuführen.

Die Dicke der Fliinzkalksteinbänke schwankt im allgemeinen zwischen 2 und 40 cm. Grobe, riffdetritische, bituminöse Bänke in einer Mächtigkeit von 50–80 cm wurden am Westufer des Hirschberger Baches bei R 53 240, H 00 320 gefunden. Sie sind allerdings als Ausnahme zu werten. Kalksteineinlagerungen in den Tonsteinen sind in den seltensten Fällen eine Einzellerscheinung, in der Regel folgen sie in einem Abstand von 10–40 cm stetig aufeinander.

Nach mikroskopischen Untersuchungen sind die Kalksteine als fossilführender Pelmsparit bis Pelsparit einzustufen. Der überwiegende Anteil (in manchen Fällen bis 99 Gew.-%) der Gesteine besteht aus Calcit, Quarz, Muskovit, Illit, Chlorit, Feldspat und Pyrit vervollständigen die Gemengteile (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Tabelle 2
Stratigraphische Gliederung des Mittel- und Oberdevons

stratigraphische Gliederung		Cephalopoden-Zone	Conodonten-Zone	Ostracoden-Zone	zentraler Teil des Warsteiner Sattels	Belecker Sattel Südrand Warsteiner Sattel
Oberdevon	Wocklum-Stufe	β VI α V/VI?	<i>Wocklumeria-Kalliclymenia</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>Protnathodus-Fauna</i> ----- <i>costatus</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>hemisphaerical-latioi</i> -Interregnum	Devon/Karbon-Übergangsschichten
	Dasberg-Stufe	β V α IV/V?	<i>Clymenia-Goniclymenia</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>hemisphaerica-dichotoma</i> -Zone Obere ----- Untere		
	Hemberg-Stufe	- IV β III α	<i>Obere Prolobites-Platyclymenia</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere <i>Obere Prolobites-Platyclymenia</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>intercostata</i> -Zone (Ältere <i>Fossrichterina</i> -Zeit) <i>serratostrata</i> - <i>intercostata</i> -Zone dn/dh- Grenzhorizont	Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe (dn-w)	
	Nehden-Stufe	β	<i>marginita</i> -Zone Obere ----- Untere	<i>serratostrata-nehdensis</i> -Zone	Schichten der tieferen Nehden-Stufe (dn-t)	Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe (da-w) mit <i>annulata</i> -Horizont
		II	<i>Cheiloceras</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>rhomboida</i> -Zone		
		α	<i>crepidula</i> -Zone Obere ----- Mittlere ----- Untere	<i>sigmaida</i> -Zone		

Mitteldevon	Givet-Stufe		Maenioceras-Zone	α		Untere Adorf-Stufe	Obere Adorf-Stufe	δ	Manioceras-Zone	Obere gigas-Zone	P. triangularis-Zone	variositata-Zone										Schichten der höheren Adorf-Stufe (da,t/k)										Styliolen-Schichten (daSt)	Flinz-Schichten (dv-a,tz)	Massenkalk (dv-aM)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
												torleyi-Zone										cicatricosa/torleyi-Interregnum													cicatricosa-Zone										cicatricosa/barrandeii-Interregnum										barrandeii-Zone	materni-Zone	volki-Zone	schmidt-Zone	reichi-Zone	reichi/splendens-Interregnum	splendens-Zone	sigmoideale-Zone																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
												hermanni-cristatus-Zone										asym-metricus-mittlere Zone													A-triangularis-Zone										Untere gigas-Zone																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Obere										mittlere										Untere																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Fossilien: Die Tonsteine enthalten reichlich Styliolinen und Tentaculiten. Die fossilreichen Kalksteine lieferten Riffdetritus (Crinoidenschutt, Korallen-, Stromatoporen- und Schalentrümmer), Styliolinen, Tentaculiten, Calcisphären, Foraminiferen, Ostracoden, Conodonten, Lamellibranchiaten, Gastropoden, Brachiopoden (horn- und kalkschalig), Goniatiten und Nautiloideen (orthocone Cephalopoden).

In einem Hohlweg bei R 53 410, H 01 240 wurden folgende, in Brauneisenstein erhaltene Fossilien gefunden:

Manticoceras (Manticoceras) adorfense WEDEKIND
Probeloceras div. sp.
Tornoceras sp.
orthocone Cephalopoden
Lamellibranchiaten
Styliolinen und Tentaculiten

Altersstellung: Die Flinz-Schichten konnten mit Hilfe der in den Kalksteinen enthaltenen Conodonten datiert werden. Der überwiegende Teil der Flinz-Schichten reicht von der Mittleren *varcus*-Zone bis zur Unteren *asymmetricus*-Zone (Mittel-/Oberdevon-Grenzbe-
reich). Wo sich die Flinz-Schichten mit den überlagernden Styliolinen-Schichten verzahnen und diese zum Teil vertreten, ist ihr Alter jünger. So ergaben Proben, die bei R 53 400, H 01 310 sowie R 53 310, H 01 710 genommen wurden, folgende Reichweite: Mittlere *asymmetricus*-Zone bis Untere *gigas*-Zone, was weitgehend der Mittleren Adorf-Stufe (do I (β) γ) entspricht (vgl. Tab. 2, S. 22 – 23).

Unter- und Obergrenze der Flinz-Schichten sind heterochron. Der tiefere Schichtenabschnitt ist bereichsweise ein fazielles Äquivalent des Massenkalks (MUCHOW 1965 a, b), der höhere Anteil verzahnt sich mit den Styliolinen-Schichten.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung zu der unterlagernden Schichtenfolge, dem Massenkalk, ist immer sehr scharf. In den meisten Fällen wird die Grenze Massenkalk/Flinz-Schichten durch eine Störung gebildet, wobei der Massenkalk auf die Flinz-Schichten überschoben wurde. Auch wo ungestörte Lagerungsverhältnisse vorherrschen, ist der Übergang zu den Flinz-Schichten durch die typische Wechsellagerung von schwarzen, bituminösen Tonsteinen und Flinzkalksteinbänken sehr augenfällig, wie ein Aufschluß südlich des Einganges zur Bilsteinhöhle (R 52 990, H 99 110) zeigt.

Die Abgrenzung zur überlagernden Schichtenfolge, den Styliolinen-Schichten, gestaltet sich weit schwieriger. Eine scharfe Grenze fehlt, der Übergang ist gleitend. Von den Tonsteinen der Flinz-Schichten unterscheiden sich die Styliolinen-Schichten durch ihren geringen Kalkgehalt, die weitaus geringere Anzahl an Flinzkalksteinbänken sowie das Zurücktreten der für die Flinz-Schichten typischen, vorherrschend schwarzen Farben. Die Mächtigkeit der Flinz-Schichten schwankt im Blattgebiet zwischen 50 und 100 m. Die Flinzkalksteine südlich des Einganges zur Bilsteinhöhle (R 52 990, H 99 110) sind nur wenige Meter mächtig.

Verbreitung: Die Flinz-Schichten ummanteln beim Höhenpunkt 362,0 den nördlichen Ausläufer des südlichen Massenkalk-Zuges im Blattgebiet 4516 Warstein. Sie treten ferner in Sattelbrüchen innerhalb der von den jüngeren Styliolinen-Schichten eingenommenen westlichen Warsteiner Senke auf.

Aufschlüsse:

- Osthang des Bilsteinbachtals südlich des Einganges zur Bilsteinhöhle, R 52 990, H 99 110
- Westhang des Hirschberger Bachtals gegenüber dem Siedlungshof, R 53 240, H 00 320
- Osthang des Hirschberger Bachtals nördlich des Siedlungshofes, R 53 350, H 00 550
- Anschnitt in einem Hohlweg, R 53 410, H 01 240
- Anschnitt in einem Hohlweg, R 53 520, H 01 650

Oberdevon

3.1.3. Styliolinen-Schichten (daST)

Tentaculitenschiefer, oberer Teil SCHMIDT 1922: 261

Styliolinen-Schiefer RICHTER 1936

Tentaculiten-Schiefer MUCHOW 1965 a

Gesteine: Die Styliolinen-Schichten bestehen aus schwarzen, grau- bis blauschwarzen und blaugrauen, in der Regel reinen, ziemlich gleichförmig ausgebildeten Tonsteinen. Sie sind meist völlig entkalkt und verwittern von den Rändern her beige, gelb- bis lederbraun und rostbraun. In Oberflächennähe werden sie mürbe und sind meist völlig entfestigt. Stellenweise sind sie etwas gebändert und schluffig, örtlich auch verkieselt. Sie weisen eine engständige Schieferung auf. Sie können mit schwarzgrauen und schwarzblauen, feinkörnigen, etwas karbonatischen Schluffsteinen wechsellagern. Auch vereinzelte, bis zu 20 cm mächtige bituminöse Kalksteine werden angetroffen. Die Schichtflächen sind zum Teil sehr reichlich mit Styliolinen belegt, bei deren Herauswitterung ein löcheriges, aus silikatischen Bestandteilen bestehendes Gerüst übrigbleibt.

Fossilien: Tentaculiten (vereinzelt), Styliolinen (reichlich), Crinoidenstielglieder, Guerichien sp. sp. indet., *Crurithyris cf. inflata* (SCHNUR).

Altersstellung: Die in den Kalksteinen gefundenen Conodonten gestatten es, die Styliolinen-Schichten in die Untere bis Obere *asymmetricus*-Zone (do I α bis do I (β) γ) einzustufen. Vereinzelt reichen sie sogar bis in den unteren Teil der Oberen *gigas*-Zone (do I δ) hinein (vgl. Tab. 2, S. 22–23).

Wie bei den Flinz-Schichten sind auch bei den Styliolinen-Schichten Unter- und Obergrenze heterochron, die Untergrenze stärker als die Obergrenze.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zur unterlagernden Schichtenfolge, den Flinz-Schichten, vergleiche Kapitel 3.1.2. Die Abgrenzung zu den überlagernden Sedimenten, den Schichten der höheren Adorf-Stufe, bereitet im Gelände keine Mühe. Die Schichten der höheren Adorf-Stufe weisen gegenüber den Styliolinen-Schichten bänderstreifige Tonsteine, Kalkknollentonsteine mit Kramenzelverwitterung und Einlagerungen von blaugrauen Cephalopodenkalksteinen auf.

Die Mächtigkeit der Styliolinen-Schichten beträgt 80 – 130 m.

Verbreitung: Die Styliolinen-Schichten nehmen weite Abschnitte der westlich von Warstein gelegenen Senke ein. Durch mehrere sattelförmige Aufragungen der härteren Flinz-Schichten entstehen im Streichen angeordnete Geländerücken, zwischen denen die Styliolinen-Schichten tiefreichend ausgeräumt sind.

Aufschlüsse: Die Styliolinen-Schichten neigen zur Bildung tiefgründiger Böden und sind daher meist mit einer Lehm- und Schuttdecke überkleidet. Aufschlüsse sind rar und überwiegend auf temporäre Baugruben beschränkt.

- Aufschluß am Hang eines parallel zum Hirschberger Bach führenden Fahrweges ca. 300m westsüdwestlich des Kuckucksberges, R 53 080, H 01 780.

3.1.4. Schichten der höheren Adorf-Stufe (da,t/k)

Büdesheimer Schiefer SCHMIDT 1922: 263

Bänderschiefer RICHTER 1936

Büdesheimer Schiefer MUCHOW 1965 (1965 a)

Kalkknollenschiefer CLAUSEN & LEUTERITZ 1979

Gesteine: Die Schichten der höheren Adorf-Stufe bestehen aus einer Wechsellagerung von Ton- und Schluffsteinen mit Kalksteinen. Den Hauptanteil der Gesteine bilden die grauen, schwärzlich grauen, blaugrauen, blau- und olivgrünen, sehr oft gebänderten, kalkhaltigen Tonsteine, welche splitterig brechen und braun, gelb- bis rostbraun, beige, gelbweiß oder ockergelb verwittern. Wechselnde Beimengungen von Schluff lassen schluffige Tonsteine bis Schluffsteine entstehen. Die Gesteine werden dadurch rau, kompakt und zerfallen grobstückig.

Die gute Bänderung kommt dadurch zustande, daß feinschluffige, graue bis dunkelgraue Partien mit tonreichen, schwarzen Partien wechseln. Die dunklen Lagen haben mehr organische Substanz; die schluffigen Lagen sind demgegenüber kalkhaltiger und bilden bei Verwitterung hell- bis dunkelbraune Streifen, die sich dann gut von den kalkarmen bis kalkfreien, schwarzen Lagen abheben. Die Dicke der einzelnen Bänke kann von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern schwanken. Die Bänder verlaufen entweder glatt oder knäuelig-wulstig.

In die Tonsteine sind hellgraue bis blaugraue Knollen, Linsen und Bänke von Kalk- und Mergelsteinen eingebettet. Die Mächtigkeit der Einzelbänke schwankt zwischen 0,5 und 10 cm. Die Durchschnittsmächtigkeit liegt bei 1 – 2 cm. Viele Lokalitäten zeigen einen steten Wechsel von Tonstein- und Kalksteinlagen. Die Kalksteinbänke verwittern von den Rändern her bräunlich und zerfallen zu einem rostbraunen Mulm. Der Kontakt Kalkstein/Tonstein ist in der Regel sehr scharf. Die Kalksteine haben plattige bis unregelmäßig wulstige Ober- und Unterseiten. Durch Herauswitterung von Kalkknollen entstehen allenthalben die typischen Kramenzelstrukturen. Die tonreicheren Kalksteine sind weitständig geschiefert und haben ein flaseriges Aussehen. Sie zerfallen teilweise grobplattig und bilden ausgedehnte Lesesteinvorkommen.

Fossilien: Die Schichten der höheren Adorf-Stufe enthalten Foraminiferen, Tentaculiten, Ostracoden, Conodonten, horn- und kalkschalige Brachiopoden, Muscheln, Goniatiten, Bactriten und orthocone Nautiloideen. Die Schichtflächen der Tonsteine sind bereichsweise mit Ostracoden übersät und bilden dann einen braunen Verwitterungsmulm. Fundpunkte bei R 53 310, H 02 010 und R 52 690, H 01 320 lieferten folgende Ostracoden:

Entomoprimitia (Entomoprimitia) variostrata (CLARKE)

Entomoprimitia (Entomoprimitia) cf. splendens (WALDSCHMIDT)

Entomoprimitia (Entomoprimitia) sp.

Entomozoe (Nehdentomis) pseudorichterina (MATERN)

Entomozoe (Nehdentomis) tenera (GÜRICH)

Richterina (Volkina) latecostata RABEN

Richterina (Volkina) zimmermanni (VOLK)

Ungerella calcarata (RICHTER)

Altersstellung: Nach der Conodontenchronologie reichen die Schichten der höheren Adorf-Stufe von der *A. triangularis*-Zone bis zur *P. triangularis*-Zone (do I (β) γ – do I δ). Ihr gelegentliches Einsetzen in der Mittleren bis Oberen *asymmetricus*-Zone Grenzbereich (do I α / do I (β) γ) weist auf die heterochrone Untergrenze hin (vgl. Tab. 2, S. 22 – 23).

Die beiden genannten Ostracodenfundpunkte gehören dem höchsten Anteil der Schichten der höheren Adorf-Stufe an, dem *reichi/splendens*-Interregnum bis zur *splendens*-Zone. Insgesamt bestätigen die Ostracodenfunde mit ihrer Reichweite von der *cicatricosa*-Zone bis zur *splendens*-Zone (do I (β) γ – do I δ) das mit Hilfe der Conodonten festgestellte Alter.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung zu den unterlagernden Stylioliten-Schichten kann aufgrund der für die Schichten der höheren Adorf-Stufe typischen Wechsellagerung leicht vollzogen werden. Schwieriger ist die Grenzziehung zu den überlagernden, petrographisch sehr ähnlichen Schichten der tieferen Nehden-Stufe. Der Kellwasserkalk ist als Grenzhorizont nicht geeignet, da er nur gelegentlich ausgebildet ist. Hier ist die Abgrenzung nur auf biostratigraphischer Grundlage möglich, was sich bei ausreichend vorhandenen Aufschlüssen immer genau durchführen läßt.

Die Schichten der höheren Adorf-Stufe sind härtlingsbildend. Sie verursachen Kuppen und Rücken im Gelände. Der Übergang zur liegenden und hangenden Schichtenfolge ist morphologisch oftmals durch eine deutliche Geländekante gekennzeichnet.

Die Mächtigkeit der Schichten der höheren Adorf-Stufe beträgt 70 – 110 m.

Verbreitung: Die Schichten der höheren Adorf-Stufe flankieren die westliche Warsteiner Senke. Nach Süden hin leiten sie zum Kalksteinmassiv der Bilsteinfelsen über, nach Westen hin bilden sie den Übergang zum Querriegel der Kahlenbergsköpfe, nach Norden hin fallen sie vom Kuckucksberg aus schroff zum Schotterbett des Schorenbaches ab.

Aufschlüsse:

- Geländerippe 70 m nordöstlich des alten Tagebaus der Grube David, R 53 470, H 99 740
- Geländerippe 170 m nordöstlich des alten Tagebaus der Grube David, R 53 600, H 99 730
- Hangeinschnitt ca. 60 m südöstlich der aufgelassenen Grube Siebenstern, R 52 520, H 00 100
- Bachbett und Uferhang des Schorenbaches, Südabschnitt des „Grünen Ufers“, R 52 640, H 01 720
- Geländerippe 150 m nordwestlich des Kuckucksberges, R 53 250, H 02 030
- Geländerippe 140 m nordöstlich des Kuckucksberges, R 53 400, H 02 080
- Geländerippe 300 m ostnordöstlich des Kuckucksberges, R 53 640, H 02 100

3.1.5. Schichten der tieferen Nehden-Stufe (dn,t)

Cypridinenschiefer SCHMIDT 1922: 269

Cypridinenschiefer RICHTER 1936

Cypridinen-Schiefer MUCHOW 1965 a

Bänderschiefer CLAUSEN & LEUTERITZ 1979

Gesteine: Die Schichten der tieferen Nehden-Stufe setzen sich vorwiegend aus blaugrauen, schwärzlich blaugrauen, blauschwarzen, grünlich schwarzen, blau-, oliv- bis gelbgrünen, gebänderten, kalkhaltigen Tonsteinen zusammen, welche spröde und splitterig brechen und von den Rändern her gelb- und rostbraun verwittern.

Die gebänderten Partien entstehen durch eine Wechsellagerung heller, kalkreicher und dunkler, kalkarmer bis kalkfreier Lagen (vgl. Kap. 3.1.4.). Die einzelnen Bänder sind 5 bis

15 mm mächtig und weisen einen Abstand von einigen Millimetern bis wenigen Zentimetern voneinander auf. Sie fallen schon im frischen Zustand, besonders gut jedoch bei Anwitterung ins Auge.

Außerdem sind graue Kalkknollenlagen und Kalksteinbänkchen in die Tonsteine eingelagert, welche den Gesteinen bei ihrer Herauswitterung die typische Kramenzelstruktur verleihen. Die Bänkchen sind 5 – 20 mm mächtig und folgen öfters in einem Abstand von 1 – 4 cm stetig aufeinander. Sie lösen sich teilweise knollig auf und leiten gleitend zu den Kalkknollen-tonsteinen über.

Die im Anschluß an die nordwestliche Parkplatzecke des Hotels Bilsteinhöhle folgende Straßenböschung (R 52 950, H 99 590) enthält Gesteine, deren Schichtoberseiten feine runzelartige Rippelmarken aufweisen.

Die Bändertonsteine sind engstündig und intensiv geschiefert. Die Kalksteinbänke sind zerschert und bisweilen ebenso wie die Kalkknollen in die Schieferungsebene eingeregelt.

Fossilien: An Fossilien sind Ostracoden, Conodonten, Trilobiten, Muscheln, Brachiopoden, Gastropoden, Crinoidenstielglieder, orthocone Nautiloideen, Goniatiten und Bactriten zu nennen. Insbesondere wurden *Bactrites* sp., *Guerichia* sp. sp. und folgende, aus Fundpunkten bei R 53 590, H 02 310 und R 52 470, H 01 370 stammende Ostracoden bestimmt:

Entomozoe (Richteria) serratostrata (G. SANDBERGER)
Entomozoe (Richteria) cf. serratostrata (G. SANDBERGER)
Entomozoe (Nehdentomis) nehdensis (MATERN)
Entomozoe (Nehdentomis) tenera (GÜRICH)
Entomozoe (Nehdentomis) pseudorichterina (MATERN)
Entomozoe (Nehdentomis) cf. pseudorichterina (MATERN)
Entomoprimitia (Reptiprimitia) ? sandbergeri (MATERN)
Ungerella calcarata (RICHTER)

Wie bei den Schichten der höheren Adorf-Stufe sind die Ostracoden auf den Schichtflächen zum Teil derart angereichert, daß sich bei Verwitterung mulmige, rostbraune Lagen bilden.

Altersstellung: Nach der Conodontenchronologie gehören die Schichten der tieferen Nehden-Stufe der *crepida*-Zone (do II α) an (vgl. Tab. 2, S. 22 – 23). Nach der Ostracodenchronologie sind die Schichten in die *sigmoidale*-Zone bis *serratostrata-nehdensis*-Zone einzustufen.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zu den Schichten der höheren Adorf-Stufe sei auf Kapitel 3.1.4. verwiesen. Die Abgrenzung zur überlagernden Schichtenfolge, den Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe, ist im Gelände morphologisch (Geländeanstieg mit dem Beginn der kalkigen und zudem meist verkieselten Gesteine) und petrographisch meist leicht durchzuführen.

Die Mächtigkeit der Schichten der tieferen Nehden-Stufe beträgt 60 – 80 m.

Verbreitung: Die Schichten der tieferen Nehden-Stufe nehmen ebenso wie die Schichten der höheren Adorf-Stufe die Flankenpositionen der westlichen Warsteiner Senke ein. Sie bauen vornehmlich den Ostrand des Nord – Süd verlaufenden Härtlingsrückens der Kahlenbergsköpfe auf. Auch am Grünen Ufer und am Papenhölzchen beiderseits des Schoerenbaches sind sie mit zum Teil großer, durch Spezialfaltung bedingter Ausstrichbreite anzutreffen.

Aufschlüsse:

- Straßenböschung nordwestlich des Parkplatzes Bilsteinhöhle, R 52 950, H 99 590
- Klippe 350 m südöstlich des Kahlenbergskopfes 447,8 m, R 52 210, H 00 660
- Klippe am Südhang des Grünen Ufers, R 52 520, H 01 840

3.1.6. Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe (dn-w)

Älterer Enkeberger Kalk SCHMIDT 1922: 269
Jüngerer Enkeberger Kalk SCHMIDT 1922: 277
Dasberger Kalk SCHMIDT 1922: 282
Enkeberger Kalk RICHTER 1936
Dasberg RICHTER 1936
Enkeberger Kalk MUCHOW 1965 (1965 a)
Dasberger Kalk MUCHOW 1965 (1965 a)

Gesteine: Die Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe setzen sich aus einer von Aufschluß zu Aufschluß rasch wechselnden Folge aus reinen Kalksteinen, Knollenkalksteinen, Kalkknotentonsteinen, Mergelsteinen und Tonsteinen zusammen, welche bis auf wenige Ausnahmen völlig verkieselte sind.

Die verkieselten Gesteine, welche im tieferen Abschnitt der Gesteinsfolge (Obere Nehden- bis Hemberg-Stufe) auftreten, sind weißgrau, blaugrau bis schwarzgrau, fein- bis mittelkörnig und verwittern vom Rande her sowie an Trennflächen grauweißlich, bräunlich und ockergelb. Klüfte und Haarrisse sind mit Tapeten aus Illit und Brauneisen ausgekleidet. Typisch für die verkieselten Kalksteine sind die nach Art eines Implikationsgefüges eng miteinander verzahnten und verfingeren Quarzkristalle, deren Größe insgesamt zwischen 10 und 250 µm schwankt. Die Quarze enthalten winzige Schüppchen aus Illit und Fireclay sowie rundliche Calcitkristalle. Der Fireclay ist während der Verkiezelung aus Chlorit entstanden (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die ziemlich einheitlich wirkenden, verkieselten Gesteine sind sehr unterschiedlichen Ursprungs: Teilweise waren es Kalksteine, teilweise Ton- und Schluffsteine. Eine Unterscheidung dieser Gesteine voneinander nach vollzogener Verkiezelung ist nur mikroskopisch möglich. Die Schluffsteine besitzen im Gegensatz zu den Kalksteinen detritische Quarze, die Kalksteine hingegen weisen reichlich Quarze mit Calciteinschlüssen auf, welche als Relikte des Ausgangsgesteins gedeutet werden können. Aber auch bei Schluffsteinen mit kalzitischem Bindemittel sind untergeordnet Calciteinschlüsse möglich.

Im aufgelassenen Bruch der Grube Siebenstern (R 52 480, H 00 120 bis R 52 460, H 00 200) stehen von der Verkiezelung weitgehend ausgesparte Schichten an. Weiß- bis blaugraue Kalksteine der höheren Nehden-Stufe werden hier von grauen, gelbbraunen, glimmerhaltigen, beige bis rostbraun verwitternden Ton- und Schluffsteinen überlagert. Die Schluffsteine sind stark geschiefert und zerfallen scherbügelig. Die zahlreichen Trennflächen sind allenthalben mit mangan- und eisenhaltigen Tapeten ausgekleidet. Es kam zur Bildung von Toneisensteinen, welche dort die Ursache des einstigen Bergbaus waren.

Die verkieselten Gesteine der höheren Nehden- bis Hemberg-Stufe sind teils plattig, teils grobklotzig ausgebildet, gut geklüftet und zerfallen in rechteckig bis polyedrisch spaltende Stücke.

Im höheren Abschnitt der Gesteinsfolge (Dasberg- bis Wocklum-Stufe) nehmen Ton- und Schluffgehalt stärker zu. Die bankigen, reinen Kalksteine gehen hier vielfach in hellgraue, grobknotige Mergelkalksteine über, welche von den Rändern und von Klüften her braun bis

ockergelb verwittern. Die Gesteine sind weitständig von Schieferungsflächen durchzogen, denen gelbbraune Eisenhydroxidtapeten aufsitzen. Diese stärker tonhaltigen Gesteine sind unter dem Mikroskop durch die geringe Größe sich verfingernder Quarzkristalle (1 – 20 µm), durch hohen Sericitgehalt und hohen Gehalt von schlecht kristallisiertem, flockig ausgediegt Goethit ausgezeichnet (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Aus der Grube David sind blauschwarze, schmierige, alaunschieferartige Tonsteine bekannt (RICHTER 1936).

Zur Vererzung der Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe kam es außer bei der schon erwähnten Grube Siebenstern noch im Bereich der Gruben David und Georg (s. Kap. 6.1.).

Fossilien: Besonders die kalkigen Gesteine enthalten zahlreiche Conodonten, Goniatiten, Clymenien, orthocone Cephalopoden, Lamellibranchiaten und Brachiopoden, welche bei fortgeschrittener Verkieselung jedoch weitgehend zerstört sind. In dem aufgelassenen Steinbruch 130 m südöstlich des Kahlenbergskopfes (R 52 030, H 00 690 bis R 52 130, H 00 630) konnte SCHMIDT (1922: 278 – 279) mehrere Gattungen und Arten von Trilobiten (1), orthoconen Cephalopoden (2), Clymenien (1), Goniatiten (4), Gastropoden (1) und Muscheln (1) bestimmen.

Altersstellung: Das Nehden-Alter der Gesteine ist durch Conodonten gesichert, welche die unverkieselten Kalksteine aus dem Tagebau der Grube Siebenstern lieferten. Danach gehören die Gesteine der Unteren *marginifera*-Zone (do II β) der Conodontenchronologie an (vgl. Tab. 2, S. 22 – 23). Schon SCHMIDT (1922: 272) hatte in verkieselten Gesteinen des Trellensbruchs gegenüber den Bilsteinfelsen mehrere Exemplare von *Cheiloceras verneuili* (MÜNSTER) gefunden. Auch das Hemberg-Alter ist durch die von SCHMIDT (1922: 278 – 279) beschriebene Fauna gut belegt.

Für eine Einstufung in die Dasberg- bis Wocklum-Stufe ergaben sich im Bereich der Kahlenbergsköpfe keine biostratigraphischen Anhalte, jedoch spricht die petrographische Ausbildung zweifellos für jüngstes Oberdevon.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zur unterlagernden Schichtenfolge, den Schichten der tieferen Nehden-Stufe, vergleiche Kapitel 3.1.5. Die Abgrenzung zu den hangenden kieseligen Gesteinen des Unterkarbons ist wegen des Farbumschlages und der petrographischen Unterschiede jederzeit gut durchführbar.

Die Mächtigkeit der Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe beträgt 30 – 50 m.

Verbreitung: Die verkieselten Gesteine der Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe bilden zusammen mit den kieseligen Gesteinen des Unterkarbons das morphologische Rückgrat des Nord-Süd verlaufenden Querriegels der Kahlenbergsköpfe. Infolge des umlaufenden Streichens am Westende des Warsteiner Sattels weisen die Sedimente bedeutende Ausstrichflächen auf. Außerdem sind sie in Sättel und Mulden gelegt.

Aufschlüsse:

- aufgelassener Steinbruch am Höhenpunkt 385,0 m ca. 130 m nördlich der Straße Hirschberg – Warstein kurz vor der großen Straßenkurve in Richtung Bilsteinhöhle, R 52 490, H 99 060 bis R 52 500, H 99 120
- aufgelassener Steinbruch ca. 150 m nördlich der Straße Hirschberg – Warstein (km 17,05), R 52 260, H 99 160

- aufgelassener Tagebau der Grube Siebenstern ca. 450 m östlich des Kahlenbergskopfes (467,0 m), R 52 480, H 00 120 bis R 52 460, H 00 200
- aufgelassener Steinbruch ca. 130 m südöstlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m), R 52 030, H 00 690 bis R 52 130, H 00 630
- aufgelassener Steinbruch ca. 100 m nordwestlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m), R 51 830, H 00 900 bis R 51 910, H 00 840
- Schürfgrube am Grünen Ufer, aufgelassener Tagebau der Grube Georg, R 52 440, H 01 890
- aufgelassener Steinbruch am Grünen Ufer, R 52 290, H 01 950

3.1.7. Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe (da-w)

Älterer Enkeberger Kalk SCHMIDT 1922: 269
 Jüngerer Enkeberger Kalk SCHMIDT 1922: 277
 Dasberger Kalk SCHMIDT 1922: 282
 Enkeberger Kalk RICHTER 1936
 Dasberg RICHTER 1936
 Enkeberger Kalk MUCHOW 1965 (1965 a)
 Dasberger Kalk MUCHOW 1965 (1965 a)

Gesteine: Die Gesteine bestehen aus hellgrauen bis dunkelgrauen, unterschiedlich stark verkieselten, dünn- bis dickbankigen sowie klotzigen Kalksteinen, die zum Hangenden hin grobknollig ausgebildet sind. Von den Trennflächen her verwittern sie gelbbraun bis ockergelb. Ferner sind Knollenkalksteine und Kalkknotentonsteine entwickelt, in welche dünne Lagen von graugrünen Ton- und Schluffsteinen eingeschaltet sind.

Die verkieselten Kalksteine setzen sich überwiegend aus feinkristallinen Quarzkristallen von 1 bis 300 µm Größe zusammen. Die Quarze weisen ein Implikationsgefüge auf und enthalten Einschlüsse von Illit und Fireclay sowie 2 bis 10 µm große rundliche Calciteinschlüsse. Auf den für das Gestein typischen, linsigen Schieferungsbahnen treten zudem Anreicherungen von Illit, Eisenhydroxiden und Anatas auf. Muskovit ist akzessorisch vorhanden (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrhein.-Westf.).

Fossilien: Bei nicht zu starker Verkieselung lassen sich zahlreiche Fossilien finden. Aus den Kalksteinen am alten Schießstand südlich der Bilsteinhöhle beschrieb SCHMIDT (1922: 283 – 292) einen Trilobiten, einen Gastropoden, eine Koralle, zwei orthocone Nautiloiden, fünf Goniatiten, dreizehn Clymenien und vier Muscheln. Eine von KORN (in CLAUSEN & KORN & UFFENORDE 1979) durchgeführte Revision der Clymenien erbrachte zwei neue Arten von *Cymaclymenia*. Auch Conodonten konnten sowohl am alten Schießstand als auch am Kaiser-Heinrich-Brunnen geborgen werden.

Altersstellung: Ein Abschnitt unverkieselter Kalksteine an der steilen Nordwand unmittelbar östlich des Badehauses beim Kaiser-Heinrich-Brunnen (R 53 630, H 06 530) konnte nach Conodonten von der Basis der Aufschlußwand bis 6,4 m oberhalb davon in den oberen Teil der *A. triangularis*-Zone bis zur Unteren *gigas*-Zone eingestuft werden und entspricht damit dem do I (β) γ (vgl. Tab. 2, S. 22 – 23). Eine 1963 vor dem Badehaus abgeteufte, 33,35 m tiefe Mineralwasserbohrung wies nach ZIEGLER (in FRICKE 1967) noch bis zu einer Teufe von 27 m die Adorf-Stufe (vermutlich do I α) nach. Aus dem höheren Abschnitt der Kalksteine konnten am Kaiser-Heinrich-Brunnen und auch am alten Schießstand Conodonten der *styriacus*-Zone bis Mittleren *costatus*-Zone (do IV/V bis do VI) geborgen werden. Die feinstratigraphische Auswertung der von KORN (in CLAUSEN & KORN & UFFENORDE 1979)

bearbeiteten Clymenien erlaubte es, die Kalksteine am alten Schießstand in vier Abschnitte zu gliedern: Dasberg-Stufe, Grenzbereich Dasberg/Wocklum-Stufe, unterer Teil der Wocklum-Stufe (Subzone der *Kalloclymenia subarmata*) und oberer Teil der Wocklum-Stufe (Subzone der *Kamptoclymenia endogona*).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Das Liegende der Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe ist am Kaiser-Heinrich-Brunnen nicht erschlossen. Vermutlich handelt es sich um flinzartige Tonsteine (ZIEGLER in FRICKE 1967), welche Massenkalk überlagern und zum kalkigen Oberdevon überleiten. Massenkalk wurde durch eine Bohrung im östlichen Provinzialsteinbruch Drewer nachgewiesen. Eine ähnliche Schichtenfolge dürfte im Liegenden der Kalksteine am alten Schießstand zu erwarten sein.

Das Hangende der Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe bilden am Kaiser-Heinrich-Brunnen die Liegenden Alaunschiefer, welche die verkieselten Kalksteine mit scharfer Grenze überlagern. Am alten Schießstand sind es hingegen teils verkieselte Splitterschiefer sensu SCHMIDT (1922), die den Devon/Karbon-Übergangsschichten angehören, teils mehrere mit grüngrauen Tuffen wechsellagernde Bänke des Erdbacher Kalks.

Die Mächtigkeit der Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe beträgt 20–30, maximal 80 m.

Verbreitung: Die Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe treten am Südrand der Warsteiner Carbonatplattform südlich der Bilsteinhöhle in einem ca. 600 m langen und wechselnd breiten Streifen sowie im Kern des westlichen Belecker Teilsattels am Kaiser-Heinrich-Brunnen auf.

Aufschlüsse:

- alter Schießstand südlich der Bilsteinhöhle, R 53 120, H 98 900 bis R 53 310, H 99 020; die 6 m hohe Gesteinswand der Typuslokalität befindet sich beim Kugelfang am Scheibenstand, R 53 210, H 98 930
- Nordwand am Kaiser-Heinrich-Brunnen zwischen B 516 und B 55, R 53 460, H 06 500 bis R 53 640, H 06 520

3.1.8. Devon/Karbon-Übergangsschichten (nicht gesondert ausgeschieden)

Etroeungt SCHMIDT 1922: 292–299

Wocklumer Schichten (Etroeungt) RICHTER 1936

Hangenberg-Schiefer PAECKELMANN & RICHTER 1938: 261

Obertournai-Schiefer (Splitterschiefer) PAECKELMANN & RICHTER 1938: 262

Übergangsbank STASCHEN 1968: 15

Nur in einem Aufschluß wurden im Blattgebiet Hirschberg bisher die Devon/Karbon-Übergangsschichten biostratigraphisch nachgewiesen. Sie konnten teils ihrer geringen Ausdehnung wegen, teils, weil sie sich anderswo nicht nachweisen ließen, auf der geologischen Karte nicht als eigene Einheit ausgeschieden werden, sondern werden mit den unterlagernden Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe zusammengefaßt. Es wird vermutet, daß auch die stark verkieselten Gesteine am Querriegel der Kahlenbergsköpfe, die Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe, in ihrem höchsten Anteil Devon/Karbon-Übergangsschichten enthalten.

Wegen ihrer stratigraphischen und paläogeographischen Bedeutung werden die Devon/Karbon-Übergangsschichten jedoch in einem eigenen Kapitel beschrieben.

Gesteine: Die Gesteinswand am Kugelfang des alten Schießstandes südlich der Bilsteinhöhle (R 53 210, H 98 930) zeigt in der rechten Hälfte über den verkieselten Kalksteinen der Wocklum-Stufe graue, dunkelgraue bis bläulichgraue, fahlgrau verwitternde Tonsteine.

Tabelle 3
Stratigraphische Gliederung des Karbons

stratigr. Gliederung		Cephalopoden-Zone	Cephalopoden-Subzone	Conodonten-Zone	Blatt 4515 Hirschberg
Oberkarbon (Silesium)	Reticuloceras-Stufe	R 1 a	<i>R. circumplicatilis</i> -Zone	Untere <i>tricarinatus-deflectens</i> -Zone	Obere Arnsberger Schichten (cnA2) mit <i>bisulcatum</i> -Kieselschiefer
	Homoceras-Stufe	c 2 b H 1 a	<i>Ht. prereticulatus</i> -Zone <i>H. undulatum</i> -Zone <i>Hd. proteus</i> -Zone <i>H. beyrichianum</i> -Zone <i>H. subglobosum</i> -Zone		
		c 2 b 1 a	<i>N. nuculum</i> -Zone <i>Ct. nitidus</i> -Zone <i>E. bisulcatum</i> -Zone	<i>bilineatus-schmidtii</i> -Zone	
	Eumorphoceras-Stufe	c 1 b 1 a	<i>Cr. malhamense</i> -Zone <i>E. pseudobilingue</i> -Zone <i>Cr. leion</i> -Zone	<i>nodosus</i> -Zone	Untere Arnsberger Schichten (cnA1)
	Goniatites-Stufe	γ 2 1	<i>Go. granosus</i> -Zone	<i>bilineatus-bilineatus</i> -Zone	Kulm-Tonschiefer (c3,t)
Unterkarbon (Dinantium)	Goniatites-Stufe	5 4 β 3 2 1	<i>Go. striatus</i> -Zone		
		4 3 α 2 2 1	<i>Go. crenistria</i> -Zone	<i>anchoralis-bilineatus</i> -Interregnum	Kieselige Übergangsschichten (c3,ki)
		δ γ	<i>En. nasutus</i> -Zone A. <i>kochi</i> -Zone		Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk (c2,ki)
		II β	<i>Pe. plicatilis</i> -Zone <i>M. corpulentum</i> -Zone	<i>anchoralis</i> -Zone	
	Pericyclus-Stufe	α	<i>Pe. princeps</i> -Zone <i>M. complanatum</i> -Zone	<i>crenulata</i> -Zone	Liegende Alaunschiefer (c2,tal)
		β	<i>Ga. crassa</i> -Zone		
	Gartendorfia-Stufe	β	<i>I. patens</i> -Subzone <i>Ps. westfalicus</i> -Subzone	<i>triangulus-triangulus</i> -Zone	Devon/Karbon-Übergangsschichten
		α	<i>Ps. dorsoplanus</i> -Subzone <i>B. acuta</i> -Subzone	<i>triangulus-inaequalis</i> -Zone <i>sulcata-kockeli</i> -Zone	

Sie sind durch Wechsellagerung mit dünnen Schluffsteinlagen gebändert und brechen infolge ihrer Verkiezelung splitterig und spröde. Die Schluffsteinlagen sind dunkelgrau und heben sich im allgemeinen scharf von der Tonsteinmatrix ab. Die Tonsteine enthalten einzelne, bis 3 cm große, verkieselte Phosphoritknollen.

Fossilien: Conodonten

Altersstellung: Das Alter der Tonsteine wird ausführlich bei CLAUSEN & KORN & UFFENORDE (1979: 50) diskutiert. Obgleich die fazielle Ausbildung der splitterigen Tonsteine (Farbe, Bänderung, Phosphoritknollen) für eine Zuordnung zu den Liegenden Alaunschiefern spricht, gehören die Sedimente ihrer Conodontenfauna zufolge eindeutig dem cdl an und entsprechen damit zeitlich dem unterkarbonischen Anteil der Hangenberg-Schichten (vgl. Tab. 3). Aus den Tonsteinen wurden auch Conodonten der Oberen *crenulata*- bis *ancholaris*-Zone (cdlla/β) geborgen. Diese dürften jedoch aus einer in den Tonsteinen makroskopisch nicht erkennbaren Spaltenfüllung stammen, welche das einzige Relikt der nach ihrer Ablagerung wieder aufbereiteten Gesteine des basalen Unterkarbons II darstellt (vgl. Kap. 5.1.).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Devon/Karbon-Übergangsschichten grenzen am alten Schießstand zum Liegenden hin an die verkieselten Kalksteine der Wocklum-Stufe. Überlagert werden sie von grünlichen Tuffiten und Erdbacher Kalk. In der rechten Aufschlußhälfte schwankt die Mächtigkeit der Tonsteine zwischen 35 und 45 cm. In der Aufschlußmitte, wo die Tonsteine kurz vor ihrem abrupten Auskeilen etwas sackartig in ihre Unterlage eingestülpt sind, schwillt sie auf 70 cm an. In der linken Aufschlußhälfte fehlen die splitterigen Tonsteine.

Verbreitung: Bisher wurden die Devon/Karbon-Übergangsschichten im Blattgebiet Hirschberg nur in Form der splitterigen Tonsteine am alten Schießstand nachgewiesen. Oberdevonische Hangenberg-Schichten und Hangenberg-Kalk fehlen, wobei offen bleibt, ob „das Fehlen primär ist oder ob es auf sekundäre (vorkulmische) Denudation zurückgeht“ (RICHTER 1936). Es ist aber auch möglich, daß sich ein größerer Anteil der Devon/Karbon-Übergangsschichten wegen der bereichsweise extremen Verkiezelung im Blattgebiet bisher dem biostratigraphischen Nachweis entzog. Hierzu rechnen möglicherweise die gelbbraunen bis bläulichgrauen, plattig absondernden, verkieselten Mergelkalksteine, welche in dem aufgelassenen Steinbruch am Grünen Ufer 300 m südwestlich des Naturdenkmals Kroneneichen (R 52 290, H 01 950) unmittelbar Kieselschiefer unterlagern.

Aufschlüsse:

- alter Schießstand südlich der Bilsteinhöhle, R 53 120, H 98 900 bis R 53 310, H 99 020; die 6 m hohe Gesteinswand der Typuslokalität befindet sich beim Kugelfang am Scheibenstand, R 53 210, H 98 930

3.2. Karbon

Unterkarbon (Dinantium)

3.2.1. Liegende Alaunschiefer (c2,tal)

Alaunschiefer SCHMIDT 1922: Taf. 13, Fig. 3
Hauptphosphoritlage STASCHEN 1968
Liegende Alaunschiefer STRUCKMEIER 1982

Da die Liegenden Alaunschiefer des Warsteiner Raumes in Mächtigkeit und Ausbildung von den sonstigen Vorkommen des nordöstlichen Sauerlandes abweichen, wurde für sie der Name „Hauptphosphoritlage“ vorgeschlagen (STASCHEN 1968: 15). Nachdem die Conodontenfunde belegen konnten, daß die Hauptphosphoritlage als örtliche Sonderfazies stratigraphisch die Liegenden Alaunschiefer vertritt, wird es für sinnvoll angesehen, für sie die Bezeichnung „Liegende Alaunschiefer“ beizubehalten.

Gesteine: Grauen, dunkelgrauen, schwarzen bis grünlichen, zum Teil feinblättrigen Tonsteinen sind harte Phosphoritlagen und dünne, weiche braune, hellbraune und grünliche, stellenweise schluffig-feinsandige und geschichtete Tuffite zwischengelagert. Dadurch erhalten die Liegenden Alaunschiefer ein feimbänderiges Aussehen. Die Bänderung kommt durch die Wechsellagerung dunkler, bitumenreicher und heller, tonreicher Lagen zustande. Die Liegenden Alaunschiefer verwittern fahlgrau, beige, gelbbraun und bewahren oft nur noch im Kern die tintenschwarze Farbe.

Phosphoritknollen treten allenthalben in den Liegenden Alaunschiefern auf. Schon an der Basis läßt sich ein Horizont mit Knollen von 1–2 cm Durchmesser beobachten. Besonders im höheren Teil stellen sich mehrere Lagen mit Phosphoritknollen, außerdem Phosphoritbänder, Pyrit und Toneisenstein ein. Die Toneisensteine sind karminrot, im angewitterten Zustand hellgelb gefärbt, knollig und eisenreich. Am Kaiser-Heinrich-Bad enthalten sie nach STRUCKMEIER (1982) bis 19,5 % Fe.

Nach STRUCKMEIER (1982) setzt sich der Mineralbestand der Phosphoritknollen fast ausschließlich aus Apatit, Kollophan (= krypto- bis mikrokristalliner Apatit) und Quarz zusammen. An den Knollen ist schon makroskopisch eine durch helle und dunkle Lagen hervorgerufene Zonierung zu erkennen. In den dunklen Lagen ist der Limonit- und Goethitgehalt wesentlich höher als in den hellen Lagen. Die Knollengröße der Phosphorite nimmt zum Hangenden zu. Der Übergang der Phosphoritknollen in die umhüllenden Tonsteine ist unscharf und unregelmäßig. Risse und Spalten an der Oberfläche der Phosphoritknollen werden von Tonsteinen ausgefüllt.

Fossilien: Die Phosphoritknollen enthalten einzelne Conodonten, vor allem aber Radiolarien (Ordnung Spumellaria), zum Teil mit langen Stacheln. STRUCKMEIER (1982) gibt *Xiphosphaera gaea* HAECKEL und *Hexastylus dimensivus* HAECKEL an. Die Tonsteine lieferten Conodonten, orthocone Nautiloideen („*Orthoceras*“ sp.) und kohlige Pflanzenreste. An einigen strukturbietend erhaltenen Pflanzen waren dichotome Verzweigungen erkennbar. Aus den schwarzen Tonsteinen, die an der langen Nordwand unmittelbar östlich des Kaiser-Heinrich-Brunnens erschlossen sind (R 53 640, H 06 520), bestimmte K. LEUTERITZ (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) folgende Conodonten:

Siphonodella cf. *duplicata* (BRANSON & MEHL)
Gnathodus cf. *punctatus* (COOPER)
Gnathodus cf. *semiglaber* BISCHOFF
Gnathodus sp.
Spathognathodus sp.

Altersstellung: Den Conodonten zufolge lassen sich die Tonsteine in die Untere *crenulata*-Zone (unteres cd II α) einstufen; es ist wahrscheinlich, daß sie auch Abschnitte der Oberen *crenulata*-Zone umfassen (vgl. Tab. 3, S. 33).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung zum Liegenden, den verkieselten Kalksteinen der Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe ist wegen der auffälligen petrographischen Unterschiede jederzeit durchführbar. Auch zum Hangenden, dem Erdbacher Kalk,

ist die Abgrenzung eindeutig. Da der Erdbacher Kalk vielfach von einer 10 – 50 cm mächtigen Lage schwarzer, kieseliger Tonsteine mit Phosphoritknollen überlagert wird, könnte man ihn formal als Einlagerung in die Liegenden Alaunschiefer auffassen. Indessen erscheint es zweckmäßiger, ihn zusammen mit den Lyditen und Kieselkalken zu beschreiben.

Die Mächtigkeit der Liegenden Alaunschiefer beträgt an der Nordwand westlich des Kaiser-Heinrich-Brunnens (R 53 460, H 06 500) 4,2 m, östlich des Kaiser-Heinrich-Brunnens (R 53 640, H 06 520) erreicht sie 4,6 m.

Verbreitung: Eine geschlossene, in der geologischen Karte darstellbare Verbreitung besitzen die Liegenden Alaunschiefer nur am Nordflügel des Belecker Sattels (westlicher Teilsattel).

Aufschlüsse:

- Nordwand am Kaiser-Heinrich-Brunnen zwischen B 516 und B 55, R 53 460, H 06 500 bis R 53 640, H 06 520

3.2.2. Erdbacher Kalk, Kiesel-schiefer, Lydit, Kieselkalk (c2,ki)

Gesteine: Der Erdbacher Kalk setzt sich aus weißgrauen, gelb- („eigeln“) , gelbbraun bis ockerig verwitternden und mulmig zerfallenen, zum Teil verkieselten, feinkörnigen Kalksteinbänken zusammen, welche viel Fossilschill, gelegentlich Pyritflitterchen und Tuffitbänder enthalten. Sie sind gut gebankt, manchmal auch wulstig und knollig, eckig begrenzt und sondern plattig ab. Häufiger wechsellagern sie mit schwarzen, kieseligen, Tuffit- und Phosphoritlagen enthaltenden Tonsteinen. Dadurch löst sich die Kalksteinfolge in mehrere, 10 – 30 cm mächtige Einzelbänke auf. Am alten Schießstand südlich der Bilsteinhöhle (R 53 210, H 98 930) sind vier Einzelbänke in grünliche Tuffite eingebettet. Drei dieser Bänke erstrecken sich über die gesamte Aufschlußbreite, die vierte keilt rasch innerhalb der sie umgebenden Tuffite aus. Diejenigen Kalksteine, welche verkieselt sind, enthalten überwiegend feinkristallinen Quarz, nur untergeordnet mikroporitischen Calcit, Illit und Anatas (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die mit den Kalksteinen wechsellagernden Tuffite sind hellgrau, weißgelb bis gelbgrün und verwittern fahlgrau. Es liegt ein dichtes Sericitgewebe vor, in welches Quarzkörner, kaolinisierte Feldspäte, Chlorite und Fossilien (Conodonten, Brachiopoden u. a.) eingebettet sind. Das sehr feine sericitische Gewebe der Grundmasse kann als entglaster Stauffteil erklärt werden. Die kaolinisierten Gebilde waren vermutlich Feldspäte. Der splitterige Quarz könnte vulkanogen, jedoch auch diagenetisch entstanden sein. Es handelt sich um einen fossilführenden Tuffit (Untersuchung: A. SCHERP, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Der Erdbacher Kalk wird überlagert von in unterschiedlichem Maße verkieselten Tuffiten, Ton- und Schluffsteinen, Alaunschiefern, Kiesel-schiefern, Lyditen und Kieselkalken. Die im Rheinischen Schiefergebirge übliche petrographische Untergliederung in einen „Horizont der vorwiegenden Lydite“ und „Horizont der vorwiegenden Kieselkalke“ ist im Warsteiner Raum nur mit Einschränkungen möglich.

Die kieseligen Ton- und Schluffsteine sowie Alaunschiefer sind schwarz, dunkel- bis blaugrau, dicht gebändert, hart, splitterig, schwach kalkhaltig, spalten engständig auf und verwittern braun, gelbbraun, fahlgrau und ockergelb. Eingeschaltet sind ferner schwarze, reine, blätterige Tonsteine. Die gute Bänderung kommt durch die hellgrauen bis graubraunen, meist besonders weichen, tuffitischen Zwischenlagen zustande.

Der Abschnitt der Kieselkalke enthält dunkel- bis hellgraue, blaugraue, plattige, durch polyedrischen Bruch gekennzeichnete Kieselschiefer, Lydite und Kieselkalke, welche öfters braungelb bis rostbraun gebändert sind. Besonders die kieseligen Kalksteine sind feingestreift. Der Kalkgehalt der Kieselkalke ist bei intensiver Verwitterungseinwirkung meistens fortgeführt. Übrig bleiben rostbraune, poröse Kieselenskelette, die schließlich zu einem feinen Mulm zerfallen.

Die Bankmächtigkeiten betragen wenige Dezimeter (im Durchschnitt 20–30 cm). Zwischen den festen Bänken bilden kieselige Tonsteine und schwarze, blätterige Alaunschiefer sowie helle Tuffite meist nur wenige Zentimeter umfassende, mürbe, fahlgrau bis gelbweiß ausbleichende, schwach kaolinisierte Lagen.

260 m südöstlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m) tritt eine stark mylonitisierte Kieselschieferklippe zutage (R 52 080, H 00 550), deren einzelne Bestandteile von Quarz umschlossen sind. Die gesamte Klippe ist außerdem kreuz und quer von Quarzgängen durchädert.

Fossilien: Der Erdbacher Kalk ist sehr fossilreich und enthält Conodonten, Echinodermen, Lamellibranchiaten, Gastropoden, Brachiopoden, Goniatiten, Trilobiten und Korallen. Am alten Schießstand an der Bilsteinhöhle (R 53 210, H 98 930) gewann H. SCHMIDT aus dem Erdbacher Kalk drei Trilobitenarten, zwei Goniatitenarten, eine Muschel, eine Schnecke, sechs Brachiopodenarten und drei Korallenarten (SCHMIDT 1922: 297–299). Eine hier durchgeführte Neuaufsammlung von Trilobiten und Revision durch G. HAHN (Universität Marburg), ergab, daß *Liobole glabroides* RUD. & E. RICHTER massenhaft auftritt. Seltener sind *Tawstockia nasifrons* (RUD. & E. RICHTER) und *Archegonus (Waribole)* sp. Conodonten sind bei CLAUSEN & KORN & UFFENORDE (1979: 51) aufgeführt.

Aus den Tonsteinen, Alaunschiefern, Kieselschiefern, Lyditen und Kieselkalken ließen sich Conodonten, orthocone Nautiloideen, Goniatiten, Lamellibranchiaten, Trilobiten und Crinoidenbruchstücke bergen. Schwarze, unterschiedlich stark verkieselte Tonsteine und Alaunschiefer aus dem aufgelassenen Steinbruch 300 m südsüdwestlich des Kahlenbergskopfes (485,7 m) lieferten folgende Conodonten (Bestimmung: K. LEUTERITZ, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.):

Siphonodella cf. *duplicata* (BRANSON & MEHL)
Siphonodella cf. *quaduplicata* (BRANSON & MEHL)
Polygnathus cf. *triangulus triangulus* (VOGES)

Schon KRAEMER (1940) hat aus diesem Steinbruch Conodonten beschrieben und abgebildet – übrigens die ersten Conodontenfunde, die aus dem Warsteiner Raum veröffentlicht worden sind (vgl. SCHMIDT & PLESSMANN 1961: 68).

Altersstellung: Den Conodonten zufolge gehören die kieseligen Schichten des aufgelassenen Steinbruchs am Kahlenbergskopf dem tiefsten Teil der Unteren *crenulata*-Zone (cd II α) an. Damit ist hier der Nachweis gelungen, daß kieselige Tonsteine, Kieselschiefer und Lydite im Warsteiner Raum die sonst im cd II α weit verbreiteten Liegenden Alaunschiefer vertreten. Im übrigen lassen sich Erdbacher Kalk, Kieselschiefer und Lydite nach ihren Conodonten in die *anchoralis*-Zone (cd II β bis tieferer Teil des cd II γ) stellen. Ob das Einsetzen der Kieselkalke wie anderenorts im Rheinischen Schiefergebirge mit der Untergrenze des *anchoralis-bilineatus*-Interregnums (höherer Teil des cd II γ bis tieferer Teil des cd II δ) zusammenfällt und wie hoch die Kieselkalke in die *bilineatus*-Zone (höherer Teil des cd II δ bis cd III β 4) hinaufreichen, ließ sich nicht feststellen. Jedoch machen die Trilobiten

wahrscheinlich, daß die Bildung der Kieselkalke bis zum Grenzbereich cd II/III anhielt (vgl. Tab. 3, S. 33).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Der Erdbacher Kalk folgt mit einer petrographisch sehr scharfen Grenze über den Liegenden Alaunschiefern. Da er manchmal auch von Alaunschiefern überlagert wird, könnte man ihn zwar formal als Einlagerung in die Alaunschiefer ansehen, jedoch wird aus praktischen Erwägungen der Beginn der Abfolge Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk an die Basis des ersten Kalksteines gelegt. Auch am alten Schießstand südlich der Bilsteinhöhle, wo der in Tuffite eingebettete Erdbacher Kalk verkieselte Kalksteine des kalkigen Oberdevons und die splitterigen Tonsteine der Devon/Karbon-Übergangsschichten überlagert, ist die Abgrenzung immer eindeutig. Die Abtrennung des Erdbacher Kalks von den überlagernden Kieselschiefern, Lyditen, Alaunschiefern und Tuffen oder Tuffiten bereitet ebenfalls keine Schwierigkeiten.

Die kompakten Kieselkalke im höheren Teil der Abfolge lösen sich zum Hangenden hin allmählich auf und gehen unmerklich in fossilreiche Schwarzschiefer und kieselige Tonsteine, die kieseligen Übergangsschichten, über.

Die Mächtigkeit des an der Nordwand beim Kaiser-Heinrich-Brunnen erschlossenen Erdbacher Kalks beträgt 1,4 – 1,5 m. Am alten Schießstand hingegen ist der in mehrere kleine Einzelbänke aufgelöste Erdbacher Kalk maximal nur 65 cm mächtig. Die Mächtigkeit der überlagernden Tonsteine, Alaunschiefer, Tuffite, Kieselschiefer, Lydite und Kieselkalke beläuft sich am Südrand der Warsteiner Carbonatplattform am alten Schießstand auf ca. 40 m. Die Gesamtmächtigkeit ist wohl etwas höher, da die Gesteine von der Südrandstörung abgeschnitten werden. Am Querriegel der Kahlenbergsköpfe liegt sie zwischen 30 und 100 m, wobei größere Geländeausstriche auf Spezialfaltung beruhen. Am Belecker Sattel schwankt sie zwischen 30 und 40 m.

Verbreitung: Die Abfolge Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk tritt außer am alten Schießstand und am Belecker Sattel noch in der Nordwestumrandung des Warsteiner Sattels zwischen Grünem Ufer und Romecke sowie am Querriegel der Kahlenbergsköpfe auf. Dort bilden die Gesteine infolge umlaufenden Streichens und Spezialfaltung große Ausstrichflächen.

Aufschlüsse:

- obere Sohle am alten Schießstand südlich der Bilsteinhöhle, R 53 230, H 98 930 bis R 53 300, H 98 990
- aufgelassener Steinbruch 300 m südsüdwestlich des Kahlenbergskopfes (485,7 m), R 51 900, H 99 320
- aufgelassener, zum geologischen Naturdenkmal hergerichteter Steinbruch 300 m westlich des Kahlenbergskopfes (485,7 m) R 51 690, H 99 610
- Klippe 260 m südöstlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m), R 52 080, H 00 550
- Klippe am Westufer des Kahlenbergsiepen 360 m westlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m), R 51 560, H 00 680
- Klippe 80 m nordwestlich des Kahlenbergskopfes (467,0 m), R 52 050, H 00 300
- aufgelassener Steinbruch am Grünen Ufer 300 m südwestlich des Naturdenkmals Kroneneichen, R 52 290, H 01 950
- Gesteinsrippen am Fußweg zwischen Kroneneichen und Grünem Ufer, R 52 830, H 02 140

- Schürfgrube im Papenhölzchen 70 m südsüdöstlich Höhenpunkt 315,0 R 53 400, H 02 680
- Nordwand am Kaiser-Heinrich-Brunnen zwischen B 516 und B 55, R 53 460, H 06 500 bis R 53 640, H 06 520
- aufgelassener Steinbruch 550 m südöstlich der Odaker Kapelle, R 51 180, H 00 430 bis R 51 200, H 00 370
- aufgelassener Steinbruch ca. 250 m nordwestlich des Kahlenbergskopfes (447,8 m), R 51 670, H 00 830

3.2.3. Kieselige Übergangsschichten (c3,ki)

cu III α + β – Posidonienschiefer, teilweise STASCHEN 1968: 20

Gesteine: Die Kieseligen Übergangsschichten bestehen überwiegend aus schwarzen, blaugrauen und grüngrauen, engständig aufspaltenden Ton- und Schluffsteinen, welche stellenweise verkieselt sind. Die Sedimente sind teilweise karbonatisch und gebändert. Die unverkieselten Tonsteine sind in der Regel milde und zerfallen blätterig. Bei den Schluffsteinen treten auch dichte und dickbankige Partien auf. Bei Verwitterung nehmen die Gesteine eine schmutziggraue bis braune Farbe an und werden stellenweise, so am westlichen Belecker Teilsattel (Baugrube an der B 516 westlich der Tennisplätze, R 53 280, H 06 560), rostfleckig. Außer den genannten Gesteinen sind Kieselschiefer, Lydite und graue bis blaugraue, fossilreiche, verkieselte Kalksteine vorhanden.

Fossilien: Ein großer Fossilreichtum ist für die Kieseligen Übergangsschichten charakteristisch. *Posidonia becheri* BRONN tritt häufig auf und ist auf den Schichtflächen in großen Exemplaren anzutreffen. Auch orthocone Cephalopoden und Pflanzenrelikte lassen sich in den Ton- und Schluffsteinen finden. *Goniates crenistria* PHILLIPS ist in der üblichen reichen Anzahl in den verkieselten Kalksteinen enthalten.

Altersstellung: Die Kieseligen Übergangsschichten umfassen die *crenistria*-Zone (cd III α). Ihr höherer Abschnitt wird auch als „Posidonienschiefer“ bezeichnet.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung zum Liegenden hin ist nicht scharf und bereitet wegen der großen petrographischen Gemeinsamkeiten bei der Kartierung viele Schwierigkeiten. Auch zum Hangenden hin, zu den Kulm-Tonschiefern, ist ein allmählicher Übergang vorhanden. Im Blattgebiet konnten die Kieseligen Übergangsschichten zumeist nicht gesondert ausgeschieden werden und wurden deshalb meist mit der Abfolge Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk vereinigt.

Die Mächtigkeit der Kieseligen Übergangsschichten schwankt im Blattgebiet Hirschberg zwischen 10 und 30 m.

Verbreitung: Kieselige Übergangsschichten konnten am Nordflügel des westlichen Belecker Teilsattels, an der Nordflanke des Warsteiner Sattels zwischen Romecke und Papenhölzchen sowie im Warsteiner Stadtwald westlich des Kahlenbergskopfes (485,7 m) ausgeschieden werden. In dem 300 m westlich dieses Höhenpunktes gelegenen, zum geologischen Naturdenkmal hergerichteten Steinbruch fanden sich verkieselte Kalksteine mit *Goniates crenistria* PHILLIPS. Von „*Glyphioceras*-Kalken“ in diesem Bereich sprach schon RICHTER (1936), der entsprechende Kalksteine zwischen Hirschberg-Ost und der Höhe 413,0 m an der Straße Hirschberg – Warstein sowie im Distrikt 108 – 111 am Westhang der Kahlenbergsköpfe beobachtete. Sie waren dort in einem Schurf als unmittelbar Liegendes der „Posidonienschiefer“ erschlossen.

Aufschlüsse:

- Hanganschnitt an einem Forstweg am Ostufer der Romecke, R 53 550, H 03 380
- aufgelassener Steinbruch am Nordausgang der Ortschaft Romecke, R 53 630, H 03 020

3.2.4. Kulm-Tonschiefer (c3,t)

Kulmtonschiefer RICHTER 1936

cu III $\alpha + \beta$ -Posidonien-schiefer, teilweise STASCHEN 1968: 20

cu III γ -Tonschiefer STASCHEN 1968: 21

Gesteine: Die Kulm-Tonschiefer setzen sich aus tiefschwarzen, bläulichschwarzen, dunkelgrauen und blaugrauen, häufig fein gebänderten, teils milden, teils festen und splitterig brechenden, auch kieseligen, engstündig geschieferten Alaunschiefern und Tonsteinen zusammen. Bei Verwitterung nehmen sie eine weißgraue bis fahlweiße Färbung an. Ein meist vorhandener Gehalt an diffus verteiltem Schwefelkies ruft ockergelbe Anlauffarben hervor.

An den glatten, tektonischen Trennflächen zerfallen sie ebenplattig. Die Bänder werden in der Regel durch sehr dünne, einige Millimeter mächtige Schluffsteinlagen hervorgerufen. Sie sind ebenflächig ausgebildet oder gewellt und fallen durch ihre gelbbraune bis rostige Anwitterung leicht auf. Stellenweise treten Eisenkonkretionen auf und verdeutlichen zusammen mit den Bändern den Schichtungsverlauf. Gelegentlich sind dünne Kieselschiefer- und Lyditbänkchen eingelagert.

Der Aufschluß bei R 49 770, H 00 210 unmittelbar nordöstlich des Hirschberger Schützenhauses lieferte schwarzblaue, kompakte, spröde splitternde, schluffige Tonsteine mit weißen, punktförmigen und leicht zerfallenden Mineralanhäufungen. Unter den Komponenten liegen hauptsächlich Quarze, untergeordnet albitisierte Plagioklase mit zahlreichen Sericit-schüppchen, Muskovite sowie Keratophyr- und Lyditfragmente vor. Die albitisierten Plagioklase dürften ebenso wie einige Quarz-Schachbrettalbitverwachsungen aus Keratophyren und/oder Keratophyrtuffen stammen. Die Gesteine werden als schluffige, tuffitische Tonsteine angesprochen (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Nur an einer Stelle, in einem durch Bacherosion geschaffenen Anriß nordwestlich der Odaker Kapelle bei R 50 410, H 00 890, ließ sich in den Tonsteinen eine 9 cm mächtige Grauwacke nachweisen, welche zahlreiche bis 6 mm starke Quarzgängchen enthielt. Die Grauwacke wies überwiegend Quarze, untergeordnet albitisierte Plagioklase, albitisierte ? Orthoklase, in feinschuppige Illitpakete umgewandelte Muskovite sowie Lydite auf. Spärlich traten Komponenten von Perthiten, Chloritblasten, Tonsteinen und Quarzphylliten auf. Das Gestein wird als feldspatreicher, quarzitischer Feinsandstein klassifiziert (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt, Nordrh.-Westf.).

Besonders die reinen, blätterigen Tonsteine verwittern in der Regel schnell, werden mürbe, zerfallen plattig, grusig oder in stengelig-griffelige Aggregate und bilden Geländesenken. Nur rauhe, besonders schluffhaltige oder kieselige Gesteine bleiben hart und splitterig und treten als Härtlinge in Erscheinung. Pflanzenhäcksel läßt sich meistens auf den Schichtflächen finden. Er ist vielfach rostbraun oxidiert.

Fossilien: Die Kulm-Tonschiefer enthalten mehrere flachgedrückte, unbestimmbare orthocone Cephalopoden, zum Teil massenhaft Posidonien und unbestimmbaren Pflanzenhäcksel.

Altersstellung: Die Kulm-Tonschiefer umfassen die *striatus*-Zone (cd III β) und *granosus*-Zone (cd III γ). Der tiefere Teil der Kulm-Tonschiefer, die „Posidonienschiefer“ (cd III β), enthält reiche Vorkommen an *Posidonia becheri* BRONN. Da jedoch auch in den Kieseligen Übergangsschichten Posidonienlagen auftreten, ist die Bezeichnung „Posidonienschiefer“ nicht als stratigraphischer, sondern nur als fazieller Begriff verwertbar. Nach STASCHEN (1968: 22) beginnen die „Posidonienschiefer“ des Warsteiner Raumes oberhalb der den Kieseligen Übergangsschichten angehörenden *Pterinopecten*-Bank, vermutlich im cd III α 3 (vgl. Tab. 3, S. 33).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Kulm-Tonschiefer entwickeln sich allmählich aus den Kieseligen Übergangsschichten. Die Posidonien führenden Tonsteine und Alaunschiefer der *striatus*-Zone (cd III β) zeigen viele petrographische Gemeinsamkeiten mit dem höheren Anteil der Kieseligen Übergangsschichten.

Ebenfalls gleitend ist der Übergang zum Hangenden hin, zu den „Hangenden Alaunschiefern“, welche größtenteils schon den Unteren Arnsberger Schichten des Oberkarbons angehören.

Die Kulm-Tonschiefer enthalten in ihrem höchsten Abschnitt wahrscheinlich Anteile der „Hangenden Alaunschiefer“, so daß es nicht möglich ist, lithologisch die Unter-/Oberkarbon-Grenze genau anzugeben. Feldgeologisch wird die Grenze zwischen Kulm-Tonschiefern und den Unteren Arnsberger Schichten dort gezogen, wo innerhalb der „Hangenden Alaunschiefer“ eine Zunahme von Korngröße und Glimmerführung zu erkennen ist und die ersten dünnen Schluff- und Sandsteinbänkchen auftreten.

Die Mächtigkeit der Kulm-Tonschiefer liegt an der Grenze zum Bereich des Blattes 4516 Warstein bei ca. 90 m und dürfte nach Westen hin, auf Hirschberg zu, auf ca. 150 m ansteigen.

Verbreitung: Die Kulm-Tonschiefer stehen in der großen Senke zwischen Hirschberg und den Kahlenbergsköpfen an und reichen in einigen Spezialsätteln bis an die Straße Hirschberg – Niederbergheim. Sie sind ferner am Nordflügel des Warsteiner Sattels zwischen Püsterberg und der Romecke sowie am Nordflügel des Belecker Sattels anzutreffen.

Aufschlüsse:

- Gesteinsrippen am Schiefersteinberg, R 50 650, H 99 190
- Stollenmundloch am Straßenhang ca. 150 m östlich des Freibades Hirschberg, R 50 380, H 99 080
- Aufschluß an der Ecke Haupt-/Burgstraße in Hirschberg, R 49 900, H 99 640
- Wegehang am Sägewerk an der Straße Hirschberg – Niederbergheim, R 48 730, H 00 080
- Straßenhang an der Straße Hirschberg – Niederbergheim ca. 900 m nordnordwestlich des Hirschberger Ortsteiles „In der Bache“, R 48 500, H 00 430
- Hang des zum Lottmannshardbach abzweigenden Fahrweges, R 48 400, H 00 420
- Hohlweg am Osthang des Lottmannshardbaches, R 48 050, H 00 660
- Straßenhang an der Odaker Kapelle, R 50 700, H 00 670
- Prallhang der Halle ca. 350 m nordwestlich der Odaker Kapelle, R 50 410, H 00 890
- Wegegraben am Hirschberger Schützenhaus, R 49 770, H 00 210
- Hohlweg am Nordosthang der Romecke, R 53 510, H 03 450
- Stollenmundloch am Nordhang der Romecke, R 53 010, H 03 560
- Hang an der B 516 gegenüber Welschenbeck, R 53 110, H 06 640

Oberkarbon (Silesium)

3.2.5. Untere Arnsberger Schichten (cnA1)

Grauwackenschiefer RICHTER 1936

Hangende Alaunschiefer STASCHEN 1968

Gesteine: Die Unteren Arnsberger Schichten bestehen aus vorwiegend blätterig zerfallenden, tintenschwarzen Alaunschiefern sowie schwarzen, blauschwarzen und blaugrauen, feingebänderten Tonsteinen, welche teils papierartig aufspalten, teils auch spröde und splitterig aufbrechen. Die Tonsteine sind teils rein, teils auch schluffig und enthalten dann oft kleine Quarze, sind also etwas feinkonglomeratisch ausgebildet. Gelegentlich fallen neben den Quarzen auch kleine, weißgraue, punktförmige Mineralaggregate (verwitterte Feldspäte? tuffitisches Material?) ins Auge, welche dem Gestein ein charakteristisches Aussehen verleihen. Die Sedimente enthalten außer Quarz noch Chlorit, untergeordnet Illit und Feldspat (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die Alaunschiefer bleichen zum Teil aus und nehmen eine fahlweiße Farbe an. Die von den Rändern her ebenfalls ausbleichenden, meist nicht ebenplattigen Tonsteine zerfallen zu stückigem Grus.

Auf den Schichtflächen der Alaunschiefer und Tonsteine sind längliche, gekrümmte und gabelig aufspaltende Pflanzenreste angereichert, welche mehrere Zentimeter lang und bis zu 2 mm dick werden können. Sie verwittern ockerig bis braun. An die Pflanzenrelikte gebundene, globulitische Pyrite sind oxidativ weitgehend zu braun gefärbten Eisenhydroxiden zersetzt.

In die Tonsteine sind in der Regel dünne, graue bis schwarzgraue, graubraun bis ocker-gelb verwitternde Schluffsteinlagen eingeschaltet, welche ebenso wie die Tonsteine bänderig ausgebildet sein können. Sie sind einige Millimeter bis Zentimeter mächtig, gut gebändert, lamellig aufgebaut, glimmerhaltig und nicht selten von dünnen Quarzschnüren durchzogen. Ferner sind 5 – 10 cm mächtige, graue, ebenplattige, glimmerhaltige Sandstein- und Grauwackenbänkchen sowie dünne, schwarze Lyditlagen eingelagert.

Grauwacken, die einem Uferprofil entlang der Bache 400 m südöstlich des Freibades Hirschberg (R 50590, H 98870) entstammen, wurden untersucht: Quarze, Gangquarze, Albite, Muskovite, Chloritaggregate und Gesteinsfragmente setzen die Schluff- und Sandfraktion zusammen. Die Gesteinsbruchstücke stammen von Lyditen, Quarzphylliten, Quarzkeratophyren, Ton- und Schluffsteinen sowie Quarz-Albit-Aggregaten (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die Schichtflächen der Schluff- und Sandsteine sind bisweilen mit gelbbraunen, niger-traubigen Brauneisenkrusten und lackartig glänzenden, schwarzen Manganoxidentapeten überkleidet.

Die die Tonsteine durchziehenden, nur einige Millimeter mächtigen Schluffsteinbänkchen sind infolge intensiver Schieferung bisweilen gewellt und zerknittert.

Fossilien: Die Unteren Arnsberger Schichten enthalten reichlich Pflanzenhäcksel, sind jedoch arm an tierischen Fossilien. In Dünnschliffpräparaten ließen sich fragliche Radiolarien, welche stark geschieferten Lyditlagen entstammen, ausmachen (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Nach STASCHEN (1968: 30) tritt *Posidonomya membranacea* M'COY auf.

Altersstellung: Eine biostratigraphische Einstufung der Unteren Arnsberger Schichten war im Hirschberger Raum nicht möglich. Der Hauptanteil der Sedimente dürfte sicherlich dem tiefsten Oberkarbon angehören, also den Stufen E1a bis E1c der *Eumorphoceras*-Stufe entsprechen. Je nach Sedimentausbildung sind die Unteren Arnsberger Schichten mehr dem Typ der „Hangenden Alaunschiefer“ oder der „Grauwackenschiefer“ zuzurechnen, welche beide vermutlich schon im höchsten Unterkarbon, der *Goniatites granosus*-Zone (cd III γ), einsetzen. Da ein solcher Nachweis wegen Aufschluß- und Fossilarmut nicht möglich ist, erscheint es sinnvoll, den Beginn der Unteren Arnsberger Schichten an die Basis der *Eumorphoceras*-Stufe (Zone des *Cravenoceras leion*, E1a) zu stellen (vgl. Tab. 3, S. 33). SCHMIDT (1922: 302) erwähnte aus einem in „Hangende Alaunschiefer“ vorgetriebenen Versuchsstollen im Romecketal (R 53 010, H 03 560) zahlreiche flachgedrückte Exemplare des oberkarbonischen Goniatiten *Homoceras diadema* (BEYRICH). Er schloß daraus, daß deshalb „die Grenze zwischen Culm und Obercarbon innerhalb dieser Alaunschieferserie liegen muß“.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Unteren Arnsberger Schichten bilden den gleitenden Übergang zwischen den Kulm-Tonschiefern und den Oberen Arnsberger Schichten. Die Abgrenzung zum Liegenden, den Kulm-Tonschiefern, ist in Kapitel 3.2.4. beschrieben. Die Grenze zwischen Unteren und Oberen Arnsberger Schichten wird feldgeologisch dorthin gelegt, wo die erste mächtigere Grauwackenbank auftritt.

Die Mächtigkeit der Unteren Arnsberger Schichten liegt zwischen 50 und 120 m.

Verbreitung: Untere Arnsberger Schichten flankieren den westlichen Abschnitt des Warsteiner Sattels. An der Südflanke des Sattels sind sie zwischen Fürstenkamp und der Bilsteinhöhle entlang der Südrandstörung unterdrückt. Infolge umlaufenden Streichens und intensiver Spezialfaltung ist das Verbreitungsgebiet der Unteren Arnsberger Schichten unmittelbar westlich Hirschberg besonders ausgedehnt. Ferner treten sie noch am Nordflügel des Belecker Sattels auf.

Aufschlüsse:

- Uferprofil entlang der Bache 400 m südöstlich des Freibades Hirschberg, R 50 590, H 98 870
- Straßenhang bei Hirschberg-Bache, R 49 190, H 99 480
- Hang an der Straßenbrücke bei Hirschberg-Bache, R 48 990, H 99 460
- Klippe am Ostufer des Lottmannshardbaches, R 48 450, H 00 360
- Hohlweg unmittelbar nördlich des Hirschberger Möbelmarktes, R 49 440, H 00 350
- Uferprofil entlang der Halle ca. 900 m östlich des Lottmannshardberges, R 48 800, H 01 380
- Uferprofil entlang der Halle ca. 650 m östlich des Höhenpunktes 355,6, R 49 110, H 01 290
- Hohlweg an der Südflanke des Lottmannshardberges ca. 40 m oberhalb der Straße Niederbergheim - Hirschberg, R 48 310, H 01 150
- Hanganschnitt ca. 130 m nordnordöstlich des Naturdenkmals Kroneneichen, R 52 470, H 02 310
- Klippen unterhalb einer Bergkuppe nördlich der Romecke, R 53 070, H 03 700

3.2.6. Obere Arnsberger Schichten (cnA2)

Arnsberger Schichten RICHTER 1936
 Ungegliedertes Namur STASCHEN 1968

Gesteine: Die Oberen Arnsberger Schichten sind aus einer Wechsellagerung von karbonatfreien Ton-, Schluff- und Sandsteinen, quarzitischen Sandsteinen, Grauwacken und Konglomeraten aufgebaut.

Tonsteine: Die frischen Gesteinsfarben sind schwarz (mit Abstufungen zu blau und grau), grau, blaugrau bis grünlichgrau. Die Tonsteine verwittern schmutziggrau, beige, olivbraun und rostbraun. Sie sind engständig geschiefert, bereichsweise schluffhaltig und feingestreift. Teils sind sie hart und splitterig, teils spalten sie feinblättrig bis feinplattig auf, teils zerfallen sie auch stückig bis grusig. Ferner sind Alaunschiefer entwickelt, tintenschwarz, etwas schluffig und gestreift, pyritartig, gelbbraun verwitternd und fahlgrau ausbleichend, mürbe zerfallend.

Schluffsteine: Die frischen Gesteinsfarben sind grün bis weißgrau sowie blau- bis schwarzgrau. Die Schluffsteine verwittern bräunlich bis schmutziggrau. Sie sind feinkörnig und dicht, häufig fein gebändert. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen beträgt einige Millimeter bis Zentimeter. Durch Tonbeimengungen und Einlagerungen von schluffigen Sandstreifen bestehen Übergänge zu Tonsteinen und Sandsteinen.

Sandsteine, quarzitisches Sandsteine, Grauwacken: Die frischen Gesteinsfarben sind grau, blaugrau, grau-oliv. Die Gesteine verwittern gelblichgrau bis braun. Sie sind fein- bis mittelkörnig, glimmerhaltig, vielfach gebändert, ebenplattig, hart und splitterig brechend sowie in der Regel gut gegen die sie umgebenden Ton- und Schluffsteine abgesetzt. Durch Einlagerung von abgerollten Quarzen können die Sandsteine ein feinkonglomeratisches Aussehen erhalten. Die Kornsortierung ist meistens gut. Flaserige Gesteine fehlen weitgehend.

Die typischen Grauwacken sind feldspatreich und enthalten Gesteinsbruchstücke. So weisen die am ehemaligen Bahneinschnitt ca. 250 m südwestlich Blumenhof (R 43 050, H 05 370) anstehenden Grauwacken Plagioklase, Orthoklase, Perthite und Quarz-Orthoklas-Verwachsungen sowie Bruchstücke von Tonsteinen, Metaquarzen, sauren Metavulkaniten sowie entglasten sauren Vulkaniten auf (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Neben völlig ebenen werden auch wellig verbogene Schichtflächen beobachtet. Bisweilen sind die sandigen Gesteine lamellenartig aufgebaut und dünnstreifig ausgebildet. An bankinternen Merkmalen treten neben der lamellaren Parallelstreifung Diagonalschichtung und gradierte Schichtung auf. Bankexterne Merkmale sind auf den Schichtunterseiten Sedimentationsmarken (Schleif- und Stoßmarken, Strömungswülste, Belastungsmarken, Kolke) und Lebensspuren, auf den Schichtoberseiten Rippelecken. An die Klüfte gebundene Quarzgänge sind senkrecht zur Schichtung orientiert.

Bisweilen bilden die Sandsteine kugelige Körper, deren Oberflächen schalenförmig abblättern. Kleine, linsenförmige und dicke, harte, an der Oberfläche schwarzgefärbte, kugelige bis fladenförmige Konkretionen kennzeichnen gelegentlich die Schichtung. Bemerkenswert sind mehrere an der hohen Steinbruchwand in Allagen (R 48 100, H 05 250) erschlossene Geodenlagen. Die einzelnen Geoden sind 20–30 cm lang, 10–30 cm lang, 10–15 cm hoch und enthalten in ihrem hellbläulichgrauen Kern zahlreiche Pflanzenreste, überwiegend Calamitenstämme. Es handelt sich bei diesen Geoden um stark tonig-schluffig-feinsandigen, etwas kohligen Dolomikrospatit. Auch schichtparallele Ansammlungen eingeregelter Tonsteinflatschen und Alaunschiefergerölle lassen sich in einigen Aufschlüssen nachweisen (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Die Bankmächtigkeiten der Sandsteine und Grauwacken schwanken zwischen 0,5 und 150 cm.

Konglomerate: Gelegentlich schalten sich in die Sandsteine und Grauwacken Feinkonglomerate ein, welche im Hirschberger Raum wegen ihres sporadischen Auftretens nicht als Leithorizonte zu verwenden sind. Die überwiegenden Geröllbestandteile sind Gangquarzfragmente und Quarzitbruchstücke. Ein in einem Hangaufschluß am „Schwarzen Weg“ entlang des Bilsteinbaches gefundenes Konglomerat enthielt schwarze Lydite, graubraune Quarzite und Gangquarze.

Der breite Ausstrich der Oberen Arnsberger Schichten im Blattgebiet Hirschberg wird durch die zum Teil sehr intensive Spezialfaltung hervorgerufen. Die einzelnen Gesteinsarten sind nicht gleichmäßig auf die gesamte Verbreitungsfläche verteilt. Einerseits ist das Vertikalprofil der Schichten petrographisch stärker differenziert, so daß in unterschiedlichem Ausmaß teils Ton- und Schluffsteine, teils Sandsteine und Grauwacken überwiegen; andererseits treten auch laterale Fazieswechsel auf, so daß Sandsteine und Grauwacken sich nicht auf weite Strecken verfolgen lassen und teilweise rasch auskeilen.

Auf der geologischen Karte wurden mächtigere Einzelbänke oder Gruppen zusammenhängender Sandsteine mit nur geringen Tonsteinzwischenmitteln gesondert ausgeschieden. Lesesteinanhäufungen von Sandsteinen und Grauwacken weisen auf entsprechende Vorkommen im Untergrund hin. Nicht immer war es aber wegen Aufschlußmangels und mächtigerer Verlehmungsdecken möglich, diese Bereiche abzugrenzen. Sie wurden auf der geologischen Karte unter Verzicht verbindlicher Grenzlinien mit einem Punktraster gekennzeichnet.

Fossilien: Die Oberen Arnsberger Schichten sind reich an Pflanzen, die jedoch meist in Form unbestimmbaren Häcksels auftreten. Bei einigen Stammresten, die in Geoden aus dem Steinbruch bei Allagen (R 48 100, H 05 250) geborgen wurden, war die Nodiallinie zu erkennen, so daß sie als Mesocalamiten bestimmt werden konnten (Bestimmung: K.-H. JOSTEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Es handelt sich im einzelnen um:

Mesocalamites cf. *cistiiformis* STUR
Mesocalamites cf. *taitianus* KIDSTON & JONGMANS
Mesocalamites sp.

Aus dem aufgelassenen Steinbruch bei R 45 070, H 97 630 am Donnerschen Weg ließen sich folgende Pflanzenreste bergen (Bestimmung: K.-H. JOSTEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.):

Pecopteris (*Senftenbergia*) *plumosa* (ARTIS) BRONGNIART
Neuralethopteris cf. *schlehani* (STUR)
Mesocalamites sp.
Fragliche Samenreste und ein Stammrelikt

An tierischen Fossilien wurden unbestimmbare orthocone Cephalopoden und Crinoidenstielglieder gefunden.

Altersstellung: Die Untergrenze der Oberen Arnsberger Schichten ist heterochron. Sie liegt im Blattgebiet an der Basis oder innerhalb der Zone des *Eumorphoceras bisulcatum* (E2a), wobei ein bereichsweise späterer Beginn (Zonen E2b und E2c, vgl. Tab. 3, S. 33) nicht ausgeschlossen werden kann.

Die *bisulcatum*-Kieselschiefer wurden im Blattgebiet Hirschberg nicht nachgewiesen. Es ist wahrscheinlich, daß hier wie im Warsteiner Raum die erste mächtigere Grauwackenbank, mit welcher definitionsgemäß die Oberen Arnsberger Schichten beginnen sollen, wenige Dezimeter unterhalb der *bisulcatum*-Kieselschiefer liegt.

Der Hauptanteil der Oberen Arnsberger Schichten dürfte der *Homoceras*-Stufe angehören. Funde, wie der von SCHMIDT (1922: 302) erwähnte *Homoceras diadema* (BEYRICH), weisen auf die *Homoceras*-Stufe hin. Ob und wie weit die Oberen Arnsberger Schichten noch in die *Reticuloceras*-Stufe hinaufreichen, ist unbekannt. Nach PATTEISKY (1959: 46, 49 sowie Abb. 10, 12) umfassen die Unteren Arnsberger Schichten, die *Eumorphoceras*- und *Homoceras*-Stufe; die Oberen Arnsberger Schichten sind auf die Untere *Reticuloceras*-Stufe beschränkt. Damit würden die Unteren Arnsberger Schichten ebenso mächtige Sandstein- und Grauwackenbänke umfassen, wie sie eigentlich nur für die Oberen Arnsberger Schichten als typisch angesehen werden. Der *bisulcatum*-Kieselschiefer würde in den tieferen Abschnitt der Unteren Arnsberger Schichten rücken. Dieser stratigraphischen Auffassung wurde bei der Bearbeitung des Blattes Hirschberg nicht gefolgt.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Bezüglich der Untergrenze vergleiche Kapitel 3.2.5. Die Obergrenze der Oberen Arnsberger Schichten ist im Raum Hirschberg unbekannt, da die Hagener Schichten mit ihren glimmerführenden Grauwacken als überlagernde Schichtenfolge fehlen. Die Mächtigkeit der Oberen Arnsberger Schichten beträgt im Blattgebiet Hirschberg ca. 550–600 m. Mit ihnen schließt die Überlieferung paläozoischer Schichten im Blattgebiet ab.

Verbreitung: Die Oberen Arnsberger Schichten nehmen den weitaus größten Teil des Blattgebietes ein. Sie umrahmen die westlichen Abschnitte von Warsteiner und Belecker Sattel und tauchen nach Norden hin unter die Kreide-Decke des Münsterlandes ab.

Aufschlüsse:

- Betriebsgelände des Hirschberger Möbelmarktes am Nordausgang von Hirschberg, R 49 540, H 00 270
- Klippenzug gegenüber der ehemaligen Hirschberger Sägemühle, R 48 970, H 00 260
- Hang an der Arnsberger Straße bei Hirschberg, R 49 220, H 99 440 bis R 49 710, H 99 350
- Klippen am Westufer des Lottmannshardbaches bei Vosschütte ca. 500 m nordwestlich des Lottmannshardberges, R 47 460, H 01 860 bis R 47 450, H 01 740
- Aufschlußfolge am Westhang des Lottmannshardberges entlang der Straße Hirschberg – Niederbergheim, R 47 860, H 01 300 bis R 47 880, H 01 290
- Aufschlußfolge am Ostufer der Hettmecke ca. 600 m nordwestlich des Steinberges, R 46 950, H 99 930 bis R 46 970, H 99 840
- aufgelassener Steinbruch am Ostufer der Bormecke ca. 600 m nordwestlich des Bormeckeberges, R 48 880, H 98 190 bis R 48 900, H 98 170
- aufgelassener Steinbruch am Ostufer des Bilsteinbaches 400 m nordöstlich von „Am Huxborn“, R 51 920, H 97 210
- aufgelassener Steinbruch an der Straße Hirschberg – Meschede am Höhenpunkt 467,3 m, R 49 330, H 97 110 bis R 49 290, H 97 080
- aufgelassener Steinbruch ca. 200 m südöstlich Gut Mülheim, R 49 880, H 06 870 bis R 49 890, H 06 820
- Aufschlußfolge am Forstweg westlich des Ochsenrückens, R 50 470, H 04 730 bis R 50 530, H 04 680
- Aufschlußfolge am Forstweg südwestlich des Narrenberges, R 50 200, H 05 020 bis R 50 220, H 04 980

- ehemaliger Steinbruch im Norden von Allagen am „Krebsufer“, R 48 050, H 05 270 bis R 48 280, H 05 220
- alter Eisenbahneinschnitt am Möhnesüdufer westlich Niederbergheim, R 45 330, H 05 410 bis R 45 650, H 05 350
- Uferprofil südlich Marmorwerk Dassel an der Möhne, R 46 600, H 05 120 bis R 46 980, H 04 870
- Klippen und Steilwände am Möhnesüdufer zwischen Sichtigvor und Beleck, R 51 670, H 05 940 bis R 52 590, H 05 990
- Steilkante am Uferrand der Möhne bei Allagen, R 47 810, H 05 520 bis R 47 950, H 05 420
- aufgelassener Steinbruch ca. 150 m westlich der Engelslieth, R 43 550, H 04 590
- aufgelassener Steinbruch am Ostufer der Fismecke, R 44 700, H 04 430
- Steinbruch entlang des Pastorenweges am Höhenpunkt 316,0 m, R 44 010, H 99 380
- aufgelassener Steinbruch am Donnerschen Weg bei Höhenpunkt 344,0 m, R 44 770, H 98 780
- aufgelassener Steinbruch am Donnerschen Weg bei Höhenpunkt 396,0 m, R 45 070, H 97 630
- Hanganschnitt eines Forstweges an der Südwestflanke des Kuhnsberges, R 42 550, H 97 150
- aufgelassener Steinbruch an der Straße Hirschberg – Oeventrop, R 42 810, H 97 760
- aufgelassener Steinbruch an der Straße Hirschberg – Oeventrop, Auffahrt nach Lattenberg, R 43 800, H 97 240
- aufgelassener Steinbruch 200 m südwestlich des an der Straße Hirschberg – Oeventrop gelegenen Parkplatzes Lattenberg, R 44 500, H 97 200

3.3. Kreide

Oberkreide

3.3.1. Cenoman

3.3.1.1. Essener Grünsand (krCE)

Gesteine: Der Essener Grünsand setzt sich im Blattgebiet Hirschberg aus zwei Abschnitten zusammen, einem tieferen, glaukonitischen Sandstein und einem höheren, glaukonitischen, sandigen Kalkstein (Tab. 4).

Der glaukonitische Sandstein beginnt mit einem Basalkonglomerat, das vorwiegend aus bis zu 10 cm langen, subangularen bis gut gerundeten, plattigen, ellipsoidischen bis kugelförmigen Geröllen besteht. Sie sind nuß- bis eigroß. Unter den Geröllen wiegen mit Glaukonit umkrustete Grauwacken sowie Toneisensteine der Oberen Arnsberger Schichten vor. Außerdem treten zahlreiche diskusförmige, nierenartige bis ellipsoidische, bohnerzähnliche, limonitische Gerölle mit Durchmesser von 1 – 2,5 cm auf. Sie fallen durch ihre bräunliche und stark glänzende Oberfläche auf. Sie setzen sich aus limonitisierten, sideritreichen, tonigen, zum Teil serizitischen Sandsteinen sowie limonitisierten Spateisensteinen und

Toneisensteinen zusammen. Sie sind wie die übrigen Gerölle oberkarbonischen Alters. Die glatten Oberflächen entstanden beim Transport. Die Gerölle liegen in Rinnen und Taschen der Transgressionsfläche der Oberen Arnsberger Schichten auf (Untersuchung: A. SCHERP, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Der Geröllhorizont geht zum Hangenden in einen 30 – 40 cm mächtigen, sehr undeutlich geschichteten, dunkelgrünen, mürben Sandstein über. Er kann als stark toniger, glaukonit- und feldspathaltiger, schwach konglomeratischer Feinsandstein charakterisiert werden. Die Sortierung der etwa 100 µm großen Quarze ist schlecht, die tonige Matrix stellt das Bindemittel dar. Außer Quarz, Glaukonit und Feldspat treten Muskovit, Zirkon, Apatit, Illit, Goethit und Hämatit auf. Eingelagert sind Quarzit- und Lyditfragmente sowie Weichgerölle von violetter, hämatitischem und gelbbraunem, goethitischem Tonstein. Der Glaukonitgehalt liegt bei 57 Vol.-%, der Gesamteisengehalt bei 11 % Fe₂O₃ (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Der dunkelgrüne, glaukonitische Sandstein wird von einem hellgrünen bis weißgrauen, glaukonitischen, sandigen Kalkstein überlagert. An der Basis fallen zwei gut geschichtete Bänke ins Auge. Die Mächtigkeit der tieferen Bank schwankt in verschiedenen Aufschlüssen von 36 – 52 cm, die der höheren von 31 – 42 cm.

Tabelle 4
Stratigraphische Gliederung der Kreide

Gliederung			Blatt 4515 Hirschberg	
O b e r k r e i d e	Mittelturon	krt2	Iamarcki-Pläner	
	Unterturon	krt1	Obere labiatus-Schichten	
			Untere labiatus-Schichten	
	Obercenoman	krc6	Kalkknollen-Dachbank (nach HISS 1981)	"Arme rhotomagensae"-Schichten
		krc5	Kalkmergelstein-Horizont (nach HISS 1981)	
	Mittelcenoman	krc4	Horizont der kieseligen und Hornstein führenden Kalksteine (nach HISS 1981)	Cenoman-Pläner (krc)
		krc3		
	Untercenoman	krc2	glaukonitischer sandiger Kalkstein	Essener Grünsand(krcE)
		krc1	glaukonitischer Sandstein	
			Basalkonglomerat	

Die untere Bank kann als stark feinsandiger, glaukonitführender, kalzitischer Tonstein bis toniger Feinsandstein bezeichnet werden. Außer Glaukonit, Quarz und Calcit liegen Goethit, Illit, Apatit, Muskovit, Feldspat und Zirkon vor. Der Calcitanteil beträgt 13 Gew.-%. Der Glaukonitgehalt beträgt 48 Vol.-% (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die obere Bank ist demgegenüber als schwach feinsandiger, toniger, glaukonitführender Kalkstein zu kennzeichnen. Die Mineralzusammensetzung ist etwa die gleiche wie bei der unteren Bank, der Glaukonitgehalt mit 18 Vol.-% jedoch merklich geringer, der Calcitanteil mit 68 Gew.-% merklich höher. Zwischen der unteren und oberen Bank tritt ein auffälliger, petrographischer Wechsel auf. Die untere Bank läßt sich eher dem tieferen glaukonitischen Sandstein als dem höheren glaukonitischen, sandigen Kalkstein zurechnen (Untersuchung: H. GRÜNHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Die überlagernden Schichten sind nicht mehr plattig und gut gebankt, sondern lösen sich in unregelmäßig geformte Gesteinskörper auf. Glaukonitabnahme und Calcitzunahme setzen sich zum Hangenden hin rasch fort. Eine Kalksteinprobe, die 40 cm über der oberen Bank entnommen wurde, ergab 6 Vol.-% Glaukonitgehalt und 77 Gew.-% Calcitanteil. Die Kalksteine lassen schließlich makroskopisch keinen Glaukonit mehr erkennen. Damit ist der Übergang zum Cenoman-Pläner vollzogen.

Von vielen Autoren werden alle glaukonitischen Gesteine des Cenomans als „Essener Grünsand“ bezeichnet (vgl. HISS 1981: 37). Folgt man dieser Auffassung, müssen die glaukonitführenden, plänerartigen Kalksteine, welche im Blattgebiet Hirschberg zwischen Oberbergheim und Gut Mülheim an der Basis der Kreide-Schichten unmittelbar über den Oberen Arnsberger Schichten auftreten, dem Essener Grünsand zugerechnet werden. Hierzu paßt gut, daß in diesen Sedimenten gefundene Faunen von F. SCHMID und E. SEIBERTZ (Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch.) in das tiefste Untercentoman eingestuft werden.

Petrographische Untersuchungen ergaben, daß diese Gesteine allenthalben als glaukonitische, teilweise konglomeratische, schwach tonige, schluffige und sandige Biomikrite bezeichnet werden, welche bereichsweise weitgehend zu Biosparit rekristallisiert sind. Der überwiegende Anteil der Gesteine (60 – 75 Gew.-%) besteht aus Calcit. Die Glaukonitkörner weisen einen dunkelgrün gefärbten Kern und eine schmale, hellgrüne Randzone auf. Ferner sind Illit, Quarz und sehr selten Plagioklas vertreten. Typisch für diese Sedimente sind Intraklasten. Sehr häufig treten Gerölle von grünen Mergelsteinen auf. Es handelt sich hierbei um schluffig-sandige Tonsteine bis tonig-schluffige Feinsandsteine, die sich neben den oben genannten Mineralen vor allem durch ihren Reichtum an kryptokristallinem Apatit auszeichnen. In der Regel ist die Grünfärbung am Rand intensiver als im Inneren, was als Hinweis auf eine Glaukonitisierung (Umwandlung von Illit in Glaukonit) anzusehen ist. Weiterhin treten grünliche bis bräunliche, kalzitische Phosphoritgerölle auf. Schließlich sind unregelmäßig geformte Körper von 1 – 2 cm Durchmesser und mehreren Zentimetern Länge erwähnenswert. Sie sind deutlich heller und härter als das umgebende Gestein. Vermutlich liegen hier die Frühstadien von kieseligen Konkretionen (Hornsteinen) vor.

Auch der isolierte Kreide-Rest am Ochsenrücken enthält randlich Glaukonit in Einzelkörnern und Aggregaten. Zusätzlich treten weiße, grüne und rosa abgerollte Quarze, Quarzit- und Gangquarzfragmente, grüne Mergelsteine, Sandsteine und Grauwacken der Oberen Arnsberger Schichten sowie karbonische Kieseliefer als Gerölle auf.

HISS (1981) untergliederte den Essener Grünsand zwischen Berghof und Wamel in Basalkonglomerat, Glaukonit-Sandstein-Horizont, Glaukonit-Sandkalkstein-Horizont und glaukonitischen Übergangshorizont. Der sehr geringmächtige, maximal nur 50 cm mächtige, glaukonitische Übergangshorizont enthält nach HISS (1981: 54) nur noch bis zu 2 Vol.-% Glaukonit. Er wurde in Tabelle 4 mit dem glaukonitischen Kalkstein (= Glaukonit-Sandkalkstein-Horizont nach HISS 1981) zusammengefaßt.

Fossilien: Der dunkelgrüne, glaukonitische Sandstein an der Basis des Essener Grünsandes ist fossilarm. Es konnten keine kalkschaligen Makrofossilien gefunden werden. Der überlagernde glaukonitische, sandige Kalkstein enthält zahlreiche Inoceramenprismen, bisweilen auch größere Schalenbruchstücke von Inoceramen, ferner Foraminiferen, Ostracoden, Echinoidenreste und Schwammnadeln.

Reichhaltig ist die Fauna des glaukonithaltigen Biomikrites zwischen Oberbergheim und Gut Mülheim. Der Hangaufschluß an der Haarnadelkurve der Fahrstraße Oberbergheim – Ziegelei (R 46320, H 06580) lieferte unmittelbar über der Transgressionsfläche der Arnberger Schichten eine Fülle von Fossilien, welche von F. SCHMID und E. SEIBERTZ (Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch.), bestimmt wurden:

Ammoniten:

Hypoturrillites oberlini DUBOURDIEU
Hypoturrillites cf. *promantelli* WIEDMANN & SCHNEIDER
Mantelliceras thomeli COLLIGNON
Schloenbachia varians lymensis SPATH
Schloenbachia varians subvariens SPATH
Schloenbachia varians subtuberculata (SHARPE)
Schloenbachia varians costata (SHARPE)
Schloenbachia varians subplana (MANTELL)
Eutrophoceras cf. *sharpei* (SCHLÜTER)

Lamellibranchiaten:

Inoceramus crippsi crippsi MANTELL
Inoceramus cf. *virgatus virgatus* SCHLÜTER
Inoceramus cf. *virgatus scalprum* BÖHM
Rastellum (*Arctostrea*) *carinatum* (LAMARCK)
Mimachlamys henrici DHONDT
Aucellina gryphaeoides (SOWERBY)
Exogyra sp.

Gastropoden:

Conotomaria mailleana (D'ORBIGNY)
Pleurotomaria rockenensis COX
Bothrotomaria perspectiva (MANTELL)

Brachiopoden:

Sellithyris sella (SOWERBY)

Serpeln:

Parsimonia laevis (GOLDFUSS)

Altersstellung: Der Essener Grünsand wird in das Unterocenoman eingestuft. Innerhalb der Formation des Essener Grünsandes entsprechen Basalkonglomerat und glaukonitischer Sandstein in etwa der Zone des *Hypoturrillites carcitanensis*¹⁾ (krc1), während der überlagernde, glaukonitische Kalkstein die Zone der *Schloenbachia* ex gr. *variens* und des *Mantelliceras saxbii/dixoni*¹⁾ (krc2) zu stellen ist (vgl. Tab. 4). Da der glaukonitische Sand-

¹⁾ Zonengliederung nach Empfehlung der MCE-Arbeitsgruppe Mitteleuropa 1980

stein im Blattgebiet nach Westen hin auskeilt, greift zwischen Oberbergheim und Mülheim der glaukonitische Kalkstein, stellenweise mit dem Basalkonglomerat, zum Liegenden hin bis zur Transgressionsfläche der Oberen Arnsberger Schichten vor.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung des Essener Grünsandes zu den unterlagernden Oberen Arnsberger Schichten des Oberkarbons ist bei entsprechenden Aufschlußverhältnissen leicht möglich. Zum Hangenden hin, zu den Cenoman-Plänern, besteht ein gleitender Übergang. Das makroskopisch auffällige Fehlen des Glaukonites in der Sandfraktion bei den Cenoman-Plänern ermöglicht trotzdem eine ziemlich sichere Grenzziehung.

Die Mächtigkeit des Essener Grünsandes liegt nach den Profilaufnahmen im Bereich von Wamel und Völlinghausen zwischen 2,77 und 3,34 m. Hiervon entfallen auf das Basalkonglomerat 0,10–0,20 m, auf den glaukonitischen Sandstein 0,66–0,92 m und auf den glaukonitischen Kalkstein 2,01–2,22 m. Die Mächtigkeit des glaukonitführenden Kalksteins zwischen Oberbergheim und Mülheim beträgt etwa 1–2 m.

Verbreitung: Der Essener Grünsand ist in seiner normalen, aus Sand- und Kalksteinen bestehenden Abfolge zwischen Berghof bei Wamel und Völlinghausen anzutreffen. Östlich Oberbergheim bis Gut Mülheim sowie an der Peripherie des Ochsenrückens ist ausschließlich die Kalksteinfazies ausgebildet. Zwischen Mülheim und Belecke fehlen glaukonithaltige Sedimente. Hier lagert offensichtlich der Cenoman-Pläner unmittelbar den Oberen Arnsberger Schichten auf.

Aufschlüsse:

- alter Eisenbahneinschnitt westlich Berghof bei Wamel, R 42 220, H 06 800
- Straßenanschnitt an der Dorfkirche bei Wamel, R 43 700, H 07 060
- Aufschluß unterhalb der Haarnadelkurve der Straße Oberbergheim–Ziegelei ca. 150 m westsüdwestlich Oberbergheim, R 46 320, H 06 580
- Aufschluß an der Straße Westendorf–Niederbergheim unmittelbar am Fernsehmast bei Höhe 293,0, R 46 710, H 05 780
- Klippe am westlichen Ortsrand Wamel, R 43 530, H 07 020
- Klippe 400 m westsüdwestlich Wamel, R 43 180, H 06 980

3.3.1.2. Cenoman-Pläner und „Arme *rhotomagense*“-Schichten (krc)

Gesteine: Der Cenoman-Pläner besteht aus einer Wechsellagerung blaugrauer, weiß- bis gelbgrauer, plattig bis knollig ausgebildeter Mergelsteine, mergeliger bis reiner Kalksteine und Knollenkalksteine. Die einige Zentimeter bis Dezimeter mächtigen Mergelsteine spalten teilweise in dünne Schichtblätter auf, wittern heraus und unterteilen durch deutliche Bankfugen die an Klüften in quaderartige Platten zerlegten Kalksteine. Auch die Mächtigkeit der einzelnen Kalksteinbänke übersteigt kaum einige Dezimeter.

Der basale, etwa 4–5 m mächtige, den Essener Grünsand überlagernde Anteil ist noch stark sandig und durch unregelmäßig verteilten Glaukonit in Schluffkorngröße leicht grünlich gefärbt. Zum Hangenden hin nimmt die Glaukonitführung rasch ab.

Dieser durch Hornsteine und Verkieselungen gekennzeichnete Schichtenanteil wird von Hiss (1981: 55) „Horizont der kieseligen und Hornstein führenden Kalksteine“ genannt. Darüber legt sich mit einer Mächtigkeit von etwa 15–20 m der Kalkmergelstein-Horizont

(Hiss 1981: 61), welcher aus einer Wechselfolge von Kalksteinen und Mergelsteinen besteht und größtenteils den „Armen *rhodomagense*“-Schichten entsprechen dürfte. Hornsteinbildungen treten zurück oder fehlen.

Mit der 20–70 cm mächtigen „Kalkknollen-Dachbank“ endet die Schichtenfolge des Cenomans. Die Kalkknollen-Dachbank stellt nach Hiss (1981: 36, 63) einen über weite Strecken verfolgbaren, isochronen Hartgrund dar. Der Ausstrich dieser Bank ist im Gelände an hellgrünlichgrauen, knolligen Lesesteinen kenntlich.

Bei starker Verwitterung wird der gesamte Kalkgehalt der Gesteine fortgelöst. Die verbleibenden gelb- bis rostbraun gefärbten, tonig-schluffigen und kieselsäurereichen Skelette werden als „Hottensteine“ bezeichnet und überschottern die aus den Plänen gebildete Hochfläche, welche zum Haarstrang überleitet.

Dunklere Stellen im Gestein, die den Plänen vielfach das Aussehen eines geflammt Kalksteins verleihen, beruhen auf einer Anreicherung von Kieselsäure. Die kieselsäurereichen Konkretionen sind als vielgestaltige, längliche Hornsteinknollen ausgebildet. Wegen ihrer Härte treten sie an längerer Zeit der Verwitterung ausgesetzten Steinbruchwänden erhaben hervor. Sie sind grau bis blaugrau, enthalten Reste von Kieselschwämmen und beteiligen sich als „Boikensteine“ ebenfalls an dem die Hochflächen überkleidenden Verwitterungsschutt. Westlich des Blattgebietes treten oberhalb des Horizonts der kieseligen und Hornstein führenden Kalksteine zwei Bänke mit Hornsteinknollen auf, die sich über weite Strecken verfolgen lassen (Hiss 1981: 59). Im Blattgebiet verliert sich die Horizontgebundenheit. Es läßt sich jedoch beobachten, daß ähnlich wie im Blattbereich 4516 Warstein die Kieselknollen im Mittelcenoman gehäuft auftreten, im Obercenoman hingegen wieder stark abnehmen (SEIBERTZ 1979: 88, Abb. 3).

Fossilien: Die Cenoman-Plänen sind sehr fossilreich. Es treten Ammoniten, nautiloide Cephalopoden, Inoceramen, Echinoideen, Schwammnadeln, sand- und kalkschalige Foraminiferen, Wurmröhren und viele bioturbate Wühlgefüge auf.

Altersstellung: Die Cenoman-Plänen umfassen den größten Anteil des Mittelcenomans. Sie enthalten die Zonen des *Turrillites costatus* und des *Turrillites acutus*²⁾ (krc3) und große Anteile der Zone des *Acanthoceras jukesbrownei*²⁾ (krc4). Die „Armen *rhodomagense*“-Schichten umfassen im wesentlichen das Obercenoman. Sie enthalten den höchsten Anteil der Zone des *Acanthoceras jukesbrownei*²⁾ (krc4), die Zonen des *Calycoceras naviculare*, des *Eucalycoceras pentagonum* und des *Meteucoceras geslinianum*²⁾ (krc5, krc6).

Abgrenzung und Mächtigkeit: Die Abgrenzung zum Liegenden, dem Essener Grünsand, ist wegen der petrographischen Unterschiede jederzeit gut möglich. Auch die Abgrenzung zum Hangenden, den *labiatus*-Schichten, bietet wegen der petrographischen Unterschiede keine Schwierigkeiten. Diese Unterschiede werden noch dadurch verstärkt, daß die Cenoman/Turon-Grenze in eine Schichtlücke fällt (Hiss 1981: Tab. 12), mithin keine gleitenden Übergänge vorhanden sind. Die Kalkknollen-Dachbank ist ein verlässlicher Grenzhorizont. Aber selbst wenn diese Bank nicht aufgeschlossen ist, läßt sich eine genügend genaue Grenzziehung durchführen.

Die Mächtigkeit des Mittel- und Obercenomans beträgt etwa 25–30 m.

²⁾ Zonengliederung nach Empfehlung der MCE-Arbeitsgruppe Mitteleuropa 1980

Verbreitung: Cenoman-Pläner und „Arme *rhodomagense*“-Schichten bilden die ebene Vorstufe des eigentlichen Haarstranges und ziehen am gesamten Nordrand des Blattgebietes nördlich der Möhne entlang. Der Erosionsrand der Plänerplattform ist stark gelappt und gebuchtet.

Aufschlüsse:

- Straßenanschnitt oberhalb der Dorfkirche bei Wamel, R 43 680, H 07 070
- aufgelassener Steinbruch 300 m östlich Wamel, R 44 020, H 07 080
- aufgelassener Steinbruch 1,2 km östlich Wamel, R 44 950, H 07 160
- Straßenanschnitt an der Straße Soest – Niederbergheim, R 45 330, H 07 030 bis R 45 440, H 06 890
- Gesteinsklippe ca. 400 m westnordwestlich Oberbergheim, R 46 050, H 06 720
- Gesteinsklippe ca. 800 m nordöstlich Westendorf, R 48 540, H 06 730
- aufgelassener Steinbruch ca. 550 m ostnordöstlich Westendorf, R 48 600, H 06 270
- Straßenhang 400 m nördlich Mülheim, R 50 620, H 07 340
- Steilhang am östlichen Bormecke-Ufer nördlich Beleck, R 53 450, H 07 310

3.3.2. Turon

3.3.2.1. *labiatus*-Schichten

Die *labiatus*-Schichten setzen sich im Blattgebiet in ihrem tieferen Anteil aus Mergelsteinen zusammen, in welche sich im höheren Anteil zunehmend Mergelkalksteinbänke einschalten. Es konnte daher eine Zweiteilung vorgenommen werden.

3.3.2.1.1. Untere *labiatus*-Schichten (krt1u)

Gesteine: Es handelt sich um blaugraue bis grünlichgraue, schluffige bis feinsandige, schwach glaukonitische Mergelsteine, welche schlecht gebankt sind und plattig bis stückig zerfallen. Sie verwittern beige bis schmutziggrau und bräunlichgrau. Die Glaukonitkörner sind olivgrün bis grün.

Fossilien: F. SCHMID und E. SEIBERTZ (Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch.) konnten folgende Fossilien bestimmen:

Ammoniten

Mammites nodosoides (SCHLOTHEIM)

Brachiopoden:

Cretirhynchia cf. *plicatilis* (SOWERBY)

Orbirhynchia cf. *cuvieri* (D'ORBIGNY)

Lamellibranchiaten:

Inoceramus (*Mytiloides*) *labiatus* (SCHLOTHEIM)

Inoceramus (*Mytiloides*) *herzynicus* PETRASCHECK

Nucula planata DESHAYES

J. INDANS (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) konnte aus den Mergelsteinen zahlreiche Foraminiferen bergen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um durchlaufende Arten der Gattungen *Arenobulimina*, *Tritaxia*, *Marssonella*, *Lenticulina*, *Vaginulina*, *Frondicularia*, *Gavelinella*. Außerdem fanden sich *Globotruncana marginata* (REUSS) und cf. *Lingulogavelinella formosa* (BROTZEN).

Altersstellung: Die Unteren *labiatus*-Schichten setzen die Sedimentation nach der Schichtlücke an der Cenoman/Turon-Grenze fort. Sie gehören dem höheren Unterturon an.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zum Liegenden vergleiche Kapitel 3.3.1.2. Zum Hangenden hin gehen die Unteren *labiatus*-Schichten durch Zunahme von Kalkmergelsteinbänken gleitend in die Oberen *labiatus*-Schichten über. Die Mächtigkeit der Unteren *labiatus*-Schichten beträgt etwa 10 m.

Verbreitung: Die Unteren *labiatus*-Schichten ummanteln nördlich Westendorf einen breiten südgerichteten Sporn aus *lamarcki*-Plänern. Die Unteren *labiatus*-Schichten sind muldenartig ausgeräumt und lassen sich daher morphologisch leicht verfolgen.

Aufschlüsse:

- Wegegraben ca. 1 km nördlich Westendorf und 400 m südöstlich der Mergelgrube Westendorf, R 48 550, H 07 220

3.3.2.1.2. Obere *labiatus*-Schichten (krt10)

Gesteine: Die Oberen *labiatus*-Schichten sind durch eine Wechsellagerung von Mergelsteinen und Mergelkalksteinbänken gekennzeichnet. Die etwas schluffigen bis feinsandigen, glaukonithaltigen Mergelsteine sind im bergfeuchten Zustand blaugrau, im trockenen Zustand hellgrau. Die Mergelkalksteinbänke sind weißgrau. Sie werden durch Klüfte in quaderartige Körper zerlegt, sind aber zum Teil auch oval bis brotlaibförmig ausgebildet. Die Einzelmächtigkeit der Bänke schwankt zwischen 5 und 30 cm.

Fossilien: TH.SAUERLAND (Lippstadt) hat die fossilreichen Schichten der Mergelgrube Westendorf (Abb. 4) im Blattgebiet Hirschberg paläontologisch eingehend bearbeitet. Er konnte folgende reichhaltige Fossilliste aufstellen:

Brachiopoden:

Orbirhynchia cuvieri (D'ORBIGNY)
Gibbithyris semiglobosa (SOWERBY)
Gibbithyris subrotunda (SOWERBY)
Chatwinothyris sp.
Cyclothyris sp.
Terebratulina chrysalis (SCHLOTHEIM)
Terebratulina alefa n. sp. nom. nud.

Echinodermen:

Discoidea minima (AGASSIZ)
Conulus ex gr. *subrotundus* (MANTELL)
Hemiaster nasatulus SORIGNET
Cardiaster truncatus GOLDFUSS
Cardiaster westendorfensis n. sp. nom. nud.
Salenia granulosa FORBES
Dorocidaris sp.
Physoma sp.
Metopaster parkinsoni (FORBES)

Lamellibranchiaten:

Inoceramus (Mytiloides) labiatus (SCHLOTHEIM) (s. Abb. 5)
Exogyra halitoidea SOWERBY
Spondylus sp.

Cephalopoden:

Lewesiceras peramplus (MANTELL)
Lewesiceras lewesiensis (MANTELL)
Plesiacanthoceras fleuriausianum (D'ORBIGNY)



Abb. 4 Mergelgrube Westendorf – aufgelassener Steinbruch in Oberen *labiatus*-Schichten (R 47 920, H 07 340 bis R 48 040, H 07 230)

Deltocymatoceras leiotropis (SCHLÜTER)

Actinocamax plenus (BLAINVILLE)

Scipionoceras ? bohemicum (FRITSCH)

Eutrephoceras sp.

Vermes:

Spirorbis (Bipygmea) subrugosa MÜNSTER

Spiraserpula versipellis REGENHARDT

Poriferen:

Camerospongia fungiformis (GOLDFUSS)

Gastropoden:

Volulithites sp.

Bryozoen:

Herpetopora dispersa VON HAGENOW

Membranipora famelica BRYDONE

Coelenteraten:

Parasmilia centralis (MANTELL)

Pisces:

Ptychodus latissimus (AGASSIZ)

Odontaspis acutissima (AGASSIZ) (s. Abb. 5)

Corax falcatus (AGASSIZ)

Orthacodus sp. (s. Abb. 5)

Isurus mantelli (AGASSIZ)

Isurus appendiculatus (AGASSIZ) (s. Abb. 5)

Hemipristis sp.
Coelodus muensteri AGASSIZ
 ? *Cimolichthys* sp.

Foraminiferen:
Bdelloidina cribrosa (REUSS)

Flora:
Populus sp.
Salix sp.
Geinitzia sp.

J. INDANS (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) konnte bei den Foraminiferen neben durchlaufenden Arten der Gattungen *Arenobulimina*, *Tritaxia*, *Marssonella*, *Lenticulina*, *Frondicularia* und *Gavelinella* noch folgende leitende Arten bestimmen:

Praeglobotruncana delrioensis delrioensis (PLUMMER)
Praeglobotruncana delrioensis turbinata (REICHEL)
Hedbergella trocoidea (GANDOLFI)
 cf. *Lingulogavelinella formosa* (BROTZEN)

Altersstellung: Die Oberen *labiatus*-Schichten gehören dem höchsten Unterturon an.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zum Liegenden vergleiche Kapitel 3.3.2.1.1. Zum Hangenden hin nehmen die Mergelsteine stetig und rasch ab.

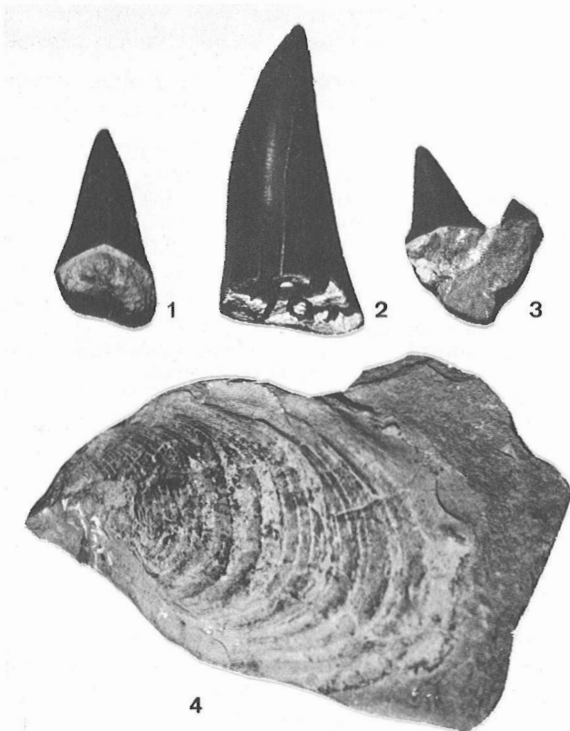


Abb. 5
 Fossilien aus der Mergelgrube Westendorf (Bestimmung und Fotos: TH. SAUERLAND)
 1-3 „Haifisch“-Zähne
 (Vergr. 1,5 x)
 1 *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ)
 2 *Orthacodus* sp.
 3 *Isurus appendiculatus* (AGASSIZ)
 4 *Inoceramus* (Mytiloides) *labiatus* (SCHLOTHEIM), das Leitfossil der *labiatus*-Schichten (Originalgröße)

Damit vollzieht sich der Übergang zu den *lamarcki*-Plänern. Die Mächtigkeit der Oberen *labiatus*-Schichten beträgt 5–6 m.

Verbreitung: wie bei den Unteren *labiatus*-Schichten (vgl. Kap. 3.3.2.1.1.).

Aufschlüsse:

- Mergelgrube Westendorf ca. 1 km nördlich der Ortschaft Westendorf, R 47 920, H 07 340 bis R 48 040, H 07 230

3.3.2.2. *lamarcki*-Pläner (krt2)

Gesteine: Gelbgraue bis weiße Kalksteine wechsellagern mit dünnen Mergelsteinlagen und Mergelkalksteinbänken. Die *lamarcki*-Pläner sind etwas dickbankiger, fester und weniger mergelig als die Cenoman-Pläner. Wie diese verwittern sie von der Oberfläche und von Klüften her intensiv. Die ausgelaugten Kalksteine überkleiden als „Hottensteine“ das Plänerplateau.

Fossilien: Es wurden Ammoniten, Inoceramen und Echinoidenreste gefunden.

Altersstellung: Die *lamarcki*-Pläner gehören dem tiefen Mittelturon an.

Abgrenzung und Mächtigkeit: Hinsichtlich der Abgrenzung zum Liegenden vergleiche Kapitel 3.3.2.1.2. Die überlagernde Schichtenfolge fehlt im Blattgebiet Hirschberg. Die aufgeschlossene Mächtigkeit der *lamarcki*-Pläner beträgt ca. 10 m.

Verbreitung: 1 200 m nördlich der Ortschaft Westendorf tritt vom Blattbereich 4415 Anröchte her ein breiter Plänersporn auf das Blattgebiet über. Eine gegenüber den muldenartig ausgeräumten *labiatus*-Schichten besonders markante Geländekante kündigt das Einsetzen der *lamarcki*-Pläner an. Sie bauen den Kamm der Haar auf.

3.4. Tertiär

Marine Ablagerungen der Tertiär-Zeit sind im Blattgebiet Hirschberg nicht bekannt. Das während des Tertiärs herrschende feucht-tropische Klima hat den paläozoischen Untergrund, soweit er frei zutage lag, tiefgreifend zersetzt. Wo die oberkreidezeitliche Sedimentdecke noch verbreitet war, schirmte sie das unterlagernde Paläozoikum weitgehend gegen die tertiären Verwitterungseinflüsse ab.

Der größte Teil der unter tropischem Klimaeinfluß entstandenen Böden ist während der im Pleistozän abgelaufenen periglazialen Bodenverlagerungen abgetragen und fortgeführt worden, so daß nur noch die tieferen, wurzelartigen Ausläufer sporadisch anzutreffen sind. Als solche sind die fossilen Graulehmrelikte anzusehen, die man stellenweise im Arnberger Wald vorfindet. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, daß diese plastischen Sedimente während des periglazialen Klimas ausflossen und, weit entfernt vom Ort ihrer Entstehung, in erosionsgeschützten Lagen erhalten blieben.

Da die Warsteiner Carbonatplattform während der Alt- und Mitteltertiär-Zeit weitgehend von oberkretazischen Sedimenten verhüllt war, hat es in dem im Blattgebiet Hirschberg gelegenen Anteil des Massenkalks keine nennenswerten tertiären Sedimentansammlungen in Karsthohlräumen gegeben. Jungtertiäre Schlottensedimente werden zwar vermutet, ihr paläontologischer Nachweis ist jedoch im Hirschberg – Warsteiner Raum bisher nicht gelungen.

Hinsichtlich der Landschaftsentwicklung im Tertiär (tiefgründige Zersetzung und Denudation während der verwitterungsaktiven, frühen, tertiären Klimaphasen; nach Norden gerichtete Abdachung; Herausbildung des Gewässernetzes) sowie Vererzung und Verkieselung im Warsteiner Raum wird auf die Kapitel 5., 7. und 8. verwiesen.

3.5. Quartär

Lockergesteine des Quartärs (Kiese, Sande, Schluffe, Tone) lagern in unterschiedlicher Mächtigkeit und diskordant älteren Gesteinen des Paläozoikums und des Mesozoikums auf. Sie entstanden größtenteils unter dem klimatisch bedingten Wechsel mehrerer Kalt- und Warmzeiten des Pleistozäns.

Der Münsterland-Gletscher stieß während der Saale-Kaltzeit möglicherweise örtlich über den Haarstrang hinweg bis in den nördlichen Blattbereich vor (vgl. Kap. 5.2.), das überwiegende Blattgebiet blieb jedoch eisfrei und wurde vom periglazialen Klima nachhaltig geprägt.

Die vorherrschenden, mechanischen Verwitterungsprozesse zerkleinerten durch Frostsprengung die oberflächennahen Gesteine. Die so entstandenen Schuttmassen wurden während der Auftauperioden zusammen mit einem schluffig-feinsandigen Tonbrei soliflukktiv talwärts transportiert, wo sie von Flüssen weiter umgelagert und ihre Komponenten abgerollt wurden. Die Gesteinsfracht steigerte die Seiten- und Tiefenerosion der Flüsse, bei nachlassender Transportkraft wurde der Schutt wieder abgelagert. Dieser Vorgang wiederholte sich durch den Wechsel mehrerer Kalt- und Warmzeiten und infolge fortdauernder, epirogenetischer Hebungen mehrmals. Dabei entstanden während hochglazialer Phasen in verschiedenen Höhenlagen unterschiedlich alte Talböden, die im Zuge der fortschreitenden Tieferlegung der Täler als schmale Terrassenleisten an den Talhängen erhalten geblieben sind.

Die Nebentäler sind asymmetrisch gestaltet: Süd- und Südwesthänge sind steiler als Nord- und Nordosthänge. Die an den sonnenseitig exponierten Süd- und Südwesthängen schneller auftauenden Schuttmassen wurden rascher talwärts transportiert als diejenigen auf den Schattenhängen. Die Schmelzwässer räumten den Schutt aus und schnitten dabei in immer stärkerem Maße die Süd- und Südwesthänge an. Dabei wurde der Wasserlauf ständig weiter an die Hangfüße dieser Talseiten verlagert, die so zunehmend steiler wurden als die Gegenflanken.

Die Verkarstung des Massenkalks erreichte im Pleistozän nicht mehr das Ausmaß der vorpleistozänen Epochen.

Im ganzen Gebiet wurde Löß angeweht, der durch die Einwirkung der Atmosphärien in Lößlehm verwitterte und teils soliflukktiv, teils erosiv umgelagert wurde. Er wurde zusammen mit älteren Verwitterungsdecken des Tertiärs und Altpleistozäns flächenhaft abgetragen und teilweise in die verkarstete Massenkalk-Oberfläche eingespült, wo er in erosionsgeschützten Lagen erhalten blieb. Außerdem wurden früher plombierte Hohlräume des Massenkalks erosiv wieder freigelegt, so daß sowohl die älteren Bodensedimente als auch die jüngeren Löss eingeschwemmt werden konnten. In verschiedenen Abschnitten der Bilsteinhöhle (Abb. 6) wurden in den vergangenen Jahrzehnten Decken-, Wand- und Bodensinter, Höhlenlehm und Blockschutt (Versturzbreccien), Flußschotter (Grauwacken, Quarzite, Kieselstiefer), Relikte von Höhlenbär, Nashorn und Rentier, Schädel fragmente meh-

rerer Menschen aus dem Paläolithikum sowie Stein- und Knochenwerkzeuge gefunden (ROTTERS 1973, MEIBURG & STOFFELS 1979: 143–161).

Vor ca. 10 000 Jahren, mit dem Beginn des Holozäns, gingen die Kaltzeiten zu Ende. Das Holozän war an der Bildung von Lockergesteinen und an landschaftsformenden Vorgängen nur noch in geringem Maße beteiligt. Auenlehme, Schwemmkegel und Geröllablagerungen in Talsohlen (= Niederterrasse) und Talkerben sind die wichtigsten dieser in jüngster Vergangenheit entstandenen Ablagerungen. Im südlichen Blattbereich, nördlich der Wasserscheide zwischen Ruhr und Möhne, entstanden auf den Oberen Arnsberger Schichten zahlreiche kleine, meist 1 m Mächtigkeit kaum übersteigende Niedermoore (vgl. Kap. 3.5.2.3.).

3.5.1. Pleistozän

3.5.1.1. Oberste Terrassen

Die ältesten Terrassen des Blattgebietes treten über der fast ebenen, aus Cenoman-Plätern aufgebauten Geländeplattform zwischen Belecke und Wamel südlich der Kammlinie auf. Die Plattform liegt 30–40 m unter dem Niveau der Haar und ca. 40–50 m über der heutigen Sohle des Möhnetals. Dort finden sich Flußgerölle in dünner Bestreuung. Es können vor allem Sandsteine, Quarzite und Grauwacken beobachtet werden, die weitge-

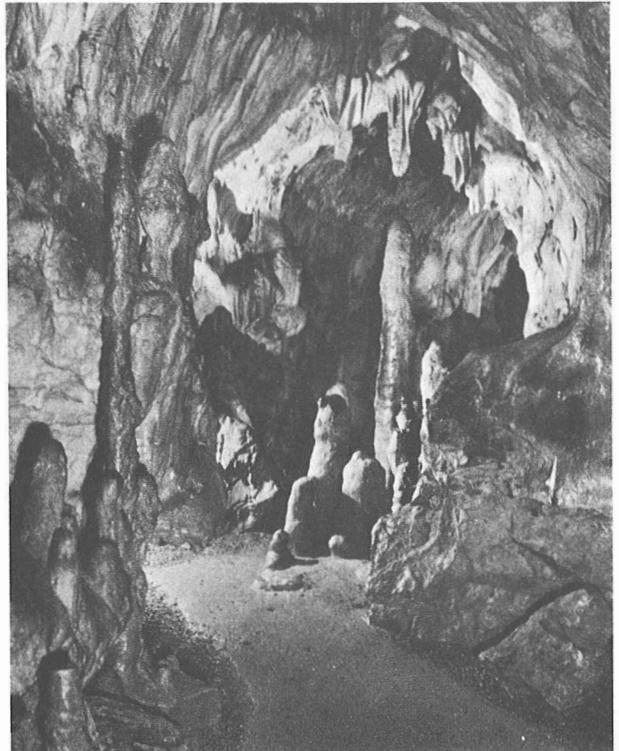


Abb. 6
Bilsteinhöhle – Halle der 60 Riesen, eine 30 m lange, 20 m breite und ca. 20 m hohe, korrosiv erweiterte tektonische Spalte im Massenkalk mit Decken-, Wand- und Bodensintern (aus ALBERS et al. 1982: Abb. 4).

hend den Oberen Arnsberger Schichten entstammen dürften. Nach TIMMERMANN (1959: 70) ist diese Geländeebene als Zwischenform von breiter Flußterrasse und schmaler Schichtstufenfläche zu werten. Sie wird als „Drüggelter Möhneterrasse“ bezeichnet. Ihre Südbegrenzung wird im Blattgebiet 4516 Warstein durch die vom Rüthener Grünsandstein hervorgerufene Geländestufe gebildet. Nach KÜHNE (1938: 15) stellt die lockere Geröllbestreuung den Überrest der Hauptterrasse dar. Ein oberpliozänes Alter dieser Schotter (TIMMERMANN 1959: 80) ist fraglich; wahrscheinlicher ist Altpleistozän.

3.5.1.2. Mittelterrassen (M1, M2)

Zwischen dem Südrand der Drüggelter Möhneterrasse und dem rezenten Möhnetal sind mehrere Terrassenreste ausgebildet, welche sich den Mittelterrassen zuweisen lassen. Diese Terrassen treten zwischen Belecke und Völlinghausen beiderseits der Möhne auf.

Man kann zwischen einer oberen Terrassengruppe mit Geländehöhen zwischen +230 und +260 m NN und einer unteren Terrassengruppe mit Geländehöhen zwischen +220 und +250 m NN unterscheiden. Die obere Gruppe (20–25 m über der Möhnetalsohle) läßt sich der Oberen Mittelterrasse (M1), die untere Gruppe (5–15 m über der Möhnetalsohle) der Unteren Mittelterrasse (M2) zuweisen. Entsprechend dem von Osten nach Westen absinkenden Geländeniveau des Stufenrandes der Kreide-Decke nimmt auch die Geländehöhe der einzelnen Terrassen in dieser Richtung ab. So liegt die Obere Mittelterrasse westlich Belecke bei +260 m NN, bei Allagen bei +245 m NN, bei Niederbergheim bei +240 m NN und schließlich westlich Völlinghausen bei +230 m NN.

Beide Terrassengruppen besitzen aus Sandsteinen, Quarziten, Kieselschiefern und Gangquarzen bestehende Schotter. Die Untere Mittelterrasse enthält bei der Ziegelei Niederbergheim außerdem nordische Geschiebe, was ihre Entstehung während der Saale-Kaltzeit glaubhaft macht. Die Obere Mittelterrasse wird daher in die Elster-Kaltzeit, die Untere Mittelterrasse in die Saale-Kaltzeit eingestuft.

Meist ist nur noch der Terrassenfuß zu erkennen; der überwiegende Teil der Terrassenfläche ist mit Hanglehm überkleidet.

ARNOLD (1960: 746) unterschied im Blattgebiet 4516 Warstein mehrere Terrassen, die gruppenweise in bestimmten Höhen über der Möhnetalauflage liegen. Die ausgeprägteste und am weitesten durchhaltende Terrasse ist nach ihm diejenige, welche 15–20 m über der Aue liegt.

3.5.1.3. Niederterrasse (nicht gesondert ausgeschieden)

Die Talschotter der Möhne und Heve entstanden während der Weichsel-Kaltzeit und werden daher zur Niederterrasse gerechnet. Sie werden jedoch auf der geologischen Karte nicht dargestellt, weil sie überall von der holozänen Auenlehmdecke (vgl. Kap. 3.5.2.1.) verhüllt werden.

Die Kiese und Sande der Niederterrasse wurden abgelagert, als die mit Schutt beladenen Schmelzhochwässer durch Seiten- und Tiefenerosion das heutige Möhne- und Hevebett schufen. Die Mächtigkeit der Geröllagen wechselte in Abhängigkeit von Wasserführung, Stromgeschwindigkeit und Relief der Talsohle. Bei den 1976 erfolgten Ausschachtungsarbeiten für die Kläranlage Belecke (R 52 020, H 06 540 bis R 52 140, H 06 430) zwischen

Mülheim und Belecka wurden unter einer durchschnittlich 1 m umfassenden Auenlehmschicht 2 m mächtige Schotterkörper erbohrt. Die Basis der Schotter ist reich an abgerollten Tonsteinen, welche dem darunter anstehenden und aufgearbeiteten Oberkarbon entstammen. Der Schotterkörper setzt sich aus Sandsteinen, Kieselschiefern, Quarziten, Feinkonglomeraten und kleinen, plattigen Schwarzschiefergeröllen zusammen.

Eine bei Niederbergheim für die ehemalige Molkerei südlich der B 516 in der Möhnetalaua niedergebrachte Bohrung erbrachte einen bis zu 2 m mächtigen Schotterkörper. Unterschiedlich mächtige, 1 m Mächtigkeit meist nicht erreichende Schotter liegen in dem durchschnittlich 300 m breiten Hochwasserbett der Heve unter einem einige Dezimeter mächtigen Auenboden. Die Gerölle bestehen entsprechend dem Einzugsgebiet aus Kiesel- und Alaunschiefern des Unterkarbons sowie Ton-, Schluff- und Sandsteinen des Oberkarbons.

3.5.1.4. Hang- und Hochflächenlehm („hg)

Der Hang- und Hochflächenlehm besteht aus einem tonigen bis feinsandigen Schluff mit mehr oder weniger umfangreichen Stein- und Gruskomponenten. Er entstand, als die Schuttmassen des während der Kaltzeiten durch Frostverwitterung gesprengten und mechanisch zerkleinerten, paläozoischen Untergrundes dem Gefälle entsprechend solifluktuiv talwärts transportiert wurden. Dabei vermischten sie sich mit Lößanteilen. Der sich anreichernde Schutt verlehmt während der Warmzeiten. Dargestellt ist diese Deckschicht auf der geologischen Karte im allgemeinen nur dort, wo sie eine Mächtigkeit von 2 m und mehr erreicht.

Die talwärts wandernden Schuttmassen griffen auch auf die älteren Talböden über und verdeckten größtenteils die verbliebenen Terrassenrelikte (vgl. Kap. 3.5.1.2.). Die Verzahnung des Hangschuttes mit rezenten Talböden der Möhne, Glenne, Lörmecke und Biber weist darauf hin, daß der Vorgang bis zur Gegenwart anhält. Die holozänen Bildungen sind dabei nicht von den pleistozänen zu trennen, allerdings kann man davon ausgehen, daß dem pleistozänen Schutt der größte Mächtigkeitsanteil zukommt. Am Südufer der Halle nördlich Hirschberg sind entlang einer bis zu 2 m hohen Erosionsstufe zwischen R 49 070, H 01 240 und R 50 350, H 01 030 Bachschotter freigelegt, welche von Hanglehm überdeckt werden.

Möglicherweise kam ein Teil der nördlich der Möhne zwischen Belecka und Allagen sich ausbreitenden Lockergesteinsdecke durch die Vermischung von periglazialen Wanderschutt und Geschiebelehm zustande.

Ein Teil des Hang- und Hochflächenlehms wurde in die Karstschlotten und unterirdischen Hohlräume des Massenkalks eingespült, wo er sich mit dem zum Teil in situ gebildeten Höhlenlehm vermengte.

3.5.1.5. Verwitterungsdecke

Ebene bis schwach geneigte Hochflächen im Arnsberger Wald sind an mehreren Stellen mit einer dünnen, meist 1 m unterschreitenden Verwitterungsdecke überkleidet. Die Decken setzen sich aus mit Lößkomponenten vermischtem Verwitterungslehm zusammen, welcher stark sandig, steinig und grusig ist. Die zahlreichen, steinigen und grusigen Bestandteile entstammen dem felsigen Untergrund aus Oberen Arnsberger Schichten, welche hier periglazial tiefreichend zersetzt wurden.

3.5.2. Holozän

3.5.2.1. Ablagerungen in den Talsohlen und Talkerben (qh)

Durch den mit Beginn des Holozäns einsetzenden Temperaturanstieg entstand ein Klima, das in etwa mit dem der glazialen Warmzeiten verglichen werden kann. Die Vegetation, die den von nun ab nicht mehr gefrorenen Boden mit einem dichten Pflanzenkleid überzog, verringerte den Abtrag des Lockergesteinsschuttes. Somit trat an die Stelle der früher vorherrschenden, flächenhaften Solifluktion nunmehr die meist nur linear ausgerichtete Erosion. Den Flüssen wurden durch Auswaschungen der Hänge bei kräftigen Regengüssen nebst meist kleineren Schuttkomponenten vornehmlich Tontrübe und Feinsandpartikel zugeführt, die sich bei Hochwässern als gelbbrauner Auenlehm über den weichselkaltzeitlichen bis frühholozänen Schotterkörpern der Niederterrasse (s. Kap. 3.5.1.3.) absetzte. Ein Teil der Trübe wurde auch in den Porenraum der oberen Schotter eingespült. Die Mächtigkeit der Auenlehmdecke beträgt 0,5 – 2 m. Größere Auenlehmdecken bildeten sich im Blattgebiet nur bei Flüssen und Bächen mit größeren Talbreiten und ebenen Sohlen wie Möhne, Heve, Lottmannsharbach und Schorenbach.

Die Mittel- und Niedrigwässer haben sich in die Auenlehmdecke und den höheren Schotteranteil mäandrierend eingeschnitten und wirken an der Gestaltung des Fluß- und Bachbettes noch heute fort. An Prallhängen schneiden sie durch seitliche Erosion den Uferhang an, höhlen ihn aus und bringen überhängende Uferteile zum Einsturz, an Gleithängen wird weiterhin Trübe, vermischt mit Geröll und mitgeführtem Treibgut, akkumuliert. Auch die angeschnittenen Talsohlenschotter werden holozän noch umgelagert und können bei Hochwasser auf den Auenlehm angelandet werden.

Bei den durch Eng- und Steilstrecken gekennzeichneten, trog- und kerbförmigen Seitentälern wird der herabdringende Hangschutt von den Wässern nur so weit abgetragen und eingeebnet, wie die Transportkraft des Wassers ausreicht, wobei größere Gerölle und Blockschutt hobelnd und meißelnd die schmale Talsohle bearbeiten können. Infolgedessen tritt an den Sohlen sehr vieler Seitentäler das Anstehende zutage. Gerölle werden in Auskolkungsrinnen hinter liegengebliebenen Großblöcken und Härtlingsrippen abgesetzt. Wo Auenlehm sich bilden konnte und erhalten blieb, geht er meist ohne erkennbare Grenze in Hanglehm über. Verschiedentlich werden die Bachkerben durch lineare, rückschreitende Erosion hangaufwärts verlegt.

3.5.2.2. Schwemmkegel

Wo die Bäche der Seitentäler bei steilerem Gefälle mit ihrer Geröllfracht in die großen, ebenen Talauen münden, kommt es bisweilen zu deltaartigen, uhrglasförmig gewölbten Aufschüttungen lehmigen Fein- und Grobschuttes, den Schwemmkegeln, welche sich über die Auenlehmdecke ausbreiten. Solche sich einige Dezimeter bis zu wenigen Metern über die ebene Talsohle des Vorfluters erhebende Kegel befinden sich im Tal der Möhne. Bei Sichtungsvor greift ein Schwemmkegel so weit in das Haupttal vor, daß der Vorfluter zum Ausweichen gezwungen wird.

3.5.2.3. Niedermoor (,Hn) (H.-W. REHAGEN)

Torfablagerungen von wenigen Dezimetern Mächtigkeit finden sich im Blattgebiet häufiger. Sie entstanden meist innerhalb oder unterhalb eines Quellbereiches als kleinflächige,

soligene Quell- oder Hangmoore. Wegen ihrer geringen Ausdehnung sind diese Niedermoore praktisch nie aus dem Bereich mineralischer Nährstoffzufuhr geraten und konnten sich daher auch nicht zum Hochmoor (ombrogenes Moor) weiterentwickeln. Mosaikartig vermochte sich jedoch an manchen Stellen eine Übergangsmoorvegetation auszubreiten.

Aus sechs Mooren wurden Profile geborgen. Mit einer Ausnahme begann das Torfwachstum erst während der Nachwärmezeit (Subatlantikum), also in einem kühler und feuchter gewordenen Klima. Damals entwickelten sich auf allmählich vernässenden Standorten zunächst Erlenbruchwälder, in denen Bruchtorfe aufwuchsen. Bei weiter ansteigender Feuchtigkeit entstanden dann Ried- und schließlich Moostorfe. Diese Abfolge spiegelt sich im Torfprofil des Rohrbruchs wider, der mit 1,4 m die größte Torfmächtigkeit aufweist. Zu einem früheren Zeitpunkt begann das Torfwachstum in dem nur 0,8 m mächtigen Moor am Großen Berg. Dort ist die Torfbildung offensichtlich langsamer vonstatten gegangen.

3.5.2.3.1. Vegetationsgeschichte

Wie im benachbarten Blattbereich 4516 Warstein (REHAGEN in CLAUSEN & LEUTERITZ 1984) reicht der Einblick in Moorbildung und Vegetationsgeschichte nur etwa 3 000 Jahre zurück. Die gesamte holozäne Vegetationsentwicklung ist in einem Pollendiagramm aus dem etwa 30 km südwestlich gelegenen Obervalberter Tal bei Oedingen (REHAGEN in CLAUSEN 1978) zu entnehmen. Ein weiteres Profil, das allerdings erst mit dem Ende der Frühen Wärmezeit (Boreal) einsetzt, liegt aus dem 20 km südöstlich befindlichen Rauhen Bruch vor (REHAGEN in EBERT 1968). Die Gliederung der vegetationsgeschichtlichen Perioden erfolgt nach dem Zonierungssystem von OVERBECK (1950, 1975). Angegebene zeitliche Daten sind Mittelwerte verschiedener ^{14}C -Datierungen aus dem nordwestdeutschen Raum und angrenzender Gebiete. Als Berechnungsgrundlage dient die Summe aller Baumpollen = 100 % ohne *Corylus*; alle anderen Prozentangaben sind auf diese Grundsumme bezogen.

In der Südwestecke des Blattgebietes liegt ca. 400 m östlich des Großen Berges ein kleines ombro- bis soligenes Hangmoor (R 45 320, H 96 920, + 470 m NN). Das Tal öffnet sich nach Nordwesten und wird durch einen Quellbach der Luttmücke entwässert. An der Profilentnahmestelle betrug die Torfmächtigkeit 80 cm und zeigte den folgenden Aufbau:

- 0 – 10 cm mäßig zersetzter, brauner Moostorf mit wechselnden Anteilen an Bleichmoosen (*Sphagnum*), Laubmoosen und Radizellen; im oberen Teil mit Laubblattresten, im unteren Teil vereinzelt *Carex*-Innenfrüchte; rezent durchwurzelt
- 10 – 80 cm stärker bis stark zersetzter, dunkelbrauner bis schwarzbrauner Erlenbruchtorf, lagenweise Laubmoose (bei 55 cm) oder Radizellen (25 – 35 cm)
- ab 80 cm brauner, feinsandiger, humoser Lehm, rasch grobsandig und blaugrau werdend

Trotz geringer Torfmächtigkeit weist dieses Moor den ältesten Entstehungszeitpunkt auf. Der Torf ist also nur langsam aufgewachsen; möglicherweise ist auch durch Entwässerungsmaßnahmen der ursprüngliche Moorkörper zum Einsacken gebracht worden. Die untersten Pollenspektren erfassen gerade noch das ausklingende Subboreal mit der Zonenwende IX/X.

Zone IX und Zone X (80 – 65 cm): Subboreal oder Späte Warmzeit, Eichenmischwaldzeit, 3000 – 1100 v. Chr. und Wende Subboreal/Subatlantikum, Eichen-Buchenzeit, 1100 – 150 v. Chr.

Als dominierendes Florenelement des lokalen Bruchwaldes nimmt die Erle (*Alnus*) erwartungsgemäß mit Abstand den ersten Rang ein (61,3 – 75,4 %).

Die Baumpollen, welche die Waldzusammensetzung außerhalb des Moores überliefert haben, zeigen deutlich die Vorherrschaft des Eichenmischwaldes (15,5 – 23,2 %) – speziell der Eiche (*Quercus*) über die Buche (*Fagus*). Auch die noch relativ hohen Anteile von Ulme (*Ulmus*), Linde (*Tilia*), Esche (*Fraxinus*) und Ahorn (*Acer*), sowie der den Eichenmischwald begleitenden Hasel (*Corylus*) weisen darauf hin, daß das Ende der Späten Wärmezeit im Profil noch erfaßt wurde. Ebenfalls findet sich der Efeu (*Hedera*), ein Indikator für höhere Wärmeansprüche, noch regelmäßig, während die Hainbuche (*Carpinus*), ein Baum der Ebene und der collinen Stufe, ihr Einwandern ankündigt. Mit der starken Ausbreitung der Buche (4,7 – 13,3 %) und dem entsprechenden Rückgang der Eiche (9,9 – 1,7 %) ist die Zone X erreicht (um 60 cm). Diese Entwicklung setzt sich in der Zone XI fort. Jetzt breitet sich in bescheidenem Maße auch die Hainbuche aus. Der niedrige Anteil an Nichtbaumpollen (um 7,5 %) und die nur sporadisch auftretenden Kulturanzeiger weisen, zumindest für die nähere Umgebung, auf eine hohe Bewaldungsdichte und eine geringe Kulturintensität hin.

In dem oberen Abschnitt des Profils zwischen 50 – 0 cm bleibt die Pollenzusammensetzung, von zwei Ausnahmen abgesehen, nahezu unverändert. Bei 30 cm fällt der *Alnus*-Anteil steil auf 43 % ab, während *Betula* (Birke) entsprechend auf 26 % ansteigt. Dies ist ein Vorgang, der auf die lokale Vegetation begrenzt ist, sich aber auch in drei weiteren Mooren abspielt. In den oberen Zentimetern ist dann die Ausbreitung der Fichtenforste in der Nachbarschaft des Niedermoores zu erkennen. Das Moor selbst wird jetzt hauptsächlich von Erlen, Farnen und Binsen bewachsen.

Etwa 2,5 km weiter östlich liegt der Rohrbruch (R 47 610, H 97 180, + 410 m NN). Das Moor erstreckt sich in 0,5 km Länge von Süden nach Norden und wird von Quellbächen der Wacker durchzogen. An der Entnahmestelle zeigte das Torfprofil den folgenden Aufbau:

0 – 30 cm	mäßig bis stärker zersetzter, brauner Seggen-Moostorf, lagenweise mit Anteilen von Wollgras (<i>Eriophorum</i>) und Bleichmoosen (<i>Sphagnum</i>)
30 – 45 cm	stärker zersetzter, dunkelbrauner Erlenbruchtorf mit geringen Anteilen von Bleichmoosen
45 – 60 cm	mäßig bis stärker zersetzter, brauner Seggen-Moostorf
60 – 70 cm	stärker zersetzter, dunkelbrauner Erlenbruchtorf
70 – 85 cm	mäßig bis stärker zersetzter, brauner Seggen-Moostorf
85 – 140 cm	stärker bis stark zersetzter, dunkel- bis schwarzbrauner Erlenbruchtorf, zwischen 115 – 125 cm mit Anteilen an Laubmoosen und Radizellen
ab 140 cm	brauner, feinsandiger, humoser Lehm, rasch grobsandig und blaugrau werdend

Bereits die unterste Probe aus dem humosen Lehm weist ein Pollenspektrum aus, das dem älteren Teil der Nachwärmezeit entstammt.

Zone XI (140 – 60 cm): Subatlantikum oder Nachwärmezeit, älterer Teil, Buchenzeit, 150 v. Chr. – 750/1000 n. Chr.

Vom untersten Pollenspektrum an ist die Buche (24,1 – 49,0 %) der klar dominierende Waldbaum. Nur die Eiche (17,1 – 2,0 %) spielt noch eine bescheidene Rolle. Pollen der übrigen Eichenmischwaldglieder treten nur sporadisch auf. Auch die Hasel (unter 5 %) weist

jetzt ihre niedrigsten Werte auf, nicht zuletzt wegen der stärkeren Schattenwirkung eines Buchenwaldes gegenüber dem vorherigen Eichenmischwald. Der Anteil der Hainbuche (0,5–2,7 %) bleibt in dieser Höhenlage erwartungsgemäß gering.

Als Glied der Vegetation des Moores oder des Moorrandes ist die Erle (42,5–68,2 %) noch immer dominierend vertreten. Auch der Anstieg der Nichtbaumpollen (12,0–68,5 %) geht auf die Moorvegetation zurück. Gräser (Poaceae = Gramineae) und Sauergräser (Cyperaceae) sind am Aufbau der Torfmuttersubstanz beteiligt und damit lokal überrepräsentiert. Eine Auflockerung der Bewaldungsdichte zeigt dieser Anstieg der Nichtbaumpollen jedoch nicht an.

Zone XII a + b (60–0 cm): Subatlantikum oder Nachwärmezeit, jüngerer Teil, Zeit der anthropogen beeinflussten Wälder sowie Zeit der Nadelwaldforsten, ab 750/1000 n. Chr.

Dieser jüngste Vegetationsabschnitt ist nicht durch klimatische Veränderungen bedingt, sondern durch Rodungen und Siedlungstätigkeit des Menschen. Im Pollendiagramm des Rohrbruchs treten solche Aktivitäten nur schwach hervor. Die Waldzusammensetzung erfährt in der näheren Umgebung des Moores jedenfalls keine sichtbare Veränderung. Als Grenze dient daher das erste Auftreten der Kornblume (*Centaurea cyanus*) und des Roggens, dessen Anbau mit Beginn des Mittelalters intensiviert wurde. Gleichzeitig steigen auch die Anteile lichtliebender Hölzer wie *Pinus* und *Corylus* als Folge anthropogener Einflußnahme leicht an. Offenbar wird auch die Linde gefördert, denn ihre Pollenkurve ist ab 80 cm wieder geschlossen. Möglicherweise liegt bereits hier die Grenze zwischen den Zonen XI und XII. Ab 15 cm beginnt die Unterzone XII b; sie ist durch den Anstieg der Fichte (*Picea*) gekennzeichnet (bis 7,1 %), die frühestens gegen Ende des 18. Jahrhunderts einsetzt. Dies geschieht offenbar auf bisherigen Buchen- und Eichenstandorten. Die Erle bleibt dagegen nahezu unbehelligt. Unter den Nichtbaumpollen zeigen sich – sieht man von der lokalen Vegetation ab – kaum Veränderungen. Die Kulturintensität bleibt gering. In der engeren Umgebung der Profilentnahmestelle war das Moor baumfrei. Die Vegetation besaß Übergangsmoorcharakter, wie aus der anstehenden Torfart zu erkennen ist.

Es wurden noch aus vier weiteren Niedermooren Torfprofile untersucht. An den Entnahmestellen setzte das Torfwachstum mit der Bildung eines Bruchtorfs im Verlauf der Zone XI oder spätestens an der Zonenwende XI/XII ein. Waldgeschichtlich zeigten sich keine Abweichungen gegenüber den beiden vorhergehenden Mooren. Das gilt auch hinsichtlich der Kulturanzeiger. Nur die lokale Moorvegetation variierte standortbedingt. So weist das nur 40 cm mächtige Torfprofil des Schmalenausbruchs (R 45 870, H 97 300, + 480 m NN), der zwischen dem Moor am Großen Berg und dem Rohrbruch liegt, eine starke lokale Überrepräsentation der Erle aus. Sie dominiert unter den Baumpollen mit mehr als 80 %. Nur bei 25 cm hat ihr Pollen mit 65 % einen Tiefpunkt, dem ein Birkengipfel von 21 % entspricht. Bei 10 cm sind Rodungsmaßnahmen für den späteren Fichtenforst zu erkennen. Die Erle fällt auf 9 % ab. Der Anteil der Nichtbaumpollen beträgt plötzlich 277 %, davon 272 % als Gräser. Dann gipfelt die Birke mit 86 % kurzfristig, um ebenso rasch wieder auf 20 % abzufallen, während die Fichte allmählich auf 21 % ansteigt. Die im umgebenden Wald dominierende Buche erreicht dagegen nur einen pollenstatistischen Anteil von 15 %. Den gleichen Wert weisen auch die Nichtbaumpollen auf, wenn man von der Rodungsphase absieht. Die Kulturanzeiger verbleiben um 2 %. An dem Entnahmepunkt breitet sich heute eine Pfeifengraswiese mit Birken aus; in ca. 50 m Entfernung wachsen Fichten und Buchen.

Die drei übrigen Moore befinden sich im Südosten des Blattgebietes. Das Pollendiagramm aus dem Moor am Huxborn (R 51 340, H 96 680, + 500 m NN) stimmt bis auf unwesent-

liche Abweichungen nahezu vollständig mit dem aus dem Schmalenausbruch überein. Das trifft auch für den Tiefpunkt der Erlen- und den Gipfel der Birkenkurve bei 25 cm zu. Nur die Torfmächtigkeit ist mit 70 cm etwas größer. Die Torfbildung begann hier wie dort in einem farnreichen Erlenbruchwald. Nach dem vorübergehenden Abfall der *Alnus*-Werte wurden die Farne von einem gras- und sauergrasreichen Unterwuchs abgelöst.

Etwa 500 m nordwestlich liegt am Eversberger Weg ein Moor (R 50 880, H 96 840, + 490 m NN) mit einer Torfmächtigkeit von 75 cm an der Profilentnahmestelle. Wiederum beginnt die Torfbildung in einem farnreichen Erlenbruchwald. Doch bald verändert sich die Moorvegetation. Durch eine offensichtlich nachlassende Nährstoffzufuhr geht die Erle von 66,5 auf 23,3 % zurück. Entsprechend steigt die Birke von 2,5 über 26,7 auf schließlich 41,3 % an. Im Profil steht nun zwischen 50 – 20 cm ein torfmoosreicher (*Sphagnum*) Birken-(Erlen-)Bruchtorf an. Nach einem kurzfristigen Erlengipfel von 60,4 % und einem analogen Birkenabfall auf 6,3 % wurde der Standort gerodet und dann von der Birke mit über 90 % besetzt. Vorübergehend stieg auch der Anteil der Nichtbaumpollen, der sonst bei 10 % lag, bis auf 30 %. Im obersten Pollenspektrum hat dann die Erle wieder 28 % der Baumpollensumme auf Kosten der Birke erreicht. Ob diese durch wechselnde Nährstoffzufuhr bedingte Entwicklung zusätzlich durch menschliche Eingriffe in den Moorkörper gefördert oder ausgelöst worden ist, läßt sich nicht entscheiden.

Fast am Südrand des Blattgebietes, westlich des Schwarzen Weges, liegt ein kleines Moor in Südostexposition (R 51 420, H 96 380, + 490 m NN). Wie das unterste Pollenspektrum des nur 40 cm mächtigen Torfprofils zeigt, entwickelte sich aus einem Erlen-Eichen-Birkenwald infolge fortschreitender, sicher klimatisch bedingter Vernässung ein Erlen-Birkenbruchwald. Sein lokal überrepräsentierter Baumpollenniederschlag betrug für die Erle mehr als 50 und für die Birke um 30 %. Der Anteil der Nichtbaumpollen lag um 15 %. Die Kulturanzeiger waren wie in den anderen Mooren nur schwach vertreten. In den drei obersten Proben spiegelt sich dann die Aufforstung mit der Fichte wider. So fallen nach dem Roden Erle und Birke deutlich ab. Die Nichtbaumpollen, hauptsächlich Gräser, weiten kurzfristig ihren Anteil auf über 50 % aus. Sie werden dann durch den aufwachsenden Fichtenforst wieder zurückgedrängt, der unter den Baumpollen mit fast 30 % vertreten ist. In der Nähe der Profilentnahmestelle standen allerdings junge Erlen und einige Birken; in der Krautschicht war der Adlerfarn (*Pteridium*) verbreitet.

Außer auf den Mooren und in den bach- und flußbegleitenden Auenwäldern war die Buche (*Fagus silvatica*) der eindeutig vorherrschende Waldbaum und ist es auch heute noch, sofern nicht mit Nadelhölzern aufgeforstet worden ist. Es würde sich daher großflächig als potentielle natürliche Vegetation je nach Qualität des Standortes ein Artenarmer bis Artenreicher Hainsimsen-Buchenwald oder ein Perlgras-Buchenwald mit den möglichen Übergangsformen entwickeln. In den Berglandtälern wären ein Stieleichen-Hainbuchen-Auenwald sowie bach- und flußbegleitende Erlenwälder zu erwarten (s. Karte Vegetation 1 : 500 000 (1972) aus dem Deutschen Planungsatlas). Weitere Waldgesellschaften könnten sich kleinflächig entwickeln, doch würde ihre Beschreibung den Rahmen dieser Ausführungen überschreiten.

3.5.2.4. Künstliche Aufschüttung („y)

Zu den künstlichen Aufschüttungen rechnen im Blattgebiet die Deponien und Rekultivierungsflächen der Steine-und-Erden-Industrie (aufgelassene Ziegeleibetriebe bei Niederbergheim sowie zwischen Westendorf und Sichtgvor; Steinbrüche im Arnsberger Wald),

Gründungsplattformen für Industriebetriebe und Wohnsiedlungen (Industrieansiedlungen in der Möhneau bei Belecke; Marmorwerk Dassel bei Niederbergheim; Wohnbereiche bei Belecke und Sichtigvor), Halden ehemaliger Bergbaubetriebe (Grube David bei der Bilsteinhöhle), Müll- und Abraumdeponien (Deponie mit chemischen Abfällen südlich des Schwalbenhohlsiepens, ca. 700 m westsüdwestlich des Großen Berges; Müll- und Abraum in der Aue des Schorenbaches; kleinere Abraumhalden im gesamten Blattgebiet) und Verkehrsanlagen (Eisenbahn im Möhnetal; Straßendämme im gesamten Blattgebiet).

4. Gebirgsbau

4.1. Bauelemente

4.1.1. Schichtung und Faltung

Fast alle paläozoischen Gesteine des Blattgebietes sind gut geschichtet. Das trifft vor allem für die Flinz-Schichten, die Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe, die Abfolge Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk und die Oberen Arnsberger Schichten zu, bei denen infolge einer Wechsellagerung unterschiedlicher Ablagerungen (Sand, Schluff und Ton; Kalk und Ton) und durchgehender Bankung leicht die Schichtung ausgemacht werden kann. Schwieriger gestaltet sich das Erkennen von Schichtflächen bei den mächtigeren Tonsteinkomplexen der Adorf- und Nehden-Stufe, bei den Kulm-Tonschiefern und den Unteren Arnsberger Schichten, beim Massenkalk und allen stark verkieselten Gesteinen. Horizontweise angereicherte Fossilagen (Massenkalk), Einlagerung von Kalksteinbänken und Bänderung der Tonsteine (Schichten der Adorf- und Nehden-Stufe), Ausbildung von dünnen Schluff- und Sandsteinbänkchen (Untere Arnsberger Schichten) gestatten auch hier in vielen Fällen, die Schichtung einwandfrei festzulegen. Bei den gering beanspruchten Kreide-Sedimenten ist die Schichtung in der Regel gut erkennbar.

Die Schichtung ist wichtig für das Erkennen des Faltenbaus. Zu den Großfalten mit Spannweiten von mehreren Kilometern gehören im Blattgebiet Belecker Sattel, Warsteiner Sattel und Nuttlarer Hauptmulde. Zu den Spezialfalten mit Spannweiten von mehreren Zehner Metern bis hundert Meter rechnen beispielsweise Papenbret-Sattel und Orthagen-Mulde (vgl. Taf. 1 in der Anl.). Die häufigsten, im Blattgebiet beobachtbaren Faltenstrukturen sind selektive Kleinfalten, die mehr oder weniger zahlreich in den meisten Schichtenfolgen auftreten. Sie weisen Achsenabstände auf, die von einigen Metern bis in den mikroskopischen Bereich hineinreichen.

Die Gestalt der Falten ist sehr unterschiedlich und abhängig von Anzahl und Mächtigkeit der kompetenten (Grauwacken, Sandsteine, Lydite, Kalksteine) und inkompetenten Bänke (Tonsteine, tonige Schluffsteine).

Große, weitgespannte Biegefallen treten im Massenkalk sowie in mächtigeren Folgen der Cephalopodenkalksteine, Grauwacken und Sandsteine auf. Erstaunlich eng gefaltet ist der die Bilsteinfelsen aufbauende Massenkalk, wie man oberhalb des Eingangs zur Tropfsteinhöhle gut beobachten kann (vgl. RICHTER-BERNBURG 1953: Abb. 2; Taf. 4). Je dünnbankiger die mit Tonsteinen wechsellagernden, kompetenten Bänke sind, desto kleiner und spitzer sind die Falten, wie es die oberdevonischen Kramenzelkalksteine, Kalkknotentonsteine, die unterkarbonischen Kieselschiefer und oberkarbonischen Grauwacken und Sandsteine zeigen. Sowohl Spitz- als auch Rundfalten sind in den Oberen Arnsberger Schichten anzutreffen.

Die Falten sind nordwestvergent. Die Südostflügel der Sättel fallen mit 40–50°, örtlich auch noch steiler, ein; die Nordwestflügel sind demgegenüber steil nach Nordwesten oder

überkippt nach Südosten geneigt. Bei den Mulden liegen umgekehrte Verhältnisse vor. Das Streichen der Sattel- und Muldenlinien, das in etwa demjenigen der Achsen entspricht, schwankt zwischen 70 und 80°. Die Faltenachsen (B-Achsen) tauchen mit Werten zwischen 5 und 30° nach Südwesten oder Nordosten ab.

4.1.2. Schieferung

Kompetente und inkompetente Gesteine wurden geschiefert. Wo kompetente Bänke fehlen, wie in größeren Tonsteinkomplexen (z. B. bei den Styliolinen-Schichten und Kulm-Tonschiefern), ist die Schieferung ausschließlich Ausdruck der räumlichen Einengung. Bei den kompetenten Gesteinen treten Faltung und Schieferung meistens zusammen auf. In diesem Fall liegen die Schieferflächen den Achsenebenen der Falten parallel, sie fallen daher entgegen der Vergenz in die Richtung ein, von welcher die die Falten verursachenden Schubkräfte stammen. Entsprechend der vorherrschenden Nordwestvergenz sind die Schieferflächen fast ausnahmslos nach Südosten geneigt.

So gut wie alle Gesteine des Blattgebietes wurden von der Schieferung erfaßt, am stärksten die ältesten: Der Massenkalk ist erstaunlich engständig geschiefert und intern intensiv deformiert. Als Maßstab für den Grad der Zerschering können Fossilien benutzt werden. Stringocephalen wurden im Bereich von Faltenumbiegungen bis zum Zehnfachen ihrer ursprünglichen Größe auf insgesamt 50 cm Länge ausgezogen (RICHTER-BERNBURG 1953: 97–98, Taf. 5; MUCHOW 1965 a: 43–44, Abb. 3). Die lange Achse dieser zu kommaförmigen Gebilden ausgewalzten Fossilien verläuft parallel zur Schieferungsebene. Auch Korallen und Stromatoporen sind zerrissen, angelöst, verformt und schieferungsparallel eingeregelt.

Daß die Schieferung auch zur Gesteinslösung führen kann, konnte PLESSMANN (1966) an vielen Beispielen aus dem nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge zeigen. Im Massenkalk des Hirschberg – Warsteiner Raumes reicherte sich in den Schieferungsbahnen tonige Substanz an, die als Rückstand des gelösten Kalksteins aufzufassen ist. Bei längere Zeit der Verwitterung ausgesetzten Kalksteinklippen kennzeichnen dünne, meterlange, erhabene über den Kalkstein hervorragende Tonsteinleisten den Verlauf der Schieferflächen und täuschen eine Schichtung vor. Infolge der intensiven Schieferung und starken Klüftung ist die Schichtung im Massenkalk oftmals nicht zu erkennen.

Auch die oberdevonischen Kramenzelkalksteine sind geschiefert, allerdings weitständiger als der Massenkalk. Hier sind ebenfalls längs der Schieferflächen Tönhäutchen angereichert, die als Schnüre die angelösten, knollenartigen Kalksteinbänke durchsetzen (PLESSMANN 1966: 651–652, Abb. 1 C).

An der Straßenböschung nordwestlich des Parkplatzes Bilsteinhöhle (R 52 950, H 99 590) ist ein überkippter Sattel in Schichten der tieferen Nehden-Stufe erschlossen. Der flache Schenkel des Südflügels zeigt Schleppfaltung mit Scheitelverdickung in den Umbiegungen; im steilen Nordschenkel sind die Kalkknollen zu flachen Linsen ausgewalzt und schieferungsparallel eingeregelt (vgl. SCHMIDT & PLESSMANN 1961: 67, Aufschluß-Nr. 16).

Bei schluffigen Tonsteinen und tonigen Carbonatsteinen wird die Schieferung weitständiger und nimmt zudem beim Übertritt vom rein tonigen zum schluffig-sandigen und kalkigen Material eine steilere Position zur Schichtfläche ein (Brechung der Schieferung).

Das Streichen der Schieferung schwankt zwischen 60 und 110°. Das Einfallen ist generell nach Süden bis Südosten gerichtet. Der Fallwinkel ist auf den steileren Nordflügeln der Sättel im allgemeinen flacher als auf den Südflügeln.

Die Schnittkante von Schieferung und Schichtung (δ - Achse) verläuft mehr oder weniger parallel zur Faltenachse. Die δ - Achsen können deshalb zur Ermittlung der Lage der Faltenachsen herangezogen werden. Von den Sennhöfen zwischen Belecke und Mülheim zieht quer durch das Blattgebiet bis östlich Hirschberg eine Deltaachsendepression (vgl. Taf. 2 in der Anl.). Im Hirschberger Raum verläuft sie parallel zum Westrand des Querriegels der Kahlenbergsköpfe und markiert damit das nach Westsüdwesten gerichtete Abtauchen des Warsteiner Sattels.

4.1.3. Klüftung

Stets wiederkehrende Ablösungsflächen im Gestein, die Klüfte, sind im Blattgebiet besonders gut in Kalksteinen (Massenkalk, Cephalopodenkalk), Grauwacken, Sandsteinen, Kieselkalken und Kieselschiefern ausgebildet. Sie stehen in einem gesetzmäßigen Zusammenhang zum Beanspruchungsplan des Faltengebirges, bevorzugen daher bestimmte Richtungen.

Die häufigsten Klüfte sind die Querklüfte (Q-Klüfte oder ac-Klüfte). Sie verlaufen senkrecht zur Streichrichtung der Schichten und somit auch mehr oder weniger quer zum Streichen der Achsenflächen. Sie streichen $160 - 180^\circ$ und fallen entsprechend dem Achsen-tauchen steil ($60 - 90^\circ$) nach Osten als auch nach Westen ein. Zum Teil stehen sie saiger. Karsthohlformen wie Spalten und Höhlen sind im Bereich der Bilsteinhöhle vorzugsweise an die ac-Klüfte gebunden. Die Klüfte sind korrosiv zu offenen Spalten erweitert, anschließend mit Sedimenten gefüllt oder durch Kalksinter wieder geschlossen. Die Beziehung des Kluftnetzes zum Verlauf und zur Morphologie der Karsthöhlen haben MEIBURG et al. (1977) sowie EBHARDT & MEIBURG (1979) dargestellt.

Neben den Querklüften treten auch Längsklüfte (S-Klüfte oder bc-Klüfte) auf, welche mehr oder weniger parallel zur Richtung der Faltenachse angeordnet sind. Schließlich sind noch Diagonalklüfte (D-Klüfte) zu nennen, die als Scherkluftpaar schiefwinklig zur Schichtung und den Faltenachsen orientiert sind.

4.1.4. Störungen

Auch bei den Störungen kann man wie bei den Klüften zwischen Quer-, Diagonal- und streichenden Störungen unterscheiden. Bei der Kartierung konnten Störungen vor allem dort gut gefaßt werden, wo Gesteine unterschiedlicher petrographischer Zusammensetzung und stratigraphischen Alters gegeneinander versetzt sind (Belecker und Warsteiner Sattel). Im Bereich der Arnsberger Schichten entzogen sich die Störungen weitgehend dem Nachweis, da zuverlässige Leitschichten fehlen, an denen der Verschiebungsbetrag gemessen werden könnte.

Der Verlauf der Querstörungen entspricht dem Streichen der Hauptkluftrichtung, also $160 - 180^\circ$. Es handelt sich in der Regel um Zerrsprünge, an denen die Schichten nicht nur vertikal, sondern auch horizontal gegeneinander versetzt werden. Die Querstörungen verlaufen nicht immer senkrecht zum Schichtenstreichen, sondern auch spitzwinklig dazu und leiten zu den Diagonalstörungen über.

Die streichenden Störungen sind mehr oder weniger parallel zum Schichtenstreichen ausgerichtet und können je nach dem Relativsinn der Bewegung als Ab- oder Aufschiebungen charakterisiert werden. Die Aufschiebungen stimmen im Fallen wie im Streichen meist mit der Faltenachsebene der Sättel überein. Zu solchen streichenden Störungen zählen

die Aufschiebung am Südrand des Warsteiner Sattels sowie kleinere Aufschiebungen, welche den Querriegel der Kahlenbergsköpfe zerstückeln.

Streichende Abschiebungen stellen Zerrungserscheinungen dar und treten vor allem dann auf, wenn in den Flanken einer Falte Dehnung stattfindet. Es wird vermutet, daß eine solche Abschiebung den Kernbereich des unter der Möhneau verborgenen Belecker Sattels durchzieht. Im Blattgebiet 4516 Warstein konnten im Belecker Sattel streichende Abschiebungen nachgewiesen werden.

4.2. Baueinheiten

Im paläozoischen Anteil des östlichen Blattbereiches können folgende größere tektonische Einheiten unterschieden werden:

- Belecker Sattel
- Möhne-Mulde
- Warsteiner Sattel
- Nuttlarer Hauptmulde

Diese Einheiten lassen sich im westlichen Blattbereich, welcher einheitlich aus den Oberen Arnsberger Schichten aufgebaut ist, nicht oder nur andeutungsweise wiederfinden.

4.2.1. Belecker Sattel

Der Kern des Belecker Sattels besteht aus Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe. Die nördliche Sattelflanke ist an einer ca. 200 m langen Gesteinswand zwischen dem Kaiser-Heinrich-Brunnen und den Tennisplätzen an der B 516 hervorragend aufgeschlossen. Die südliche Sattelflanke liegt unter den Schottern der Möhneau begraben.

Die das Oberdevon überlagernden unterkarbonischen Gesteine bilden einen weitgespannten Sattel, in dessen Kern die oberdevonischen Gesteine mit zum Teil starker Verfaltung und mit diskordant abgeschnittenen Faltenköpfen auftreten. Schon SCHMIDT (1922: 310–312, Abb. 3) erkannte diese „Culmdiskordanz“, da er wie auch schon DENCKMANN (1894) beim Kaiser-Heinrich-Brunnen steil aufgerichtete Kalksteine der Adorf-Stufe mit Manticoceraten entdeckte, welche von Liegenden Alaunschiefern überdeckt werden. Untersuchungen im östlichen Provinzialsteinbruch Drewer im Blattgebiet 4516 Warstein ergaben, daß die Achsen der oberdevonischen Falten zwischen 20 und 140° pendeln, während die der unterkarbonischen Sättel und Mulden nur wenig streuen (70–90°). SCHMIDT (1922) leitete hieraus ebenso wie spätere Bearbeiter eine vorkarbonische Faltung (marsische Phase der bretonischen Faltung an der Wende Devon/Karbon) ab. Heute erklärt man die Falten als intraformationale, synd sedimentär angelegte Rutschfalten. Eine Diskussion aller früheren Deutungen befindet sich bei CLAUSEN & KORN & UFFENORDE (1979: 61–64).

Der Belecker Sattel taucht bei den Sennhöfen mit etwa 10° nach Westen unter die Möhneau ab.

4.2.2. Möhne-Mulde

Die Möhne-Mulde trennt den Belecker vom Warsteiner Sattel. Die Muldenfüllung besteht aus Oberen Arnsberger Schichten mit zum Teil intensiver Spezialfaltung, wie tektonische Aufnahmen in der neuen Belecker Siedlung am Sellerberg ergaben.

Die genaue Festlegung der Hauptmuldenachse ist wegen Aufschlußmangels schwierig, jedoch dürfte die Möhne-Mulde in südwest – nordöstlicher Erstreckung wenigstens bis zur großen Deltaachsendepression reichen, welche den Belecker Stadtwald quert. Westlich dieser Depression sind die südlich Sichtigvor an den Uferhängen der Wanne erschlossenen Schichten so sehr spezialgefaltet (vgl. Taf. 2 in der Anl.), daß sich die Lage der Hauptmuldenachse nicht mehr bestimmen ließ.

4.2.3. Warsteiner Sattel

Im Blattgebiet Hirschberg taucht der Westabschnitt des Warsteiner Sattels in westlicher Richtung fortlaufend unter jüngere Schichten ab, bis zwischen Lottmannsharbach und Hettmecke der Sattel endgültig unter den Ton- und Sandsteinen der Oberen Arnsberger Schichten verschwindet.

Die das Warsteiner Hügelland zwischen Papenhölzchen und Bilsteinhöhle aufbauenden oberdevonischen Schichten bilden eine stark spezialgefaltete, in Kleinmulden und Kleinsättel gliederbare Antikline. Selbst der Massenkalk an der Bilsteinhöhle wurde in Falten gelegt (vgl. Kap. 4.1.1.). Die Schichten sind an mehreren Quer- und Diagonalstörungen gegeneinander versetzt. Auch die Südrandaufschiebung, an welcher zwischen Dimbruch und der Platte (GK 25: 4516 Warstein), unter Ausfall der Kulm-Tonschiefer und der Unteren Arnsberger Schichten, Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe sowie Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk gegen Obere Arnsberger Schichten stoßen, wird durch querverlaufende Störungsgäste zerstückelt. Die tektonische Unterdrückung der Schichten nimmt in Richtung auf Hirschberg ab, bis sich schließlich westlich des Dindelweges eine normale lückenlose Schichtenabfolge einstellt.

Der durch Querstörungen in Einzelschollen zerlegte Massenkalk ist auf sein nördliches Vorland aufgeschoben (Taf. 2: Schnitt C – D). Wie stark die tektonische Beanspruchung der an den Massenkalk angrenzenden oberdevonischen Schichten ist, zeigen die Grubenaufnahmen der Grube David (s. Abb. 10, S. 86). Die dem Massenkalk auflagernden Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe zeigen am alten Schießstand an der Bilsteinhöhle ähnliche, vom Unterkarbon diskordant abgeschnittene Faltenköpfe wie am Kaiser-Heinrich-Brunnen (vgl. CLAUSEN & KORN & UFFENORDE 1979).

An der Bilstein-Störung sinkt der Massenkalk zur Tiefe ab. Wie weit er sich weiter nach Westen auf Hirschberg zu erstreckt, ist unbekannt, doch dürfte anzunehmen sein, daß der heutige Massenkalk-Ausstrich in etwa den ehemaligen Riffumfang widerspiegelt.

Das umlaufende Streichen des Warsteiner Sattels kommt durch den aus Kieselschiefern aufgebauten, morphologisch herauspräparierten und Nord – Süd verlaufenden Querriegel der Kahlenbergsköpfe gut zur Geltung. Dieser Bereich ist in mehrere Einzelfalten aufgelöst, welche vorzugsweise an West – Ost, sonst Nordwest – Südost gerichteten, quer bis spitzwinklig die Abfolgen durchschneidenden Störungen verschoben und zum Teil unterdrückt sind. Die Deltaachsen fallen entsprechend dem generellen Achsenabtauchen mit 9 – 12° nach Westen bis Südwesten ein (s. Abb. 7). Der Härtlingszug der Kahlenbergsköpfe grenzt an die auf Seite 70 genannte Deltaachsendepression an. Die in den Kulm-Tonschiefern der Hirschberger Blöße gemessenen Achsen fallen entgegengesetzt, nach Nordosten, ein.

Die Anhöhe, auf welcher die Ortschaft Hirschberg liegt, besteht vorwiegend aus Oberen Arnsberger Schichten und stellt geologisch eine Mulde dar (Reliefumkehr), welche nach Osten nicht normal aushebt, sondern an einer quer die Schichten durchsetzenden Störung,

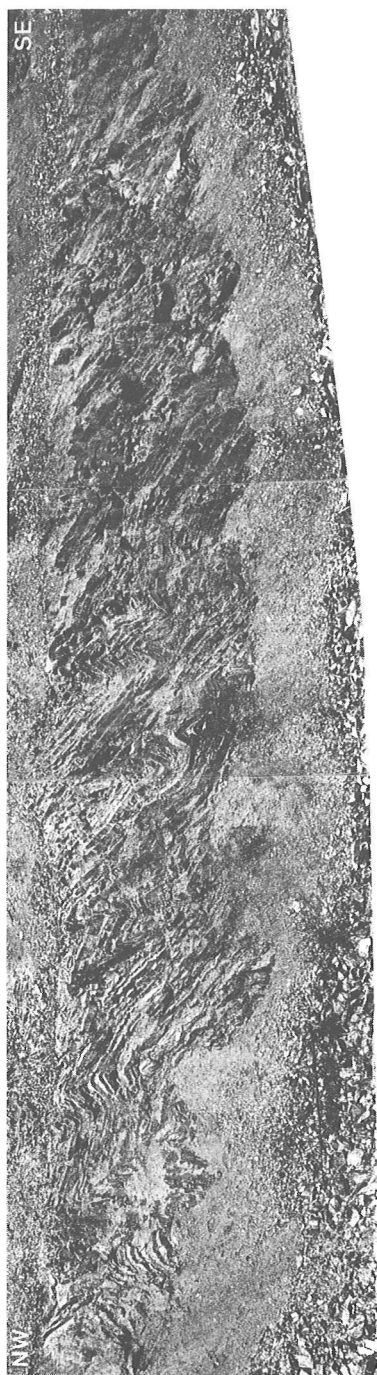


Abb. 7 Wechsellagerung von stark spezialgefalteten Lyditen, Kiesel- und Alaunschiefern. Die Faltenachsen tauchen mit bis zu 12° , in Einzelfällen bis zu 30° nach Südwesten ein. Einige Kleinsattel sind in ihrem Scheitelpunkt aufgerissen und zerschert. Der Aufschluß ist ca. 30 m lang und durchschnittlich 3 m hoch. (Steinbruch 300 m westlich des Kahlenbergskopfes 485,7 m; R 51 690, H 99 610)

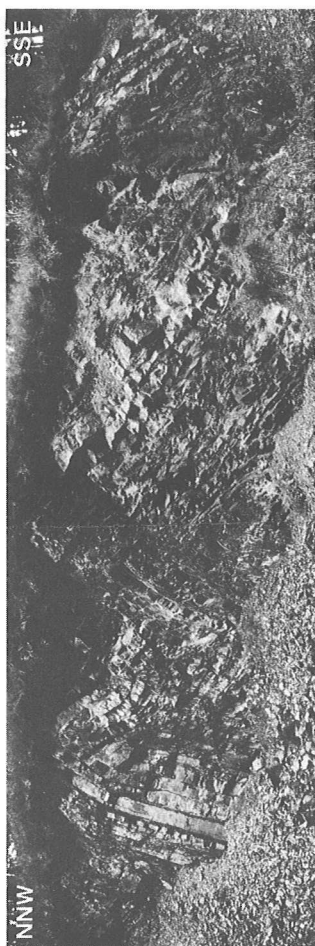


Abb. 8 Spezialgefaltete Abfolge aus Sand-, Schluff- und Tonsteinen der Oberen Arnsberger Schichten. Die Faltenachsen tauchen mit $3-5^\circ$ nach Südwesten ein. (ca. 25 m langer und bis zu 6 m hoher Hanganschnitt an einem Forstweg ca. 1 000 m westsüdwestlich Forsthaus Lattenberg, Südwestflanke des Kuhnberges; R 42 550, H 97 150)

der Hirschberger Störung, an Kulm-Tonschiefer angrenzt. Die Mulde ist in sich spezialgefaltet, wie ein vom Ortsteil In der Bache bis zur Hirschberger Kirche sich erstreckender Sattel aus Unteren Arnsberger Schichten deutlich ergibt.

Ebenso wie an der Bilstein-Störung ist an der Hirschberger Störung die Südwestscholle relativ abgesunken. Die meisten Querstörungen haben jedoch antithetischen Charakter und wirken einem schnellen Untertauchen des Warsteiner Sattels durch Hochschleppen stratigraphisch älterer Schichten entgegen. Infolgedessen erstreckt sich das Westende des Warsteiner Sattels über die Mitte des Blattgebietes hinaus. Ein Abbruch des Warsteiner Sattels auf kürzestem Raum, wie es SCHMIDT (1922: Taf. 12) darstellte, erfolgt nicht.

Westlich Hirschberg vollzieht sich an mehreren Nord – Süd aufgereihten Einzelfalten der Übergang der Unteren in die Oberen Arnsberger Schichten. Wegen der weitgehend übereinstimmenden Lithologie der beiden Schichtenfolgen und der sehr schlechten Aufschlußverhältnisse konnten hier jedoch nicht wie im Bereich der Kahlenbergsköpfe einige die Faltenformen überprägende und verändernde Störungen ausgeschieden werden.

Am Nordflügel des Warsteiner Sattels leiten Orthagen-Mulde und Papenbret-Sattel (vgl. Taf. 2 in der Anl.) zur Möhne-Mulde über.

4.2.4. Nuttларer Hauptmulde

Südlich der Südrandaufschiebung des Warsteiner Sattels treten Obere Arnsberger Schichten auf, welche fast ausschließlich Südostfallen aufweisen und damit dem Nordflügel der Nuttларer Hauptmulde angehören. Spezialfaltung tritt nur gelegentlich auf (vgl. Taf. 2).

4.2.5. Westlicher Blattbereich

Der westliche Blattbereich enthält, abgesehen von der Kreide-Decke am Nordrand, ausschließlich Obere Arnsberger Schichten. RICHTER (1940) schied im Südwestquadranten zwischen Battenberg und Steinberg einen kleinen, nach seiner Ansicht aus Kulm-Tonschiefern bestehenden Sattel aus. Er war der Annahme, daß dort die westliche Fortsetzung des Warsteiner Sattels vorläge. Die fraglichen Kulm-Tonschiefer stellen jedoch eine Schwarzschiefeinlagerung in Oberen Arnsberger Schichten dar.

Spezialfaltung ist häufiger (vgl. Abb. 8). Sättel von nur wenigen Metern Spannweite halten über weite Strecken durch. So läßt sich der Lattenberg-Sattel über eine Länge von fast 3 km verfolgen (vgl. Taf. 2 in der Anl.). Die Nordschenkel der Sättel stehen oft ziemlich steil oder sind überkippt, während die Südschenkel flacher nach Südosten einfallen.

Im Schmalenauer Antiklinorium spiegelt sich die Fortsetzung des Warsteiner Sattels nach Westen wider (vgl. Taf. 2). Das Antiklinorium besitzt mit 80 – 90° noch die gleiche Streichrichtung wie der Warsteiner Sattel. Eine Verknüpfung mit dem im Blattgebiet 4514 Möhnesee unter Arnsberger Schichten abtauchenden, 60 – 70° streichenden Remscheid – Altenaer Sattel ist nicht möglich. Der aufschlußleere östliche Anteil des Blattgebietes 4514 Möhnesee liefert zur Fortsetzung der letztgenannten Großstruktur keine Daten. Eine Verbindung beider Sättel ist wegen ihrer unterschiedlichen Streichrichtung wenig wahrscheinlich.

Das überwiegend nach Südosten gerichtete Einfallen der Oberen Arnsberger Schichten südlich des Lattenberg-Sattels (vgl. Taf. 2) weist auf den Nordflügel der Lüdenscheider Mulde hin. Das Muldentiefste befindet sich im Blattgebiet 4615 Meschede. Die Lüdenscheider Mulde wird in östlicher Richtung durch die Nuttларer Hauptmulde ersetzt.

Der breite Bereich flach nach Süden bis Südosten fallender oberkarbonischer Schichten beiderseits der Möhne zwischen Völlinghausen und Sichtigvor (vgl. Taf. 2) entspricht dem Nordflügel der Mendener Mulde. Die Mendener Mulde ist im Bereich der Kartenblätter 4513 Neheim-Hüsten und 4514 Möhnesee dem Remscheid – Altenaer Sattel nördlich vorgelagert und streicht in das Blattgebiet 4515 Hirschberg hinüber. Zwischen Allagen und Sichtigvor verliert sich die Spur dieser Mulde; östlich der Deltaachsendepression schließt sich die Möhne-Mulde an (vgl. Kap. 4.2.2.).

4.2.6. Kreide-Decke

Die Kreide-Schichten am Nordrand des Blattgebietes 4515 Hirschberg sind ungestört und fallen mit 2–3° nach Norden bis Nordwesten ein. Örtlich zeigen die Schichten ein etwas steileres Einfallen, so im ehemaligen Eisenbahneinschnitt am Berghof bei Wamel, wo Werte bis 15° gemessen wurden. Dieser Versteilung des Schichtenfallens dürften jedoch weniger tektonische Ursachen als vielmehr synsedimentär wirksame Reliefunterschiede zugrunde liegen. Wegen der allgemein flachen Lagerung verlaufen die einzelnen Kreide-Stufen annähernd den Höhenlinien parallel. Die Basis der Kreide-Ablagerungen liegt zwischen + 250 m NN im Westen und ca. + 300 m NN im Osten.

4.3. Baugeschichte

Während der vororogenen Dehnungstektonik (KREBS 1968), die sich durch auf Zerrungen beruhende Vertikalbewegungen äußerte, bildeten sich auf der Warsteiner Carbonatplattform und im näheren Umland synsedimentär wirksame Brüche und Spalten aus. Als zusätzliche Ursachen dieser Verstellungen kommen unterschiedliche Setzungen, Rutschungen und Erdbebenwellen hinzu. Für die Carbonatplattform entwarfen KREBS & WACHENDORF (1979) das Modell einer nach Nordwesten geneigten Scholle („Warsteiner Kippscholle“), die von synsedimentären Brüchen gesäumt wird.

Während der orogenen Einengungstektonik im Oberkarbon (asturische Orogenese) wurden die Sedimente zu Großsätteln und Großmulden gefaltet, wobei gleichzeitig schon Q-, zum Teil auch S- und D-Klüfte angelegt wurden. Bei zunehmender Einengung bildeten sich Spezialfalten sowie die Schieferung, welche parallel zu den Faltenachsebenen verläuft.

Bei anhaltender Beanspruchung rissen im gefalteten Gebirge Auf- und Überschiebungen auf. Faltenbau und streichende Störungen stehen in enger Beziehung zueinander. Die synsedimentär angelegte Abschiebung am Südrand der Warsteiner Kippscholle wurde während der asturischen Orogenese zu einer Aufschiebung umgestaltet. Eine solche Aufschiebung fügt sich gut in den tektonischen Bau des südlichen Massenkalk-Zuges am Bilsteinfelsen ein (Zerlegung der Kalksteine in mehrere nordvergente Schuppen).

Nach RICHTER-BERNBURG (1953: 98) sollte die interne Deformation des Massenkalks auf bretonische Beanspruchungen zurückzuführen, der heutige Großbau hingegen der asturischen Hauptfaltung zu verdanken sein. Schon MUCHOW (1965a: 43) wies aber darauf hin, daß Falten, Schieferung und Störungen bis in den Internbereich hinein als Ergebnis eines einheitlichen Beanspruchungsplanes aufzufassen sind.

Die streichenden Abschiebungen sind im Anschluß an die Faltung durch nachfolgende Hebungen entstanden. Dabei wurden vornehmlich die Südfanken der Sättel betroffen, während die Nordflanken weitgehend unverändert blieben. Die jüngsten Bruchelemente

sind die Quer- und Diagonalstörungen, da sie die streichenden Auf- und Abschiebungen versetzen.

4.4. Inkohlungsverhältnisse (M. WOLF)

Inkohlungsuntersuchungen sind geeignet, Auskünfte über die geologisch-tektonische Geschichte eines bestimmten Gebietes zu geben, weil die in den Sedimenten enthaltenen organischen Reste im Laufe der Erdgeschichte genauso verändert werden wie die Gesteine selbst. Der einmal erreichte Inkohlungsgrad pflanzlicher Reste ist von der Stärke und der Dauer der Erhitzung abhängig, dem dieses Material während der Erdgeschichte ausgesetzt war. Normalerweise nimmt die Temperatur und damit der Inkohlungsgrad mit der Tiefe zu. Deshalb haben die organischen Bestandteile älterer und damit tiefer gelegener Schichten in der Regel einen höheren Inkohlungsgrad als die darüber abgelagerten jüngeren Sedimente erreicht. Diese Gesetzmäßigkeit kann durch aufsteigende Magmen, die die Gesteine ihrer Umgebung aufheizen, gestört werden. Durch die zusätzliche Wärme werden dann die ursprünglichen, nur durch Paläogeographie und Tektonik gesteuerten Inkohlungsverhältnisse überprägt. Die Inkohlung steigt weiter an, sofern die Temperaturen hoch genug sind. Da ein einmal erreichter Inkohlungsgrad nicht wieder rückgängig gemacht werden kann, weil die chemischen Prozesse irreversibel sind, erlauben Inkohlungsdaten Rückschlüsse auf das geologische Geschehen in der Vergangenheit (ausführliche Beschreibung über Ursachen und Ablauf der Inkohlung siehe STACH et al. 1982).

Der Inkohlungsgrad kleiner, in Sedimenten enthaltener Kohleflitter wird durch mikroskopische Untersuchungen bestimmt. In angeschliffenen und polierten Gesteinsstücken werden die kohligen Partikel aufgesucht und ihr Reflexionsvermögen im auffallenden Licht gemessen. Je stärker die diagenetischen Veränderungen im Gestein sind, je höher also der Inkohlungsgrad der kohligen Gesteinsbestandteile ist, desto größer ist ihr Reflexionsvermögen.

Im Bereich des Blattes 4515 Hirschberg schwanken die gemessenen Reflexionswerte zwischen 3,3 und 6 % R_{max} (s. Tab. 5). Das kohlige Material hat damit das Anthrazit- und Meta-Anthrazitstadium erreicht, in dem die organischen Reste zu mehr als 95 % aus Kohlenstoff bestehen.

Die Inkohlungswerte verteilen sich sehr ungleichmäßig über das Blattgebiet, und die Linien gleicher Inkohlung (= Isoapostilben) folgen nicht dem Generalstreichen der Sättel und Mulden (Abb. 9). Besonders auffällig zeigt sich dieses eigenartige Inkohlungsverhalten in der 5-%-Linie, die im Ostteil des Blattgebietes in gewellter Linie von Norden nach Süden verläuft.

Diese von der tektonischen Struktur des Gebietes unabhängige Inkohlung der Sedimente muß auf posttektonische Einflüsse zurückgeführt werden. Als Erklärung bieten sich im tiefen Untergrund steckengebliebene Magmen an, die die Sedimente in ihrem Dach aufheizt und die Inkohlung vorangetrieben haben. Eine derartige Vermutung liegt nahe, da ca. 15 km nördlich des Blattgebietes die Bohrung Soest – Erwitte 1/1a (TK 25: 4415 Anröchte) eine extrem starke Inkohlung der paläozoischen Sedimente zeigt (WOLF 1972, M. TEICHMÜLLER & R. TEICHMÜLLER 1982), die sich mit der magnetischen Anomalie von Soest (BOSUM & KIND 1972) in Verbindung bringen läßt. Die magnetische Anomalie wird durch Magnetkiesanreicherungen in schwarzen, geschieferten Tonsteinen paläozoischen Alters hervorgeru-

Tabelle 5
Ergebnisse der Reflexionsmessungen

Fundpunkt	Stratigraphie	Zahl der Messungen (n)	Standard- abweichung (s)	\bar{R}_{\max} %
R 46 480, H 96 490	Obere Arnsberger Schichten	10	0,21	4,25
R 52 270, H 05 990	Obere Arnsberger Schichten	9	0,38	5,46
R 48 470, H 05 090	Obere Arnsberger Schichten	16	0,53	5,02
R 50 770, H 04 610	Obere Arnsberger Schichten	6	0,27	4,75
R 48 370, H 03 710	Obere Arnsberger Schichten	4	—	4,62
R 50 770, H 02 690	Obere Arnsberger Schichten	9	0,44	5,39
R 48 900, H 98 170	Obere Arnsberger Schichten	14	0,44	5,60
R 49 980, H 96 930	Obere Arnsberger Schichten	4	—	4,95
R 51 920, H 97 190	Obere Arnsberger Schichten	12	0,51	6,07
R 46 120, H 05 530	Obere Arnsberger Schichten	14	0,30	3,39
R 44 700, H 04 440	Obere Arnsberger Schichten	21	0,36	4,53
R 42 100, H 02 330	Obere Arnsberger Schichten	18	0,19	4,07
R 44 090, H 02 640	Obere Arnsberger Schichten	8	0,18	4,99
R 46 460, H 02 220	Obere Arnsberger Schichten	5	0,59	4,76
R 42 290, H 00 120	Obere Arnsberger Schichten	18	0,33	5,11
R 46 920, H 99 680	Obere Arnsberger Schichten	10	0,35	4,81
R 44 060, H 99 260	Obere Arnsberger Schichten	15	0,28	4,46
R 44 960, H 98 400	Obere Arnsberger Schichten	50	0,24	4,68
R 42 800, H 96 800	Obere Arnsberger Schichten	10	0,35	4,04
R 44 490, H 97 200	Obere Arnsberger Schichten	21	0,28	4,49
R 53 110, H 06 630	Kulm-Tonschiefer	6	0,34	5,44
R 53 010, H 03 560	Kulm-Tonschiefer	3	—	5,32
R 50 710, H 00 670	Kulm-Tonschiefer	3	—	4,58
R 48 050, H 00 660	Kulm-Tonschiefer	3	—	4,60
R 51 900, H 99 310	Kiesel- und Alaunschiefer	26	0,37	5,66

fen, wie schon von BOSUM & KIND (1972) vermutet worden war. Das Besondere an dieser Vererzung ist eine richtungslos-körnige Struktur, die auf Rekristallisation durch Temperatureinfluß nach Abschluß von Faltung und Schieferung zurückzuführen ist (STADLER 1974). Dadurch ist eine eindeutige Beziehung zwischen starker Inkohlung und posttektonischem Wärmeeufstieg aus Magmen jüngeren Alters hergestellt (CLAUSEN & JÖDICKE & R. TEICHMÜLLER 1982). Es ist nun zu vermuten, daß eine Aufheizung der Sedimente bis in den Bereich des Warsteiner Sattels erfolgte, mit der die abnormen Inkohlungsverhältnisse im Blattgebiet Hirschberg in Verbindung gebracht werden können. Eine gewisse Bestätigung dieser Auffassung ist in dem Vorkommen von CO₂-haltiger Sole in Bad Belecke (TK 25: 4516 Warstein) zu sehen, das von FRICKE (1967) mit der Thermalquelle von Westernkotten in Verbindung gebracht wird, einer Solequelle, die im Bereich der magnetischen Anomalie von Soest auftritt.

Es gibt also genügend Hinweise, die für eine relativ junge Aufheizung des Gebietes sprechen. Wenn durch geophysikalische Messungen bisher der Magmenkörper nicht direkt nachgewiesen werden konnte, so liegt das vermutlich an seiner großen Tiefe, in der er vorkommt.

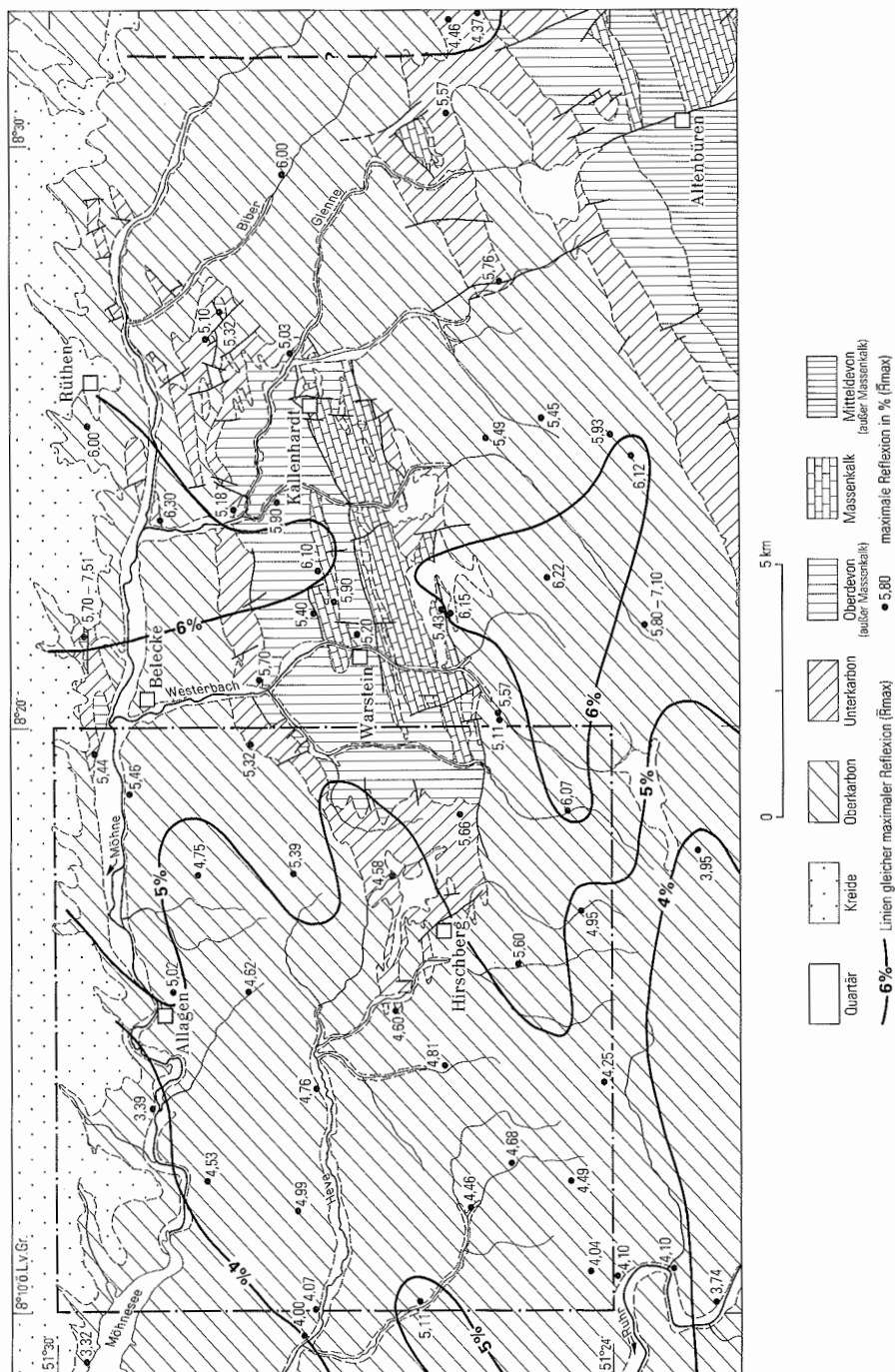


Abb. 9 Inkohlungsverhältnisse im Bereich des Warsteiner Sattels

5. Erd- und Landschaftsgeschichte

5.1. Fazies und Paläogeographie

Im oberen Mitteldevon entwickelte sich im Blattgebiet das Warsteiner Riff, bei dem sich nach und nach mehrere hundert Meter biostromaler Riffkalksteine (gut geschichtete, lateral sich ausdehnende Plattformkalksteine in Schwelm-Fazies) auf einem sich morphologisch gegenüber seiner weiteren Umgebung als Hochgebiet abhebenden Teil der Schelfplattform aufbauten. Das Hochgebiet besaß eine isolierte und gegenüber festländischen Einflüssen (Zufuhr von Schluff, Sand und Schutt) abgeschirmte Lage, so daß es von den Schelfsedimenten umflossen werden konnte.

An der Wende Mittel-/Oberdevon wurde nach KREBS & WACHENDORF (1979: 36) die von synsedimentären Brüchen gerahmte Carbonatplattform an einem mobilen Scharnier gekippt. Die Drehachse verlief etwa in west – östlicher Richtung. Die Plattform wurde dabei in ihrem südlichen Abschnitt am stärksten herausgehoben, in ihrem nördlichen Abschnitt am stärksten abgesenkt. Auf der so entstandenen „Warsteiner Kippscholle“ korrespondierten Absenkung und Riffaufwuchs nicht mehr. Das Riffwachstum kam schon im oberen Mitteldevon zum Erliegen. Nur entlang des Südrandes, auf dem bathymetrisch höchsten Teil der Scholle, setzte sich der Riffaufwuchs mit einem kleinen Bioherm (Dorp-Fazies) bis in die obere Adorf-Stufe fort. Dieses Riff entwickelte sich während der Adorf-Stufe zu einer langgestreckten, untermeerischen Schwelle.

Die Sedimentationsgeschichte verlief von jetzt an auf der Carbonatplattform unterschiedlich. Der nördliche Abschnitt der Kippscholle wurde im Oberdevon von kontinuierlich abgelagerten Beckensedimenten größeren Umfanges überlagert, während im südlichen Teil geringmächtige, zum Teil auch diskontinuierliche, größere Lücken aufweisende Schwellensedimentation vorherrschte. An der Bilstein-Störung, dem westlichen synsedimentären Bruchrand der Warsteiner Carbonatplattform, grenzen Riffkalksteine (Schwellenfazies) gegen altersgleiche Bändertonsteine, Schluffsteine, Mergelsteine und Kramenzelkalksteine (Beckenfazies). Ein kleineres Bioherm, das Belecker Riff, wuchs nördlich der Warsteiner Carbonatplattform isoliert empor und entwickelte sich unabhängig hiervon.

Auf die gesamte Nordflanke des abgesunkenen und abgestorbenen Warsteiner Riffs griff während des hohen Mitteldevons und tiefen Oberdevons die Flinz-Fazies über. Die Flinzkalkbänke sind aus dem Riffdetritus (Crinoidenschutt, Korallen- und Stromatoporenreste) aufgebaut, welcher durch vom Riff herleitbare Schuttströme eingeschüttet wurde und sich mit bituminösen Tonschlämmen vermischte. Da sich auch schon während des Korallenaufwuchses größere Nischen derartigen Schlammes bildeten, sind die Flinz-Schichten ein Faziesäquivalent des Massenkalks, größtenteils jedoch jüngeren Alters.

Die Flinz-Fazies wird von der Fazies der Styliolinen-Schichten abgelöst. Die Häufigkeit der Kalkschutt anliefernden Suspensionsströme nahm wegen des Absterbens der Carbonat produzierenden Organismen ab, gleichfalls gingen Bitumenanteil und damit die schwarze Farbe der Tonschlämme zurück. Der Meeresboden war nun besser durchlüftet. Aus wäh-

rend der höheren Adorf-Stufe abgelagerten Ton-, Schluff- und Kalkschlämmen gingen gebänderte, kalkhaltige Ton- und Schluffsteine sowie Mergel- und Kalksteine hervor. Eine Zufuhr von Riffschutt ist nicht mehr nachzuweisen, obgleich zu dieser Zeit das Bioherm am Südrand noch existierte. Flinz-Schichten, Styliolinen-Schichten und die Schichten der höheren Adorf-Stufe sind, bezogen auf dieses Bioherm, als ein fazielles Äquivalent des Massenkalks aufzufassen.

Die tiefere Nehden-Stufe ist zunächst durch Beckenablagerungen (Bändertonsteine, Tonsteine mit Kalkknollen und dünnen Kalksteinbänken) gekennzeichnet. Ziemlich reine Kalkschlämme überkleideten die Abhänge der Carbonatplattform dort, wo – am Übergang von Becken zu Schwelle – die Beimengung von Ton- und Schluffschlamm abnahm. Mit der Entfernung von der Carbonatplattform wird die Verunreinigung der Kalkschlämme stärker, und verschiedene, die Kalksteine wiederholt über- und unterlagernde Ton- und Schluffsteine treten auf.

In der höheren Nehden-Stufe und in der Hemberg-Stufe nahm die Carbonatanlieferung wieder zu, das tonig-schluffige Material wurde stark zurückgedrängt. Es entstanden reine Kalksteine, tonig-schluffige Kalksteine und tonige Schluffsteine. Erst in der Dasberg- und Wocklum-Stufe nahmen Ton- und Schluffzufuhr wieder zu. Die bankigen Kalksteine der Hemberg-Stufe gehen in grobknollige Mergelkalksteine der Dasberg-Stufe über. Auf der untermeerischen Schwelle des Belecker Riffs reicherten sich bis zum tiefsten Unterkarbon einige Zehner Meter mächtige tonige und kalkige Gesteine an.

Die oberdevonischen Becken und Schwellen blieben bis zum tiefsten Unterkarbon faziesbestimmend. So sind noch die Hangenberg-Schichten, welche die Devon/Karbon-Grenze enthalten, im Blattgebiet 4516 Warstein teils durch Ton- und Schluffsteine, teils durch Cephalopodenkalksteine charakterisiert. Ab dem mittleren Unterkarbon verloren Belecker und Warsteiner Riff ihre Rolle als faziessteuerndes Hochgebiet und wurden in die Beckensedimentation des Kulms einbezogen. Der Meeresraum wurde erweitert und vertieft. Zunächst griffen feinklastische Ablagerungen einheitlich über das bisherige Paläorelief hinweg. Die bisher bestehenden, morphologischen Unterschiede wurden ausgeglichen. Schwelleneinfluß ist zu Beginn der Kulm-Transgression noch durch den an die oberdevonischen Schwellen fixierten Erdbacher Kalk, eine Crinoidenkalkstein-Fazies, erkennbar. Die Phosphoritknollen der Liegenden Alaunschiefer kennzeichnen die Vertiefung des Ablagerungsraumes. Auf ein Stillwassermilieu weisen Tonsteine, Alaunschiefer und extrem kiesel-säurereiche Gesteine wie Kieselschiefer, Lydite und Kieselkalke hin. Wiederholt auftretende Tuff- und Tuffitlagen verdeutlichen besonders im tieferen Unterkarbon eine lang anhaltende, vulkanische Tätigkeit.

Die mit einige hundert Meter mächtigen, unterkarbonischen Sedimenten eingedeckte Warsteiner Carbonatplattform wurde gegen Ende des Unterkarbons in den Südrand des Namur-Troges einbezogen. Zunächst noch fein-, dann grobklastische Sedimente wurden von Süden her fluviatil bis zum Trogrand, dann in Suspensionsströmen in den Trog hinein verfrachtet und griffen über die Plattform hinweg (WACHENDORF 1965). Eine 2 000 – 3 000 m mächtige Gesteinsabfolge sammelte sich während des Oberkarbons im Warsteiner Raum an. Mit den Oberen Arnsberger Schichten endet im Blattgebiet die Überlieferung paläozoischer Schichten.

Es folgte eine lange, das höhere Oberkarbon (Westfal bis Stefan), die Perm-, Trias-, Jura- und Unterkreide-Zeit umfassende Festlandsperiode. Mit Beginn der Oberkreide transgredierte mit einem Basalkonglomerat der Essener Grünsand über das eingerumpfte Paläo-

zoikum. Konglomeratische Relikte am Plackweg (am südlichen Rand des Blattgebietes) belegen, daß das Meer auf das gesamte Blattgebiet vorgriff. Nach HISS (1981) deuten die während des Cenomans gebildeten Sedimente auf eine allmähliche Entwicklung von küstennahen zu küstenferneren Flachwasserverhältnissen mit maximal etwa 40 m Wassertiefe hin. Der Essener Grünsand läßt sich als stark terrigen beeinflusste, küstennahe Flachwasserfazies charakterisieren. Die kontinuierliche Abnahme des Glaukonitgehaltes im glaukonitischen Kalkstein des Essener Grünsandes weist auf eine langsame Zunahme der Küstenentfernung hin. Das Verschwinden des Grünsandes östlich Völlinghausen und des glaukonitischen Kalksteins östlich Sichtigvor hängt vermutlich damit zusammen, daß die ehemalige Küstenlinie schräg zur heutigen Ausstrichkante verlief. Die Faziesdifferenzierung des Essener Grünsandes entlang seines Ausstriches spiegelt daher die Bathymetrie des einstigen Sedimentationsraumes wider. Eine Verbindung zwischen dem Essener Grünsand und dem Rühener Grünsand im Blattgebiet 4516 Warstein (CLAUSEN & LEUTERITZ 1984) besteht nicht.

Im Mittelcenoman nahm der terrigene Einfluß weiterhin ab, die Wassertiefe hingegen zu. Cenoman-Pläner und „Arme *rhodomagense*“-Schichten wurden in tieferem küstenfernen Flachwasser gebildet. Im höchsten Obercenoman, zur Zeit der Bildung der Kalkknollen-Dachbank, kam es nach HISS (1981: 200) infolge Verringerung der Wassertiefe zu einem Sedimentationsstillstand. Starke Strömungen verhinderten eine weitere Anreicherung von Kalkschlämmen, statt dessen kam es durch Sedimentationsunterbrechungen zu Schichtlücken. Vom Unterturon an vertiefte sich wieder der Ablagerungsraum. Es herrschten ruhige Sedimentationsverhältnisse in nur wenig bewegtem Wasser vor. Die *lamarcki*-Pläner des Mittelturons wurden ebenso wie die Cenoman-Pläner in tieferem, küstenfernen Flachwasser gebildet. Mit den *lamarcki*-Plänern brach im Blattgebiet 4515 Hirschberg die Überlieferungsgeschichte mariner Sedimente ab.

5.2. Landschaftsgeschichte

Die paläozoischen Schichten wurden während der asturischen Phase des Oberkarbons (Wende Westfal/Stefan) gefaltet und herausgehoben. Gleichzeitig begann die Abtragung, die während des Perms und im älteren Mesozoikum das Faltengebirge zu einem Rumpf erniedrigte. Über terrestrische Relikte aus dieser Zeit ist nichts bekannt. Hebung und Abtragung hielten Schritt, deshalb lag nur eine flache, reliefarme, nach Norden absinkende Geländeschwelle vor.

Es hat längere Zeit beansprucht, bis die den Massenkalk überlagernden, einige tausend Meter mächtigen Sedimente erodiert waren und die Carbonatplattform wieder zutage trat. Schon im Oberdevon gab es submarin entstandene und wieder verfüllte Spalten (CLAUSEN et al. 1978: 580 – 585). Es handelt sich hierbei nicht um Verkarstung, sondern um Spaltenbildung und Spaltenfüllung im marinen Bereich (CLAUSEN et al. 1982: 287). Erst im ausgehenden Paläozoikum und im Mesozoikum, vor allem mit Beginn der Unterkreide, trat die Verkarstung der Kalksteine in Kraft.

Die Genese der zahlreichen Warsteiner Höhlen (Bilsteinhöhle, Liethöhle, Hohler Stein, Eppenloch und viele andere; vgl. MEIBURG 1979 sowie MEIBURG & STOFFELS 1979) läßt sich sicherlich bis in die Kreide-Zeit zurückverfolgen. Die ersten Ansätze zu den Hohlraumbildungen sind möglicherweise noch viel älter.

Im Apt und älteren Alb wurden Hohlräume des Massenkalks mit terrestrischen Sedimenten verfüllt (CLAUSEN et al. 1978: 582, CLAUSEN 1979 sowie CLAUSEN et al. 1982).

Ab Untercenoman transgredierte das Kreide-Meer. Während des Cenomans stieß das Meer weit nach Süden über das Blattgebiet hinaus vor. Spätkretazisch, nach Rückzug des Meeres, und während des Tertiärs neigte sich die Ablagerungsfläche der Kreide-Schichten infolge Gebirgshebungen nach Norden. Der Erosionsrand der geschlossenen Kreide-Bedeckung wurde schrittweise nordwärts verlagert und befindet sich heute nördlich der Möhne. Ein isolierter, flächenhafter Rest kreidezeitlicher Sedimente baut das 700 m lange und 200 m breite Plateau des Ochsenrückens auf, welches fast 2 km südlich des Südrandes der geschlossenen Kreide-Decke bei Mülheim liegt. Noch viel weiter südlich, beiderseits des Plackweges am südlichen Rand des Blattgebietes zwischen Großem Berg und Eulenpfad, fand RICHTER (1937) Reste der ehemaligen Kreide-Bedeckung: Gut gerundete Quarze und Kieselschiefer als Einzelgerölle oder Schotterlage sowie ein kieselig verbackenes Konglomerat. Die Kreide-Reste sind in der geologischen Karte eingetragen.

Im Tertiär wurde das Gebirge unter einem warmen, wechselfeuchten Klima tiefgründig zersetzt. Die Entwässerung der eingerumpften, gewellten Geländeoberfläche vollzog sich über ein System von Spülmulden. Das Fehlen von jungen oberkretazischen und älteren, tertiären Karstsedimenten im Massenkalk spricht dafür, daß der größte Teil des Warsteiner Sattels bis zum Jungtertiär noch von Kreide-Schichten verhüllt war. Eine intensive Verkarstung ruhte im Alttertiär weitgehend.

Ab Miozän bildete sich durch Verknüpfung der talartigen Spülmulden allmählich das heutige Gewässernetz heraus. Eines dieser Gewässer, die Urmöhne, floß viel weiter nördlich als heute im Bereich der Haar in Ost – West-Richtung ab, wie die vom jetzigen Möhnebett bis zur Haar reichenden Höhenterrassen zeigen. Schotterreste (Kieselschiefer, Grauwacken) auf dem Geländerücken der Haar weisen darauf hin, daß die Schrägstellung der Kreide-Schichten, die heutige Haarabdachung, erst nach Ablagerung der Urmöhneschotter erfolgt sein kann (TIMMERMAN 1959: 72).

Im Pliozän wurde das Klima kälter und trockener. Die Gewässer schnitten sich infolge größerer Geröllfracht und fortdauernder, epirogenetischer Hebungen stärker in die Spülmulden ein: Das heutige Flußnetz wurde durch beginnende Linearerosion irreversibel festgelegt. Die Möhne schuf durch Erosion der *labiatus*-Mergel und der Cenoman-Pläner an der Flanke der Haarabdachung, südlich der Kammlinie, eine breite Mulde (RITZEL 1972: 223, 239 – 243) und legte nach Ausräumung der Kreide-Deckschichten allmählich den paläozoischen Untergrund frei. Sie wurde zum Hauptvorfluter des gesamten Warsteiner Großraumes. Für ihre Ost – West gerichtete Talanlage waren das Streichen der paläozoischen Sättel und die weichen Kreide-Schichten maßgebend. Auch die kleineren Fluß- und Bachtäler schnitten sich infolge der fortschreitenden, epirogenetischen Hebungen in den Untergrund ein, folgten aber entsprechend der nach Norden bis Nordwesten gerichteten Abdachungsfläche des Sauerlandes dem Gefälle zum Möhnetal. Damit wurden die Ausgestaltung und Gliederung der Landschaft in langgestreckte Höhenzüge, Einzelberge und weit gestreckte Talungen eingeleitet.

Nach ARNOLD (1960: 746) hat die Hebung des Sauerlandes nach der Anlage der einheitlichen tertiären Rumpffläche und vor Beginn der Saale-Kaltzeit stattgefunden. ARNOLD (1960) stuft sie in das Pliozän ein.

Im Quartär erhöhte sich mit dem Beginn der pleistozänen Kaltzeiten die Tiefen- und Seitenerosion der Flüsse. Spitze Kerbtäler und aufgeschotterte, trog- bis kastenförmige

Sohlentäler lösten einander ab. Infolge des Wechsels von Kalt- und Warmzeiten und Änderungen in Gefälle, Geröllfracht und Wasserführung erfolgte die Tieferlegung der Erosionsbasis abschnittsweise. Die einzelnen, unterschiedlich alten Talböden blieben als Terrassenleisten an den Talhängen erhalten. Solche Terrassenreste, welche der Unteren und Oberen Mittelterrasse angehören, befinden sich im Blattgebiet an den Uferhöhen beiderseits der Möhne.

Nordische Geschiebe (granitoide Gerölle, Flintsteine) lassen sich im Blattgebiet zwischen Möhne und Haarkamm in Terrassenablagerungen und Hanglehmdecken nachweisen. Zwar lag der südliche Eisrand des Münsterland-Gletschers generell am Haarstrang (THOME 1980: 30), jedoch flossen bis zum Haarkamm aufgestaute Schmelzwässer an flachen Überlaufrinnen in das Möhnetal ab, wobei sie Gerölle mitführten. Eine solche Rinne verläuft von Altenmellrich aus in südwestlicher Richtung an den Haarhöfen vorbei zwischen Niederbergheim und Völlinghausen bei Gut Eickhoff in das Möhnetal hinein (THOME 1980: 32). In der aufgelassenen Ziegelei Niederbergheim, am südöstlichen Rinnenrand gelegen, ließen sich wiederholt nordische Geschiebe finden.

Südlich der Möhne herrschte ein Dauerfrostboden vor, welcher während der wärmeren Perioden in Oberflächennähe breiig auftaute. Durch den Abtrag der Lockergesteinsdecken wurden auf der Warsteiner Carbonatplattform die früher plombierten Hohlräume freigelegt, so daß verschiedene Bodensedimente in sie eingespült werden konnten. Überall wurde Löß, oft nur als dünner Schleier, angeweht. Er verwitterte zu Lößlehm, wurde soliflukktiv umgelagert und blieb vor allem auf den verkarsteten Massenkalk-Flächen, zum Teil deckenartig verbreitet, erhalten. Die während der Kaltzeiten angehäuften Schuttmassen verlehmt und reicherten sich nach mehr oder weniger längeren Transportwegen als Hang- und Hochflächenlehm auf Hochflächen, in Talschlüssen und Hanglagen an.

Im jüngeren Pleistozän und im Holozän wurden durch selektive Verwitterung die bis heute überkommenen Geländeformen des Blattbereiches herausmodelliert. Die Kreide-Schichten nördlich der Möhne wurden zu einer Schichtstufenlandschaft umgestaltet mit steil nach Süden gerichteten Stufenhängen und flacheren Nordhängen. Der steile Südabhang am Rand der geschlossenen Kreide-Decke ragt über dem eingeebneten Paläozoikum als eine deutliche, immer gut verfolgbare Geländestufe heraus.

Das Holozän zeichnet sich durch die Bildung von Auenlehmen, Schwemmkegeln und Geröllablagerungen in Talsohlen und Talkerben aus. Mittel- und Niedrigwässer schnitten schmale, zum Teil mäandrierende Rinnen in die Talsohlenschotter ein: Der Verlauf der heutigen Flußbetten nahm Gestalt an.

6. Mineralische Rohstoffe

6.1. Erze

6.1.1. Eisenerze

Die bedeutendste Grube des Warstein – Suttroper Braun- und Roteisenerzbezirkes war die Grube David (Christiansglück), ca. 600 m nordöstlich der Bilsteinhöhle. Mit einigen Unterbrechungen wurden bis zum Oktober 1949 Eisenerze gefördert (ADEMMER & ROTERS 1979). Im Jahre 1948 betrug die Förderung noch 19672 t Braun- und Spateisenerz. Die Erzreserven sind noch nicht erschöpft. Die gesicherten Vorräte betragen 100 000 t, die vermuteten ca. 1 Mt. Gewonnen wurde ein saures, phosphatisches Erz mit stark schwankender Zusammensetzung: Fe 25 – 47 %; Mn 0,2 – 3,9 %; P 0,7 – 2,3 %; SiO₂ 0 – 40 %; CaO 5 – 10 %; Al₂O₃ 4 – 10 %.

Die Erzgewinnung erfolgte anfänglich im Tagebau, dann im Tiefbau (4 Tiefbausohlen bis 79 m unter Gelände). Eine Erweiterung des Grubengebäudes nach Osten in Richtung auf die Platte (RICHTER 1944) mußte ebenso wie eine Vertiefung der Abbausohlen auf 110 m unter Gelände aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben werden (FRICKE 1949).

Die Erze sind an die Kalksteine der Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe geknüpft. Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit, Kieselkalk bilden das Hangende, Schichten der tieferen Nehden-Stufe das Liegende. Der ursprüngliche Carbonatgehalt ist in der Regel vollkommen fortgelöst, es lassen sich in seltenen Fällen noch Kalksteinreste, sonst häufiger Verkieselungen sowie Vertaubungen durch Tonsteinzwischenmittel beobachten (PAECKELMANN 1937).

Es sind verschiedene Erztypen entwickelt: Brauneisenerz, Roteisenerz und karbonatisches „Weißerz“.

Das Brauneisenerz besteht vorwiegend aus Limonit, Quarz und untergeordnet aus vererzten Tonsteinstücken. Die Quarze sind zonar gebaut und weisen massenhaft Einschlüsse von Calcit sowie frisch erhaltenem Pyrit und Kupferkies auf. Trotz des hohen Phosphorgehaltes der Erze wurden keine Phosphatminerale oder Fossilanreicherungen festgestellt (Untersuchung: G. STADLER, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Der Phosphor ist gleichmäßig adsorptiv an das Eisenhydroxid gebunden (Untersuchung: H. PIETZNER, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Nur gelegentlich ließen sich nicht näher bestimmbare Fossilrelikte des Ausgangsgesteins (Crinoiden, Foraminiferen ?) innerhalb der Erzgrundmasse beobachten.

Der derbe bis schalige Roteisenstein setzt sich hauptsächlich aus dichtem, zum Teil glaskopffartigem Hämatit sowie Quarz zusammen. Der Eisengehalt kann bis zu 50 % ansteigen, liegt aber in der Regel bei 30 %. Auch der SiO₂-Gehalt ist hoch.

Das Weißerz (Eisencarbonat; schwach karbonatischer, heller Toneisenstein) kam wahrscheinlich durch eine Eisenmetasomatose von Kalksteinen und Kalkknollentonsteinen zustande.

Die Entstehung des unregelmäßig begrenzten, im Durchschnitt 3–4 m mächtigen, maximal bis auf 50 m ansteigenden lager-, stock- und nesterförmigen Lagerstättenkörpers ist problematisch. Zu Roteisensteinvorkommen vom Typ „Adorf“ oder „Balve“ besteht mit Sicherheit keine Beziehung. Die in den Erzen enthaltenen, zahlreichen Kohlepartikel und limonitischen Pyrite sowie der hohe Phosphorgehalt erlauben genetische Rückschlüsse. Die älteste, azendante Mineralisation war eine mit einer starken Schwefelkies- und geringen Kupferkiesvererzung verknüpfte Verkieselung. Nur Spuren dieser Sulfidbildung blieben als Quarzeinschlüsse unversehrt erhalten. Nach Ablagerung der unterkarbonischen Schichten zersetzte sich der oberflächennahe Schwefelkies unter Bildung von Eisenoxiden. Die dabei entstehenden Säuren begünstigten innerhalb der Kalksteine die Bildung großer Hohlformen, in welche Zersetzungsprodukte der pyrit- und phosphatreichen, überlagernden kohlehaltigen Schichten des Unterkarbons gerieten. Sie intensivierten die ursprünglichen, vermutlich ziemlich schwachen Erzkonzentrationen durch ihre Verwitterungslösungen und reicherten sie deszendente an (Untersuchung: G. STADLER, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

Daß die Vererzung schon vor der asturischen Orogenese abgeschlossen gewesen und/oder mit ihr einhergegangen sein muß, beweisen die tektonischen Verhältnisse. Es liegen außer einer normalen Faltung auch flache Überschiebungen vor (vgl. Abb. 10), an denen Erzlagerstättenteile zum Teil die unvererzten Schichten des Unterkarbons überfahren haben. Außerdem wurde Erz in das Unterkarbon eingeknetet. Ein Teil der Erzkörper ist eindeutig an die Überschiebungsbahnen gebunden. Größere Erzpartien sind in Form von Trümmererzen ausgebildet und lassen eine eindeutige Schichtung kaum mehr erkennen. Sicherlich erleichterte das entstandene Trennflächengefüge den Aufstieg weiterer Erzlösungen, welche metasomatisch den Kalkstein verdrängten. Die tonigen und kieseligen Sedimenten im Liegenden und Hangenden der Kalksteine stauten die Lösungen. Massenkalk ist von Süden her auf das vererzte Oberdevon aufgeschoben (vgl. Taf. 1: Schnitt C–D).

Dieser intensive Zusammenschub bringt es gerade im Gebiet der Grube David mit sich, daß der ursprünglich nur geringmächtige Vererzungshorizont sich in Form stockförmiger Erzmassen bis in größere Tiefen fortsetzt. Erz ließ sich, ohne daß sich in der Verbreitung der Erztypen Teufenunterschiede hätten feststellen lassen, bis 80 m unter Tage beobachten. Allerdings scheint das Weißerz auf Kosten von Braun- und Roteisenerz zuzunehmen.

Die in den Erzen enthaltenen Kohlepartikel besitzen eine maximale Reflexion von 8,5%. Nach den optischen Merkmalen ist es wahrscheinlich, daß sie erst in situ, also nach ihrer Umlagerung, so intensiv inkohlt wurden. Die hohe Inkohlung kann durch die Tektogenese alleine nicht erklärt werden und steht wahrscheinlich mit dem Warsteiner Inkohlungshoch (vgl. Kap. 4.4.) in Verbindung.

Im Mesozoikum und Tertiär wurde das Erzvorkommen durch Stoffumsetzungen tiefgründig verändert. Es entstand die überwiegende Menge der vorhandenen Eisenhydroxidbildungen.

An weiteren ehemaligen Erzgruben im Blattgebiet sind zu nennen: Siebenstern, Georg, Hohofen und St. Christoph.

Die Grube Siebenstern wurde seit Mitte des vorigen Jahrhunderts am Ostabhang der Kahlenbergsköpfe ca. 450 m östlich des Kahlenbergskopfes (467,0 m) betrieben. Die Vererzung ist an eine Aufschiebung von Schichten der höheren Adorf-Stufe auf Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe geknüpft. Die Verkieselung der Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe ist in diesem Bereich gering ausgeprägt. Es wurden unver-

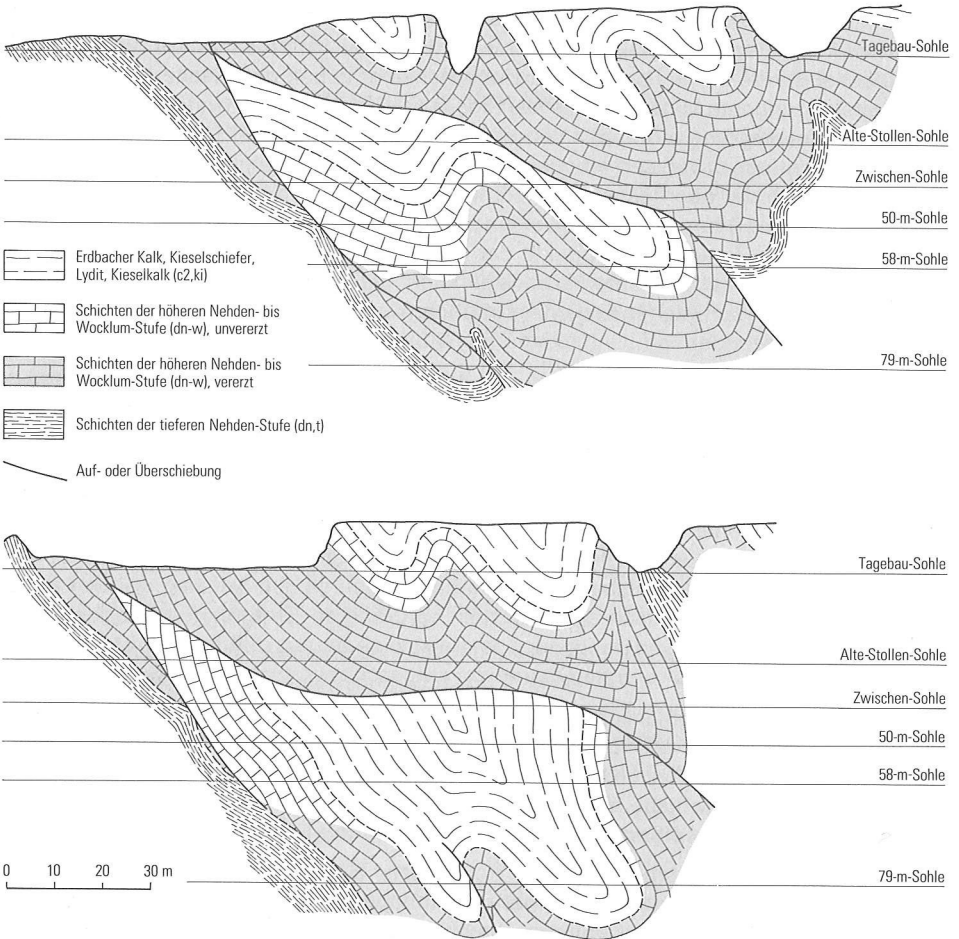


Abb. 10 Schnitte durch die ehemalige Grube David (= Christiansglück); nach RICHTER (1944)

kieselte Kalksteine im heute noch aufgelassenen Tagebau gefunden. Aufgeschlossen sind heute noch einige Meter mächtige, die Kalksteine überlagernde, gelbbraune, beige bis rostbraun verwitternde, glimmerhaltige Ton- und Schluffsteine, die zu Toneisenstein umgewandelt sind. Neben Eisen ist auch Mangan stark angereichert. Die tektonischen Trennflächen sind mit entsprechenden Krusten überzogen.

Ebenfalls an die Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe gebunden waren die Eisenerzvorkommen der Gruben Georg und Hohofen am Grünen Ufer sowie St. Christoph am Schorenbach.

6.1.2. Bleierze

Bleigänge, die einen Abbau lohnen würden, sind im Blattgebiet 4515 Hirschberg im Gegensatz zu Blatt 4516 Warstein unbekannt (vgl. CLAUSEN & LEUTERITZ 1984). Nach FRICKE (1949) wurde in der Grube David 1948 im westlichen Querschlag 3 nahe der Störung, die das Eisenerzvorkommen gegen den Massenkalk verwirft, eine Kluft mit grobkristallinem Bleiglanz und gut ausgebildetem Kappenquarz angefahren. Die Bleivererzung ist vermutlich tertiären Alters, also viel jünger als die Eisenmetasomatose.

6.2. Steine und Erden

6.2.1. Verkieselte Gesteine des Oberdevons

Die Schichten der Adorf- bis Wocklum-Stufe, welche im Kern des westlichen Belecker Teilsattels zutage streichen, sowie die Schichten der höheren Nehden- bis Wocklum-Stufe, die den Querriegel der Kahlenbergsköpfe aufbauen, sind größtenteils intensiv verkieselt. In diesen Bereichen erfolgte ein Abbau der durch die Verkieselung geschaffenen harten, splitterigen, scharfkantigen, meist in quaderförmige Gesteinsplatten aufspaltenden Gesteine (Warsteiner und Belecker Hornsteine, Quarzite, Quarzfels).

Die Gesteine wurden sehr vielseitig (Fundamentsteine, Umfassungsmauern, Wasserbau, Straßenbau) verwendet. Der umfangreichste Abbau fand durch die Belecker Hartsteinwerke statt. Gewinnungsstätten waren im westlichen Belecker Teilsattel (R 53 460, H 06 500 bis R 53 640, H 06 520) sowie entlang des Bergrückens der Kahlenbergsköpfe (Aufzählung von Norden nach Süden: R 52 290, H 01 950; R 51 830, H 00 900 bis R 51 910, H 00 840; R 52 030, H 00 690 bis R 52 130, H 00 630; R 52 100, H 99 670; R 52 140, H 99 720; R 52 490, H 99 060 bis R 52 500, H 99 120; R 52 260, H 99 160).

6.2.2. Kieselschiefer, Lydite, Kieselkalke

In einigen Steinbrüchen wurden Kieselschiefer, Lydite und Kieselkalke des Unterkarbons als Schottermaterial zum Bau von Wirtschaftswegen gewonnen. Ihre Härte und ihr stückiger Zerfall machten sie hierfür besonders geeignet. An Steinbrüchen sind zu nennen: R 51 900, H 99 320; R 51 690, H 99 610; R 51 180, H 00 430 bis R 51 200, H 00 370; R 51 670, H 00 830; R 52 130, H 01 070; R 52 240, H 01 160 bis R 52 340, H 01 150; R 53 630, H 03 020.

6.2.3. Grauwacken, Sandsteine und Schluffsteine

In den Oberen Arnsberger Schichten sind zahlreiche Steinbrüche angelegt. Gewonnen werden Grauwacken, Sandsteine und kompakte Schluffsteine. Sie finden als Werksteine aller Art, als Wasserbausteine und Packlage für Wirtschaftswege Verwendung. Einige Steinbrüche werden heute noch gelegentlich genutzt, neue Brüche kommen laufend dazu. Zu den größeren Gewinnungsstätten zählen die Steinbrüche bei R 48 880, H 98 190 bis R 48 900, H 98 170; R 49 330, H 97 110 bis R 49 290, H 97 080; R 49 880, H 06 870 bis R 49 890, H 06 820; R 48 050, H 05 270 bis R 48 280, H 05 220; R 43 550, H 04 590; R 44 700, H 04 430; R 44 770, H 98 780; R 45 070, H 97 630; R 42 810, H 96 760; R 43 800, H 97 240; R 44 500, H 97 200.

6.2.4. Mergel- und Mergelkalksteine

Die Cenoman-Pläner bilden ein mehrere Zehner Meter mächtiges Schichtenpaket aus unregelmäßig welligen Mergelkalksteinen. Die höheren *labiatus*-Schichten des Turons setzen sich aus einer Wechselfolge von Mergelsteinen und Mergelkalksteinen zusammen.

Die wirtschaftliche Nutzung der Cenoman-Pläner ist wegen der unregelmäßig wellenförmigen Schichtenausbildung, der starken Zerklüftung und des häufigen Auftretens von Hornsteinknollen gering, doch wurde früher gelegentlich in kleineren Steinbrüchen Abbau betrieben, so bei R 48 580, H 07 050 und R 48 600, H 06 280. Das gewonnene Gesteinsgut wurde als Straßenbaumaterial und Düngemergel verwendet.

In der Mergelsteingrube Westendorf (R 47 920, H 07 340 bis R 48 040, H 07 230) wurden die *labiatus*-Schichten des Turons bis 1968 abgebaut. In einer der Grube angegliederten Kalkofenanlage wurden Branntkalk zum Düngen der Felder und Kalkziegel gebrannt. Die Kalkziegel wurden in der weiteren Umgebung vertrieben.

In früheren Zeiten wurde der *labiatus*-Mergel öfters von den Bauern in beschränktem Umfang als Düngematerial für Eigenbedarf (Mergeln der Felder) abgegraben, wie schüsselförmige Vertiefungen im Verbreitungsbereich der Mergelsteine belegen.

6.2.5. Lehm

Mehrere Meter mächtige Lagen von Hanglehm über verwitterten Oberen Arnsberger Schichten wurden in der Vergangenheit an zwei Stellen für die Ziegelherstellung gewonnen: Ziegelei Westendorf/Allagen, R 49 020, H 06 250, sowie Ziegelei bei Oberbergheim, R 45 950, H 06 250. Der Abbau endete mit der Erschöpfung der Vorkommen.

7. Hydrogeologie (H. VON KAMP)

Die große Bedeutung des Trink- und Brauchwassers für alle Bereiche des Lebens und der Wirtschaft und die engen Beziehungen zwischen dem geologischen Aufbau und den Wasservorkommen erfordern eine eingehende Betrachtung im Rahmen der Erläuterungen. Die vorliegenden Ausführungen enthalten eine allgemeine Übersicht der hydrogeologischen Verhältnisse im Blattbereich. Damit können aber Spezialuntersuchungen nicht ersetzt werden, die bei der Planung wasserwirtschaftlicher Projekte notwendig sind.

7.1. Grundwasserleiter

Die Grundwasserleiter sind in der hydrogeologischen Karte (Taf. 3 in der Anl.) dargestellt. Es wird zwischen Grundwasserleitern in Festgesteinen und in porösen Lockergesteinen unterschieden. Geklüftete Gesteine besitzen eine Trennfugendurchlässigkeit, während die Wasserdurchlässigkeit in porösen Gesteinen als Porendurchlässigkeit bezeichnet wird. Die Bewertung der Grundwasserleiter in porösen Lockergesteinen hängt im wesentlichen von deren Kornaufbau und Mächtigkeit ab. Die unterschiedliche Trennfugendurchlässigkeit der Kluffgrundwasserleiter wird hauptsächlich von der Gesteinsausbildung bestimmt.

7.1.1. Kluffgrundwasserleiter

Die Gesteine des Untergrundes im Blattbereich setzen sich vorwiegend aus wechselnden Anteilen von Tonmineralen, feinkörnigem Sand und Schluff zusammen. Daneben tritt in den klastischen Gesteinen stellenweise ein geringer Kalkgehalt auf. Eine besondere Bedeutung haben die Kalkgesteine des Devons und der Oberkreide. Die Gesteinsbeschaffenheit der einzelnen Schichtenkomplexe ist in Kapitel 3. beschrieben, so daß hier nur auf spezielle hydrogeologische Gesichtspunkte eingegangen wird.

Grundwasser bewegt sich in Spalten und Klüften der festen Gesteine. Neben der Gesteinsbeschaffenheit übt die tektonische Auflockerung einen großen Einfluß auf die Trennfugendurchlässigkeit aus. Zu den stark aufgelockerten Bereichen gehören die Sattel- und Muldenzonen des Gebirges. Die Kluftdichte (Zahl pro Raumeinheit) ist in kleinräumigen Faltenumbiegungen besonders hoch, die deshalb eine höhere Trennfugendurchlässigkeit aufweisen. Mit zunehmender Tiefe nehmen Kluftdichte und Anzahl der wasserführenden Klüfte schnell ab (HEITFELD 1965), so daß sich die Durchlässigkeit verringert. Die Störungszonen weisen eine besonders hohe Kluftdichte auf; sie können zum Teil auf das umliegende Gebirge wie eine Drainage wirken.

7.1.1.1. Grundwasser in Kalkgesteinen

Eine besondere Stellung im Hinblick auf Durchlässigkeit und Wasserhöffigkeit nehmen die Kalkgesteine des Devons und der Oberkreide ein. Gesteinsserien, die vorwiegend oder

ausschließlich aus Kalk aufgebaut sind, neigen zur Verkarstung. Die Verkarstung erfolgt durch Auflösung von Kalkgesteinen unter dem Einfluß von kohlensäurehaltigem Regen- und Grundwasser. Durch Aufweitung und Ausspülen der Kluft- oder Schichtfugen entstehen mehr oder weniger große Hohlräume, deren auffälligste die Höhlen sind. Die Verteilung der Wasserwege in Kalkgesteinen ist sehr unregelmäßig, so daß bei Brunnenbohrungen örtlich auch keine wasserführenden Spalten angetroffen werden.

Der Warsteiner Massenkalk-Komplex, dessen westliches Ende im Blattgebiet liegt, ist insgesamt verkarstet. Die Verkarstung dürfte in größere Tiefe reichen und besitzt offensichtlich in verschiedenen Niveaus querverbindende Karstgerinne, die Grundwasser je nach Wasserstand einmal in die eine, dann in die andere Richtung leiten (KOCH & MICHEL 1979).

Der Massenkalk ist ein Grundwasserleiter mit sehr guter, örtlich wechselnder Trennfugendurchlässigkeit (Taf. 3 in der Anl.). Das unmittelbare Einzugsgebiet des Massenkalks erstreckt sich vorwiegend auf das Blattgebiet 4516 Warstein. Es bedeckt ca. 18,2 km², von denen nur 0,3 km² im Blattgebiet Hirschberg liegen. Zum Einzugsgebiet sind die sich mit dem Massenkalk verzahnenden und ihn überdeckenden Flinz-Schichten zu rechnen. Ebenfalls gehören dazu Teile der Styliolinen-Schichten und Bereiche mit mehr oder weniger mächtigen Überlagerungen mit jüngeren Schichten (VON KAMP in CLAUSEN & LEUTERITZ 1984).

Im Blattbereich zählt das Niederschlagsgebiet des Bilstein- und des Wideybaches zum mittelbaren Einzugsbereich des Massenkalks, denn beide Bäche verlieren teilweise Wasser in Schwinden des Massenkalks.

Die Flinz-Schichten enthalten neben carbonathaltigen Tonsteinen zahlreiche Kalksteinbänke, die ebenfalls verkarstet sind. Sie bilden zusammen mit dem Massenkalk einen mehr oder weniger zusammenhängenden Grundwasserleiter, was durch vielfache Verzahnung gefördert wird. Außerdem sind die beiden Grundwasserleiter über zahlreiche und tiefgreifende Störungen miteinander verbunden. Aufgrund der Tonsteine, die die Durchlässigkeit mindern, besitzen die Flinz-Schichten eine gute bis mäßige, örtlich wechselnde Trennfugendurchlässigkeit (Taf. 3).

Cenoman-Pläner, *labiatus*-Schichten und *lamarcki*-Pläner (Oberkreide) bestehen ebenfalls aus Mergel- und Kalkstein, der verkarstet ist und eine sehr gute bis gute, örtlich wechselnde Trennfugendurchlässigkeit besitzt. Ihr Ausstrichbereich beschränkt sich nur auf einen schmalen Rand im nördlichen Blattbereich, so daß er für den Wasserhaushalt im Blattgebiet ohne Bedeutung ist.

7.1.1.1. Schwinden und Quellen in Kalkgesteinen

Die von Süden nach Norden fließenden Bäche geben im Bereich des Massenkalks Wasser in die Hohlräume der Kalkgesteine ab, das aus den Karstquellen wieder austritt. Der Bilsteinbach versank ursprünglich vollständig in einer Schwinde (R 52 995, H 99 125) unweit der Bilsteinhöhle. Bei der Anlage eines kleinen Wildparks hat man einen Teil des Bilsteinbaches an der Schwinde vorbeigeleitet, so daß das Bachbett ständig Wasser führt. Als der Bilsteinbach vollständig versank, kam ein Teil des Wassers aus einer breiten Spalte (R 52 925, H 99 475) unterhalb des Waldhotels Tropfsteinhöhle wieder zutage. Die Quelle sprudelt jetzt nur noch zu Zeiten eines hohen Wasseraufkommens. Das meiste Wasser nimmt seinen Weg zu den Quellen in Warstein.

7.1.1.2. Grundwasser in klastischen Festgesteinen

Die klastischen, festen Gesteine im Blattgebiet weisen kein nutzbares Porenvolumen auf; das Grundwasser wird in Spalten, Klüften und Schichtfugen gespeichert und fortgeleitet. Die Trennfugendurchlässigkeit und somit auch die Grundwassermenge hängen besonders von der tektonischen Auflockerung und der petrographischen Ausbildung der Gesteine ab. Der Speicherraum für Grundwasser wird weiterhin von Kluftlänge, -weite und -dichte bestimmt. Durchflußhemmende Beläge in Klufträumen aus toniger oder feinkristalliner Substanz verringern die Durchlässigkeit. Schichtfugen sind je nach Art und Menge des dort eingelagerten, tonigen Materials mehr oder weniger wasserführend. Härtere Gesteine wie Sand-, Schluffsteine oder Kieselschiefer führen zwar nicht so viele, dafür aber weiter aushaltende und klaffende Trennfugen als Tonsteine. Mächtigere Sandsteine sind infolgedessen wasserhöffiger als Tonsteinserien.

Grundwasserleiter mit mäßiger bis sehr geringer Trennfugendurchlässigkeit sind in der Abfolge Kieselige Übergangsschichten, Erdbacher Kalk, Kieselschiefer, Lydit und Kieselkalk, in den Liegenden Alaunschiefern und allen Schichten des Oberdevons mit Ausnahme der Flinz-Schichten verbreitet (Taf. 3). Diese Schichten zeichnen sich durch einen hohen Anteil von Tonsteinen aus. Die in diesen Schichten auftretenden Kalkknollen-, Kalkstein- und Kieselkalkbänke sind nicht verkarstet und besitzen deshalb keine erhöhte Trennfugendurchlässigkeit.

Der größte Teil des Blattgebietes wird von Gesteinen eingenommen, die eine geringe bis sehr geringe Trennfugendurchlässigkeit aufweisen. Im Verbreitungsgebiet der karbonischen Kulm-Tonschiefer sowie der Oberen und Unteren Arnsberger Schichten herrschen sandarme Tonsteine vor. Ebenfalls zu dieser Gruppe wird der nur sehr geringmächtige Essener Grünsand gerechnet.

7.1.2. Porengrundwasserleiter

Die Lockergesteine im Blattgebiet besitzen im Vergleich zu den Festgesteinen einen hydrogeologisch wirksamen Porenraum, in dem Grundwasser gespeichert und fortgeleitet wird. Die Porendurchlässigkeit wird unter anderem von der Korngrößenzusammensetzung und dem nutzbaren Porenvolumen bestimmt. Mit zunehmendem Gehalt an Ton und Schluff sinkt die Porendurchlässigkeit des Grundwasserleiters ab. Dazu kommt noch die Möglichkeit der Einspeisung von Grundwasser aus dem unterlagernden Festgestein. Bei starker Absenkung des Wasserspiegels in Brunnen ist bei der Förderung von Talgrundwasser zusätzlich mit Uferfiltrat zu rechnen.

Die Lockergesteine im Möhnetal und in den Bachtälern bestehen aus teilweise verlehmttem Kies, Sand und Schluff mit Einlagerungen von Hanglehm. Die Mächtigkeit dürfte meistens 4m nicht übersteigen. Diese Lockergesteine sind mit einer nicht lückenlosen Decke von Auenlehm überzogen.

Zu den Lockergesteinen zählen auch die Boden- und Verwitterungsbildungen, die den größten Teil der Festgesteine überdecken. Ihre Mächtigkeit liegt meist unter 2m. Das in diese Schicht einsickernde Niederschlagswasser wird an die unterlagernden Kluftwasserleiter weitergeleitet oder tritt in den Hangschuttquellen zutage. Für die Gewinnung von Grundwasser ist der Hang- und Hochflächenlehm von geringer Bedeutung.

7.2. Quellen

Neben den schon erwähnten Quellen im Verbreitungsgebiet von Kalksteinen treten zahlreiche Hangschuttquellen auf. Sie befinden sich gewöhnlich am oberen Ende der sich verengenden Täler und speisen kleine Bäche oft aus mehreren Quellaustritten. Stellenweise sind die einzelnen Quellen nicht festzustellen; es ist nur eine versumpfte Quellmulde vorhanden, an deren unterem Ende der Bachlauf beginnt.

Die Schüttung der Hangschuttquellen ist weitgehend vom Niederschlag und dem Speichervermögen des Hangschutts abhängig. In hängigen Lagen ist normalerweise mit einer geringen Leistung der Hangschuttquellen zu rechnen, da einerseits die Lockergesteine geringmächtig sind und andererseits das Niederschlagswasser wegen des starken Reliefs teilweise oberflächlich abfließt. In Trockenzeiten geht die Schüttung der Hangschuttquellen zum Teil bis zum Versiegen zurück.

Die Quellendichte im Bereich der gering bis sehr gering durchlässigen Kluftgrundwasserleiter (Taf. 3 in der Anl.) beträgt 7,9 Quellen pro Quadratkilometer. Im Bereich der mäßig bis sehr gering durchlässigen Grundwasserleiter (Taf. 3) vermindert sich die Quellendichte auf 3,3 Quellen pro Quadratkilometer.

Neben den Hangschuttquellen treten Quellen auf, die aus gut wasserwegsamem Störungszonen gespeist werden. Sie weisen oft eine höhere Schüttung als Hangschuttquellen auf und fließen auch noch nach längerer Trockenheit. Allerdings sind diese beiden Quellen im Gelände nicht zu unterscheiden.

7.3. Faktoren der Grundwasserneubildung

7.3.1. Niederschläge

Im langjährigen Mittel weisen die Wintermonate von November bis Februar, in denen der Niederschlag dem Grundwasser in stärkerem Maße zugute kommt als im Sommer, einen höheren Niederschlag auf. Von März bis Mai fällt dagegen 20–30 mm weniger Regen. Von Juni bis Oktober steigen die Regenmengen wieder an, mit leicht fallender Tendenz im September. Im sehr trockenen Wasserwirtschaftsjahr 1958/59 lag der Niederschlag ab Februar weit unter dem Durchschnitt. Im nassen Jahr 1965/66 fielen vor allem im Dezember und im Juni weit überdurchschnittliche Regenmengen (Tab. 6).

Die räumliche Verteilung der Niederschläge zeigt nach der Karte von SCHNELL (1955) deutliche Unterschiede. Von Nordwesten steigen die Regenmengen in südlicher Richtung zu den Höhen des Arnberger Waldes um etwa 100 mm.

Der mittlere Trockenheitsindex (Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen 1960) steigt von Norden nach Süden von unter 50 auf über 70 an. Im Anstieg des Trockenheitsindex spiegelt sich die steigende Niederschlagsmenge wider. Ein Trockenheitsindex von 60–70 ist für ein feuchteres Mittelgebirgsklima charakteristisch. In trockeneren Bereichen, wie etwa in der Niederrheinischen Bucht, liegt er um 40, während er am Kahlen Asten bei Winterberg im Sauerland 100 erreicht.

7.3.2. Trockenwetterabfluß

Die Beziehungen zwischen der Grundwasserspende ($l/s \cdot km^2$) und dem petrographischen Aufbau der Schichten geben wertvolle Hinweise auf die Wasserhöffigkeit und die Grund-

Tabelle 6

Monatliche Niederschlagssummen der Stationen Hirschberg und Belecka
(1. November bis 31. Oktober)

Monat	Station Hirschberg			Station Belecka		
	Mittel des Beobachtungs- zeitraums 1931 — 1960 (mm)	Wasserwirtschaftsjahr		Mittel des Beobachtungs- zeitraums 1931 — 1960 (mm)	Wasserwirtschaftsjahr	
		1958/59 (mm)	1965/66 (mm)		1958/59 (mm)	1965/66 (mm)
November	76	42	88	75	48	81
Dezember	73	71	201	69	65	191
Januar	85	90	66	80	84	73
Februar	75	10	66	68	13	66
März	59	39	111	51	40	96
April	78	57	69	72	47	79
Mai	72	33	74	64	20	79
Juni	92	62	222	82	42	192
Juli	96	51	161	91	63	141
August	97	83	79	93	87	68
September	79	2	37	71	4	36
Oktober	84	41	87	76	39	70
Jahr	966	581	1261	892	552	1172

wasserneubildung. Die Grundwasserspense wird neben klimatischen Faktoren von der Trennfugendurchlässigkeit beziehungsweise dem Speichervermögen der geklüfteten Gesteine geprägt. Die momentane Grundwasserspense wird durch Trockenwetterabflußmessungen ermittelt. Als Trockenwetterabfluß wird jene Wasserführung im Vorfluter bezeichnet, die nur aus Grundwasser gespeist wird (NATERMANN 1951). Diese Voraussetzung gilt als erfüllt, wenn nach Niederschlägen das Oberflächenwasser und der Zwischenabfluß (MENDEL & UBELL 1973) abgeflossen sind. Die Grundwasserspense wird allerdings nicht nur vom Aufbau des Grundwasserleiters bestimmt, sondern viel wesentlicher ist der jahreszeitliche Einfluß. Infolge des meist geringen Speichervermögens der geklüfteten Gesteine ist die Höhe der jeweiligen Grundwasserspense sehr abhängig von den Niederschlägen.

Im Blattgebiet wurden im November 1980 an 15 Stellen Trockenwetterabflußmessungen durchgeführt. Aus dem Verbreitungsgebiet der Kulm-Tonschiefer und der Arnberger Schichten wurde eine mittlere Trockenwetterspense von $2,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (6 Meßstellen, $19,4 \text{ km}^2$) gemessen. Eine Grundwasserspense von nur $1,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (6 Meßstellen, $14,4 \text{ km}^2$) konnte in dem nördlich der Möhne gelegenen Einzugsgebiet festgestellt werden, das von oberkarbonischen Schichten mit überlagernden Cenoman-Plänen eingenommen wird. Dieser Wert deutet darauf hin, daß in dem schwach nach Norden einfallenden, gut durchlässigen Cenoman-Plänen ein Teil der Grundwasserneubildung nach Norden zu den Hellwegquellen abgeführt wird.

Im Bereich des Warsteiner Massenkalks – einschließlich der Teile im Gebiet des Blattes 4516 Warstein – konnte eine Grundwasserspense von $25,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ festgestellt werden (VON KAMP in CLAUSEN & LEUTERITZ 1984). KOCH & MICHEL & SCHRÖTER (1974) führen diese hohe Grundwasserspense auf erhebliche Zuflüsse von „Fremdwasser“ zurück.

7.4. Wasserhaushalt und Grundwasserneubildung

Über den Wasserhaushalt im Blattgebiet gibt SCHNELL (1955) eine Übersicht, die auf meteorologischen und hydrogeologischen Daten beruht. Die räumliche Verteilung der Niederschläge ist bereits im Kapitel 7.3.1. dargestellt worden. Nach Klimadaten errechnete SCHNELL (1955) eine mittlere jährliche Verdunstungshöhe um 475 mm. Die mittlere jährliche Abflußspende beträgt am Haarstrang $9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (284 mm) und steigt im Südwesten bei Hirschberg auf $16 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (504 mm).

Die Höhe der Grundwasserneubildung ist im Blattgebiet bisher nicht untersucht worden. Rückschlüsse auf die Grundwasserneubildung sind nur mit vergleichbaren Untersuchungen an anderen Orten zu begründen. An Lysimetern im mittleren Ruhrtal und bei Bonn, deren obere Bodenschicht aus Auenlehm besteht, haben LIEBSCHER (1970) und H. SCHNEIDER (1961) eine Versickerungsrate zwischen 20 und 46,7 % festgestellt. Bei einer mittleren Niederschlagshöhe von 900 mm würde die Grundwasserneubildung im Bereich flacher Talböden 180–420 mm ($5,7$ – $13,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) betragen.

Nach dem Verfahren von WUNDT (1958) kann aus der mittleren Niedrigwasserführung der Flüsse (MNQ) der durchschnittliche Grundwasserabfluß errechnet werden. Für den Pegel Völlinghausen (s. Taf. 3 in der Anl.) an der Möhne, in dessen Einzugsgebiet von 288 km^2 nicht nur große Teile des Blattgebietes, sondern auch der gesamte Warsteiner Massenkalk-Komplex mit erheblichem „Fremdwasserzufluß“ (KOCH & MICHEL & SCHRÖTER 1974) fällt, konnte ein durchschnittlicher Grundwasserabfluß von $6,01 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (Jahresreihe 1936–1975) errechnet werden. Das Einzugsgebiet des Pegels Möhnesee-Neuhaus (Einzugsgebiet $64,5 \text{ km}^2$) an der Heve (TK 25: 4514 Möhnesee, R 41 130, H 02 820) erstreckt sich nur auf die wenig wasserwegsamen Arnsberger Schichten. Dementsprechend liegt der durchschnittliche Grundwasserabfluß bei $4,9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (Jahresreihe 1934–1950). Der Mindestwert der Grundwasserspense entspricht nach WUNDT (1958) dem sommerlichen MNQ. Er erreicht am Pegel Völlinghausen $4,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ und am Pegel Möhnesee-Neuhaus $2,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Nach dem Verfahren von KILLE (1970), das auf den monatlichen niedrigsten Abflußwerten beruht, konnte aus den Daten des Pegels Völlinghausen eine mittlere Grundwasserspense von $6,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ und am Pegel Möhnesee-Neuhaus eine von $3,9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (jeweils Jahresreihe 1966 bis 1975) ermittelt werden.

7.5. Chemische Beschaffenheit des Grundwassers

Grundwasser enthält stets einen Anteil gelöster Stoffe, deren Art und Menge von verschiedenen Faktoren bestimmt werden. Aus der Luft nimmt der Niederschlag Sauerstoff, Kohlendioxid und andere Gase auf. Im Grundwasser verstärken diese Stoffe die Lösungskraft. Landwirtschaftliche Düngungen, Ionenaustausch an Tonmineralen, Adsorption, Hydrolyse, Sulfatreduktion, Mischung mit Wässern aus anderen Herkunftsbereichen und so weiter verändern die Zusammensetzung der im Grundwasser gelösten Stoffe. Konzentration und Zusammensetzung sind mithin variabel. Die Verweildauer im Boden und im

Grundwasserleiter beeinflusst darüber hinaus die Menge der chemischen Beimengungen. Zur hydrochemischen Charakterisierung der Grundwässer werden Vollanalysen herangezogen.

Die Analysenergebnisse (Tab. 7) lassen teilweise deutliche Zusammenhänge zwischen dem Chemismus des Wassers und der Gesteinszusammensetzung erkennen. Die Analysen 1 – 4 zeigen den Charakter eines Grundwassers aus dem Verbreitungsgebiet von Kalksteinen des Cenoman-Pläners. Typisch sind die erhöhten Gehalte von Ca und HCO_3 . Die Wasserhärte erreicht Werte bis 20° d (3 600 mmol/m³ Erdalkalien). Auffallend sind in dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Bereich erhöhte Mengen von NO_3 , die auf verstärkte Verwendung von Düngemitteln zurückzuführen sind. Das Grundwasser aus dem Gebiet der Arnsberger Schichten (Anal. 5 – 12) ist nur wenig mineralisiert. Es sind untypische, weiche Mischwässer, die nur eine kurze Verweildauer im Untergrund vermuten lassen. Das Grundwasser aus dem Bereich der Kulm-Tonschiefer (Anal. 13 – 16), der Kieseligen Übergangsschichten (Anal. 17) und der Schichten der höheren Adorf-Stufe (Anal. 19 – 20) ist ebenfalls ein untypisches, sehr weiches bis weiches Mischwasser. Das Wasser der Bilsteinquelle (Anal. 21) aus dem Massenkalk ist als ziemlich hartes Calcium-Hydrogencarbonat-Wasser zu bezeichnen. Es zeigt einen typischen, leicht erhöhten Gehalt von Natriumchlorid. Weiter östlich, im zentralen Teil des Warsteiner Massenkalks, kommen verstärkt Natriumchlorid führende Wässer vor, die auf sogenanntes Fremdwasser (KOCH & MICHEL & SCHRÖTER 1974) zurückzuführen sind.

7.6. Mineralwasser

Das Mineralwasser von Bad Belecke ist schon sehr lange bekannt. Urkundlich belegt ist es seit 938. Nach alter Überlieferung soll Kaiser HEINRICH I. das Mineralwasser nutzbar gemacht haben. Kaiser HEINRICH III. und seine Gemahlin Kunigunde haben in Belecke Heilung gesucht. Im 18. Jahrhundert erreichte der Badebetrieb eine bescheidene Blüte. Später ging die Quellschüttung nach Sprengarbeiten stark zurück und versiegte 1888 vollständig. 1932/33 wurde ein ca. 5 m tiefer Brunnen abgeteuft, der das Mineralwasser wieder erschloß und einen neuerlichen Badebetrieb möglich machte. Der heutige Kaiser-Heinrich-Brunnen wurde 1963 erbohrt und gefaßt.

Der neue Brunnen ist 33,35 m tief und erschließt Mineralwasser aus dem westlichen Teil des Belecker Sattels. Bis ca. 31 m wurde ein stark zerklüfteter, verkieselter Kalkstein angebohrt, aus dem der Hauptzufluß stammt. Schon bei 28,7 m wurde eine Kluft erschlossen, aus der Mineralwasser unter Druck austrat (FRICKE 1967). Die Schüttung der neuen Bohrung beträgt bei artesischem Auslauf 6 – 10 m³/h. Bei einem Pumpversuch wurden die Leistungen bis maximal 24 m³/h gesteigert. Der alte, nur 5 m tiefe Kaiser-Heinrich-Brunnen wurde während des Pumpversuches beeinflusst. Mit der Absenkung des Wasserspiegels in der Bohrung gingen Gesamtkonzentration und Chloridgehalt im alten Brunnen zurück. Aus diesem Grund wird heute der Kaiser-Heinrich-Brunnen II mit gedrosselter Leistung von nur ca. 10 000 m³/a betrieben.

Das Mineralwasser von Bad Belecke (Tab. 7: Anal. 22 vom 1. 3. 1977) ist als Natriumchloridwasser zu bezeichnen (FRICKE 1967). Es enthält etwa 6 g gelöste feste Bestandteile, wovon etwa 5,0 g NaCl sind. Beachtlich ist ein Gehalt von 1,7 mg/l Lithium im Wasser des alten Brunnens. Die Temperatur von 14°C deutet auf die Herkunft aus größerer Tiefe hin.

Tabelle 7
Grundwasseranalysen

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Entnahme- stelle entnommen aus	Mülheim Quelle	Wamel Quelle	Wamel Quelle	Ober- bergheim Quelle	Ochsen- rücken Quelle	Eisen- berg Quelle	Gehren Quelle	Freien- ohler Höhe Quelle	Bornecke- berg Quelle
Lage R H	49 750 07 270	44 030 07 230	44 830 06 820	46 520 06 380	51 690 04 900	46 180 02 940	50 540 02 440	43 140 00 120	48 780 97 380
Tiefe (m)									
Geologie**	krc	krc	krc	krc	cnA2	cnA2	cnA2	cnA2	cnA2
Entnahmedatum	6.5.81	6.5.81	6.5.81	6.5.81	6.5.81	7.5.81	5.5.81	7.5.81	7.5.81
Temperatur (°C)									
Leitfähigkeit (µS/cm)	450	490	520	450	93	106	83	79	98
pH	7,0	6,7	6,7	6,7	5,9	5,6	5,1	5,8	5,7
Σ Erdalkalien (mmol/m³)	3659	2037	3400	2599	390	356	505	315	422
Gesamthärte (°d)	20,5	11,4	19,1	14,6	2,2	2,0	2,8	1,8	2,4
Härtebereich n. Waschmittelges.	3	2	3	3	1	1	1	1	1
Säurekap. bis pH 4,3 (mmol/m³)	5392	1999	2704	3196	606	393	295	393	295
Carbonathärte (°d)	15,1	5,6	7,6	9,0	1,7	1,1	0,8	1,1	0,8
Na ⁺ (mmol/m³) (mg/l)	261 6	392 9	261 6	348 8	435 10	435 10	261 6	218 5	435 10
K ⁺ (mmol/m³) (mg/l)	51 2	26 1	<1	26 1	51 2	26 1	26 1	26 1	26 1
Mg ²⁺ (mmol/m³) (mg/l)	41 1	41 1	82 2	29 0,7	41 1	206 5	206 5	165 4	247 6
Ca ²⁺ (mmol/m³) (mg/l)	3618 145	1996 80	3318 133	2570 103	349 14	150 6	299 12	150 6	175 7
Mn. gesamt (mmol/m³) (mg/l)	3 0,16	<0,02	<0,02	<0,02	4 0,19	3 0,18	<0,02	1 0,06	2 0,09
Fe. gesamt (mmol/m³) (mg/l)	54 3	4 0,22	9 0,48	4 0,2	2 0,13	14 0,8	5 0,26	3 0,16	3 0,19
Cl ⁻ (mmol/m³) (mg/l)	508 18	987 35	310 11	790 28	197 7	197 7	310 11	197 7	197 7
NO ₃ ⁻ (mmol/m³) (mg/l)	871 54	258 16	1774 110	323 20	113 7	16 1	242 15	32 2	194 12
HCO ₃ ⁻ (mmol/m³) (mg/l)	5392 329	1999 122	2704 165	3196 195	606 37	393 24	295 18	393 24	295 18
SO ₄ ²⁻ (mmol/m³) (mg/l)	604 58	750 72	1031 99	541 52	167 16	292 28	219 21	177 17	271 26
gelöste, feste Bestandteile (mg/l)	616,16	336,22	526,48	407,9	94,32	82,98	89,26	66,22	86,28

** Erl. der Symbole s. geologische Karte

Tabelle 7 (Fortsetzung)

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Püster- berg Quelle 51 350 01 820 cnA2	Hirsch- berg Quelle 50 630 01 530 cnA1	Hirsch- berg Quelle 47 970 99 670 cnA1	Belecke Quelle 53 410 03 360 c3,t	Kronen- eichen Quelle 52 480 02 210 c3,t	Hirsch- berg Quelle 50 710 01 120 c3,t	Kahlen- bergsköpfe Quelle 51 740 00 020 c3,t	Kronen- eichen Quelle 52 260 02 020 c3,ki	Kahlen- bergsköpfe Quelle 52 590 00 960 da,t/k	Kahlen- bergsköpfe Quelle 52 630 00 580 da,t/k	Kahlen- bergsköpfe Quelle 52 770 99 930 da,t/k	Bilstein Bilstein- quelle 52 930 99 430 dv-aM	Belecke Kaiser- Heinrich- Brunnen 53 595 06 495 30 da-w
5.5.81	5.5.81	7.5.81	6.5.81	5.5.81	5.5.81	5.5.81	5.5.81	5.5.81	5.5.81	4.5.81	4.5.81	1.3.77
83 4,6	88 4,7	66 4,9	65 4,9	69 4,9	194 5,0	74 5,8	75 4,7	86 5,7	144 5,8	73 5,8	96 5,8	14 7,9
315 1,8 1 393 1,1	298 1,7 1 1196 1,1	456 2,6 1 393 1,1	1762 9,9 2 2196 6,2	1037 5,8 1 606 1,7	406 2,3 1 393 1,1	356 2,0 1 705 2,0	379 2,1 1 393 1,1	1080 6,0 1 1901 5,3	606 3,4 1 197 0,6	456 2,6 1 393 1,1	3059 17,2 3 3802 10,7	10178 57 4 4392 12,3
610 14 <1 165 4 150 6 3 0,13 3 0,15 508 18 48 3 393 24 219 21	871 20 <1 123 3 175 7 1 0,06 2 0,13 310 11 16 1 1196 73 83 8	218 5 <1 206 5 250 10 1 0,04 8 0,45 197 7 258 16 393 24 271 26	305 7 51 2 165 4 1597 64 1 0,03 9 0,52 310 11 806 50 2196 134 115 11	784 18 51 2 288 7 749 30 1 0,04 3 0,19 592 21 839 52 606 37 427 41	348 8 <1 206 5 200 8 1 0,04 6 0,34 310 11 16 1 393 24 229 22	871 20 <1 82 2 274 11 1 0,02 2 0,11 395 14 129 8 705 43 229 22	958 22 <1 329 8 50 2 10 0,56 5 0,29 310 11 48 3 393 24 437 42	392 9 <1 82 2 998 40 1 0,03 8 0,42 395 14 258 16 1901 116 21 2	174 4 26 1 82 2 524 21 1 0,04 6 0,32 395 14 161 10 197 12 364 35	697 16 <1 82 2 374 15 4 0,19 3 0,17 592 21 113 7 393 24 396 38	697 16 26 2 165 4 2894 116 1 0,04 8 0,45 1297 46 790 49 3802 232 500 48	81846 1880 307 12 2179 53 4940 198 90589 3212 <1 4392 268 Spur
90,28	123,19	93,49	283,55	208,23	79,38	120,11	112,85	199,45	99,36	123,36	513,49	5623

Die Herkunft des Mineralwassers führt FRICKE (1967) auf Solewanderung von Norden aus dem Bereich der Salzwasservorkommen im Münsterland zurück. Im Raum Belecke verlaufen etwa Nord – Süd streichende Kluft- und Zerrüttungszonen, in denen sich Salzwasser bewegt. An der hydrogeologisch günstigen Stelle des Belecker Sattels tritt es zutage.

Im östlich von der Mineralwasserquelle gelegenen Provinzialsteinbruch von Drewer (TK 25: 4516 Warstein) kommt ebenfalls ein Natriumchlorid-Mineralwasser vor, das jedoch durch Zuflüsse von Oberflächen- und süßem Grundwasser etwa auf den halben Mineralgehalt verdünnt ist. Ein unmittelbarer hydraulischer Zusammenhang zwischen den Kaiser-Heinrich-Quellen und dem Vorkommen von Drewer scheint nicht zu bestehen.

7.7. Wassergewinnung und Wasserreserven

Der Ortsteil Belecke der Stadt Warstein wird mit Trink- und Brauchwasser von den Stadtwerken versorgt, die eine umfangreiche Wassergewinnung aus dem Warsteiner Massenkalk betreiben. Daneben erhält Belecke auch Wasser vom Zweckverband Lörmecke-Wasserwerk. Hirschberg bezieht – neben eigenen Wassergewinnungen – ebenfalls Wasser aus dem Warsteiner Raum. Die Ortschaften im Möhnetal werden von dem Zweckverband Lörmecke-Wasserwerk versorgt. Der Zweckverband betreibt die Wassergewinnung aus den Lörmeckequellen bei Kallenhardt (TK 25: 4516 Warstein) und bezieht erhebliche Wassermengen aus der stärksten Karstquelle, dem Bullerteich in Warstein. Kleinere Ortschaften und Einzelanwesen versorgen sich aus kleinen Brunnen und Quelfassungen.

Im Blattgebiet Hirschberg, das vorwiegend aus sehr gering wasserhöffigen Gesteinen aufgebaut wird (s. Taf. 3 in der Anl.), besteht nur am westlichen Rand des Warsteiner Massenkalk-Komplexes die Möglichkeit, größere Wassermengen zu gewinnen (KOCH & MICHEL & SCHRÖTER 1974). Im Ausstrichbereich des Cenoman-Pläners liegt zwar ein gut bis sehr gut durchlässiger Grundwasserleiter vor, aber sein Einzugsbereich ist nur klein. Außerdem weist der Cenoman-Pläner ein Gefälle nach Norden auf, so daß das sich dort ansammelnde Grundwasser zu den Hellwegquellen abgeführt wird. Im Blattbereich Hirschberg sind die Möglichkeiten der Wassergewinnung aus dem Cenoman-Pläner nur gering.

GRAHMANN (1958) unterteilte die täglich gewinnbaren Wassermengen in Stufen von sehr groß (I, über 10 000 m³/d) bis zeitweise oder dauernd keine (VI, nur für Hausversorgung). Danach kann die Wasserhöffigkeit in den Talauen der Möhne und der größeren Bäche (s. Taf. 3) bei guter Porendurchlässigkeit der Lockergesteine der Stufe IV (100 – 500 m³/d) zugeordnet werden. Im übrigen Bereich – mit Ausnahme des Verbreitungsgebietes der Kalksteine – liegen die täglich gewinnbaren Grundwassermengen meistens unter 100 m³/d.

Außer Brunnenbohrungen bieten sich in dem bergigen Gelände Quellen zur Nutzung an. Besonders im Bereich der Arnberger Schichten sind zahlreiche Quellen vorhanden, die aber alle aufgrund ihrer geringen Schüttung und des Versiegens in Trockenzeiten nicht geeignet sind. Die Bedeutung von Quelfassungen ist auch allgemein wegen erhöhter Anforderungen in mengenmäßiger und hygienischer Hinsicht zugunsten zentraler Wassergewinnungsanlagen (u. a. Talsperren) zurückgegangen. Zahlreiche Quelfassungen sind aus diesen Gründen bereits aufgegeben worden. Vor der Fassung von Quellen sollten jeweils mehrjährige Schüttungsmessungen vorgenommen werden, um die Leistungsfähigkeit auch in Trockenzeiten abschätzen zu können.

7.8. Schutz des Grundwassers

Der Standort einer Wassergewinnungsanlage wird nicht allein von der Höffigkeit des Grundwasserleiters oder ganz allgemein von der hydrogeologischen Situation bestimmt. Auch der Schutz vor Verunreinigungen ist für die Standortfrage von entscheidender Bedeutung. Für ein Wassergewinnungsgelände der öffentlichen Versorgung müssen Trinkwasserschutzgebiete nach den Richtlinien des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW, Arbeitsblatt W 101, 1975) oder der Verwaltungsvorschrift über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten und Quellenschutzgebieten (Runderlaß des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen vom 25. 4. 1975) ausgewiesen werden.

Gesetzliche Grundlage ist § 19 des Wasserhaushaltsgesetzes. Durch entsprechende Verwaltungsvorschriften ist die Beteiligung des Geologischen Landesamtes bei der Ausweisung von Schutzgebieten geregelt.

Eine bakterielle Gefährdung geht in erster Linie von bewohnten Gebieten, landwirtschaftlichen Betrieben, Plätzen mit Menschenansammlungen (Sportplätze, Badeanstalten, Campingplätze), Schutthalden und Mülldeponien aus. Eine chemische Beeinträchtigung kann durch Fabrikationsanlagen, die auslaugbare Stoffe herstellen oder verarbeiten, Mineralöltanklagern und Mineralölfabriken, durch Tankstellen, Lagerung von Düngemitteln und Abfalldeponien hervorgerufen werden. In der Verwaltungsvorschrift über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten und Quellenschutzgebieten sind weitere Gefahrenherde aufgeführt.

8. Ingenieurgeologie (H. GRÜNHAGE)

Die im ingenieurgeologischen Teil der Erläuterungen gegebenen Hinweise auf geotechnische Eigenschaften des Untergrundes können wegen des Kartenmaßstabes und der geringen Aufschlußdichte im Blattgebiet nur als Übersicht gewertet werden. Sie können bei der Planung von Bauwerken ingenieurgeologische Spezialuntersuchungen nicht ersetzen.

Die ingenieurgeologisch-geotechnischen Eigenschaften werden im folgenden getrennt nach Fest- und Lockergesteinen beschrieben. Für den Felsuntergrund im Blattgebiet Hirschberg können hinsichtlich des petrographischen Aufbaus folgende Einheiten mit unterschiedlichen geotechnischen Eigenschaften des Gebirges und der Gesteine unterschieden werden:

- der Massenkalk im Kern des Warsteiner Sattels
- die tonig-kalkigen Schichten des Oberdevons und die tonig-kieseligen Schichten des Unterkarbons im Hangenden des Massenkalks innerhalb des Warsteiner Sattels
- die oberkarbonische Tonstein-Schluffstein-Sandstein-Wechsellagerung der Oberen und Unteren Arnsberger Schichten
- die Grünsandsteine und Plänerkalksteine der Oberkreide im nördlichen Blattbereich

Die Felsgesteine werden von Lockergesteinen überlagert, welche auf den Talflanken und Höhenrücken als steinig-grusige Hang- und Hochflächenlehme, in Talsohlen als sandig-kieselige und tonig-schluffige Ablagerungen, teilweise mit humosen Einlagerungen verbreitet sind. In den Kalksteingebieten treten ferner Lockergesteine als Spalten-, Schlotten- und Höhlenfüllungen auf.

8.1. Festgesteine (Fels)

Maßgebend für die geotechnischen Eigenschaften und das Verhalten der Festgesteine als Baugrund sind die petrographische Zusammensetzung der Gesteine, ihre Festigkeit, das Trennflächengefüge des Gebirges, der Verwitterungszustand sowie die Verwitterungsbeständigkeit. Der Begriff Trennflächengefüge umfaßt Art, Ausbildung und geometrische Anordnung aller Trennflächen im Gebirge (Schicht-, Schieferungs-, Kluft- und Störungsflächen).

8.1.1. Massenkalk

Der im östlich benachbarten Blattbereich weitflächig verbreitete Massenkalk kommt im Blattgebiet Hirschberg nur in einem kleinen Areal zutage. Die petrographische Zusammensetzung und Ausbildung sind in Kapitel 3.1.1. beschrieben.

Die Schichtflächen sind im Massenkalk wenig deutlich. Die mechanisch wirksamen Flächen folgen der Schieferung. Sie treten in Abständen von Millimetern bis wenige Zentimeter auf und bedingen somit eine teilweise Entfestigung des Gesteins. Letztere kann durch Kluftbeläge aus bindigem Verwitterungsmaterial, insbesondere bei Hinzutritt von Wasser

noch erhöht werden. Als weitere Trennflächen sind Quer-, Längs- und Diagonalklüfte zu nennen. Besonders auffällig ist die Verkarstung. Diese tritt in Form von offenen Klüften, Schlotten und Höhlen (Bilsteinhöhle) auf.

Im festen, unverwitterten Zustand sind die Kalksteine belastungsunempfindlich, die Gebirgsfestigkeiten (E-Werte) betragen hier durchweg über 3000 MN/m².

8.1.2. Ton und Kalksteine des Oberdevons und Unterkarbons

Der Felsuntergrund besteht im Bereich des Warsteiner Sattels aus einer Wechsellagerung von tonig-kalkigen Gesteinen des Oberdevons und Unterkarbons, welche teilweise verkieselt sind. Verbreitung und genaue petrographische Beschreibung siehe Kapitel 3.1. und 3.2.

Schichtflächen haben während der Faltung teilweise als Bewegungsbahnen gedient. Als Trennflächen sind sie auch im Hinblick auf die Standfestigkeit des Gebirges von großer Bedeutung. Die Schichtflächen sind im allgemeinen deutlich ausgeprägt; Ausnahmen bilden reine Tonsteine und stark verkieselte Gesteine. Das Einfallen der Schichten wird von ihrer Stellung im Faltenbau bestimmt, in enggefalteten Bereichen wechselt das Einfallen im Meterbereich.

Die Schieferung, eine die Schichtung überlagernde Teilbarkeit des Gesteins, ist weit verbreitet. Die Ton- und Kalksteine sind relativ engständig geschiefert. Die Schieferungsflächen verursachen vor allem in oberflächennahen Bereichen eine teilweise Entfestigung des Gesteins. Häufig ist auf den Schieferungsflächen der Kalksteine infolge Lösung bindiges Material angereichert, dessen Winkel der inneren Reibung insbesondere durch Zutritt von Wasser herabgesetzt wird.

Kluftflächen sind als deutliche Trennelemente hauptsächlich in den Kalk- und Sandsteinen sowie in den kieseligen Gesteinen wirksam. Klüfte in den Kalksteinen sind lang aushaltend (mehrere Meter bis 100 m) im Meterabstand, und ihr Durchtrennungsgrad ist häufig vollständig. In Kalksteinen sind Klüfte teilweise zu Spalten erweitert und mit Sedimenten oder Kalksinter wieder gefüllt oder geschlossen.

Störungen mit größerem Versatz der Schichten sind, soweit sie kartiert werden konnten, der geologischen Karte zu entnehmen. Es ist jedoch mit weiteren größeren, aber auch mit zahlreichen Störungen von geringer Erstreckung (Dezimeter bis Meter) und mit geringem Versatz zu rechnen, die das geotechnische Verhalten des Untergrundes wesentlich beeinflussen. In Störungsbereichen kann das Gebirge stärker aufgelockert und tiefergehend verwittert sein. Dies gilt ebenfalls für die meist stärker gestörten Umbiegungszonen von Mulden und Sätteln.

Die Gebirgsfestigkeit wird außer von der petrographischen Zusammensetzung des Gesteins und dem Trennflächengefüge noch von dem Grad der Verwitterung bestimmt. Anzeichen deutlicher Verwitterung, wie von Trennfugen ausgehende Zersetzung und Entfärbung sowie Auflockerung und Entfestigung des Schichtenverbandes, können bis etwa 5 m Tiefe reichen. Unterhalb dieser oberflächennahen Verwitterungszone folgt eine Zone, in welcher das Gestein frisch ist und Verwitterung sich nur durch Verfärbungssäume an Trennflächen zeigt. Trennfugen sind hier meist offen im Gegensatz zu oberflächennahen Trennfugen, welche meist verlehmt sind. Die Tiefe dieser zweiten Verwitterungszone reicht von 20 bis 50 m. Sie reicht an Hängen oder auf Hochflächen generell tiefer als in Talsohlen. An Hängen, die in Abhängigkeit von der Exposition und Stellung der Schichten und Klüfte

zurückverlegt wurden (z. B. Prallhänge) sind die Verwitterungseinflüsse geringer als an den gegenüberliegenden Hängen (Gleithänge).

Bei Gründungen von Bauwerken im Kalkstein sind spezielle Untersuchungen des Untergrundes notwendig, weil in ihm Spalten, Schlotten und Dolinen infolge Verkarstung auftreten können.

Je nach Verwitterungszustand können dem Gebirge folgende Elastizitätsmoduln (E-Werte) zugeordnet werden:

- in der oberflächennahen Verwitterungszone (bis ca. 5 m) mit Entfestigung und Auflockerung
 - Ton-, Schluff- und Kalksteine 80 – 200 MN/m²
 - Sandsteine und verkieselte Gesteine 200 – 800 MN/m²
- in der darunter folgenden Zone mit Trennfugenverwitterung, falls keine tektonische Auflockerung des Gebirges vorliegt
 - Ton- und Schluffsteine 1 000 – 3 000 MN/m²
 - Sand- und Kalksteine 2 000 – 5 000 MN/m²

Die angegebenen Elastizitätsmoduln dürfen nur als Anhaltspunkt gewertet werden. Sie können örtlich stark wechseln. In Störungszonen mit wasserempfindlichem, tonigem, schluffigem Gesteinsmaterial können die E-Werte auch unter 20 MN/m² liegen.

Die Beurteilung der Standsicherheit von Felsböschungen an Straßen und in Baugruben kann nur nach Aufnahme des Trennflächengefüges erfolgen. Bindige Beläge auf Trennflächen setzen besonders bei Wasserzutritt die Standsicherheit erheblich herab. Bei lehrmerfüllten Spalten und Schlotten besteht bei Wasserzufuhr die Gefahr des Ausfließens von bindigem Material. Weiterhin ist zu prüfen, ob ungünstig zur Böschung einfallende Schwächezonen vorhanden sind. Wenn das Gefüge aufgelockert ist, werden oft Schutzmaßnahmen erforderlich.

Bei Stollenbauten muß die tiefgründige Trennfugenverwitterung berücksichtigt werden, die oft bis in 50 m Tiefe reicht. In Bereichen mit kalkigen Schichten, welche verkarstet sein können, sind ingenieurgeologische Vorhersagen über das Gebirgsverhalten nur bedingt möglich. Selbst zahlreiche Kernbohrungen und Schürfe können meist nur Hinweise auf die Verkarstung geben, lassen aber deren tatsächliches Ausmaß und räumliche Verbreitung nur unvollständig erkennen. Der Untertagebau kann in Verkarstungsbereichen oft durch Nachbrüche an lehrmerfüllten Schlotten und Spalten sowie durch Wasser- und Schlammleinbrüche erheblich behindert oder gefährdet sein. Dies gilt ebenfalls für Störungszonen, in denen das Gebirge stark aufgelockert und die Wasserzuflüsse erhöht sein können.

Für Stauanlagen ist die Beurteilung der Wasserdichtigkeit des Untergrundes wichtig. Undichtigkeiten sind meist an Trennfugen gebunden. In oberflächennahen Bereichen ist die Wasserwegsamkeit meist durch bindige Beläge auf den Trennflächen oder durch eingeschwemmtes Feinmaterial in den Trennfugen deutlich herabgesetzt. Gebiete mit überwiegend kalkigen Gesteinen im Untergrund (z. B. Flinz-Schichten) sind für den Bau von Stauanlagen mit Dauerstau ungeeignet.

Als Schüttmaterial mit höheren Qualitätsanforderungen in bezug auf Druckfestigkeit und Verwitterungsbeständigkeit kommen die verkieselten Schichten in Betracht, soweit die

Gewinnung wegen der Mächtigkeit der einzelnen Bänke oder Schichten und der Trennung von nicht verkieselten Partien möglich ist.

Ton- und Schluffsteine sowie geringmächtige Kalksteine sind nicht verwitterungsbeständig. Sie neigen beim Einbau und Verdichten als Schüttmaterial wegen der geringen Abriebfestigkeit zur Schmierfilmbildung.

8.1.3. Ton-, Schluff- und Sandsteine des Oberkarbons

Gesteine des Oberkarbons nehmen weite Teile des Blattbereiches ein. Sie setzen sich aus einer Wechselfolge von dünnblättrigen bis bankigen Ton-, Schluff- und Sandsteinen zusammen, eine ausführliche Beschreibung der Gesteine siehe Kap. 3.2.5. und 3.2.6.

Schichtflächen wirken als mechanische Trennflächen besonders an den Grenzen unterschiedlicher Gesteinsarten (Wechsellagerung von Ton-, Schluff- und Sandstein). Gleiches gilt für die Bankfugen in Sandsteinen. In mächtigen Tonsteinkomplexen sind Schichtflächen selten, ihre geotechnische Bedeutung ist hier gering.

Schieferungsflächen sind in den Tonsteinen weit verbreitet. Sie fallen generell nach Süden bis Südosten ein. In den Sand- und Schluffsteinen sind die Schieferungsflächen weniger deutlich und weitständiger und daher als mechanisch wirksame Flächen von geringerer Bedeutung.

Kluftflächen sind vor allem in den Sand- und Schluffsteinen deutlich ausgeprägt und wirken dann als Trennelement. Sie sind meist kurzflächig (10–50 cm), engständig und setzen an Schichtflächen ab. Der Durchtrennungsgrad ist vollständig. Demgegenüber sind in Tonsteinen die Kluftflächen nur undeutlich ausgeprägt, aber vielfach latent vorhanden, sichtbar aber nur im Verwitterungsbereich. Die Klüfte sind ebenfalls kurzflächig und setzen nicht über einzelne Bänke hinaus.

In Störungszonen ist das Gestein zu einem tonig-schluffig-sandigen Material von plastischer Konsistenz verrieben und besitzt häufig eine hohe Wasserempfindlichkeit. Die Mächtigkeit dieser Zonen reicht vom Zentimeter- bis zum Meterbereich.

Die Gebirgsfestigkeit ist je nach Gesteinsausbildung, Grad der Verwitterung und dem Trennflächengefüge unterschiedlich hoch:

- in der oberflächennahen Verwitterungszone (etwa 3–5 m) mit Entfestigung und Auflockerung

Tonsteine und dünnbankige Ton-Schluffstein-Wechselfolgen	80–200 MN/m ²
Sandsteine	200–500 MN/m ²

- in der darunter folgenden Zone mit Trennfugenverwitterung, sofern keine tektonische Auflockerung des Gebirges vorliegt

Tonsteine und dünnbankige Ton-Schluffstein-Wechselfolgen	1 000–3 000 MN/m ²
Sandsteine	3 000–5 000 MN/m ²

In Störungszonen mit zerriebenem Gesteinsmaterial können die E-Werte auch weniger als 20 MN/m² betragen.

Für die Standsicherheitsbeurteilungen von Felsböschungen sind wegen der wechselnden tektonischen Verhältnisse Gefügeuntersuchungen notwendig. Böschungen mit Trennflächen, die flacher als die Böschung einfallen, begünstigen Felssturz- oder Stein-schlaggefahr.

Weiterhin ist die geringe Verwitterungsbeständigkeit der Ton- und Schluffsteine der Arnsberger Schichten zu beachten. Sie zerfallen kleinstückig bis grusig.

Bei Stollenbauten muß die tiefgründige Trennfugenverwitterung berücksichtigt werden, die oft bis in 50 m Tiefe reichen kann. In Sandsteinen reicht diese Verwitterungszone meist tiefer als in Ton- oder Schluffsteinen.

Für die Beurteilung des Untergrundes für Stauanlagen kann man davon ausgehen, daß die Gesteine der Arnsberger Schichten allgemein dicht sind.

Als Schüttmaterial eignen sich vor allem Sandsteine, weniger Schluff- und Tonsteine. Ton- und Schluffsteine sind frostempfindlich und verwittern leicht. Sie fallen bei der Gewinnung meist kleinstückig an. Beim Einbau und Verdichten neigen sie wegen der geringen Abriebfestigkeit zur Schmierfilmbildung.

8.1.4. Grünsandsteine und Plänerkalksteine der Oberkreide

Gesteine der Oberkreide sind lediglich im nördlichen Blattgebiet verbreitet.

Der als Essener Grünsand bezeichnete Gesteinshorizont besitzt im Blattgebiet Hirschberg nur eine geringe Ausstrichbreite und wird nur ca. 3 m mächtig. Den unteren Teil dieses Horizontes bildet ein Feinsandstein, den oberen Teil ein Kalkstein, der zu den Plänerkalksteinen überleitet.

Das Trennflächengefüge der Plänerkalksteine ist deutlich ausgeprägt. Bei horizontaler bis schwach geneigter Schichtung (ca. 5°) überwiegt steilstehende Klüftung. Die engständigen Klüfte sind meist auf einzelne Gesteinsbänke (im cm-dm-Bereich) beschränkt. Großklüfte, die bis zur Dezimeterweite geöffnet sein können, mit weit aushaltender Erstreckung treten nur in größeren Abständen auf. Zu beachten ist, daß solche Großklüfte zu Spalten erweitert sein können und oft mit bindigem Material gefüllt sind. Örtlich kann es zur Verkarstung kommen.

Die Gebirgsfestigkeit ist je nach Gesteinsausbildung, Zerklüftung und Verwitterung verschieden. In den kompakten, kalkreichen, unverwitterten Gesteinen liegen die Elastizitätsmoduln zwischen 700 und 3000 MN/m². In den tonreicheren Gesteinen betragen sie 200–400 MN/m² und in angewitterten Partien gehen sie bis auf 60–100 MN/m² herunter.

Bei der Anlage von Böschungen sind im Falle geneigter Trennflächen diese möglichst nicht zu unterschneiden. Andernfalls sind Sicherungen vorzusehen.

Die Mergelkalksteine sind wegen ihrer starken Durchlässigkeit infolge Zerklüftung und gelegentlicher Verkarstung für Stauanlagen mit Dauerstau nicht geeignet.

Als Schüttmaterial sollten nur unverwitterte, tonfreie Kalksteine genutzt werden. Die mergeligen Schichtpartien sind ungeeignet, da mit zunehmendem Tonanteil die Verwitterungsanfälligkeit wächst.

8.2. Lockergesteine

Die bodenmechanischen Eigenschaften der im Blattgebiet auftretenden Lockergesteine, deren Korn- und Materialzusammensetzung vom Ausgangsgestein und den Ablagerungsbedingungen abhängig ist, können recht unterschiedlich sein.

Bis auf die maximal 2 m mächtigen Schotterkörper in den Tälern der Möhne und Heve handelt es sich vorwiegend um bindige Böden, welche auf den Höhenrücken als steinig-

grusige Hang- und Hochflächenlehme, in Talsohlen als sandig-kiesige und tonig-schluffige Ablagerungen ausgebildet sind. Diese Ablagerungen sind im allgemeinen frost- und belastungsempfindlich. Die Gebirgsfestigkeiten (E-Werte) liegen je nach Anteil an bindigen Bestandteilen zwischen 8 und 15 MN/m². Bei Gründungen an Hängen sollte eine einheitliche Gründungsschicht (möglichst Fels) erreicht werden, um unterschiedliche Setzungen oder Schäden bei talwärtigen Bewegungen der Lockergesteine zu vermeiden.

Bei Baugrunduntersuchungen ist auf die unterschiedliche Zusammensetzung der Ablagerungen, besonders auf humose Einschaltungen und Torflagen zu achten.

Talschotter können nach Entfernung des überlagernden Auenlehms als relativ günstiger Baugrund angesehen werden. Die E-Werte für reine Schotter liegen bei 80 – 100 MN/m², bindige Einlagerungen setzen die E-Werte herab.

Die Lockergesteine eignen sich nicht für hochwertiges Schüttmaterial. Lehmlagerungen an Hängen und Mulden können bei ausreichenden geotechnischen Eigenschaften für den Bau von Dichtungselementen oder von Dichtungsteppichen in Staubecken verwendet werden.

Lage und Art der künstlichen Aufschüttungen können der geologischen Karte und dem Kapitel 3.5.2.4. der Erläuterungen entnommen werden. Bei der meist heterogenen Zusammensetzung der Aufschüttungen sind sorgfältige Baugrunduntersuchungen erforderlich.

8.3. Spezielle Hinweise

Bei Baumaßnahmen in den vom Bergbau berührten Bereichen (wie z. B. Grube David) sollten Auskünfte beim zuständigen Bergamt eingeholt werden.

Für die Frosteindringtiefe sind verschiedene Faktoren wie Froststärke und -dauer, morphologische Exposition sowie Bewuchs maßgebend. Die maximale Tiefe kann mit 1,5 m angenommen werden.

Der Bereich des Blattes Hirschberg liegt außerhalb der durch Erdbeben gefährdeten Gebiete (Zone 0 nach DIN 4149, 1981: Bauten in deutschen Erdbebengebieten).

9. Böden (F.-D. ERKWOH)

Die Bodenverhältnisse des Blattgebietes 4515 Hirschberg werden in Blatt L 4514 Soest der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, das sich zur Zeit in Vorbereitung befindet, im einzelnen dargestellt und ausführlich beschrieben. Daher wird hier auf der Grundlage der geomorphologischen Landschaftsgliederung lediglich eine vereinfachte bodenkundliche

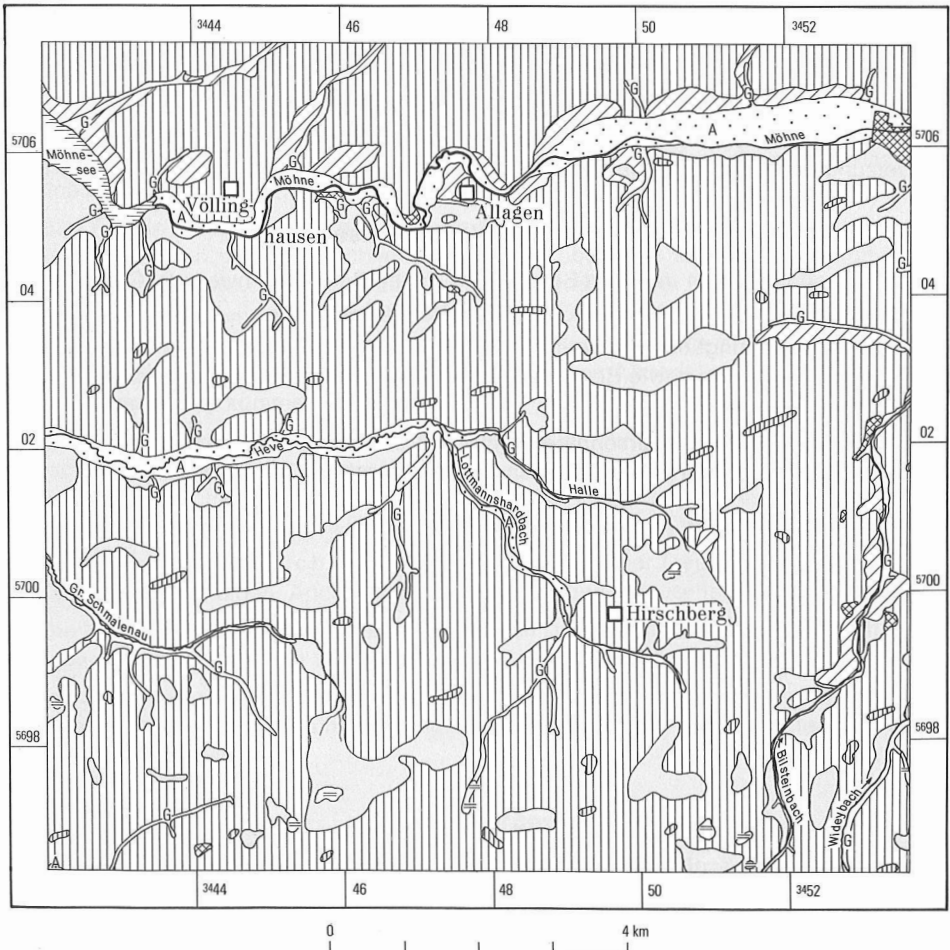


Abb. 11 Bodenkundliche Übersicht

Übersicht (Abb. 11) und eine kurze regionale Zusammenfassung der vorkommenden Bodengesellschaften gegeben.

Unter Bodengesellschaft (oder Pedochore) werden die charakteristischen Bodenformen und Bodentypen und deren Verteilung in einer Bodenlandschaft, die im wesentlichen von den geologisch-petrographischen und morphologischen Gegebenheiten geprägt ist, verstanden.



steiniger, schluffiger oder schluffig-toniger Lehm,
z.T. sandig oder kalkhaltig, 1 — 3 dm

Ton-, Schluff- und Sandstein oder Kalk- und
Kalkmergelstein



schluffiger oder schluffig-toniger Lehm,
z.T. steinig-grusig, 3 — 10 dm

toniger Lehm bis Ton, z.T. steinig,
oder verlehnte Steine 0 — 10 dm

Ton-, Schluff- und Sandstein oder Kalk- und
Kalkmergelstein



schluffiger Lehm, z.T. steinig-grusig, 10 — > 20 dm

toniger Lehm bis Ton, z.T. steinig,
oder verlehnte Steine 0 — 10 dm

Ton-, Schluff- und Sandstein oder Kalk- und
Kalkmergelstein



schluffiger oder schluffig-toniger Lehm,
z.T. steinig-grusig, 3 — > 20 dm

toniger Lehm bis Ton, z.T. steinig, 0 — 10 dm

Ton-, Schluff- und Sandstein oder Kalk- und
Kalkmergelstein



schluffiger Lehm, stellenweise tonig,
oder sandig-kiesig, 3 — 15 dm

Sand und Kies oder Ton-, Schluff- und Sandstein
oder Kalk- und Kalkmergelstein



Torf 3 — 15 dm

schluffiger bis toniger Lehm, z.T. steinig-grusig



Braunerde, stark erodiert, stellenweise Rohboden,
Ranker oder Rendzina,

aus silikatischen oder karbonatischen Festgesteinen (Devon,
Karbon), z.T. aus Hangschutt (Pleistozän)

Braunerde und Pseudogley-Braunerde, z.T. podsolig,
aus Löß-, Hang- und Hochflächenlehm (Pleistozän, Holozän),
z.T. über Hangschutt (Pleistozän) oder älteren
Verwitterungsbildungen (Tertiär, Pleistozän), darunter
silikatische oder karbonatische Festgesteine (Devon, Karbon,
Oberkreide)

Braunerde, z.T. Pseudogley-Braunerde und
Parabraunerde, z.T. podsolig,

aus Löß-, Hang- und Hochflächenlehm (Pleistozän, Holozän),
z.T. über Hangschutt (Pleistozän) oder älteren
Verwitterungsbildungen (Tertiär, Pleistozän), darunter
silikatische oder karbonatische Festgesteine (Devon, Karbon,
Oberkreide)

Pseudogley, z.T. Braunerde-Pseudogley und
Stagnogley,

aus Löß-, Hang- und Hochflächenlehm (Pleistozän, Holozän),
z.T. über älteren Verwitterungsbildungen (Tertiär, Pleistozän),
darunter Festgesteine (Devon, Karbon); mittlere
bis starke Stau- oder Hangnässe

Brauner Auenboden (A) und Gley (G), z.T. Auengley,
Naßgley und Anmoorgley,

aus schluffig-lehmigen, stellenweise aus tonigen oder
sandigen Fluß- und Bachablagerungen (Pleistozän, Holozän),
darunter z.T. Sand und Kies der Niederterrasse (Pleistozän)
oder Festgesteine (Devon, Karbon, Oberkreide); mittlerer
Grundwasserstand 4 — 20 dm unter Flur

Niedermoor und Hochmoor, z.T. Moorgley,

aus Nieder- bzw. Hochmoortorf (Holozän) über
Bachablagerungen (Pleistozän, Holozän) oder Hang- und
Hochflächenlehm (Pleistozän, Holozän); mittlerer
Grundwasserstand 0 — 4 dm unter Flur

Auf- und Abtragsflächen, Steinbrüche, Halden,
Schutt- und Müllkippen

9.1. Bodengesellschaft des Nordsauerländer Berglandes

Das südlich der Möhne gelegene Bergland, der Arnsberger Wald, der nach Süden bis über + 500 m NN ansteigt, besteht, wie die geologische Karte zeigt, überwiegend aus Ton-, Schluff- und Sandsteinen sowie Grauwacken des Karbons. Lediglich östlich von Hirschberg treten Ton- und Schluffsteine, Kieselschiefer, Kieselkalke und Kalksteine des Devons und Karbons auf. Unmittelbar auf diesen Gesteinen sind jedoch nur relativ selten und kleinflächig Rohböden und Ranker auf Bergkuppen, Felsrippen und an Steilhängen anzutreffen (Rendzinen fehlen). Meist liegt auch in Kuppen-, Rücken- und Oberhanglagen über den Festgesteinen eine geringmächtige Verwitterungsdecke aus steinig-grusigem, tonigem bis sandigem Schluff (sandig-schluffiger bis schluffig-toniger Lehm), worauf sich mindestens flachgründige Braunerden (1–3 dm Entwicklungstiefe) entwickelt haben. Diese sind trockenempfindliche, ertragsarme Grünland- und Waldstandorte.

Im überwiegenden Teil des Berglandes sind die Lockerbodendecken mehr als 3 dm mächtig und stellenweise auch geschichtet. So liegt bei stärkerer Hangneigung meist an der Basis (über dem Festgestein) eine steinige Hangschuttdecke und darüber steinig-grusiger Hanglehm, umgelagerter, grusiger Lößlehm oder ein Gemenge von beiden. In Plateau- und schwach geneigten Hanglagen sind oft noch tonige Schluffe bis schluffige Tone (schluffig-tonige Lehme) als Relikte von tertiären oder altpleistozänen Bodenbildungen (Graulehm, Terra fusca) erhalten geblieben. Sie stehen oberflächlich an oder sind gleichfalls von Löß- oder Hanglehm überdeckt. Auf diesen Standorten sind je nach Art der Schichtung und Durchlässigkeit des Untergrundes typische und podsolige Braunerden (z. T. Lockerbraunerden), Pseudogley-Braunerden, Braunerde-Pseudogleye, Pseudogleye und Stagnogleye von mittlerer bis großer Entwicklungstiefe (3–10 dm) ausgebildet. Sie werden sowohl land- als auch forstwirtschaftlich genutzt und besitzen im allgemeinen mittlere Ertragsfähigkeit.

Darüber hinaus ist auf der Anhöhe östlich der Bilsteinhöhle ein reliktsches Terra-rossa-Vorkommen erwähnenswert. In Unterhang- und Hangfußlagen, wo gelegentlich die Löß- und Hanglehmmächtigkeiten über 1 m betragen, sind auch sehr tiefgründige Braunerden, Gley-Braunerden und Gley-Pseudogleye (Entwicklungstiefe 10–> 20 dm) entwickelt; Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden kommen selten vor. An quelligen Stellen im Verbreitungsgebiet der Graulehme sind Pseudogleye und Stagnogleye oftmals mit kleinflächigen Hochmooren (Quellmoore) vergesellschaftet. Die Entwässerungsrinnen und Bachtäler werden gewöhnlich von Gleyen und Naßgleyen eingenommen, wobei stellenweise Übergänge zu kleinflächigen Anmoor- und Moorgleyen sowie Niedermooren vorkommen.

9.2. Bodengesellschaft des Haarstranges

Vom Haarstrang, der sich als flacher Höhenrücken darstellt, liegt im Blattgebiet fast nur die Südhangregion. Dort sind die Ton-, Schluff- und Sandsteine des Oberkarbons größtenteils von Mergel- und Kalksteinen der Oberkreide überdeckt. Darüber liegt meist noch ein schluffig-toniger bis toniger Verwitterungslehm (Terra fusca), der teilweise als Grundmoräne (Lokalmoräne) umgelagert und teils von Lößlehm in verschiedener Mächtigkeit überlagert ist. Aus diesen Substraten haben sich an exponierten Stellen kleinflächige Rendzinen und Rendzina-Braunerden und in größerer Verbreitung mittel- bis tiefgründige Braunerden, Pseudogley-Braunerden und Pseudogleye entwickelt. In Unterhanglagen mit größeren Lößmächtigkeiten kommen neben Braunerden auch Parabraunerden und Kolluvien von sehr großer Entwicklungstiefe (10–> 20 dm) vor. Die im Karstbereich auftretenden Trocken-

täler sind von mächtigen Kolluvien und Gley-Kolluvien aus Lößlehm erfüllt. Diese gehen in den Bereichen der Bachtäler allmählich in Gleye über.

9.3. Bodengesellschaft des Möhnetals

Im Möhnetal und im Tal der Heve, einem Nebenfluß der Möhne, ist eine verhältnismäßig breite, ebene Talaue ausgebildet, die den natürlichen Überflutungsbereich des Flusses darstellt und, da hier noch überwiegend natürliche Verhältnisse herrschen, auch mit gewisser Regelmäßigkeit überflutet wird. Die Auenablagerungen bestehen hauptsächlich aus tonig-schluffigem Feinsand (schluffiger Lehm) von durchschnittlich 1 – 1,5 m Mächtigkeit, der kalkfrei und teilweise humos gebändert ist, stellenweise auch tonige Schluffschichten an der Basis über den Schottern der Niederterrasse aufweist. Bodentypologisch sind hier vorwiegend Braune Auenböden entwickelt, die teilweise randlich, wo ehemalige Altwasserläufe verliefen, von Auengleyen begleitet sind. In den übrigen Nebentälern der Möhne sind diese Böden kaum ausgeprägt, sie kommen jedenfalls über die Stufe des Auengleys nicht hinaus. Der Grundwasserspiegel ist weitgehend von den Schwankungen der Fluß- und Bachwasserstände abhängig; er liegt während der Vegetationsperiode meist tiefer als 1,3 m unter Flur.

In der äußersten Südwestecke des Blattgebietes wird ein kleines Stück der Braunen Auenböden der Ruhr tangiert, die im wesentlichen den gleichen Aufbau wie die der Möhne haben.

10. Verzeichnis der Schriften und Karten

Schriften

- ADEMME, F., & ROTERS, F. A. (1979): Geschichte des Eisenerzbergbaus in Warstein. – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 241–246, 3 Abb.; Heidelberg.
- ALBERS, H. J., & BURGHARDT, O., & CLAUSEN, C.-D., & DINTER, W. (1982): Bald mehr Schutzmöglichkeit für Zeugen der Erdgeschichte. GeoschOb-Kataster NW erfaßt aus geowissenschaftlicher Sicht schutzwürdige Objekte. – LÖLF Mitteilungen, **7** (1): 7–15, 7 Abb.; Münster-Hiltrup.
- ARNOLD, H. (1960): Morphologische Probleme an der oberen Möhne. – Z. dt. geol. Ges., **111**: 746 S.; Hannover.
- BOSUM, W., & KIND, E. G. (1972): Die magnetische Anomalie von Soest. – Z. Geophysik, **38**: 749–765, 7 Abb.; Würzburg.
- BÜRGENER, M. (1969): Geographische Landesaufnahme 1:200 000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 110 Arnsberg. – 80 S., 5 Abb., 1 Kt.; Bad Godesberg (B.-Forsch.-Anst. Landeskd. u. Raumordn.).
- CLAUSEN, C.-D. (1978), mit Beitr. von FUCHS, W., & GWOSDZ, W., & JÄGER, B., & KAMP, H. VON, & KREBS, W., & REHAGEN, H.-W., & SCHERP, A., & WIRTH, W., & WOLF, M.: Erläuterungen zu Blatt 4814 Lennestadt. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4814** Lennestadt: 474 S., 29 Abb., 28 Tab., 4 Taf.; Krefeld.
- (1979): Über kreidezeitliche bis pleistozäne Karstfüllungen im Warsteiner Massenkalk (Rheinisches Schiefergebirge). – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 113–124, 4 Abb.; Heidelberg.
- CLAUSEN, C.-D., & GREBE, H., & LEUTERITZ, K., & UFFENORDE, H., & WIRTH, W. (1982): Zur Paläogeographie, Tektonik und Karstmorphologie der südlichen und östlichen Warsteiner Carbonatplattform (Warsteiner Sattel, Rheinisches Schiefergebirge). – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **30**: 241–319, 6 Abb., 3 Tab., 10 Taf.; Krefeld.
- CLAUSEN, C.-D., & GREBE, H., & LEUTERITZ, K., & WIRTH, W. (1978): Zur Altersstellung und paläogeographischen Bedeutung des Paläokarstes auf der Warsteiner Carbonatplattform. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1978** (10): 577–589, 5 Abb.; Stuttgart.
- CLAUSEN, C.-D., & JÖDICKE, H., & TEICHMÜLLER, R. (1982): Geklärte und ungeklärte Probleme im Krefelder und Lippstädter Gewölbe. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **30**: 413–432, 2 Taf.; Krefeld.
- CLAUSEN, C.-D., & LEUTERITZ, K. (1984), mit Beitr. von ERKWOH, F.-D., & KAMP, H. VON, & REHAGEN, H.-W., & WEBER, P., & WOLF, M.: Erläuterungen zu Blatt 4516 Warstein. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4516** Warstein: 155 S., 20 Abb., 14 Tab., 3 Taf.; Krefeld.

- DECHEN, H. VON (1850): Ueber die Schichten im Liegenden des Steinkohlengebirges an der Ruhr. – Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinld. u. Westph., **7**: 186–208; Bonn.
- (1855): Geognostische Uebersicht des Regierungs-Bezirks Arnsberg. – Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinld. u. Westph., **12**: 117–225; Bonn.
 - (1884): Geologische und paläontologische Übersicht der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen, sowie einiger angrenzenden Gegenden. – Erl. geol. Kt. Rheinprov. u. Prov. Westf., **2**: 933 S.; Bonn (Henry).
- DENCKMANN, A. (1894): Clymenien-Quarzite und -Hornsteine bei Warstein i. W. – Z. dt. geol. Ges., **46**: 481–482; Berlin.
- (1895): Zur Stratigraphie des Oberdevon im Kellerwalde und in einigen benachbarten Devon-Gebieten. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., **15**: 8–64, 4 Abb., 4 Tab., 1 Taf.; Berlin.
- Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern (1975): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, Tl. 1: Schutzgebiete für Grundwasser. – Arb.-Bl. W 101: 1–11; Frankfurt/M. (DVGW).
- DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Tl. 1 (1981). – 14 S., 6 Abb., 3 Tab., 1 Beibl.; Berlin (Beuth-Verl.).
- EBERT, A. (1968), mit Beitr. von DAHM, H.-D., & MICHEL, G., & REHAGEN, H.-W., & SCHERP, A., & SIEBERT, G.: Erläuterungen zu Blatt 4716 Bödefeld. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4716** Bödefeld: 111 S., 14 Abb., 4 Tab., 9 Taf.; Krefeld.
- EBHARDT, G., & MEIBURG, P. (1979): Beziehungen zwischen Tektonik und Karst im Warsteiner Raum (Nordöstliches Rheinisches Schiefergebirge). – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 93–111, 12 Abb.; Heidelberg.
- FRICKE, K. (1949): Bericht über eine Befahrung der Eisenerzgrube Christiansglück bei Warstein am 19. 7. 1949. – 4 S., 1 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Unveröff.]
- (1967), mit Beitr. von GRABERT, H., & ZIEGLER, W.: Das Heilquellengebiet von Bad Belecke (Möhne) und die Neuerschließung von Natrium-Chlorid-Wasser 1963. – Geol. Jb., **84**: 735–754, 5 Abb.; Hannover.
- GRAHMANN, R. (1958): Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. – Forsch. dt. Landeskde., **104** (2): 198 S., 48 Abb., 3 Taf., 2 Kt.; Remagen.
- HEITFELD, K.-H. (1965): Hydro- und baugelogeologische Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Untergrundes an Talsperren des Sauerlandes. – Geol. Mitt., **5**: 210 S., 71 Abb., 18 Tab., 4 Taf.; Aachen.
- HISS, M. (1981): Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie der Kreide-Basisschichten (Cenoman bis Unterturon) am Haarstrang zwischen Unna und Möhnesee. – Diss. Univ. Münster: 337 S., 54 Abb., 13 Tab., 7 Taf., 7 Kt.; Münster. – [Unveröff.]
- KILLE, K. (1970): Das Verfahren MoMNQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. – Z. dt. geol. Ges., Sonderh. Hydrogeol. Hydrogeochem.: 89–95, 6 Abb.; Hannover.
- KOCH, M., & MICHEL, G. (1979): Der Warsteiner Massenkalk – Hydrogeologie und Wasserwirtschaft. – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 125–142, 9 Abb., 4 Tab.; Heidelberg.
- KOCH, M., & MICHEL, G., & SCHRÖTER, H. (1974): Zur Hydrogeologie des Warsteiner Massenkalk-Gebietes (Nordöstliches Sauerland). – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **20**: 195–214, 4 Abb., 5 Tab., 2 Taf.; Krefeld.

- KRAEMER, A. (1940): Neue Fischspuren im Paläozoicum des Sauerlandes. – Abh. Landesmus. Naturkde. Prov. Westf., **11** (1): 49–53, 3 Taf.; Münster.
- KREBS, W. (1968): Zur Frage der bretonischen Faltung im östlichen Rhenoharzynikum. – Geotekt. Forsch., **28**: 1–71, 9 Abb.; Stuttgart.
- (1971): Devonian reef limestones in the eastern Rhenish Schiefergebirge. – In: Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook. – VIII. internat. Sediment. Congr. 1971, Heidelberg: 45–81, 32 Abb., 4 Tab.; Frankfurt/M. (Kramer).
 - (1974): Devonian carbonate complexes of central Europe. – In: LAPORTE, L. F. [Hrsg.]: Reefs in time and space. – Soc. econ. Palaeontologists and Mineralogists, spec. publ., **18**: 155–208, 25 Abb., 10 Tab.; Tulsa/Oklahoma.
- KREBS, W., & WACHENDORF, H. (1979): Der paläogeographisch-tektonische Entwicklungsgang des südlichen Warsteiner Komplexes, Rheinisches Schiefergebirge. – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 33–45, 10 Abb.; Heidelberg.
- KÜHNE, F. (1938), mit Beitr. von PFEFFER, P.: Erläuterungen zu Blatt Arnsberg-Nord. – Geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Länder 1: 25 000: 36 S., 7 Tab., 1 Taf.; Berlin. – [2. Aufl.: Erl. geol. Kt. Nordrh.-Westf., 4514 Möhnesee; Krefeld 1977]
- LIEBSCHER, H.-J. (1970): Grundwasserneubildung und Verdunstung unter verschiedenen Niederschlags-, Boden- und Bewuchsverhältnissen. – Wasserwirtschaft, **60**: 168–173, 8 Abb., 4 Tab.; Essen.
- MEIBURG, P. (1979): Kreide-Transgression und Paläokarst im Gebiet der Warsteiner Karbonat-Plattform (Westfalen). – In: Aspekte der Kreide Europas. – IUGS series, (A) **6**: 363–384, 9 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.
- MEIBURG, P., & STOFFELS, D. (1979): Die Höhlen im Warsteiner Massenkalk. – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 143–178, 24 Abb., 1 Titelb.; Heidelberg.
- MEIBURG, P., & HÜGEL, P., & MARZELA, C., & ROTERS, F. A. (1977): Die geologische Entwicklung der Liet-Höhle im Warsteiner Massenkalk (Rheinisches Schiefergebirge). – Aufschluß, **28**: 457–507, 36 Abb., 1 Tab., 1 Titelb.; Heidelberg.
- MENDEL, H. G., & UBELL, K. (1973): Der Abflußvorgang. – Dt. gewässerkd. Mitt., **17**: 33–39 u. 85–91, 5 Abb.; Koblenz.
- MUCHOW, S. (1965 a): Zur Stratigraphie und Tektonik des Warsteiner Sattels. – Dipl.-Arb. Univ. Bonn: 51 S., 18 Abb., 1 Tab., 1 Kt.; Bonn. – [Unveröff.]
- (1965 b): Über die Beziehung zwischen Flinzschichten und Massenkalk im Warsteiner Sattel. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **9**: 723–730, 4 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- NATERMANN, E. (1951): Die Linie des langfristigen Grundwassers (AuL) und die Trockenwetterabflußlinie (TWL). – Wasserwirtschaft, **41** (Sonderh. Vortr. Tag. gewässerkd. Anst. am 13./14. 9. 1950 in München): 12–14; Bielefeld.
- OVERBECK, F. (1950): Die Moore Niedersachsens. – Geol. u. Lagerst. Nieders., **3** (4. Abt.): 122 S., 56 Abb., 2 Taf.; Bremen-Horn. – [2. Aufl.]
- (1975): Botanisch-geologische Moorkunde unter besonderer Berücksichtigung der Moore Nordwestdeutschlands als Quellen zur Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte. – 719 S., 263 Abb., 38 Tab.; Neumünster (Wachholtz-Verl.).
- PAECKELMANN, W. (1937): Vorschläge für Untersuchungsarbeiten auf Grube David. – 3 S., 1 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Unveröff.]

- PAECKELMANN, W., & RICHTER, G. (1938): Bretonische Faltung und Visé-Transgression im Gebiet von Warstein in Westfalen. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., **58**: 256–272, 4 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- PATTEISKY, K. (1959): Die Goniatiten im Namur des Niederrheinisch-westfälischen Karbongebietes. – Mitt. westf. Berggewerkschaftskasse, **14**: 66 S., 18 Abb., 14 Taf.; Herne.
- PLESSMANN, W. (1966): Lösung, Verformung, Transport und Gefüge (Beiträge zur Gesteinsverformung im nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge). – Z. dt. geol. Ges., **115**: 650–663, 8 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- RICHTER, G. (1936–1940): Aufnahmeberichte zu Blatt 4515 Hirschberg. – 20 S., 1 Abb., 1 Kt. 1: 25 000; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Unveröff.]
- (1944): Bericht über die in den Jahren 1938–40 durchgeführten Untersuchungsarbeiten auf Eisenerze in der Umgebung von Warstein/Westfalen. – 29 S., 3 Abb., 10 Anl.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Unveröff.]
- RICHTER-BERNBURG, G. (1953): Zur Tektonik des mitteldevonischen Massenkalkes (Beobachtungen aus dem Gebiet von Warstein, Westfalen). – Z. dt. geol. Ges., **104**: 94–98, 3 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- RITZEL, A. (1972): Der geologische Aufbau und die Oberflächengestaltung des Kreises Lippstadt. – Beitr. Heimatkde. Kr. Lippstadt, **4**: 286 S., 170 Abb., 13 Tab., 1 Kt.; Lippstadt (C. J. Laumanns).
- ROTHERS, F. A. (1973): Die Bilsteinhöhlen in Warstein. – 14 S., 4 Abb.; Warstein (Hennecke).
- SCHMIDT, H. (1922): Das Oberdevon-Culm-Gebiet von Warstein i. W. und Belecke. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., **41**: 254–339, 7 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- SCHMIDT, H., & PLESSMANN, W. (1961): Sauerland. – Slg. geol. Führer, **39**: 151 S., 8 Abb., 24 Taf., 1 Kt.; Berlin.
- SCHNEIDER, H. (1961): Die Grundwasserneubildung. – Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **12**: 285–292, 321–328, 358–368, 14 Abb.; Berlin.
- SCHNEIDER, W. (1973 a): Einige Beobachtungen zur Diagenese in den devonischen Karbonatkomplexen des ostrheinischen Schiefergebirges unter besonderer Berücksichtigung der Quarzbildung. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1973** (4): 231–257, 16 Abb., 6 Tab.; Stuttgart.
- (1973 b): Ein weiterer Beitrag zur Entstehung verschiedener Generationen authigener Quarze in der Umgebung von Suttrop/Sauerland. – Aufschluß, **24**: 33–38, 5 Abb., 2 Tab.; Göttingen.
- (1977): Diagenese devonischer Karbonatkomplexe Mitteleuropas. – Geol. Jb., **D 21**: 3–107, 11 Abb., 7 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- SCHNELL, K. (1955): Gewässerkundliche Karten von Nordrhein-Westfalen. – 3 Kt., viele Tab.; Düsseldorf (Minist. Ernähr., Landwirtsch. u. Forsten Land Nordrh.-Westf.).
- SEIBERTZ, E. (1979): Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie der „Mittel“-Kreide zwischen Rüthen und Erwitte (Alb–Coniac, SE-Münsterland). – Aufschluß, Sonderbd. **29** (Warstein): 85–92, 6 Abb.; Heidelberg.
- STACH, E., & MACKOWSKY, M. TH., & TEICHMÜLLER, M., & TAYLOR, G. H., & CHANDRA, D., & TEICHMÜLLER, R. (1982): STACHs Textbook of Coal Petrology. – 3. Aufl.: 420 S., 159 Abb., 1 Taf.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).

- STADLER, G. (1974): Bericht über erzmikroskopische Analysenergebnisse von einer Bohrproube aus der Aufschlußbohrung Soest-Erwitte 1 (TK 25 Nr. 4415, Anröchte). – 6 S.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Unveröff.]
- STASCHEN, D. (1968): Zur Geologie des Warsteiner und Belecker Sattels (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland). – Münstersche Forsch. Geol. Paläont., **5**: 119 S., 56 Abb., 7 Taf.; Münster.
- STRUCKMEIER, W. (1982): Zur Geochemie, Mikroskopie und paläogeographischen Deutung der Liegenden Alaunschiefer (Dinantium II α) und eingelagerter Phosphorite im Belecker und Warsteiner Sattel (nördliches Rheinisches Schiefergebirge). – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **30**: 321–339, 6 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- TEICHMÜLLER, M., & TEICHMÜLLER, R. (1982): Das Inkohlungsbild des Lippstädter Gewölbes. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **30**: 223–239, 3 Abb., 4 Tab.; Krefeld.
- THOME, K. N. (1968), mit Beitr. von MERTENS, H., & REHAGEN, H.-W., & WOLF, M.: Erläuterungen zu Blatt 4615 Meschede. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25 000, Erl., **4615** Meschede: 148 S., 15 Abb., 7 Tab., 6 Taf.; Krefeld.
- (1980): Der Vorstoß des nordeuropäischen Inlandeises in das Münsterland in Elster- und Saale-Eiszeit – Strukturelle, mechanische und morphologische Zusammenhänge. – Westf. geograph. Stud., **36** (Quartärgeologie): 21–40, 9 Abb.; Münster.
- TIMMERMANN, O. (1959): Heterogene Flußläufe und asymmetrische Einzugsgebiete der Flüsse am Nordrande des Rheinischen Schiefergebirges als bedeutsame Merkmale für die Morphogenese. Das Flußnetz von Möhne – Ruhr und Lippe als Beispiele. – Z. Geomorphol., N. F., **3**, 1: 63–84, 7 Taf.; Berlin.
- WACHENDORF, H. (1965): Wesen und Herkunft der Sedimente des westfälischen Flözleeren. – Geol. Jb., **82**: 705–754, 12 Abb., 2 Tab., 4 Taf.; Hannover.
- WOLF, M. (1972): Beziehungen zwischen Inkohlung und Geotektonik im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **141** (2): 222–257, 10 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. – In: GRAHMANN, R.: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. – Forsch. dt. Landeskde., **104** (2): 47–54, 2 Abb.; Remagen/Rh. (B.-Anst. Landeskde.).

Karten

- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1: 50 000. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt L 4514 Soest, Bearb. ERKWOH, F.-D. – [In Vorbereit.]
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 100 000, m. Erl., – Hrsg. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt C 4714 Arnsberg (1981); Bearb. KAMP, H. VON

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, m. Erl. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.

Blatt 4513 Neheim-Hüsten (1979), Bearb. KÜHNE, F., & WUNSTORF, W. – [2. Aufl.]

Blatt 4514 Möhnesee (1978), Bearb. KÜHNE, F. – [2. Aufl.]

Blatt 4516 Warstein (1984), Bearb. CLAUSEN, C.-D., & LEUTERITZ, K.

Blatt 4615 Meschede (1968), Bearb. THOME, K. N.

Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten 1 : 25 000. – Hrsg. Preuß. Geol. L.-Anst.; Berlin.

Blatt 4517 Alme (1936), Bearb. PAECKELMANN, W., & KÜHNE, F.

Blatt 4518 Madfeld (1936), Bearb. PAECKELMANN, W., & KÜHNE, F.

Blatt 4614 Arnsberg (Süd) (1938), Bearb. KÜHNE, F.

Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen (1960). – 77 Kt., 10 Taf. m. Erl.; Offenbach (Dt. Wetterdienst).

Vegetation – Potentielle Vegetation (1972). – Deutscher Planungsatlas, **1** (3): 1 Kt. 1 : 500 000, m. Erl. u. Leg. – Hrsg. Akad. Raumforsch. u. Landesplanung, Bearb. TRAUTMANN, W.; Hannover (Jänecke).