

**Gliederung des Quartärs am unteren Niederrhein
an Hand von Bohrdaten**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dipl.-Geol. Andreas Wrobel

aus Düsseldorf

Düsseldorf, April 2006

Aus dem Institut für Geowissenschaften
der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

1. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Schirmer, Wolkenstein
2. Gutachter: Prof. Dr. Ekkehard Jordan, Düsseldorf

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Juli 2006

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	8
2.	Untersuchungsgebiet	10
2.1	Der Rhein und kleinere Flüsse des Arbeitsgebietes	12
2.2	Geomorphologischer Überblick	12
2.3	Geologischer Überblick	14
2.3.1	Paläozoikum und Mesozoikum	14
2.3.2	Tertiär	17
2.3.3	Quartär	22
3.	Erd- und Landschaftsgeschichte	24
3.1	Paläozoikum	24
3.2	Mesozoikum	25
3.3	Neozoikum	26
3.3.1	Tertiär	26
3.3.2	Quartär	26
3.4	Tektonik	29
3.4.1	Mikrotektonik in den Niederlanden	31
4.	Forschungsgeschichte des Untersuchungsgebietes und seines Rahmens	32
4.1	Obere Mittelterrasse	32
4.2	Mittlere Mittelterrasse	32
4.3	Holstein-Sedimente	34
4.4	Untere Mittelterrasse 2	35
4.5	Glaziäre Ablagerungen	39
4.5.1	Beckenschluffe	39
4.5.2	Sander	39
4.5.3	Stauchmoräne	40
4.5.4	Grundmoräne	44
4.6	Untere Mittelterrasse 3	45
4.6.1	Vorselaer-Schichten	45
4.7	Untere Mittelterrasse 4	46
4.8	Eem-Ablagerungen	46
4.9	Niederterrasse	47
4.9.1	Niederterrasse allgemein	47
4.9.2	Ältere Niederterrasse	47
4.9.3	Jüngere Niederterrasse	48
4.10	Vergleich des unteren Niederrheins mit den Niederlanden	49
4.11	Zusammenfassung der Terrassenablagerungen	56
5.	Untersuchungsmethoden	60
6.	Der Schichtenaufbau im Untergrund des unteren Niederrheins an Hand von Bohrdaten	65
6.1	Lithologische Einheiten im Untergrund des unteren Niederrheins und deren Abgrenzung	65
6.2	Der Schichtenaufbau im Untergrund des unteren Niederrheins an Hand von Bohrdaten	69

6.3	Darstellung der Ergebnisse in Großschnitten	121
7.	Aussagen der Bohrdaten	125
7.1	Gliederung der Lithologie	125
7.2	Vergleich einiger eigener Schnitte mit Schnitten des Geologischen Dienstes von Nordrhein-Westfalen	150
7.3	Vergleich der eigenen Schnitte mit den Gebieten im Süden und Südosten	162
7.4	Vergleich der eigenen Schnitte mit den Schnitten der Niederlande	163
8.	Ergebnisse	167
9.	Zusammenfassung	173
	Schriftenverzeichnis	177
	Kartenverzeichnis	189
	Kurzfassung	190
	Danksagung	191
	Erklärung	192
	 Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung von Eis und Flusssedimenten während des ersten Eisvorstoßes der Saale-Kaltzeit	8
Abb. 2: Die Lage des Untersuchungsgebietes in Nordrhein-Westfalen	10
Abb. 3: Die Lage des Untersuchungsgebietes am nördlichen Niederrhein	11
Abb. 4: Naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes	13
Abb. 5: Sedimentationsrate am unteren Niederrhein im Jungmesozoikum	15
Abb. 6: Verteilung der tertiären Schichten zwischen Uedem und Wesel	17
Abb. 7: Inlandeisvorstöße des Drenthe-Stadiums in der Umgebung des Blattes Xanten nach KLOSTERMANN (1989: 72-73)	41ff.
Abb. 8: Spätpleistozäne Chrono- und Lithostratigraphie (nach BERENDSEN & STOUTHAMER, 2001)	50
Abb. 9: Schnitt zwischen Maas und Waal bei Bergharen (Niederlande)	52
Abb. 10: Der Rheinverlauf seit der mittleren Saale	54
Abb. 11: Säulenprofil der Bohrung 4 aus Tab. 5 mit Ansatzhöhe	62
Abb. 12: Beispiel eines Schnittes, welches mit RW99 erstellt wurde	63
Abb. 13: Ein komplett bearbeiteter Schnitt	64
Abb. 14: Topographische Übersichtskarte Elten	69
Abb. 15: Schnitt Elten 1	70
Abb. 16: Schnitt Elten 2	70
Abb. 17: Schnitt Elten 3	72
Abb. 18: Topographische Übersichtskarte Emmerich	73
Abb. 19: Schnitt Emmerich 1	74
Abb. 20: Schnitt Emmerich 2	75
Abb. 21: Schnitt Emmerich 3	76
Abb. 22: Schnitt Emmerich 4	76
Abb. 23: Schnitt Emmerich 5	77
Abb. 24: Topographische Übersichtskarte Isselburg	78
Abb. 25: Schnitt Isselburg 1	79
Abb. 26: Schnitt Isselburg 2	80
Abb. 27: Schnitt Isselburg 3	80
Abb. 28: Topographische Übersichtskarte Kleve	81
Abb. 29: Schnitt Kleve 1	82
Abb. 30: Schnitt Kleve 2	83
Abb. 31: Schnitt Kleve 3	83
Abb. 32: Schnitt Kleve 4	84
Abb. 33: Schnitt Kleve 5	84
Abb. 34: Schnitt Kleve 6	85
Abb. 35: Schnitt Kleve 7	86
Abb. 36: Schnitt Kleve 8	86
Abb. 37: Topographische Übersichtskarte Kalkar	87
Abb. 38: Schnitt Kalkar 1	88
Abb. 39: Schnitt Kalkar 2	89
Abb. 40: Schnitt Kalkar 3	90
Abb. 41: Schnitt Kalkar 4	90
Abb. 42: Schnitt Kalkar 5	91
Abb. 43: Schnitt Kalkar 6	91
Abb. 44: Topographische Übersichtskarte Rees	92
Abb. 45: Schnitt Rees 1	93
Abb. 46: Schnitt Rees 2	94

Abb. 47: Schnitt Rees 3	94
Abb. 48: Schnitt Rees 4	95
Abb. 49: Schnitt Rees 5	95
Abb. 50: Schnitt Rees 6	96
Abb. 51: Schnitt Rees 7	96
Abb. 52: Topographische Übersichtskarte Uedem	98
Abb. 53: Schnitt Uedem 1	99
Abb. 54: Schnitt Uedem 2	100
Abb. 55: Schnitt Uedem 3	101
Abb. 56: Schnitt Uedem 4	101
Abb. 57: Schnitt Uedem 5	102
Abb. 58: Schnitt Uedem 6	102
Abb. 59: Schnitt Uedem 7	103
Abb. 60: Schnitt Uedem 8	104
Abb. 61: Schnitt Uedem 9	104
Abb. 62: Schnitt Uedem 10	105
Abb. 63: Schnitt Uedem 11	105
Abb. 64: Topographische Übersichtskarte Xanten	106
Abb. 65: Schnitt Xanten 1	107
Abb. 66: Schnitt Xanten 2	108
Abb. 67: Schnitt Xanten 3	109
Abb. 68: Schnitt Xanten 4	109
Abb. 69: Schnitt Xanten 5	110
Abb. 70: Schnitt Xanten 6	110
Abb. 71: Schnitt Xanten 7	111
Abb. 72: Schnitt Xanten 8	112
Abb. 73: Schnitt Xanten 9	112
Abb. 74: Schnitt Xanten 10	113
Abb. 75: Topographische Übersichtskarte Wesel	114
Abb. 76: Schnitt Wesel 1	115
Abb. 77: Schnitt Wesel 2	116
Abb. 78: Schnitt Wesel 3	117
Abb. 79: Schnitt Wesel 4	117
Abb. 80: Schnitt Wesel 5	118
Abb. 81: Schnitt Wesel 6	118
Abb. 82: Schnitt Wesel 7	119
Abb. 83: Schnitt Wesel 8	120
Abb. 84: Großschnitt Elten-Isselburg	122
Abb. 85: Großschnitt Kleve-Rees	123
Abb. 86: Großschnitt Uedem-Hünxe	124
Abb. 87: Karte der Quartär-Basis	127
Abb. 88: Karte aller gefundenen Rinnenschotter	129
Abb. 89 a: Gliederung der Eisvorstöße	131
Abb. 89 b: Weiterer Verlauf der Eisvorstöße nördlich des Monreberges	132
Abb. 90: Lage der glazialen Becken in den Niederlanden	134
Abb. 91: Die Basis der unteren Mittelterrasse	136
Abb. 92: Die heutige Oberfläche der unteren Mittelterrasse	137
Abb. 93: Basis der Eem-Ablagerungen	140

Abb. 94 a: Eem-Schnitt	142
Abb. 94 b: Eem-Schnitt durch alle Bohrungen des Blattes Uedem	143
Abb. 95: NT-Schnitt	145
Abb. 96: Rhein-Schnitt	146
Abb. 97: Niers-Schnitt	147
Abb. 98: Bodenkarten im Untersuchungsgebiet	151
Abb. 99: Bearbeitete Schnitte und Bohrungen des Geol. Dienstes	152
Abb. 100: Vergleich der Bohrung 101 und 109	153
Abb. 101: Schnitt durch die Beckenschluffe	154
Abb. 102: Vergleich der Bohrungen 1, 21 und 22 mit der Bohrung KB 3	156
Abb. 103: Wesel 2 und KB 12/12A	156
Abb. 104: RG-Schnitte	165
Abb. 105: Idealisierte Darstellung der Eisvorstöße	168
Abb. 106: Eigene stratigraphische Gliederung des Quartärs im Untersuchungsgebiet	171
Abb. 107: Mögliche Gliederung durch MIS-Stufen	172

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gliederung des Tertiärs am unteren Niederrhein	21
Tab. 2: Gliederung des älteren Pleistozäns	34
Tab. 3: Die Gliederung der unteren Mittelterrasse am Niederrhein	36
Tab. 4: Stratigraphie nach SCHIRMER	37
Tab. 5: Vergleich der stratigraphischen Abfolge für das Mittelpleistozän der Niederlande und des südlichen Niederrheins	38
Tab. 6: Gliederung des Spätpleistozäns und Holozäns nach verschiedenen Autoren	49
Tab. 7: Gliederung der Kreftenheye Formation	51
Tab. 8: Vergleich der stratigraphischen Gliederung	56
Tab. 9: Gliederung des Pleistozäns	59
Tab. 10: Ausschnitt einer Tabelle der Kopfdaten	60
Tab. 11: „lit.“-Daten zu a4.lit aus Tab. 5	60
Tab. 12: Legende der lithologischen Einheiten	61
Tab. 13: Legende der lithostratigraphischen Einheiten	65
Tab. 14: Auflistung des Kartenmaterials im Untersuchungsgebiet	150
Tab. 15: Zuordnung saaleglazialer Eisrandablagerungen zu den unterschiedlichen Gletschervorstößen im Untersuchungsgebiet	161
Tab. 16: Unterschiede in der Gliederung des jüngeren Quartärs vom Niederrhein und den Niederlanden	163

Tabellen im Anhang

Tab. I:	Kopfdaten Blatt 4102 Elten
Tab. II:	Kopfdaten Blatt 4103 Emmerich
Tab. III:	Kopfdaten Blatt 4104 Isselburg
Tab. IV:	Kopfdaten Blatt 4202 Kleve
Tab. V:	Kopfdaten Blatt 4203 Kalkar
Tab. VI:	Kopfdaten Blatt 4204 Rees
Tab. VII:	Kopfdaten Blatt 4303 Uedem
Tab. VIII:	Kopfdaten Blatt 4304 Xanten
Tab. IX:	Kopfdaten Blatt 4305 Wesel

Tabellen im Anhang (zum Herausnehmen)

Tab. X:	Legende der lithologischen Einheiten
Tab. XI:	Legende der lithostratigraphischen Einheiten

Abkürzungen im Text

HT	=	Hauptterrasse
MT	=	Mittelterrasse
oMT	=	obere Mittelterrasse
mMT	=	mittlere Mittelterrasse
uMT	=	untere Mittelterrasse
NT	=	Niederterrasse
T	=	Tertiär
BS	=	Beckensande bzw. Beckenschluffe

1. Einleitung

Eis und Wasser haben die Landschaft am nördlichen Niederrhein in den letzten 2 Mio. Jahren am stärksten gestaltet. Das Abflussverhalten des Rheins wurde in erster Linie durch die unterschiedlichen Klimaverhältnisse gesteuert. Während der Kaltzeiten bildeten sich bevorzugt verwilderte Flusssysteme („braided-river System“), in den Warmzeiten entwickelten sich überwiegend mäandrierende Flüsse und Bäche.

In den Kaltzeiten stießen die Gletscher von Skandinavien aus nach Süden bis an den Niederrhein vor. Die Gletscher schoben Moränen auf. Schmelzwässer am Eisrand schütteten Sander an. Die Eisfront drängte den Rhein nach Südwesten ins heutige Nierstal ab. Abb. 1 zeigt die Lage des Eises, des Rheins und der Maas (und deren Sedimente) zur Zeit der ersten Vereisung in der Saale-Kaltzeit.

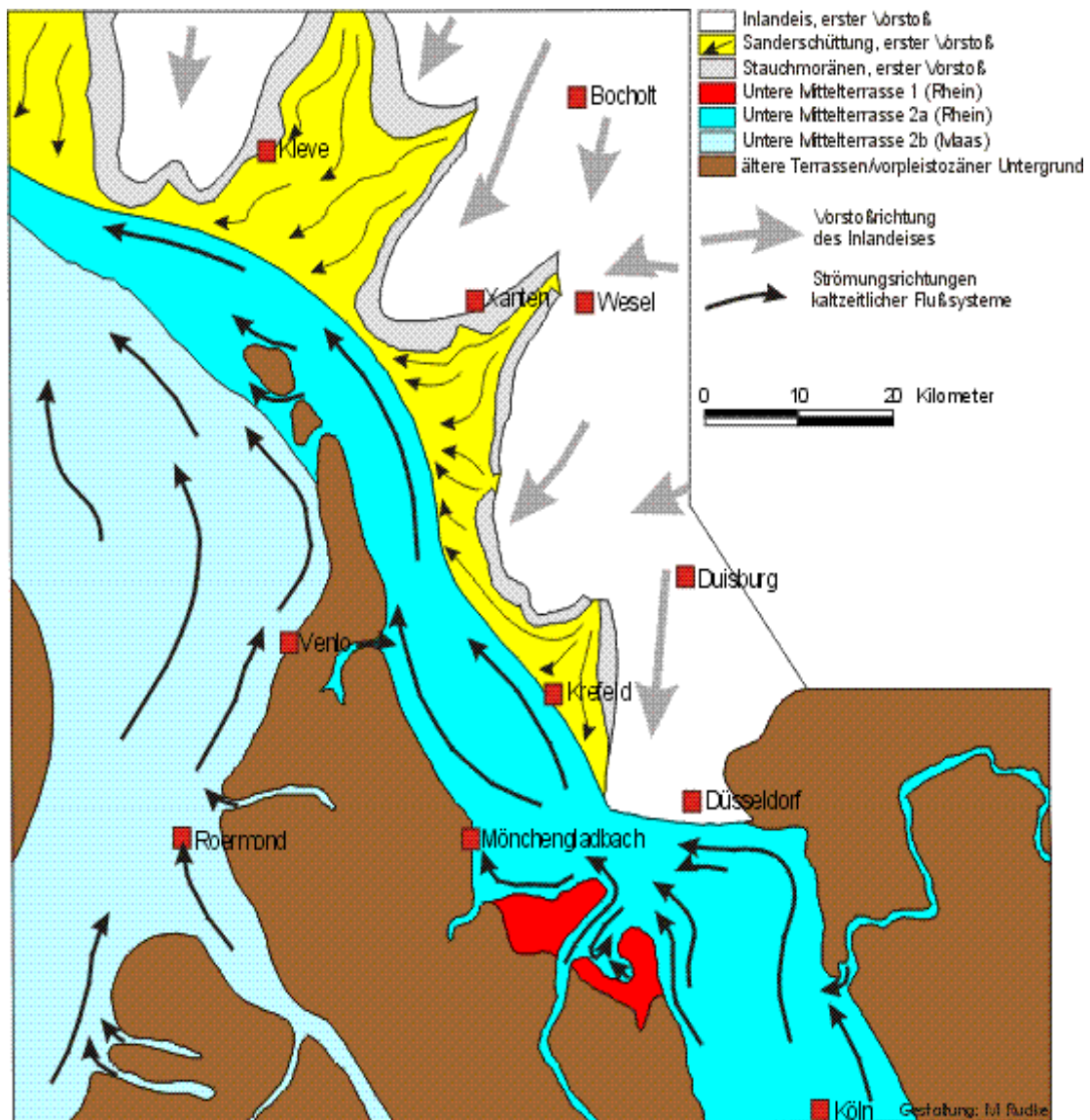


Abb. 1: Verteilung von Eis und Flusssedimenten während des ersten Eisvorstoßes der Saale-Kaltzeit

(aus: <http://www.nz-kleve.de/Archiv/Veroeff/Naturlandschaft/Naturland2.htm>)

Aufgabe dieser Arbeit wird sein, die Lagerungsverhältnisse der Terrassenkörper des Rheins an Hand von Bohrdaten zu untersuchen. Dabei werden Gegensätze und Gemeinsamkeiten zu früheren Arbeiten beschrieben.

Die eigene Arbeitsmethode verwendet große Mengen lithologischer Daten in Form von Einzelbohrungen. Die Einzelbohrungen enthalten dabei nicht viel Information. Sie müssen im Zusammenhang mit vielen Bohrungen gesehen werden. Dabei entstand ein großräumiges Bild des Arbeitsgebietes in Form von Profilschnitten.

Frühere Arbeitsmethoden wurden kleinräumig angewendet und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt.

Durch diese Arbeit soll erstmalig eine flächendeckende Kartierung des Untergrundes im Untersuchungsgebiet erstellt werden, wobei Karten entstehen werden, die die Lagerungsverhältnisse der Quartär-Basis, der mittleren Mittelterrasse, der Basis und der Oberfläche der unteren Mittelterrasse, sowie der Basis der Eem-Ablagerungen beschreiben.

Mit Hilfe der erstellten Schnitte und Karten werden neue Erkenntnisse über die zeitliche Abfolge der Stauchmoränenendwälle und der Beckenschluffe entwickelt.

Großschnitte über das gesamte Untersuchungsgebiet sowie durch die Ablagerungen des Eems, der Niederterrasse und des Holozäns vervollständigen das Bild.

In einem letzten Schritt werden die neuen Erkenntnisse in einem Schnitt und einer lithostratigraphischen Tabelle zusammengefasst.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden der Niederrheinischen Bucht und wird dem Niederrheinischen Tiefland zugeordnet (vgl. Abb. 2). Es umfasst die topographischen Karten (1:25 000): 4102 Elten, 4103 Emmerich, 4104 Isselburg, 4202 Kleve, 4203 Kalkar, 4204 Rees, 4303 Uedem, 4304 Xanten und 4305 Wesel mit einer Gesamtfläche von ca. 1150 km².

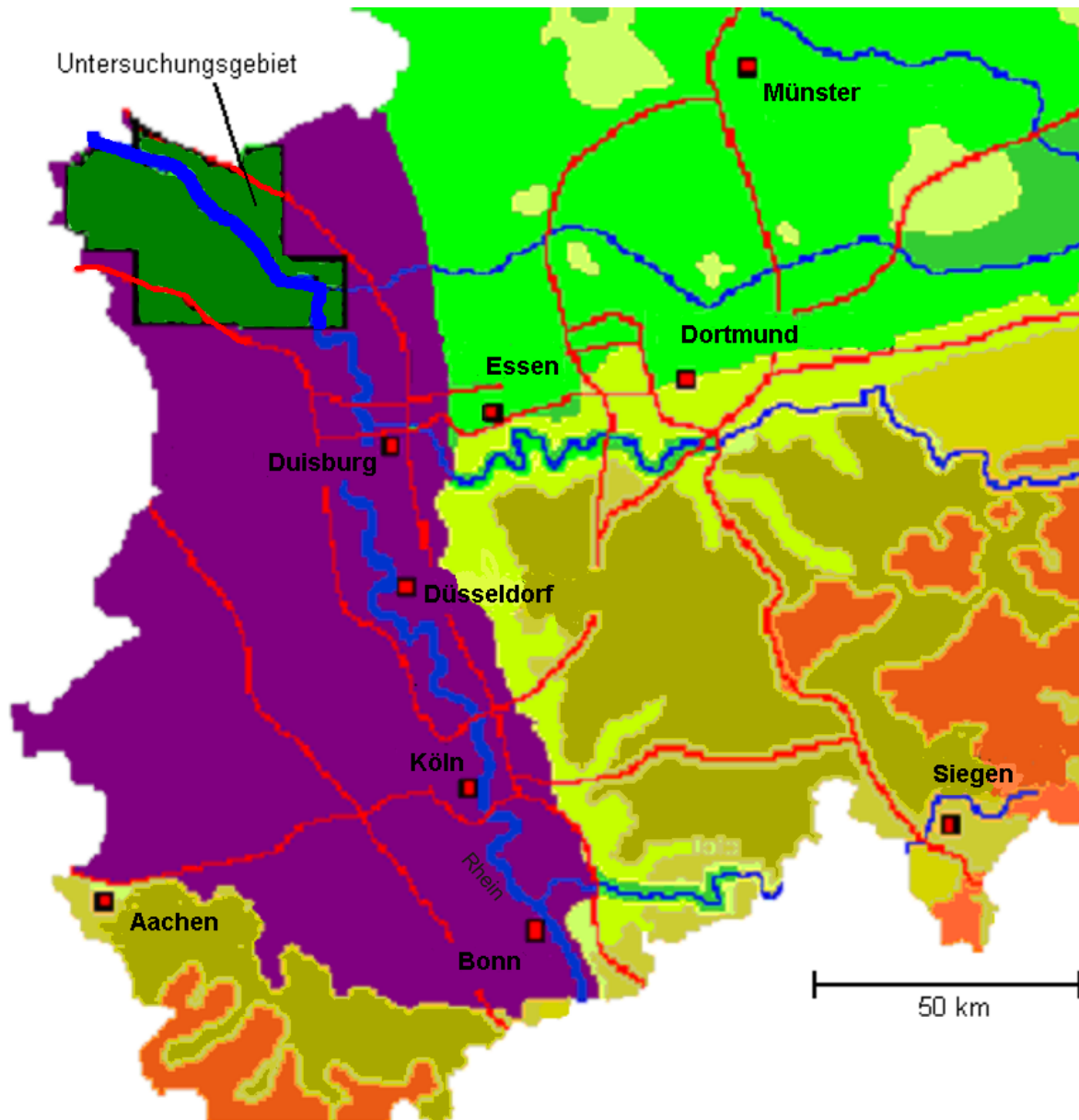


Abb. 2: Die Lage des Untersuchungsgebietes in Nordrhein-Westfalen (Karte erstellt mit dem Programm: Top 50, Amtliche topographische Karten Nordrhein-Westfalen), violett: Niederrheinische Bucht, dunkelgrün: Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet folgt im Norden der niederländischen Grenze bis östlich von Isselburg, verläuft weiter in südlicher Richtung bis Wesel. Nach Westen über den Rhein verläuft die Grenze des Gebietes dann über Sonsbeck, Weeze, Goch und Kranenburg wieder zur niederländischen Grenze (Abb. 3).

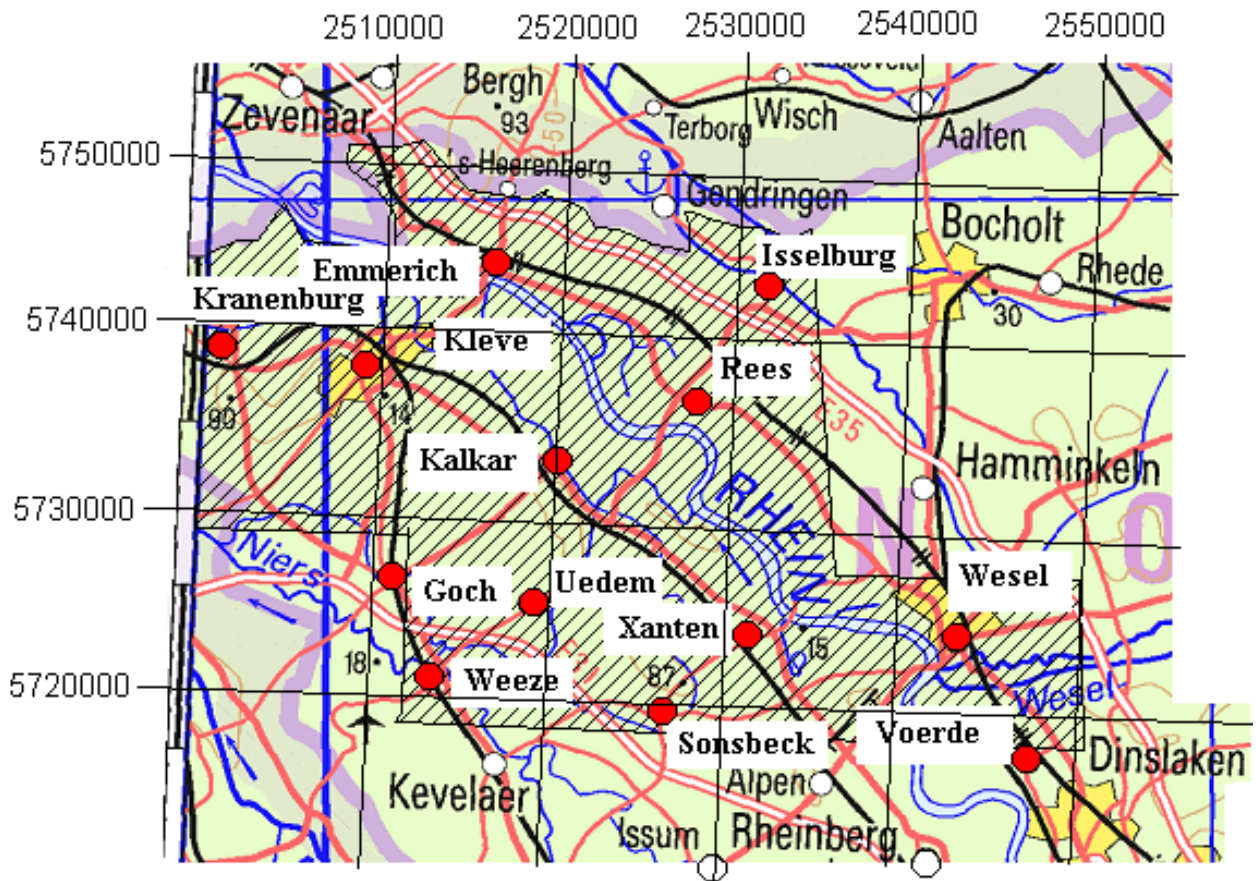


Abb. 3: Die Lage des Untersuchungsgebietes am nördlichen Niederrhein (Karte erstellt mit dem Programm: Top 50; Amtliche topographische Karten, Nordrhein-Westfalen)

2.1 Der Rhein und kleinere Flüsse des Arbeitsgebietes

Der Rhein ist der größte Fluss im Arbeitsgebiet und der Hauptgestalter der Terrassenlandschaft. Er durchfließt das Arbeitsgebiet auf einer Gesamtlänge von 56 km und ist durchschnittlich 200 bis 400 m breit. Der Rheinspiegel liegt bei Wesel bei 17,7 m über NN und fällt bis Elten auf 10,2 m über NN, d.h. er hat ein durchschnittliches Gefälle von 0,134 ‰.

Neben der Lippe, die bei Wesel in den Rhein mündet, gibt es im Arbeitsgebiet noch mehrere kleine Bäche, die dem Rhein zufließen: z.B. bei Xanten die Pistlay, bei Uedem die Grenzlay, bei Kalkar bis Emmerich die Kalflack (vgl. Bachsymbole auf Abb. 3 und dessen Verlauf, weitere Bezeichnungen von Gewässern finden sich auf den geologischen Schnitten, vgl. Kapitel 6.2). Den südwestlichen Bereich des Arbeitsgebietes durchfließt die Niers bei Goch und Weeze, die in die Maas entwässert. Von Isselburg kommend fließt die Issel in nördliche, und von Bocholt kommend die Bocholter Aa in nordwestliche Richtung. Nördlich von Grendingen (Niederlande) münden sie zusammen und bilden die Oude IJssel, die ins IJsselmeer fließt.

2.2 Geomorphologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet umfasst den nordwestlichen Teil der Niederrheinischen Bucht (vgl. Abb. 4). Die Oberfläche wird durch Lockersedimente gebildet, die marinen, fluviatilen, äolischen und glazialen Ursprungs sein können. Mehrmaliges Umlagern ist keine Seltenheit. Die Landschaft wird durch begrabene Terrassen und Terrassenreste des Rheins gestaltet, die später überprägt wurden. Aus der meist ebenen Landschaft ragen die Stauchmoränenwälle und Sander heraus.

Die Rheinebene wurde in erster Linie vom Rhein selbst geformt. Untergeordnet prägen auch Flugsande und heute größtenteils eingeebnete Dünen das Gebiet.

Linksrheinisch bildeten Stauchmoränenwälle einen zusammenhängenden, girlandenähnlichen Höhenzug (Abb. 4), welcher später durch fluviatile Erosion zerteilt wurde. Zum Teil wurde die Oberfläche der Stauchmoränen schon während der Bildung zu periglazialen Fließberden umgeformt, die dann später mit holozänen Flugsanden bedeckt wurden.

Nordwestlich von Emmerich befinden sich die Eltener Höhen (Montferland in den Niederlanden genannt), mit dem „Eltenberg“ (82,4 m) als höchste Erhebung. Hierbei handelt es sich um, von Tälern durchzogene, überwiegend bewaldete Höhen, die als Stauchmoränenwälle durch die saalezeitlichen Gletschervorstöße entstanden sind (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 10-12). Bereits vorhandene Flussaufschüttungen wurden in die Stauchung mit einbezogen. Beim Eltenberg handelt es sich um die Reste einer weit ausholenden Girlande, die einst mit den linksrheinischen Stauchmoränenwällen in direkter Verbindung stand (s. Abb. 1). Im Südwesten der Eltener Höhen folgen der Kranenburger Lobus, der Uedemer Hochwald, der Sonsbecker und der Xantener Lobus. Bei Sonsbeck beginnt der Höhenzug des Balberger Waldes (Tüschental) und des Hochwaldes. Die höchste Erhebung auf dem Tüschental erreicht 86,2 m. Zwischen dieser Erhebung und dem Rhein liegt in der Unteren Rheinebene die Ortschaft Xanten.

Südlich des Eltenbergs schließt sich die Untere Rheinniederung an (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 10-12). Ein großer Teil dieser ausgedehnten Ebene befindet sich im Überflutungsbereich des Rheins. Erst durch den Deichbau seit dem 19. Jahrhundert wurde er stark eingeebnet. Eine Ausnahme bildet die Emmericher Sandplatte. Sie besteht aus

eingebneten Dünen (und zum Teil Flugsand) direkt unter Emmerich und dem nördlichen Vorland, und liegt 2-3 m höher als die sie umgebene Untere Rheinniederung (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 12).

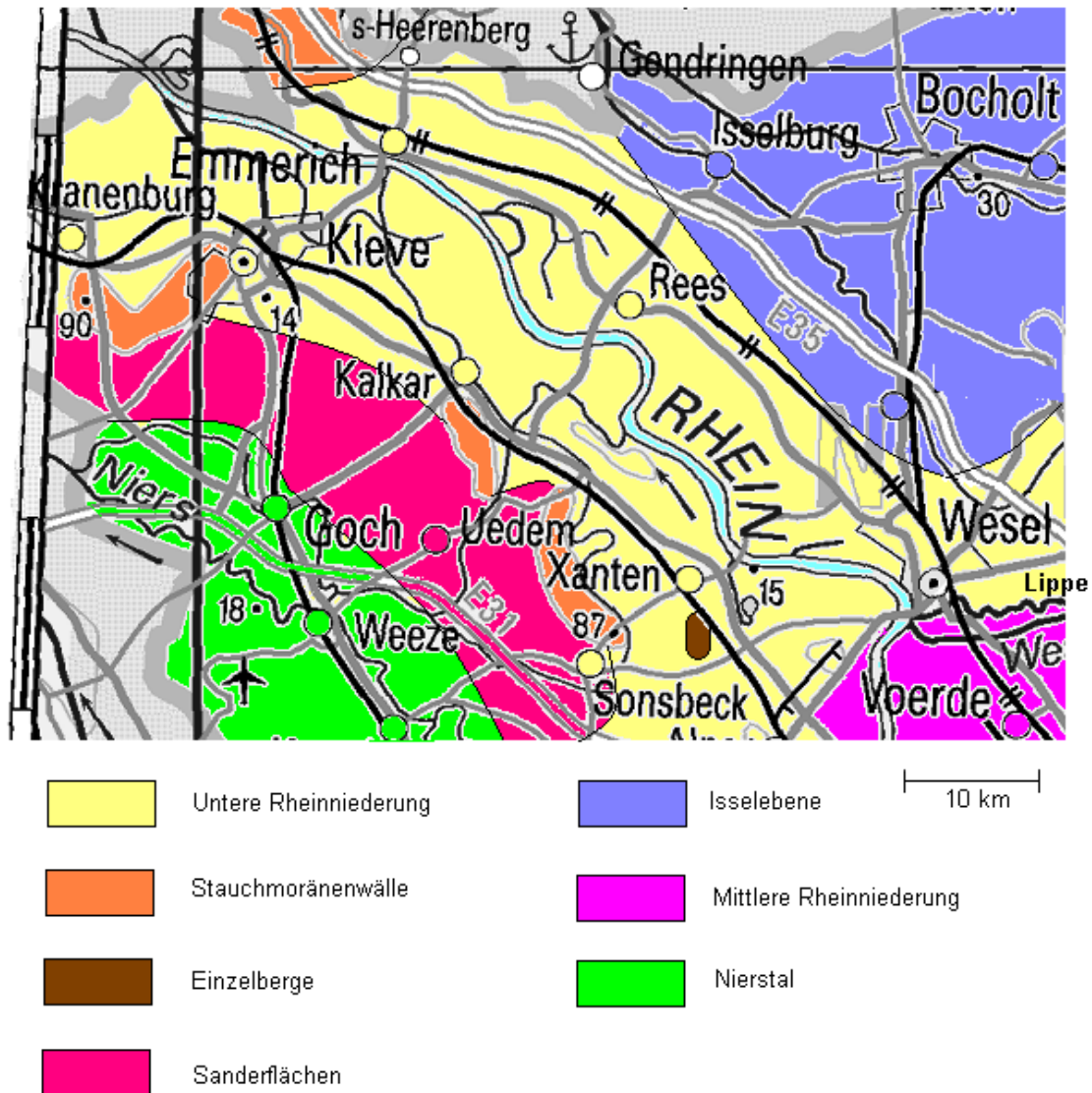


Abb. 4: Naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes.

Die Untere Rheinniederung lässt sich nördlich von Emmerich in die Millingen-Emmericher Rheinniederung, südwestlich in die Grieth-Klevertal und südöstlich in die Rees-Bislicher Rheinniederung trennen. Die Stauchmoränenwälle laufen von Nordwesten nach Südosten: Eltener Höhen, Kranenburger Lobus, Uedemer Hochwald sowie der Sonsbecker und Xantener Lobus. Der Einzelberg ist die Hees.

Die Untere Rheinniederung lässt sich in mehrere Bereiche unterteilen. Zwischen den Eltener Höhen im Norden und der Emmericher Sandplatte im Süden liegt entlang der Grenze zu den Niederlanden die Millingen-Emmericher Rheinniederung (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 10-12). Im Südwesten schließt sich die Grieth-Klevertal Rheinniederung an. In südöstlicher Richtung verläuft die Rees-Bislicher Rheinniederung. Ganz im Osten des

Untersuchungsgebietes schließt sich die Isselebene an. Diese wiederum lässt sich bis in den Nordosten des Blattes Wesel verfolgen. Südlich von Wesel beginnt die Mittlere Rheinniederung. Das 0,7-1,5 km breite Lippetal trennt die Mittlere Rheinniederung von der Unteren Rheinniederung.

Die Untere Rheinniederung wird hauptsächlich durch die Rheinauen gebildet. Dort liegen auch zahlreiche Altrheinarme. Zum Beispiel befindet sich südlich von Emmerich der Grietherorter Altrhein, der eine direkte Verbindung zum Bienener Altrhein besitzt. Westlich von Emmerich befindet sich der Kelleper Altrhein. Nördlich von Rees liegt das Millinger Meer, welches ebenso wie das Schmale Meer westlich und das Hagener Meer im Südwesten von Rees Altrheinarme repräsentieren. Südöstlich von Xanten liegt das Naturschutzgebiet Alter Rhein und westlich von Wesel liegt der Flürener Altrhein.

Die Isselebene wird ausschließlich durch die ältere Niederterrasse des Rheins (vgl. JANSEN 2001: 18) gebildet. Die ältere Niederterrassenfläche endet keilförmig im Ortsgebiet von Wesel und weitet sich nach Norden über die Ortschaften Diersfordt, Flüren und Blumenkamp aus. Morphologisch fällt eine deutliche Zweiteilung der älteren Niederterrasse auf. Der östliche Teil ist mit Höhen zwischen 22,5 und 25,0 m über NN verhältnismäßig eben, wogegen ab dem westlichen Ortsrand von Blumenkamp das Gebiet wesentlich stärker gegliedert ist. Über den Hochflutablagerungen der älteren Niederterrasse wurden Dünen und Flugsande in unterschiedlichen Höhen aufgeweht. Die Geländeoberfläche schwankt hier zwischen 22,5 und 30,0 m über NN, wobei einige Dünen bis an 35,0 m reichen.

Die Mittlere Rheinebene wird durch die rechtsrheinische Niederterrasse und in einem kleinen Teil durch die linksrheinische Niederterrasse sowie durch den Auenbereich des Rheins südlich der Lippe gebildet (vgl. JANSEN 2001: 17 und Abb. 4). Sie liegt zwischen 20,0 und 26,0 m über NN. Der Übergang der Niederterrasse in die Auensedimente ist meist durch eine ausgebildete Geländekante zu erkennen.

Westlich von Wesel befindet sich der nördlichste Einzelberg (auch Inselberg genannt) einer sich nach Süden, außerhalb des Untersuchungsgebietes, fortsetzenden Kette von Einzelbergen (z.B. der Rayerberg und der Eyllscherberg nordwestlich von Neukirchen-Vluyn oder der Dachsberg und der Hoher Busch westlich von Kamp-Lintfort). Die markante isolierte Erhebung im Untersuchungsgebiet ist die Hees, mit dem 74,9 m hohem Wolfsberg. Diese Erhebung bestehen aus Resten einer später entstandenen Stauchmoräne. Sie wurden vom Rhein wesentlich stärker umflossen.

Westlich des Hochwaldes, zwischen Uedem und Goch, beginnt eine breite Ebene, die leicht nach Südwesten geneigt ist. Hierbei handelt es sich um Sanderflächen, die sich mit Unterbrechungen bis über den Reichswald nach Kranenburg verfolgen lassen.

Ganz im Südwesten, zwischen Weeze und Goch, befindet sich das Nierstal, welches eine fast ebene Fläche bildet.

2.3 Geologischer Überblick

2.3.1 Paläozoikum und Mesozoikum

In der Niederrheinischen Bucht wurde nur selten devonisches Gestein erbohrt, älteres Gestein überhaupt nicht. Im Untersuchungsgebiet fehlt der Nachweis dieser Ablagerungen ganz. HILDEN (1988: 14) beschreibt allgemein grauen, zum Teil rot und grün gefärbten Tonstein und Sandstein sowie selten Konglomerate als Ablagerungen aus dem Unterdevon. Nur auf der TK 25: 4205 Hamminkeln (Bohrung Isselburg 3 aus den Jahren 1965-66, sie ist nicht identisch mit der hier dargestellten Bohrung 3 auf der TK: 25: 4104 Isselburg, diese Bohrung hat nur

zufällig die gleiche Bezeichnung) wurden ab einer Tiefe von 4207 m bis zur Endteufe bei 4398 m, grauschwarze schluffige, zum Teil feinsandige Tonsteine mit dünnen Kalksteinlagen aus dem Oberdevon beschrieben (vgl. F. JANSEN 2001). Vermutlich lag das Untersuchungsgebiet im Unterdevon am Südrande des Old-Red-Kontinents (vgl. HILDEN 1988: 14-16).

Die Gesteine aus dem Unterkarbon sind in der Niederrheinischen Bucht alle kalkig oder dolomitisch ausgebildet (vgl. HILDEN 1988: 16-17).

Im Oberkarbon bildeten sich Waldmoore mit Torflagern, aus denen sich die spätere Steinkohle bildete. Die Steinkohle wurde auf Blatt Wesel zwischen 650 und 1500 m erbohrt. Zum Abbau ist es bis heute nicht gekommen, da die Bohrungen im Untersuchungsgebiet nicht ausreichend sind, um den Verlauf und die Mächtigkeiten der Flöze zu bestimmen.

Während der asturischen Phase der variszischen Orogenese bildete sich das Krefelder Gewölbe, das der variszischen Faltenachse folgt. Im Bereich dieser Achsenaufwölbung sind die oberkarbonischen Gesteinsfolgen, die nordöstlich und südwestlich davon die Grundgebirgsoberfläche bilden, abgetragen (vgl. WREDE & HILDEN 1988: 10).

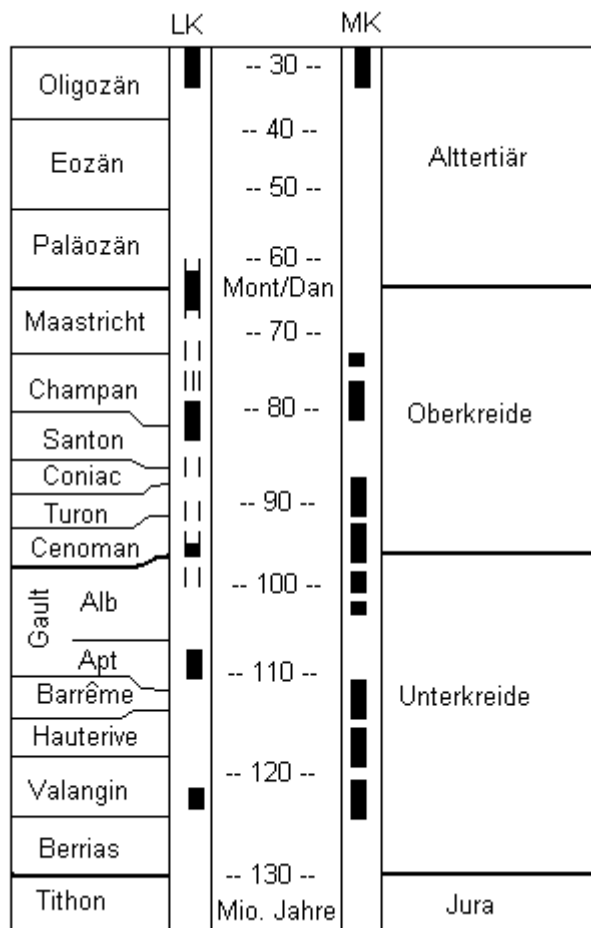


Abb. 5: Sedimentationsrate am unteren Niederrhein im Jungmesozoikum (umgezeichnet nach HILDEN & THIERMANN 1988: 30), LK: Linksrheinische Kreide, MK: Münsterländer Kreide.

Aus dem Rotliegenden (Unterperm) sind Konglomerate aus Goch und Xanten bekannt. Über den Ablagerungen des Karbons folgen bei Wesel nach wenigen Zehnermetern diskordant Steinsalzablagerungen aus dem Perm. Das Niederrheinische Zechstein-Becken bildete ein Nebenbecken des Norddeutschen Beckens. Am Niederrhein kam es nur im Zechstein 1-4 (Werra-Serie) zur Evaporitbildung. Das Bergwerk „Borth“ (bei Rheinberg) ist heute eines der größten Steinsalzförderer in Europa. Das Werk fördert auch Sole aus dem Bereich Xanten. Bei Uedem findet sich Kalisalz, welches aber nicht abgebaut wird.

Ablagerungen aus der Trias sind im Untersuchungsgebiet unvollständig und wurden später durch Erosion zusätzlich abgetragen (vgl. KNAPP 1988: 23-27). Aus dem Buntsandstein sind Reste von Ton-, Fein- und Mittelsandstein mit Gips und Anhydrit sowie Konglomeratlagen und Rogenstein (ein sandiger Kalkoolith aus dem Unteren Buntsandstein) bekannt. Die Reste des Muschelkalks bestehen aus Kalk-, Kalkmergel- und Dolomitstein und enthalten zum Teil Lagen aus Ton- und Mergelstein sowie Feinsandstein und Gips. Die Gesteine aus dem Keuper bestehen aus Sandstein, Ton- und Mergelstein.

Auch die Ablagerungen aus dem Jura sind am Niederrhein lückenhaft (vgl. KNAUFF 1988: 27-28). Nur vereinzelt (z.B. bei Bislich, einem westlichen Vorort von Wesel, und zwischen Kleve und Weseke) treten sie heute noch flächenhaft im Untergrund auf. Sie bestehen aus Ton-, Mergel- und Mergelkalkstein mit Toneisensteingeoden. Aus dem Lias sind Eisenoolithe bekannt.

Bei Bislich sind Sedimente aus dem Jura besonders tief abgesenkt worden. Hier, im Bislicher Muldengraben ist mit 900 m der gesamte Unterlias und Teile des Mittellias erhalten. Nach diesem Ort wurden auch die mittelmiozänen Bislich-Schichten benannt (vgl. 2.3.2).

Ebenso wie das ältere Mesozoikum sind auch die Ablagerungen der Kreide am Niederrhein selten und unvollständig (vgl. HILDEN & THIERMANN 1988: 28-32). Ablagerungen der Unterkreide treten, bis auf Blatt Wesel, nur linksrheinisch auf. Sie bestehen aus Sanden, Kiesen und Tonen, die zum Teil verfestigt sind und Braunkohleflöze enthalten können (vgl. KLOSTERMANN 1997: 20). Während der Oberkreide drang das Meer von zwei Seiten, von Westen und von Nordosten, in das Untersuchungsgebiet vor und es entstanden zwei verschiedene Ablagerungsräume. Im Westen (der sog. „Linksrheinischen Kreide“) lagerten sich Sedimente aus Sandstein, Grünstein und Mergel ab. Im Osten lagerten sich glaukonitische, mergelige Sande und Sandsteine der Münsterländer Kreide ab. Später lagerten sich Mergel- und Kalkmergelstein ab. Getrennt wurden die beiden Gebiete durch die Krefelder Aufwölbung und ihre nördliche Fortsetzung. Ein Gebiet, das vermutlich während der Oberkreide-Zeit niemals vollständig überflutet war (vgl. HILDEN & THIERMANN 1988: 31). Im Santon erweiterte sich der festländische Bereich nach Nordwesten noch durch das Auftauchen des Mittelholländischen Hochgebietes, so dass eine Landbrücke vom süddeutschen Raum bis in den Nordseeraum entstand. Aus diesem Grund ist die Sedimentation aus der Oberkreide-Zeit lückenhaft (vgl. Abb. 5).

An der Wende Kreide/Tertiär kam es zu umfangreichen tektonischen Bewegungen. Diese wurden durch die alpidische Orogenese ausgelöst (vgl. ZIEGLER 1980: 249-280).

2.3.2 Tertiär

Im Untersuchungsgebiet nimmt die Mächtigkeit der tertiären Schichten von Osten (ca. 300 m) nach Westen (ca. 600 m) deutlich zu.

Um diesen Sachverhalt darzustellen, ist aus den Bohrungen Uedem 1 auf Blatt Uedem (vgl. KLOSTERMANN 1992: 118, nicht zu verwechseln mit der eigenen Bohrung 1 auf Blatt Uedem), Victor 4 auf Blatt Xanten (vgl. KLOSTERMANN 1989: 137) und Ruggen 1 auf Blatt Wesel (vgl. F. JANSEN 2001: 158) ein Profilschnitt erstellt worden (Abb. 6).

Unter dem Tertiär der Bohrung Uedem finden sich Ablagerungen der Oberkreide, unter Xanten Ablagerungen aus dem Mittleren Buntsandstein und unter Wesel Ablagerungen aus dem Oberen Buntsandstein.

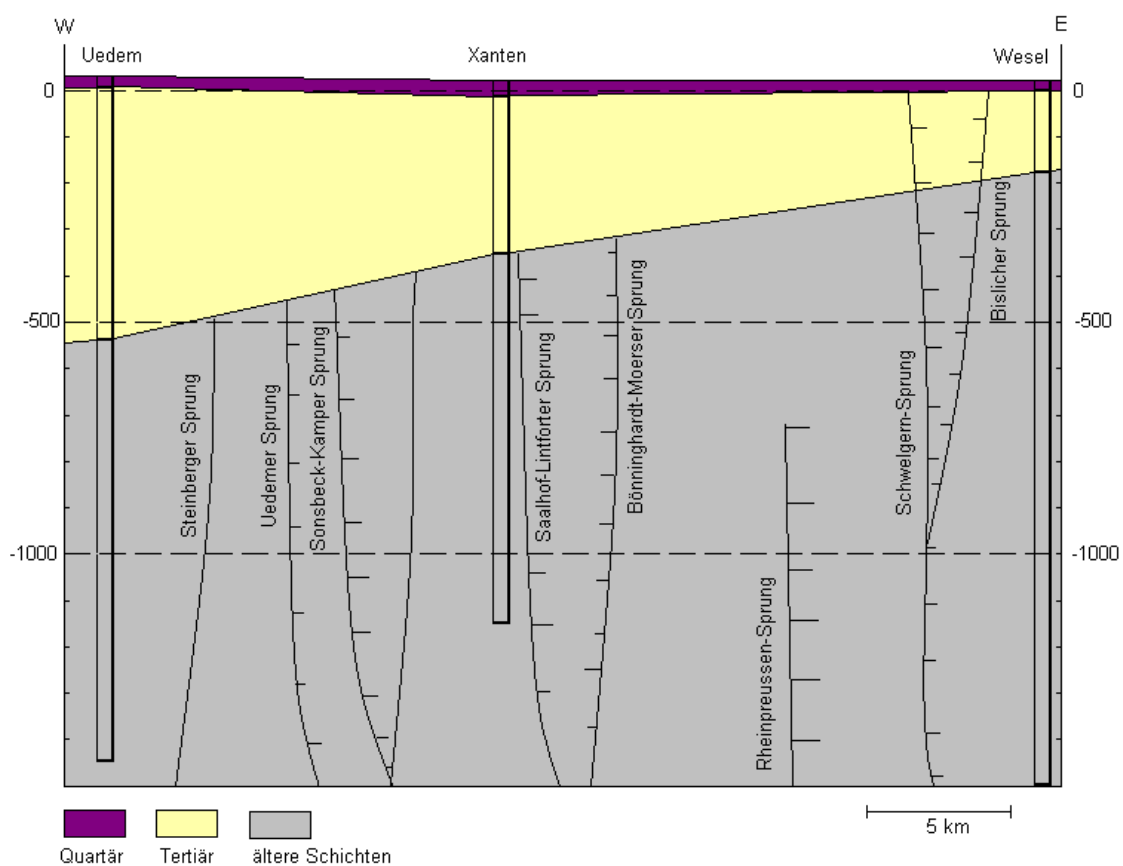


Abb. 6: Verteilung der tertiären Schichten zwischen Uedem und Wesel.

Es wurden folgende Sprünge aus Platzgründen nicht eingezeichnet (von West nach Ost): Uedem: Kevelaer-Weezer Sprung, Winnekendonker Sprung, Sandheider Sprung, Gocher Sprung, Kevenheimer Sprung, Wesel: Grüntaler-Sprung, Borthers-Sprung, Elvericher-Sprung, Friedrichshofer-Sprung, Welmener-Sprung,

Zu Beginn des Tertiärs gehörte das Untersuchungsgebiet dem festländischen Bereich an. Bei warmem, zeitweise tropischem Klima drang das Meer wiederholt ins Untersuchungsgebiet vor. Dies war eine Folge der tektonischen Absenkung zu dieser Zeit. Der Höhepunkt der

tertiären Meeresausdehnung wurde am Ende des Oberoligozäns erreicht (vgl. KLOSTERMANN 1997: 22 und SCHIRMER 1994: 181).

Ab dem späten Paläozän begann sich der Meeresboden in der nördlichen Nordsee zu vertiefen (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 33). Das Meer griff in südlicher und südöstlicher Richtung auf das Festland zu und erreichte im Oligozän die Niederrheinische Bucht. Aus diesem Grund ist im Untersuchungsgebiet das Paläozän nur lückenhaft vorhanden, da es sich um marine Einschaltungen im Festlandbereich handelt. Die vorhandenen Reste können in einen unteren, karbonatischen und einen oberen, tonig-sandigen Teil unterteilt werden. Der untere Teil, Dan bzw. Mont, wird durch graubraunen Kalkstein und Fossiltrümmer-Kalksteinen gebildet (vgl. KLOSTERMANN 1997: 23). Sie werden mit den niederländischen Houthem-Schichten verbunden. Der obere Teil, Thanet, wird durch Grob- und Mittelsand repräsentiert, der zum Teil zu Sandstein verfestigt sein kann. Glaukonite, Kalksandsteine und Braunkohlereste können auch vorkommen. Die Ablagerungen werden in die Hückelhoven-Schichten gestellt. Die im Hangenden diskordant folgenden marinen Fein- und Mittelsande sowie karbonatische Tone und Tonsteine entsprechen faziell den niederländischen Sanden von Heers. Die darauf folgenden Mergel- und Kalkmergelsteinen entsprechen dem belgischen Mergel von Gelinde. Als letzte Schicht aus dem Paläozän treten die Tone von Landen auf. Ablagerungen aus dem Eozän fehlen im Untersuchungsgebiet ganz. Wahrscheinlich fehlen sie hier schon primär. Ab dem Oligozän ist die Oberflächengestaltung und der Bau der Niederrheinischen Bucht deutlich von der Eifel, dem Brabanter Massiv, dem Bergischen Land und des Münsterländer Kreidebeckens zu unterscheiden (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 33). Das Einsinken des Niederrheingebietes lässt sich an Hand der Sedimente aus dem Oligozän gut verfolgen. Neben Tektonik sorgten auch die Meeresspiegelschwankungen und die Wassertemperatur für eine ungleichmäßige Sedimentation.

Die ältesten Ablagerungen aus dieser Zeit im Untersuchungsgebiet sind die Walsum-Schichten aus dem Mitteloligozän, deren Oberfläche auf Blatt Wesel in einer Tiefe von 177 m unter dem Ansatzpunkt angetroffen wurden (F. JANSEN 2001: 158) und eine Mächtigkeit von ca. 25 m erreichen. Im Südosten des Untersuchungsgebietes (auf Blatt Wesel) können die Walsum-Schichten eine Mächtigkeit von 30 m erreichen, nach Nordwesten nimmt die Mächtigkeit bis auf 10 m ab (vgl. KLOSTERMANN 1997: 24). Sie bestehen aus mittelsandigem Feinsand, der auch schluffig sein kann. In der Regel ist der Quarzgehalt > 90 %. An der Basis der Walsum-Schichten findet sich oft ein Konglomerat, das beim tertiärzeitlichen Meeresvorstoß entstand. Es ist möglich, dass ältere Ablagerungen durch den Vorstoß der Nordsee aufgearbeitet wurden.

Bestanden die Walsum-Schichten noch aus Sand, wechselten die Ablagerungen der Ratingen- und Lintfort-Schichten zu („Septarien“-)Ton. Ihr Fossilinhalt und die Zusammensetzung lassen den Schluss zu, dass ozeanisches Tiefenwasser über die Norwegische See in die Nordsee gelangte und einen Temperatursturz verursachte (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 33). Untersuchungen westlich des Untersuchungsgebietes ergaben, dass die Tone großräumig in gleicher Mächtigkeit auftreten, was ein gleichmäßiges Absinken des Niederrheingebietes zu dieser Zeit voraussetzt. Die Ratingen-Schichten sind z.B. in der Bohrung Wesel ca. 4 m mächtig (von 177 m bis 173 m, F. JANSEN 2001: 158). Sie bestehen aus grauem bis grüngrauem Ton und Tonmergelstein. Die darüber liegenden Lintfort-Schichten (in der Bohrung Wesel von 173 m bis 57 m unter NN, 116 m mächtig) bestehen aus grauen bis grüngrauen Tönen und Tonsteinen. Ein geringer Schluff- und Feinsandanteil ist möglich. Auch Kalkstein- und Kalkmergelbänke sowie Lagen aus Septarienton können vorkommen. Die Lintfort-Schichten wurden auch in Bohrung 135 auf Blatt Wesel in einer Tiefe von 5 m unter dem Meeresspiegel erbohrt. Ihre Mächtigkeit ist im ganzen Untersuchungsgebiet mit 100-200 m sehr konstant.

Während des Überganges zum Oberoligozän verstärkte sich die tektonische Aktivität. Die Niederrheinische Bucht wurde von Norden nach Süden in den Eintiefungsprozess einbezogen und vom Meer überflutet. Im Nordwesten der Niederrheinischen Bucht begann sich der heutige Schollenaufbau abzuzeichnen (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 33). In diese Zeit fällt auch ein weltweites abruptes Sinken des Meeresspiegels. Damit wurde die Zeit des konstant hohen Meeresspiegelniveaus seit der Oberkreide beendet. In der Folgezeit traten kurzfristige Meeresspiegelschwankungen auf, die immer schneller und heftiger ausfielen (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 36). In diesem Zeitraum (Chatt) wurden die Grafenberg-Schichten abgelagert. Sie werden als küstenferne Fazies bezeichnet (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 33). Die spätoligozäne Schichtenfolge wird mit dem Steigen und Fallen des Meeresspiegels synchronisiert. Die Grafenberg-Schichten wurden auf Blatt Wesel mehrfach erbohrt, aber auch auf Blatt Emmerich, Xanten und Uedem. Die durchschnittliche Mächtigkeit der Grafenberg-Schichten kann im Untersuchungsgebiet 150 m erreichen, wobei sie im Nordwesten größer als im Südwesten ist. Auf Blatt Wesel erreicht sie maximal 51 m, auf Blatt Emmerich dagegen 176 m. Sie bestehen aus Wechsellagen zwischen grauen bis graugrünen Tonen mit Schluffen und schluffigen Feinsanden. Eine deutliche Zunahme der Korngröße von unten nach oben ist genauso typisch wie der fossilarme untere Teil zum fossilreichen oberen. Zum Ende des Oligozäns hat sich das Absinken in den Randbereichen der Niederrheinischen Bucht so weit verlangsamt, dass die Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet nur noch lückenhaft war oder ganz fehlte. Nur die fluviatile Sedimentation erfuhr keine Unterbrechung. Zu Beginn des Miozäns verkleinerte sich der Meeresraum, so dass im Untersuchungsgebiet keine Sedimente zur Ablage kamen (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 38).

Erst zum Ende des Untermiozäns drang das Meer von Norden ins Untersuchungsgebiet ein, es bildeten sich die Hoerstgen-Schichten. Es handelt sich um graue bis graugüne Feinsande mit einem deutlichen Mittelsandanteil. Oft färbt ein hoher Glaukonitgehalt den Sand kräftig grün. Sie wurden wieder auf Blatt Wesel erbohrt. Aus der Tiefbohrung Emmerich 1 wurden feinsandige, glimmerhaltige Mergeltonen mit einer Mächtigkeit von 28 m beschrieben.

Das Untersuchungsgebiet befand sich zu dieser Zeit am Nordrand der weiter absinkenden Bucht. Südlich (das Zentrum lag bei Bergheim) davon lagerte sich Torf ab, der später zur Braunkohle wurde. Nördlich befand sich das Meer, welches zeitweise ins Gebiet vordrang. Die Sedimentation zu dieser Zeit war abhängig von den tektonischen Bewegungen während der variszischen Orogenese. Der variszisch gefaltete Untergrund lässt sich in der Verbreitung und Mächtigkeit der tertiären Sedimente wiedererkennen (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 38).

An diesen altangelegten Strukturen sanken während des Miozäns Mulden ein und Sattelstrukturen hoben sich. So entstandene Schwellenstrukturen verhinderten ein gleichmäßiges Verteilen der Sedimente. Während im Untersuchungsgebiet fast nur marine Sedimente im jüngeren Miozän anzutreffen sind, finden sich weiter südlich auch fluviatile Ablagerungen. Im ausgehenden Miozän sorgten eine Klimaverschlechterung und ein nach Norden gerichteter Meeresrückzug für eine zunehmend gröbere, fluviatile Sedimentation. Die Meeresspiegelschwankungen nahmen zu, aber die heute bekannten Daten reichen nicht aus, um die Schwankungen mit den Sedimenten zu korrelieren (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988: 40).

Die Bislich-Schichten aus dem Mittelmiozän finden sich auch auf Blatt Wesel, wurden aber auch auf den Blättern Xanten und Uedem gefunden. Sie bestehen aus grauen bis grüngrauen, oft kalkigen schluffigen Feinsanden, der Mittelsandanteil kann deutlich sein. Auch ein hoher Glaukonitanteil sowie Muschelschilllagen und Pyritkonkretionen sind zur Identifizierung der Bislich-Schichten möglich. Die im Hangenden folgenden Dingden-Schichten wurden in Wesel mehrfach, in Isselburg mindestens einmal erbohrt. Sie bestehen aus dunkelgrüngrauen bis schwarzgrauen, stark glimmerhaltigen schluffigen Tonen, die oft stark fossilhaltig sind. Die Bislich-Schichten bilden zusammen mit den Dingden-Schichten die Schichtenfolge des Reinbeks. Der Übergang der Bislich- und Dingden-Schichten ist fließend.

Die jüngsten Ablagerungen aus dem Miozän sind die Uedem-Schichten. Sie sind aus glaukonitischen und glimmerhaltigen Sanden aufgebaut. Es finden sich aber auch grobsandige Bestandteile. Auf Blatt Emmerich erreichen sie eine Mächtigkeit von 130 m, auf Blatt Wesel fehlen sie dagegen. Obermiozäne Ablagerungen wurden auch auf den Blättern Xanten, Uedem und Kalkar gefunden, die aber nicht weiter unterteilt wurden. Eine Besonderheit in den obermiozänen Schichten ist der Fund eines Walskelettes bei Kervenheim, südlich von Uedem (vgl. KLOSTERMANN 1987, HAMPE 1996), welches in die Uedem-Schichten gestellt wurde, und den marinen Einfluss des Gebietes zu dieser Zeit bestätigt. Während des Obermiozäns bis zum Anfang des Pliozäns wurden einzelne Querstörungen am Niederrhein wieder aktiv (vgl. JANSEN 2001: 16). Gegen Ende des Pliozäns nahm die Heraushebung der rheinischen Rumpffläche zu, so dass sich die Flüsse in den verwitterten Fels einschneiden konnten.

Im Pliozän trat erneut eine Klimaerwärmung auf. Der Meeresspiegel stieg an und die Sedimente wurden wieder feiner. Zum Ende des Pliozäns nahmen die Klimaschwankungen zu. Fluss- und Deltaablagerungen wechselten ab. Dieses sind Anzeichen für das nun folgende Quartär. Ein großer Teil dieser Sedimente fiel der Erosion zum Opfer (vgl. KLOSTERMANN 1992: 12). Von Süden nach Norden gingen die marinen Sedimente in Deltaablagerungen über. Das tertiärzeitliche Meer zog sich immer weiter nach Norden zurück.

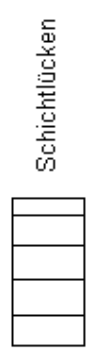
Im Nordwesten bilden pliozänzeitliche Sedimente die tertiäre Oberfläche, im Südosten miozänzeitliche. Dies wiederum wird durch viele Bohrungen im Untersuchungsgebiet bestätigt, die das Pliozän und Miozän allerdings nicht weiter unterteilen. Dabei nimmt das Miozän bei weitem die größte Fläche ein.

Pliozäne Ablagerungen (Horizont von Weeze) lassen sich von Uedem (auf den Anhöhen im Westen des Blattes) über Kleve, Kalkar und Rees verfolgen. Es handelt sich bei diesen Ablagerungen um hellgraue bis weiße, kalkfreie grobsandige Mittel- und Feinsande mit einem Quarzgehalt > 90 %. Sie entstanden aus Fluss- und Deltasedimenten. Möglicherweise lagerten sich im Nordwesten des Untersuchungsgebietes (z. B. bei Nütterden, westlich von Kleve und bei Weeze) marine Sedimente ab, die nach Süden über Deltaablagerungen zu Flussablagerungen wechselten. In Nütterden wurden 9 m mächtige glaukonitische Fein- und Mittelsande mit einer artenarmen aber individuenreichen Fauna erbohrt (vgl. KLOSTERMANN 1997: 28). Im Nordwesten des Blattes Uedem wurden 20 m mächtige pliozäne Ablagerungen erbohrt, die in nordwestliche Richtung an Mächtigkeit zunehmen. Zusammenhänge zwischen Mächtigkeitsschwankungen und tektonischem Bau des Untergrundes ließen sich bisher nicht feststellen (vgl. KLOSTERMANN 1992 b). Pliozäne Ablagerungen lassen sich im Untersuchungsgebiet (wie alle tertiären und älteren Schichten) nicht an der Oberfläche beobachten (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981, JANSEN 2001, KLOSTERMANN 1989, 1992 b, 1997).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ausbildung des Tertiärs im Untersuchungsgebiet und seines Rahmens.

Tab. 1: Gliederung des Tertiärs am unteren Niederrhein (nach K LOSTERMANN 1989 - 97 und F. JANSEN 2001)

Mio. Jahre	Abteilung	europäische Stufengliederung	nördliche Niederrheinische Bucht	Untersuchungsgebiet (Blatt Bocholt)	Blatt Wesel	Blatt Xanten	Blatt Uedern
2,4	Pliozän	Placentin Zanclium	Horizont von Nütterden und Weeze	Horizont von Weeze			Horizont von Weeze
5,3	Ober-	Messin	Uedern-Schichten	Uedern-Schichten			Uedern-Schichten
10,5	Mittel-	Torton Serraval Langhe	Dingden-Schichten Bislich-Schichten	Dingden-Schichten Reinbek	Dingden-Schichten Bislich-Schichten	Dingden-Schichten Reinbek	Dingden-Schichten Bislich-Schichten
16,3	Unter-	Burdigal Aquitän	Hoerstgen-Schichten ?	Hemmoor ?	Hoerstgen-Sch.	Hemmoor	Hemmoor
23,0	Ober-	Chatt	Grafenberg-Sch.	Chatt	Grafenberg-Sch.	Grafenberg-Sch.	Grafenberg-Sch. Chatt
27,0	Mittel-	Rupel	Lintfort-Schichten Ratingen-Schichten	Rupel	Lintfort-Schichten Ratingen-Schichten	Lintfort-Schichten Ratingen-Schichten	Lintfort-Schichten Ratingen-Schichten Rupel
34,0	Unter-	Latdorf	Walsum-Schichten	Walsum-Schichten ?	Walsum-Schichten	Walsum-Schichten	Walsum-Schichten ?
53,0	Ober-	Priabon Barton Lutet Ypern	örtliche Reste	Ton von Landen Mergel von Geline Sand von Heers Hückelhoven-Sch. Houthem-Sch.	Landen-Sch. Houthem-Sch.	Ton von Landen Mergel von Geline Sand von Heers Hückelhoven-Sch. Houthem-Sch.	Ton von Landen Mergel von Geline Sand von Heers Hückelhoven-Sch. Houthem-Sch.
59,0	Unter-	Mont Dan		Houthem-Sch.	Houthem-Sch.	Houthem-Sch.	Houthem-Sch.
65,0							



2.3.3 Quartär

Die quartärzeitlichen Ablagerungen können vom Ton bis zum Kies alle Korngrößen beinhalten.

Durch sedimentpetrographische Untersuchungen an Schwermineralen lassen sich Aussagen über Herkunftsgebiet, Transport und Verwitterung der Sedimente treffen. Änderungen im Spektrum können den Wechsel des Liefergebietes anzeigen.

In den Sedimenten des Rheins lässt sich so z.B. die Herkunft des Materials bestimmen (BOENIGK 1976). Besonders im ausgehenden Pliozän ist ein markanter Wechsel im Schwermineral-Spektrum festzustellen. An der Grenze Tertiär/Quartär wechselte das Spektrum in der Niederrheinischen Bucht, wie auch im Ober- und Mittelrheingebiet (BOENIGK 1982), von den chemisch stabilen Mineralien (Turmalin, Zirkon, Staurolith, Rutil, Anatas; welche ein Anzeichen für die Kieseloolith-Formation sind) zu den chemisch instabilen Mineralien (Granat, Epidot, grüne Hornblende; Schwerminerale, die die Tegelen Formation kennzeichnen, siehe 3.2.3). An dieser Grenze setzt die Schüttung alpinen Materials über den Rhein ein.

Als weiteres Beispiel soll hier noch das Moränen-Material aus Skandinavien erwähnt sein, welches auch durch sein Schwermineral-Spektrum Rückschlüsse auf das Herkunftsgebiet zulässt.

Die Ablagerungen des Quartärs nehmen die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes ein. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 5 und 30 m. Lokal können bis 100 m erreicht werden (z.B. Beckenstruktur bei Wesel, linksrheinische Stauchmoränenwälle). Die ausschließlich aus Lockersedimenten bestehenden, quartärzeitlichen Ablagerungen beinhalten Kies, Sand, Schluff, Ton und Torf. Sie wurden vor allem im Pleistozän unter dem Einfluss mehrerer Kalt- und Warmzeiten sowie Vorstößen des Inlandeises gebildet. Nach ihrer Ablagerung wurden die Sedimente häufig umgelagert.

Die ältesten quartärzeitlichen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet sind wahrscheinlich 10 m mächtige graubraune Grobsand-, Kies- und Tonablagerungen der Tegelen-Warmzeit. Sie wurden unter dem Stadtgebiet von Emmerich erbohrt (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 33). In den Gipfelbereichen des Eltenberg wurden gekappte, schräggestellte und bis zu 8 m mächtige „Weiße Sande“, die in die Eburon-Kaltzeit gestellt werden, beschrieben (vgl. BRAUN & THIERMANN 1981: 33).

Aus der Elster-Kaltzeit sind im Südwesten des Untersuchungsgebietes bis zu 9 m mächtige Terrassentreppen der oberen Mittelterrasse erhalten. KLOSTERMANN (1992 b: 51) beschreibt gelbgraue bis weißgraue Mittel- und Grobsande mit Fein- und Mittelkieslagen. Es werden drei obere Mittelterrassen beschrieben (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 51). Petrologisch lassen sie sich aber nicht trennen. Der hohe Quarzgehalt (70-80 %, vgl. KLOSTERMANN 1984) ist darauf zurückzuführen, dass sich die obere Mittelterrasse auf pliozänen Ablagerungen befindet, die selbst einen hohen Quarzanteil besitzen. Trennen lassen sich die oberen Mittelterrassen nur durch ihre Höhenlage.

Es gibt Anzeichen dafür, dass es zum Ende der Elster-Kaltzeit zu einem ersten Inlandeisvorstoß gekommen ist. Die geographische Position und Tiefenlage der auf die obere Mittelterrasse folgende mittlere Mittelterrasse unterstützt diese Annahme (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 46). Die mittlere Mittelterrasse besteht aus bis zu 10 m mächtigen Sanden und Kiesen.

In der darauf folgenden Holstein-Warmzeit lagerten sich Schluffe, Tone und Torfe ab. Die unterschiedlichen faziellen Räume sind ein Hinweis darauf, dass sie in einem warmzeitlichen mäandrierenden Flusssystem mit zahlreichen Altarmen entstanden sind (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 53). Ebenso lassen sich auch die kiesig-sandigen und humosen Ablagerungen

erklären. Die Klimaverhältnisse dürften warm-humid gewesen sein. Im Untersuchungsgebiet existieren nur Reste.

Bei den ersten saalezeitlichen Ablagerungen handelt es sich um gradierte Schotter der unteren Mittelterrasse. Aus dieser Zeit sind mehrere Terrassenkörper eines verwilderten Flusssystems erhalten. Ein Teil dieser Terrassenkörper zeigt Spuren der Stauchung, der andere Teil weist nordisches Geschiebe auf (KLOSTERMANN 1997: 32). Dies wiederum bedeutet, dass der gestauchte Teil vor, der mit dem nordischen Geschiebe nach dem Inlandeisvorstoß zur Ablagerung gekommen ist. Der Inlandeisvorstoß seinerseits stauchte das Material zu den Moränenwällen auf (vgl. Abb. 4). Während des Eisvorstoßes lagerten Schmelzwässer im Vorland bis zu 26 m mächtige Sanderflächen aus gelben Mittel- und Grobsanden mit Kies ab. Bei Rückzug des Eises lagerten sich innerhalb der Stauchmoränenwälle bis zu 30 m mächtige, hellgraue bis weiße Beckenschluffe und Beckensande ab. Die Stauchmoränenwälle können eine Teufe von 30 m und eine Höhe von über 80 m über NN erreichen. Sie bestehen aus einem Gemisch der verschiedensten Ablagerungen und können aufgearbeitetes Material bis aus der Oberkreide enthalten (KLOSTERMANN 1992 b: 59).

Die Ablagerungen der Eem-Warmzeit bestehen aus schluffigen, feinsandigen Torfen, die oft einen gewissen Kalkanteil und Holzreste aufweisen (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 65). Ein vollständiges Torfprofil konnte bei Weeze erstellt werden (vgl. KLOSTERMANN 1997: 34). BRELIE, VON DER & MÜCKENHAUSEN & REIN (1955) schließen aus diesem Torfprofil, dass es in einer verlandeten Flussschleife entstanden ist. Dies ist wiederum ein Anzeichen dafür, dass der Rhein zur Eem-Zeit durch das heutige Nierstal floss. Die Ablagerungen aus dem Eem können Mächtigkeiten zwischen 0,65 und 2,5 m erlangen (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 67).

Auf das Eem folgt die Weichsel-Kaltzeit. In der Niederrheinischen Bucht entwickelten sich zum wiederholten Male kaltzeitlich verwilderte Flusssysteme. Es wurden mindestens drei Terrassenkörper aufgeschüttet, die aus Kies und Sand bestehen und eine Mächtigkeit von bis zu 10 m erreichen können. Alle Terrassenkörper wurden von 1-2 m mächtigen Hochflutablagerungen überdeckt (vgl. SCHIRMER 1990: 27, KLOSTERMANN 1997: 34). Während der trocken-kalten Klimaphasen des Weichsel-Hochglazials wurde das feine Material aus den Hochflutablagerungen durch den Wind ausgeweht und Löss, Sandlöss und Flugsand in einiger Entfernung wieder abgelagert. Dieser Vorgang setzte sich auch im frühen Holozän fort, so dass auf den Niederterrassenflächen Flugsandflächen und Dünen entstanden. Dabei lagerten sich Dünen der Maas und des Rheins, wegen der vorherrschenden Westwinde, jeweils östlich der Flüsse ab. Zwischen der Ablagerung der älteren (bzw. der Niederterrassen 1 und 2) und der jüngeren Niederterrasse (bzw. der Niederterrassen 3) kam es zu einer Tiefenerosion (vgl. KLOSTERMANN 1997: 34). Die danach entstandene jüngere Niederterrasse (NT 3) enthält Bims des Laacher Sees. Dies ist ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Terrassenkörper.

Nach dem Höhepunkt der Weichsel-Kaltzeit vor ca. 20 000 Jahren setzte eine allmähliche Erwärmung ein, die vor 10 000 Radiokohlenstoff-Jahren zum Holozän überleitete. Die Erwärmung, ausgelöst durch den Stand der Erde zur Sonne (Perihel, vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 85), verursachte einen Meeresspiegelanstieg um 100-130 m. Dies änderte auch das Abflussverhalten der Flüsse, verwilderte Flusssysteme existierten am Niederrhein nicht mehr. Der nun mäandrierende Rhein schnitt sich in die Niederterrassen ein und lagerte bis heute mindestens sieben Auenterrassen ab, die alle aus aufgearbeitetem Material des Pleistozäns bestehen (vgl. JANSEN 2001: 105-114 und SCHIRMER 1995 c).

3. Erd- und Landschaftsgeschichte

3.1 Paläozoikum

Im Unterdevon lag das Untersuchungsgebiet im Bereich des Old-Red-Kontinents. Dessen Südküste verlief wenig südlich davon. Unter trockenheißem, wüstenähnlichem Klima konnten sich auf dem Festland nur Wadis und kleine Seen bilden. Die aus dieser Zeit überlieferten Sedimente bestehen aus überwiegend grauem, zum Teil rot und grün gefärbtem Tonstein und Sandstein sowie selten Konglomeraten (vgl. HILDEN 1988: 14). Trotz des trockenen Klimas wurden vom Kontinent rund 1000 m mächtige klastische Sedimente in den südlich vorgelagerten Rheinischen Trog überführt. Zu dieser Zeit eroberten die ersten Landpflanzen und Amphibien den Kontinent.

Im Mitteldevon drang das Meer von Süden und Westen in die Niederrheinische Bucht vor und unter immer noch warmen Klimaverhältnissen bildeten sich Riffe und Korallenrasen. Kalksteinablagerungen und Evaporite zeugen im Untergrund davon. Direkt im Untersuchungsgebiet fehlt der Nachweis. Ein Vorkommen wäre aber möglich (vgl. KLOSTERMANN 1997: 12). Das bedeutet, HILDEN (1988: 14) beschreibt auf Grund der Bohrung Isselburg 3 (vgl. 2.3.1) oberdevonisches Material östlich des Untersuchungsgebietes, KLOSTERMANN (1997: 12) vermutet dagegen mitteldevonisches Material direkt im Untersuchungsgebiet.

Im Oberdevon lag die Niederrheinische Bucht unter Meeresbedeckung. Die Riffbildung endete langsam und die Riffe wurden mit Tonschlamm überdeckt. Zu dieser Zeit begann sich das Brabanter Massiv herauszuheben. Die Flüsse des Old-Red-Kontinents schütteten ihre Sedimente ins südlich vorgelagerte Meer. So entstanden mehrere 1000 m mächtige Sandablagerungen (vgl. KLOSTERMANN 1997: 12), die sich im Laufe der Zeit zu quarzitischen Sandsteinen umwandelten. Die Ablagerungen werden zur Rheinischen Fazies gezählt, im Gegensatz zur Herzynischen Fazies des östlichen Rheinischen Schiefergebirges, wo sich Tiefsee-Stillwasser-Ablagerungen bildeten. Direkt im Untersuchungsgebiet wurden keine Nachweise der oberdevonischen Ablagerungen erbracht (vgl. Kapitel 2.3.1).

Während des Unterkarbons näherten sich der Old-Red-Kontinent und Gondwana. Durch die variszische Orogenese schloss sich die Paläotethys und es wurden klastische Sedimente von dem im Süden aufsteigenden variszischen Gebirge in einen nördlich vorgelagerten Meerestrog geschüttet (vgl. KLOSTERMANN 1997: 13). Der Boden dieser Vortiefe wurde durch die Kollision der Kontinente nach unten gebogen. In diesem Meerestrog lagerten sich alauhaltige Tone und Schluffe mit Kalken ab. Die Gesteine werden als Kulm-Fazies bezeichnet. Im westlichen Bereich der Niederrheinischen Bucht bestand eine Schwellenregion, in der sich karbonatisches Gestein in der Kohlenkalk-Fazies bildete (vgl. KLOSTERMANN 1997: 13). Zu diesem Bereich muss das Untersuchungsgebiet gezählt haben.

Ab dem Oberkarbon dehnte sich das Meeresbecken nach Westen aus. In der subvariszischen Saumsenke lagerten sich große Mengen klastischer Sedimente ab. Die Flysch-Fazies, die aus Ton- und Schluffstein besteht, erreichte mehrere 1000 m Mächtigkeit. Später verlandete die Saumsenke und es wurde Feinkies, Sand und Grobschluff abgelagert. Darüber entstanden ausgedehnte Moore, die die spätere Kohle bildeten. Zum Ende des Oberkarbons folgten im zyklischen Wechsel Sandstein, Konglomeratbänke mit Kohleflözen und Tonsteine (vgl. JANSEN 2001: 13).

Während des Übergangs zum Rotliegenden wurde das variszische Gebirge weitgehend abgetragen. Arides Klima und eine intensive chemische Verwitterung führten zu einer starken Rotfärbung (vgl. KLOSTERMANN 1997: 14 und Kapitel 2.3.1).

Erst im Zechstein setzte die Sedimentation im Untersuchungsgebiet wieder ein. Es entstand ein Südwest-Nordost gerichtetes Senkungsgebiet, welches über eine Schwelle vom im Norden gelegenen Zechsteinmeer getrennt war. Das arid-trockene Klima förderte die Verdunstung, so dass sich in der Niederrheinischen Salzpflanze Evaporite bilden konnten (vgl. Kapitel 2.3.1).

3.2 Mesozoikum

Zur Zeit des Buntsandsteins wurde im Untersuchungsgebiet das durch Oxidation rotgefärbte, Verwitterungsmaterial unter wechselfeuchtem, warmem Klima, von den Höhen des Niederrheingebietes ins Norddeutsche Becken und in die Niederrhein-Ems-Senke transportiert (vgl. JANSEN 2001: 14). Das Material besteht aus meist unverfestigten Sandsteinen aller Korngrößen. Toneinschaltungen kommen auch vor, die aber nach Süden abnehmen, so dass der Untere Buntsandstein vom Mittleren nicht mehr zu unterscheiden ist. Der Untere Buntsandstein wird auch „Niederrheinsandstein“ genannt und ist eine der größten Schuttflächen die von Süden geschüttet wurden. Nach Norden verzahnt sie sich mit der tonigen Fazies des Unteren Buntsandsteins.

Auch im Mittleren Buntsandstein wurden große Schuttmassen ins Niederrheingebiet transportiert. Nur kam dieses Material wegen höherer Niederschlagsmengen wahrscheinlich von weiter südlich. Das Liefergebiet wird ca. 100 km südlich vermutet.

Die Sedimente des Oberen Buntsandsteins sind hingegen sehr viel feiner. Die sedimentliefernden Hochgebiete im Süden waren abgetragen, und das aride Klima sorgte sogar zur Steinsalzbildung. Die Salzablagerungen entstanden aber unter festländischen, wüstenhaften Bedingungen.

Während der Zeit des Muschelkalks war das Untersuchungsgebiet von einem Flachmeer bedeckt. Unter subtropischem Klima lagerten sich Kalk, Kalkmergel und Tonmergel bis maximal 165 m ab (vgl. JANSEN 2001: 15). Im Mittleren Muschelkalk wurde dieses Flachmeer zeitweise vom offenen Meer abgetrennt. Übersalzung führte zur Ablagerung von Gips und Anhydrit. Dolomitgesteine aus dem Oberen Muschelkalk zeugen dann von einem besseren Austausch mit dem offenen Meer.

Gesteine aus dem Unteren Keuper sind im Untersuchungsgebiet selten und lückenhaft. Die terrestrische Sedimentation überwog bei semiaridem Klima. Die entstandenen Salz-Ton-Ebenen aus Ton- und Mergelstein dürften, durch die im Mittleren Keuper einsetzende Hebung des Gebietes, wieder abgetragen worden sein. Tektonische Bewegungen an den Querstörungen dürften zum Zerbrechen des Karbongesteins und des Deckengebirges geführt haben.

Während des Oberen Keupers wurden erneut große Teile des Untersuchungsgebietes vom Meer bedeckt. Fossilien in dunklen Tönen mit Sandlagen bestätigen dies (vgl. JANSEN 2001: 15). Der erneute Meeresvorstoß erodierte die bereits abgelagerten Sedimente des Keupers.

Ablagerungen aus dem Jura sind nur aus der Lias-Zeit erhalten. Es handelt sich um dunkle bis schwarze Ton- und Mergelsteine, die zum Teil bituminös sein können und um organogene, sandige Kalkmergelsteine. Zu dieser Zeit wurde die Meeresverbindung von der Ems-Senke zum Niederrhein erneut geöffnet. Ebenso muss es eine Verbindung zum westholländischen Lias-Becken, und zum lothringischen Lias gegeben haben. Fossilien deuten auf einen regen Floren- und Faunen-Austausch mit diesen Gebieten hin. Am Ende der Lias wurden große Bereiche durch Hebung wieder abgetragen.

Dogger-Ablagerungen muss es im Untersuchungsgebiet auch gegeben haben, sie fielen aber der Erosion zum Opfer. Es sind Reste der Dogger-Ablagerungen in der Umrandung des Weseker Sattels erhalten (vgl. JANSEN 2001: 15).

Ablagerungen der Unterkreide finden sich vor allem im rechtsrheinischen Gebiet. Südlich von Wesel kommen sie auch linksrheinisch vor. Die Sande, Kiese und Tone aus dieser Zeit wurden in einer Fluss- und Seenlandschaft abgelagert, die zeitweise vom Meer überflutet wurde. Am Ende der Unterkreide drang das Meer von Norden wieder vor. Die Ton- und Tonmergelsteine sowie Flammenmergel aus dieser Zeit lassen sich bis Dinslaken verfolgen. Während der Oberkreide drang das Meer immer weiter nach Süden vor. Es lagerten sich Mergel- und Kalkmergelsteine ab.

3.3 Neozoikum

3.3.1 Tertiär

Nachdem sich das Meer am Ende der Kreide aus dem Untersuchungsgebiet zurückzog, drang es im Paläozän von Norden bis zur Lippemündung wieder vor (vgl. JANSEN 2001: 16). Südlich davon wurde das Gebiet nur zeitweise vom Meer bedeckt. Die Ablagerungen aus dieser Zeit sind trotzdem lückenhaft und wurden unter tropisch-festländischen Bedingungen im Eozän noch tiefgreifend erodiert. Im obersten Eozän drang das Meer erneut ins Untersuchungsgebiet vor, erst in den westlichen Teil, zu Beginn des frühen Oligozäns auch in den nordöstlichen Teil. Im späten Oligozän sank die Niederrheinische Bucht weiter ab, und das Meer drang bis Bonn vor (vgl. JANSEN 2001: 16). Es lagerte sich Feinsand und Schluff ab.

An der Grenze zum Miozän kam es zu einer Regression. Erst zum Ende des Untermiozäns drang das Meer wieder vor und lagerte erneut Feinsand und Schluff ab. Im Obermiozän bis ins Pliozän wurden einige Querstörungen wieder aktiv. Es kam zu Vertikalbewegungen, die aber wesentlich geringer waren als zu früheren Zeiten. Zum Ende des Pliozäns nahm die Heraushebung der rheinischen Rumpffläche einen solchen Umfang an, dass sich die Flüsse in den verwitterten Fels einschneiden konnten (vgl. JANSEN 2001: 16).

Ins Oberoligozän stellt SCHIRMER (1994: 181) die Geburt des Rheins. Der Ur-Rhein war damals ein kleiner Fluss, der von der Höhe Brohl zur Nordsee (bei Bonn) floss. Durch die Hebung der Westalpen hob sich auch der Oberrheingraben. Das Einzugsgebiet des Rheins dehnte sich im Mittelmiozän bis in den Bereich des Kaiserstuhls aus. Der Mündungsbereich befand sich im Raum Venlo-Wesel (vgl. SCHIRMER 1994: 183). Im Obermiozän schüttete der Rhein die ersten Kieseloolith-Schotter die aus Lothringen stammen und über das Moseltal dem Rhein zugeführt wurden (vgl. SCHIRMER 1994: 183). Der Rhein bildete zusammen mit der Maas ein Delta, welches nördlich von Aachen begann und sich bis in der Höhe der niederländischen Grenze in die Nordsee erstreckte. Zum Ende des Pliozäns hatte der Rhein den Bereich um Basel erreicht, dies war die Zeit des Alpenvorlandrheins (vgl. SCHIRMER 1994: 183). Im Unterpleistozän bildete sich der Alpenrhein (vgl. SCHIRMER 1994: 183), die Bildung des Rheins über das westeuropäische Riftsystem zur Nordsee in ihrer heutigen Form war abgeschlossen (vgl. Tab. 4). Das Westeuropäische Riftsystem trennt Westeuropa in zwei Teile. Die Trennlinie verläuft von der nördlichen Nordsee (im Bereich zwischen Schottland und Norwegen) über die Niederlande, dem Nieder- und Mittelrhein bis zum Oberrheingraben (vgl. SCHIRMER 1994: 181).

3.3.2 Quartär

Die Grenze zwischen Tertiär und Quartär wird mit der Klimaverschlechterung auf der Nordhalbkugel vor ca. 2,4 Mio. Jahren verbunden (vgl. KLOSTERMANN 1988: 40). Zwar gab es schon vor 12 Mio. Jahren die erste Vereisung auf der Südhalbkugel, aber die Grenze wurde

durch den auffälligen Floren- und Faunenwechsel im Norden definiert (vgl. KLOSTERMANN 1988: 40).

Klimatisch setzte an der Wende Tertiär/Quartär eine Abkühlung ein. Während des Pleistozäns kam es zu mindestens elf Kaltzeiten (vgl. KLOSTERMANN 1999: 183) mit dazwischen liegenden Warmzeiten. Besonders während der Kaltzeiten wurden die Flussterrassen abgelagert. Am Ende der Warmzeiten setzte Tiefenerosion ein. Die Anzahl der Kaltzeiten beruht auf Tiefseebohrungen. Terrestrische Ablagerungen sind meist lückenhaft und die Datierungsmethoden sind zur Zeit noch zu ungenau (vgl. KLOSTERMANN 1999: 183). Terrestrische Sequenzen wie Lössabfolgen lassen sich nur chronostratigraphisch einstufen, wenn sie vulkanische Lagen enthalten. Tiefseebohrungen deuten darauf hin, dass die älteste Kaltzeit zum Beginn des Quartärs vor 2,4 Mio. Jahren begann. Neuere radiometrische Datierungen bestätigen sehr alte Vereisungsreste auf dem Festland (vgl. KLOSTERMANN 1999: 183). Die ältesten Vereisungsreste werden mit dem Prätegelen in Verbindung gebracht.

Am Niederrhein wird die Grenze im Bereich des Reuvers B, Reuvers C und der frühen älteren Hauptterrasse gesetzt (vgl. KLOSTERMANN 1992 a). ZAGWIJN (1974 a) beobachtete im unteren Bereich des Reuvers C noch eine tertiärzeitliche Flora. Der größte Teil des Reuvers C gehörte einer Übergangsphase an. Erst im tiefsten Teil der älteren Hauptterrasse findet sich eine eindeutig quartärzeitliche Flora ein. Auch Mollusken aus dem Reuver C des Tagebaus Frechen zeigen noch keine kälteliebenden Arten an (SCHLICKUM & STRAUCH in BOENIGK et al. 1974). Der Wechsel von den stabilen (tertiären) zu den instabilen (quartären) Schwermineralien der Reuver-Tone vollzog sich am Top des Reuvers B. Die paläomagnetische Grenze (Gauss-Matuyama-Grenze) liegt im oberen Teil des Reuver-C-Tons, also zwischen den Grenzen die durch Schwerminerale und Mollusken vorgegeben sind. Daher ist die genaue Grenze von Tertiär und Quartär am Niederrhein eine Frage der Definition. Je nach Methode kann die Grenze an verschiedenen Stellen gezogen werden. Seit dem Beginn des Quartärs ist das Untersuchungsgebiet eine vom Rhein geprägte Landschaft. Dies wurde mehrfach von Kaltzeiten unterbrochen. Der Wechsel von Aufschüttung und Erosion wurde durch zwei Faktoren, dem Klima und der Tektonik, bestimmt.

KLOSTERMANN (1992 a: 33) beschreibt vor den Tegelen-Schichten am Niederrhein die älteren Hauptterrassen. SCHIRMER 1995 (vgl. Tab. 4) spricht vom Schotter b1. BOENIGK et al. (1974: 224) unterteilte diese Schichten in Schotter b1, Ton B1 und Schotter b2.

Die Tegelen-Schichten wurden von ZAGWIJN (1960) in den Tegelen-Ton, Tegelen-Kies, Belfeld-Ton und Belfeld-Kies gegliedert. ZAGWIJN (1963) trennte durch Pollenanalyse das Tegelen in Tiglium A, B und C. BOENIGK (1970) stufte den Belfeld-Ton durch Schwermineralanalysen jünger ein. SCHIRMER (1995) beschreibt für den Niederrhein das Fortuna-Interglazial als Ablagerung aus dem Tegelen.

Im Bereich des älteren Pleistozäns beschreibt SCHIRMER (1995) drei Interglaziale von Frechen und darunter jeweils die Schotter b2, c und d (vgl. Tab. 4). KLOSTERMANN (1992 a: 48) stellt in diese Zeit die Ablagerungen der jüngeren Hauptterrasse. Dabei fällt auf, dass KLOSTERMANN (1992 a: 30) das Altpleistozän bis zum Ende der Elster-Kaltzeit definiert, SCHIRMER (1995: 522) dagegen das Altpleistozän in 1, 2 und 3 gliedert und die Frechen-Interglaziale in die Bereiche 2 und 3 stellt. Nach SCHIRMER beginnt mit dem Cromer-Komplex das Mittelpleistozän, nach KLOSTERMANN erst mit dem Holstein. SCHIRMER stellt alle Hauptterrassen in den Cromer-Komplex (möglicherweise kann die Hauptterrasse 1 früher begonnen haben), KLOSTERMANN beschreibt die Hauptterrassen schon ab der Eburon-Kaltzeit.

Aus dem ältesten Pleistozän sind im Untersuchungsgebiet nur Ablagerungen der Tegelen-Schichten erhalten (vgl. Kapitel 2.3.3). Ablagerungen der Prätegelen-Kaltzeit wurden nicht nachgewiesen. Aus der Eburon-Kaltzeit, der Waal-Warmzeit, der Menap-Kaltzeit und dem Cromer-Komplex sind nur gestauchte Sande der Eburon-Kaltzeit erhalten (vgl. Kapitel 2.3.3).

Möglicherweise enthalten die elster- und saalezeitlichen Moränen Reste früherer Vereisungen (vgl. KLOSTERMANN 1999: 187).

Auf dem Nachbarblatt Hünxe finden sich Ablagerungen der jüngeren Hauptterrasse. Im Untersuchungsgebiet könnten sie in den Stauchmoränenwällen erhalten geblieben sein (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 13). Die ersten sicher identifizierten quartärzeitlichen Ablagerungen in ihrer ursprünglichen Lage sind die oberen Mittelterrassen aus der frühen Elster-Kaltzeit. Die folgende mittlere Mittelterrasse deutet darauf hin, dass es schon während der Elster-Kaltzeit zu Eisvorstößen am unteren Niederrhein gekommen ist. Wahrscheinlich wurde der Rhein während der Elster-Kaltzeit durch das Inlandeis (ähnlich wie zur Saale-Vereisung) in den Westen des Niederrheinischen Tieflands abgedrängt (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 50). Dies wäre auch eine Erklärung für die Veränderung im Schwermineralspektrum zwischen der jüngeren Hauptterrasse und der oberen Mittelterrasse. Aber auch tektonische Bewegungen könnten Auslöser für diesen Wechsel gewesen sein.

In der folgenden Holstein-Warmzeit lagerten sich in mäandrierenden Flusssystemen Tone und Torfe ab. Ob es sich um eine oder zwei Warmzeiten oder um einen Holstein-Komplex handelt, ist noch umstritten (vgl. BOENIGK 1995).

Während der Saale-Kaltzeit erreicht das Inlandeis den unteren Niederrhein erneut. Der oszillierende Eisrand formte den westlichen Teil des Untersuchungsgebiets nachhaltig (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 13). Vor, während und nach den Eisvorstößen lagerte der Rhein mehrere untere Mittelterrassen ab, die zum Teil durch das Eis selbst, zum Teil durch Erosion ihr heutiges Aussehen bekommen haben. Der Eisvorstoß sorgte dafür, dass sich im Vorland die Schmelzwässer sammelten und sich die Sanderflächen ablagerten. Innerhalb der Stauchmoränenwälle lagerten sich Beckenschluffe ab.

Während der Eem-Warmzeit lagerten sich erneut Tone und Torfe ab (vgl. Kapitel 2.3.3).

Die Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit sind durch das periglaziale Klima geprägt. Das Inlandeis reichte zu dieser Zeit nur bis Schleswig-Holstein. Lange, kalte Winter und kurze, kühle Sommer prägten das Klima (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 67). Aus der Weichsel-Kaltzeit sind mindestens drei Terrassenkörper überliefert (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Sanderflächen und Stauchmoränen wurden in dieser Zeit mit unterschiedlichen äolischen Sedimenten überdeckt (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 67). Aus der Weichsel-Kaltzeit sind die typischen Merkmale aus dem Periglazialklima zu finden, charakteristisch sind vor allem Frostböden, Frostschutt, Solifluktionen und Kryoturbationen (KLOSTERMANN 1992 a). Auffällig sind aber auch die niveo-fluviatilen Ablagerungen des Uedemer Bruchs. Es handelt sich um umgelagertes Schmelzwasser- und Moränenmaterial aus der Saale-Kaltzeit, welches das Uedemer Bruch auffüllte. Im Eem bildeten sich darauf durchgehende Torfschichten. Am Anfang der Weichsel-Kaltzeit kam es von den Hängen zu Bodenfließen und später zu niveo-fluviatilen Umlagerungen. Während des Hochglazials nahm dieser Prozess ab.

Mit dem Beginn des Holozäns vor ca. 10 000 Radiokohlenstoff-Jahren folgte eine starke Erwärmung, die sowohl durch Pollenanalysen (VAN DER HAMMEN et al. 1967) als auch in grönländischen Eisbohrkernen (DANSGAARD 1977) nachweisbar ist. Es setzte auch eine Transgression des Meeresspiegels ein (ZAGWIJN et al. 1985). Am Niederrhein wurden seit dieser Zeit bis zu sieben holozäne Terrassen abgelagert (vgl. JANSEN 2001: 105-114). Sie sind geringfügig in die Niederterrassen eingetieft. Da die tiefer liegenden Holozän-Terrassen von Mäanderschleifen inselartig umschlossen werden, wurden sie früher „Inselterrassen“ genannt (BRAUN & DAHM-ARENS & BOLSENKÖTTER 1968). Ursprünglich glaubte man, die Inselterrassen hätten sich seit dem Boreal als solche gebildet. Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass sich die Inselstruktur durch die Mäanderbildung selbst gebildet hat (KLOSTERMANN 1986 a). Da das terrassenaufbauende Material nicht homogen in Alter und Sedimentgehalt ist, kann es sich nicht um einen eigenständigen Terrassenkörper handeln. Nach KLOSTERMANN (1989) sollte man daher nicht mehr den Begriff „Inselterrassen“, sondern die Bezeichnung Reihenterrasse (nach SCHIRMER 1983) verwenden. Da die Holozän-Terrassen

nur aus aufgearbeitetem Material pleistozäner Terrassen bzw. wiederaufbereitetem holozänem Terrassenmaterial bestehen und weder petrologisch noch schwermineralanalytisch zu unterscheiden sind, sind ihre Datierung nach bodenkundlicher Einstufung und nach Funden in den Terrassenkörpern, wie Hölzer, Pollen und archäologisches Fundgut für die stratigraphische Einstufung von größter Wichtigkeit (SCHIRMER 1995 c).

Außerhalb des Rheintals auf den Niederterrassenflächen wurden während des Alt-, Mittel- und Jungholozäns kleine Talauen ausgestaltet. In deren Rinnen wurden Auensande und Auelehm abgelagert (vgl. KLOSTERMANN 1992 a). Durch humose Wässer und einem hohen Grundwasserspiegel konnten sich, vermutlich im Altholozän, Raseneisenerze bilden. In den Talauen auf den Niederterrassenflächen setzte während des Holozäns die Niedermoorbildung ein.

Außerdem bildeten sich auf den Ebenen der Niederterrasse Moore aus, und durch Winderosion entstanden Löss, Dünen und Flugsandablagerungen.

Die Moore entstanden durch eine kräftige Tiefenerosion des Rheins während des Boreals. Viele Mäanderschleifen wurden nicht mehr aktiv durchströmt und es kam zur Bildung der Moore (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 88). Sehr oft sind diese Moore mit schluffig-tonigen Auensanden und Auelehmen überzogen, was vermutlich im direkten Zusammenhang mit den römischen und mittelalterlichen Rodungen steht (KLOSTERMANN 1989).

Löss findet sich fast ausschließlich auf den Sanderflächen und den Höhenzügen der Stauchmoränen, so dass seine Entstehung nach dem Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit stattgefunden haben muss (vgl. KLOSTERMANN 1989: 83, 1992 b: 83). Die Auswehungen erfolgten während des Hochglazials der Weichsel-Kaltzeit, im Spätglazial dürften solifluktive Umlagerungen stattgefunden haben.

Ein Teil der Dünen entstand schon in der Dryas-Zeit, ein weiterer Teil erst im Holozän. Für den Aufwehungsprozess stand wohl nur das Präboreal zur Verfügung (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 85). Denn schon im Boreal verhinderte die Wiederbewaldung die Bildung von Dünen. Im Atlantikum bildete sich auf den Dünen Podsol (Bleicherde; MAAS 1955). Seit dem späten Atlantikum sorgte der Mensch durch Brandrodung für die Bildung neuer Dünen. Vermutlich wurde auch Flugsand bis ins Holozän hinein abgelagert (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 84). Genaue Datierungen fehlen aber noch. Spätestens im Atlantikum dürfte die Flugsandaufwehung durch die Vegetation zum Erliegen gekommen sein. Erst im Neolithikum, während der Römerzeit und im Mittelalter, wurden durch Rodung kleinere Flugsandbewegungen ausgelöst.

Zur Gliederung des Spätpleistozäns und Holozäns siehe auch Tab. 6.

3.4 Tektonik

Die Tektonik der Niederrheinischen Bucht ist seit der variszischen Orogenese angelegt und seit dieser Zeit mit Unterbrechungen aktiv. Die variszische Streichrichtung ist Südwest-Nordost gerichtet. Am Niederrhein dominieren senkrecht dazu verlaufende Querverwerfungen in Nordwest-Südost-Richtung. Diese Strukturen wurden während der alpidischen Orogenese im Zuge der Absenkung des norddeutschen Tieflandes und des Eintiefens des Rheingraben reaktiviert (siehe unten).

Während der asturischen Phase im hohen Westfal C erfuhr der Untergrund die stärkste Beanspruchung (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 92). Große Teile des Untersuchungsgebietes wurden zu dieser Zeit nach Nordosten hin gekippt (HOYER 1962: 443).

Olivinbasalte aus einer Zeche am Südrand des Sonsbeck-Kamper Sprungs (BUNTEBARTH & MICHEL & TEICHMÜLLER 1982) sollen mit der Zerblockung des variszischen Gebirges im Stefan oder Rotliegenden in Verbindung gebracht werden (NIEMÖLLER & STADLER &

TEICHMÜLLER 1973: 216). Die großen Teufeunterschiede an der Zechsteinbasis wurden weitgehend ausgeglichen. Halokinetische Bewegungen sollen auch eine Rolle gespielt haben (THIENHAUS 1962). Dies ist ebenso im Bislicher Graben zu beobachten (KLOSTERMANN 1989). Besonders in der Trias und im Jura wurden deutliche Senkungsbewegungen nachgewiesen. Während der altkimmerischen Phase kappen die Rhät- und Lias-Transgression in der Tiefbohrung Emmerich 1 Ablagerungen des Muschelkalks (ELBERKIRCH & WOLBURG 1962). Im Bislicher Graben werden die Gesteine des Zechsteins und des Buntsandsteins von Schichten des Rhäts diskordant überdeckt. Möglicherweise wurde die Bewegung auch durch halokinetische Vorgänge beeinflusst. Ob die Basaltvorkommen im unteren und mittleren Buntsandstein (KLOSTERMANN 1989) auf diese Bewegungen zurückzuführen sind, ist noch nicht geklärt.

Jungkimmerische Bewegungen werden von HOYER (1962) vermutet, weil am Niederrhein Dogger und Malm fehlen und erst wieder Schichten der Unterkreide auftreten (SCHAUB 1955). Zu weiteren Bewegungen kam es zwischen Malm und Oberkreide. Im Bislicher Graben wurden Ablagerungen des Lias δ von Schichten des Rupels gekappt (THIENHAUS 1962). Vermutlich fand diese Bewegung während der subherzynen Phase statt. Tektonische Beanspruchungen dieses Alters werden von HOYER (1962) im Bereich des Krefelder Gewölbes vermutet. Dort greifen Maastricht oder Santon auf älteres Mesozoikum oder Karbon über.

Während der laramischen Phase der alpidischen Orogenese dürfte sich der größte Teil der Inversionsbewegungen im Untersuchungsgebiet abgespielt haben (KLOSTERMANN 1992 b: 93), die wohl gleichzeitig mit der Bewegung der Aachener Kreide abgelaufen ist (KNAPP 1980: 128).

An der Kreide-/Tertiärgrenze kam es am Niederrhein in vielen Beckenbereichen zu Hebungen und an Horsten zu Senkungen (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 185). ZIEGLER (1978) vermutete einen Zusammenhang zwischen der Auffaltung der Alpen und der Inversion der im Norden gelegenen Becken. Beispielsweise beschreibt BOIGK (1968) eine Inversion des Niedersächsischen Beckens, HEYBROEK (1974) des Westniederländischen Beckens, KLOSTERMANN (1996) der Venloer Scholle und KNAPP (1980) eine Inversion in der Umgebung von Aachen. Die Niederrheinische Bucht befand sich im Spannungsfeld der Auffaltung der Alpen und dem Öffnen der mittelatlantischen Spalte („sea floor spreading“ in der Norwegen-Grönlandsee, ZIEGLER 1980). Diese Beanspruchung wirkt sich bis heute aus (Westeuropäisches Riftsystem, vgl. 3.3.1).

Zu Beginn des Mitteloligozäns sind Anzeichen einer südwärts gerichteten Horizontalverschiebung nachweisbar (KLOSTERMANN 1983: 103). Dies ist die Ursache einer „Linksseitenverschiebung“ entlang Nord-Süd gerichteter Verwerfungen.

Eine kräftige Absenkung erfuhr die Niederrheinische Bucht im Oberoligozän. Dies führte zur erneuten Sedimentation (vgl. Abb. 5). Auch an der Grenze Pliozän/Pleistozän kam es zu einer erneuten tektonischen Aktivität.

Die im Tertiär begonnene Einkippung der tektonischen Teilscholle der Niederrheinischen Bucht setzt sich im Quartär fort. Zur jüngeren Hauptterrassenzeit ist erneut eine hohe tektonische Aktivität zu beobachten (KLOSTERMANN 1983: 105). So ist die jüngere Hauptterrasse im nördlichen Bereich des Viersener Sprungsystems um rund 26 m versetzt. Auch die obere Mittelterrasse zeigt noch einen Versatz von 7-9 m. Moorbildungen (z.B. im Bereich der Krickenbecker Seen), die im Holozän begannen, zeigen dass es auch in den letzten 10 000 Jahren vor heute zu Senkungsbewegungen kam. KLOSTERMANN (1983: 105) stellte einen Versatz von 3 m fest, was einer Absenkung von 0,3 mm pro Jahr bedeutet.

3.4.1 Mikrotektonik in den Niederlanden

COHEN et al. (2002) beschreiben eine neo- und mikrotektonische Aktivität zwischen dem Peel-Horst und dem Rur-Graben zur Weichsel-Zeit. Danach hat sich der Bereich zwischen dem Peel-Horst und dem Rur-Graben im Hochglazial um 2,3 m gesenkt. Das entspricht einer relativen tektonischen Bewegung von 0,09-0,15 mm/Jahr während der letzten 15 000 Jahre. Dieser Versatz soll sich in den Weichsel-Terrassen der Niederlande wiederfinden. Jungtektonische Bewegungen sind der Grund für die unterschiedlichen Senkungen der Niederlande im Quartär. Aus der Literatur sind Beweise für seismische Aktivität durch Paläoseismologie, historische Quellen und moderne seismische Überwachungen verfügbar. In den zentralen Niederlanden wurde die durchschnittliche Versatzrate über einen weiten Zeitraum durch Seismologie, Kernbohrungen, dem Rhein-Maas-Sedimentarchiv und moderner Nivellierung verfügbar gemacht. Danach ist das Neogen, das späte Quartär, eine Phase der überdurchschnittlichen Versetzungsrate. Das späte Quartär ist gleichzeitig die Zeit der größten Vereisung im Nordseeraum. Der Grund für die periodischen Verschiebungen des quartären Rhein-Maas-Gebietes ist in der Tektonik und der Vereisung zu suchen. Möglicherweise war die letzte große Verschiebung des Rheins durch den Rückzug des Weichsel-Eises tektonisch bedingt. Neotektonische Einflüsse des Spätglazials und Holozäns des Rhein-Maas-Systems finden sich in den Sedimenten als sekundäre Einkeilung wieder, welche primär durch den Meeresspiegelanstieg und dem Klima entstanden. Ein Ergebnis der spätpleistozänen Vereisung war, dass sich stromabwärts, auf dem Peel-Horst, das holozäne Delta in das westniederländische Becken und dem Rur-Graben erweiterte.

4. Forschungsgeschichte des Untersuchungsgebietes und seines Rahmens

Im Folgenden werden nur die Sedimente besprochen, die im eigenen Untersuchungsgebiet vorhanden sind.

4.1. Obere Mittelterrasse

Die Bezeichnung obere Mittelterrasse wurde erstmals von MORDZIOL (1912: 17) benutzt. KAISER (1903: 213) sprach schon von einer tiefsten (also jüngsten) Mittelterrasse, die mit Löss bedeckt ist. Indirekt bestätigte er somit die Existenz älterer Mittelterrassen, die KAISER (1909: 19) dann beschrieb und höhere Mittelterrasse nannte.

Die oberen Mittelterrassen werden neben Schwermineralen (auffällige Dominanz brauner Hornblende, BRUNNACKER et al. 1978) und magnetischen Eigenschaften (Brunhes-Epoche) hauptsächlich durch Erosionsdiskordanzen nach oben und unten abgetrennt. KLOSTERMANN (1984: 50) und ZONNEVELD (1956: 401) beschreiben eine plötzliche Zunahme der braunen Hornblende in der oberen Mittelterrasse und begründen dies mit der Zunahme des Rheineinflusses. Dies ist, neben einer deutlichen Erosionsdiskordanz, das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zu den Hauptterrassen. Gegenüber der mittleren Mittelterrasse ist wiederum eine deutliche Erosionsdiskordanz zu beobachten. Die mittlere Mittelterrasse besitzt außerdem eine deutliche Dominanz von Klinopyroxen gegenüber den oberen Mittelterrassen.

Es werden 3 Terrassenkörper (obere Mittelterrasse 1-3) unterschieden, wobei wohl die oberen Mittelterrassen 1 und 2 durch ein Interglazial (BRUNNACKER et al. 1978: 320) und die oberen Mittelterrassen 2 und 3 durch ein Interstadial (VON DER BRELIE & KLIPPER & TEICHMÜLLER 1959: 181) von einander getrennt sind. Im Untersuchungsgebiet wurden bis jetzt nur die oberen Mittelterrassen 1 und 2 nachgewiesen (vgl. KLOSTERMANN 1997: 31). Die oberen Mittelterrassen zählen zu den ersten richtigen Eiszeittypen (im Gegensatz zu den Kaltzeittypen, wie z.B. die Hauptterrasse). Darauf weisen die Klimaindikatoren (BRUNNACKER et al. 1978: 320) hin. Die Eisvorstöße aus Norddeutschland hatten ein extrem kaltes Klima mit periglazialen Dauerfrostboden im Vorland (also auch am Niederrhein) zur Folge. Das Abflussverhalten der Flüsse änderte sich dahingehend, dass zunächst eine Breiten- und Tiefenerosion einsetzte, dann die Hauptakkumulation folgte (BRUNNACKER et al. 1978). Nach dem raschen Auflösen des Dauerfrostbodens hielten sich Erosion und Akkumulation die Waage. Danach ordnete BRUNNACKER et al. (1978) die Mittelterrassen I und IIa einer Kaltzeit zu. Die Mittelterrasse IIa zeigt bei Grevenbroich eine ausgebildete Mäanderschleife (BRUNNACKER et al. 1978), so dass sie in einer Warmzeit entstanden sein muss (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 71). Deshalb stellt sie KLOSTERMANN in das Frimmersdorf-Interglazial. Dem entsprechend stellt KLOSTERMANN (1992 a: 72) die oberen Mittelterrassen 2 und 3 mit der Mittelterrasse IIb nach BRUNNACKER gleich. Die Gliederung der oberen Mittelterrassen ist in Tab. 2 wiedergegeben.

4.2 Mittlere Mittelterrasse

KAISER (1903: 210) bezeichnete einen bei Remagen entwickelten Terrassenkörper, der sich in der Mitte der Mittelterrasse befindet, als „Apollinaristerrasse“. GURLITT (1949: 40) führte den Begriff mittlere Mittelterrasse ein.

Den Rhein abwärts bis Krefeld lassen sich diese Schichten unter der unteren Mittelterrasse erbohren, wobei die Basis die Höhe des heutigen Meeresspiegels hat (QUITZOW 1956: 365). Sie wurde nur in tiefen Erosionsrinnen abgelagert und wird deshalb auch als Rinnenschotter

bezeichnet (QUITZOW 1956: 371). Ihre Abtrennung nach unten wird durch Schwerminerale (hoher Klinopyroxenwert, KLOSTERMANN 1985) durchgeführt. VINKEN (1959: 151) konnte mit Hilfe der Schwerminerale die Verbindung von Mittel- und Niederrhein nachweisen. Der hohe Klinopyroxenwert der mittleren Mittelterrasse kann als „Leitmineral“ angesehen werden und ist auf den einsetzenden Basaltvulkanismus in der Eifel zurückzuführen. Von ZONNEVELD (1956: 382) wurde die mittlere Mittelterrasse erstmals mit der Zone von Urk der niederländischen Gliederung verknüpft (vgl. Tab. 12 und Taf. 1 im Anhang). Er beschreibt klinopyroxenreiche Rheinsande im Liegenden der Formation von Veghel. Diese Verknüpfung bietet eine Parallelisierung des elsterzeitlichen Eisvorstoßes am Niederrhein mit dem Glazial C der niederländischen Gliederung an. RUEGG & ZANDSTRA (1977) konnten im Glazial C nordisches Geschiebe nachweisen. Es befand sich im unteren Teil der Formation von Urk. Der erste elsterzeitliche Eisvorstoß in der Niederrheinischen Bucht könnte demnach zur Zeit der mittleren Mittelterrasse stattgefunden haben (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 78).

Die mittlere Mittelterrasse ist der erste Terrassenkörper, der im gesamten Bereich des Niederrheins in begrabener Lage ausgebildet ist. Dagegen ist die mittlere Mittelterrasse am Mittelrhein als morphologische Terrasse ausgebildet, was bedeutet, dass am südlichen Niederrhein an der Grenze zum Mittelrhein eine Terrassenkreuzung vorliegen muss (QUITZOW 1956, KLOSTERMANN 1992 a). Die Obergrenze lässt sich nur feststellen, wenn die Tone und Torfe der Holstein-Schichten vorhanden sind. Die Ablagerungen der Rinnenschotter sollen zur Zeit des ersten Eisvorstoßes der Elster-Kaltzeit in die Niederrheinische Bucht erfolgt sein (siehe oben). Ihre Entstehung ist in direktem Zusammenhang mit einem verwilderten Flusssystem zu sehen (Eiszeittyp nach BRUNNACKER et al. 1978: 320). Die außergewöhnliche Tiefenerosion ist durch „normale“ Erosion nicht zu erklären. Sie ist eher auf die großen Abflussmengen beim Abschmelzen der Inlandeismassen zurückzuführen (KLOSTERMANN 1985: 12).

Die Sedimente der mittleren Mittelterrasse bestehen aus grauen und gelbgrauen feinkiesigen Mittel- und Grobsanden mit grobsandigem Mittel- und Feinkies. An der Basis tritt oft aufgearbeiteter tertiärer Muschelschill auf. Im unteren Teil finden sich auch Grobkieslagen mit Steinen, die durch Erosion von Eisen- und Mangankrusten umschlossen sind. Den Abschluss im Hangenden bilden Tone und Torfe der Holstein-Warmzeit.

Für die stratigraphische Korrelation der mittleren Mittelterrasse mit den Schichten der Niederlande muss auch die Einstufung der älteren Ablagerungen berücksichtigt werden. ZAGWIJN (1985) korrelierte die Hauptterrasse 3 (nach BOENIGK 1978) mit dem Glazial B der niederländischen Gliederung (vgl. Tab. 2). Die Verknüpfung fand auf Grund der Schwerminerale statt. Einen Widerspruch ergibt sich allerdings bei der Magnetisierung. Das Glazial B ist normal magnetisiert, die Hauptterrasse 3 dagegen revers, gehört also zur Matuyama-Epoche (BOENIGK 1978). Untersuchungen an der Hauptterrasse 3 auf Blatt 4403 Geldern ergaben ebenfalls eine reverse Magnetisierung (vgl. KLOSTERMANN 1984). Schwermineralanalysen (KLOSTERMANN 1989) ergaben, dass das Glazial A in Zusammensetzung und Magnetisierung mit der Hauptterrasse 3 korreliert werden kann (vgl. Tab. 2). Sie zeigen gleichzeitig eine Verbindung der oberen Mittelterrasse mit der niederländischen Formation von Urk (vgl. Tab. 12) und der mittleren Mittelterrasse mit dem Glazial C (ZONNEVELD 1956: 382).

SCHIRMER (2003, vgl. Tab. 2 und 4) gliedert das ältere Pleistozän und die Brunhes-Matuyama-Grenze neu. Dabei treten besonders bei den Hauptterrassen erhebliche Unterschiede auf.

Tab. 2: Gliederung des älteren Pleistozäns

Palaomagnetik	Alter x 10 ³ Jahre vor heute	Sauerstoffisotopen-Stufen (KUKLA 1978, SHACKELTON & OPDYKE 1976)	Chrono-Stratigraphie nach SCHIRMER 2003	SCHIRMER 2003	Niederlande (Z AGWIJN 1985)	südlicher Niederrhein		nördlicher Niederrhein (KLOSTERMANN 1984, 1985)
						(BOENIGK 1978, 1995)	(BRUNNACKER 1980)	
Brunhes	330	9	Saale-Komplex	Mittelterrasse 2	Holstein Warmzeit	Kempen-Krefeld MT IVa MT III b Frimmersdorf MT III a MT II b Niederaußen MT II a	Holstein-Intergla.	Holstein II
		10			Elster Kaltzeit		Mittelterr. IIIb	Untere Mittelterr. 1
	420	11	Holstein-Warmzeit	Frimmersdorf	Interglazial IV	MT I	(Ariendorf-Intergl.)	Holstein I
		12	Elster-Kaltzeit	Mittelterrasse 1?	Glazial C		Mittelterr. IIIa	Rinnenschotter
	13	Cromer-Komplex	Hauptterr. 4	Hauptterr. 4		Mittelterr. IIb	Obere Mittelterr. 3	
	14							Erf-Interstadial
	15							
	16							
	620	17	Hauptterr. 3	Hauptterr. 2	Interglazial III	Hauptterr. 4	Frimmersd./Mt. IIa	Frimmersdorf-Warmz.
		18			Hauptterr. 3			Mittelterr. I
Matuyama	20	Dorstium	Hauptterr. 1	Hauptterr. 1	Glazial B	Hauptterr. 2	Hauptterr. 4	Hauptterr. 4
					Interglazial II			
		Leerdamium			Glazial A	Hauptterr. 1	Hauptterr. 3	Hauptterr. 3
Lingium	Leerdam Interglazial	Hauptterr. 2	Hauptterr. 2					
				Linge Glazial				
				Bavel Interglazial				
22	Menapium	Hauptterr. 1	Hauptterr. 1					
				23	Bavelium	Frechen III	Waalium C	Hauptterr. 1

— Brunhes-Matuyama-Grenze nach SCHIRMER

— Brunhes-Matuyama-Grenze nach KLOSTERMANN

4.3 Holstein-Sedimente

Vom Niederrhein sind viele Ton- und Schluffhorizonte mit humosen und torfigen Anteilen bekannt, die dem Holstein zugeordnet werden. FLIEGEL (1910) stellte diese Schichten noch ins Tegelen. Durch Pollenanalysen fand K. JESSEN (briefl. Mitt. 1924 in STEEGER 1952) einen zu hohen *Abies*-Wert, um diese Ablagerungen in die Tegelen-Schichten zu stellen. KAISER & SCHÜTRUMPF (1960: 177) bestätigten dies durch Pollenanalysen im Bereich der Stauchmoräne am Oermter Berg, am Eylschen Berg oder am Hülser Berg. Seit 1925 wurden weitere Bohrungen bei Krefeld, Mönchengladbach, Moers und Kempen durchgeführt, wobei die Zuordnung zum Holstein nicht immer eindeutig war. Oft wurde auch erwogen, die gefundenen Schichten in die Eem-Zeit zu stellen. So fasst KEMPF (1960) auf Grund paläobotanischer Untersuchungen die Krefelder und die Kemptener Schichten zusammen und stellt sie in die Holstein-Warmzeit. Die Moerser Schichten interpretierte KEMPF (1960) als umgelagertes interglaziales Material der Mittelterrasse. URBAN (1979) ordnete sie einer Prä-Eem-Warmzeit zu und nannte sie Treene-Warmzeit. URBAN (1980) fand bei Pollenuntersuchungen in der Stauchmoräne bei Xanten hohe *Corylus*-(Haselnuss)-Werte und bezeichnete die Florengemeinschaft als Krefelder Interglazial. Solch hohe *Corylus*-Werte waren bis dahin nur aus der Eem-Warmzeit und dem Präboreal bekannt.

KLOSTERMANN (1989) führte darum eine neue Gliederung ein und teilte das Holstein in Holstein I und II auf. Dazwischen setzte er die untere Mittelterrasse I.

Das Holstein I wird von zwei Terrassenkörpern eingeschlossen. Im Liegenden wird sie von der mittleren Mittelterrasse begrenzt, im Hangenden von der unteren Mittelterrasse 1 (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 84). Die Schichten des Holstein I sind bis heute nur in der Stauchmoräne bei Xanten (URBAN 1980) und in Mönchengladbach-Neuwerk gefunden worden. Die Zuordnung zur Holstein I-Warmzeit ist bis jetzt nur durch Pollenanalyse möglich.

Bei den Schichten des Holstein I handelt es sich um blaugraue Tone und Torfe, die oft schluffig sind und humose Anteile besitzen können. Sie fallen durch einen nicht so hohen Klinopyroxenwert wie die Schichten im Liegenden und Hangenden auf.

Die **untere Mittelterrasse 1** wird zum einen in die frühe Saale-Kaltzeit gestellt (BRUNNACKER et al. 1978, Mittelterrasse IIIb), zum anderen wird sie in die späte Elster-Kaltzeit eingestuft (KLOSTERMANN 1985). Die Untergrenze lässt sich nur feststellen, wenn zwischen mittlerer und unterer Mittelterrasse 1 Tone und Torfe der Holstein I-Warmzeit zu finden sind (KLOSTERMANN 1992 a: 87). Die Abgrenzung zu den saalezeitlichen Terrassen ist durch die Höhe gegeben. Die untere Mittelterrasse 1 ist die älteste der unteren Mittelterrassen. Sie besitzt wieder einen hohen Klinopyroxenwert. Kryoturbationen und Eiskeile weisen auf einen eiszeitlichen Terrassenkörper hin, der in einem verwilderten Abflusssystem des Rheins entstand. Es ist aber nicht auszuschließen, dass sich am Ende ein mäandrierendes Flusssystem gebildet hat, das mit den Ablagerungen der Holstein II-Warmzeit gefüllt wurde (KLOSTERMANN 1992 a 87-88).

Nach dem heutigen Stand handelt es sich um einen Terrassenkörper, der sich am Ende der Elster-Kaltzeit gebildet hat und bis zum Beginn des Holstein II reicht.

Erst KLOSTERMANN (1989) trennte auf Grund der Florengemeinschaft das Holstein in I und II. Die im Untersuchungsgebiet auf dem Holstein abgelagerte untere Mittelterrasse 2 unterscheidet sich durch eine Zunahme der stabilen Schwerminerale.

Die Ablagerungen des Holstein II entstanden überwiegend in Altarmen von Flüssen während einer warmzeitlichen Phase (KLOSTERMANN 1992 a). In Stromrinnen wurden Sande und Kiese, in Altarmen Schluff und Ton abgelagert. Da die Flora weitestgehend der von heute entspricht, muss das Klima ähnlich gewesen sein (KEMPF 1966).

4.4 Untere Mittelterrasse 2

Die untere Mittelterrasse 2 wurde so von KLOSTERMANN (1985) eingeführt. KLOSTERMANN (vgl. 1992 a: 94) teilt die untere Mittelterrasse 2 weiter in einen älteren und einen jüngeren Teil auf. Sie wird hauptsächlich durch Schwerminerale abgetrennt, besonders durch nordisches Geschiebe, die zum ersten Mal auftreten. Es soll sich um die ersten saalezeitlichen Ablagerungen handeln. Sie wird einerseits durch die Holstein-Sedimente, andererseits durch ihre Tieflage von der unteren Mittelterrasse 1 unterschieden. Bei Straelen soll der Niveauunterschied noch 8-9 Meter betragen. So muss sich die untere Mittelterrasse 2 in die untere Mittelterrasse 1 eingeschnitten haben oder auf den Holstein-Sedimenten abgelagert haben. Die ältere untere Mittelterrasse 2 zeigt einen glazifluvialen Charakter, die jüngere untere Mittelterrasse 2 eine rein fluviale Ausprägung (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 97). Hier handelt es sich um ein verwildertes Flusssystem.

Die ältere untere Mittelterrasse 2 hat sich vor den saalezeitlichen Eisvorstößen abgelagert und wurde von diesen dann gestaucht. Sie enthält kein nordisches Geschiebe. Die jüngere untere Mittelterrasse 2 lagerte sich erst nach den Eisvorstößen ab. Sie ist nicht gestaucht und enthält nordisches Geschiebe (KLOSTERMANN 1989).

Die untere Mittelterrasse ist im Untersuchungsgebiet die komplexeste Ablagerung. KLOSTERMANN (1992 a) teilt die liegenden Holstein-Schichten in Holstein I und II, und setzt dazwischen die untere Mittelterrasse 1. Da diese Einteilung lokal auf Blatt Geldern (KLOSTERMANN 1984) begrenzt ist, wird sie von F. JANSEN (2001) für Blatt Wesel nicht mehr unterschieden. Hier befindet sich unter nur einer Holstein-Schicht eine durch Erosion verursachte Schichtlücke und darunter folgt direkt die mittlere Mittelterrasse. JANSEN (2001: 84) vermutet, dass die Holstein I-Ablagerungen (Römerhof-Interglazial) und die Ablagerungen der unteren Mittelterrasse 1 vor der Ablagerung der Holstein II-Schichten abgetragen wurden. Bei BRUNNACKER et al. (1978) ist die Einteilung der Terrassen eine andere. Er unterteilt nicht zwischen oberer, mittlerer und unterer Mittelterrasse, sondern spricht von den Mittelterrassen I – IV. Dabei entspricht die Mittelterrasse IIIb zeitlich der unteren Mittelterrasse 1 von KLOSTERMANN. Sie liegt aber nicht zwischen, sondern unter dem Holstein und wird im Liegenden von der Mittelterrasse IIIa begrenzt, die der mittleren Mittelterrasse (Rinnenschotter) entspricht (siehe Tab. 3).

Die Mittelterrasse IIb entspricht der oberen Mittelterrasse. Die Mittelterrasse IV wird in a und b aufgeteilt, wobei die Mittelterrasse IVa der älteren unteren Mittelterrasse 2 und die Mittelterrasse IVb der jüngeren unteren Mittelterrasse 2 sowie den unteren Mittelterrassen 3 und 4 entspricht. THOME (1983) spricht dagegen nur von einer unteren Mittelterrasse und stellt sie der Krefeld-Terrasse gleich, was nach KLOSTERMANN der unteren Mittelterrasse 4 entspräche.

BRUNNACKER et al. (1978) bestätigt die Vierteilung der Mittelterrassen nach MORDZIOL (1908: 383) auch für den Niederrhein. Am Ostrand der Ville fanden BRUNNACKER (in HELLER & BRUNNACKER 1966) und SCHIRMER (1969), dass die Mittelterrassen-Schotterkörper jeweils durch ein Interglazial nahe der Schotterbasis zweigeteilt sind. Dies wurde schon von VON DER BRELIE et al. (1959) für die Mittelterrasse 2 beschrieben.

Tab. 3: Die Gliederung der unteren Mittelterrasse am Niederrhein

Jahre vor heute	Sauerstoffisotop. KUKLA 1978		BRUNNACKER 1978	KLOSTERMANN 1983 - 97	JANSEN 2001	Niederlande ZAGWIJN 1985
127 000	5e	Eem	Eem	Schichten von Weeze	kein Nachweis	Eemian
245 000	6	Saale	Mittelterrasse IVb	uMT 4	kein Nachweis	Saalian Stadial III
	7a			uMT 3	jüngere MT 3	
	7b			Eisvorstoß 2	Stauchmoräne	
	7c			jüngere uMT 2	Beckensande	
	8			Interglazial	ältere untere Mittelterr. 2	
330 000	9	Holstein	Holstein-Warmzeit	Holstein II	Holstein-Schichten	Holstein
	10		Mittelterrasse IIIb	untere Mittelterr. 1		Elster
400 000	11	Elster	Mittelterrasse IIIa	Holstein I		Interglazial IV (Noordbergum) Glazial C
	12			mittlere Mittelterr.	mittlere MT	Peelo

Tab. 4: Stratigraphie nach SCHIRMER (1995 a, 2003)

Chrono-Stratigraphie	Magneto-Stratigr.	MIS	Mittel-Niederrhein (2003)	Niederrhein (1995a)	Abweichungen in der Stratigraphie	Oberrhein	Alpen und Rheingletscher	ka
Holozän		1	Sieben Auenterrassen	Sieben Auenterrassen			Beckenfüllg.	11,56
OBER-PLEISTOZÄN	Wülm s.str.	Dryas 3	Ebing-Terrasse (NT3)	Ebing-Terrasse (NT3)			Egesen	14
		Spätwürm						
	Wülm s.l.	Hochwürm	Schönbrunn-T. (NT2) Reundorf-T. (NT1)	Schönbrunn-T. (NT2) Reundorf-T. (NT1)		obere Groblage	Singen LGM	28
		Ahr-Interstadial-Komplex				Lohne		67
	Rhein-Intergl.-Komplex Eem	5	Weeze/Moers II	Weeze/Moers II		Mosbach St.Germain	Beckenfüllung Krumbach	110
MITTEL-PLEISTOZÄN	Saale-Komplex	6	Osterath-Terr. Krefeld-Terrasse Untere Mittelterrasse	Mittelterrasse 5	Saale-Kpl.	untere Groblage	Jungniss Doppelwall-Riss	128
		7	Krefeld ?	Kempen				
		8	Mittelterrasse 3	Mittelterrasse 4				
		9		Krefeld	Holstein-K.			
		10	Mittelterrasse 2	Mittelterrasse 3	Elster-Kpl.			Beckenfüllung
	Hostein-Kompl.	11	Frimmersdorf	Frimmersdorf	Cromer V			
	Elster-Kpl.	12	Mittelterrasse 1?	Mittelterrasse 2		obere Breisgau-Schichten	MEG	
	Cromerium IV Glazial C	13						
	Cromerium III Glazial B	14	Hauptterrasse 4	Mittelterrasse 1				
	Cromerium II Glazial A	15	Hauptterrasse 3	Hauptterrasse 4				
UNTER-PLEISTOZÄN	iii	16	Hauptterrasse 2	Hauptterrasse 3				
		17	Hauptterrasse 1	Hauptterrasse 2				
	18		Hauptterrasse 1					
	19	Hauptterrasse 1	Hauptterrasse 1					783
	20							
ii	21	Frechen III Schotter d	Alpen-Rhein	Frechen III Schotter d			Mindel = jüngere Decken- Schotter	990
	22	Frechen II Schotter c		Frechen II Schotter c			Haslach ältere Decken- schotter	Mio a
	23	Frechen I Schotter b2		Frechen I Schotter b2			Günz	1,8
i	Fortuna Schotter b1	Alpenvorland-Rhein	Fortuna Schotter b1					
PLIOZÄN	Reuverium		Reuver-Ton	Reuver-Ton			Donau älteste Decken- schotter	2,4 2,6
	Brunssumium		Kieseloolith-Schichten	Schotter a			Biber	3,6
MIOZÄN	Ober		Lothringischer Rhein	Rotton Serie			neo-alpine Phase	5,2
	Mittel		Braun- kohle	Kaiserstühler Rhein				
	Unter		Nrh marin	Brohler Rhein				
OLIGOZÄN	Ober		Nrh marin	Vallendar- Schichten				23,8
	Mittel							
	Unter							
EOZÄN						Orh marin	meso-alpin	34

KLOSTERMANN (1992 a) unterscheidet also 4 untere Mittelterrassen petrographisch, BRUNNACKER (et al. 1978) unterscheidet insgesamt 4 Mittelterrassen, die zum Teil in a und b unterteilt werden. Diese wurden lithologisch getrennt. Hier wird deutlich (vgl. Tab. 3), dass die zeitliche Einteilung von einander abweicht. Auch die Grenze Elster/Saale ist nicht einheitlich gezogen.

SCHIRMER (1995 a) trennt zwischen der Hauptterrasse und dem Eem 5 Mittelterrassen ab (siehe Tab. 4), ohne eine Unterteilung in obere, mittlere und untere Mittelterrasse durchzuführen (siehe unten).

Die doppelte Linie in Tab. 3 zeigt die Unterschiede im Beginn der Holstein-Warmzeit an.

BOENIGK (1995) stellte eine Terrassenstratigraphie für das Mittelpleistozän am südlichen Niederrhein, der Niederlande und dem Mittelrhein auf. Dabei wurden die niederrheinische und die niederländische Stratigraphie mit vulkanischen Mineralen als Zeitmarke verknüpft. Es wurden auch morphologische Lagen und Deckschichtfolgen herangezogen. Dabei wurden (ähnlich wie bei BRUNNACKER et al. 1978) vier Mittelterrassen unterschieden, wobei zwischen der MT IIIa und IIIb das Frimmersdorf-Interglazial gesetzt wurde (vgl. Tab. 5). Weiter wurden zwischen dem Cromer-Komplex und dem Holstein mehrere Kalt- und Warmphasen eingefügt, die am Mittelrhein durch Floren und Faunen nachweisbar sind. Durch die Neueinstufung des Frimmersdorf-Interglazials wurden tiefer liegende Schichten älter eingestuft.

Tab. 5: Vergleich der stratigraphischen Abfolge für das Mittelpleistozän der Niederlande und des südlichen Niederrheins (umgezeichnet nach BOENIGK 1995)

Jahre vor heute		vulkanische Minerale	ZAGWIJN 1985 Niederlande	BOENIGK 1995 Niederrhein süd
330 000	Saale			b Kaltzeit
			Holsteinia	MT IV Kempen-Kr.
400 000	Holstein	viel Pyroxen Dominanz	Elster-Kaltz.	a b Kaltzeit MT III Frimmersdorf
	Elster	viel braune Hornblende Dominanz	Interglazial IV (Noordbergum)	a b Kaltzeit MT II Niederaußem
			Glazial C	MT I
		wenig		HT IV
620 000	Cromer-Kompl.		Interglazial III	
			Glazial B	HT III Kaltzeit
		Interglazial II (Westerhoven)	HT II	
	keine			

= Interglazial/Interstadial

Ursachen sind zum einen tektonische Aktivitäten (Heraushebung des südlichen Niederrheins und Bildung einer Terrassentreppe, die der Rhein einebnete), zum anderen repräsentieren Parabraunerden nicht nur Interglaziale, sondern auch Interstadiale, die den Warmzeiten ähneln. Ein Beispiel zeigt LANSER (1983) im Querprofil durch die Terrassenfolge im Raum Krefeld. Das Holstein wird dort als Glener und Krefelder Schicht bezeichnet, und lässt sich an der Höhe nicht unterscheiden. In der Konsequenz für das eigene Untersuchungsgebiet bedeutet dies, dass es möglicher Weise mehr Kalt- und Warmzyklen an Niederrhein gegeben hat als bis heute angenommen wird, diese aber, durch das Herausheben des südlichen Niederrheins und des Schiefergebirges, im Untersuchungsgebiet alle auf annähernd gleichem Niveau zur Ablage kamen.

SCHIRMER (1994: 180) beschreibt 4 Mittelterrassen, wobei die MT 1 in die Elster-Kaltzeit gestellt wurde. 1995 c beschreibt SCHIRMER 5 Mittelterrassen und stellt die MT 1 ins Cromer IV (Glazial C). Die Einführung einer 5. Mittelterrasse wurde durch Auffinden eines fossilen Bodens bei Köln notwendig. Auf der MT 4 wurden zwei fossile Böden, auf der MT 5 ein fossiler Boden gefunden, der sich auch in der Niederrheinischen Bucht weiterverfolgen lässt. Ähnliches lässt sich auch am Main beobachten (SCHIRMER, unveröffentlicht). Das Frimmersdorf-Interglazial wurde von SCHIRMER (1995 c: 522) zwischen die MT 2 und 3 gestellt (vgl. Tab. 4).

4.5 Glaziäre Ablagerungen

4.5.1 Beckenschluffe

Beckenschluffe waren zuerst nur aus den Niederlanden bekannt (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 97). KLOSTERMANN (1989: 62) beschrieb sie zum ersten Mal im inneren des Xantener Lobus. Im Liegenden befinden sich quartäre Kiese und Sande oder marine Tertiär-Schollen. Im Hangenden werden sie auch von Kiesen und Sanden überdeckt. Die Beckenschluffe fallen also (nicht zuletzt durch ihre hellen bis weißen Tone und Schluffe) leicht ins Auge. Ihre gestauchte Lagerung (nach KLOSTERMANN 1992 a: 99) lässt darauf schließen, dass sie beim Abschmelzen des ersten saalezeitlichen Eisvorstoßes entstanden sind und vom zweiten saalezeitlichen Eisvorstoß gestaucht wurden (KLOSTERMANN 1992 a: 99). Die Beckenschluffe sind Stillwasserablagerungen, die durch das abschmelzende Inlandeis entstanden sind. Der Rhein muss zu dieser Zeit weiter westlich geflossen sein. Die gröberen Bestandteile müssen sich im sommerlichen Schmelzwasser gebildet haben, wo die Abfließgeschwindigkeit größer war, wogegen die feineren entsprechend im Winter entstanden sein müssen. Die Flora und Fauna zeigt tertiäre Fossilien. Es kann sich aber nicht um miozänzeitliche Schichten handeln, so dass es sich um aufgearbeitetes Material handeln muss. Die Beckenschluffe am Niederrhein zeigen große Ähnlichkeiten im Aussehen, Mikrofauna und petrographischer Ausbildung mit Ablagerungen aus dem niedersächsischen Raum (JORDAN 1979, LÜTTIG & MEYER 1980).

4.5.2 Sander

KEILHACK (1915: 51) deutete als erster die Verebnungsflächen westlich der Stauchmoränen des Niederrheins als Sanderflächen und verband sie so mit Sandschüttungen aus den Niederlanden. Er sah in der genau entgegengesetzten Schüttungsrichtung gegenüber den Rheinterrassen das wichtigste Erkennungsmerkmal. STEEGER (1925: 16) schloss sich dem teilweise an. So interpretierte er Verebnungsflächen westlich des Hülser Berges als Sandflächen glazialen Ursprungs. KLOSTERMANN (1985) teilte die Sanderschüttungen in zwei unterschiedliche Generationen. Der erste Eisvorstoß bildete den ersten Sander aus, der durch

Oszillation des Eisrandes in sich eine Teilung erfahren hatte. Das bedeutet, dass die erste Schüttung nach einer Unterbrechung durch die zweite Schüttung überschichtet wurde (KLOSTERMANN 1989: 70). Nachdem sich das Eis vollständig vom Niederrhein zurückzog, kam es zum zweiten Eisvorstoß, der den ersten Eisvorstoß in westlicher Richtung nicht mehr erreichte und einen zweiten Sander innerhalb der ersten Loben schüttete.

Sander lassen sich durch ihren Schwermineralanteil nach oben und unten abtrennen. Ihre Höhenlage unterscheidet sie auch von den Mittelterrassen. Nur die untere Mittelterrasse 4 kann teilweise das Niveau des Sanders erreichen (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 102). Sander sind meist gut sortiert und können Material bis zu aufgearbeitetem, tertiärzeitlichem Muschelschill enthalten. Ihr Entstehen ist eindeutig glazial und in direktem Zusammenhang mit den saalezeitlichen Eisvorstößen zu sehen. Es konnten bis heute zwei saalezeitliche Inlandeisvorstöße festgestellt werden, so musste es auch zwei unterschiedlich alte Sander geben. Ihre Identifizierung stellte sich aber als sehr schwierig heraus. Sander sind in der Regel Schmelzwasserablagerungen, die sich nach Südwesten mit fluviatilen Sedimenten des verwilderten Rheins verzahnen. In den Bereichen, in denen der Rhein durch das vorstoßende Inlandeis nach Westen abgedrängt wurde, kann man von glazifluviatilen Sedimenten sprechen. Die Fließgeschwindigkeit der Schmelzwässer ist am Eisrand am stärksten und nimmt mit zunehmender Entfernung ab. So wurden die Sedimente vom Eisrand hin weg immer feiner. Eine Überlagerung von verschiedenen Sedimenten ist durch Oszillationen des Eisrandes zu erklären. An den Westrändern der Sander konnten Schmelzwässer wieder beginnen sich V-förmig einzuschneiden. So konnte Material von Stauchmoränen und grünes glaukonitisches Tertiär-Material aufgearbeitet und abgelagert werden.

4.5.3 Stauchmoräne

Bereits STARING (1857) beschrieb erratische Blöcke (Findlinge). Aber erst KÖNIG (1902) stellte einen Zusammenhang der linksrheinischen Hügelketten und dem Inlandeis fest. THOME (1959) beschrieb zwei Oszillationen des Eisrandes und KLOSTERMANN (1985) sprach von zwei völlig unabhängigen Eisvorstößen während des Drenthe-Stadiums.

Die Stauchmoränen lassen sich nur durch ihre gestörte Lagerung erkennen, weil ihre Bestandteile alle älteren Schichten bis zum Tertiär enthalten können. Der Hauptbestandteil der Moränen besteht aus Kiesen und Sande der älteren unteren Mittelterrasse 2. Daneben lassen sich noch Schmelzwasserablagerungen des Inlandeises, mittlere Mittelterrasse und Reste der Hauptterrasse nachweisen. Pliozäne Kiese und Sande, Torfe aus der Holstein-Warmzeit, Beckenschluffe sowie tertiäre Feinsande lassen sich zumindest gebietsweise nachweisen. Am Niederrhein können drei Stauchmorärentypen unterschieden werden. Die Kern-Stauchmoränen besitzen einen tertiären Feinsandkern, der die heutige Morphologie der Moräne nachzeichnet. Die Decken-Stauchmoränen werden durch deckenartig überschobene tonige Feinsande, Schluffe und Tone charakterisiert. Sander-Stauchmoränen können den Eindruck einer ungestörten Lagerung vermitteln, enthalten aber Schollen tertiären Materials. Allen Typen ist gemein, dass sie an der Oberfläche kräftig ocker- bis rostfarben verwittern. Die Mächtigkeit der Stauchung kann bis 70 m (bei Xanten) unter die Oberfläche reichen.

KLOSTERMANN (1989: 66) beschreibt im Blattgebiet Xanten zwei petrographisch unterscheidbare Stauchmorärentypen. Eine aus vorwiegend Tertiärmaterial aufgebaute Stauchmoräne (D,S,et), die schluffige und tonige Sande beinhaltet und einem zweiten Typ (D,,et), der aus Kies und Sand besteht, aber auch Schluffe und Tone aus dem Tertiär und gestauchte warmzeitliche Ablagerungen enthalten kann. Der erste Typ (D,S,et) kann eingepresste quartäre Kiese und Sande und Faunenelemente von der Oberkreide bis zum Obermiozän enthalten. Das Schwermineralspektrum zeigt die stabilen Schwerminerale aus dem Tertiär an. Die warmzeitlichen Ablagerungen des zweiten Typs (D,,et) stammen in erster

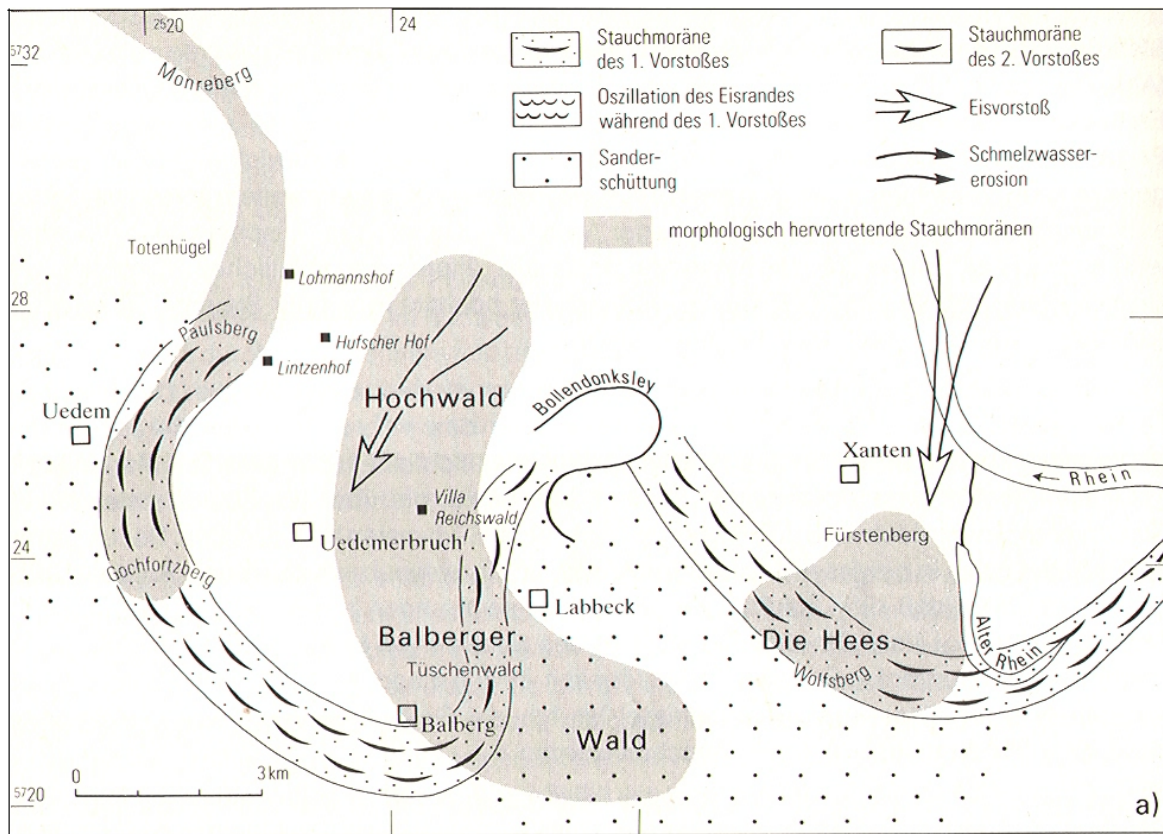


Abb. 7a-d: Inlandeisvorstöße des Drenthe-Stadiums in der Umgebung des Blattes Xanten nach KLOSTERMANN (1989: 72-73), (die Legende gilt für die Abb. 7a bis d)

Linie aus der Holstein-Warmzeit. Die Kiese und Sande stammen aus älteren Terrassenablagerungen. Es können alle älteren Schichten des flachen Untergrundes enthalten sein, aber fluviatile und glazifluviatile Sedimente überwiegen. Im Schwermineralspektrum fehlen bis auf einige Ausnahmen (z.B. Rinnenschotter) die stabilen Schwerminerale.

Durch verschiedene saalezeitliche Eisvorstöße und Oszillationen des Eisrandes entstanden die Stauchmoränenwälle (vgl. KLOSTERMANN 1989: 70).

Von Norden her erreichte der erste saalezeitliche Eisvorstoß den Niederrhein (vgl. KLOSTERMANN 1992: 110). Bei Deventer (Niederlande) kamen die Eismassen des ersten Eisvorstoßes mit dem Rhein, der Maas und den östlich von ihnen liegenden Flüssen in Kontakt. Dadurch kam es zu einem schnellen Ausfließen der Gletscherzunge („glacial surge“ oder „outlet surge“, LAGERLUND 1987) in südlicher Richtung. Dabei wurden Becken ausgeschürft und Stauchmoränenwälle aufgeschoben (ZAGWIJN 1974 b), es entstanden große Teile des Veluwe und des Kranenburger Lobus (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 111, Abb. 20 c). Im Gegensatz zu anderen Gebieten (z.B. Münsterland, Norddeutsches Tiefland) kam das Inlandeis am Niederrhein schnell voran. Dabei wurde der Untergrund des Reichswaldes, der Sonsbecker Lobus und Teile des Xantener Lobus aufgestaucht. Auch der Sander der Bönninghardt und dessen spätere Stauchung durch Oszillation scheint aus dieser Zeit zu stammen (vgl. KLOSTERMANN 1986 a). Bei Xanten bildete der erste Eisvorstoß einen Bogen vom Paulsberg über den Bereich östlich von Uedem zum Tüschental (vgl. Abb. 7a und KLOSTERMANN 1989: 72).

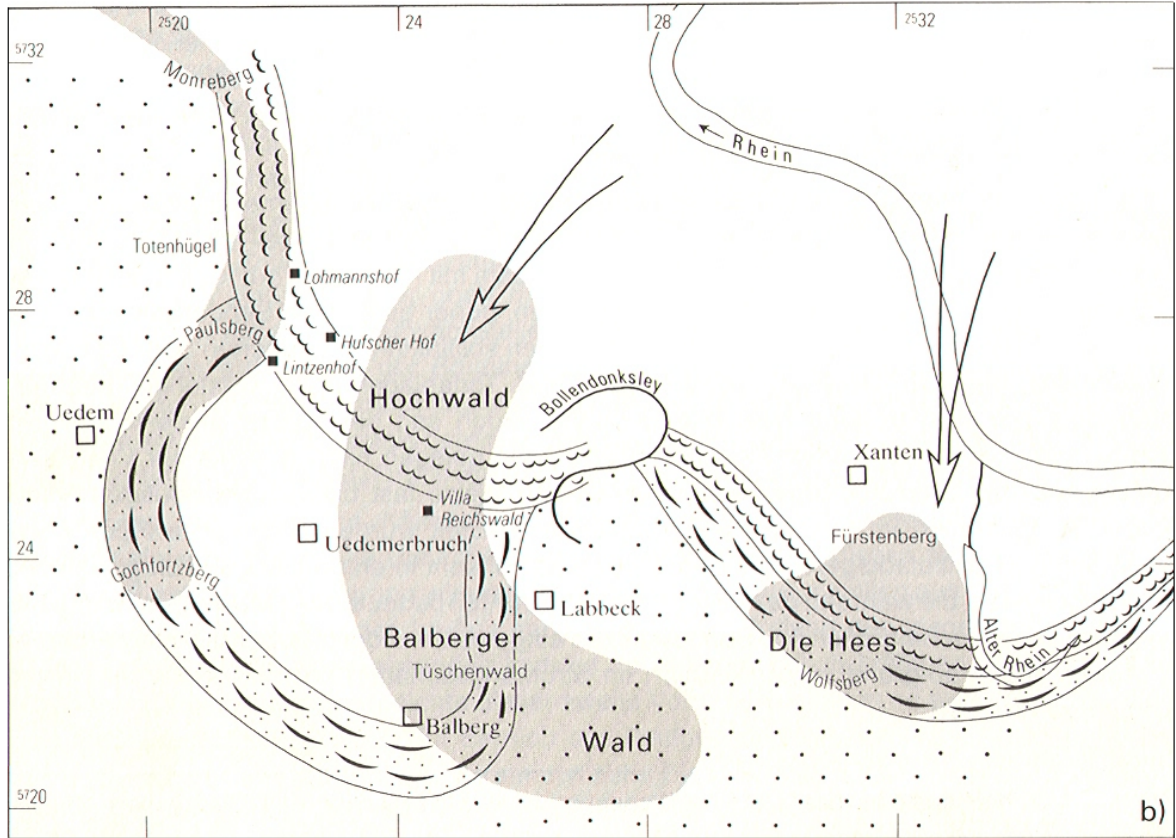


Abb. 7b

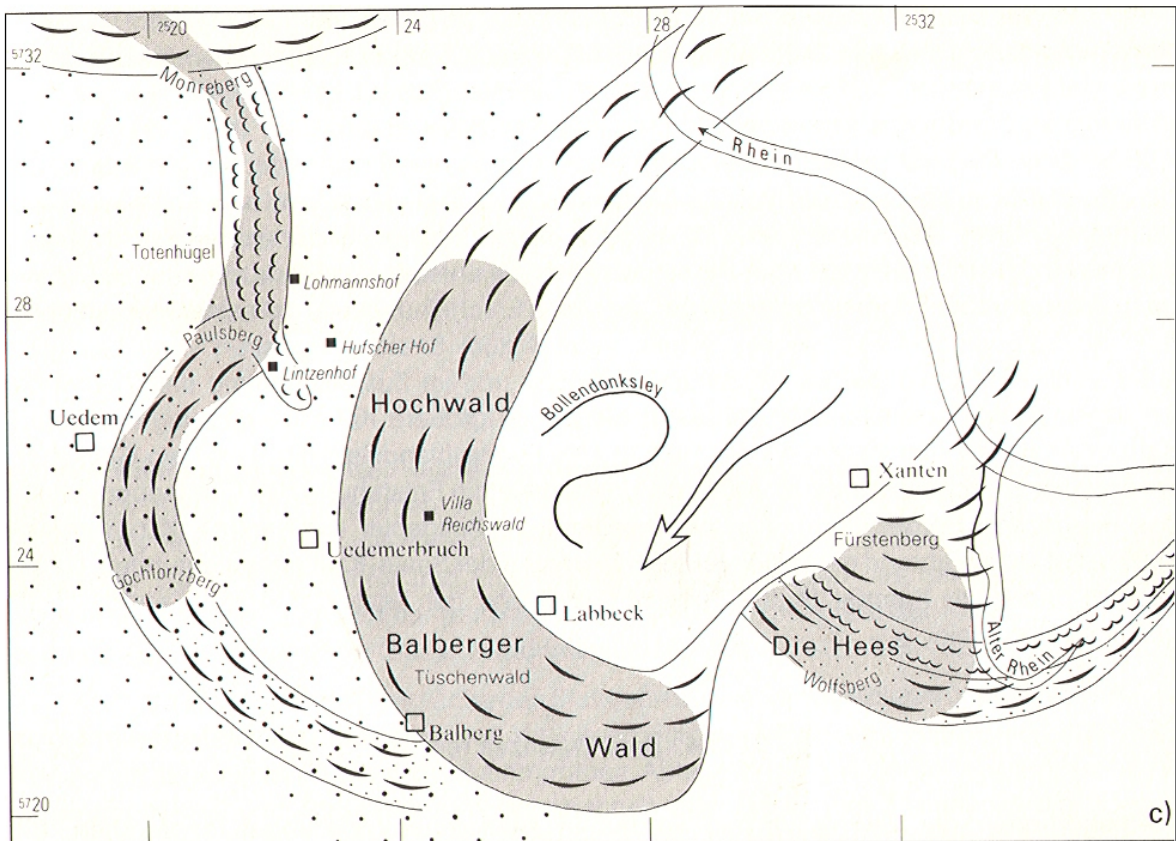


Abb. 7c

Die heutige Bollendonksley markiert das Gletschertor, durch das sich der Sander zwischen Tüschental und Hees erstreckt, und über die Hees, dem „Alten Rhein“, zum Rhein hat die Stauchmoräne ihre Fortsetzung. Im Bereich der Hees entstand der Wolfsberg. Durch Oszillation zog sich das Eis ganz oder teilweise aus dem Gebiet zurück und stieß im weiteren Verlauf wieder nach Südwesten vor, wobei Uedem nicht mehr erreicht wurde. Der wieder vorstoßende Gletscher muss dabei den schon ausgeräumten Bereich seines ersten Vorstoßes benutzt haben (vgl. Abb. 7b und KLOSTERMANN 1989: 72). Dabei entstanden zwei neue Stauchmoränenbögen, die etwas östlicher als die ersten liegen. Dabei wurde das erste Mal Material im Bereich des Monreberges abgelagert. Danach hat sich das Eis ganz aus diesem Gebiet zurückgezogen. Wie weit es sich zurückzog (Münsterland oder Norddeutschland) ist noch unsicher (vgl. KLOSTERMANN 1989: 70). Zu dieser Zeit wurden aber im Blattgebiet 4404 Issum die ersten Stauchmoränenwälle schon erodiert (KLOSTERMANN 1985).

Später erreichte das Eis die Niederrheinische Bucht erneut. Zwar reichte dieser Vorstoß nicht mehr so weit südlich wie der erste (vgl. KLOSTERMANN 1985), doch im Bereich Xantens muss es zu einem erneuten Eisvorstoß gekommen sein. Dabei stauchte sich das Material an dem älteren Teil der Hees (Wolfsberg) und es wurde der Fürstenberg aufgestaucht (vgl. Abb. 7c und KLOSTERMANN 1989: 73). Bei diesem Eisvorstoß entstanden auch der Hochwald und der Balberger Wald. Der Bereich des Tüschental wurde erneut aufgestaucht. Die Schmelzwässer des zweiten Eisvorstoßes erodierten, erst von Norden her (nördlich des Monreberges), den Ostteil des Totenhügels (der während der Oszillationen des ersten Eisvorstoßes entstand) und schütteten dann das Sandermaterial in den Innenbereich des Uedemer Lobus. Auch die vom Hochwald und dem Balberger Wald stammenden Sander vereinigten sich im Innenbereich des Uedemer Lobus (der wie ein Riegel das Abfließen der Schmelzwässer und der Sander nach Westen verhinderte), so dass der südliche Teil der ersten Stauchmoräne zwischen dem Gochfortzberg und Balberg vom Sander überschüttet wurden (vgl. Abb. 7c und KLOSTERMANN 1989: 73).

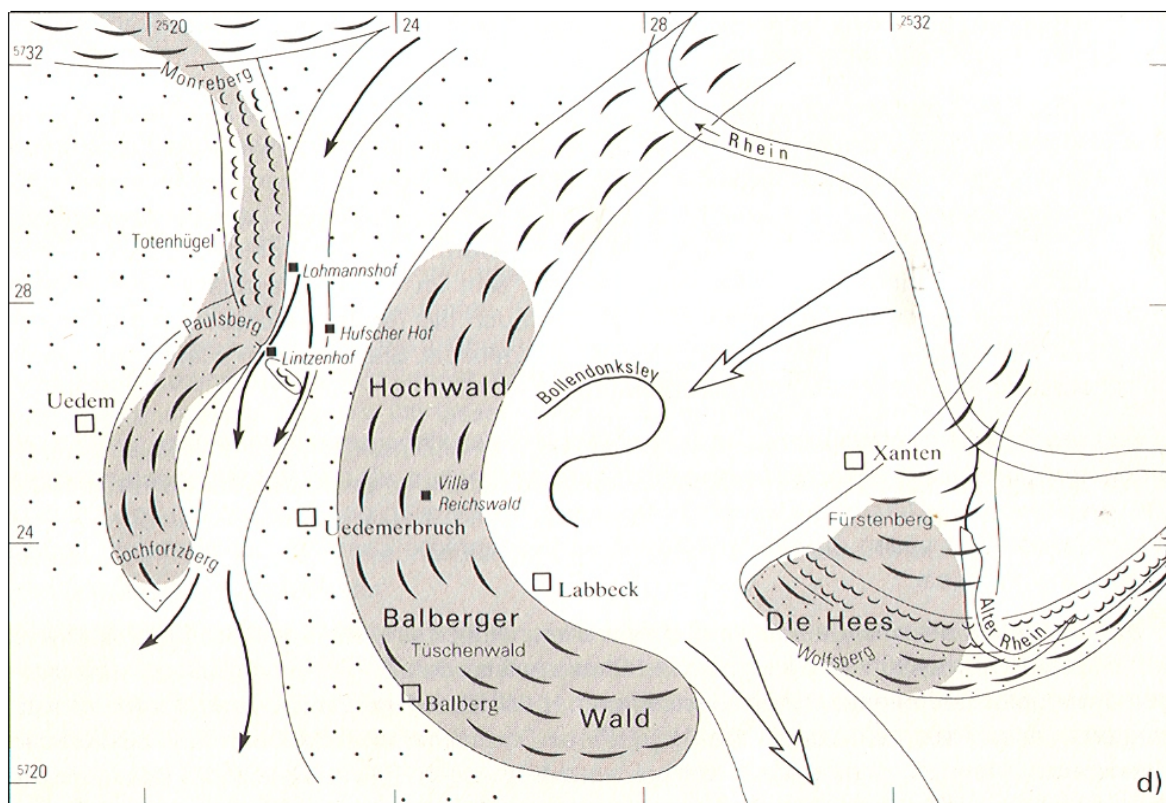


Abb. 7d

An der Schwachstelle zwischen Balberger Wald und der Hees gelang dem Inlandeis dann doch der Durchbruch (vgl. Abb. 7d und KLOSTERMANN 1989: 73). Das Eis erreichte von dort die Bönninghardt und stauchte den Haagschen Berg auf (KLOSTERMANN 1986 a). Später drangen auch Schmelzwässer von Norden in den Innenbereich des Uedemer Lobus ein und erodierten Teile des Sanders.

Nach dieser Vorstellung muss der Monreberg, Teile des Xantener Lobus und der nördliche Teil des Monferland (Eltener Höhen) zwei mal gestaucht worden sein.

Der erste Eisvorstoß mit den Oszillationen sollte in die zweite große Kältephase der Saale-Kaltzeit gestellt werden (vgl. KLOSTERMANN 1986 a, 1989: 74), der zweite Eisvorstoß und der Durchbruch zwischen Balberger Wald und der Hees in die dritte Kältephase der Saale-Kaltzeit. Diese dritte Phase dürfte nach KLOSTERMANN (1989: 74) der Kamper Staffel (THOME 1959) und der Saale-1-Moräne (CEPEK 1967) entsprechen. Außerdem stellt er die Ablagerung der Beckenschluffe in die zweite Kältephase.

Die erste Kältephase beinhaltet die Aufschotterung der älteren unteren Mittelterrasse 2 (vgl. KLOSTERMANN 1992: 109).

SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993: 108) beschreiben an Hand der Leitgeschiebe drei saalezeitliche Haupteisvorstöße in die Westfälische Bucht. Der erste Eisvorstoß ist durch starke Beteiligung von südschwedischem Geschiebe (Småland) gekennzeichnet, der zweite durch mittelschwedisches Geschiebe (Dalarna-Material) und der dritte durch ostfennoskandisches Geschiebe (Åland). Das Geschiebe weist auf die verschiedenen Entstehungs- und Herkunftsgebiete hin (vgl. SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA 1993: 109).

Für das Untersuchungsgebiet sind die südwestlichen Ausläufer der Eisvorstöße von Bedeutung, da sie die Moränenzüge am nördlichen Niederrhein bildeten. Der erste Eisvorstoß überschritt den Rhein von nördlich Kleve bis Krefeld. Der zweite Eisvorstoß stoppte in einem Bogen von Bocholt über Wesel bis nördlich von Essen und der dritte Eisvorstoß überschritt den Rhein erneut von südlich Kleve bis Düsseldorf (vgl. SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA 1993: Abb. 46-48). Dies bedeutet, dass der erste Eisvorstoß nach SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993) mit dem ersten Eisvorstoß nach KLOSTERMANN (siehe oben) identisch ist, der dritte Eisvorstoß nach SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993) aber dem zweiten Eisvorstoß nach KLOSTERMANN entspricht. Der zweite Eisvorstoß nach SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993), der den linken Niederrhein nicht erreicht hat, wird nur von JANSEN (2001) beschrieben, weil es im Untersuchungsgebiet nur auf Blatt Wesel Reste dieses Eisvorstoßes gibt.

4.5.4 Grundmoräne

Nach vielen Theorien und Spekulationen erbrachte LORÉ (1902) durch das Auffinden von gekritztem Geschiebe bei Sterkrade den Beweis, dass es in diesem Gebiet eine Grundmoräne gibt. FLIEGEL (1910) und KRAUSE (1909) beschrieben erstmals Grundmoränenmaterial am Hülser Berg. KLOSTERMANN (1989) zeigte, dass viele Funde (z.B. BÄRTLING 1909; WUNSTORF & FLIEGEL 1910) lediglich aus gestauchten Schichtpaketen besteht, fand aber selbst 1986 b erstmals auf den linksrheinischen Sandern Ablagerungen einer Grundmoräne. Da das Material der Grundmoräne zum größten Teil aus nordischem Geschiebe besteht, lässt es sich gut vom Liegenden und Hangenden unterscheiden. Es enthält alle Korngrößen und zeigt keinerlei Schichtung. Das Schwermineralspektrum ist stark schwankend, weil es von dem Material abhängig ist, welches die Moräne überfahren hat. Als Typlokalität einer Grundmoräne wird das rechtsrheinische Gebiet zwischen Bottrop und Bocholt vorgeschlagen, linksrheinisch die Sanderflächen auf der Bönninghardt.

4.6 Untere Mittelterrasse 3

Erstmals beschrieb MAARLEVELD (1956: 414) Schichten, die der unteren Mittelterrasse 3 entsprechen. Es handelt sich um glazifluviatile Sedimente, die sich nach der Auflösung des saalezeitlichen Inlandeises und vor der Sedimentation der unteren Mittelterrasse 4 abgelagert haben. Diese Sedimente wurden erstmals von KLOSTERMANN (1985: 16) als untere Mittelterrasse 3 bezeichnet.

Die untere Mittelterrasse 3 ist durch eine auffällige Erosionsdiskordanz gekennzeichnet. Sie durchschneidet an vielen Stellen die älteren Terrassen und glaziäre Sedimente. Die Entstehung ist in direktem Zusammenhang mit den abschmelzenden Inlandeismassen zu sehen (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 121). Sie ist vor der unteren Mittelterrasse 4 entstanden und teilweise von dieser überdeckt worden. So wurde der Rhein ab Neuss nach Westen abgelenkt und schnitt sich erst westlich der Eisgrenze ein, ins heutige Nierstal. Im späteren Verlauf zog sich das Eis weit hinter die damals noch durchgehenden Moränen zurück und der Rhein begann dort mit der Erosion (z.B. Durchbruch des Rheins zwischen Schaephuysen Stauchmoräne und der Bönninghardt). Die Rinnen müssen sich sehr schnell gebildet haben und sich später zum Hauptabflussbett des Rheins entwickelt haben. Die Stauchmoräne wurde zu dieser Zeit mehr und mehr erodiert. Die Abflussrinnen des Rheins ließen die Kempen-Krefelder und Aldekerker Platte als Reste der unteren Mittelterrasse 2 stehen. Sie können noch heute bei extremem Hochwasser überflutet werden. Der steigende Meeresspiegel durch die beginnende Warmzeit sorgte für die Sedimentation der unteren Mittelterrasse 3 am Ende des Drenthe-Stadiums.

Die untere Mittelterrasse 3 besteht aus grauen bis gelbgrauen Fein- und Mittelkiesen, die stellenweise einen hohen Anteil an Grobkies enthalten können. Auch Grob- und Mittelsande können auftreten. Seltener treten auch dünne Schlufflagen auf. Dagegen sind alle Schichten oft mit Eisen- und Manganflecken überzogen. Bei den Schwermineralen dominiert der Klinopyroxengehalt. Dort wo die untere Mittelterrasse 3 auftritt, soll sie sich in die tertiären Schichten eingeschnitten haben (KLOSTERMANN 1992 b), und dadurch im unteren Teil einen hohen Anteil an stabilen Schwermineralen enthalten.

4.6.1 Vorselaer-Schichten

Die Vorselaer-Schichten wurden erstmals von KLOSTERMANN & REHAGEN & WEFELS (1988) beschrieben. Im Niederrheinischen Tiefland wurde eine warmzeitliche Pollenflora beobachtet, die durch ihre Lage in Saale-Kaltzeit zu stellen ist. Ihre Abgrenzung ist nur durch ihr Pollenspektrum möglich. Es weicht von dem der Holstein- und Eem-Warmzeit deutlich ab.

Die Vorselaer-Schichten bestehen aus glimmerhaltigem Feinsand und Schluff (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 124).

Ihre stratigraphische Zuordnung und Genese ist noch unklar. Da sich die Vorselaer-Schichten nach der Holstein-Warmzeit, aber vor der Eem-Warmzeit bildeten, müssen diese Ablagerungen in der Saale-Kaltzeit entstanden sein, vermutlich zwischen der unteren Mittelterrasse 3 und 4 (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 125).

Auch die Genese der Vorselaer-Schichten könnte autochthon oder allochthon sein. Einerseits wäre es möglich, dass nach dem Füllen der Rinnen der unteren Mittelterrasse 3 sich in tot gefallenen Mäanderschleifen warmzeitliche (Treene) Altarmfüllungen gebildet haben. Andererseits könnten es aber auch durch eine einsetzende Breitereosion nach der Auffüllung der unteren Mittelterrasse 3 zu Umlagerungen des Stauchmoränenmaterials geführt haben, welches holsteinzeitliches Material enthält. Dieses Material muss sich mit jüngerem Material vermischt haben. Das würde aber im Bezug auf die Fundstelle Weeze bedeuten, dass die Stauchmoränenwelle wesentlich weiter nach Südwesten reichen als bis heute bekannt (vgl.

KLOSTERMANN 1992 a: 125). Dann stellt sich auch die Frage, ob es sich um die Treene-Warmzeit am Niederrhein handelt oder um ein Treene-Interstadial.

4.7 Untere Mittelterrasse 4

Die jüngste der Mittelterrassen gilt als aus dem vorletzten Glazial stammend. Sie wird auch Mittelterrasse IV (BRUNNACKER et al. 1978), Talwegterrasse (MORDZIOL 1926) oder untere Mittelterrasse (vgl. SCHIRMER 2003: 59) genannt. KLOSTERMANN (1985) trennte 4 Einzelkörper ab und bezeichnet sie als untere Mittelterrasse 1-4, wobei die untere Mittelterrasse 4 der Krefeld-Terrasse entspricht.

Die untere Mittelterrasse 4 lässt sich nur schwer abgrenzen. Sie unterscheidet sich nicht im Schwermineralspektrum von der unteren Mittelterrasse 2, die im Liegenden der unteren Mittelterrasse 4 folgt. Sie ist nur morphologisch von ihr zu trennen. Nur durch den geringen Abstand zur Niederterrasse und die Abdeckung durch Löss ist sie zu erkennen. Die untere Mittelterrasse 4 muss jünger sein als die Stauchmoräne, da sie durch eine Erosionsdiskordanz gegen sie abgegrenzt wird. Sie liegt z.B. bei Viersen 3 Meter tiefer als die untere Mittelterrasse 2 aber 2-3 Meter höher als die Niederterrassen. Dafür überlagert sie die untere Mittelterrasse 3, was bedeutet, dass die untere Mittelterrasse 4 nach den saalezeitlichen Inlandeisvorstößen, ja sogar nach der Aufschotterung der unteren Mittelterrasse 3, entstanden sein muss. Sie muss aber schon vorhanden gewesen sein, als der Rhein in der frühen Weichsel-Kaltzeit die Niederterrassen anlegte. THOME (1959) hält die untere Mittelterrasse 4 nur für eine Erosionsform. Ob es sich aber um das Drenthe- oder Warthe-Stadium handelt, ist noch umstritten. BREDDIN (1930) spricht bei der unteren Mittelterrasse 4 sogar von der Vorstufe der Niederterrassen. Doch die Lössbedeckung stellt sie eindeutig in die Saale-Zeit. Da die untere Mittelterrasse 4 im Gegensatz zur unteren Mittelterrasse 2 kaum Erosions- und Verwitterungsspuren aufweist, liegt die Vermutung nahe, dass diese beiden Terrassen durch Warmzeit, oder zumindest durch ein Interstadial von einander getrennt wurden. Mit großer Wahrscheinlichkeit wurde die untere Mittelterrasse 4 während des Warthe-Stadiums aufgeschottert (KLOSTERMANN 1992 a). Während der kälteren Phase des Warthe-Stadiums stellte sich das Abflusssystem des Rheins wieder um. Das Hauptabflusssystem des Rheins war noch das gleiche wie zur Zeit der unteren Mittelterrasse 3, aber an den Rändern begann eine mäßige Breiten- und eine geringe Tiefenerosion. Hochwässer konnten zu dieser Zeit schon Material auf der Kempen-Krefelder und der Aldekerker Scholle ablagern. Nach der Auflösung des Eises war auch Erosion zu beobachten. So schnitt sich die untere Mittelterrasse 4 am Südrand der Bönninghardt in den dort liegenden Sander ein. Der großbogige Verlauf der Erosionskante lässt auf ein verwildertes Flusssystem schließen.

Die untere Mittelterrasse 4 ist nach KLOSTERMANN (1997) im Untersuchungsgebiet nicht erhalten. Sie tritt nur südlich davon auf.

Zwischen der Krefeld-Terrasse und der Niederterrasse deutet sich an, dass es eine Mittelterrasse 5 geben könnte (SCHIRMER 1995b: 52, vgl. Tab. 4). Sie lässt sich durch ihre Lage, einer einzigen periglazialen Deckschicht, die unmittelbar auf die Auensedimente folgende fossile Parabraunerde und dem fehlenden Löss in der oberen Deckschicht von der Krefeld-Terrasse abtrennen. Sie wird von SCHIRMER (2003: 61) als Osterath-Terrasse bezeichnet.

4.8 Eem-Ablagerungen

Erstmals beschrieben BERTSCH, & STEEGER, (1927) Schichten, die Pflanzenreste enthielten und sich unterhalb der Niederterrasse befanden. Sie nannten diese Ablagerungen als Moerser

Schichten. 1955 wurde von VON DER BRELIE & MÜCKENHAUSEN & REIN ein Torf beschrieben, den sie ins Eem stellten und als Torf von Weeze bezeichneten. Auch VAN DE MEENE & ZAGWIJN (1978) beschrieben in Bohrungen zwischen Kleve und Emmerich Torfe der Eem-Warmzeit. KLOSTERMANN & REHAGEN & WEFELS (1988) beschrieben eemzeitliche Schichten wenig westlich von Weeze.

Das Eem wird durch Pollen und Sporen charakterisiert, wobei hier das erste mal keine tertiären Pollen mehr auftreten. Außerdem bestehen die Schichten fast ausschließlich aus Ton und Torf. Die Eem-Schichten zeigen, dass sie sich in einer Erosionswanne gebildet haben, die sich in die untere Mittelterrasse 4 eingeschnitten haben muss und von der Niederterrasse überlagert wird. D.h., dass diese Schichten nachsaalezeitlich aber vorweichselzeitlich sein müssen, also in einer Warmzeit entstanden sein müssen. In dieser Warmzeit entstand ein umfangreiches mäandrierendes Flusssystem, mit zahlreichen Flächen, die zu dieser Zeit vom Rhein nicht mehr durchflossen wurden (KLOSTERMANN 1992 a). Gleichzeitig begann von Norden her eine Vermoorung des Gebietes.

4.9 Niederterrasse

4.9.1 Niederterrasse allgemein

Südlich von Bonn unterscheidet JUNGBLUTH (1918) einen weiteren Terrassenkörper, der sich als Inselterrasse in die jüngere Niederterrasse eingeschnitten hat. Nach STICKEL (1936) ist dies jedoch nur eine Erosionsstufe der jüngeren Niederterrasse, da sie ebenfalls bimsführend ist. Auch KLOSTERMANN teilt diese Auffassung, da sie am Niederrhein seiner Meinung nach nicht nachgewiesen werden kann. SCHIRMER (1983: 17, 1995 c: 39) wies an mitteleuropäischen Flüssen drei Niederterrassen nach. Anschließend führte er diese Dreigliederung auch am Mittelrhein und Niederrhein bei Neuss durch (SCHIRMER 1990 c). Da die Osterath-Terrasse (SCHIRMER 2003: 61) nur wenig erhalten ist, deutet dies auf eine großräumige laterale Ausräumung zur Niederterrassen-Zeit hin. Am Rhein (und auch im übrigen mitteleuropäischen Raum) werden drei letztglaziale Niederterrassen beschrieben, die Reundorf-, Schönbrunn- und Ebing-Terrasse (SCHIRMER 1983: 17, 1990 a: 28, 1995 b: 33).

An der Donau und der unteren Isar (SCHELLMANN 1994), der Isar in München (FELDMANN 1990), an der Oberweser (SCHELLMANN 1994) und im Isartal (SCHELLMANN & FELDMANN 1994) wurden ähnliche Gliederungen durchgeführt. Nach SCHIRMER (1990 c) dürfte diese Gliederung ein allgemeiner Grundsatz sein.

4.9.2 Ältere Niederterrasse, Niederterrasse 1 und 2 (Reundorf- und Schönbrunn-Terrasse)

E. KAISER (1903) führte den Begriff Niederterrasse für den Mittelrhein ein. WUNSTORF & FLIEGEL (1910) sprachen von einer höheren Niederterrasse am Niederrhein, die heute mit der älteren Niederterrasse gleichgesetzt wird. Die Bezeichnung ältere Niederterrasse wurde erstmals von AHRENS (1930) benutzt und sollte anzeigen, dass es zwei Terrassenkörper geben soll, die aber auf gleichem Niveau liegen sollen. QUIRING (1931) führte im Neuwieder Becken die morphologische Trennung durch.

Die ältere Niederterrasse gehört zu den am tiefsten gelegenen Verebnungen in der Terrassenlandschaft des Rheins, was auch eins ihrer Erkennungsmerkmale ist. Des Weiteren ist ihre Oberfläche frei von Löss (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 138). Zur jüngeren Niederterrasse grenzt sie sich durch das Fehlen von Bims ab. Gegen holozäne

Terrassenkörper und Auensedimente hebt sie sich morphologisch ab. Die ältere Niederterrasse hat sich nach dem Eem und vor dem Alleröd-Interstadial gebildet. Es waren mehrere Interstadiale bei der Entstehung von Bedeutung. Schon vor der Aufschotterung der älteren Niederterrasse muss sich der Rhein in einem mäandrierenden System tief eingeschnitten haben (Rinnen mit Knochenkies an der Basis, THOSTE 1974: 104). Mit Beginn der Ablagerung der älteren Niederterrasse erfolgte der Wechsel zu einem verwilderten Flusssystem in der frühen Weichsel-Kaltzeit. Damit einher ging eine starke Tiefen- und Breitenerosion (Sande, Kiese der älteren Niederterrasse in Abschnitt A, mögliche Torfeinschaltungen der verschiedenen Interstadiale). In diesen Zeitraum stellt SCHIRMER (1995 c) die Ablagerungen der Niederterrasse 1 (Reundorf-Terrasse). Sie ist am Mittel- und Niederrhein nur gelegentlich als Saum des Talgrundes erhalten (vgl. SCHIRMER 2003: 62).

Mit Erreichen des Weichsel-Hochglazials findet kaum noch Erosion oder Akkumulation statt (feine Sande der älteren Niederterrasse in Abschnitt B). Hier befindet sich nach SCHIRMER (1995 c) die Niederterrasse 2 (Schönbrunn-Terrasse). Hierbei handelt es sich um die letzte unter Periglazialeinwirkung entstandene Terrasse. Sie beinhaltet die letzte hochglaziale Schotterauffüllung, damit endete das Stadium des verwilderten Flusssystems am Niederrhein (vgl. SCHIRMER 2003: 63).

Es herrschen extrem tiefe Temperaturen und Trockenheit vor. Für diese Klimaverhältnisse im Hochglazial sprechen auch die von THOSTE (1974: 77) beschriebenen Sandgerölle. An der Wende zum Spätglazial erfolgte Erwärmung und höherer Niederschlag. Es fand wieder Akkumulation von Sanden und Kiesen statt (älter Niederterrasse Abschnitt C). Teilweise gibt es Klimarückschläge in diesem Abschnitt (Kryoturbationen, vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 146). Abschnitt D der älteren Niederterrasse geht auf Hochflutablagerungen des sich eintiefenden Rheins zurück. Mit diesen Ablagerungen des sich schon erwärmenden Spätglazials befinden wir uns bereits in der Zeit der jüngeren Niederterrasse.

4.9.3 Jüngere Niederterrasse, Niederterrasse 3 (Ebing-Terrasse)

JUNGBLUTH (1918) beschrieb zwischen Andernach und Bonn eine Inselterrasse, die er mit der Unterstufe der Niederterrasse von WUNSTORF & FLIEGEL verknüpfte, sie aber als eigenständige Aufschüttung ansah. AHRENS (1930) trennte eine bimsführende jüngere Niederterrasse ab, die er aber ins Alluvium stellte, und QUIRING (1931) gelang dann die morphologische Trennung. Auch BURRE (1932) führte diese Trennung auf Blatt 5511 Königswinter durch. Beide sprachen bei den bimsführenden Schichten von einer Inselterrasse. STICKEL (1936) zeigte, dass die Inselterrasse noch in die bimsführende Niederterrasse eingeschnitten ist, so dass die Inselterrasse nur eine Erosionsstufe der Niederterrasse darstelle. STICKEL (1936) unterschied bei Königswinter drei Niveaus: die Inselterrasse, die tiefere und die höhere Stufe der Niederterrasse. Eine solche Trennung soll am Niederrhein nicht möglich sein.

Die Aufschotterung der durch eine Bimsschicht charakterisierten jüngeren Niederterrasse erreicht nördlich von Köln vielfach das morphologische Niveau der älteren Niederterrasse (THOSTE 1974: 157). Es entstand eine lokale Terrassenkreuzung. Zu den holozänen Terrassen grenzt sie eine nach Norden kleiner werdende Geländekante ab. Die jüngere Niederterrasse enthält mehr Sand und braune Hornblende als die ältere Niederterrasse.

Wie vor Ablagerung der älteren Niederterrasse muss sich der Rhein auch vor der Ablagerung der jüngeren Niederterrasse tief (bis zu 10 m) in den Untergrund der schon vorhergehenden Terrasse (hier der älteren Niederterrasse) eingegraben haben (BRUNNACKER 1978 b: 409). Dies geschah während der relativ warmen Zeit des Alleröds.

Die jüngere Niederterrasse selbst wurde während der jüngeren Dryas-Zeit, am Ende des Spätglazials, in einem verwilderten Flusssystem während eines Klimarückschlags aufgeschottert. Die Datierung der Bimse (Laacher See 5 – Tephra) ergab ein Alter von 11.000 – 10.300 v. H. (FRECHEN & VAN DEN BOOM 1959: 114, THOSTE 1974: 99). Die stetige Erwärmung der jüngeren Dryas-Zeit bewirkte eine verstärkte Ablagerung von Hochflutsedimenten (s. Abschnitt D der älteren Niederterrasse). Die Ablagerungen der jüngeren Niederterrasse werden von SCHIRMER (1995 c) mit der Niederterrasse 3 (Ebing-Terrasse) gleichgestellt.

Tab. 6: Gliederung des Spätpleistozäns und Holozäns nach verschiedenen Autoren

	Jahre vor heute	Sauerstoff-Isotopenstufen nach SCHIRMER 2003		SCHIRMER 2003	KLOSTERMANN 1992 JANSEN 2001	BRENDSEN & STOUTHAMER 2001
Holozän	10 000	1	Postglazial	Subatlantikum	mindestens sieben Auenterrassen	7 Auenterrassen
				Subboreal Atlantikum Boreal Präboreal		
Jungpleistozän	11 800	2	Spätglazial	jüngere Dryas-Zeit	Niederterrasse 3 Ebing-Terrasse	jüngere Niederterrasse
	14 000			Alleröd-Interstadial		
				ältere Dryas-Zeit		
				Bölling-Interstadial		
				älteste Dryas-Zeit Meiendorf-Intervall		
28 000	3	Hochglazial	Pommersches Stadium	Niederterrasse 2 Schönbrunn-Terr.	ältere Niederterrasse	
110 000			Blankenberg-Interstadial			
			Frankfurter Stadium			
110 000	4	Frühglazial	Brandenburger Stadium	Niederterrasse 1 Reundorf-Terr.	A	
			Dennekamp-Interstadial			
			Hengelo-Interstadial Moershoofd-Interstadial			
110 000	5	Eem-Warmzeit				

Delwijn Member (links neben den Auenterrassen)
Wijchen Member (rechts neben den Auenterrassen)
Twente Formation (rechts neben den A-D Terrassen)
Kreftenheye Formation (rechts neben den A-D Terrassen)
Asten Formation (rechts neben Eem-Warmzeit)

Die Jahreszahlenangaben stammen von KLOSTERMANN (1999), die Gliederung der Sauerstoff-Isotopen von SCHIRMER (2003) und die Gliederung der älteren Niederterrasse (A-D) von THOSTE (1974).

4.10 Vergleich des unteren Niederrheins mit den Niederlanden

Im niederländischen Grenzgebiet existieren prinzipiell die gleichen petrographischen Sedimentpakete wie am Niederrhein. Im Rhein-Maas Delta werden verschiedene Formationen unterschieden (ZAGWIJN & VAN STAALDUINEN 1975, BERENDSEN 1982). Die späten pleistozänen und die holozänen lithostratigraphischen Einheiten wurden von WEERTS (1996: 30-56) beschrieben. Eine Übersicht gibt die Abb. 8. MIALL (1985) gruppierte, rein beschreibend, lithostratigraphische Einheiten des Untergrundes. Ein architektonisches Fazieselement ist danach eine Einheit, die nach Korngrößen, Aufbau und Geometrie unterteilt wird (MIALL 1985: 268). Die Struktur solcher Fazieselemente wird allgemein

Alluvialarchitektur genannt. Alluvialarchitektur wurde schon von BERENDSEN (1982) mit den lithologischen Einheiten in Verbindung gebracht. Dies führte BERENDSEN später (vgl. BERENDSEN & STOUTHAMER, 2001: 38) auch für die Betuwe Formation ein.

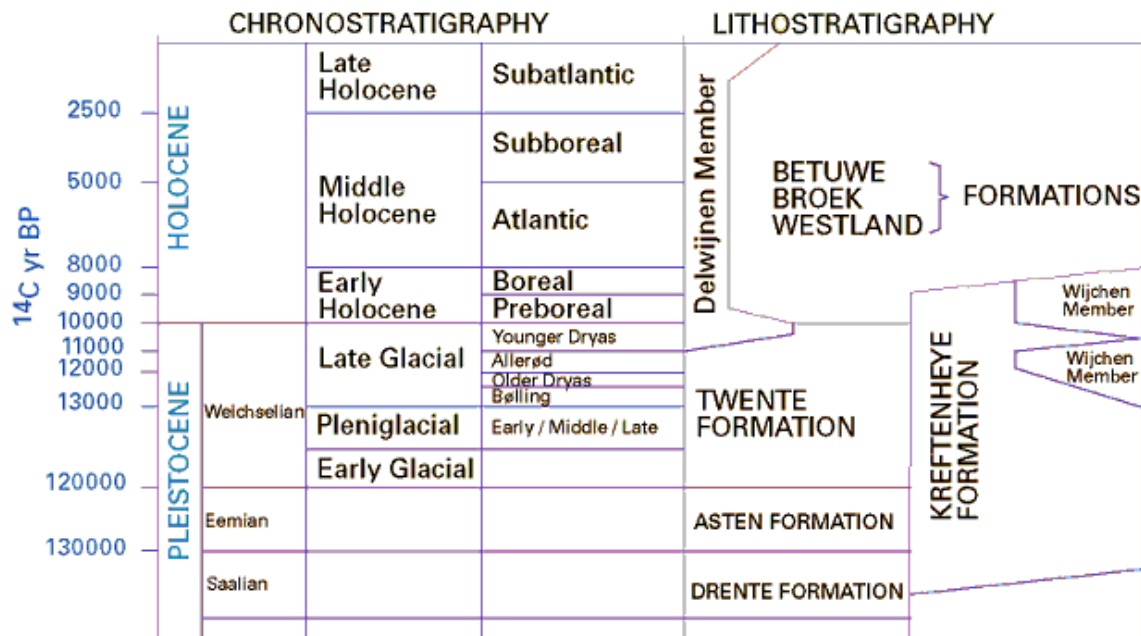


Abb. 8: Spätpleistozäne Chrono- und Lithostratigraphie (nach BERENDSEN & STOUTHAMER, 2001)

Drente Formation (≈ uMT 3 bzw. 4):

Die Drente Formation enthält Sedimente, die mit der Eisbedeckung der Niederlande zur Saale-Zeit in Verbindung gebracht werden. Die Ablagerungen werden zum nordischen Geschiebe gezählt und können aufgearbeitetes Material seit dem Pliozän enthalten. Die Formation enthält viele verschiedene Ablagerungen: Till, glazifluviatile und glazilakustriene Ablagerungen sowie Findlinge. Ablagerungen der Drente sind hauptsächlich Moränenablagerungen und finden sich in den Niederlanden besonders am nördlichen Rand der späten Weichselablagerungen sowie an der Grenze zu Deutschland. Ein Teil der Ablagerungen wurde im Holozän aufgearbeitet.

Kreftenheye Formation (≈ uMT 3 bis ältestes Holozän):

Diese Formation ist in fast ganz Holland flächendeckend verbreitet und daher am genauesten untersucht worden.

Die späten pleistozänen fluviatilen Sedimente, die unter dem Holozän liegen, werden zur Kreftenheye Formation gezählt (DOPPERT et al. 1975). Die Formation hat eine Mächtigkeit von 5-20 m und besteht hauptsächlich aus grobem Sand mit ca. 40 % Kies, der durch Rhein-

und Maasablagerungen entstanden ist. Der Kies wiederum besteht zu 25 % aus gerundetem, graugrünen Sandstein aus der Eifel und den Ardennen. Der hohe Augitanteil zeigt den Vulkanismus im späten Pleistozän in der Eifel an.

Im obersten Teil der Formation zeigt Bimsstein die Explosion des Laacher Sees (11 000 Jahre vor heute) an. Die Sedimente sind vermutlich überwiegend in einem verwilderten Flusssystem während der maximalen Vereisung in der Saale bis zum Anfang des Holozäns entstanden. PONS (1957) beschrieb eine Lehmschicht auf der Kreftenheye Formation, und TÖRNQVIST et al. (1994) stellte sie in die Wijchen Stufe, eine Stufe zwischen Bölling-Alleröd-Interstadial und dem jüngsten Holozän. Es handelt sich um eine 40-60 cm mächtige Ablagerung eines grauen bis grünlich-blauen Kleis, mit hohem organischem Anteil. Sehr charakteristisch sind dünne Bänder aus Fein- und Mittelsand aus zum Teil äolischer Herkunft. Vereinzelt wurden isolierte Kiese und Lösskindel gefunden, die mit Eisenkonkretionen überzogen sind. Die höchste Schicht über dem Rhein-Maas Delta lässt sich leicht bestimmen, denn sie enthält äolische Beimengungen und ein Gemisch der beiden Formationen Kreftenheye und Betuwe.

Die Kreftenheye Formation wird in 6 Stufen unterteilt. Kreftenheye (Kr) 1 gibt dabei die Sedimente der mittleren Saale wieder, Kr 2 die der späten Saale. Kr 3 beinhaltet die Ablagerungen des Eems, Kr 4, 5 und 6 die frühen, mittleren bzw. späten Weichselablagerungen sowie Teile des Holozäns (siehe auch Tab. 7).

Tab. 7: Gliederung der Kreftenheye Formation nach BERENDSEN & STOUTHAMER (2001)

Kreftenheye Formation	deutsche Gliederung	Terrassen
Kr 6	ä. Holo./sp.W.	jüngere NT
Kr 5	Mittelweichsel	ältere NT
Kr 4	Frühweichsel	ältere NT
Kr 3	Eem	
Kr 2	späte Saale	uMT 4
Kr 1	mittlere Saale	uMT 3

Twente Formation:

Die Twente Formation besteht aus hellem gelblich-grauem kalkarmem Feinsand. Die Lithologie der Formation ist komplex - trotzdem lässt sie sich gut gliedern. Der Sand der Twente Formation nahe der Oberfläche wurde hauptsächlich während der kalten Phasen der Weichsel, besonders während der jüngeren Dryas, vom Wind abgelagert. Die Formation enthält Decksand, Löss, Fließ- und Stillwasserablagerungen, periglaziale Ablagerungen und lokale Bachablagerungen. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 1 – 25 m. Flussdünen werden in die Delwijnen Stufe gestellt.

Betuwe Formation:

Die Betuwe Formation enthält alle silikatischen, fluviatilen Ablagerungen (einschließlich der Wijchen Stufe) des Holozäns.

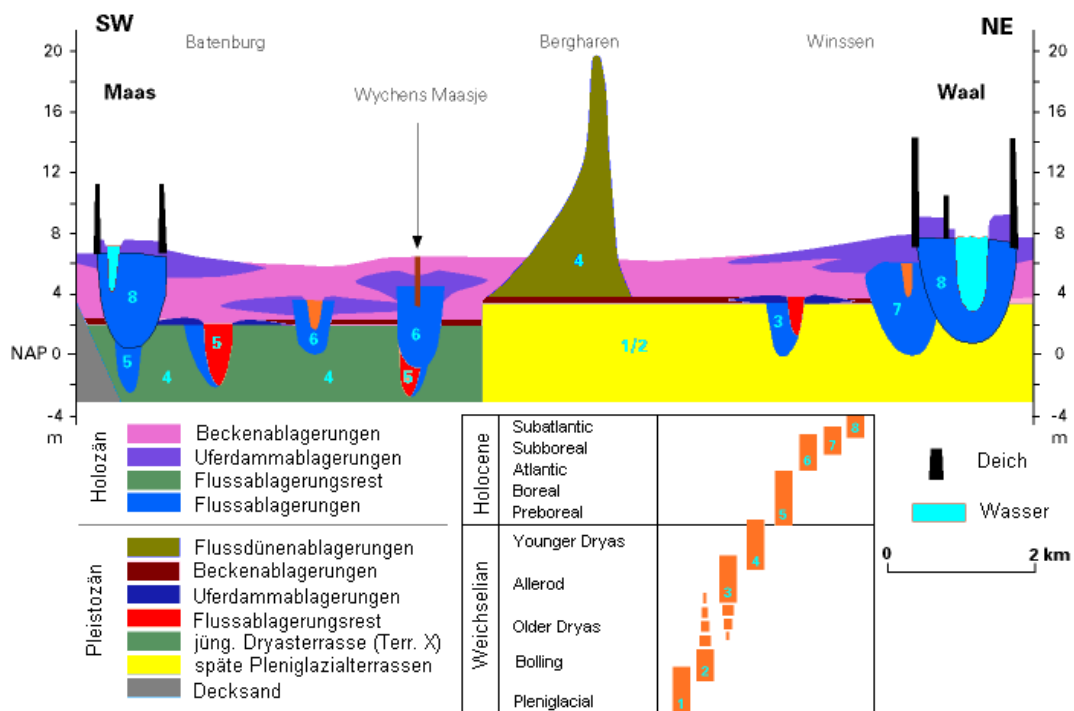


Abb. 9: Schnitt zwischen Maas und Waal bei Bergharen (Niederlande), umgezeichnet nach BERENDSEN & STOUTHAMER 2001; Der Höhenunterschied zwischen der „Niedereren Terrasse“ (Kreftenheye 5) und der Terrasse X (Kreftenheye 6) beträgt hier 1,5 m. Die äolischen Dünenablagerungen aus der jüngeren Dryas-Zeit überlagern das Wijchen Member aus dem Alleröd-Interstadial, welches sich am Top der „Niedereren Terrasse“ befindet. Südwestlich der Maas scheint das Wijchen Member am Top der „Niedereren Terrasse“ zu fehlen. Dies ist das Resultat der Erhebung des Peel-Horst (Windschatten). Der Uferwall der Waal liegt höher als der der Maas, was durch die höhere Sedimentfracht der Waal zu begründen ist.

Die ältesten Ablagerungen, die hier besprochen werden, stammen aus der saalezeitlichen Vereisung, was der Isotopenstufe 6 (BERENDSEN & STOUTHAMER 2001) entspricht. Die Eiszeitablagerungen in den Zentralniederlanden von Rhein und Maas stammen vorwiegend aus dem frühen und mittleren Pleistozän. Glazifluviatile Ablagerungen aus der Saale-Zeit wurden generell an der Grenze der Vereisung (ebenso bei der Weichsel, Isotopenstufe 5d-2, als äolische und periglaziale Ablagerungen) gefunden. Sie wurden in den Abbildungen von BERENDSEN & STOUTHAMER (2001, vgl. Abb. 8, 9 und 10) nicht weiter unterteilt. Pleistozäne Ablagerungen am Rande des Rhein-Maas Tals entschieden über die Größe des späteren weichselzeitlichen Tals. An der deutsch-niederländischen Grenze befinden sich saale- und weichselzeitliche Ablagerungen. Westlich davon befinden sich nur noch Ablagerungen des nördlichen Teils des spätweichselzeitlichen Flusstals. Weiter östlich wurde das Rhein-Maas-Tal mit holozänem Material auf Grund der Meeresspiegelerhöhung gefüllt.

Im nördlichen Teil des Maas-Tals beschrieb HUISINK (1999: 21-22) die „Overloon Terrasse“ als eine präweichselzeitliche Ablagerung (vermutlich saalezeitlich), tatsächliche Altersuntersuchungen fehlen. Reste dieser Terrasse befinden sich unter einem Decksand im

Maasgebiet. Die Terrasse liegt geringfügig höher als die Niederterrasse. Stromabwärts, wo Maas und Niers zusammenfließen, kommen ebenso einige Reste unbestimmten Alters vor. PONS (1957: 5) beschrieb diese Terrasse, die älter ist als die Niederterrasse, im Gebiet zwischen Maas und Waal. VERBRAECK (1984: 99) erwähnte auf dieser Ebene auch eine „ältere fluviatile Ablagerung“. Reste von Torffüllungen wurden auf dieser Terrasse nicht gefunden. Deshalb stehen auch keine absolut datierbaren Ablagerungen zur Verfügung. Eine MIS-Datierung der fluviatilen Sande wäre notwendig, um das Alter dieser Terrassen bestimmen zu können. Morphologische Anzeichen deuten darauf hin, dass die Reste dieser Terrasse den höchsten Leval im Ostteil des von BERENDSEN & STOUTHAMER (2001) untersuchten Gebietes erreicht hat und von einem verwilderten Flusssystem stammen. Sie bestehen aus grobem Sand mit hohem Kiesanteil. Die Kieszusammensetzung deutet auf den Rhein hin, der Kiesanteil der Maas ist dagegen gering (BERENDSEN et al. 1995: 155). Die älteste Terrasse entspricht der Kreftenheye Ablagerung 4/5 von VERBRAECK (1984), und ist ein Anzeichen einer periglazialen Terrasse von Rhein und Maas. Diese Terrasse entspricht der „Rijkevoort Terrasse“ von HUISINK (1999: 22). Diese Terrasse ist wahrscheinlich an anderer Stelle unter der Bezeichnung jüngere Dryas-Ablagerung zwischen Maas und Waal vorhanden. Sie entspricht in ihrer Zusammensetzung teilweise der Niederterrasse des Rhein-Maas Deltas. Die Kreftenheye-Ablagerungen im geldernschen IJsseltal können mit ihr verbunden werden. Die Ablagerungen können in die Weichsel gestellt werden, weil sie sich über eemzeitlichen Ton befinden. Der Rhein hat das Isseltal schon vor dem Hochglazial verlassen (VAN DE MEENE & ZAGWIJN 1978: 357). Eine direkte Datierung (~ 29 000 J.) wurde im Nordteil des geldernschen IJsseltals durchgeführt (VAN DEN AKKER et al. 1964). Das grobe und relativ hoch liegende Material verstärkt die Annahme, es handelt sich hier um pleniglaziales Alter.

Die „Niedere Terrasse“ (PONS & SCHELLING 1951) ist der deutschen Niederterrasse äquivalent. Der Name ist insofern verwirrend, da es eine Terrasse gibt, dessen Niveau noch tiefer liegt. Die Ablagerungen der „Niederer Terrasse“ bestehen aus groben Sanden und Kiesen mit einem hohen Anteil (25 %) an paläozoischen grünlich-grauen Sandsteinen, welche in einem verwilderten Flusssystem zur Weichselzeit von Rhein und Maas abgelagert wurden. Sie wird in die Kreftenheye Formation 5 gestellt (VERBRAECK 1984), und liegt im Südosten des Maas-Waal Gebietes 8-9 m über NN. Die Neigung beträgt 25 cm/km.

Der Rhein floss im Pleniglazial unverkennbar durch das Nierstal. Vor dem Ende des Alleröds verließ der Rhein das Nierstal wieder. Dies wird durch das Fehlen des Laacher See Bimses unterstützt. Bims fand sich erst wieder in der Terrasse X.

Im Bölling-Alleröd-Interstadial schnitten sich die mäandrierenden Flüsse, Rhein und Maas, in die pleniglaziale Terrasse ein. Die mäandrierenden Flüsse steuerten auch zur Entstehung des Wijchen Members bei. Ein Beispiel für einen mäandrierenden Fluss im Alleröd findet sich bei Nijmegen im Wijchen Venn. Die Ablagerungen enden in der jungen Dryas.

Südlich des Zusammenflusses von Maas und Niers lassen sich Einschnitte von mäandrierenden Flüssen unterschiedlichen Alters in der rezenten Landschaftsoberfläche beobachten. Sie lassen sich durch ¹⁴C-Datierung zwischen Bölling-Alleröd und der jüngeren Dryas einordnen. Bei der Datierung gibt es aber öfter Probleme, so ist die ¹⁴C-Datierung meist älter als die Pollenanalyse. Dies führt auch bei der Einteilung der Terrassen zu unterschiedlichem Alter.

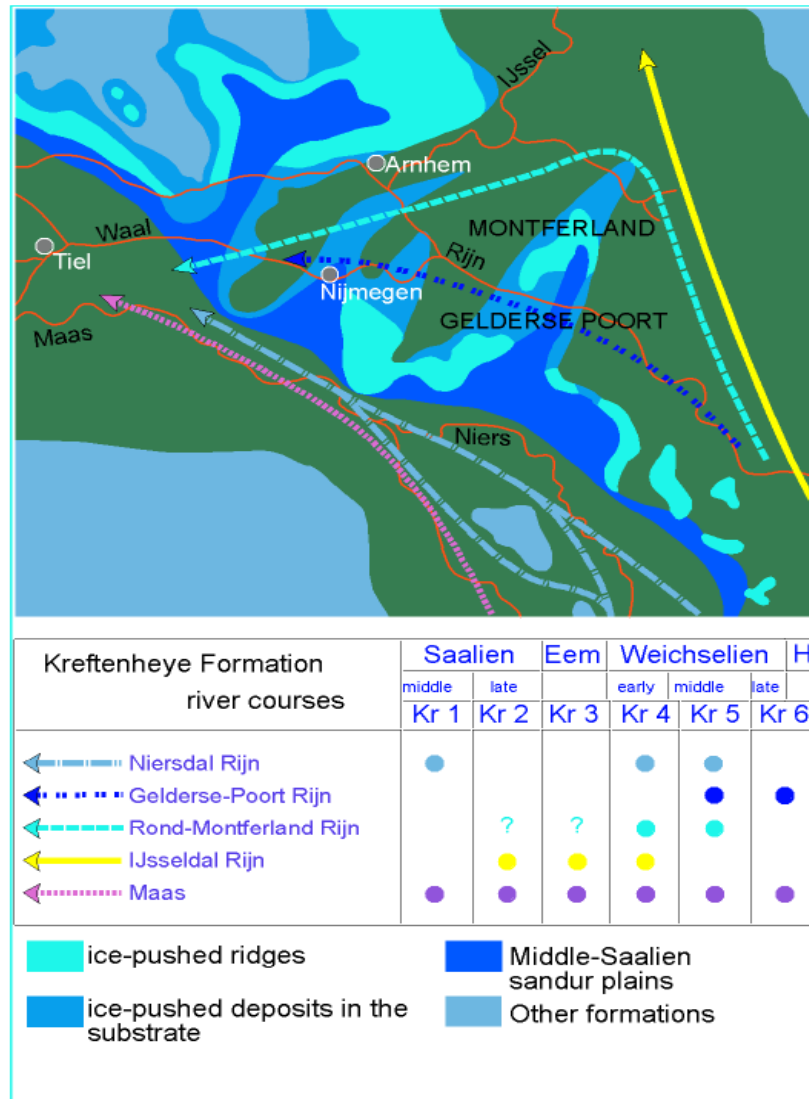


Abb. 10: Der Rheinverlauf seit der mittleren Saale (umgezeichnet nach BERENDSEN & STOUTHAMER 2001)

Die so genannte Terrasse X (nach PONS 1957) erreicht die Ausdehnung der Niederterrasse und lässt sich am besten südwestlich der Dünen im Bereich von Maas und Waal beobachten. Das Maas-Tal der jüngeren Dryas erreicht eine Breite von 1-2 km. Der Zusammenfluss von Rhein und Maas war südwestlich von Tiel. Südwestlich von Nijmegen liegt die Terrasse X 2 m tiefer als die pleniglaziale Terrasse. Das Niveau und die Breite zeigen, dass das Einschneiden und die laterale Erosion des Flusses viel Platz benötigten. Die GTS-Linien der Nieder- und jüngeren Dryas-Terrasse zeigen, dass sie in westlicher Richtung zusammen laufen. Beide Linien zeigen eine Verformung an, die auf das Kreuzen des Peel-Horst hindeutet. Dies entspricht zum Beispiel der Terrassenkreuzung der beiden spätweichselzeitlichen Terrassen bei Rotterdam. Weitere Feldforschungen bestätigten dies. Die Terrasse X (Kreftenheye 6 nach VERBRAECK 1984) besteht aus grobem Sand und Kies und ist unter einem verwilderten Flusssystem entstanden.

Die jüngere Dryas-Terrasse des Rheins enthält Bims aus dem Laacher See. Dagegen wurde in den Maasablagerungen im Bereich zwischen Maas und Waal sowie im Nierstal kein Bims nachgewiesen. Dies zeigt, dass der Rhein vor dem Ende des Alleröds das Nierstal verlassen

hat. Dieser Bereich war einer der Engpässe im deutsch-niederländischen Grenzgebiet, welcher durch den Saale-Eisvorstoß abgeschnitten wurde. Das Alter des Bimses zeigt den zeitlichen Zusammenhang der Terrasse X mit den Dünen in der jüngeren Dryas. Die zweite Hälfte der Dryas-Zeit war eine Zeit mit starker äolischer Aktivität. Zu dieser Zeit wurde, bei vorherrschend südwestlichen Winden, Sand aus dem verwilderten Flusssystem über der Niederterrasse abgelagert. Die daraus resultierenden parabelförmigen Dünen überlagern den Wijchen Member. Schwerminerale bestätigen den Zusammenhang zwischen der Niederterrasse und den Dünen. ¹⁴C-Datierungen des organischen Materials der Dünen zeigen auch, dass die Dünen jünger sind als das unter ihnen liegende Wijchen Member. Die Dünenaktivitäten endeten im frühen Holozän. Geringfügige rezente Aktivitäten von Dünen gibt es aber noch.

Der Rhein hat seit der Saale-Zeit seine Lage und Fließrichtung mehrmals verändert. Abb. 10 gibt den Rhein- und Maasverlauf seit der mittleren Saale wieder. Es ist ersichtlich, dass die Maas seit der mittleren Saale kontinuierlich südlich des Moränenkamms entwässerte. Neueren Erkenntnissen zu Folge entwässerte der Rhein auch zur Weichselzeit durch das Nierstal (vgl. BERENDSEN & STOUTHAMER 2001, SCHIRMER 2003: 65-66). Nach früheren Meinungen (vgl. KLOSTERMANN, 1992 a, THOME 1983) ist der Rhein das letzte Mal zur Eem-Zeit durch das Nierstal geflossen.

In den Niederlanden werden, ähnlich wie in Deutschland, die Formationen nicht nur nach ihrer zeitlichen Entstehung gegliedert, sondern auch nach ihrer Fazies und Genese. Außerdem wird die stratigraphische Einteilung von verschiedenen Autoren anders gehandhabt. Als ein aktuelles Beispiel soll Tab. 13 dienen.

ZAGWIJN (1985) gliederte hauptsächlich nach Pollenanalysen. Wenn Pollen fehlten oder nur wenig vorhanden waren, postulierte er dort ein Stadial. Nach neusten Erkenntnissen von VAN DEN BERG (mündliche Mitteilung 2004) hat sich die Gliederung von ZAGWIJN (1985) in Zentral Friesland insofern geändert, dass, nach der Sauerstoffisotopenstufen-Gliederung nach KUKLA 1978 und SHACKLETON & OPDYKE (1976), die Sedimentpakete die dem „Holstein“ zugeordnet wurden (ursprünglich Isotopenstufe 9) dem Oostermeer zugerechnet werden (Isotopenstufe 7). Das Holstein selbst ist nicht vorhanden (vgl. Tab. 8, blauer Bereich). Das „Peelo“ (vgl. auch Tab. 3) wird in einen unteren und einen oberen Teil unterteilt, wobei das untere „Peelo“ in die Isotopenstufe 16 gestellt wird und das darüber liegende Interglazial IV (Noordbergum) in die Isotopenstufe 15 (vgl. Tab. 8, gelber Bereich). Es handelt sich um ein Pot-Klei-Sediment, welches in Deutschland den Lauenburger Tonen entspricht und hier elsterzeitlich eingestuft wird. Das ebenfalls aus einem Pot-Klei bestehende obere „Peelo“ wird von VAN DEN BERG in die Isotopenstufe 8 eingeordnet. Darüber folgen in Isotopenstufe 7 die marinen Oostermeer-Sedimente. Dieses obere „Peelo“ ist das Sediment, welches ZAGWIJN als „Holstein“ bezeichnete. Zwischen der Noordbergum Formation und dem „oberen Peelo“ befindet sich eine größere Diskordanz, die nur durch eine marine Einschaltung in der Isotopenstufe 13 unterbrochen wird. BOENIGK (mündliche Mitteilung von VAN DEN BERG) gliederte in Verbindung mit VAN DEN BERG das Rheingebiet.

Tab. 8: Vergleich der stratigraphischen Gliederung (umgezeichnet nach ZAGWIJN 1985, VAN DEN BERG und BOENIGK), (mündliche Mitteilung)

Jahre vor heute	Sauerstoffisotop. KUKLA 1978		ZAGWIJN 1985	VAN DEN BERG	BOENIGK	
127 000	5e	Eem	Eemian	Eemian (Marine clay)		
200 000	6	Saale	Saalian	Fine sands		
	7a			Stadial III	Oostermeer (Marine clay)	
245 000	7b			Bantega Interstad. Stadial II	Pot-clay	MT 4
	7c			Hoogeveen Interstad. Stadial I		
	8					
330 000	9	Holstein	"Holstein"		Kempen/Krefeld Intergl.	
	10		Elster-Kaltz.		MT 3b	
400 000	11	Elster	Interglazial IV (Noordbergum)		Frimmersdorf Intergl.	
	12		Glazial C		MT 3a	
13	13		Interglazial III	Marine clay	MT 2b	
	14				Niederhaus Intergl.	
15	15		Glazial B	Noordbergum	MT 2a	
	16		Interglazial II (Westerhoven)	Pot-clay (Lauenburg-Ton)	MT 1	

4.11 Zusammenfassung der Terrassenablagerungen

In dieser Zusammenfassung werden die Terrassenablagerungen seit der mittleren Mittelterrasse bis zur jüngeren Niederterrasse noch einmal gegeneinander gestellt. Einen kompletten Überblick gibt die Tab. 9 (S. 59).

Die mittlere Mittelterrasse (Rinnenschotter) ist die erste Terrasse im Untersuchungsgebiet, die nicht mehr morphologisch ausgebildet ist. Sie, und alle folgenden Terrassen (soweit sie nicht von glaziären Einflüssen betroffen sind), liegen jeweils über den Ablagerungen älterer Schichten, d.h., dass alle Terrassen seit der mittleren Mittelterrasse in begrabener Form im Untersuchungsgebiet vorkommen. Alle Terrassenkreuzungen müssen südlich des Untersuchungsgebietes austreten (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 77). Auch BOENIGK (1995) und LANSER (1983) vertreten die Ansicht, dass ab der mittleren Mittelterrasse die Terrassenablagerungen nördlich von Krefeld nicht mehr morphologisch ausgebildet sind.

Durch Schwerminerale konnte VINKEN (1959: 151) die Verbindung der mittleren Mittelterrasse zwischen Nieder- und Mittelrhein herstellen. Demnach entspricht die mittlere Mittelterrasse am nördlichen Niederrhein der Mittelterrasse 3a (BOENIGK 1995) und IIIa (BRUNNACKER 1978 a) am südlichen Niederrhein und Mittelrhein. Das entspricht wiederum der Mittelterrasse 2 nach SCHIRMER (1995 c, siehe Tab. 4). Nach neueren Erkenntnissen stellt

SCHIRMER (2003) die Mittelterrasse 2 über das Holstein, was auch eine Verschiebung der MIS-Stufen zur Folge hat. Demnach entsprechen nicht mehr die Sedimente des Krefelder-Interglazials, sondern die Sedimente des Frimmersdorf-Interglazials dem Holstein. In Tab. 4 sind die Änderungen dargestellt.

MEEREN (1977) verknüpfte die mittlere Mittelterrasse mit der Basis der Zone von Urk der niederländischen Gliederung. ZONNEVELD (1956: 382) verbindet die mittlere Mittelterrasse mit dem Glazial C der Niederlande, auch hier dienten Schwermineralanalysen (Klinopyroxengehalt) zur Korrelation. Da RUEGG & ZANDSTRA (1977) im Glazial C nordisches Geschiebe nachwiesen, muss die mittlere Mittelterrasse während eines elsterzeitlichen Eisvorstoßes entstanden sein (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 78). Das verwilderte Flusssystem und die starke Tiefenerosion deuten auf einen Eiszeittyp nach BRUNNACKER (1978: 320) hin.

Die Ablagerungen der Holstein I-Warmzeit nach KLOSTERMANN (1992 a: 84) entsprechen den Ablagerungen des Römerhof-Interglazial (vgl. JANSEN 2001: 85). Bei SCHIRMER (1995 c) und BOENIGK (1995) entspricht dies dem Frimmersdorf-Interglazial und bei BRUNNACKER (1978 a) dem Ariendorf-Interglazial. ZAGWIJN (1985) spricht vom Interglazial IV (Noordbergum). Dagegen stellt VAN DEN BERG (2004, vgl. Tab. 13) diese Sedimente ins Glazial B und beschreibt zur Zeit des Interglazials IV eine Schichtlücke.

Die untere Mittelterrasse 1 nach KLOSTERMANN (1985) entspricht der Mittelterrasse IIIb nach BRUNNACKER et al. (1978 a: 302), was der Mittelterrasse 3b nach BOENIGK (1978) und der Mittelterrasse 3 nach SCHIRMER (1995 c) entspricht. Nach ZAGWIJN (1985) entspricht dies dem Elster-Interglazial (Peelo Formation). Nach KLOSTERMANN (1992 a: 87) wurde die untere Mittelterrasse 1 erst in die früheste Saale-Kaltzeit gestellt. Durch die Lage des Terrassenkörpers zwischen den Holstein I- und Holstein II-Ablagerungen wurde es notwendig, die untere Mittelterrasse 1 nach der Elster-Kaltzeit und vor der Saale-Kaltzeit zu stellen. Nach der Sauerstoffisotopengliederung bleibt nur die Stufe 10 übrig (vgl. KLOSTERMANN 1992 a: 88).

Die Holstein II-Warmzeit nach KLOSTERMANN (1992 a) entspricht dem Holstein im eigentlichen Sinne. SCHIRMER (1995 c) spricht vom Krefeld- und BOENIGK (1995) vom Kempen-Krefeld-Interglazial. Mit dem Holstein beginnt der obere Teil der Formation von Urk des niederländischen Bereiches des Rheins und es endet der Teil A der Formation von Veghel (Maaseinzugsbereich). Dies entspricht der Sauerstoffisotopenstufe 9.

KLOSTERMANN (1992 a: 94) beginnt die Gliederung der saalezeitlichen Ablagerungen mit der älteren unteren Mittelterrasse 2. Sie wurde später durch den ersten saalezeitlichen Eisvorstoß gestaucht. Diese gestauchte Lage ist eins der Erkennungsmerkmale der älteren unteren Mittelterrasse 2 und lässt sich nur am nördlichen Niederrhein nachweisen, weil dieser Eisvorstoß von Nordosten kam und am nördlichen Niederrhein endete. Am südlichen Niederrhein und am Mittelrhein entsprechen diese Ablagerungen der Mittelterrasse 4 (nach BOENIGK 1978) und der Mittelterrasse IVa (nach BRUNNACKER 1980). BRUNNACKER (1980) beschreibt zum Ende der Ablagerung der älteren unteren Mittelterrasse 2 noch das Kärlicher-Interglazial und ZAGWIJN (1985) stellt in diesen Zeitraum das Stadial I, das Hoogeveen-Interstadial, das Stadial II und das Bantega-Interstadial. Dies entspricht nach VAN DEN BERG (2004) einem „pot-clay“. Dieser Bereich entspricht dem oberen Teil der Formation von Urk bzw. dem unteren Teil B der Formation von Veghel.

Nach den Eisvorstößen lagerte sich die jüngere untere Mittelterrasse 2 ab. Sie entspricht der Mittelterrasse IV nach BRUNNACKER (1980). ZAGWIJN (1985) stellt den ganzen Bereich (bis zur unteren Mittelterrasse 4) in das Stadial III. Nach der niederländischen Gliederung entspricht die jüngere untere Mittelterrasse 2 der obersten Formation von Urk bzw. dem

mittleren Teil B der Formation von Veghel. Die Teile A und B sind nur von der Maas beeinflusst worden. VAN DEN BERG (2004) nennt diesen Abschnitt Oostermeer und beschreibt die Sedimente als marinen Ton den ZAGWIJN fälschlicherweise ins Holstein stellte (vgl. Tab. 13).

Die untere Mittelterrasse 3 nach KLOSTERMANN (1992 a) entspricht dem oberen Teil der Mittelterrasse IV nach BRUNNACKER (1980). SCHIRMER (1995 c) stellt in das ganze Drenthe-Stadium die Mittelterrasse 4. In den Niederlanden entspricht dies der Formation von Drente. Nach BERENDSEN & STOUTHAMER (2001) reicht die Drente Formation bis zum Eem.

Aus der Treene-Warmzeit beschreibt KLOSTERMANN (1992 a: 123) die Vorselaer-Schichten. Ob es sich hierbei um warmzeitliche Ablagerungen am Ende der unteren Mittelterrasse 3 handelt (autochthone Bildung) oder um aufgearbeitetes Material früherer Warmzeiten handelt (allochthone Bildung), ist nicht geklärt.

Nach SCHIRMER (1995 c) werden diese Schichten als Kempen Schichten bezeichnet und nach SCHIRMER (2003) entsprechen die Kempen Schichten den Krefeld Schichten. In den Niederlanden werden die Kempen Schichten in die Formation von Kreftenheye 1 gestellt.

Die untere Mittelterrasse 4 nach KLOSTERMANN (1992 a: 126) wird mit der von SCHIRMER (1995 c) beschriebene Krefeld-Terrasse und der Mittelterrasse 5 (Osterath-Terrasse) in die MIS-Stufe 6 gestellt. BRUNNACKER (1980) verbindet die Ablagerungen der unteren Mittelterrasse 4 und die Ablagerungen der Treene-Warmzeit zur Mittelterrasse IVb. ZAGWIJN (1985) stellt diesen Bereich noch ins Stadial III. In der niederländischen Gliederung gehört dieser Bereich zur Formation von Kreftenheye 2 bzw. zusammen mit den Eem-Ablagerungen zur Formation Veghel C im Maaseinzugsgebietes (vgl. MEENE 1977).

Ablagerungen aus der Eem-Warmzeit werden allgemein in die Sauerstoffisotopenstufe 5e gestellt. In den Niederlanden werden sie in die Kreftenheye Formation 3 bzw. in den höheren Teil der Formation Veghel C gestellt, was der Asten Formation entspricht. Die Eem-Ablagerungen werden bei KLOSTERMANN (1992 a) auch als Schichten von Weeze und bei SCHIRMER (1995 c) als Weeze-/Moers-Interglazial bezeichnet.

Die Niederterrassen wurden erstmals von AHRENS (1930: 139) in eine älteren und eine jüngere Terrasse unterteilt, wobei er die jüngere Niederterrasse noch ins Alluvium stellte. Die ältere Niederterrasse wurde nach THOSTE (1974) nach petrographischen Gesichtspunkten in 4 Abschnitte unterteilt. Die jüngere Niederterrasse lässt sich durch den Laacher See Bims eindeutig abtrennen. SCHIRMER (2003: 27) beschreibt 3 Niederterrassen, wobei die dritte Niederterrasse (Ebing-Terrasse) mit der jüngeren Niederterrasse identisch ist.

SCHIRMER (2003) stellt die Ablagerung der Niederterrasse 1 (Reundorf-Terrasse) und Niederterrasse 2 (Schönbrunn-Terrasse) ins Hochglazial. KLOSTERMANN (1992 a) stellt dagegen die ältere Niederterrasse ins Früh-, Hoch- und Spätglazial (vgl. Tab. 6).

Ebenso unterscheidet sich die Einstufung der Sauerstoffisotopen-Gliederung bei KLOSTERMANN (1992 a: Taf. 2) und SCHIRMER (2003: 27).

Die Ablagerungen aus der Zeit der Niederterrassen werden in den Niederlanden in die Kreftenheye Formation 4 bis 6 bzw. in die Twente Formation gestellt.

Tab. 9 : Gliederung des Pleistozäns (ab der Elster-Kaltzeit)

Jahre vor heute	Sauerstoffisotopenstufen	SCHIRMER 2003	KLOSTERMANN 1992 JANSEN 2001	BOENIGK 1995	BRUNNACKER et al. 1978 a	ZAGWUN 1985 Niederlande (Nord)	MEENE 1977 NL (Rhein, Maas)	VAN DEN BERG 2004	BERENDSEN & SOUTHAMER 2001	
Holozän	1	Subatlantikum	7 Auenterrassen				Betuwe Formation		Betuwe Formation Broek Formation Westland Formation	
		Subboreal								
	10 000	Atlantikum	jüngere Niederterrasse	D				6		Wijchen Member
		Boreal								
	11 800	Präboreal	ältere Niederterrasse	C				5		Wijchen Member
		jüngere Dryas-Zeit								
	- 14 000	Ältere Dryas-Zeit	Niederterrasse 2 Schönbrunn-Terr.	B				4		Krieffenheye
		Ältere Dryas-Zeit								
	- 28 000	Bölling-Interstadial	Niederterrasse 1 Reundorf-Terr.	A				3		Twente Formation
		Spätglazial								
	- 40 000	Älteste Dryas-Zeit	Weeze/Moers II	Eem-Warmzeit				2		
		Meiendorferintervall								
- 110 000	Postglazial	Osterath-Terr. Krieffeld-Terr. Untere Mittelterr.	untere Mittelterrasse 4				1		Asten Formation	
	Subatlantikum									
- 128 000	Atlantikum	Krieffeld - Schichten?	Vorselaer-Schichten				Formation v. Dreite			
	Boreal									
- 245 000	Präboreal	Mittelterrasse 3	ältere untere MT 2				3			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 330 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 2	Holstein-I-Warmz. Schichten				2			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				1			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Veghel (Maas)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			
	jüngere Dryas-Zeit									
- 425 000	Ältere Dryas-Zeit	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				B			
	Älteste Dryas-Zeit									
- 425 000	Postglazial	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				C			
	Subatlantikum									
- 425 000	Atlantikum	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				Formation von Ufk (Rhein)			
	Boreal									
- 425 000	Präboreal	Mittelterrasse 1?	Holstein-I-Warmz.				A			

5. Untersuchungsmethoden

Für die Erstellung der nachfolgenden Schnitte (Bohr-, Flächen- und Großschnitte) wurden ca. 1500 Bohrdaten herangezogen. Die Daten stammen hauptsächlich aus dem Geologischen Landesamt Krefeld (Geologischer Dienst). Da viele Bohrungen nur wenige Meter tief reichen oder die lithologischen Angaben zu allgemein gehalten wurden, kamen rund 800 Bohrdaten in die engere Auswahl. Sie wurden in das geologische Programm RockWorks99 (RW99) übertragen. In diesem Programm ging man wie folgt vor:

Tab. 10: Ausschnitt einer Tabelle der Kopfdaten (am Beispiel 4202 Kleve)

ID	Symbol	Rechts	Hoch	Ansatz	Lithologie
1	1/0	2505670	5729490	15	a1.lit
2	1/0	2506620	5729815	15	a2.lit
3	1/0	2506895	5729960	15	a3.lit
4	1/0	2510070	5729910	15	a4.lit
5	1/0	2510100	5729900	15	a5.lit
6	1/0	2510650	5729500	15	a6.lit
7	1/0	2510870	5729705	25	a7.lit
8	1/0	2511185	5729561	25	a8.lit
9	1/0	2511207	5729726	25	a9.lit
...

In Spalte 1 der Tabelle 10 bekam jede Bohrung eine Nummer pro Blatt (z.B. Kleve 1, 2, 3 usw., siehe Tab. 10; Emmerich 1, 2, 3 usw.). Die Spalte 2 enthält einen Zahlencode, der für die Erstellung der topographischen Übersichtskarten verwendet wird. Damit wurden z.B. die Dreiecke der Eckpunkte der topographischen Karten erstellt, um die gesamte Karte aufzuspannen. Auch die Punkte, die die Bohrpunkte symbolisieren verbergen sich dahinter. Die Spalten 3 und 4 geben den Rechts- bzw. Hochwert an (siehe Tab. 10). Damit lassen sich die Bohrpunkte auf der Karte lokalisieren. Spalte 5 zeigt den Ansatzpunkt, d.h. in welcher Höhe über NN dieser Bohrpunkt liegt (in Meter). Die Spalte 6 enthält die lithologischen Daten. Im Anhang sind die Kopfdaten in Tabellenform wiedergegeben. Dabei bedeutet das Kürzel „lit.“ einen Link, der in RW99 die eigentlichen Lithologiedaten öffnet (siehe Tab. 11).

Tab. 11: „lit.“-Daten zu a4.lit aus Tab. 10

Start	Ende	Keyword	Bemerkung
0	1	Gs	
1	6	Ms	
6	7	Fk	
7	8	Gs	
8	11	Ms	
11	12	Ms,k	
12	14	Mk	

So lässt sich ein Säulenprofil, das zugleich die Bohrung widerspiegelt, erstellen. Dieses Profil enthält nun die Daten: Bohrnummer (Tab. 10), den Ort auf der topographischen Karte Kleve (im Beispiel oben siehe Abb. 27), den Rechts- und Hochwert (2510070/5729910), den Ansatzpunkt (15 m über NN) und die lit.-Daten (Keyword aus Tab. 11).

Für die lit.-Daten wurden die Angaben aus den Bohrungen in eine einheitliche Form gebracht (jeder Bohrmeister beschreibt seine Bohrung in einer anderen Weise). Es wurde versucht, die Datenmenge kurz und prägnant zu beschreiben. Auf diese Weise wurden 8 Hauptbestandteile, Schluff, Fein-, Mittel- und Grobsand, Fein-, Mittel- und Grobkies sowie Ton unterschieden. Den 8 Hauptbestandteilen können jeweils die 4 Nebenbestandteile tonig, schluffig, sandig und kiesig zugeordnet werden (vgl. Spalte 1 und 2 in Tab. 12). Dabei ist zu beachten, dass Angaben wie Feinsand sandig oder Grobkies kiesig angibt, dass ein feiner Hauptbestandteil einen größeren Nebenbestandteil besitzt und umgekehrt. Nur die Angabe Mittelsand sandig und Mittelkies kiesig gibt an, dass der Bohrmeister einfach „Sand“ bzw. „Kies“ in seiner Beschreibung verwendete.

Die dritte Spalte der Tab. 12 beschreibt neben dem Ton noch Angaben, die weniger benutzt wurden. „Rhein“ ist keine lithologische Einheit, aber es gab im Programm RW99 keine andere Möglichkeit den Rhein in den Schnitten darzustellen. Die Einheit Boden gibt meistens den rezenten Boden an der Oberfläche wieder. Fossiler Boden wurde von den Bohrmeistern nur zum Teil als Boden bezeichnet. Oft wurde hierfür auch die Bezeichnung Torf oder Kohle verwendet. Dies ist aber nicht zu verwechseln mit einem tatsächlichen Torfhorizont.

Tab. 12: Legende der lithologischen Einheiten (auch herausnehmbar im Anhang, Tab. X)

	Sl: Schluff		Fk: Feinkies		Rhein:
	Sl,t: Schluff, tonig		Fk,t: Feinkies, tonig		Auf: Auffüllung
	Sl,s: Schluff, sandig		Fk,sl: Feinkies, schluffig		Bo: Boden
	Sl,k: Schluff, kiesig		Fk,s: Feinkies, sandig		Tf: Torf
	Fs: Feinsand		Fk,k: Feinkies, kiesig		Ko: Kohle
	Fs,t: Feinsand, tonig		Mk: Mittelkies		Qz: Quarz
	Fs,sl: Feinsand, schluffig		Mk,t: Mittelkies, tonig		Eo: Eisenoolith
	Fs,s: Feinsand, sandig		Mk,sl: Mittelkies, schluffig		Ka: Kalkstein
	Fs,k: Feinsand, kiesig		Mk,s: Mittelkies, sandig		Tu: Tuff
	Ms: Mittelsand		Mk,k: Mittelkies, kiesig		To: Ton
	Ms,t: Mittelsand, tonig		Gk: Grobkies		To,sl: Ton, schluffig
	Ms,sl: Mittelsand, schluffig		Gk,t: Grobkies, tonig		To,s: Ton, sandig
	Ms,s: Mittelsand, sandig		Gk,sl: Grobkies, schluffig		To,k: Ton, kiesig
	Ms,k: Mittelsand, kiesig		Gk,s: Grobkies, sandig		Le: Lehm
	Sst: Sandstein		Gk,k: Grobkies, kiesig		Me: Mergel
	Gs: Grobsand		Bl: Blöcke		Tst: Tonstein
	Gs,t: Grobsand, tonig		Ge: Gerölle		
	Gs,sl: Grobsand, schluffig				
	Gs,s: Grobsand, sandig				
	Gs,k: Grobsand, kiesig				

Ebenso wurde für leicht verfestigte Tone oder Sande die Bezeichnung „Tonstein“ bzw. „Sandstein“ verwendet.

Quarz zeigt einen fast reinen Quarzsand an, Eisenoolithe kugelförmige Ausscheidungen, ohne auf das umgebene Material einzugehen, Lehm einen verwitterten gelblichen Boden mit hohem Ton- und z.T. Sandanteil, Mergel einen Ton mit unterschiedlichem Kalkgehalt, Tuff eine mürbe, poröse Ablagerung von Quarz oder Kalk und Kalkstein verfestigten Kalk.

Außer dem Ton mit seinen Nebenbestandteilen wurden die Einheiten der dritten Spalte der Tab.12 nur sehr selten benutzt (manche nur einmal).

Die aus Tab. 11 verwandten lit.-Daten bedeuten dementsprechend:

Von 15 m bis 14 m unter dem Ansatzpunkt befinden sich 1 m Grobsand (Gs, siehe Tab. 12). Darunter folgt zwischen 14 m und 9 m ein 5 m mächtiges Paket eines reinen Mittelsandes (Ms). Es folgen 1 m Feinkies (Fk), 1 m Grobsand (Gs), 3 m Mittelsand (Ms), 1 m eines kiesigen Mittelsandes, (Ms,k) und 2 m Mittelkies.

Die Bohrung ist insgesamt 14 m tief. Sie beginnt bei 15 m und endet bei 1 m über NN. In der Spalte 4 von Tab. 11 (Bemerkung) können noch Besonderheiten eingetragen werden, die im eigentlichen Schnitt nicht angezeigt werden. Hier wurden Angaben wie „Holzreste“, „Pflanzenreste“ oder „Fossilien“ eingetragen.

Diese Daten erstellen die Säulenprofile mit den Füllungen, die die Lithologie wiedergibt (Abb. 11).

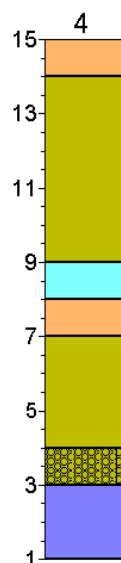


Abb. 11: Säulenprofil der Bohrung 4 aus Tab. 5 mit Ansatzhöhe (15 m)

Sind nun alle Bohrungen auf diese Art erfasst, kann man aus den einzelnen Bohrungen einen Schnitt erstellen. Dafür lässt sich in RW99 ein Fenster öffnen, wo alle Bohrungen eines Blattes auf einer Karte, ähnlich der topographischen Karte mit den Bohrpunkten, erscheinen. Durch Anklicken kann man einzelne Bohrungen auswählen, die dann automatisch als Schnitt dargestellt werden. Dabei wird direkt die Ansatzhöhe berücksichtigt (siehe Abb. 12).

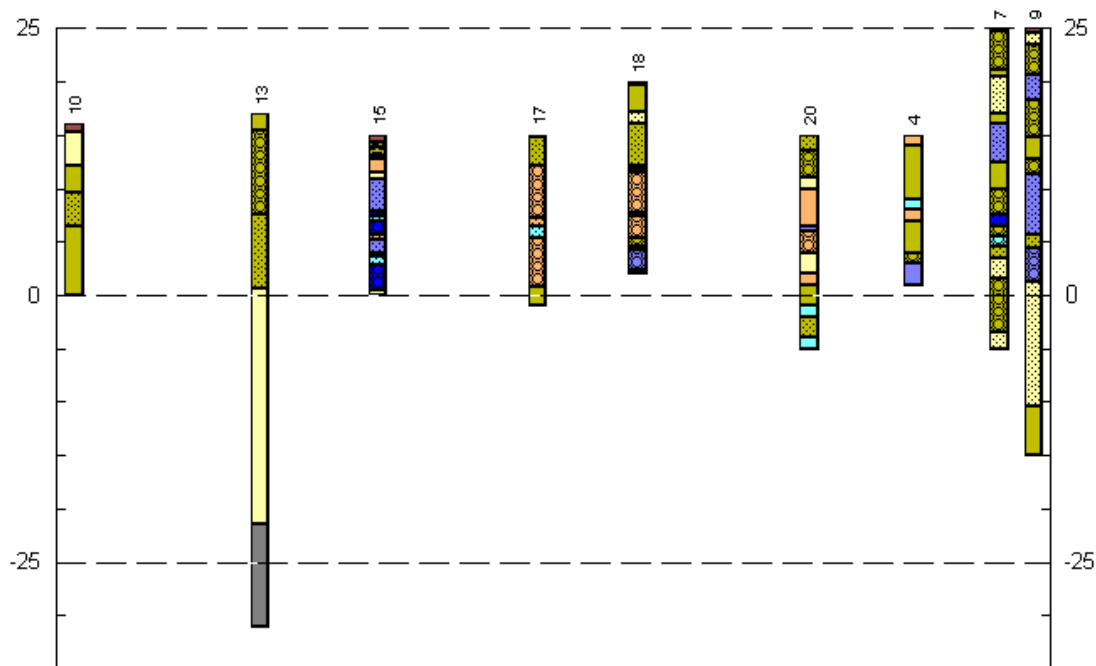


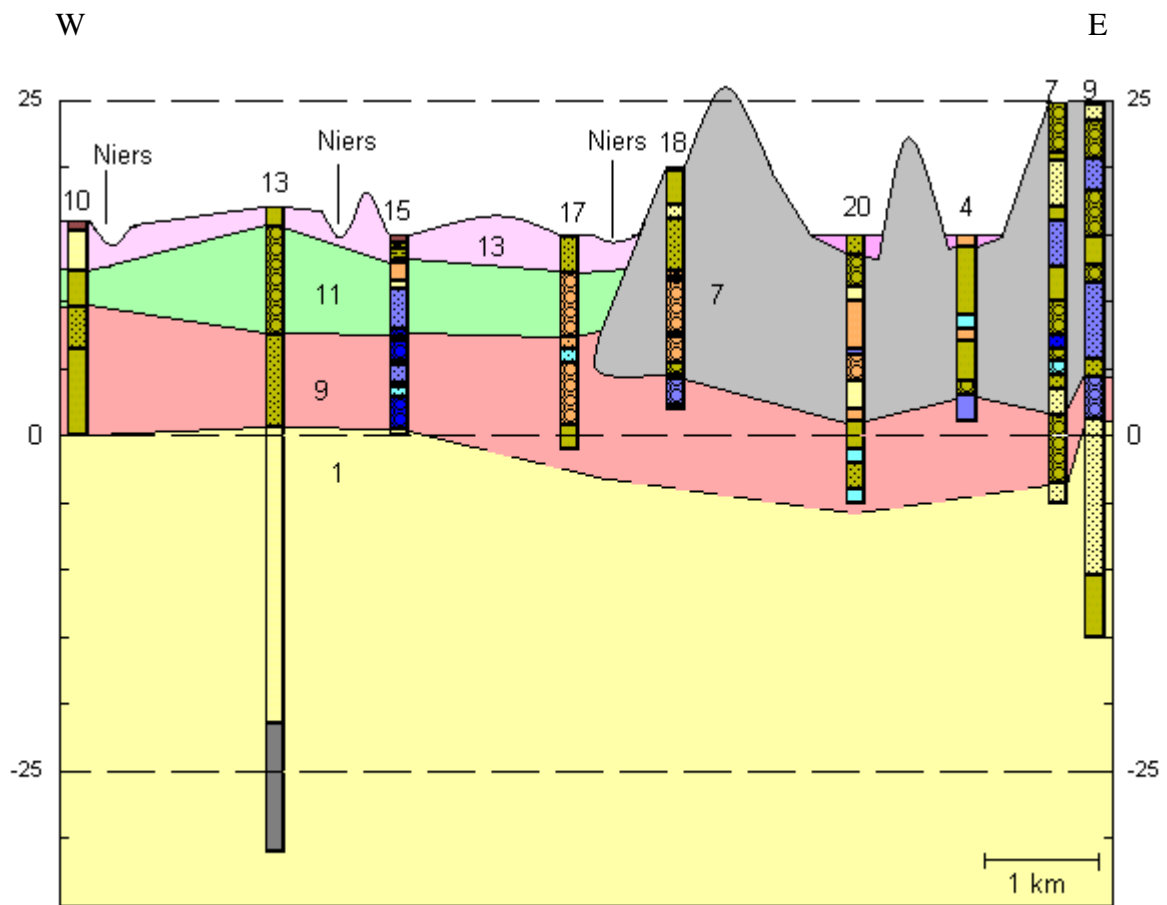
Abb. 12: Beispiel eines Schnittes welches mit RW99 erstellt wurde (entspricht Schnitt Kleve 1, Bohrung 4 aus Abb. 11 befindet sich an drittletzter Stelle)

Für die Weiterverarbeitung der so erhaltenen Schnitte musste RW99 verlassen werden. Zwar enthält RW99 auch ein Programm, um lithologische Daten in stratigraphische umzuwandeln, dieses ist aber so umständlich und zeitaufwendig, dass die Schnitte in das Microsoft-eigene Programm „Paintbrush“ überführt wurden. Dort ließen sich die Schichtgrenzen beliebig verändern und die Schichten farbig ausfüllen, ohne ständig Änderungen in den Daten vornehmen zu müssen.

Nach Diskussion, Interpretation und Vergleich (siehe Kapitel 6.1) mit anderen Arbeiten kam man dann zu folgendem Ergebnis: Abb. 13

Die Schichten wurden vollständig ausgefüllt und die Oberfläche den tatsächlichen topographischen Gegebenheiten angepasst und markante Objekte (Berg, Gewässer, Ort) angegeben (hier die Niers).

Schnitt Kleve 1



Kalkar 1 è

Abb. 13: Ein komplett bearbeiteter Schnitt

In einem letzten Schritt bekommt jeder Schnitt noch einen Titel, die Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen, eine Kilometerangabe und (wenn möglich) einen Hinweis auf angrenzende Nachbarschnitte.














Für die einzelnen Schnitte werden auch Überhöhungen angegeben. Da das Programm RW99 die Schnitte automatisch aufzieht (dies ist nicht beeinflussbar) und die Überhöhung eine Funktion von Länge und Höhe der Schnitte ist, schwankt die Überhöhung teilweise sehr stark. Dies fällt besonders dann auf, wenn ein und dieselbe Bohrung in zwei Schnitten verwendet wurde.

6. Der Schichtenaufbau im Untergrund des unteren Niederrheins an Hand von Bohrdaten

6.1 Lithologische Einheiten im Untergrund des unteren Niederrheins und dessen Abgrenzung

Im Folgenden wird für jedes Blatt eine topographische Übersichtskarte gezeigt. Die dafür verwendete Grundkarte wurde in RW99 erstellt und enthält die Rechts- und Hochwerte sowie die Bohrpunkte (siehe oben und Kopfdaten im Anhang). Das Gewässernetz und die Höhenlinien wurden nachträglich eingefügt. Dafür wurden die in RW99 erstellten Karten in ein Graphikprogramm überführt und dort die ursprünglichen schwarzen ASCII II-Daten farbig verändert und als Hintergrund in die Karten eingefügt.

Tab. 13: Legende der lithostratigraphischen Einheiten (auch herausnehmbar im Anhang, Tab. XI)

	Einheit 13	Pelit	Rheintal - Füllung	Oberfläche
	Einheit 12	Kiesig- sandiger - pelitischer Klastit		Schotter
	Einheit 11	Kiesig - sandiger Klastit		Schotter
	Einheit 10	Pelit, Torf		höherer Torf
	Einheit 9	Gradiertes Klastit		Schotter
	Einheit 8	Pelit - Feinsand (nur östlich Einheit 6)		Beckenfüllung
	Einheit 7	Fein- bis Grobklastit, gut sortiert		Glaziäre Einheit
	Einheit 6	Glaziotektonische Einheit		Glaziäre Einheit
	Einheit 5	Pelit, Torf		tieferer Torf
	Einheit 4	Kies, lokal weit verbreitet		Basiskies
	Einheit 3	Grob- bis Mittelsand, lokal nur linker unterer Niederrhein		Hangterrasse
	Einheit 2	Grobsand, lokal nur rechter unterer Niederrhein		Hangterrasse
	Einheit 1	feinklastisch, z.T. marine Fossilien		Liegendes

Auf den Übersichtskarten wurden markante Höhen hervorgehoben. Auf eine weitere Beschriftung wurde verzichtet. Ähnlich wie in RW99 wurden die Bohrpunkte, die für einen Schnitt ausgesucht wurden, mit Linien verbunden. Im Anschluss an die Übersichtskarte werden die einzelnen Schnitte dargestellt. Die in den Schnitten ausgeschiedenen Einheiten gibt Tab. 13 wieder:

- 1.) Die Einheit 1 besteht fast ausschließlich aus feinklastischem Material und kann teilweise marine Fossilien, Mergel und Glaukonit enthalten. Diese Nebenbestandteile kommen nur in der Einheit 1 vor. Sie kann auch als Basis bezeichnet werden, denn ältere Schichten werden nicht erbohrt. Wenn sie erbohrt ist, ist sie immer als erste und unterste Einheit vorhanden. Eine Ausnahme besteht, wenn dasselbe Material in der Einheit 6 auftritt. Dorthin wurde es verschuppt und überschoben, so dass die ursprüngliche Lagerung nicht mehr erkennbar ist. Auf der Einheit 1 können die Einheiten 2 bis 9 liegen.
- 2.) Einheit 2 ist im Rheintalgrund des Untersuchungsgebietes nicht direkt vorhanden. Sie kommt nur in einem Großschnitt auf Blatt Hünxe vor. Dort hat die Einheit 2 einen hohen Grobsandanteil und lässt sich vor allem durch seine hohe Lage (50 m über NN) abtrennen. Es handelt sich um eine Hangterrasse.
- 3.) Die Einheit 3 besteht aus Grob- und Mittelsand und kann kiesige Anteile enthalten. Sie kommt nur im äußersten Südwesten des Untersuchungsgebietes vor und liegt dort rund 20 m über NN, direkt auf der Einheit 1. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um eine weitere, aber tiefer als Einheit 2 gelegene Hangterrasse im Untersuchungsgebiet.
- 4.) Die Einheit 4 besteht aus Mittel- und Grobkies, zum Teil mit Geröllen. Es handelt sich um die ersten Ablagerungen im Rheintal. Sie befindet sich immer auf der Einheit 1 und kommt nur in begrabener Form vor. Im Hangenden folgt die Einheit 8 oder 9. Sie ist lokal weit verbreitet. Auf Grund der grobklastischen Bestandteile wurde die Einheit 4 als Basiskies abgegrenzt.
- 5.) Einheit 5 besteht aus Ton und Schluff (Pelit), ist in den Bohrungen auch als fossiler Boden, Torf und „Kohle“ bezeichnet. Theoretisch müssten diese Ablagerungen auf der Einheit 4 liegen. Da diese Einheit aber nur lokal verbreitet ist, liegt die Einheit 5 im Untersuchungsgebiet auf der Einheit 1, und dies nur an wenigen Stellen. Im Hangenden ist die Einheit 5 durch die Einheit 9 begrenzt. Ähnlich wie die Einheit 1 lassen sich Spuren der Einheit 5 in der Einheit 6 finden (vgl. Schnitt Emmerich 3).

Einheit 6, 7 und 8 können als glaziäre Einheiten bezeichnet werden:

- 6.) Einheit 6 besteht aus dem Material der vorhergehenden Einheiten, d.h. es kann von Ton bis Grobkies alle Korngrößen, fossile Böden usw. enthalten (siehe z.B. Einheit 1 und 5). Es handelt sich um eine glazitektonische Einheit, was die Umlagerungen begründet. Ihr besonderes Merkmal ist ihre Mächtigkeit. Die maximale Höhenlage kann 90 m über NN erreichen. Sie liegt immer direkt auf der Einheit 1, weil alle Ablagerungen, die zwischen Einheit 1 und 6 abgelagert wurden, durch sie ausgeräumt und von ihr aufgenommen wurden.

- 7.) Die Einheit 7 besteht aus gut sortierten Grob- bis Feinklastiten mit einer leichten Neigung nach Südwesten. Sie entstand durch Abschmelzungsvorgänge aus der Einheit 6 und tritt nur westlich dieser Einheit auf. Dies sind auch die wichtigsten Gründe die zur Abtrennung der Einheit 7 führten. Sie liegt meist auf der Einheit 9 und wird auch von dieser räumlich umschlossen. In Ausnahmefällen kann sie direkt auf der Einheit 1 zu liegen kommen.
- 8.) Die Einheit 8 wurde wegen ihrer feinsandigen bis schluffigen Bestandteile abgetrennt. Es fällt durch seine hellgraue bis weiße Farbe, der Fossilarmut sowie dem hohem Kalk- und Glimmergehalt auf. Dabei ist es auf Blatt Xanten und Wesel beschränkt und befindet sich nur östlich der Stauchmoränenwälle. Obwohl sie der Einheit 1 oft sehr ähnlich ist und auf dieser liegt, lässt sie sich meist gut trennen, denn mancherorts befindet sich zwischen der Einheit 1 und 8 die Einheit 4, welche durch ihre groben Bestandteile weder zur Einheit 1 noch zur Einheit 8 gezählt werden kann. Im Hangenden wird die Einheit 8 durch die Einheit 9 begrenzt.
- 9.) Die Einheit 9 stellt den ersten gradierten Schotter dar, bei dem meist vom Liegenden zum Hangenden eine Verringerung der Korngröße zu beobachten ist. Es ist eine der auffälligsten und am weitesten verbreiteten Einheit. Im Liegenden befindet sie sich meist auf der Einheit 1 oder 4, im Hangenden wird sie durch die Einheit 10 oder 11 begrenzt. Teilweise kann sie auch unter der Einheit 7 und gestaucht westlich vor der Einheit 6 vorkommen. Dies kann als Hilfsmittel eingesetzt werden, um die komplexe Einheit 9 teilweise zu unterteilen. Es wurden mehrere Schotterpakete abgelagert, wieder erodiert oder durch glaziäre Einflüsse umgelagert und gestaucht.
- 10.) Das Material der Einheit 10 ist wieder pelitisch ausgebildet und erscheint in den Bohrungen wie die Einheit 5 als „fossile Böden, Torf und Kohle“. Die Unterscheidung zur Einheit 5 erfolgt über die Höhenlage über NN im Vergleich zur Einheit 10. Sie ist auch weiter verbreitet als die Einheit 5. Sie ist hilfreich bei der Abtrennung der Einheiten 9 und 11, denn sie befindet sich zwischen diesen Einheiten.
- 11.) Bei der Einheit 11 handelt es sich um einen kiesig-sandigen Klastit. Er zeigt Ähnlichkeiten mit Einheit 9, ist aber meist gröber ausgebildet. Es handelt sich um den dritten Schotter und lässt sich gut von der Einheit 9 trennen, wenn die Einheit 10 vorhanden ist. Fehlt diese, kann die lithologische Trennung schwieriger sein. Eine mögliche Trennung besteht darin, dass die Basis der Einheit 11 meist gröber ausgebildet ist als die Oberfläche der Einheit 9. Im Hangenden wird die Einheit 11 durch die Einheit 12 begrenzt.
- 12.) Die Einheit 12 ist ein kiesig-sandiger Klastit. Er befindet sich dicht unter der Oberfläche. Die Ablagerungen sind in direktem Zusammenhang mit dem rezenten Rhein zu sehen. Dort wo der Rhein fließt wurden die Einheiten 9, 10 und 11 durch die Einheit 12 ganz oder teilweise ersetzt. Je weiter man sich vom Rhein entfernt, desto geringmächtiger und feiner werden die Sedimente der Einheit 12.
- 13.) Bei der Einheit 13 handelt es sich um pelitische Ablagerungen direkt an der Oberfläche. Die Feinsedimente können z.B. aus Hochflutablagerungen, Auensedimente oder Flugsand bestehen.

Für die nun folgende lithostratigraphische Interpretation wurden die Schnitte wie z.B. der Schnitt Kleve 1 (Abb. 12) als erstes auf Böden und Torfhorizonte untersucht. Damit wurde je nach Höhenlage versucht, die Einheit 5 bzw. 10 zu ermitteln. Es stellte sich aber heraus, dass die Einheit 10 und besonders die Einheit 5 im Untersuchungsgebiet wenig bis gar nicht erhalten war. Im Schnitt Elten 1 z.B. findet sich im Westen „Kohle“ und weiter östlich ein „Boden“. Direkt verbinden lassen sich diese Vorkommen nicht, aber auf Grund der Höhenlage konnte diese Schicht als Reste der Einheit 10 gedeutet werden. Die Einheit 5 wurde dagegen nicht gefunden. Die Einheit 10 trennte die Einheit 9 von der Einheit 11. Wie sich im Laufe der Arbeit zeigte, war die Einheit 9 an ihrer Oberfläche fast immer feiner ausgebildet als die Basis der Einheit 11. So ließen sich diese beiden Schichten auch trennen, wenn die Einheit 10 nicht vorhanden war. Im Vergleich zu schon vorhandenen Arbeiten zeigte sich im Nachhinein, dass diese Art der Trennung zu sehr ähnlichen Ergebnissen führt. Auf diese Art wurde dann auch die Einheit 4 abgetrennt. Die Einheit 4 ließ sich als Basiskies auf der Einheit 1 gut abtrennen und war auch immer auffällig gröber als die im hangenden folgende Einheit 9.

Die Einheit 1 ist feinklastisch und befindet sich an der Basis fast aller Bohrungen. In den Bohrdaten war öfter der Vermerk „Fossilien“, „Schnecken“ oder „marin“ angeführt worden, was auf einen marinen Ursprung der Einheit 1 hinwies.

Die Einheiten 2 und 3 wurden durch ihre Höhenlage und die Einheiten 6 und 7 durch ihre Mächtigkeit und Lage abgetrennt. Bei den Hangterrassen fiel die Höhe der Einheit 1 auf. Im Westen des Untersuchungsgebietes beginnt die Einheit 3 direkt auf der Einheit 1, die bis 20 m über dem Meer reicht. Auf Blatt Hünxe liegt die Einheit 2 bei 50 m.

Die Beckenfüllungen der Einheit 8 beschränkten sich auf Wesel und Xanten.

Die Einheit 12 befindet sich immer an der Oberfläche (sie wird teilweise von der Einheit 13 bedeckt). Sie ist in einiger Entfernung vom Rhein meist geringmächtig und pelitisch ausgebildet. In Rheinnähe kann sie dagegen grobkörniger ausgebildet sein und Mächtigkeiten bis 25 m erreichen. Der Rhein hat ältere Schichten abgetragen, die später durch Ablagerungen der Einheit 12 ersetzt wurden.

Zu Beginn eines jeden Schnittes wird kurz auf Auffälligkeiten der Oberflächengeologie und Oberflächenmorphologie eingegangen. Dafür musste bei der Einheit 12 schon im Vorfeld auf das Holozän hingewiesen werden, um die Einheit 13 abtrennen zu können.

Im Anhang befindet sich eine Auflistung aller Bohrungen dessen Oberfläche durch Flusssedimente beeinflusst werden. Die Daten wurden der geol. Karte C 4302 Bocholt (KLOSTERMANN 1997) entnommen. Dabei treten Unterschiede zwischen KLOSTERMANN (1997), JANSEN (2001) und BRAUN et al. (1981) auf, die manchmal zu Unstimmigkeiten führen und in den Schnitten nicht immer darstellbar sind.

Gestrichelte Verbindungslinien zwischen Schichtgrenzen geben Unsicherheiten wieder.

Hinweis: Farbig markierte Namen von Bohrungen in den Übersichtskarten (z.B. KB24 in Abb. 75 Wesel oder M6 in Abb. 18 Emmerich) weisen auf Bohrungen hin, die von den jeweiligen Autoren unter dieser Bezeichnung bearbeitet wurden. Diskutiert werden diese Bohrungen in Kapitel 7.2.

6.2 Der Schichtenaufbau im Untergrund des unteren Niederrheins an Hand von Bohrdaten

Blatt 4102 Elten

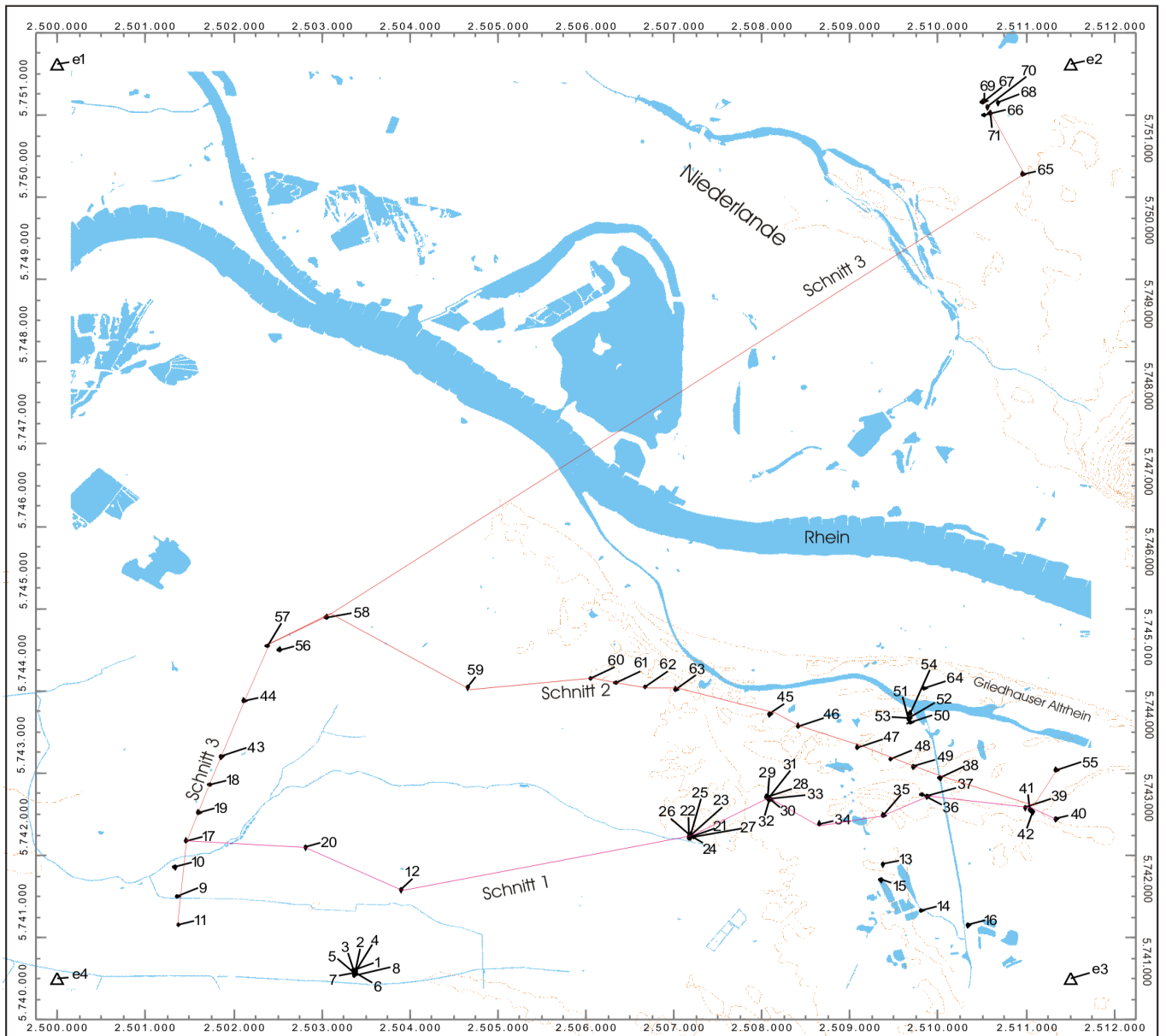
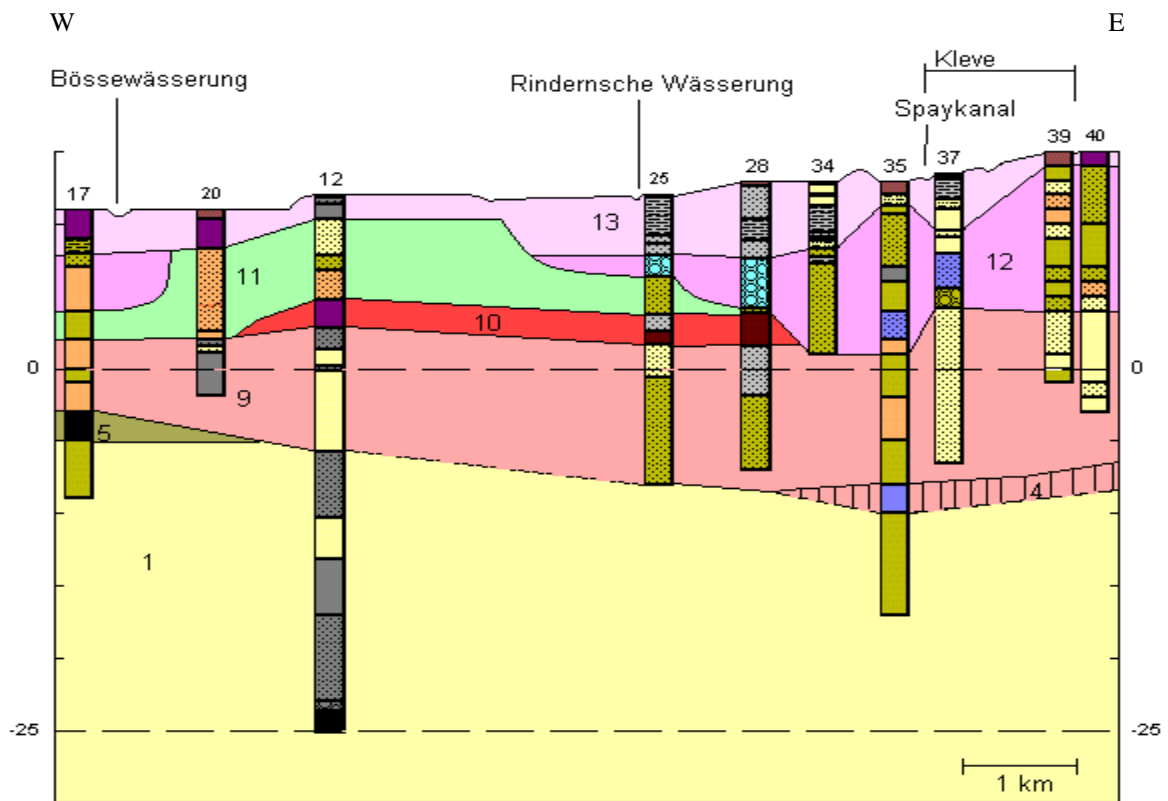


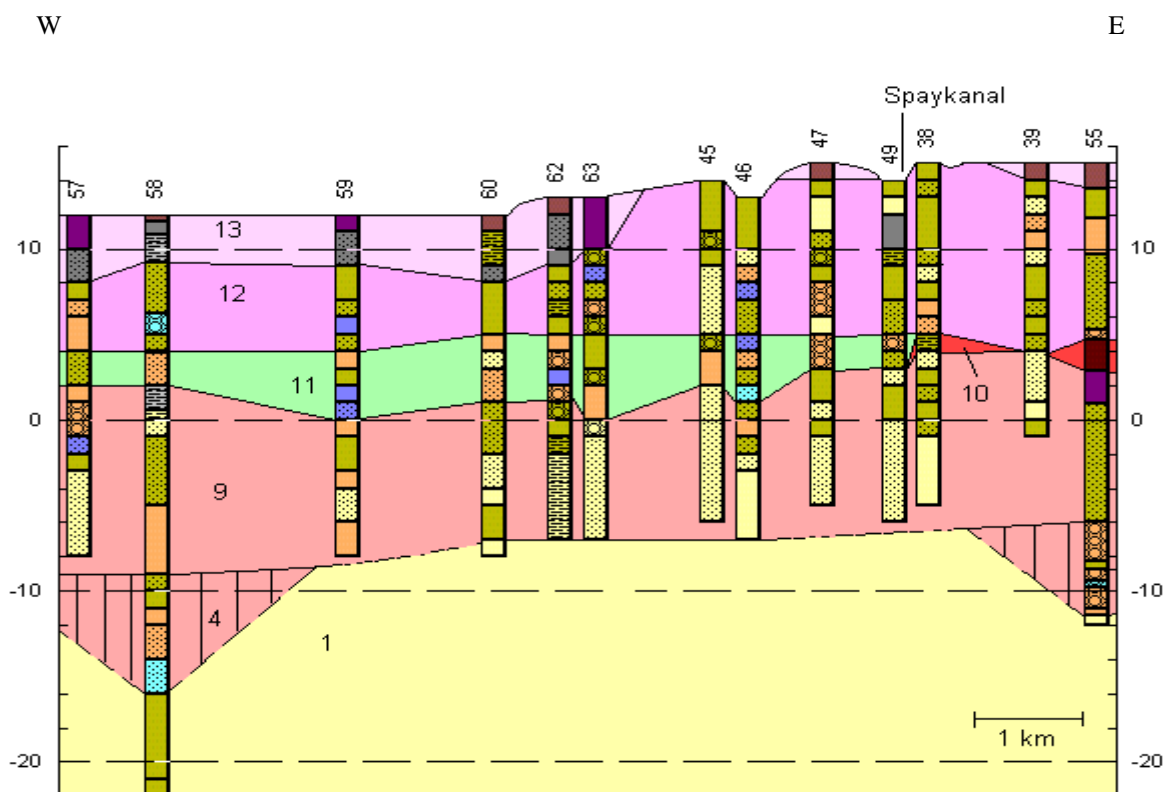
Abb. 14: Topographische Übersichtskarte Elten

Abb. 15: Schnitt Elten 1 (117fach überhöht)



Emmerich 1+2 è

Abb. 16: Schnitt Elten 2 (140fach überhöht)



Emmerich 1+2 è

Die Bohrung 17 des Schnittes Elten 1 befindet sich im Hochflutten über ungegliederten holozänen Terrassen (Tfh/qh, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Bei der Gemeinde Mehr (Bohrung 20 und 12) wird ein Bereich mit Hochflutsand (Sfh) berührt, der sich wiederum im Hochflut über der Einheit 11 befindet (Tfh/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Bis nordwestlich von Rindern (Bohrung 25) wechselt die Oberflächenbeschaffenheit von Hochflutten über der Einheit 11 (Tfh/N) und Auensanden über altholozäner Terrasse (Sf/ha) zu Hochflutten über Flussablagerungen ungegliederten holozänen Terrassen (Tfh/qh). Bohrung 28 und 34 befinden sich im Uferwall (sw, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Östlich Rindern wechselt der Uferwall zu Hochflutten über Flussablagerungen ungegliederten holozänen Terrassen (Tfh/qh) und Auelehm über Flussablagerungen jungholozäner Terrasse (Lf/hj, Bohrung 35 bis 40, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Von Bohrung 57 bis 59 befindet sich der Schnitt Elten 2 im Bereich von Hochflutten über Flussablagerungen ungegliederter holozäner Terrassen (Tfh/qh), bei Bohrung 60 in alt- bis mittelholozäner Terrasse und von Bohrung 62 bis 46 im Uferwall (sw, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrungen 47 bis 55 befinden sich in Auensedimenten über Flussablagerungen jungholozäner Terrasse (Lf/hj bzw. Sf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Die Bohrung 11 des Schnittes Elten 3 liegt im Hochflutten über weichselzeitlichen Bach- und Flussablagerungen der Einheit 11 (Tfh/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrungen 17 bis 58 befinden sich im Hochflutten über Flussablagerungen ungegliederten holozänen Terrassen (Tfh/qh, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Bei der Gemeinde Keeken (zwischen der Bohrung 58 und dem Rhein) wechseln die Ablagerungen zu Auelehm über Flussablagerungen alt- bis mittelholozäner Terrasse (Lf/ham, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Es folgt der Deich (sw) und östlich des Rheins folgt bis östlich „Die Wild“ ein Wechsel aus künstlichen Aufschüttungen (y), Auelehm (Lf) und Auelehm über Flussablagerungen jungholozäner Terrasse (Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrungen 65 und 67 befinden sich im Flugsand über der Einheit 11 (a/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Der Schnitt Elten 3 zeigt, dass die Einheit 11 in Richtung Rhein an Mächtigkeit abnimmt und durch holozäne Terrassen ersetzt wurde. Ob es sich bei den Überdeckungen der Einheit 11 um weichselzeitliche, oder um holozäne Ablagerungen handelt, ist nach KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) nicht immer eindeutig bestimmt (Pliozän bis Holozän, vgl. Kapitel 7.1).

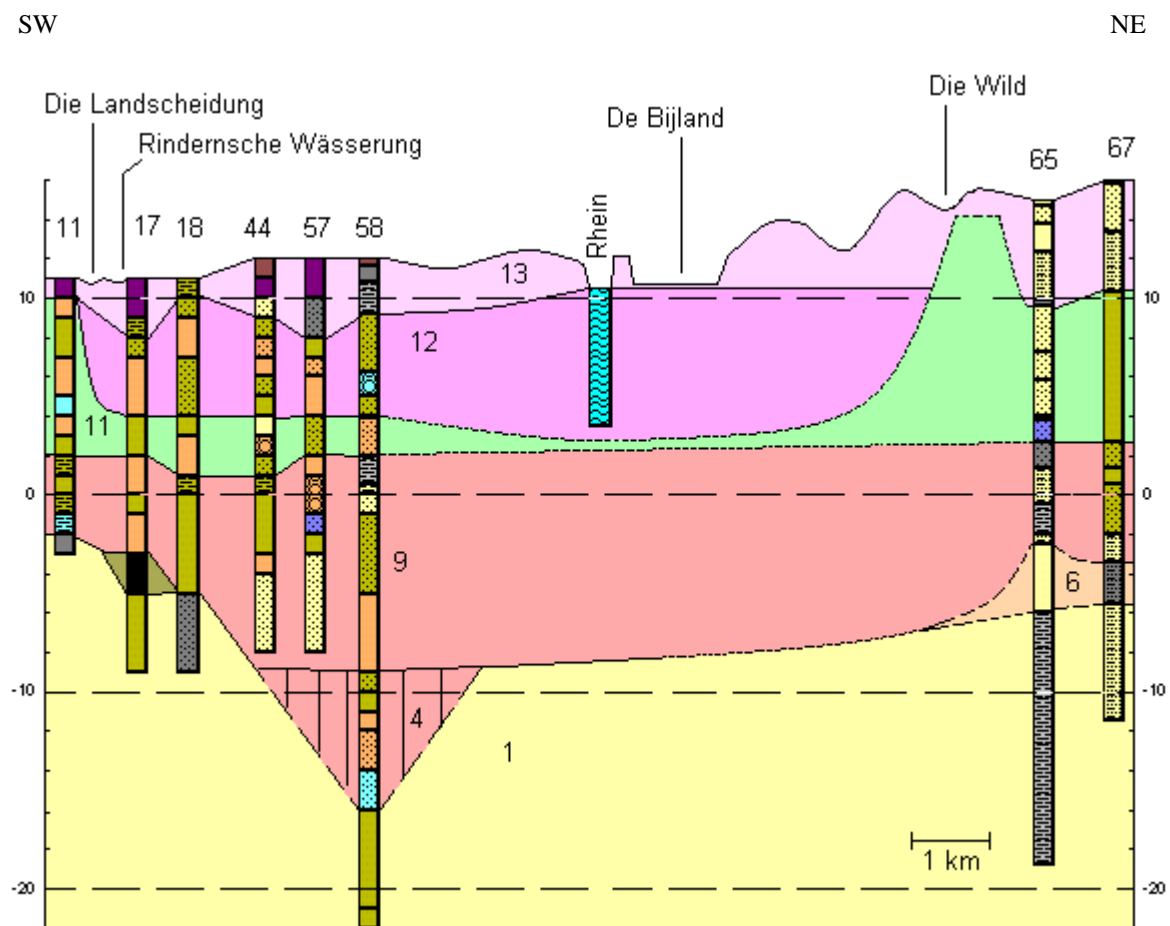
Die Einheit 4 wurde in allen 3 Schnitten des Blattes Elten abgetrennt, weil es sich bei diesen Schichtpaketen um Mittelkies, sandigem Feinkies und kiesigem Grobsand an der Basis der Einheit 9 handelt. Wie weit die Einheit 4 allerdings im Untergrund verbreitet ist, lässt sich anhand der nur 4 vorhandenen Bohrungen, die die Einheit 4 überhaupt enthalten, nicht sicher sagen.

Die Einheit 9 wurde auf Grund der Angaben „Kohle“, „Boden“, Ton und schluffiger Feinsand von der Einheit 11 abgetrennt. Diese Angaben beschreiben wohl den Torfhorizont und den Pelit der Einheit 10. Sie lässt sich im Schnitt Elten 1 zwischen den Bohrungen 12 bis 28 durchzeichnen. Im Schnitt Elten 1 Bohrung 17 scheint das „Kohlepaket“ die Einheit 5 zu repräsentieren, denn zwischen den Bohrungen 17 und 12 besteht ein Abstand der Torfhorizonte von 5 m. Allerdings bestätigt sich die Aussage von Kapitel 6.1, dass die Einheit 9 meistens mit feineren Ablagerungen endet als die Einheit 11 beginnt.

Die Einheit 6 wurde im Osten des Schnittes Elten 3 angenommen, weil sich die Bohrungen 65 und 67 nah am Eltenberg befinden und im unteren Teil in ihrer Zusammensetzung nicht zu den anderen Terrassenablagerungen passt. Außerdem entspricht diese Art der Darstellung BRAUN et. al. (1981, Tafel 1).

Das mächtige Vorkommen der Einheit 12 und das Auskeilen der Einheit 11 unter dem Rhein wurden hier als Erfahrungswert aus anderen Schnitten übernommen. Wie sich später noch zeigt, hat der Rhein in seiner unmittelbaren Umgebung ältere Schichten ausgeräumt und durch die Einheit 12 ersetzt. Da sich im Bereich des Rheins aber keine Bohrung befindet, die die genaue Lage und Mächtigkeit der Einheiten 12 widerspiegelt, ist sie hier nicht zu bestimmen. Als Begründung kann aber angeführt werden, dass der See „De Bijland“ eine ehemalige Kiesgrube war und „Die Wild“ eine Verlängerung des „Oude Rijn“ (also eines Altrheinarmes) ist. Das bedeutet, dass der ganze Bereich direkt vom Rhein beeinflusst ist. Die Erhöhung um 2 bis 3 m rechts und links des Rheins zeigt den Deich an. Die alt-, mittel- und jungholozänen Terrassen können jeweils eine Mächtigkeit von 15 bis 20 m erreichen (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt, Mächtigkeitsschnitt), die Auensedimente (Sand und Lehm) jeweils 4 m. Somit sind Mächtigkeiten der Einheit 12 wie im Schnitt Elten 3 durchaus möglich.

Abb. 17: Schnitt Elten 3 (254fach überhöht)



Emmerich 5 è

Blatt 4103 Emmerich

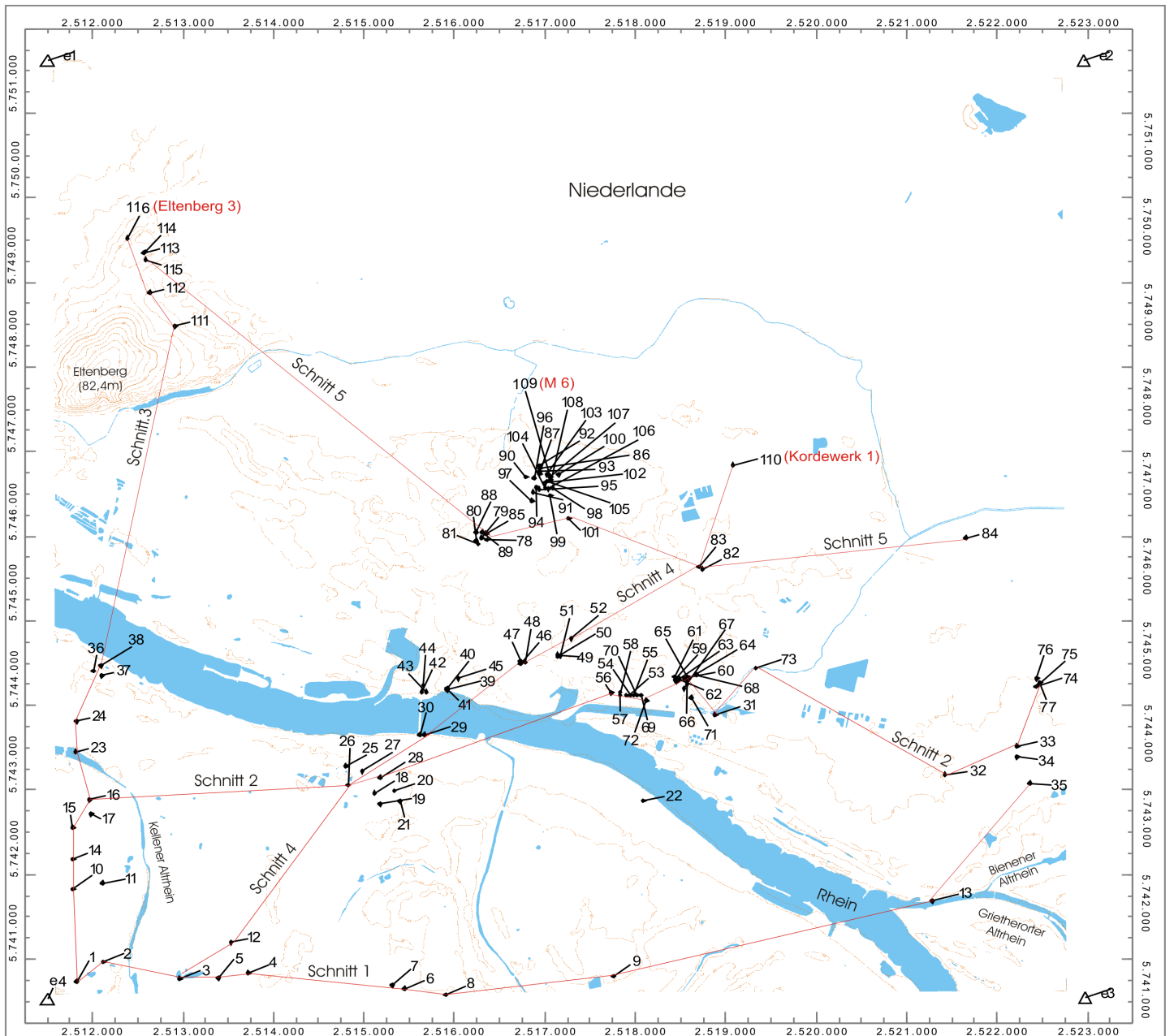
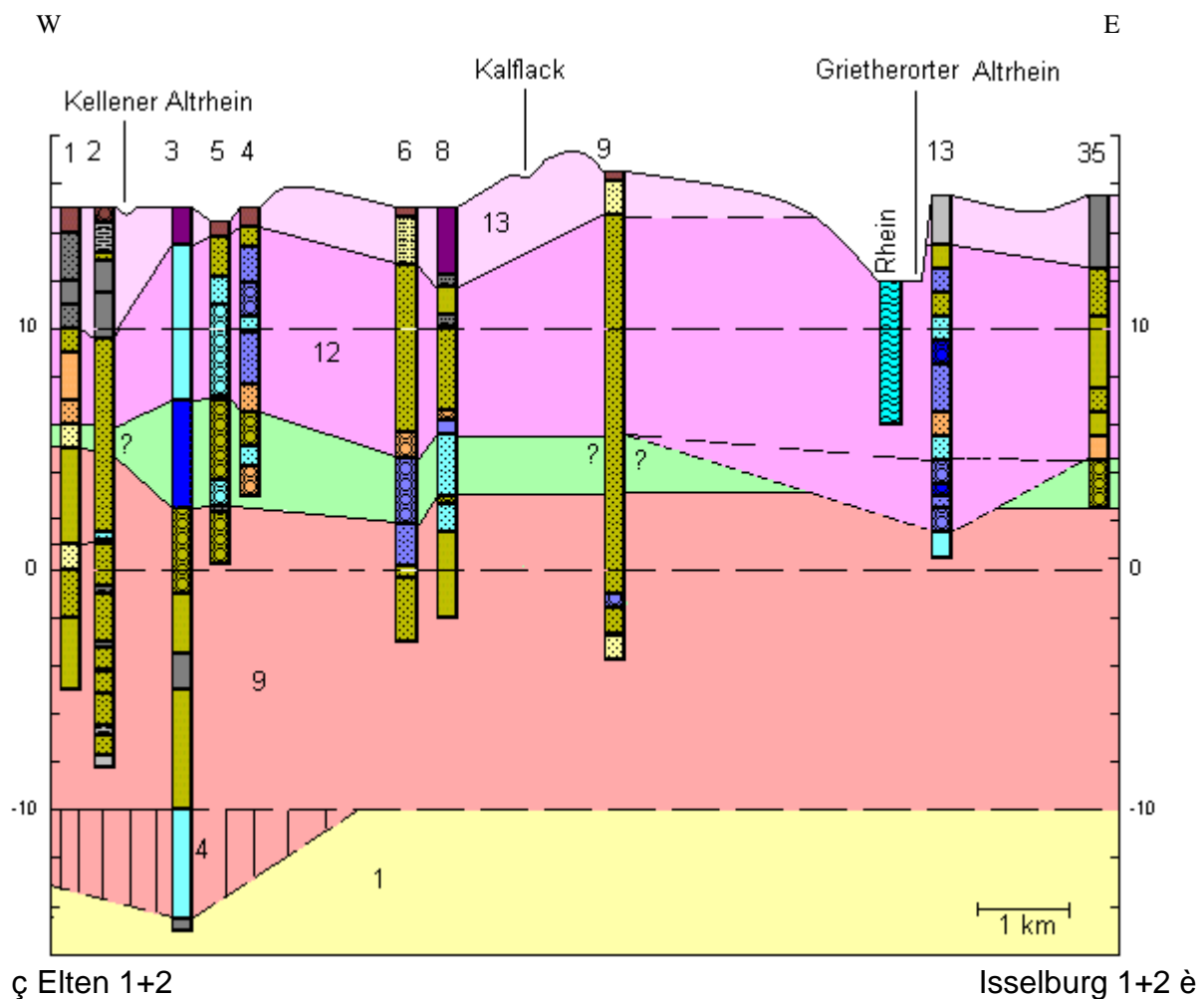


Abb. 18: Topographische Übersichtskarte Emmerich

Abb. 19: Schnitt Emmerich 1 (176fach überhöht)



BRAUN et. al. (1981, geol. Karte 4103 Emmerich) beschreibt den Bereich des Schnittes Emmerich 1 (Bohrungen 1 bis 35) als jüngeren und jüngsten Auelehm über der Einheit 11, KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) als mit Auelehm und Auensand bedeckte jungholozäne Terrasse (Tf/hj und Sf/hj).

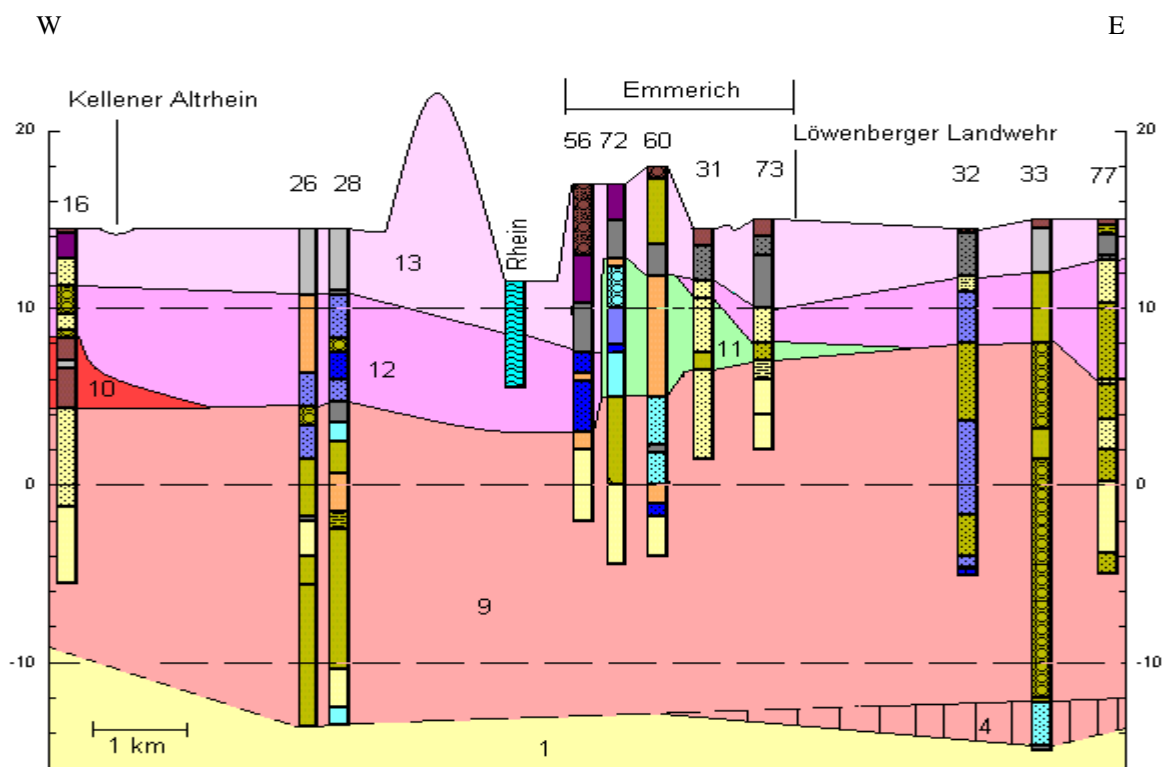
Im Schnitt Emmerich 1 ist der genaue Verlauf der Einheit 1 (durch nur eine Bohrung) sehr unsicher. Auch der genaue Verlauf der Einheit 11 ist schwer zu verfolgen, da BRAUN et. al. (1981, geol. Karte 4103 Emmerich) die Obergrenze der Einheit 11 im Bereich des Schnittes Emmerich 1 und 2 bei 10 m über NN ansetzt, wobei die Einheit 11 nur mit jüngeren Auensedimente überdeckt ist. KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) beschreibt dagegen unter der Auenbedeckung jungholozäne Terrasse. Da diese jungholozäne Terrasse einerseits eine bestimmte Mächtigkeit besitzt, andererseits im Schnitt Emmerich 2 die Einheit 10 die Einheit 11 nach unten begrenzt, muss die Einheit 11 in diesem Bereich ganz oder teilweise der Erosion zum Opfer gefallen sein.

Die Fragezeichen im Bereich der Bohrungen 2 und 9 sollen zeigen, dass durch einfaches Übergehen der Schichtgrenzen eine mehr oder weniger horizontale Lage (hier der Einheit 11) möglich ist. Ob dies allerdings ohne weiteres möglich ist, bezweifle ich, denn dann wäre prinzipiell eine beliebige Grenzziehung der Schichten möglich. Dieses Problem tritt im Laufe der Arbeit noch mehrmals auf und wird durch Fragezeichen gekennzeichnet. Es ist oft die Ursache für starke Mächtigkeitsschwankungen der Terrassen. Möglicherweise liegt dieses Problem auch an der Ansprache durch die Bohrmeister.

Der Bereich westlich des Rheins (Bohrung 16 bis 28) des Schnittes Emmerich 2 entspricht dem des Schnittes Emmerich 1. Die Anhöhe westlich des Rheins besteht aus künstlichen Aufschüttungen (y, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Anhöhe direkt unter Emmerich (Bohrung 72 bis 60) besteht nach BRAUN et. al. (1981, geol. Karte 4103 Emmerich) aus älterem Flugsand. KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302) beschreibt den Bereich als Flugsand über der Einheit 11 (a/N), Bohrung 31 sowie die Bohrungen 32 bis 77 befinden sich in Auensedimenten über jung-, Bohrung 73 über mittelholozäner Terrasse (Lf/hj bzw. Lf/hm, siehe Anhang).

Im Schnitt Emmerich 2 sind die Verhältnisse im Untergrund ähnlich dem Schnitt Emmerich 1. Bohrung 16 zeigt die Einheit 10, die für die Begrenzung der Einheit 11 verantwortlich ist, die Lage passt zum Schnitt Elten 2 (nicht aber die Mächtigkeit). Wahrscheinlich ist die Einheit 11 hier ganz durch die Einheit 12 ersetzt worden (siehe oben). Unter Emmerich ist die Einheit 11 ganz oder zum größten Teil erhaltengeblieben. Die Mächtigkeit und Höhenlagen bestätigen die Vermutung, dass die Einheit 11 im Westteil des Schnittes erodiert wurde.

Abb. 20: Schnitt Emmerich 2 (195fach überhöht)



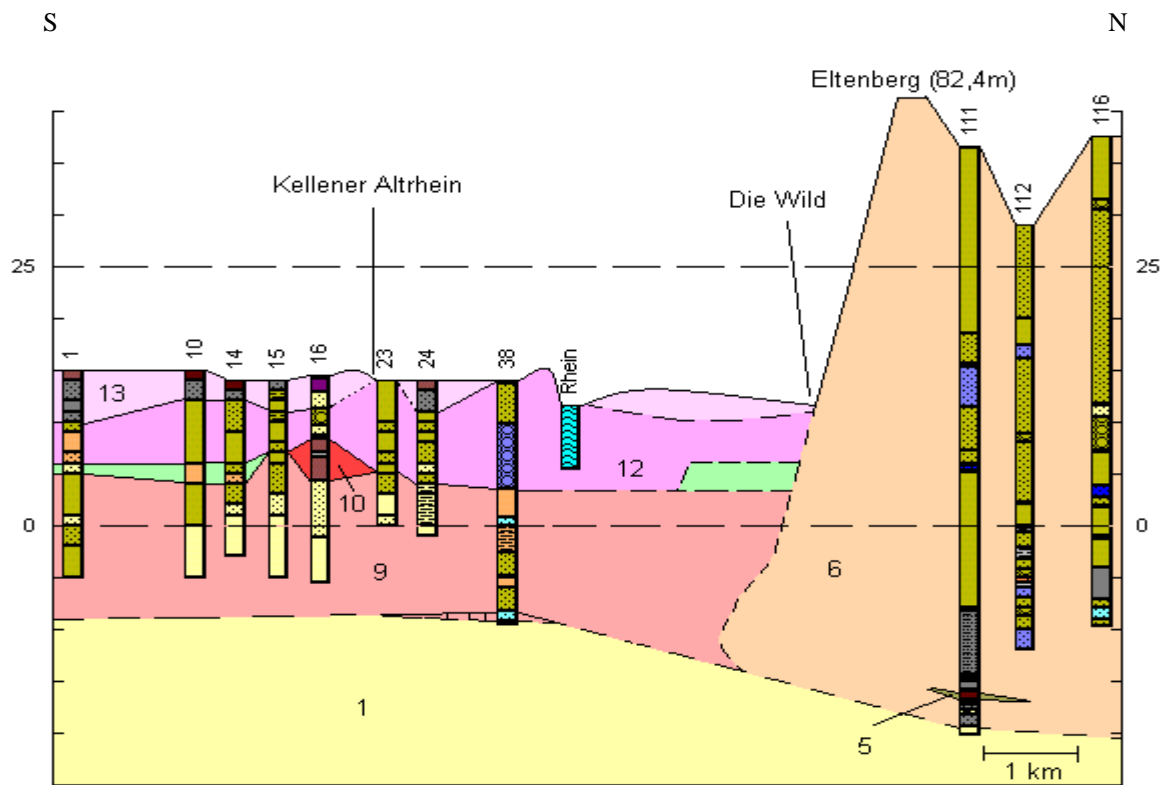
ç Elten 1+2

Isselburg è

Zwischen den Bohrungen 1 bis 38 des Schnittes Emmerich 3 bilden Auensedimente über jungholozäner Terrasse bzw. künstliche Auffüllungen die Oberfläche (Lf/hj, Sf/hj bzw. y, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 und Anhang). Auch hier besteht der oben beschriebene Unterschied zu BRAUN et. al. (1981, geol. Karte 4103 Emmerich).

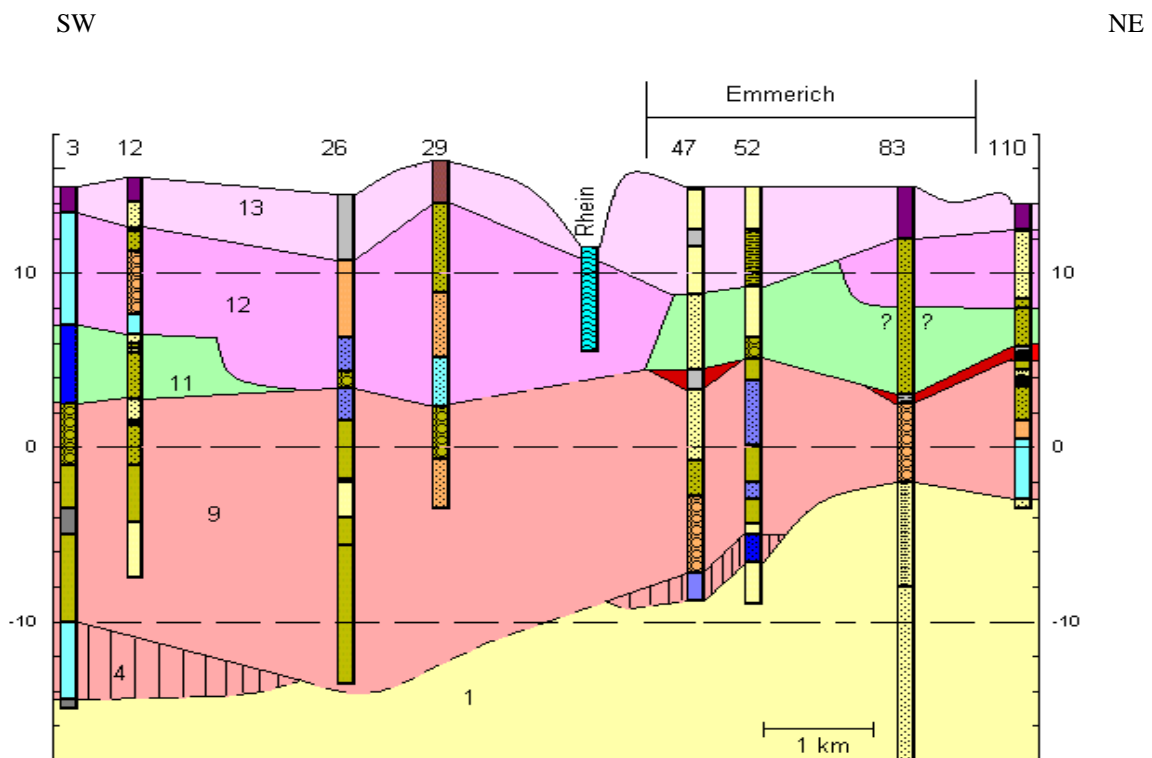
Die Einheit 6 hat möglicherweise die Einheit 1 (und eventuell auch Teile der Einheit 9) in seinem südlichen Vorland gestaucht. Auffällig in der Einheit 6 ist der Boden, der von der Einheit 6 aufgenommen und verfrachtet wurde. Dabei muss es sich um die Einheit 5 handeln, denn Einheit 10 ist erst nach der Einheit 6 entstanden.

Abb. 21: Schnitt Emmerich 3 (95fach überhöht)



ç Kalkar

Abb. 22: Schnitt Emmerich 4 (178fach überhöht)



ç Kalkar

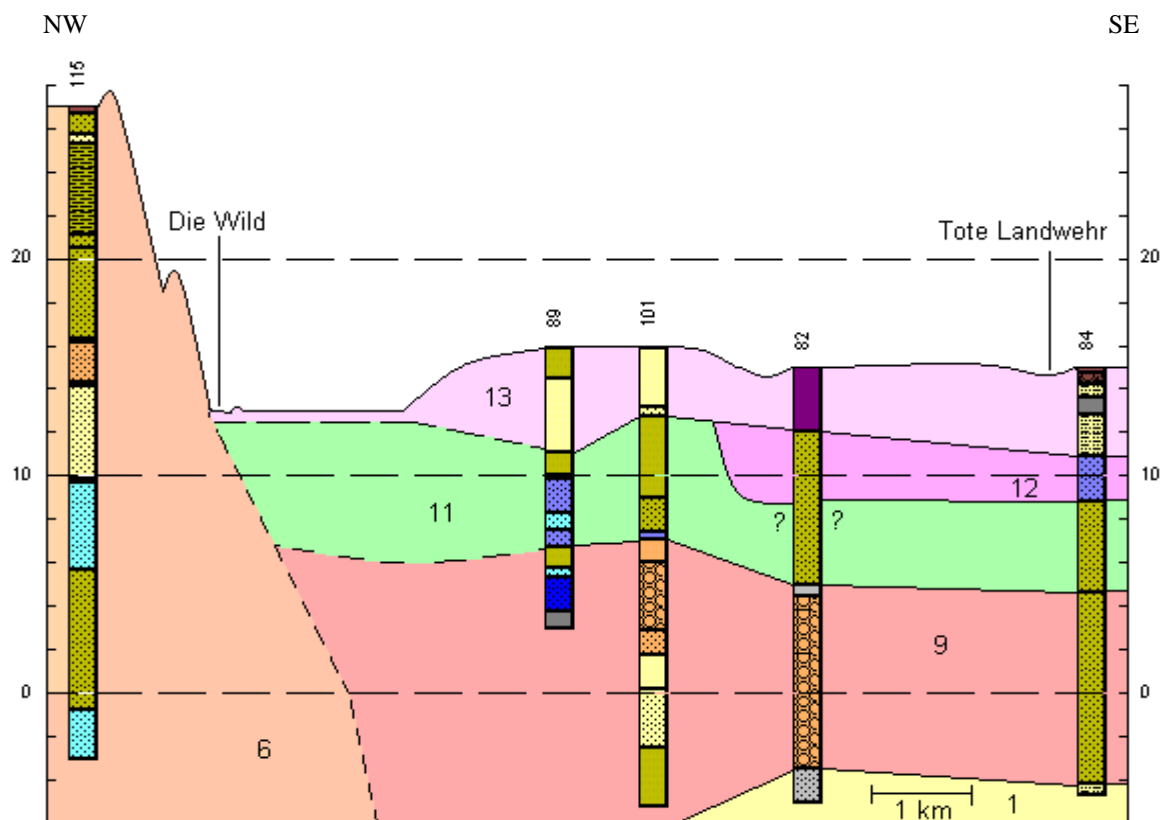
Der Bereich der Bohrungen 3 bis 29 des Schnittes Emeric 4 entspricht dem der Schnitte Emmerich 1 bis 3. Die Bohrungen 47 und 22 liegen im Flugsand über der Einheit 11 (a/N), die Bohrungen 83 und 110 befinden sich im Auelehm über mittelholozäner Terrasse (Lf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 und Anhang).

Im Schnitt Emmerich 4 fällt auf, dass die Einheit 11 westlich des Rheins ca. 5 m tiefer liegt als im Osten. Dies ist wahrscheinlich auf ein unterschiedliches Alter der beiden Teile zurückzuführen (vgl. 7.1).

Der ebene Bereich südöstlich der „Die Wild“ des Schnittes Emmerich 5 besteht aus Hochflutton über der Einheit 11 (Tfh/N), der Anstieg zur Bohrung 89, sowie die Bohrung 101 aus Düne (d) an der Oberfläche. BRAUN et. al. (1981) gibt die Mächtigkeiten der verschiedenen Flugsanddecken und Dünen mit 2-6 m an. Die Bohrungen 82 und 84 befinden sich im Auenlehm über mittelholozäner Terrasse (Lf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 und Anhang).

Im Schnitt Emmerich 5 ist der genaue Verlauf der Einheiten 6, 9 und 11 im nordwestlichen Teil wegen fehlender Bohrdaten im Untergrund unsicher.

Abb. 23: Schnitt Emmerich 5 (156fach überhöht)



ç Elten 3

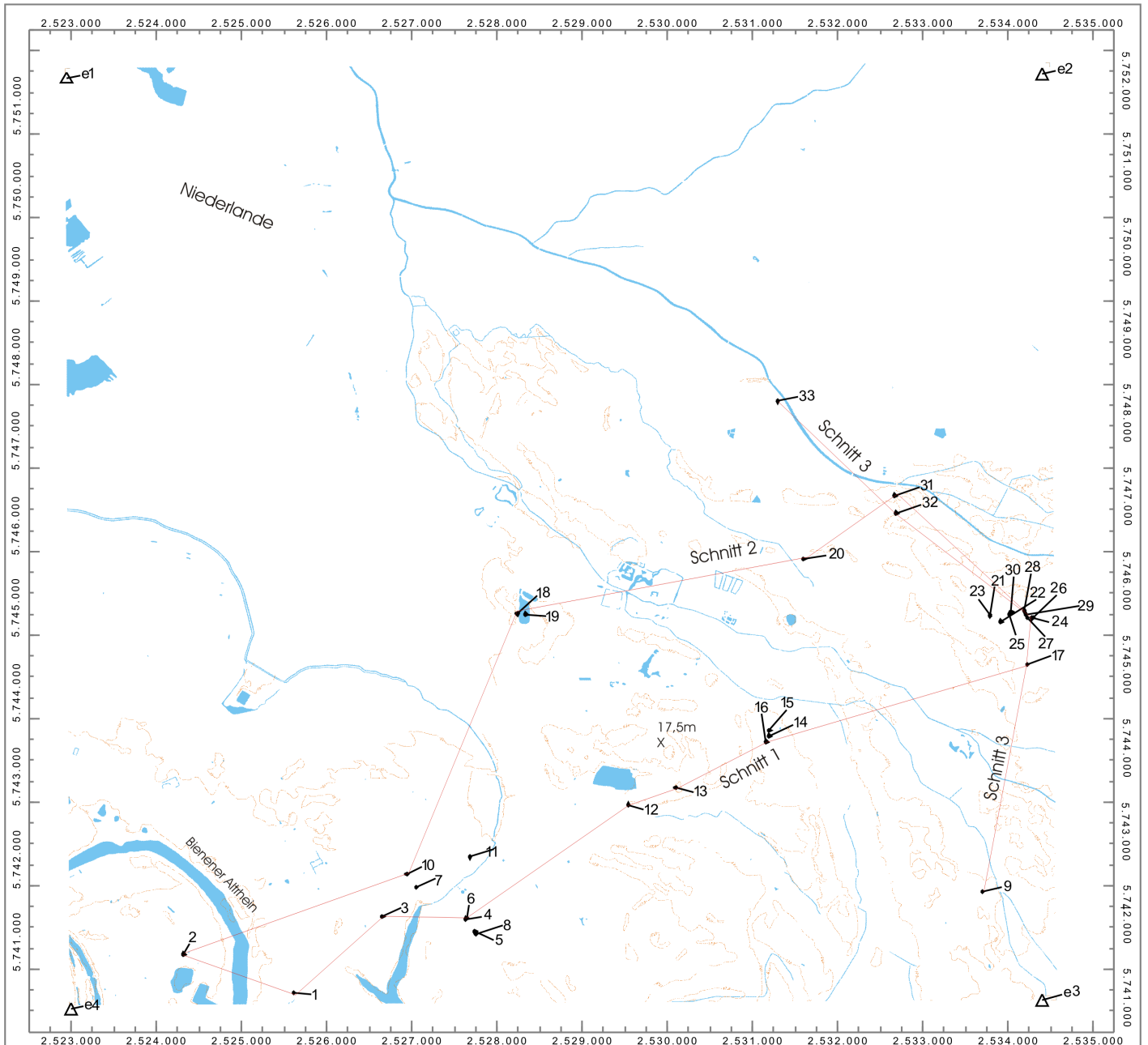
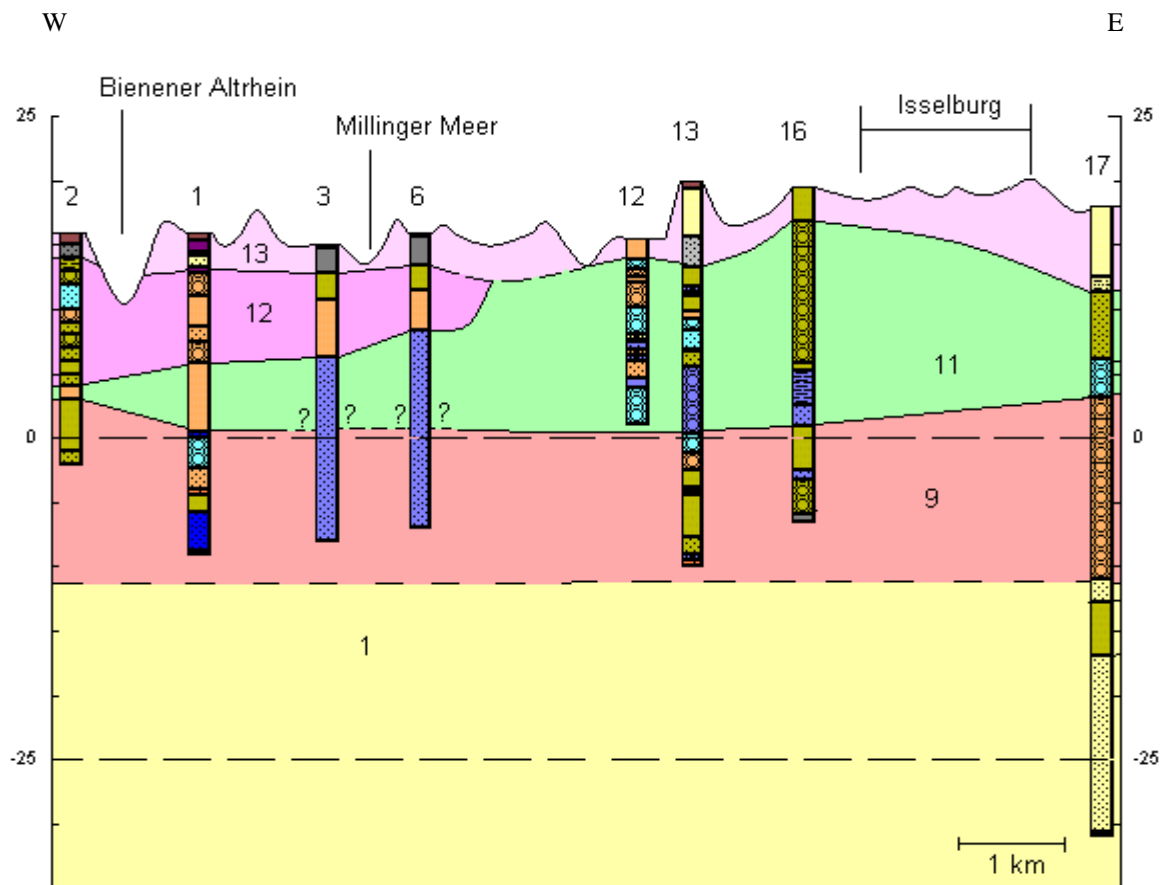


Abb. 24: Topographische Übersichtskarte Isselburg

Abb. 25: Schnitt Isselburg 1 (117fach überhöht)



ç Emmerich 1

Bohrung 2 des Schnittes Isselburg 1 befindet sich im Auensand über jungholozäner Terrasse (Sf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrungen 1 und 3 liegen im Auelehm über mittel- bzw. altholozäner Terrasse an der Oberfläche (Lf/hm bzw. Lf/ha). Bohrung 6 soll sich bereits im Hochflutlehm über der Einheit 11 befinden (Lfh/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), obwohl die Bohrung das gleiche Aussehen wie Bohrung 3 besitzt. Deshalb wurde die Bohrung 6 im Schnitt noch in die altholozäne Terrasse gestellt. Die Bohrungen 12 und 13 liegen in Dünen (d), die Bohrung 16 im Hochflutsand über der Einheit 11 (Sfh/N). Die Bohrung 17 befindet sich im Flugsand über der Einheit 11 (a/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang). KLOSTERMANN gibt die Mächtigkeit des Flugsandes mit 2 m an. Bohrung 17 zeigt dagegen eine Mächtigkeit von 5 m.

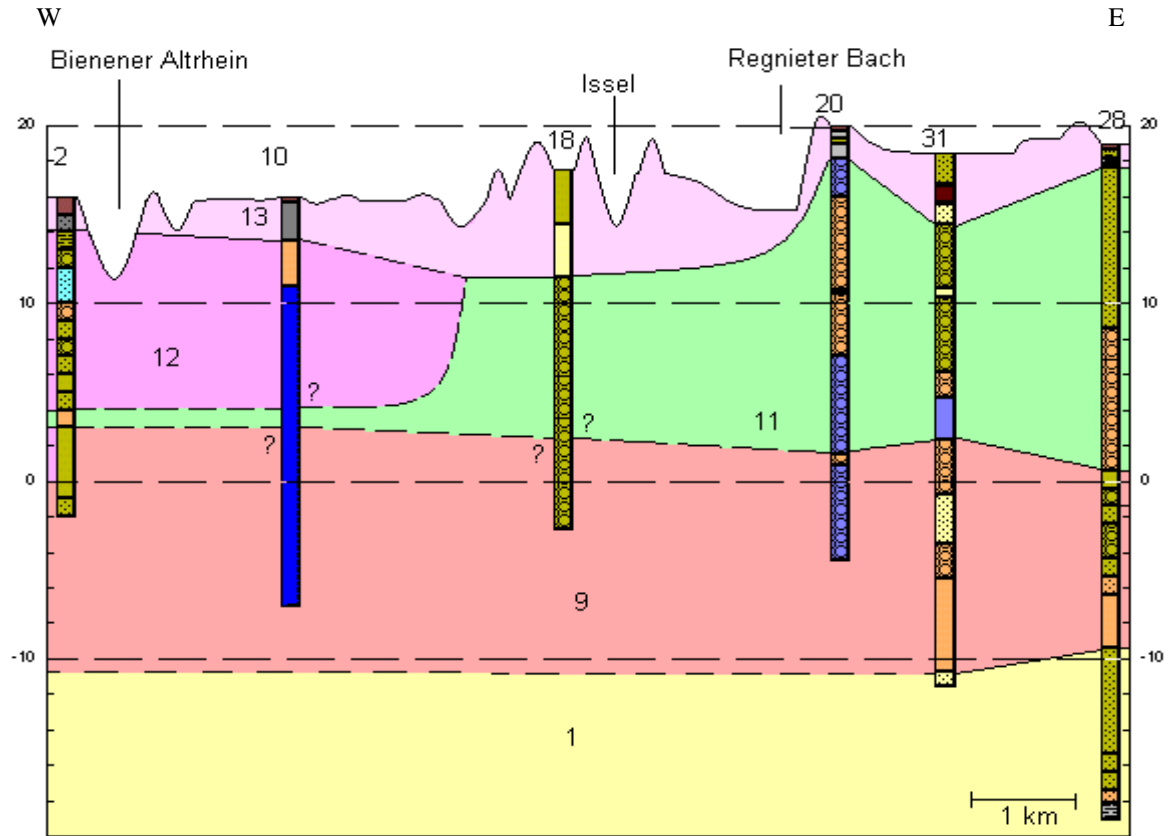
Der Schnitt Isselburg 2 zeigt ein ähnliches Erscheinungsbild. Bohrung 2 liegt im Sf/hj, Bo 10 im Lf/ha, Bo 18 in d, Bo 20 und 31 im Sfh/N und Bo 28 im a/N (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Der Schnitt Isselburg 3 befindet sich durchgehend in Hochflutablagerungen und Flugsand über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Im Schnitt Isselburg 1 und 2 zeigen die Altrheinarme Bienener Altrhein und Millinger Meer an, dass sich dieser Bereich nicht weit vom heutigen Rhein (siehe Emmerich 1) entfernt befindet. Der Rhein muss hier große Teile der Einheiten 11 ausgeräumt haben.

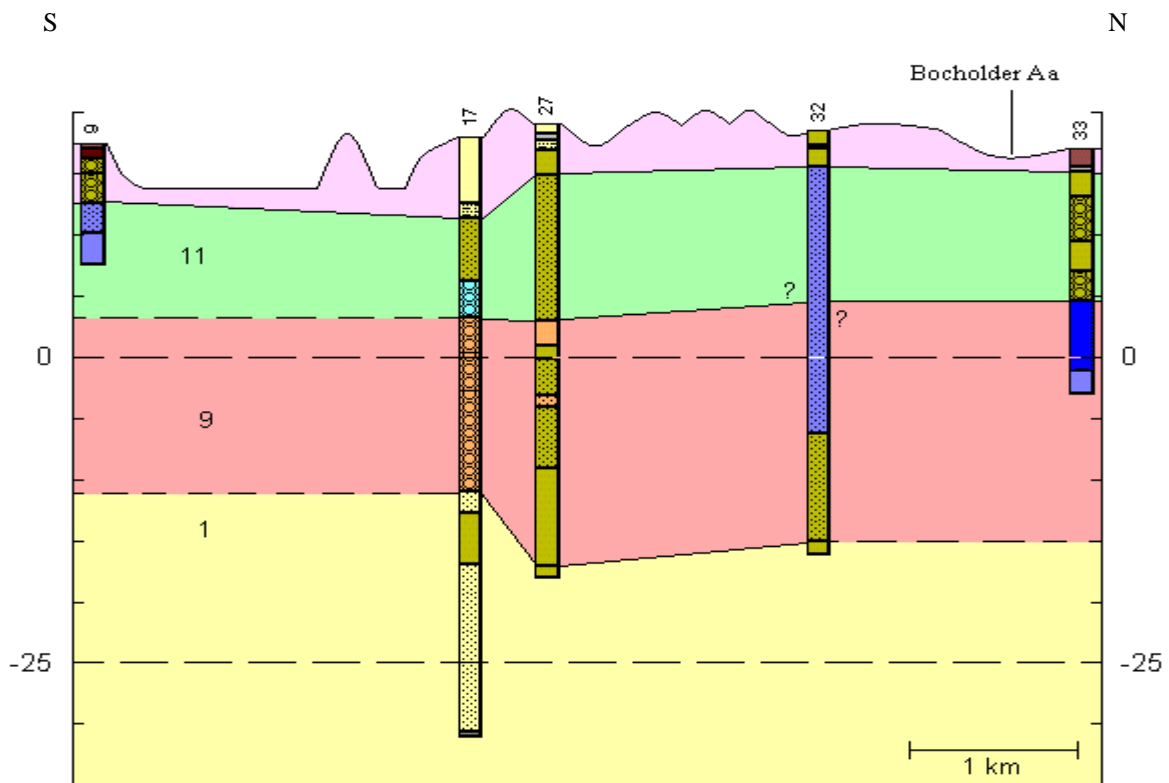
Dass die Einheit 11 im östlichen Teil des Blattgebietes Isselburg die Oberfläche erreicht, deckt sich mit Kapitel 2.2 (vgl. JANSEN 2001: 18). Dort wurde beschrieben, dass die Einheit 11 maßgeblich am Aufbau der Isselebene beteiligt ist.

Abb. 26: Schnitt Isselburg 2 (156fach überhöht)



ç Emmerich 1

Abb. 27: Schnitt Isselburg 3 (85fach überhöht)



ç Rees

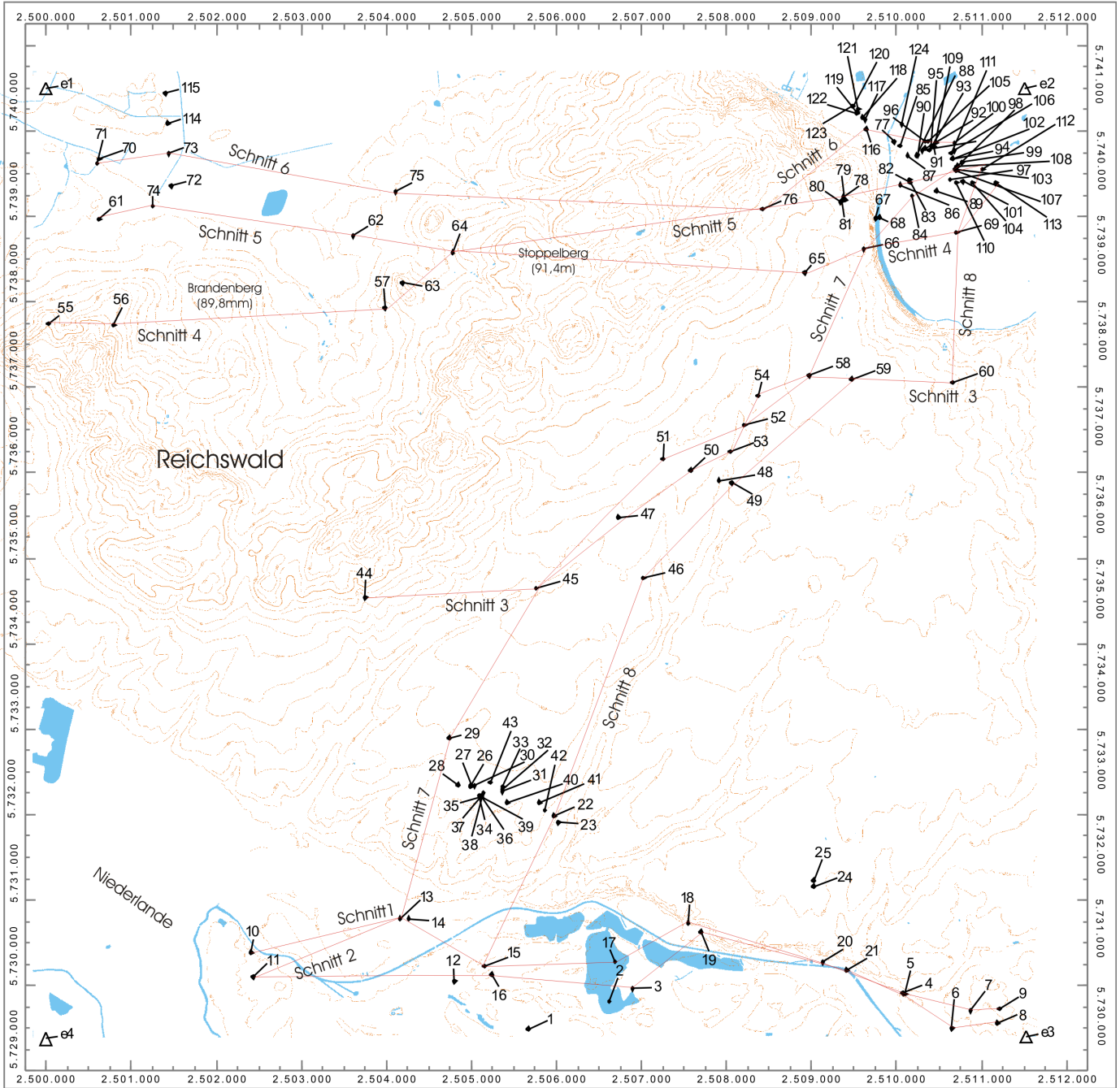
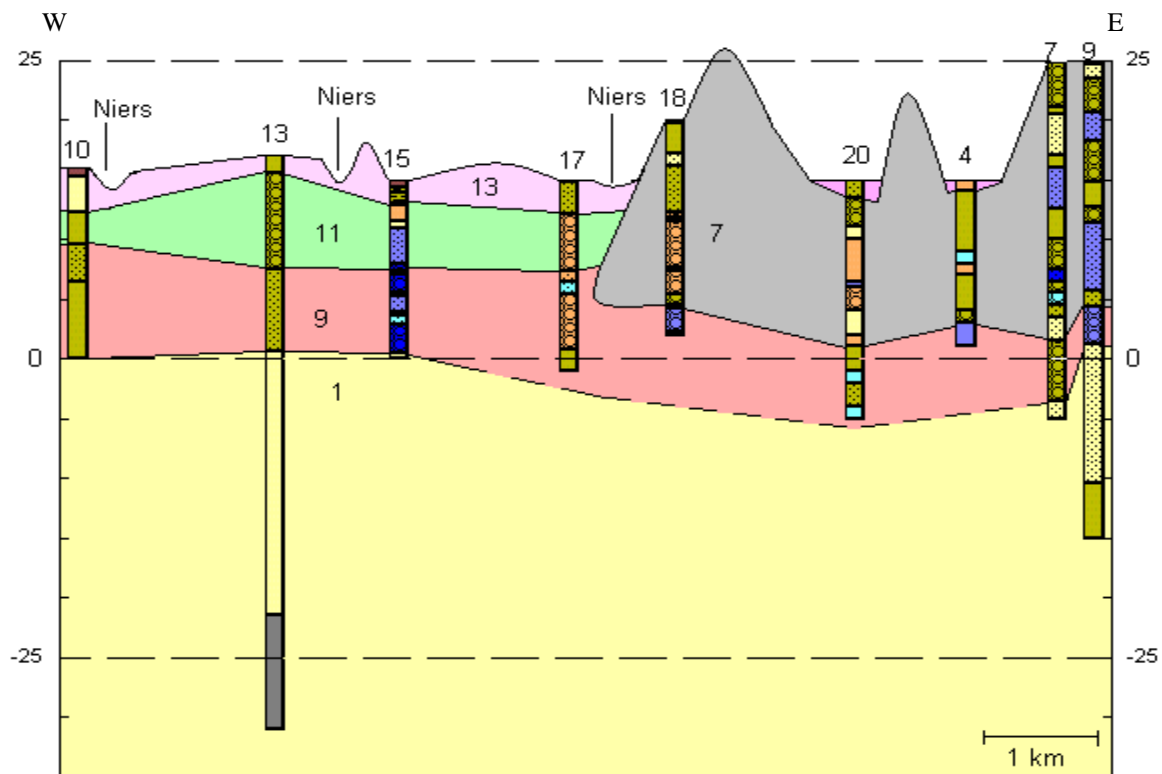


Abb. 28: Topographische Übersichtskarte Kleve

Abb. 29: Schnitt Kleve 1 (102fach überhöht)



Kalkar 1 è

Im Bereich der Bohrungen 10 des Schnittes Kleve 1 bilden Dünenablagerungen (d) die Oberfläche, zwischen Bohrung 13 und 17 sind es Hochflutsand und Hochflutlehm über der jüngeren Einheit 11 (Lfh/Nj bzw. Sfh/Nj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang). Bohrung 17 gibt die Mächtigkeit der Hochflutablagerungen mit 3-4 m vor, KLOSTERMANN (1997) gibt sie mit 2 m an.

Im Schnitt Kleve 1 zeigt die Einheit 9, dass sie vor und nach der Einheit 7 abgelagert wurde. Dass die Einheit 9 unter der Einheit 7 tiefer liegt als westlich davon, ist möglicherweise auf Stauchungsvorgänge der Einheit 6 zurückzuführen, die sich im Nordosten des Blattes befindet.

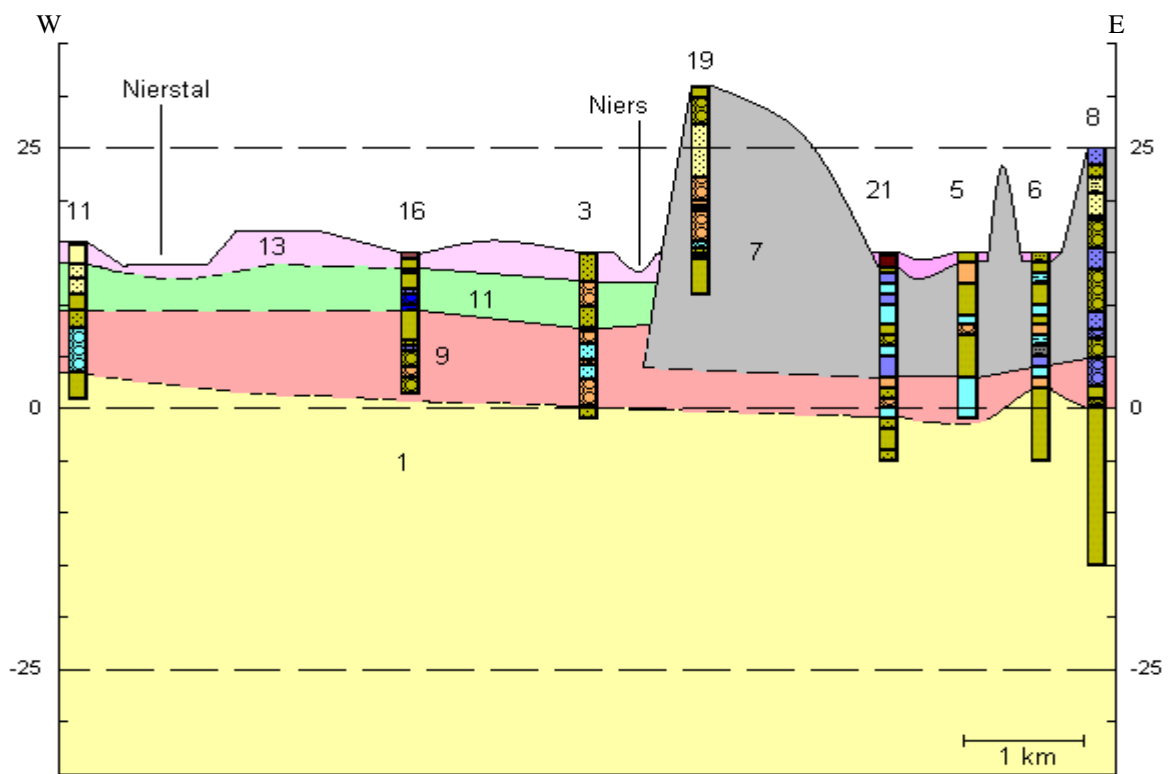
Die Niers, die diesen Schnitt an drei Stellen schneidet, fließt nur westlich vor der Einheit 7.

Der Schnitt Kleve 2 besitzt einen ähnlichen Aufbau wie Schnitt Kleve 1. Gebietsweise wechselt sich Hochflutlehm und Hochflutton über der Einheit 11 ab (Lfh/Nj bzw. Tfh/Nj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang) Die Mächtigkeitsverteilung der Hochflutablagerungen entspricht der des Schnittes Kleve 1.

In den Schnitten Kleve 1, 2 und 3 wurde unter der Einheit 7 die Einheit 9 eingezeichnet. Die Einheit 9 wurde im Kapitel 6.1 als Schotter beschrieben, welcher aus verschiedenen Schotterpaketen besteht. Mindestens ein Schotterpaket wurde vor der Einheit 6 und 7 abgelagert. Diese wurde dann ganz oder teilweise von der Einheit 7 überdeckt. Ob die Einheit 9 allerdings ganz unter die Einheit 7 reicht oder durch Erosion und Stauchungsvorgänge nur teilweise, ist nicht sicher.

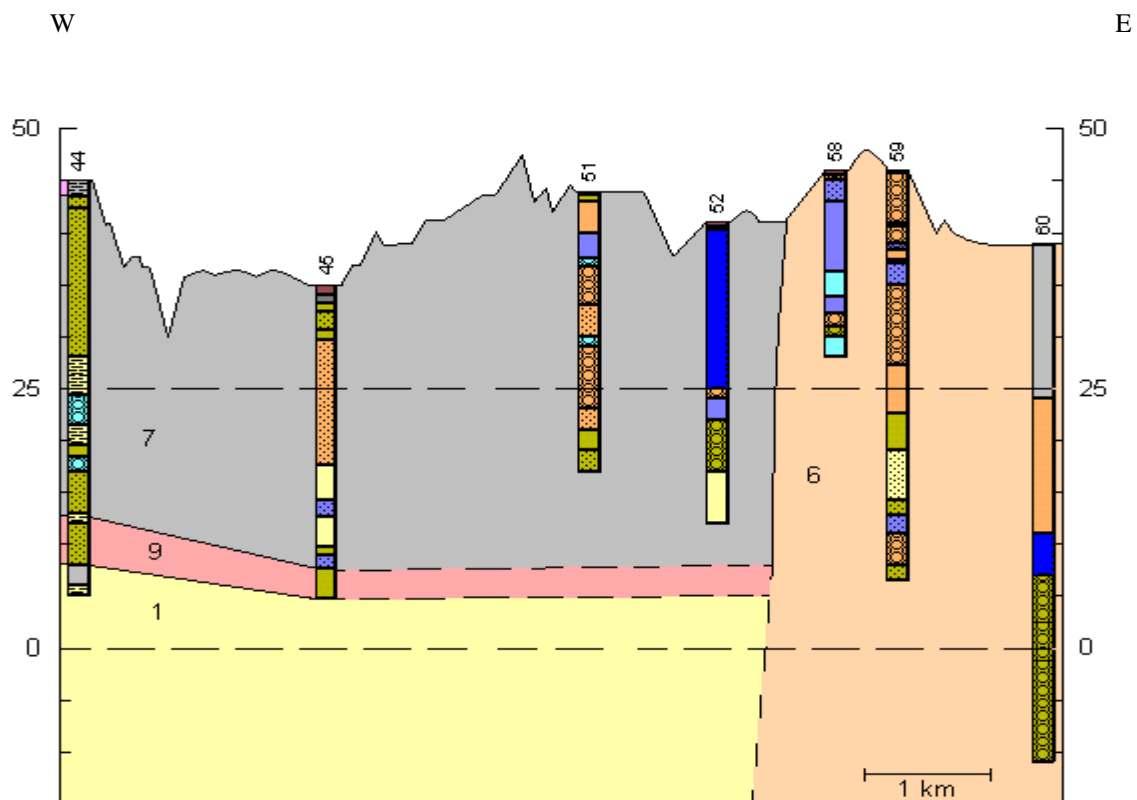
An der Oberfläche der Einheit 7 sind in allen drei Schnitten Erosionsspuren zu beobachten. Die tatsächliche Mächtigkeit der Einheit 6 des Schnittes 3 zeigt sich dann im Schnitt Kleve 4.

Abb. 30: Schnitt Kleve 2 (87fach überhöht)



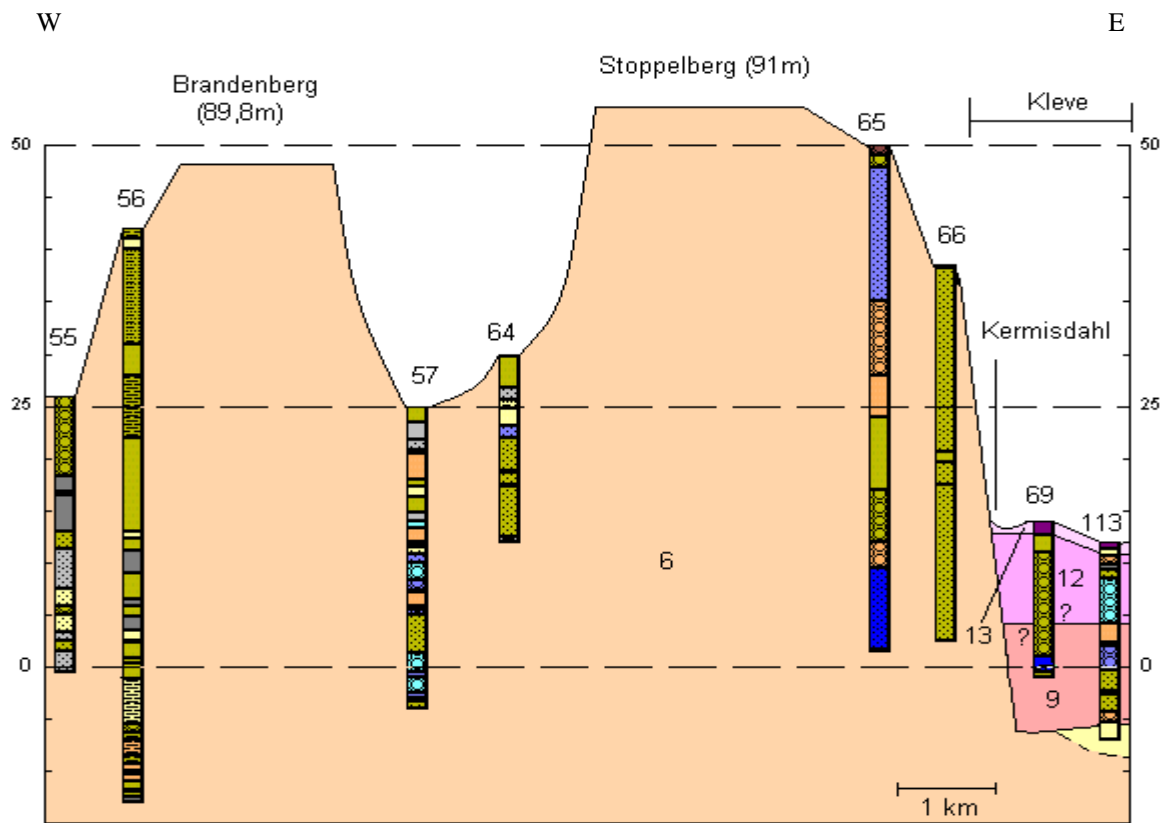
Kalkar 1 è

Abb. 31: Schnitt Kleve 3 (80fach überhöht)



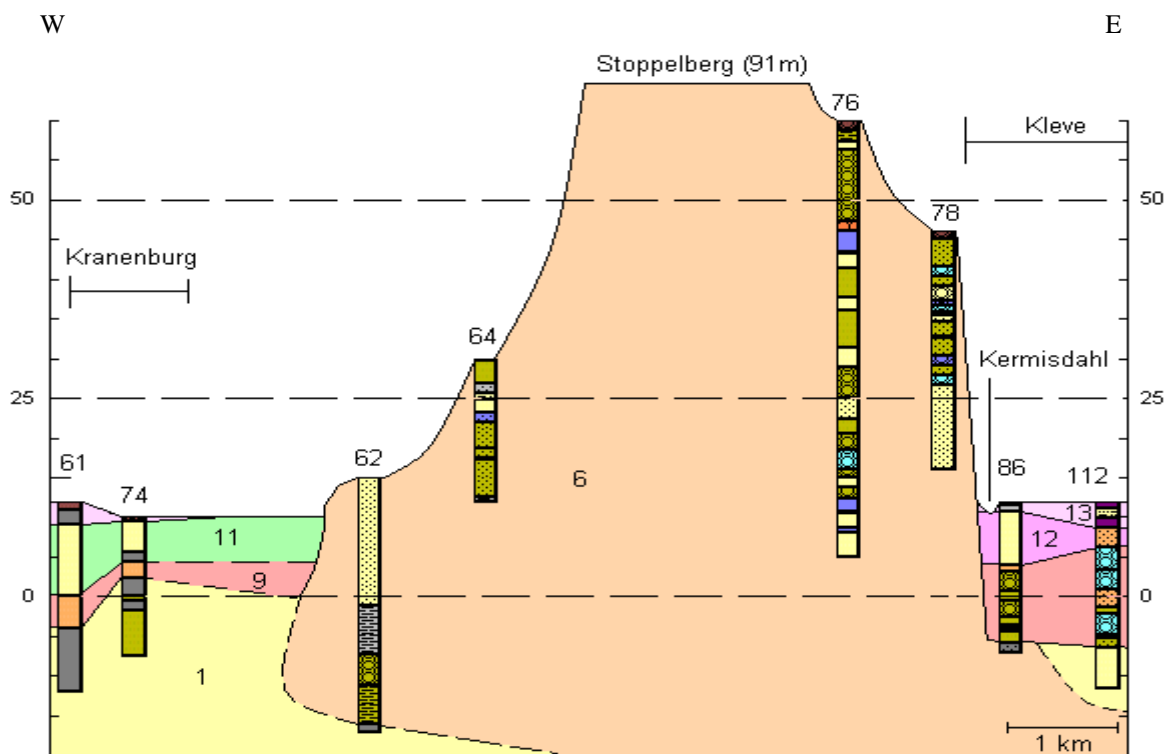
Kalkar è

Abb. 32: Schnitt Kleve 4 (102fach überhöht)



Kalkar 4 è

Abb. 33: Schnitt Kleve 5 (84fach überhöht)

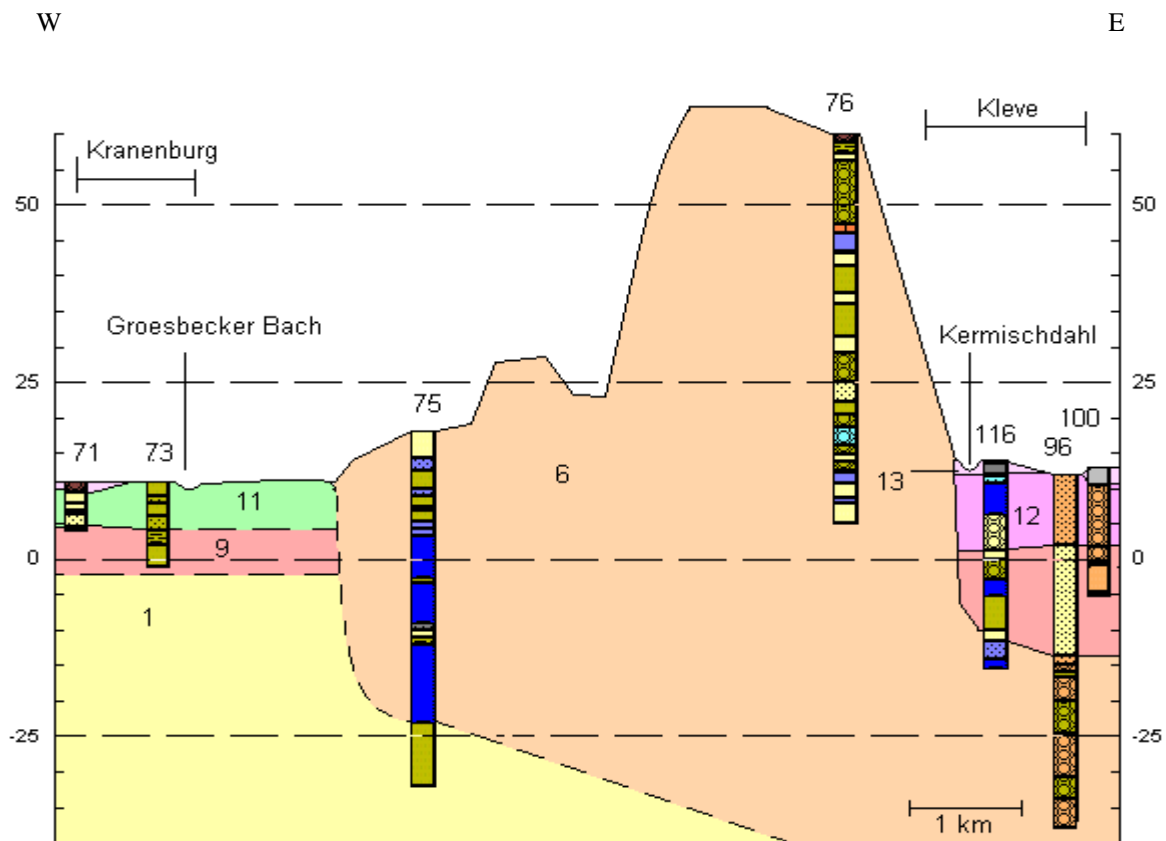


Kalkar 4 è

Im Schnitt Kleve 4 befinden sich unter dem Ort Kleve (Bohrung 69 und 113) jungholozäne Terrassenablagerungen (Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) an der Oberfläche, weiter erkennt man einen Einschnitt in der Einheit 6 (Bohrung 57 und 64). Ob dieser Einschnitt schon bei der Bildung entstand oder erst später durch Erosion, ist ungewiss. Der Rhein hat sich im Schnitt 4 (und noch stärker im Schnitt 5) in die älteren Schichten eingeschnitten und später die Einheit 12 zur Ablage gebracht.

Die Schnitte Kleve 5 und 6 zeigen das Vorland und den Bereich innerhalb der Einheit 6. Westlich der Einheit 6 bildet die Einheit 11 und Hochflutton über der Einheit 11 (N, Tfh/N) die Oberfläche, westlich Auelehm über jungholozäner Terrasse (Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang). Der Schnitt Kleve 6 besitzt die gleiche Oberfläche. In den Schnitten 7 und 8 sind die Oberflächenverhältnisse ähnlich.

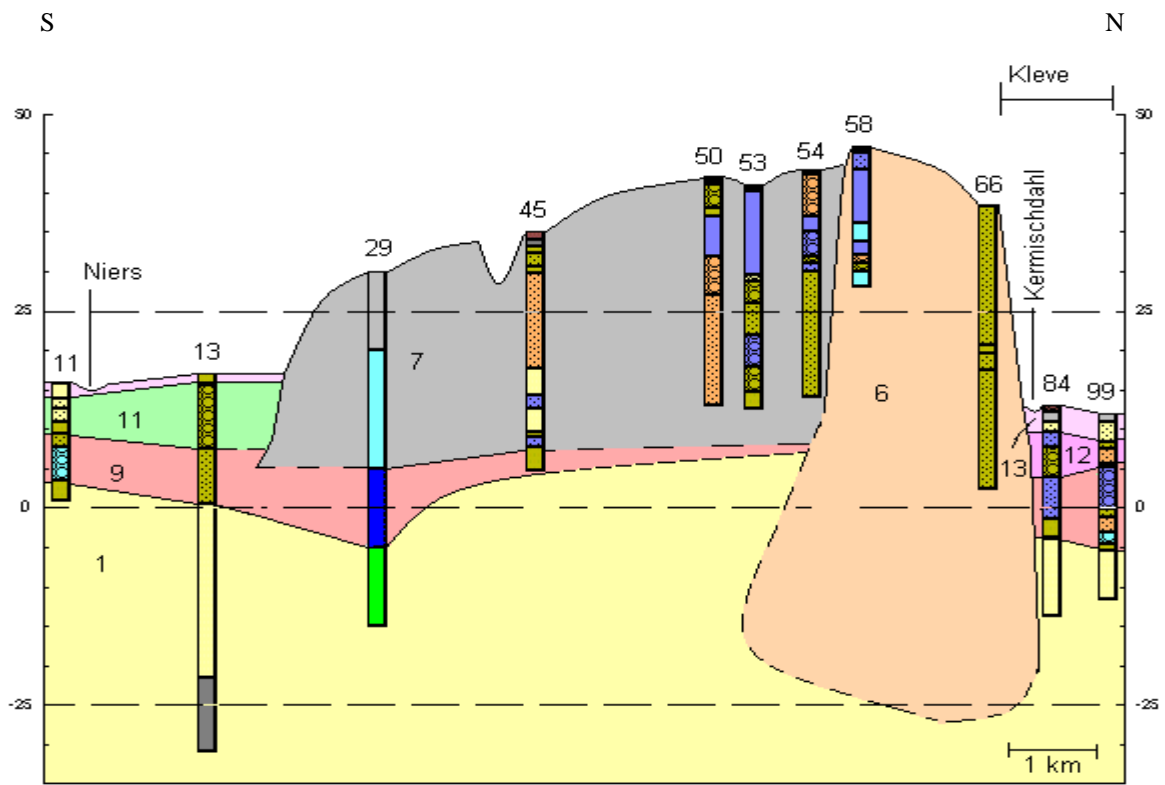
Abb. 34: Schnitt Kleve 6 (73fach überhöht)



Kalkar 4 è

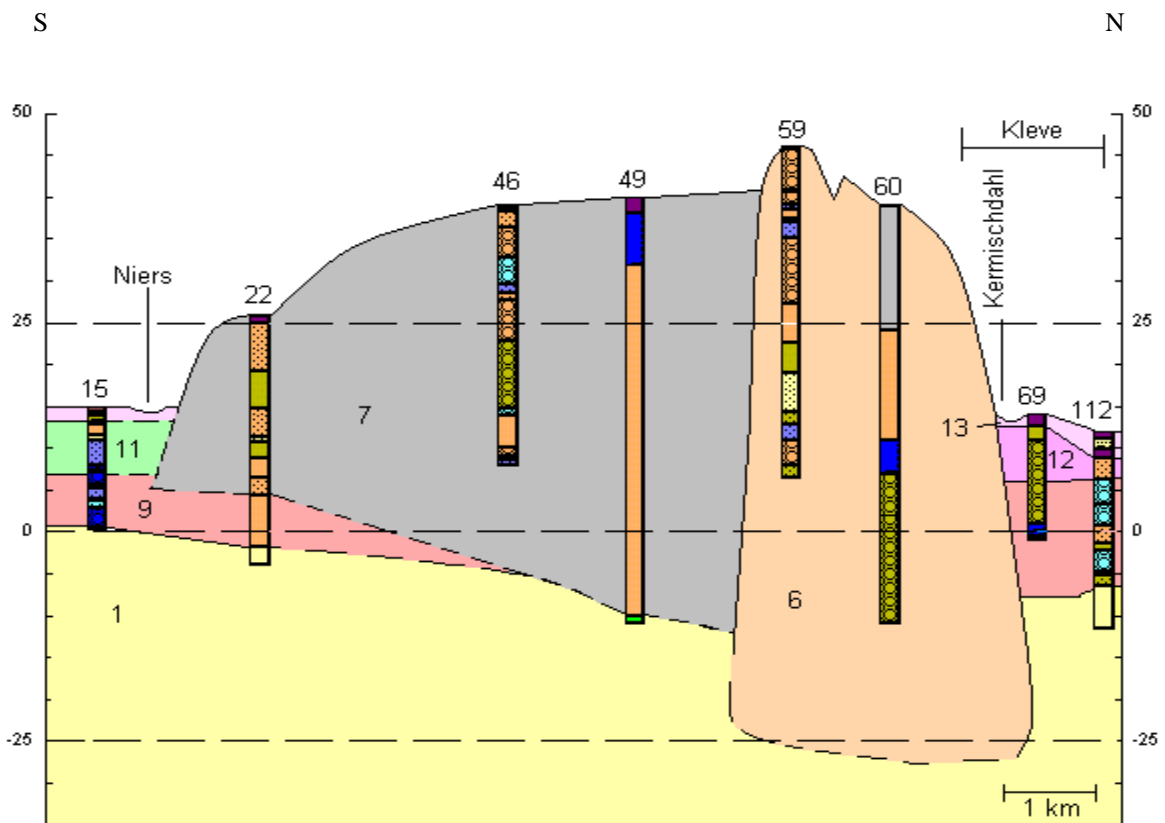
Die Schnitte Kleve 7 und 8 können als Querschnitt der Schnitte Kleve 1 bis 6 in Süd-Nord-Richtung angesehen werden. Sie zeigen die Zweiteilung der Einheiten 9, die der Einheit 6 vorgelagerten Einheit 7 und die im Osten durch die Einheit 12 ausgeräumten Einheiten 9 und 11. Die Zweiteilung der Einheit 9 besteht darin, dass sie im Südwesten des Blattes höher und z.T. unter der Einheit 7 liegt. Das bedeutet, dass dieser Teil älter ist als der nordöstliche Teil. Dieser liegt tiefer und wurde erst nach der Einheit 6 abgelagert. Er wäre sonst von der Einheit 6 erodiert worden und könnte nicht auf der Einheit 6 (siehe Schnitt Kleve 6) liegen. Die Oberflächenstruktur ergibt sich aus den West-Ost-Schnitten (siehe Anhang).

Abb. 35: Schnitt Kleve 7 (102fach überhöht)



Elten è

Abb. 36: Schnitt Kleve 8 (75fach überhöht)



Elten è

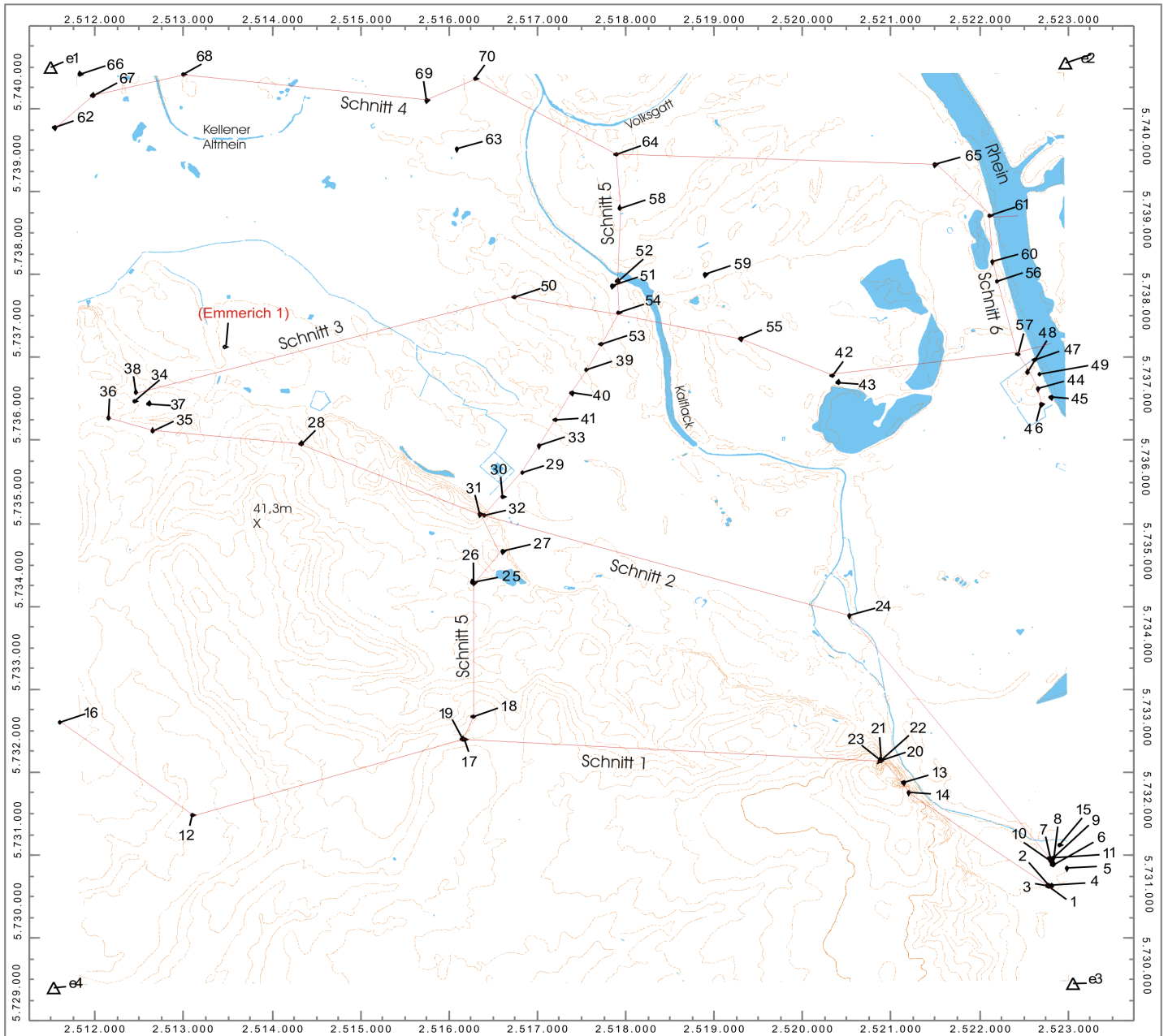
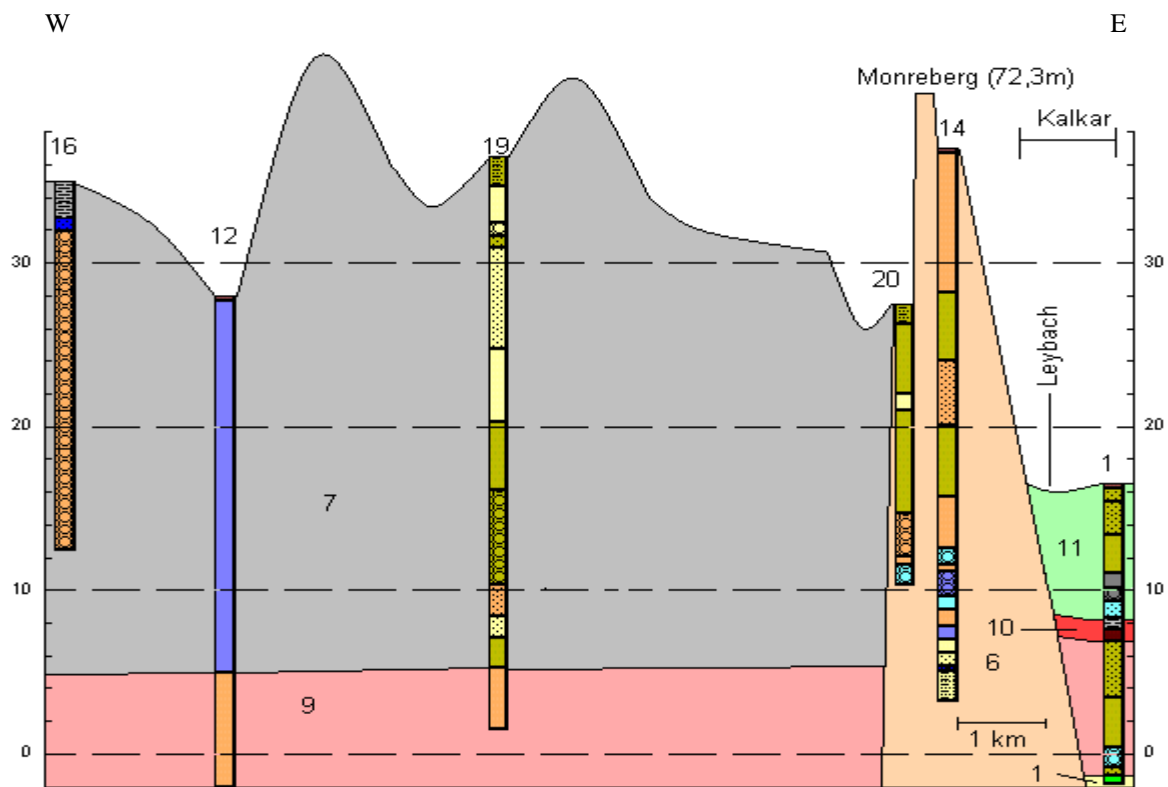


Abb. 37: Topographische Übersichtskarte Kalkar

Die Schnitte von Kalkar bilden die Fortsetzung des Blattes Kleve (auch in morphologischer Hinsicht). Zeigen die Schnitte Kalkar 1 und 2 noch Ähnlichkeiten mit Kleve (Verteilung der Einheiten 6, 7 und 9 sowie den inneren Bereich der Einheit 6), reichen der östliche Teil des Schnittes Kalkar 2 sowie die Schnitte 3 und 4 in den Einzugsbereich des Rheins. Schnitt Kalkar 1 und 2 zeigen einen auffälligen Höhenunterschied der Einheit 9. Dies ist ähnlich wie in den Schnitten Kleve 1 und 2 auf ein unterschiedliches Alter der Einheit 9 zurückzuführen. Ist im Westen dieser Blätter der älteste Teil der Einheit 9 aufgeschlossen (vor der Ablagerung der Einheit 7), befindet sich im Osten der jüngste Teil der Einheit 9. Diese Aussage wird durch den Torfhorizont der Einheit 10 unterstützt, der das Ende der Ablagerungen der Einheit 9 markiert.

Östlich der Einheit 6 bilden Auelehm, Auensand und Flugsand über der Einheit 11 die Oberfläche des Schnittes Kalkar 1 (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang). Östlich der Bohrung 31 des Schnittes Kalkar 2 bildet zuerst die Einheit 11 (z.T. mit Hochflutlehm und Flugsand bedeckt) die Oberfläche. Es folgen Hochflutablagerungen über altholozäner Terrasse (Bohrung 24) bzw. wieder über der Einheit 11 (Bohrung 15).

Abb. 38: Schnitt Kalkar 1 (140fach überhöht)

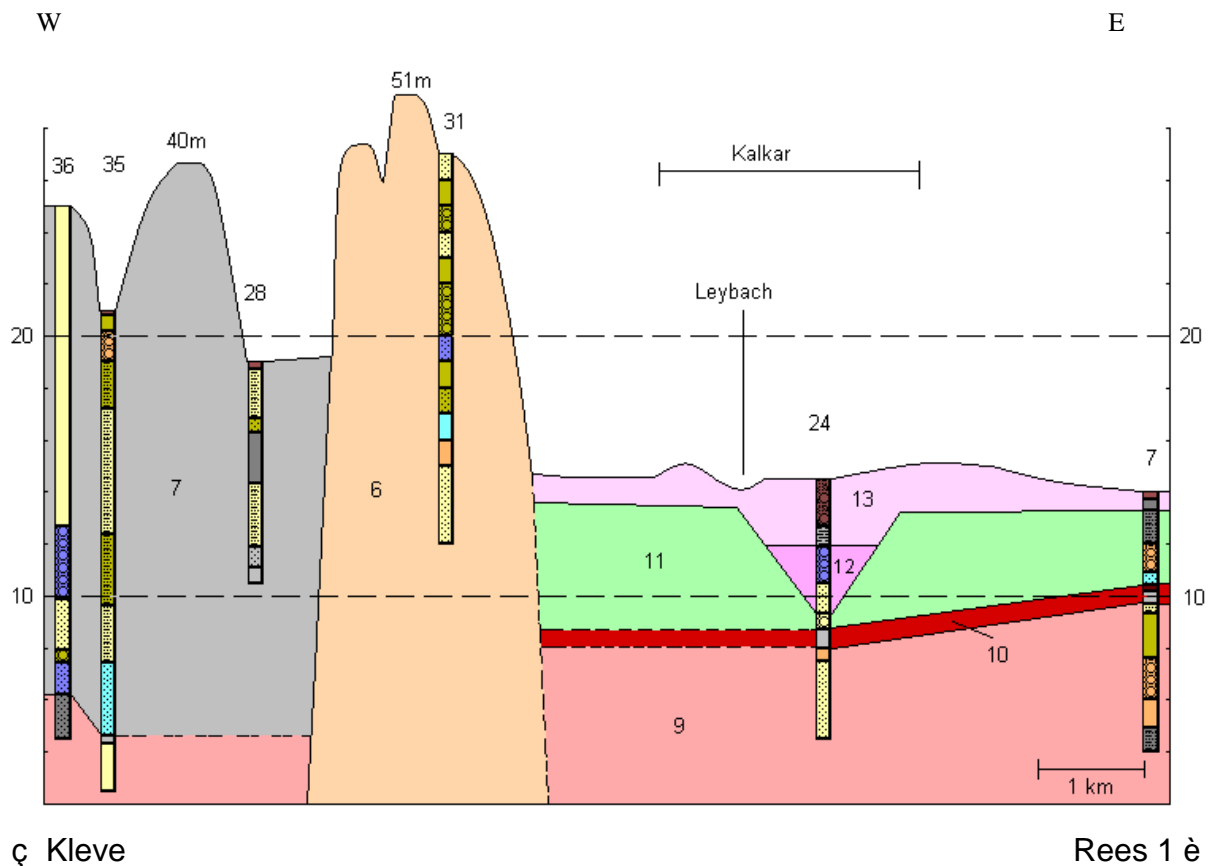


ç Kleve 1+2

Rees 1 è

Östlich der Einheit 7 des Schnittes Kalkar 3 folgt die Einheit 11, die z.T. mit Hochflutablagerungen und Düne überdeckt ist (Lf/N, d, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Es folgt ein Wechsel von verschiedenen Auensedimenten (Lf/ha - Bohrung 50, Lf/hm - Bohrung 54, Sf/hj - Bohrung 55, Düne über holozäner Terrasse - Bohrung 42 und Lf/hj - Bohrung 57, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Abb. 39: Schnitt Kalkar 2 (150fach überhöht)



Dass ganz im Westen des Schnittes Kalkar 3 die Einheit 7 und nicht 6 dargestellt wurde, ist einmal durch den Schnitt Kalkar 2 begründet (Bohrung 36 im Schnitt Kalkar 2 befindet sich in unmittelbarer Nähe zu Bohrung 38 im Schnitt Kalkar 3) und zum anderen mit der Aussage, dass sich die Einheit 7 fächerförmig um die Einheit 6 ausgebreitet hat, also je nach Blickwinkel die Einheit 6 nicht zwangsläufig immer östlich der Einheit 7 liegen muss.

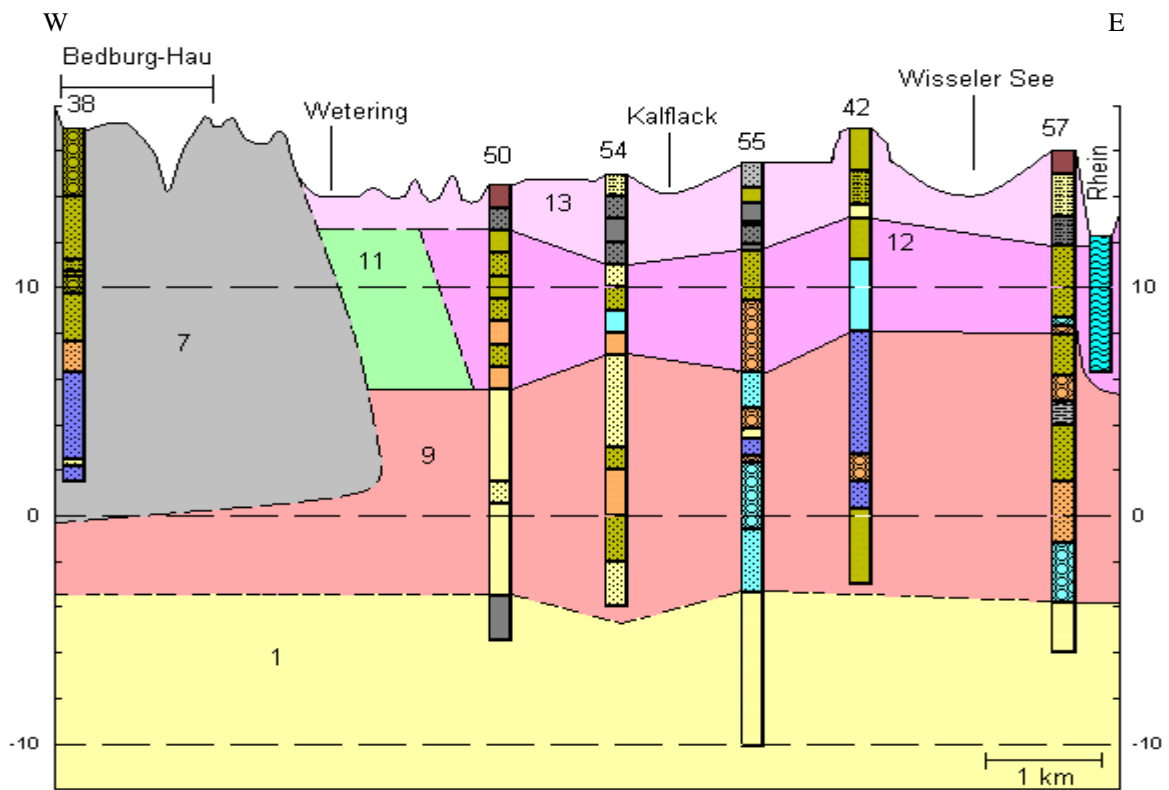
Die Oberfläche des Schnittes Kalkar 4 besteht ausschließlich aus jungholozänen Terrassenablagerungen (Lf/hj bzw. Sf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Mit dem Schnitt 4 befinden wir uns ausschließlich östlich der Einheit 6. Der Schnitt ähnelt wieder denen von Emmerich. Hier ist aber eine der seltenen Stellen, wo beide Torfhorizonte (der der Einheit 5 und 10) vorhanden sind.

Beim Schnitt Kalkar 5 befindet sich Bohrung 30 in einer Düne, zwischen den Bohrungen 29 bis 53 liegt altholozäne Terrasse (mit Auelehm überdeckt, Lf/ha) an der Oberfläche. Bohrung 54 befindet sich in mittelholozäner Terrasse (Lf/hm), die Bohrung nördlich der Kalflack befindet sich in jungholozäner Terrasse (Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Zu Bohrung Emmerich 1 in Abb. 37 siehe Seite 153.

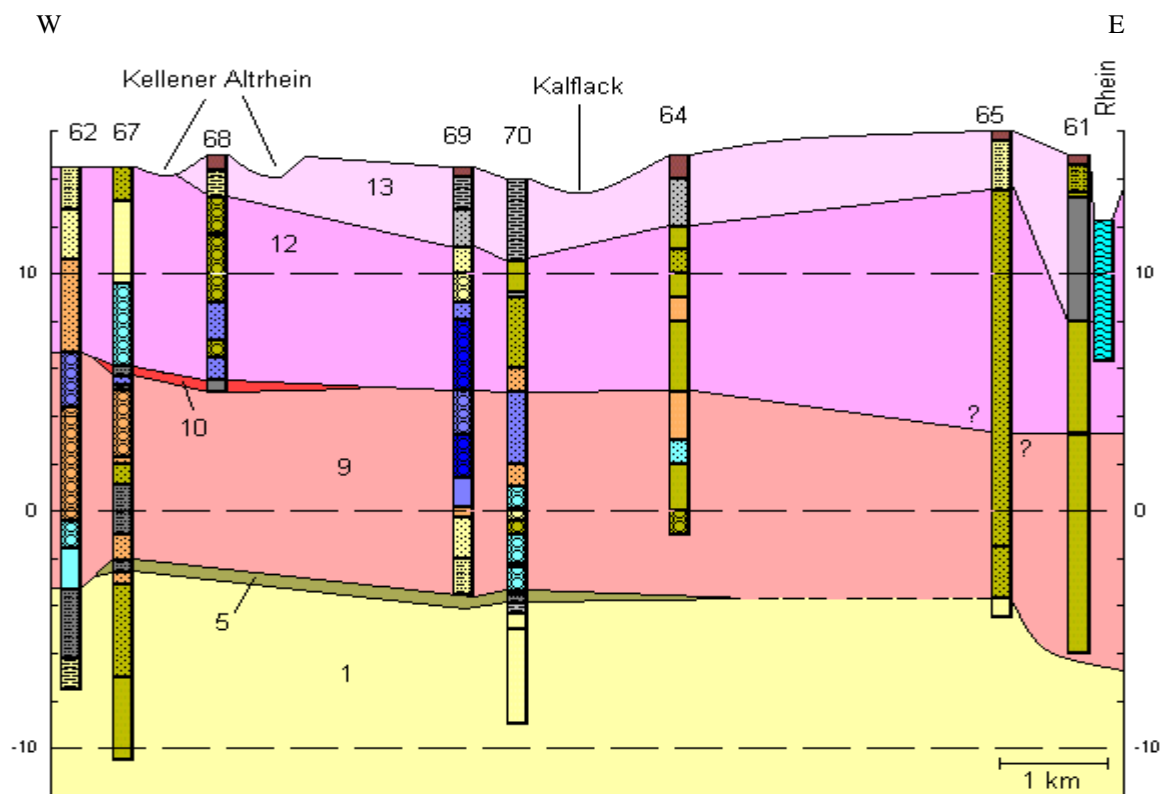
Abb. 40: Schnitt Kalkar 3 (170fach überhöht)



ç Kleve

Rees 2+3 è

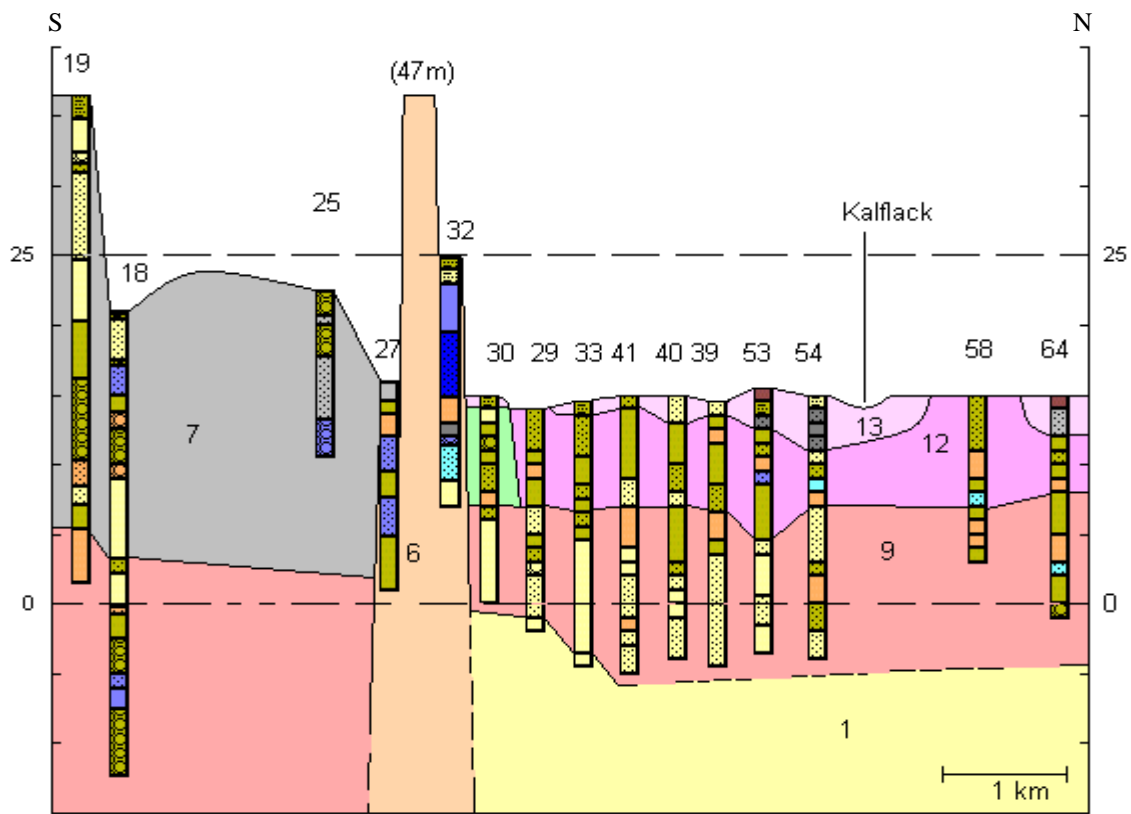
Abb. 41: Schnitt Kalkar 4 (190fach überhöht)



ç Kleve 4+5+6

Rees 4 è

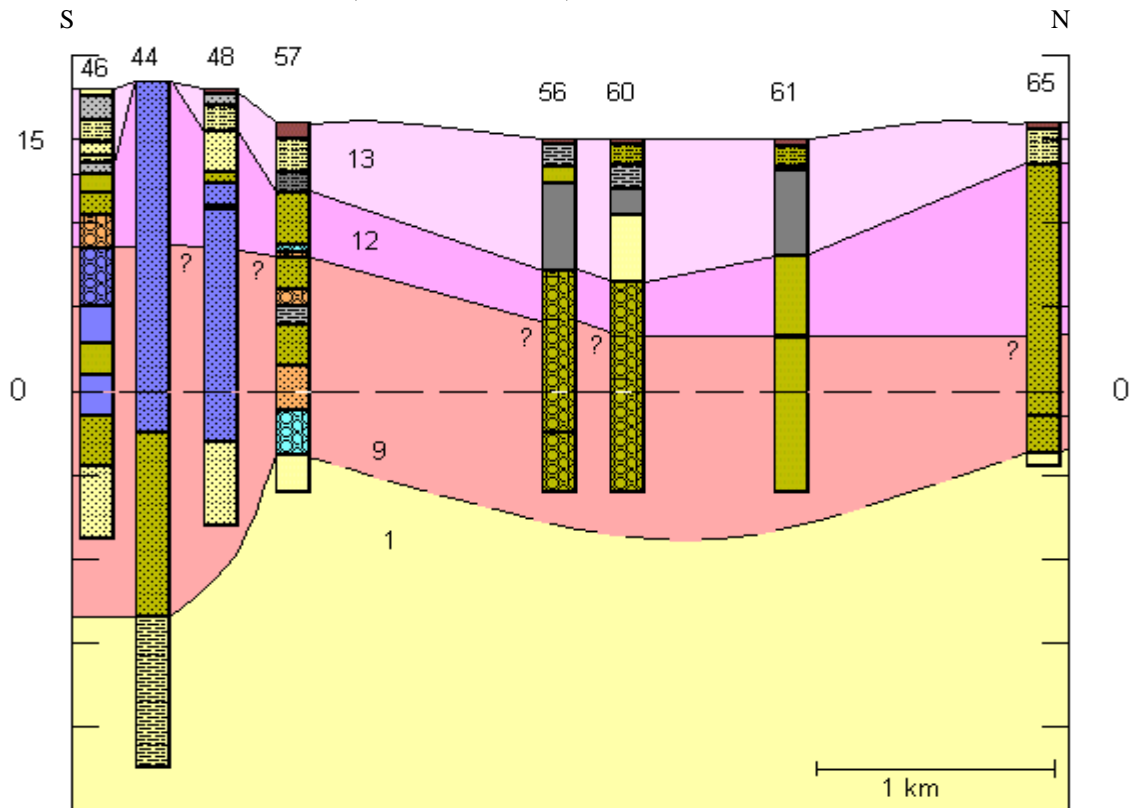
Abb. 42: Schnitt Kalkar 5 (100fach überhöht)



ç Uedem

Emmerich è

Abb. 43: Schnitt Kalkar 6 (66fach überhöht)



ç Uedem

Emmerich è

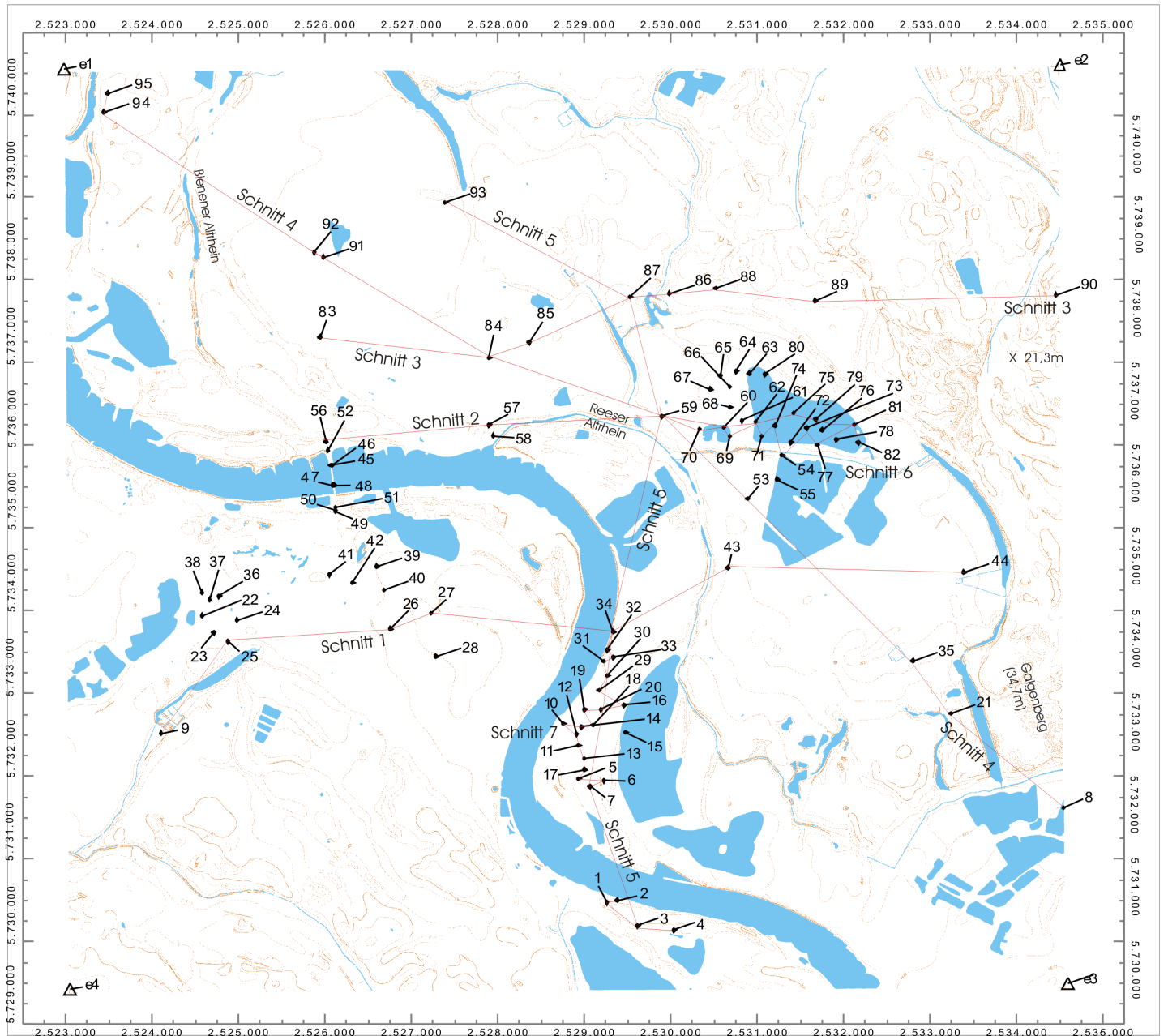
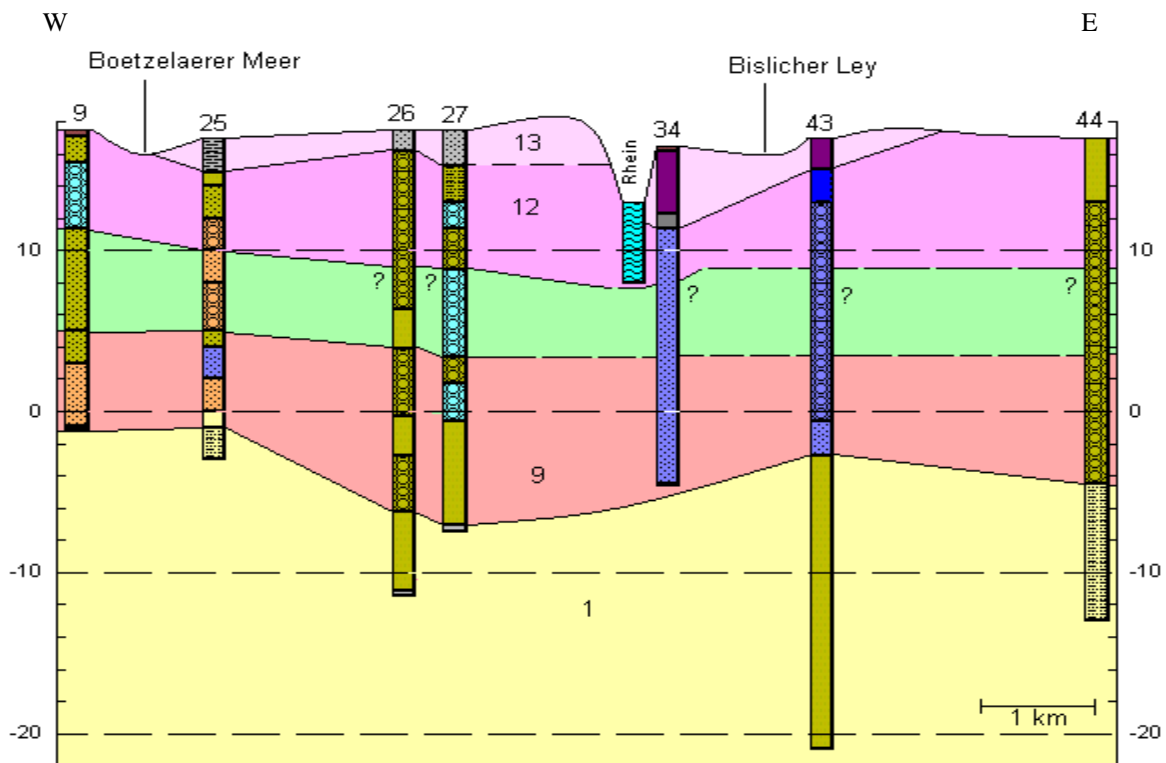


Abb. 44: Topographische Übersichtskarte Rees

Abb. 45: Schnitt Rees 1 (170fach überhöht)



☞ Kalkar 1+2

Auf allen 5 Schnitten von Rees ist der starke Einfluss des Rheins zu beobachten.

Beim Schnitt Rees 1 bilden Auensedimente über alt- und jungholozänen Terrassen die Oberfläche (Sf/ha, Lf/hj und Sf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

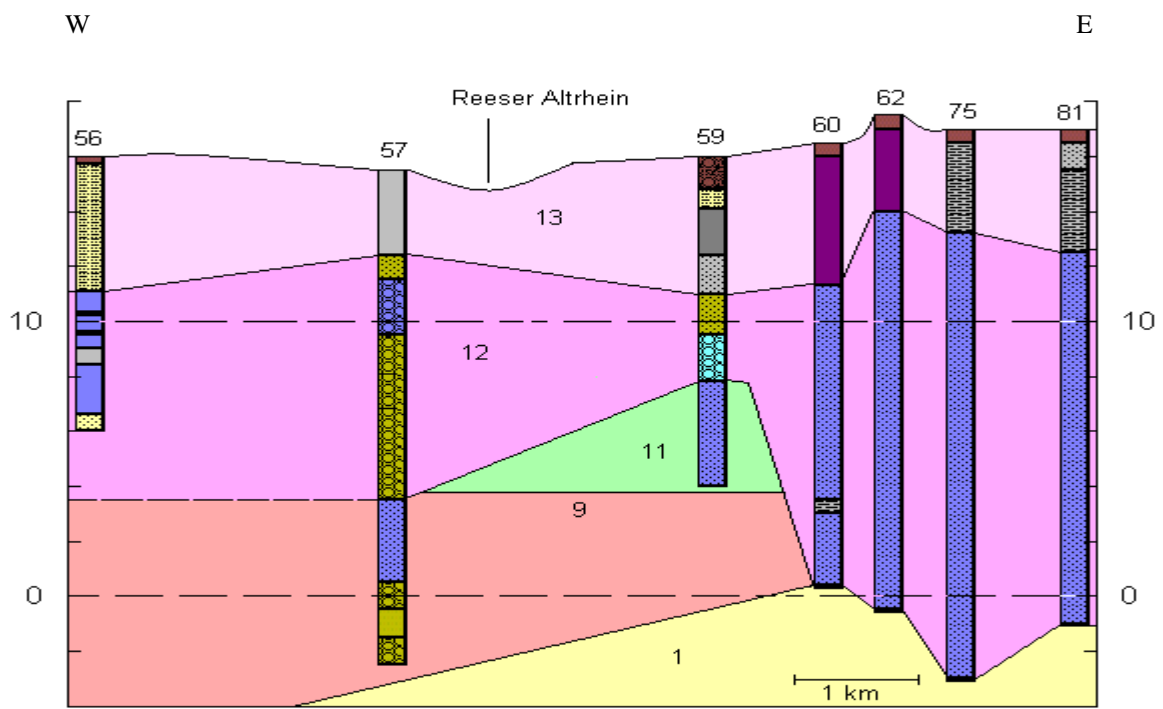
Die Oberfläche des Schnittes Rees 2 besteht aus Auelehm und Auensand über altholozänen Terrassenablagerungen (Lf/ha und Sf/ha, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang), die Mächtigkeit der Einheit 13 ist durch Bohrung 59 vorgegeben.

Beim Schnitt Rees 3 befindet sich Bohrung 83 im Auelehm über mittelhologäner Terrasse (Lf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), Bohrung 84 bis 87 im Auelehm über altholozäner Terrasse (Lf/ha). Bohrung 86 und 90 liegen im Hochflutlehm über der Einheit 11 (Lf/h/N, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Nur die Schnitte Rees 3 und 4, die sich in einiger Entfernung vom Rhein befinden, zeigen eine ungestörte Lage der Einheiten 9 und 11. Der Schnitt Rees 2 zeigt, dass die Einheit 11 auch in Rheinnähe vorhanden war, aber durch diesen (bis auf diesen Rest in Bohrung 59) abgetragen wurde. Dieser Rest ist wahrscheinlich nur zufällig erhalten geblieben, sonst haben der Rhein, der Reeser Altrhein und das Hagener Meer (nordwestlich der Bohrung 59, zu dem wohl auch die Kiesgruben zählen) den größten Teil der Einheiten 11 erodiert.

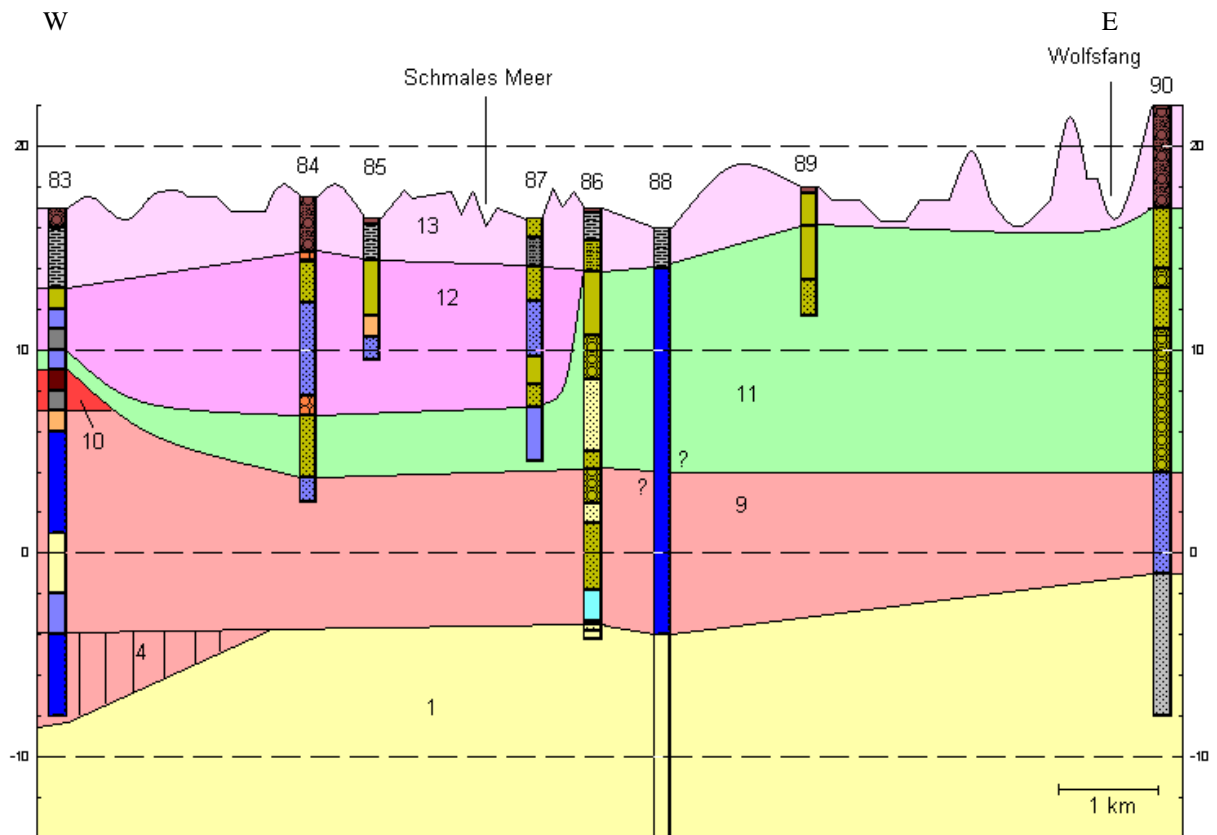
Bohrungen 95 bis 91 des Schnittes Rees 4 zeigen Auelehm über jung- bzw. östlich des Bienener Altrheins über mittelhologänen Terrassenablagerungen (Lf/hj und Lf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrungen 84 bis 53 befinden sich im Auelehm über altholozäner Terrasse (Lf/ha, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Von Bohrung 21 bis 8 folgt Hochflutsand (Sfh/N), Flugsand über der Einheit 11 (a/N) und Düne (d). Bohrung 8 selbst befindet sich im Auelehm über mittelhologäner Terrasse (Lf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Abb. 46: Schnitt Rees 2 (99fach überhöht)



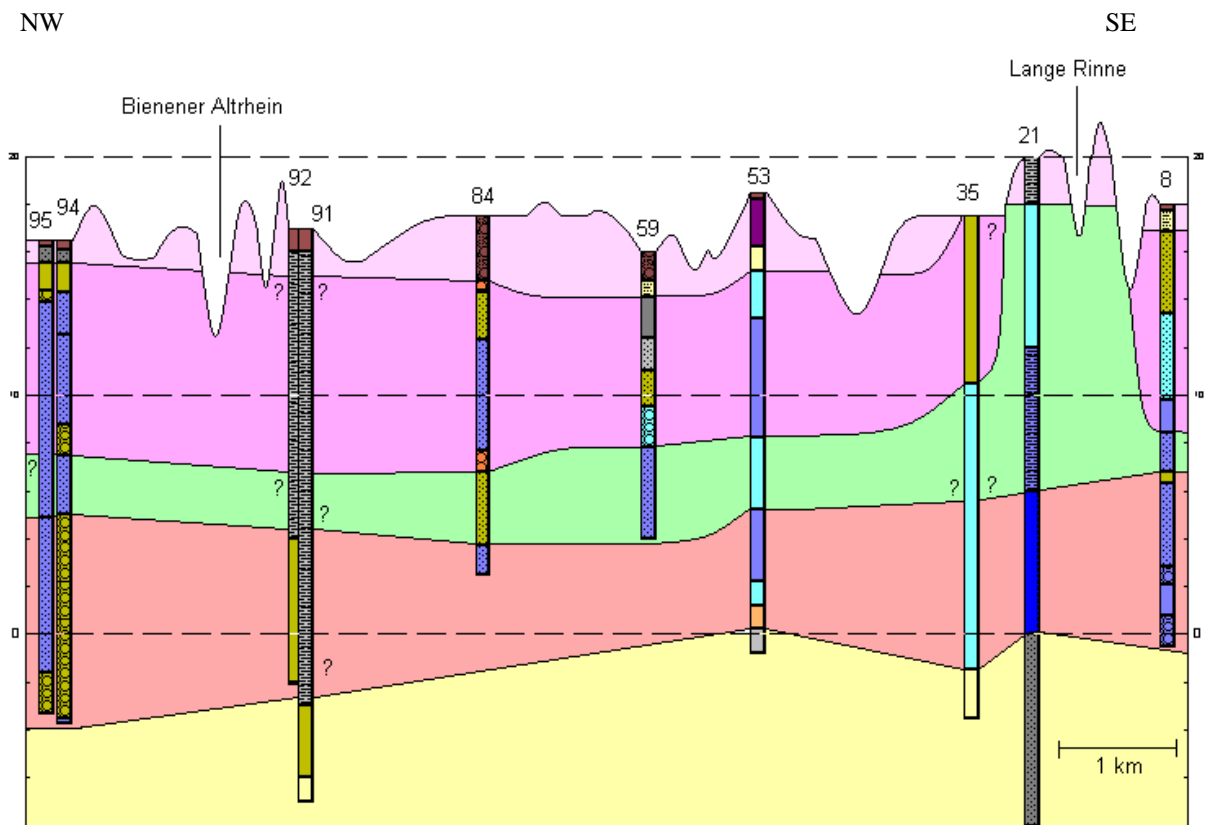
ç Kalkar 3

Abb. 47: Schnitt Rees 3 (180fach überhöht)



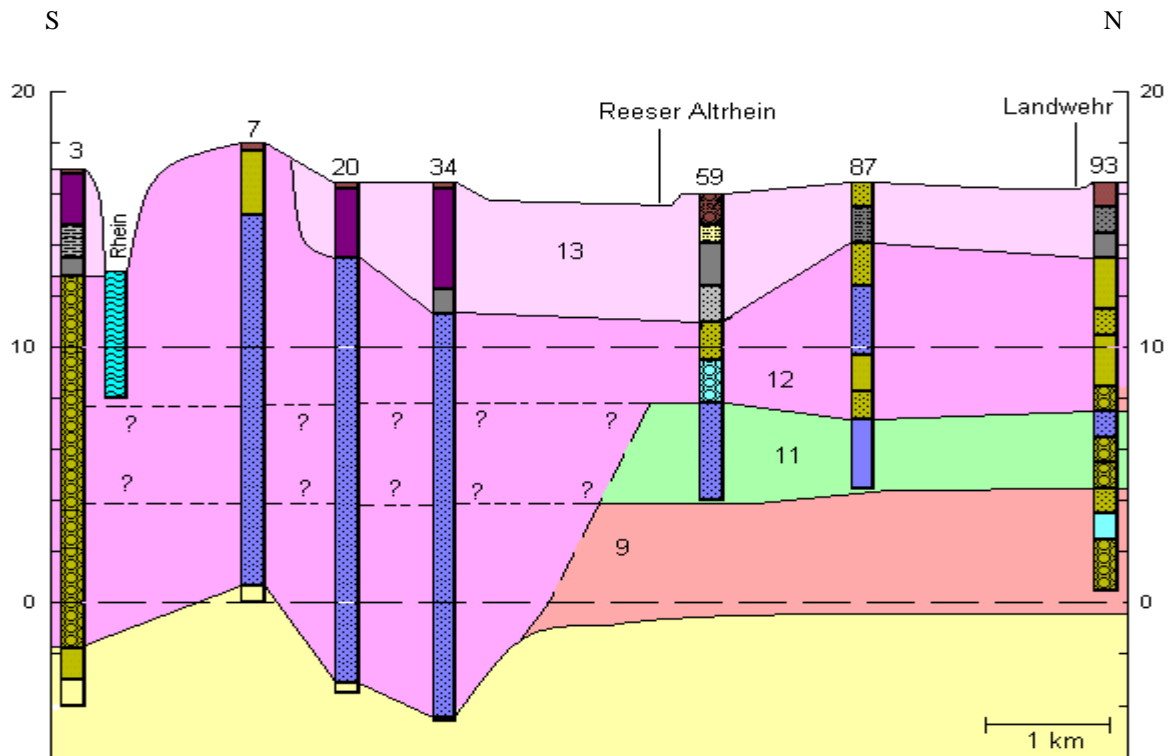
ç Kalkar 3

Abb. 48: Schnitt Rees 4 (300fach überhört)



ç Kalkar 4

Abb. 49: Schnitt Rees 5 (250fach überhört)



ç Xanten 9

Isselburg è

Abb. 50: Schnitt Rees 6 (60fach überhöht)

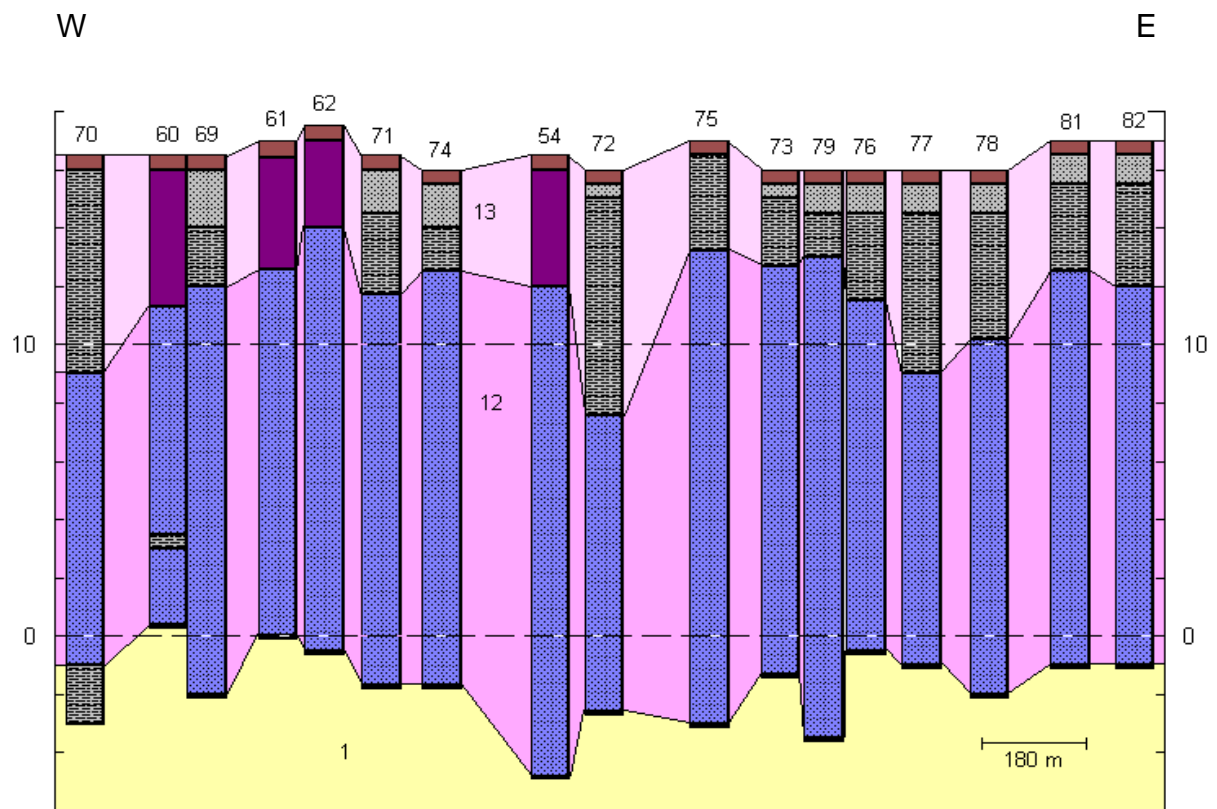
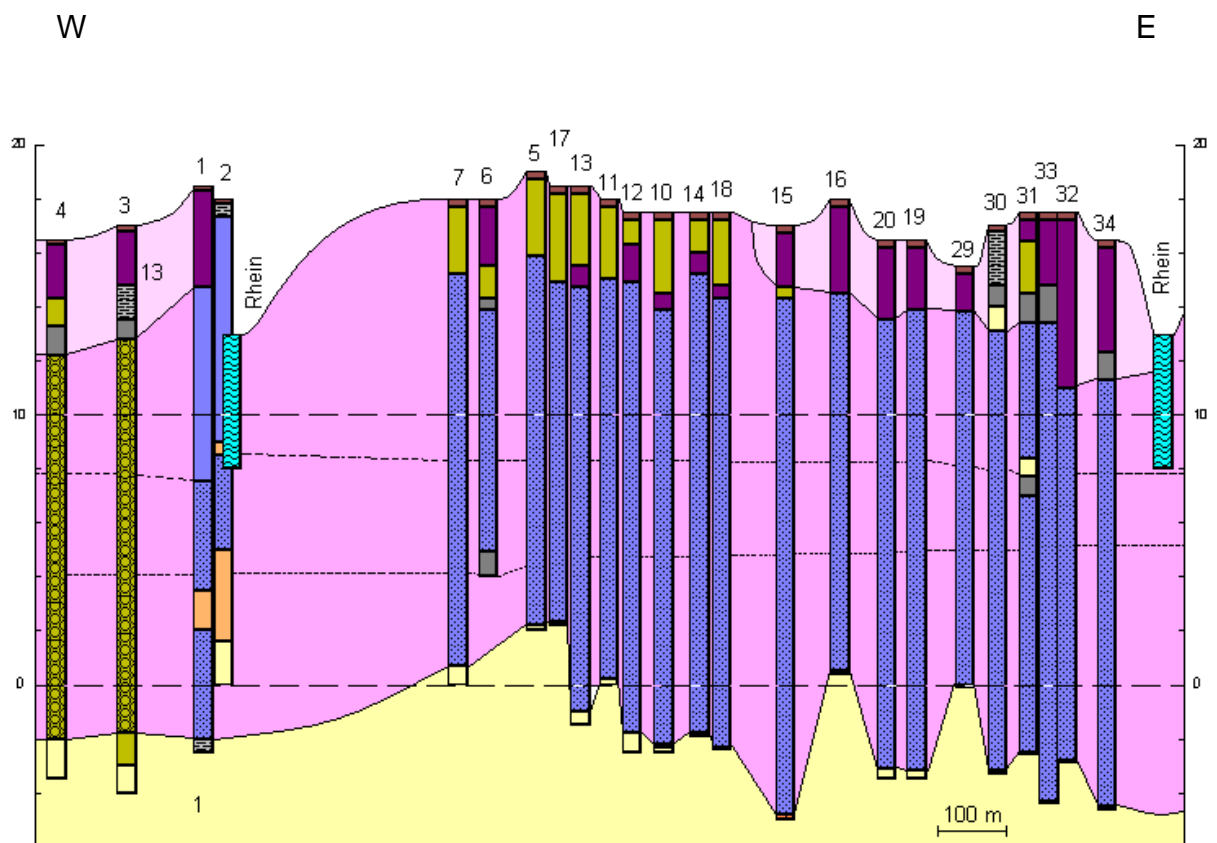


Abb. 51: Schnitt Rees 7 (50fach überhöht)



Der Schnitt Rees 5 bewegt sich zwischen den Bohrungen 3 bis 20 in künstlichen Aufschüttungen (y, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), darunter dürfte sich aber wie in Bohrung 34 Auelehm und Sand über unterschiedlich altholozänen Terrassen befinden. Bohrung 59 und 87 wurde bereits beschrieben, und Bohrung 93 befindet sich im Auelehm über mittelholozäner Terrasse (Lf/hm, KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Die Bohrung 59 zeigt, dass die Einheit 11 als Band in Nordwest-Südost-Richtung erhalten ist. Nach Südwesten hin keilt sie aus. Dass sich die Einheit 11 und 9 zwischen der Bohrung 59 und dem Rhein weiter verfolgen lässt, ist meiner Meinung nach unwahrscheinlich.

Beim Schnitt Rees 6 handelt es sich um einen Ausschnitt des Schnittes Rees 2 durch die Kiesgrube östlich der Ortschaft Rees. Die Oberfläche besteht aus Auelehm über altholozänen Terrassenablagerungen (siehe oben), allerdings befindet sich der Schnitt heute unter der Wasseroberfläche (siehe Abb. 44).

Der Rhein hat den ganzen Bereich dieses Schnittes bis zur Einheit 1 ausgeräumt und mit Material der Einheit 12 aufgefüllt (siehe auch Schnitt Rees 2, Abb. 46).

Auch der Schnitt Rees 7 beschreibt einen Bereich in unmittelbarer Nähe zu einer Kiesgrube (und zum Rhein), wobei die Abbildung einen Ausschnitt des Schnittes Rees 5 bildet. Hier ist die heutige Oberfläche allerdings künstlichen Ursprungs (y, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Schnitt Rees 5). Wahrscheinlich sind die Bohrdaten älter, so dass die Abtrennung der Einheit 12 und 13 gerechtfertigt ist. Dass im Liegenden der Einheit 12 die Einheit 1 folgt, ist auf den Rheinschnitt (Abb. 96) zurückzuführen.

Bei den Schnitten 6 und 7 wurde möglicherweise auf alle stratigraphischen Grenzen verzichtet, weil es sich um Kiesgruben handelt und nur diese Kiespakete beim Bohrmeister von Bedeutung waren. In den Schnitten Rees 5 und 7 wurden die möglichen Grenzen der Einheit 11 und 9 dargestellt, die sich aus dem nördlichen Teil des Schnittes Rees 5 ergeben (gestrichelte Linie bei ca. 8 und 4 m über NN im Schnitt Rees 7).

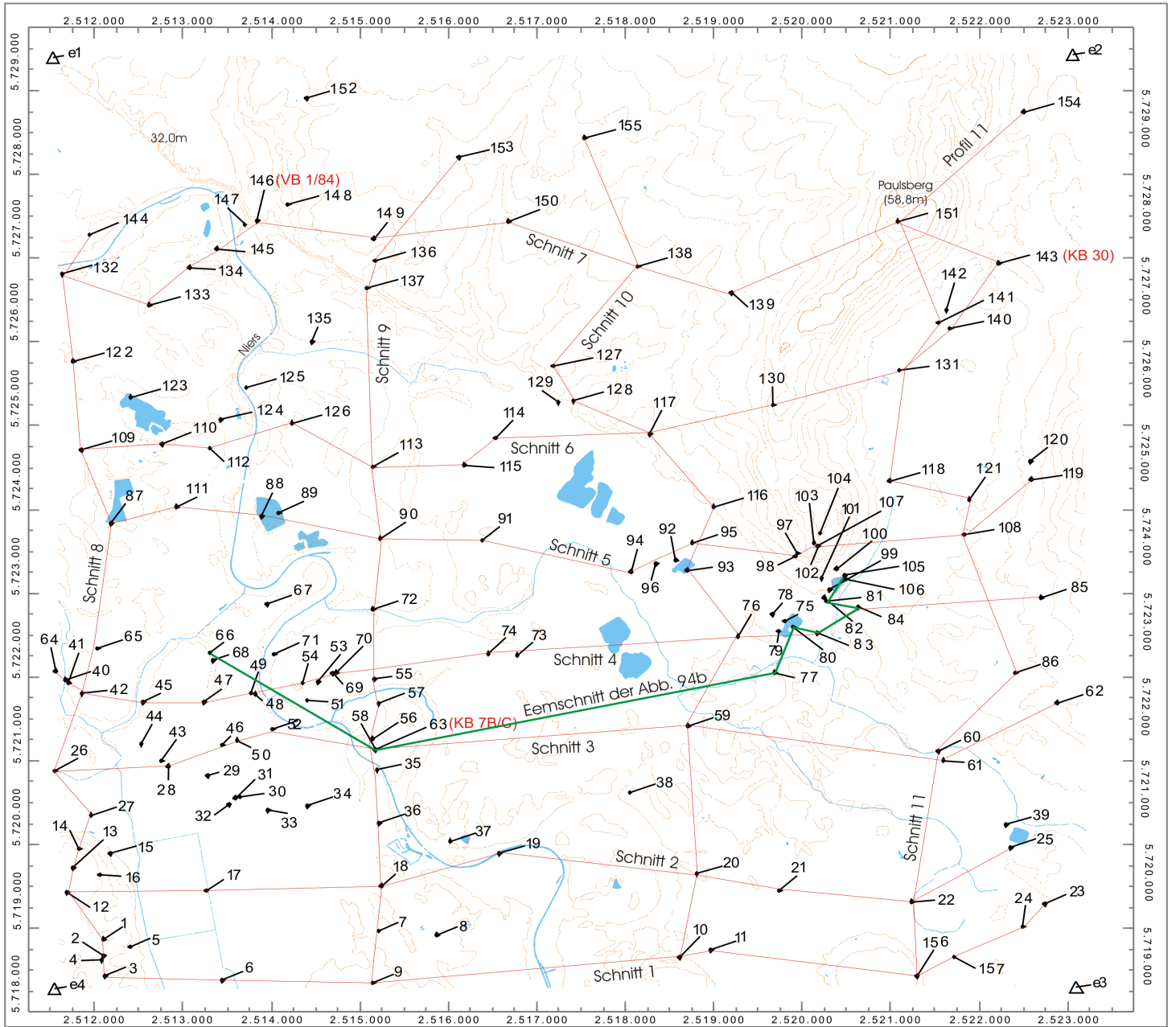
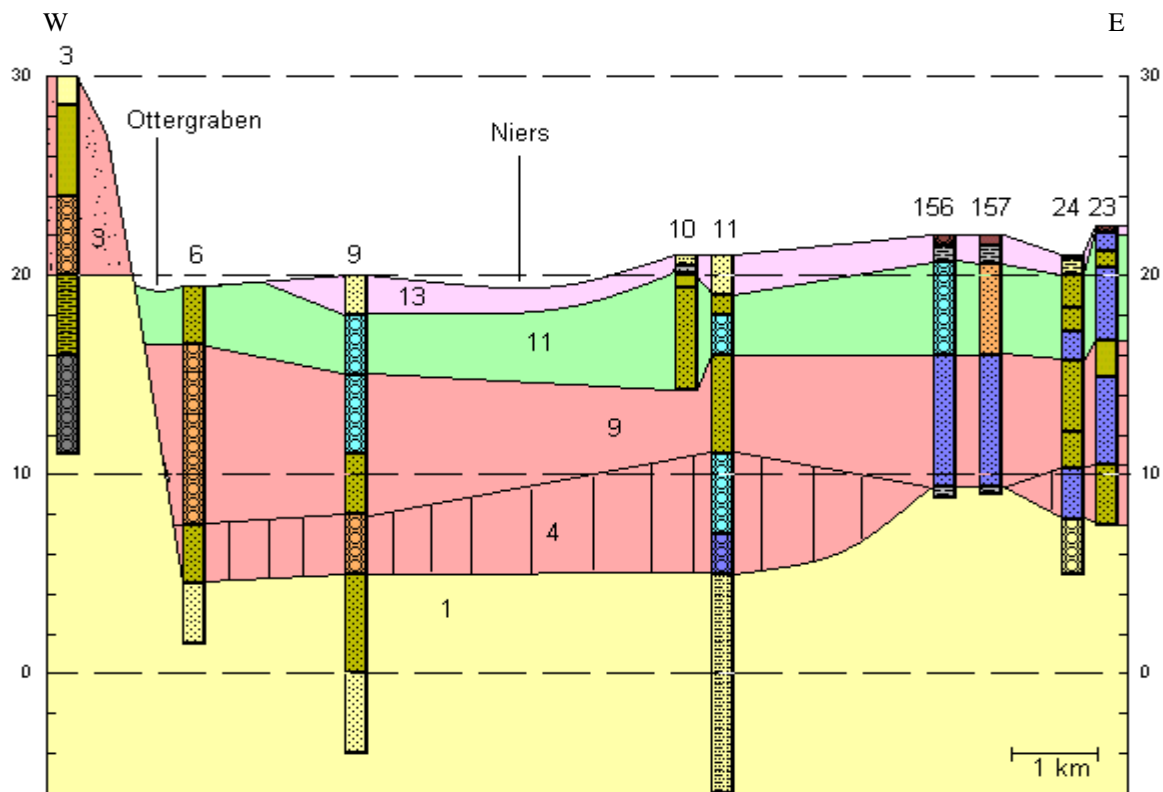


Abb. 52: Topographische Übersichtskarte Uedem

Abb. 53: Schnitt Uedem 1 (200fach überhöht)



Xanten 1 è

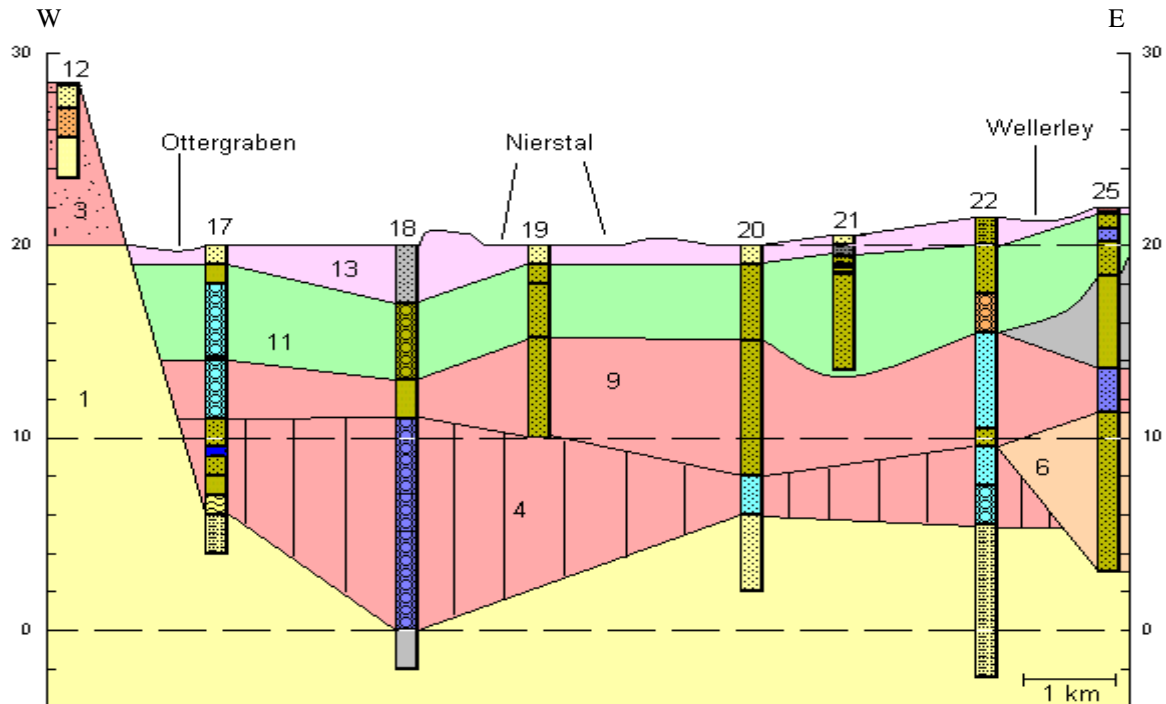
Die Schnitte Uedem 1 und 2 sind sich so ähnlich, dass sie zusammen beschrieben werden können. Die auffällige Höhenlage der Einheit 1 und die auf ihr befindliche Einheit 3 (dies ist die einzige Stelle im Untersuchungsgebiet wo die Einheit 3 vorkommt) markiert die westliche Grenze des Rheintals. Die östliche Grenze ist nur auf dem Großschnitt Uedem-Hünxe (Abb. 85) zu sehen. Die Oberfläche der Bohrung 3 besteht aus Flugsand über der Einheit 3 (Sa/Mo2, vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem). Die Bohrung 6 befindet sich im Strombettsand der Einheit 11 (Nä,S). Der Rest der Schnitte Uedem 1 und 2 befindet sich im Wechsel von Hochflutlehm und Ton über der Einheit 11 (,L,fh; ,Ls,fh; ,Sl,fh; vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem). Bohrung 18 befindet sich im Stromrinnenkies (Nä,G) und die Niers befindet sich in Niedermoor (hn, vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem). Zur Bezeichnung nach KLOSTERMANN (1997) siehe Anhang.

Der tonige Mittelsand und der kiesige Ton der Einheit 1 in Bohrung 3 des Schnittes Uedem 1 ist auf Fluss- und Deltaablagerungen zur Zeit der Bildung dieser Einheit 1 zurückzuführen. Es handelt sich um die jüngsten Ablagerungen der Einheit 1, die sonst im Untersuchungsgebiet nicht vorkommt (vgl. Kapitel 7.1).

Die Einheit 11 lässt den Schluss zu, dass der Rhein zur Zeit der Ablagerungen der Einheit 11 in diesem Bereich floss, dabei ist eine Erosion der Einheit 9 nicht auszuschließen. Die Einheit 4 wurde in beiden Schnitten eingeführt um die Mächtigkeit der Einheit 9 zu begrenzen, das grobe Material von der Einheit 9 abzutrennen und dem GD-Schnitt E-F bzw. G-H (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, Taf. 1) zu entsprechen, der auch eine mächtige Einheit 4 in diesem Bereich beschreibt. Die Einheit 4 lässt sich auch über die Schnitte 3, 4, 9, 10 und 11 verfolgen und zeigt, dass die Einheit 4 zum Teil in die Stauchung durch die Einheit 6 mit einbezogen wurde.

Der Wechsel von feinerem zu größerem Material innerhalb der Einheit 9 (z.B. Bohrung 11 und 156 im Schnitt Uedem 1 oder Bohrung 20 und 22 im Schnitt Uedem 2) ist möglicherweise auf den Wechsel der Terrassenkörper zurückzuführen (Mu 2 zu Mu 3, vgl. KLOSTERMANN 1992 b, Taf. 1, GD-Schnitt E-F und G-H).

Abb. 54: Schnitt Uedem 2 (200fach überhöht)



Xanten 1 è

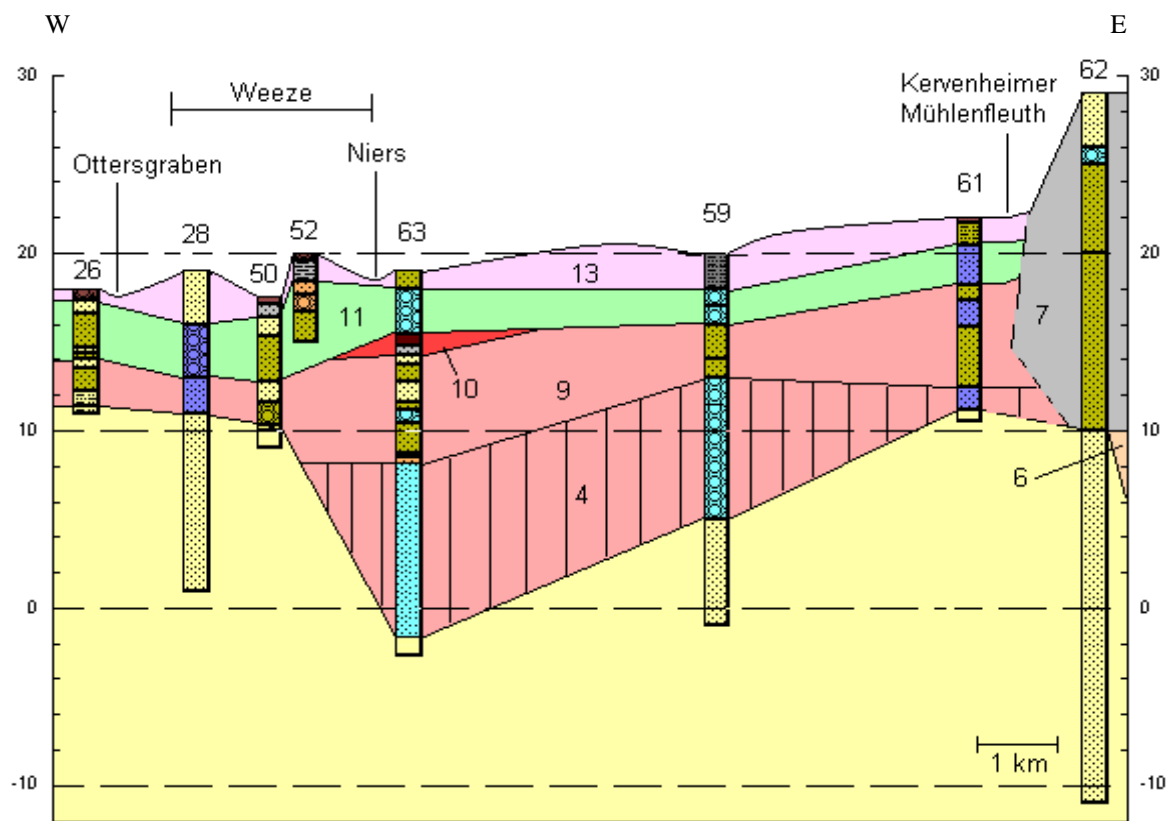
Die leichte Erhöhung der Bohrung 28 und westlich der Bohrung 60 des Schnittes Uedem 3 ist auf Strombettsand über der Einheit 11 (Nä,S; vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem) zurück zu führen. Die restliche Oberfläche besteht, wie die Schnitte Uedem 1 und 2, aus Hochflutsand und Hochflutlehm über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem).

Im Schnitt Uedem 3 wird die Einheit 11 durch den Torfhorizont der Einheit 10 in ihrer Mächtigkeit begrenzt. Die Einheit 7 wurde auf Grund der Bohrung 62 (sie hat einen Ansatzpunkt der ca. 7 m über der Einheit 12) und durch Vergleich mit der geologischen Karte von Uedem (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem) eingefügt.

Die Oberfläche des Schnittes Uedem 4 besteht zwischen den Bohrungen 64 und 84 durchweg aus Hochflutsand und Hochflutlehm über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem).

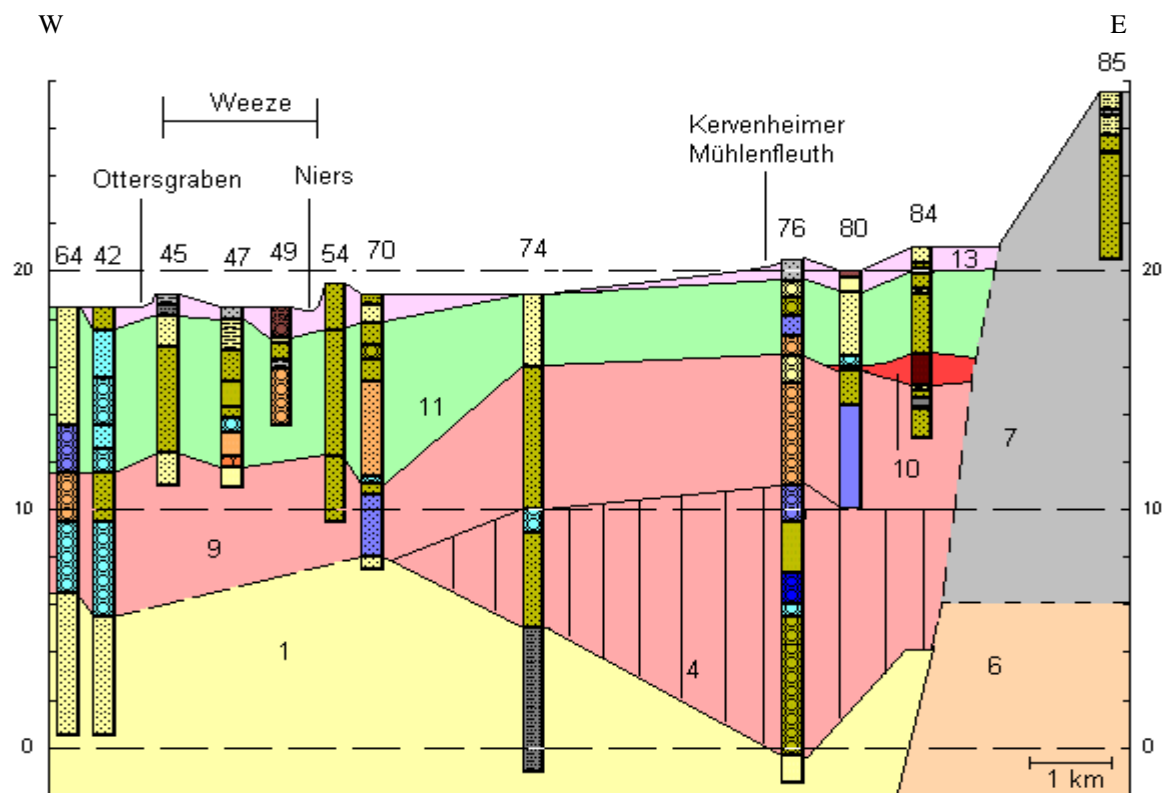
In den Schnitten 5 und 6 kommt die Einheit 6 dazu. Die glaziäre Einheit wird die Ursache für die Stauchung der Einheit 1 sein, die sich in diesem Schnitt und den folgenden immer stärker zeigt (besonders auffällig in den Schnitten Uedem 9 und 10). Im Bereich der Bohrungen 87-95 des Schnittes Uedem 5 bildet Hochflutlehm und Hochflutsand über der Einheit 11 die Oberfläche, im Schnitt Uedem 6 zwischen den Bohrungen 109 bis 114 (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem). Dass in den Schnitten 4, 5 und 6 teilweise die Einheit 11 bis an die Oberfläche reicht, ist auf die Ansprache der Bohrungen zurückzuführen.

Abb. 55: Schnitt Uedem 3 (200fach überhöht)



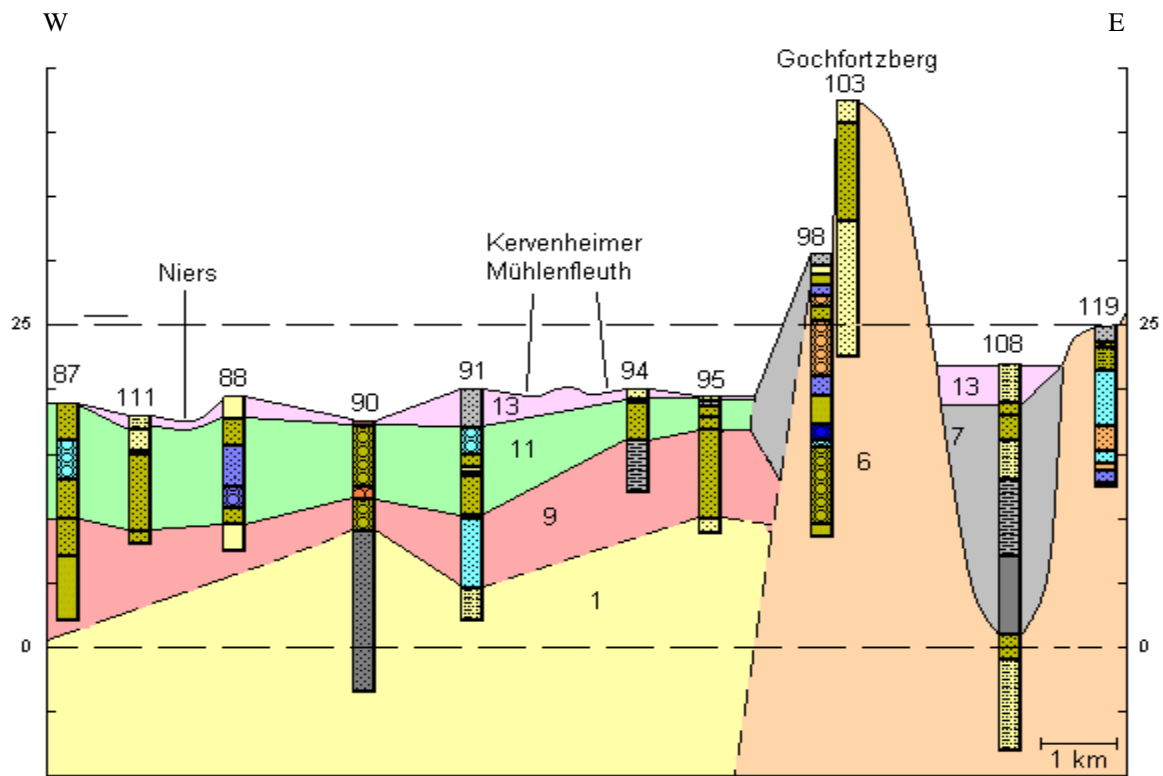
Xanten 3 è

Abb. 56: Schnitt Uedem 4 (280fach überhöht)



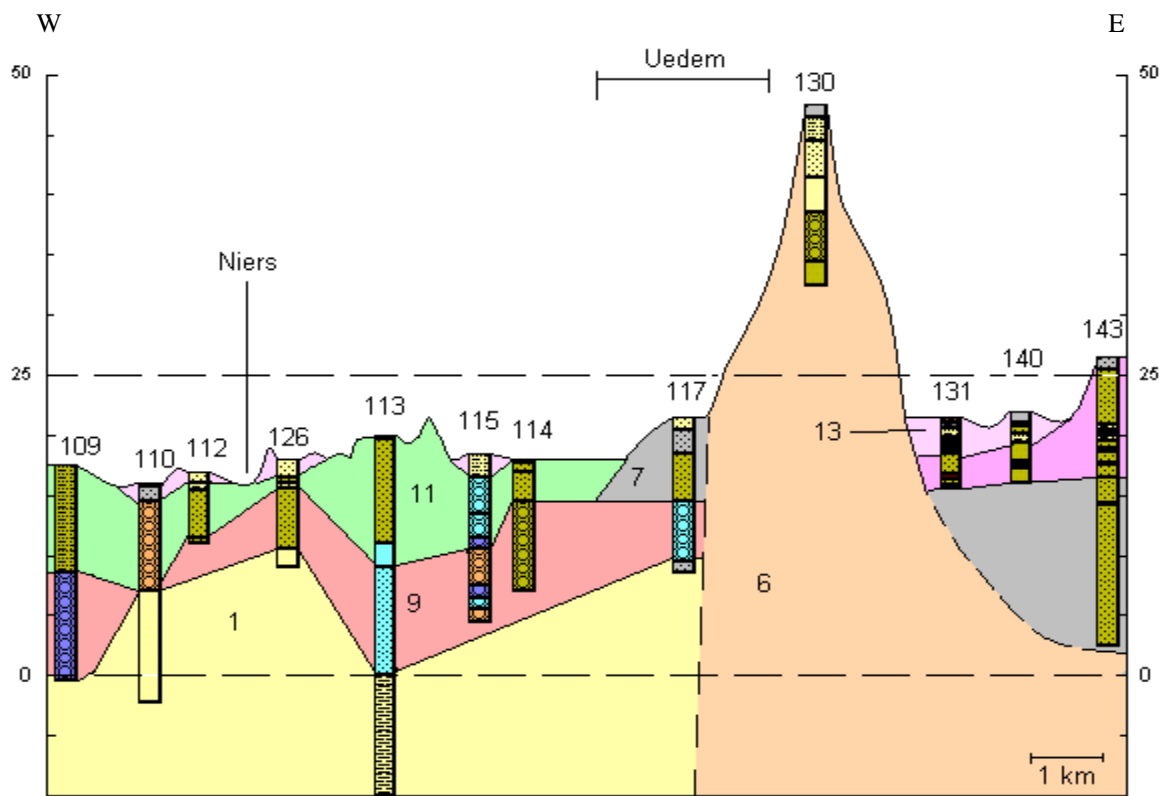
Xanten 3 è

Abb. 57: Schnitt Uedem 5 (135fach überhöht)



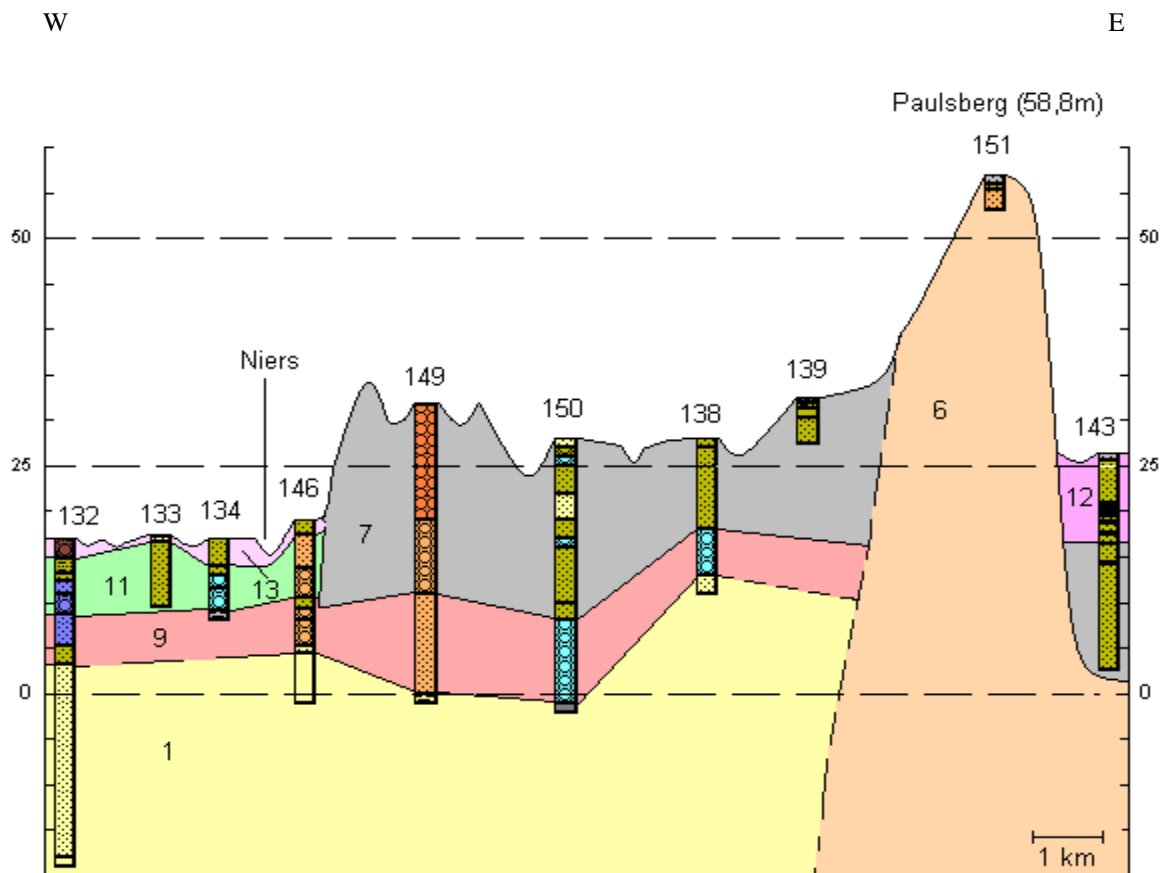
Xanten 3 è

Abb. 58: Schnitt Uedem 6 (140fach überhöht)



Xanten 4 è

Abb. 59: Schnitt Uedem 7 (108fach überhöht)



Xanten 6 è

Schnitt Uedem 7 zeigt die Einheiten 6 und 7 und die Stauchung der Einheit 1.

Im Bereich der Bohrungen 132 und 146 besteht die Oberfläche aus Hochflutlehm über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, geol. Karte 4303 Uedem).

Im Schnitt Uedem 8 ist noch einmal die westliche Grenze des Rheintals dargestellt, dieses Mal aber in Süd-Nord-Richtung. Die Oberfläche ergibt sich aus den Schnitten 1 bis 7. Die Geländekante nördlich der Bohrung 87 ist auf eine Kiesgrube zurückzuführen.

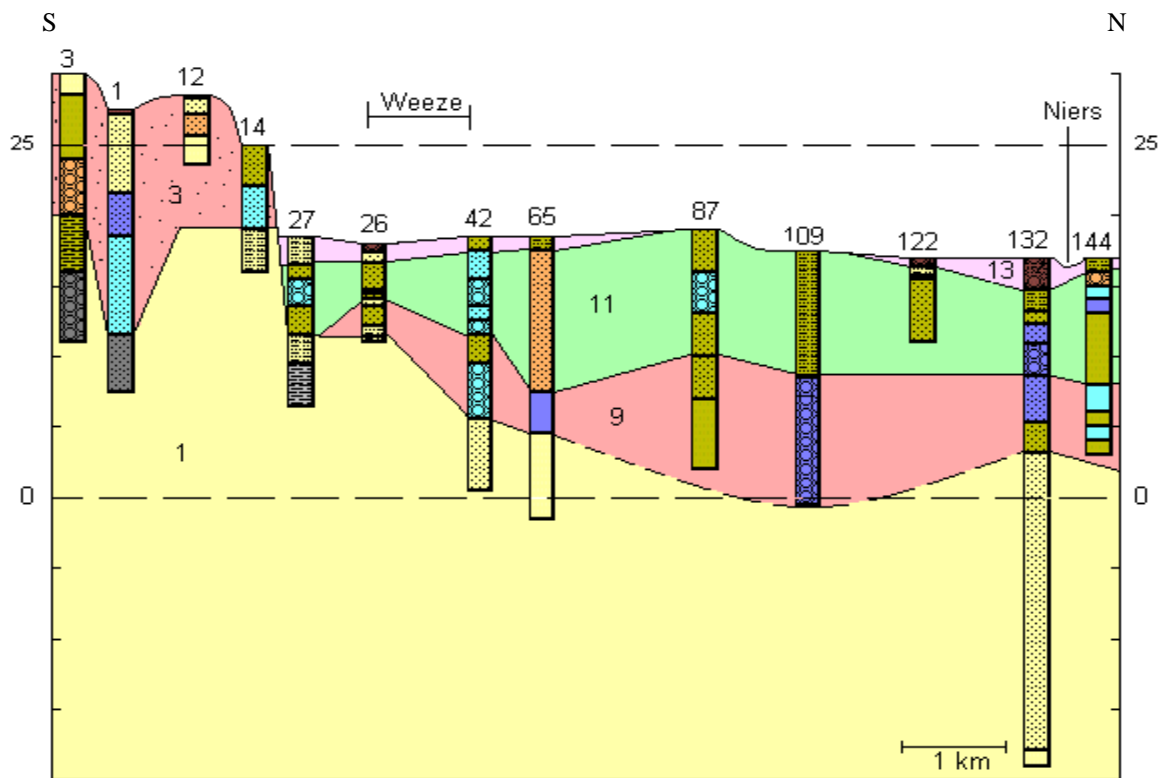
Bei den Schnitten Uedem 9 und 10 handelt es sich (ebenso wie bei Schnitt Uedem 11) um Süd-Nord-Schnitte. Hier ist (wie oben erwähnt) die Stauchung der Einheit 1 gut zu beobachten. Ansonsten wird noch einmal das gezeigt, was in den West-Ost-Schnitten und in vorangegangenen Schnitten schon beschrieben wurde.

Die Bohrung 113 des Schnittes Uedem 9 liegt nach KLOSTERMANN 1992 b (geol. Karte 4303 Uedem) im Hochflutsand über der Einheit 11. Der obere sandige Mittelsand ist aber zu mächtig um ihn als Hochflutsand abzutrennen. Einzig eine Trennung des Sandpaketes könnte verhindern, dass die Einheit 11 bis an die Oberfläche reicht. Aber wie schon bei Schnitt Emmerich 2 erwähnt, glaube ich nicht, dass man Sedimentpakete an beliebiger Stelle trennen kann.

Auch Schnitt Uedem 11 besitzt ein ähnliches Erscheinungsbild wie der Schnitt Uedem 7. Die Oberfläche der Bohrungen 156 bis 60 bestehen auch aus Hochflutablagerungen über der Einheit 11. Der Innenbereich des Sanders besteht dagegen aus niveo-fluviatilen Ablagerungen (vgl. Kapitel 3.3.2).

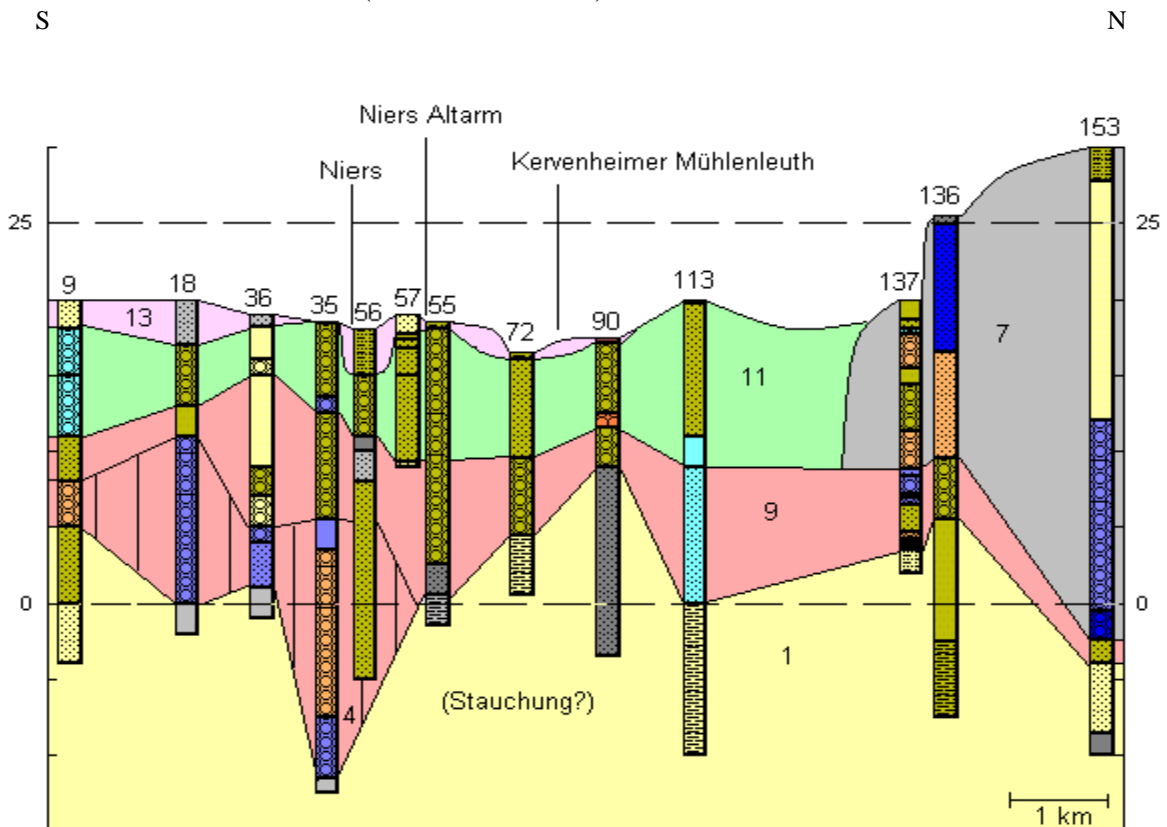
Die Schnitte Uedem 1 bis 9 sind im Anhang auch nach KLOSTERMANN (1997) beschrieben.

Abb. 60: Schnitt Uedem 8 (170fach überhöht)



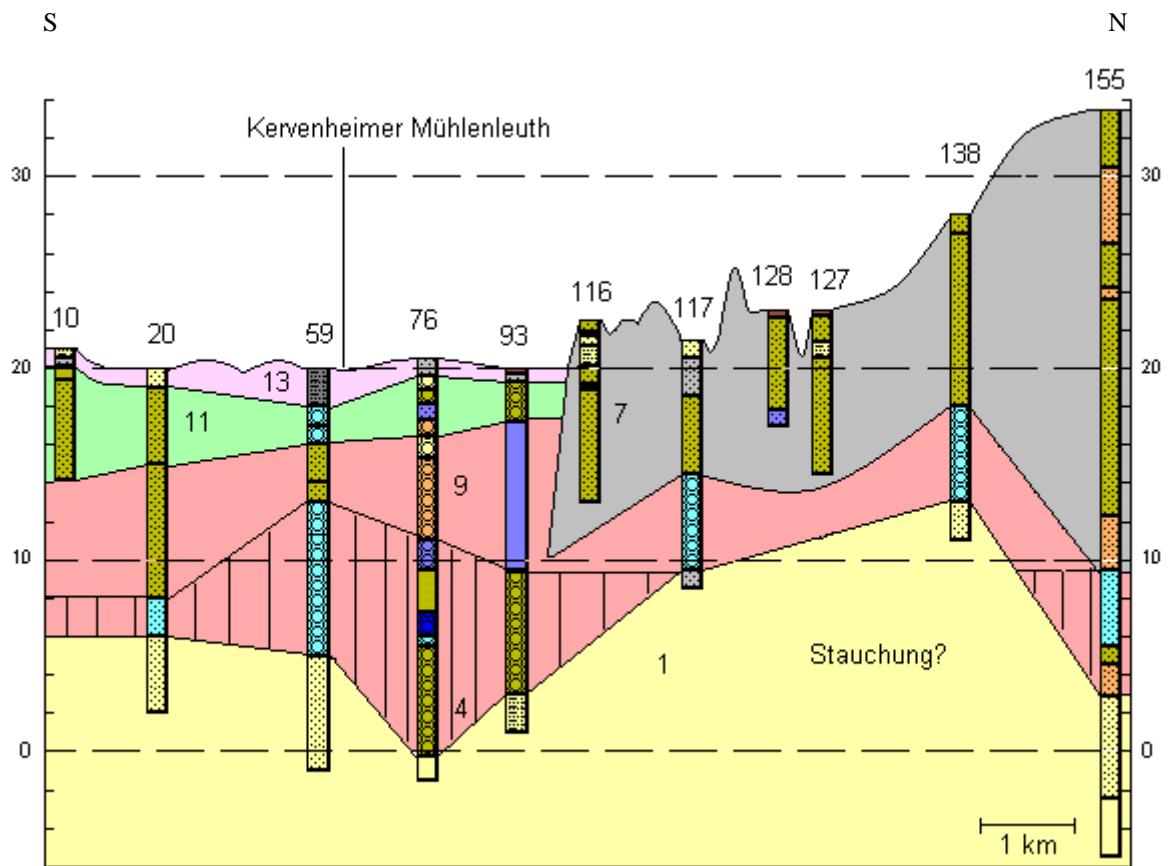
Kalkar è

Abb. 61: Schnitt Uedem 9 (170fach überhöht)



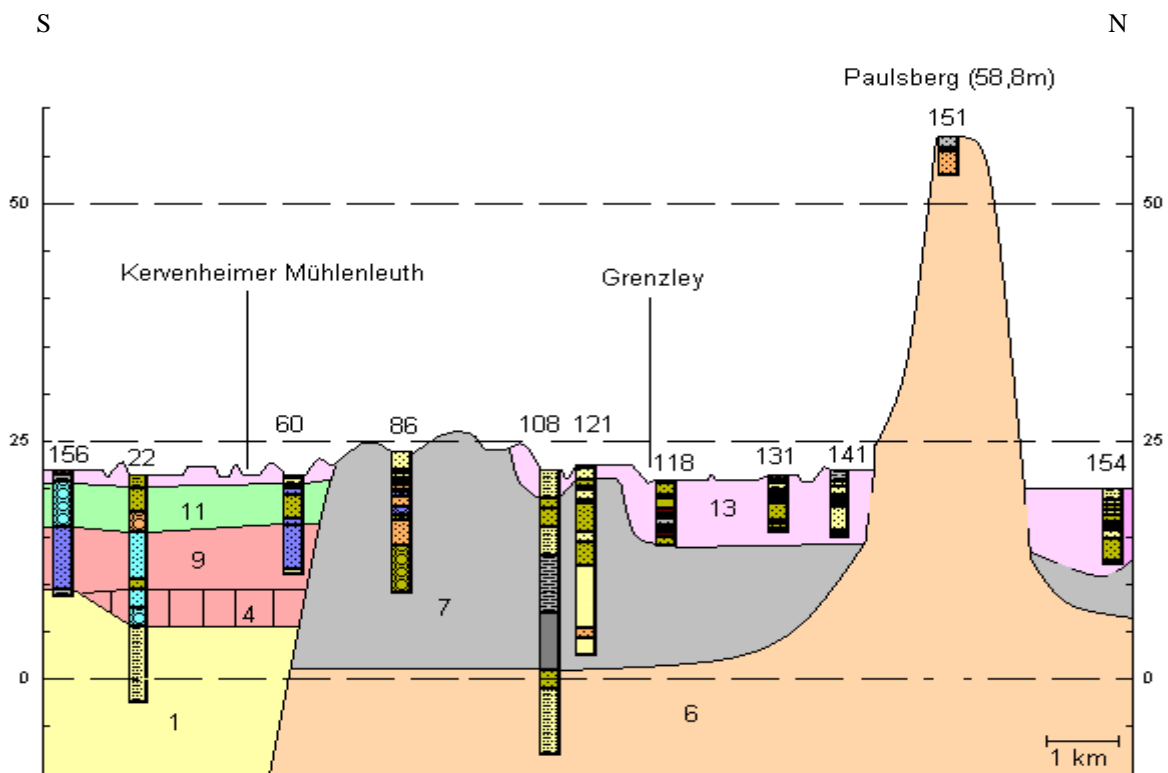
Kalkar è

Abb. 62: Schnitt Uedem 10 (210fach überhöht)



Kalkar è

Abb. 63: Schnitt Uedem 11 (108fach überhöht)



Kalkar 1 è

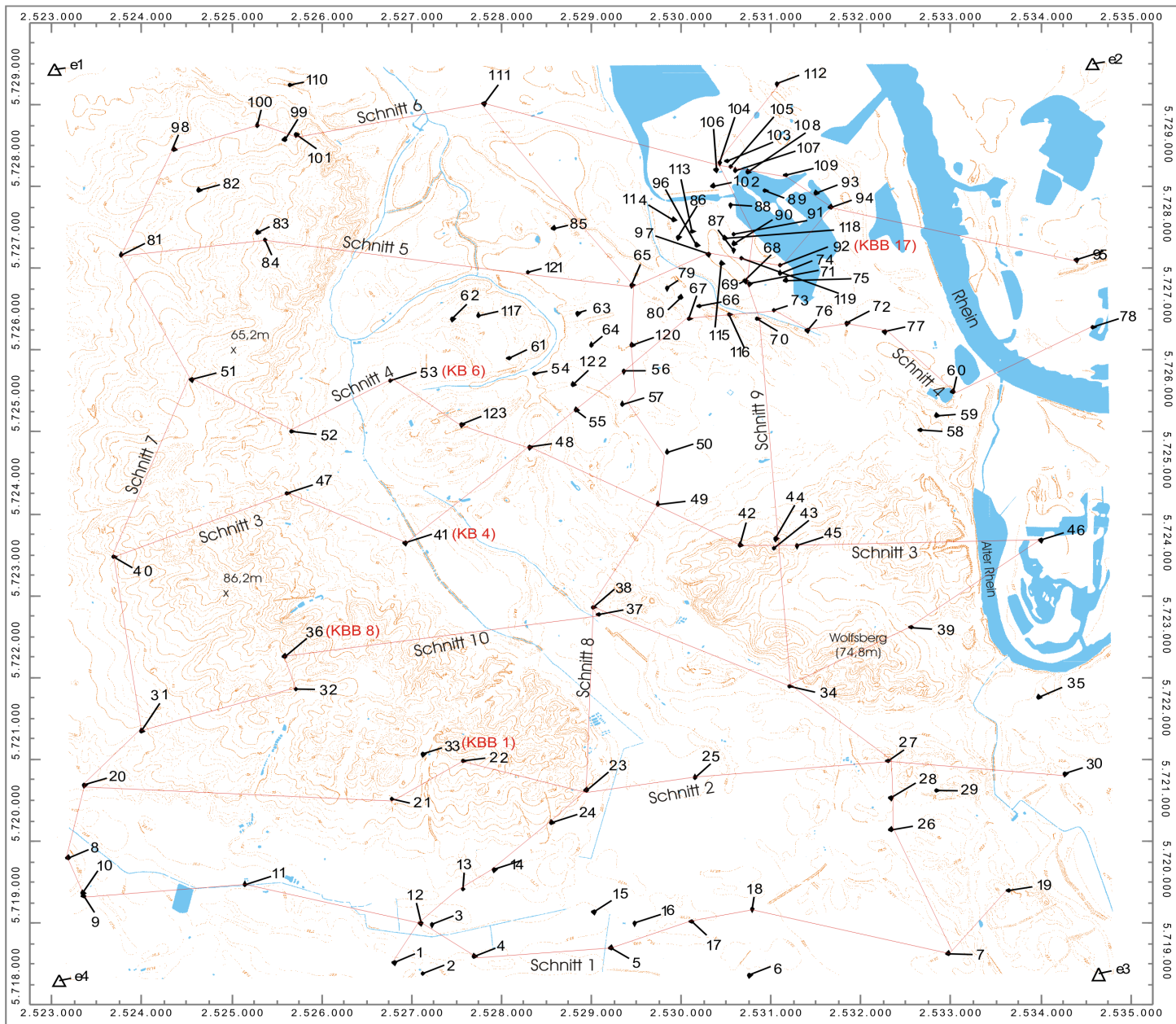
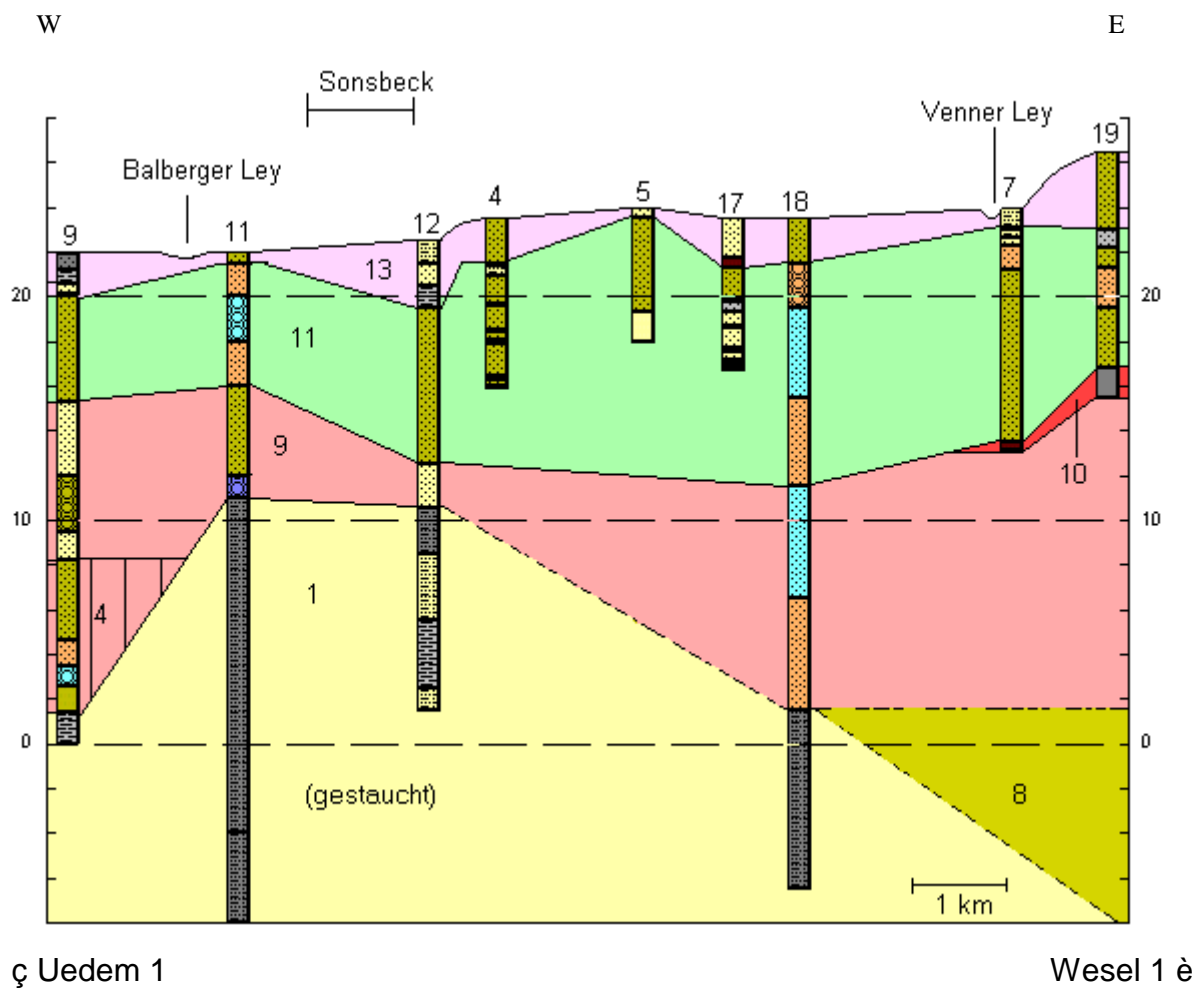


Abb. 64: Topographische Übersichtskarte Xanten

Abb. 65: Schnitt Xanten 1 (190fach überhöht)



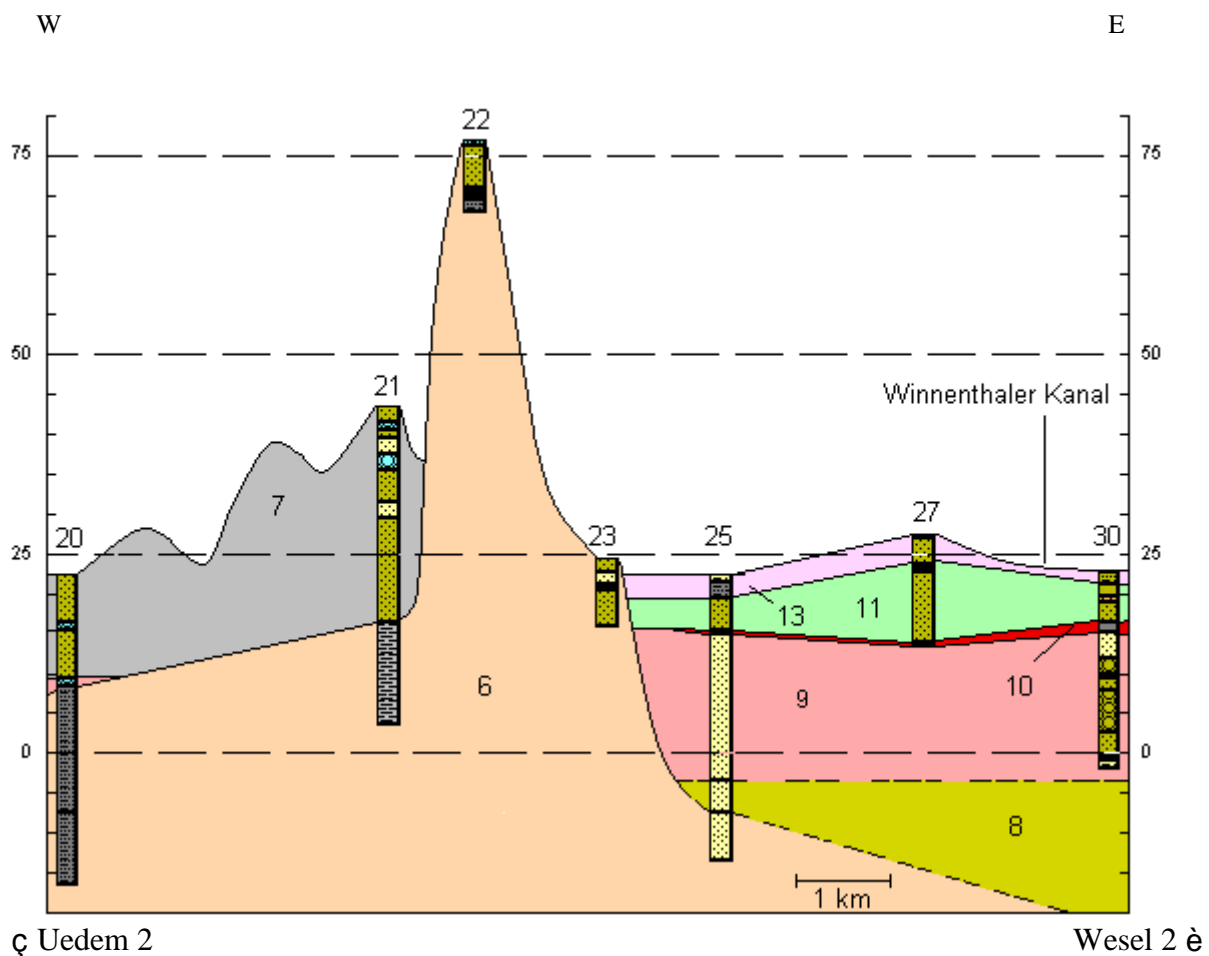
Im Bereich der Bohrungen 9 bis 7 des Schnittes Xanten 1 besteht die Oberfläche aus Hochflutablagerungen über der Einheit 11 (Lfh/Nj, Lfh/Nä, Sfh/Nj, Sfh/Nä, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt). Die Bohrung 19 besteht aus Dünenmaterial über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten). Im Bereich der Bohrung 11 kann die Einheit 11 bis an die Oberfläche reichen.

Die Einheit 1 im Schnitt Xanten 1 zeigt wieder eine Stauchung, wie sie von Blatt Uedem schon bekannt ist. Die Einheit 8 wurde (auch wenn sie hier nicht durch Bohrungen belegt ist) eingezeichnet, weil sie im Schnitt Wesel 1 eine zu große Mächtigkeit besitzt, um im Schnitt Xanten 1 ganz zu fehlen. In den Schnitten Xanten 2, 3 und 4 wurde sie außerdem mit mehreren Bohrungen belegt.

Die Erhöhung der Oberfläche in der Bohrung 27 im Schnitt Xanten 2 wird von Dünenmaterial gebildet (vgl. KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten). Im Bereich der Bohrungen 25 und 30 bilden Hochflutablagerungen über der Einheit 11 die Oberfläche (Lfh/Nä – Bo 25, Lfh/Nj – Bo 30, Lfh – zwischen Bo 27 und 30, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt).

Auffällig ist auch, dass östlich der Einheit 6 ein fast durchgehender Torfhorizont (Einheit 10) erhalten blieb. Die Einheit 9 ganz im Westen des Schnittes hat ihre Berechtigung durch den Schnitt Uedem 2.

Abb. 66: Schnitt Xanten 2 (90fach überhöht)

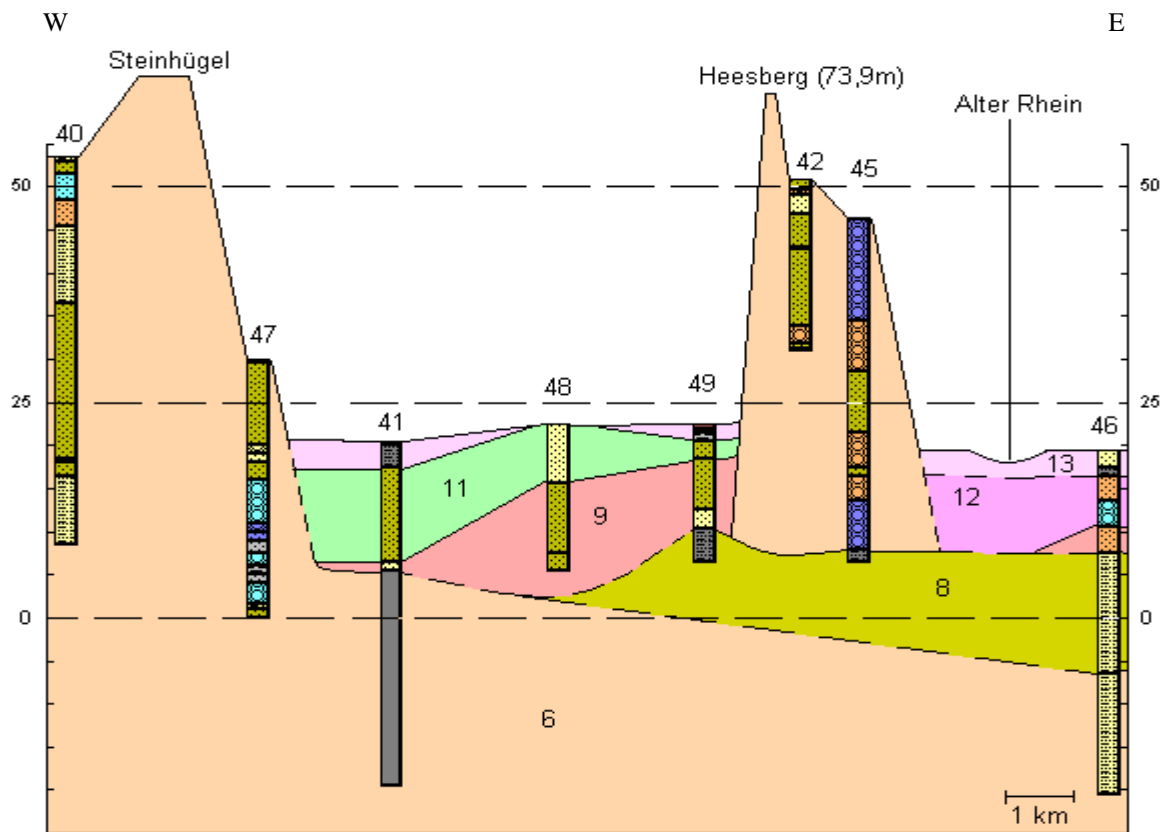


Der Schnitt Xanten 3 nimmt insofern eine Schlüsselstellung ein, dass hier eine Einheit 6 auftritt (Hees), die nicht das gleiche Alter besitzen kann wie der westliche Teil der Einheit 6 (Steinhügel). Die westliche Einheit 6 muss älter sein als die östliche Einheit 6, denn die Einheit 6 ist durch die Einheit 8 getrennt. Ein ähnliches Bild zeigt auch der Schnitt Xanten 10. Westlich der Hees bilden Hochflutablagerungen über der Einheit 11 die Oberfläche (Lfh/Nä – Bo 41, Lfh/Nj – Bo 48 und 49, östlich sind es Auensedimente über jungholozäner Terrasse (Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten).

Die Oberfläche des Schnittes Xanten 4 besteht zwischen den Bohrungen 53 bis 67 aus Hochflutsande und Lehm über der Einheit 11 (Sfh/Nj bzw. Lfh/Nj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), die der Bo 52 aus Fließerde (fl). Zwischen der Bohrung 116 und dem Rhein wird die Oberfläche aus Hochflutablagerungen über mittelholozäner Terrasse gebildet (Lhf/hm, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), bzw. Reihenterrassen qh (3, 5 und 2). Bei den Schnitten Xanten 5 und 6 befindet sich der Übergang zwischen den Hochflutablagerungen über der Einheit 11 und der mittel- bzw. altholozänen Terrasse im Bereich östlich der Bohrungen 65 bzw. östlich der Bohrung 111. Hier befinden sich die Reihenterrassen 2, 4 und 5 (vgl. KLOSTERMANN 1989, Tafel 1).

Die Schnitte Xanten 4, 5 und 6 sind sich wieder so ähnlich, dass sie zusammen beschrieben werden können. Auf allen drei Schnitten ist die Wirkung des Rheins zu beobachten. Die Erosion kann bis zur Einheit 9 reichen. Abgesehen von den Einheiten 6 und 8 ist das Erscheinungsbild dieser Schnitte von den Blättern Emmerich, Kalkar und Rees bekannt.

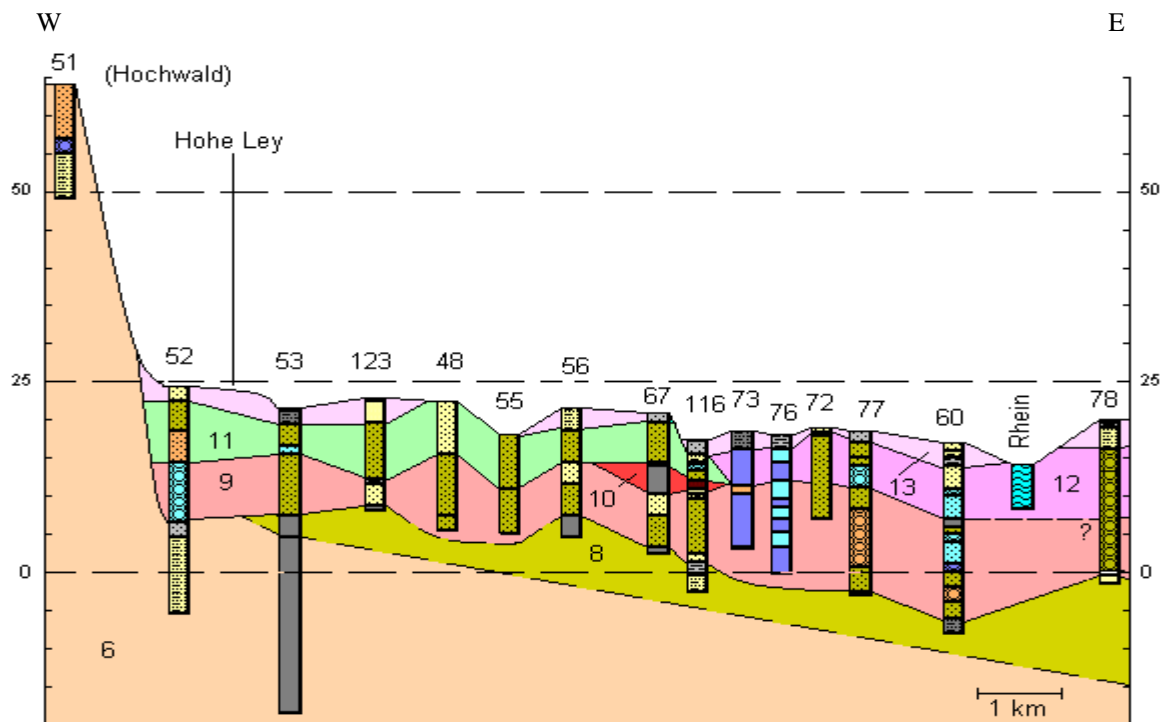
Abb. 67: Schnitt Xanten 3 (100fach überhöht)



ç Uedem 3+4+5

Wesel 4 è

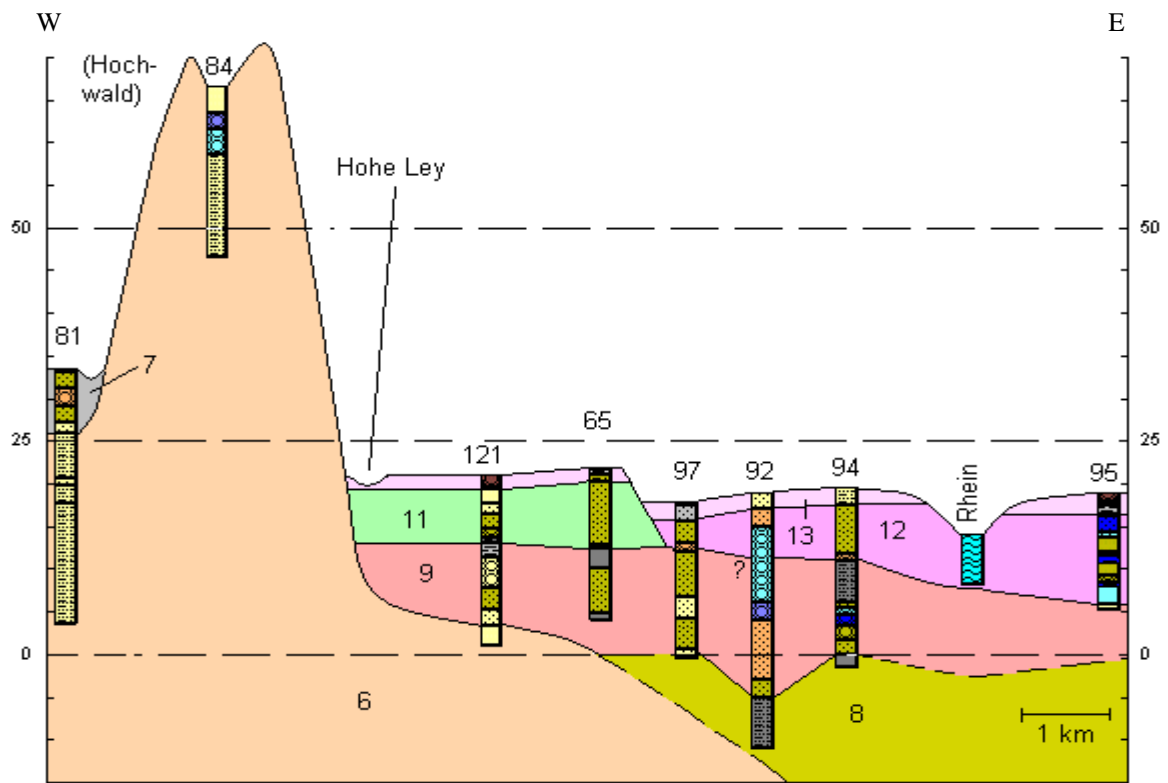
Abb. 68: Schnitt Xanten 4 (90fach überhöht)



ç Uedem 6

Wesel 8 è

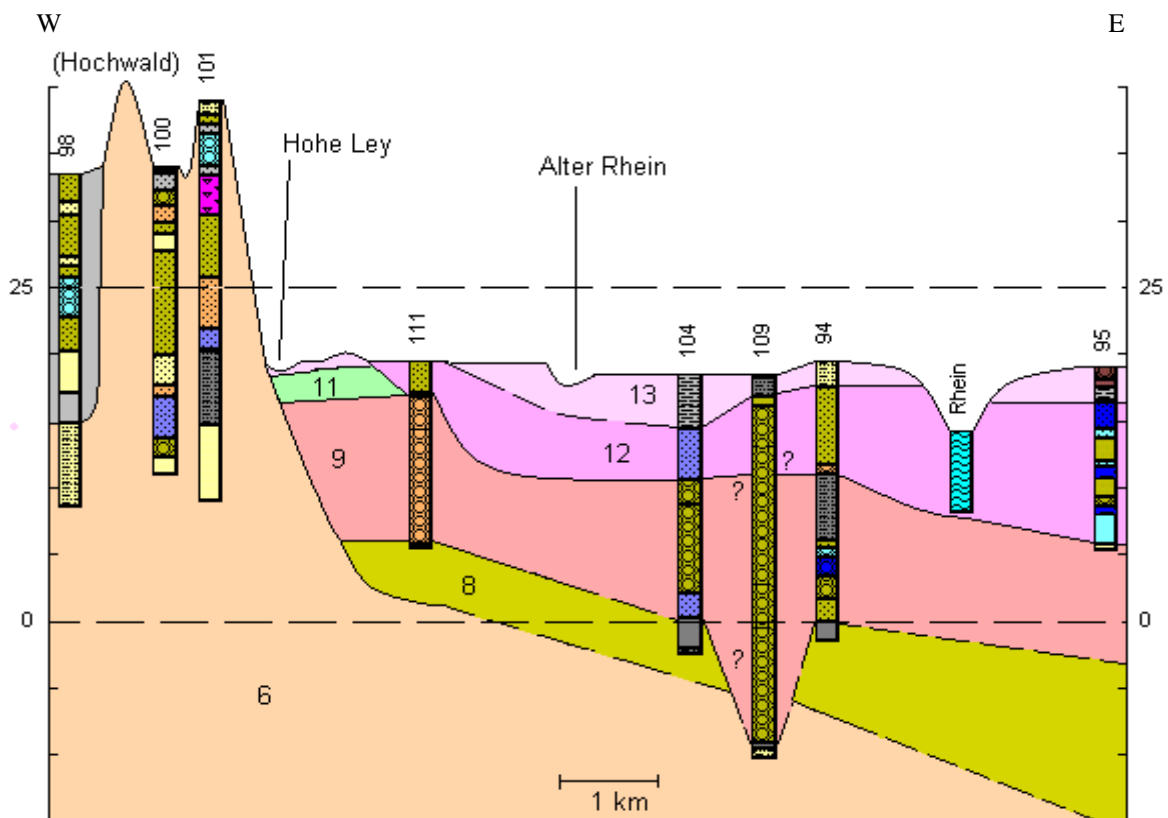
Abb. 69: Schnitt Xanten 5 (90fach überhöht)



ç Uedem 6

Wesel 8 è

Abb. 70: Schnitt Xanten 6 (144fach überhöht)



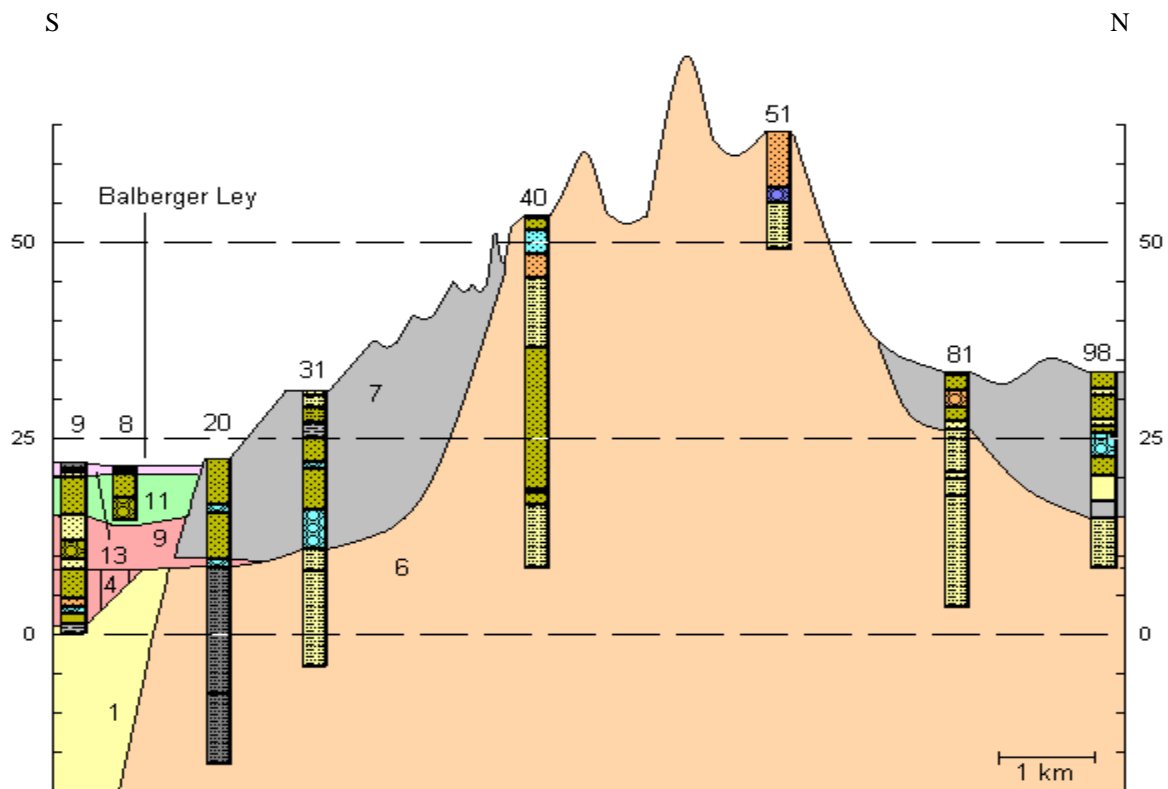
ç Uedem 7

Wesel 8 è

Im Bereich der Bohrungen 9 und 8 des Schnittes Xanten 7 befinden sich Hochflutablagerungen über der Einheit 11 (vgl. KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten).

Im Schnitt Xanten 7 fällt die Einheit 7 auf, die hier südlich und nördlich der Einheit 6 auftritt. Wie die Schnitte Xanten 5 und 6 zeigen, gehört die Einheit 7 der Bohrungen 81 und 98 zum nördlichen Teil des Hochwaldes, die Einheit 7 der Bohrungen 20 und 31 zum Tüschental (siehe Schnitt Xanten 10). Die Erhöhung zwischen den Bohrungen 40 und 51 bilden den südlichen Hochwald. Die zu dieser Einheit 6 gehörende Einheit 7 befindet sich im westlichen Vorland (siehe Schnitte Uedem 2 und 3).

Abb. 71: Schnitt Xanten 7 (80fach überhöht)



ç Issum

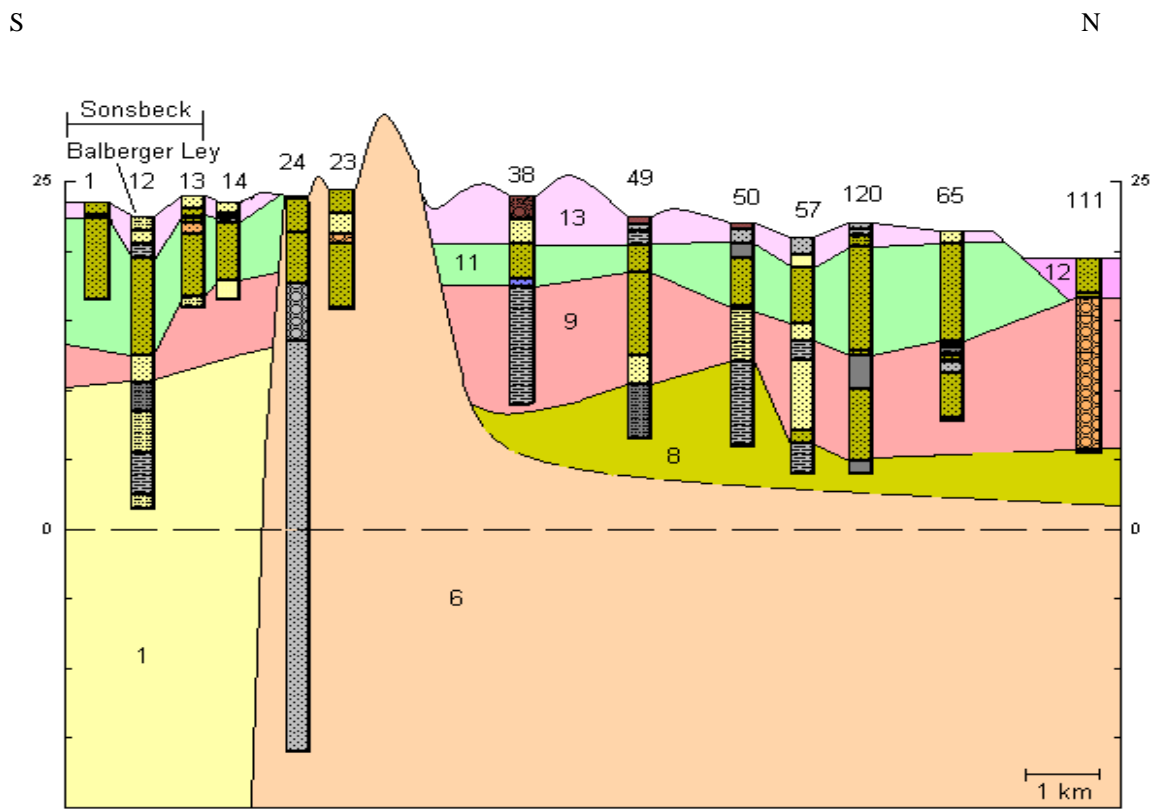
Rees 1 è

Zwischen den Bohrungen 1 bis 14 sowie 38 bis 65 des Schnittes Xanten 8 befinden sich Hochflutablagerungen über der Einheit 11 an der Oberfläche (vgl. KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten). Die Bohrung 111 befindet sich im Auensand über altholozäner Terrasse (Sf/ha, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Im Schnitt Xanten 8 zeigt die Einheit 1 im Süden wieder Spuren einer Stauchung. Die Einheiten 6 ist auf der Erhöhung und den zugehörigen West-Ost Schnitten begründet.

Bei Schnitt 9 befindet sich die Einheit 6 wieder über der Einheit 8, was darauf schließen lässt, dass es sich hier wieder um eine jüngere Einheit 6 handelt. Die Einheiten 9 und 11 liegen im Süden (außerhalb der Einheit 6) höher als im Norden (innerhalb der Einheit 6), was auch wieder auf ein unterschiedliches Alter der Einheit 9 schließen lässt. Im Norden des Schnittes erkennt man am Auskeilen bzw. Fehlen der Einheiten 9 und 11 die Nähe zum Rhein.

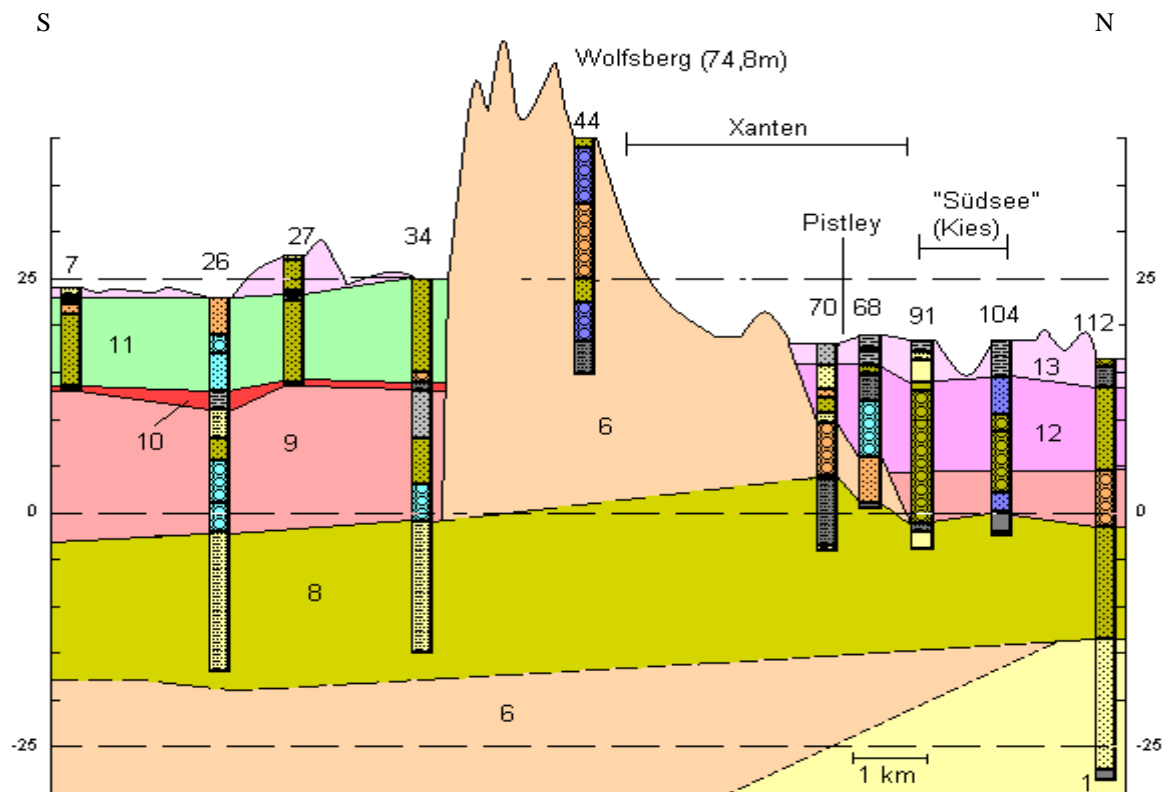
Abb. 72: Schnitt Xanten 8 (150fach überhöht)



ç Isum

Rees 5 è

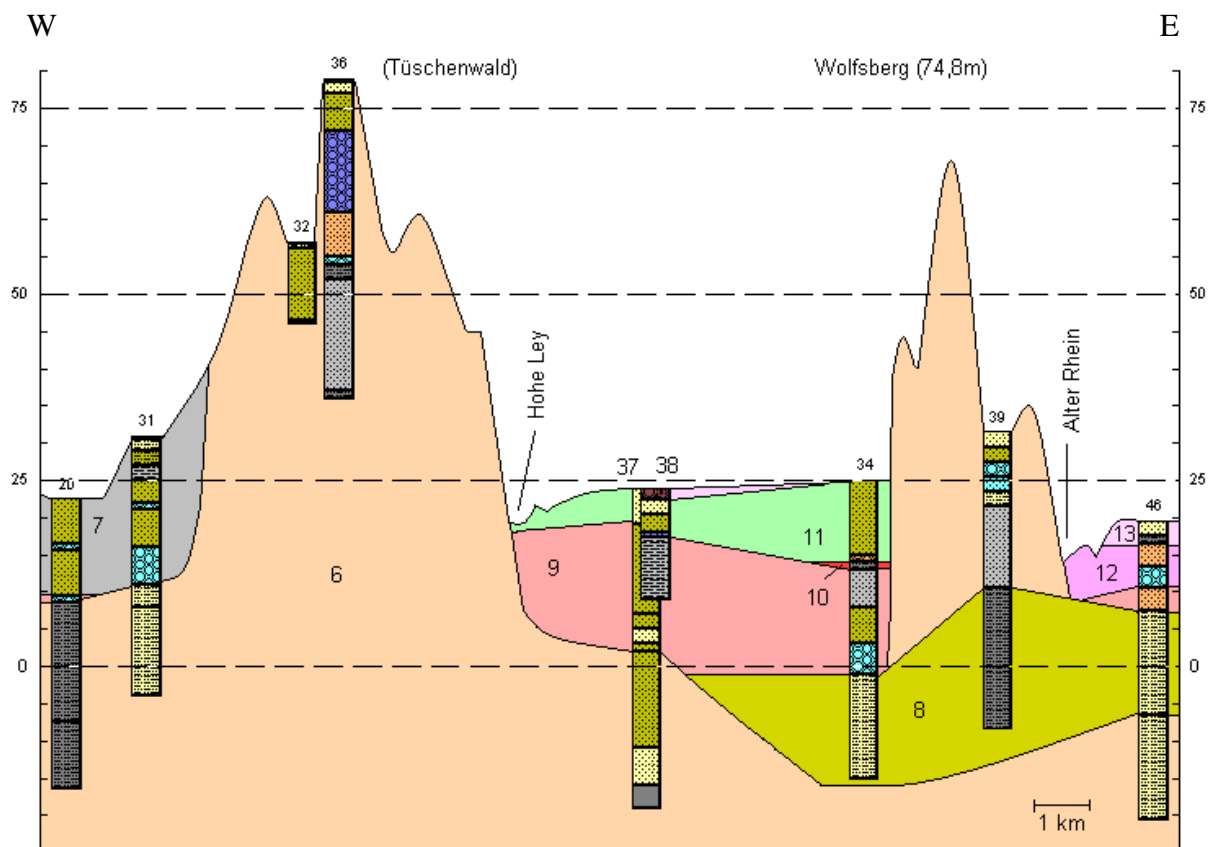
Abb. 73: Schnitt Xanten 9 (100fach überhöht)



ç Isum

Rees 5 è

Abb. 74: Schnitt Xanten 10 (80fach überhöht)



ç Uedem 3

Wesel 4 è

Die Oberfläche der Bohrungen 7 bis 34 des Schnittes Uedem 9 beinhalten wieder Hochflutablagerungen über der Einheit 11, Bohrung 27 zeigen erneut Dünenablagerungen (vgl. Schnitt Xanten 2 und KLOSTERMANN 1989, geol. Karte 4304 Xanten). Die Bohrungen 68 bis 112 befinden sich in Auensedimenten über mittel- bis jungholozäner Terrasse (Lf/hm, Sf/hm bzw. Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt und Anhang).

Schnitt Xanten 10 soll noch einmal die Verhältnisse im Schnitt Xanten 3 widerspiegeln.

Was sich zeichnerisch nicht darstellen lässt, ist die Tatsache, dass sich in der jüngeren Einheit 6 (des zweiten Eisvorstoßes) ältere Teile der Einheit 8 befinden können. Diese schluffigen Tone und Feinsande könnten sich in den Bohrungen 20, 21, 31, 36, 40, 50, 51, 52, 81, 84, 98 und 101 der Schnitte des Blattes Xanten befinden. Wobei durch Aufstauchungsprozesse die ursprüngliche Lage verändert wurde und das Material der Einheit 8 bis in die höchsten Bereiche der Bohrungen transportiert worden sein kann (siehe z.B. Bohrung 51 im Schnitt 7 oder 84 im Schnitt 5).

Die Bohrungen 37 und 38 befinden sich in einer Düne, die Umgebung bis zur Bohrung 34 befindet sich in Hochflutlehm und Sand über der Einheit 11 (Lf/Nj bzw. Sf/Nj), östlich der Hees ist es Auensand und Auelehm über jungholozäner Terrasse (Sf/hj bzw. Lf/hj, vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt), bzw. Reihenterrasse 7 und 6 (vgl. KLOSTERMANN 1989, Tafel 1).

Die Einheit 10 (und 9) der Bohrung 34 wurde von mir wegen der Einheit 8 in dieser Bohrung eingeführt. KLOSTERMANN (1986, Tafel 1) beschreibt den Bereich der Bohrungen 37 bis 34 als Einschuppung der Einheit 4 und 8 über der Einheit 6.

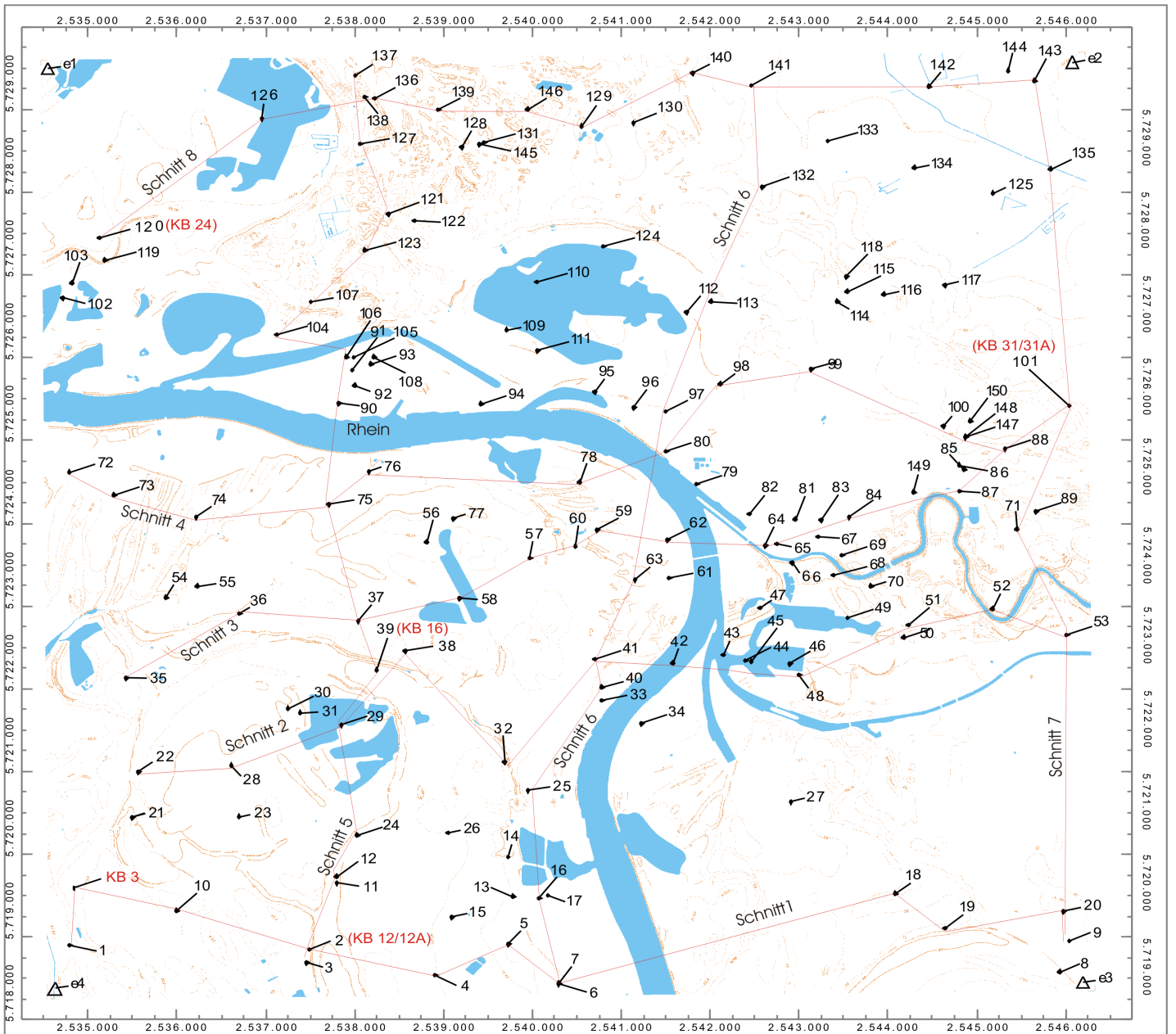
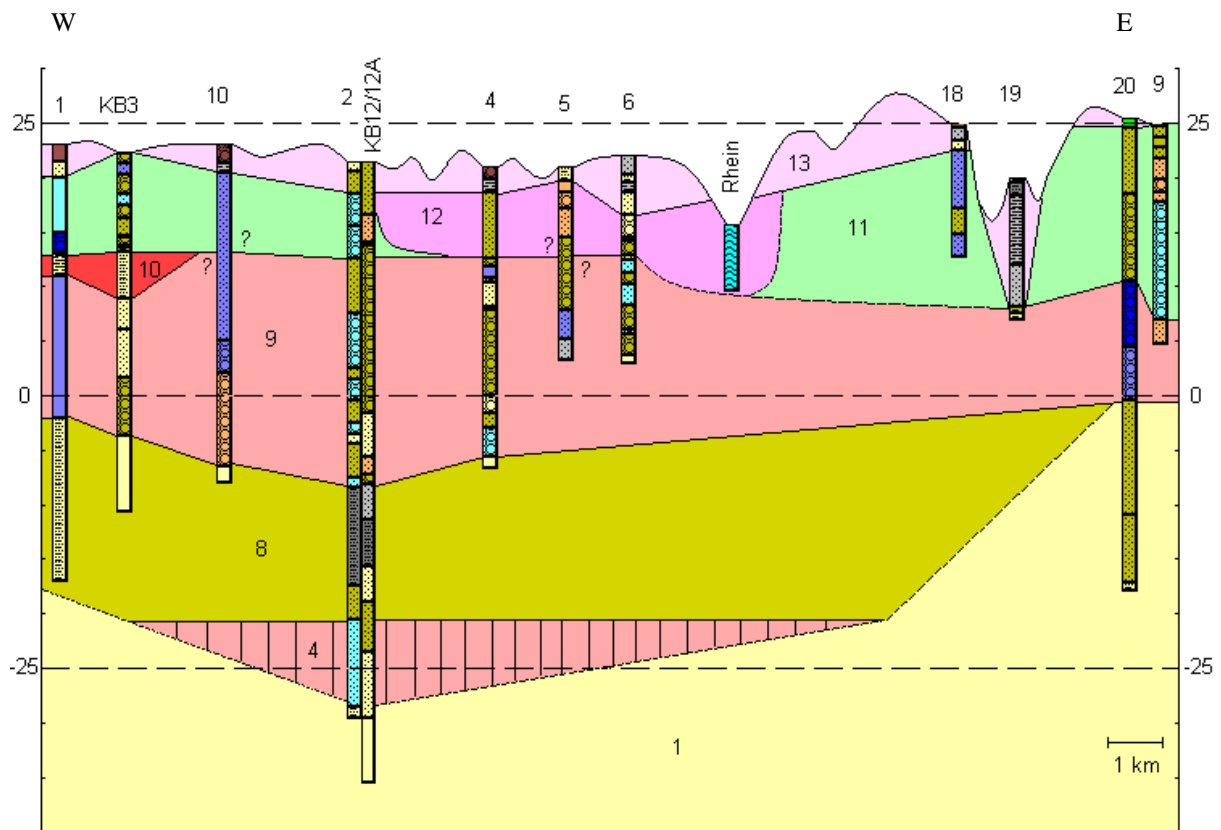


Abb. 75: Topographische Übersichtskarte Wesel

Abb. 76: Schnitt Wesel 1 (112fach überhöht)



ç Xanten 1

Hünxe è

Die Einheit 8 erreicht aus Blatt Wesel ihre größte Mächtigkeit. Dies ist auch das einzige Blatt, wo die Einheit 4 im Liegenden der Einheit 8 auftritt.

Außer in den Schnitten 7 und 8 ist auf allen Schnitten des Blattes Wesel der Rhein vorhanden, was das Erscheinungsbild der Schnitte gleich aussehen lässt. Abgesehen von der Einheit 8 ähneln die Schnitte auch denen der Blätter Emmerich und Rees.

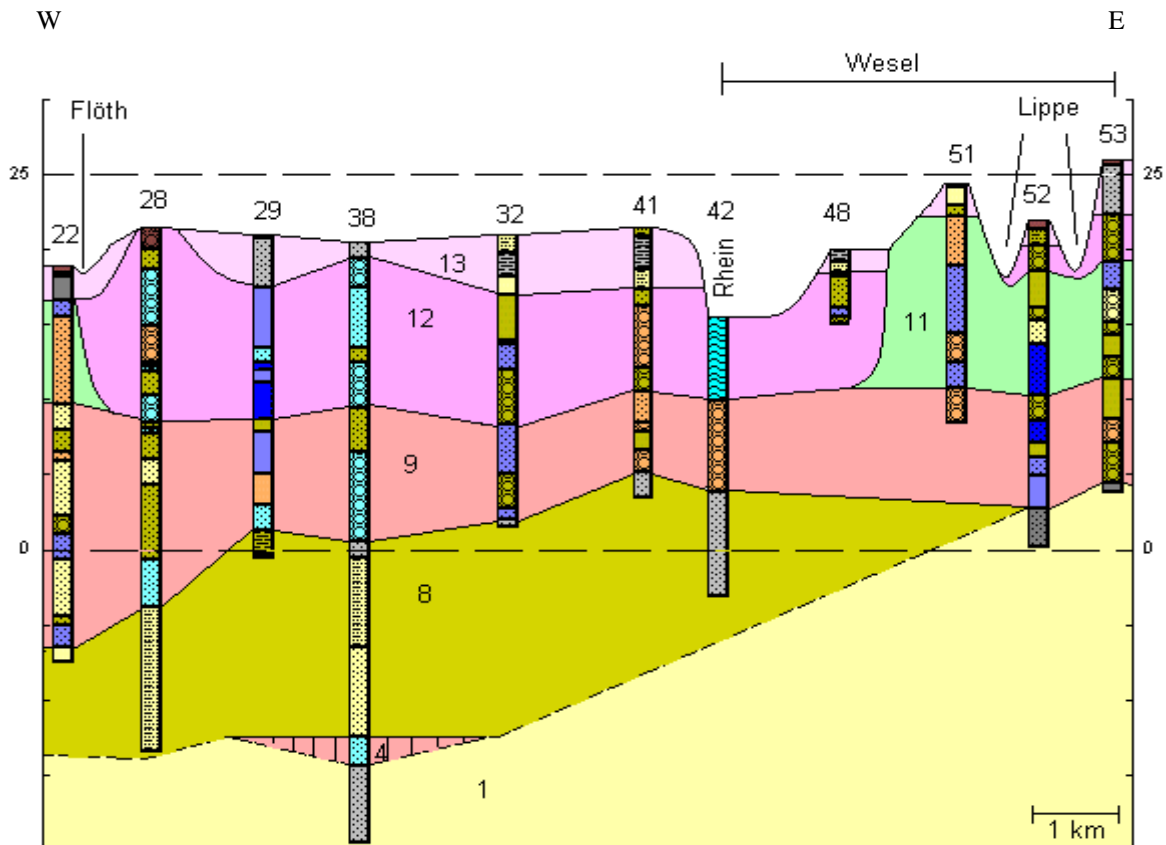
Da der Rhein das Blattgebiet Wesel fast diagonal durchfließt, sehen sich auch die West-Ost- und Süd-Nordschnitte sehr ähnlich.

Ansonsten erkennt man wieder die Erosion der Einheit 11 in Rheinnähe.

Zwischen den Bohrungen 1 und 2 im Schnitt Wesel 1 bilden Hochflutablagerungen über der Einheit 11 die Oberfläche (S1, fh/Nj). Einen Einschnitt in der Bohrung 10 (Aurinne) ist nach JANSEN (2001, Taf. 1) an dieser Stelle nicht zu erwarten. Zwischen Bohrung 4 und dem Rhein bildet die Auenterrasse 4 sowie die ungliederte jungholozäne Auenterrasse (z.T. mit Auesedimente bedeckt) die Oberfläche. Im Bereich der Bohrungen 18 und 20 im Schnitt Wesel 1 bildet Hochflutlehm über der Einheit 11 die Oberfläche, Auelehm über der Auenterrasse 1 wird in Bohrung 19 berührt (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel). Die östlich des Rheins auftretende Einheit 11 ist älter als die westliche (Nä zu Nj, vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel). Dass die Einheit 11 von Osten bis an den Rhein reicht (vgl. JANSEN 2001, Taf. 1), lässt sich wegen fehlender Bohrdaten in diesem Schnitt nicht belegen. Eine Beschreibung der Oberfläche der Schnitte Wesel 1 bis 8 nach KLOSTERMANN (1997) befindet sich im Anhang.

Zwischen der Bohrung 28 und dem Rhein des Schnittes 2 bilden die Auenterrassen 2 und 4 (z.T. mit Auensedimenten bedeckt) die Oberfläche (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel). Die Bohrung 41 zeigt einen künstlichen Rheindeich, der Bereich der Bohrungen 42 bis 48 besteht aus jungholozäner Auenterrasse und ab der Bohrung 51 erstreckt sich eine Flugsanddecke („S,a) über der Einheit 11, die z.T. mit Auensedimenten der Lippe überdeckt ist. KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) stellt Bohrungen 52 und 53 in die jungholozäne Terrasse (wie das gesamte Lippetal), JANSEN dagegen in den Auelehm (siehe auch Anhang).

Abb. 77: Schnitt Wesel 2 (117fach überhöht)



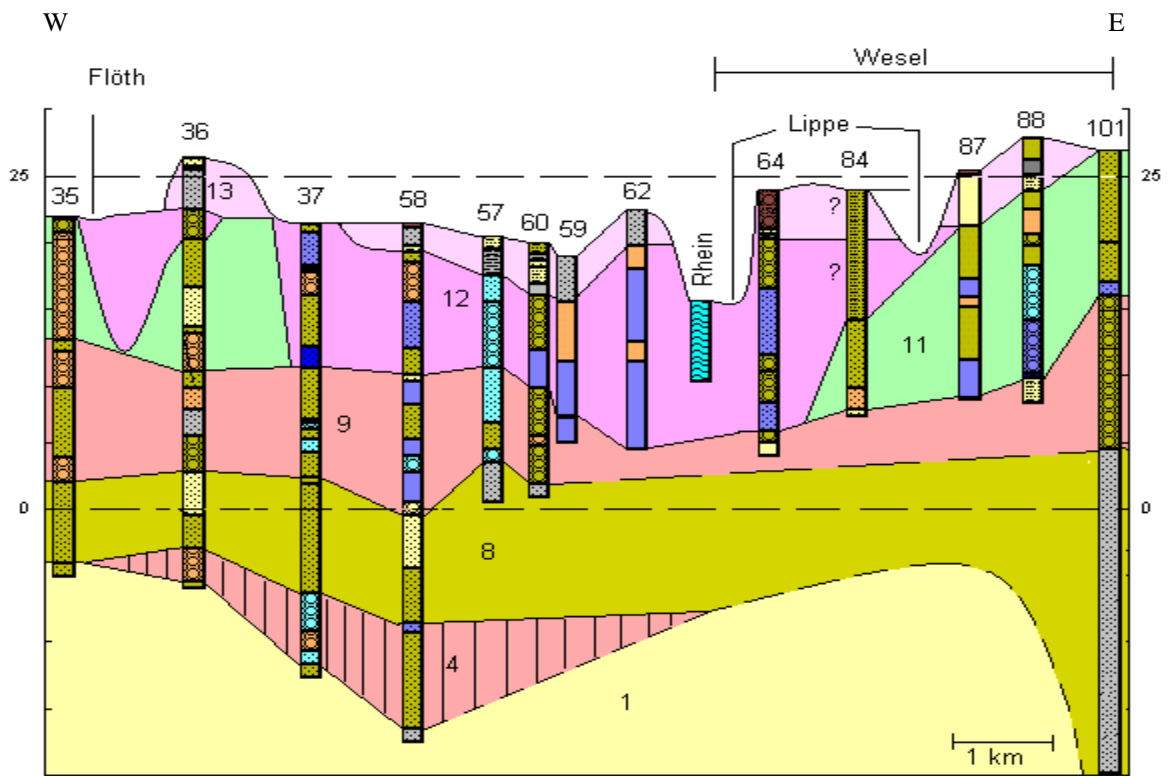
ç Xanten 2

Hünxe è

Die Bohrung 35 des Schnittes Wesel 3 befindet sich im Hochflutlehm über der Einheit 11 und wird durch die Auenterrasse 1 abgetrennt, die bis zur Bohrung 58 die Oberfläche bildet (z.T. mit Auensedimenten überdeckt). Der Ort Ginderich (östlich Bohrung 36) befindet sich wahrscheinlich wegen des Hochwasserschutzes in der Einheit 11. Die Bohrungen 57 und 60 befinden sich im Auelehm über der Auenterrasse 4, bis zum Rhein folgt Auelehm über jungholozäner Auenterrasse, dann der künstliche Deich. Bohrung 64 und 84 befinden sich ebenfalls in künstlichen Aufschüttungen, östlich davon beginnt eine Flugsanddecke, in der sich auch die Bohrung 87 befindet. Bohrung 88 und 101 befinden sich im Flugsand über Hochflutablagerungen (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel).

Die Bohrung 72 des Schnittes Wesel 4 zeigt Auensedimente über der Auenterrasse 5, Bohrung 73 markiert den Übergang zur Auenterrasse 6, in der sich auch Bohrung 74 befindet. Bohrung 75 bis 78 befinden sich in der Auenterrasse 4, Bohrung 80 und 98 in der jungholozänen Auenterrasse, Bohrung 99 bis 101 im Flugsand bzw. Hochflutsand über der Einheit 11 (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel).

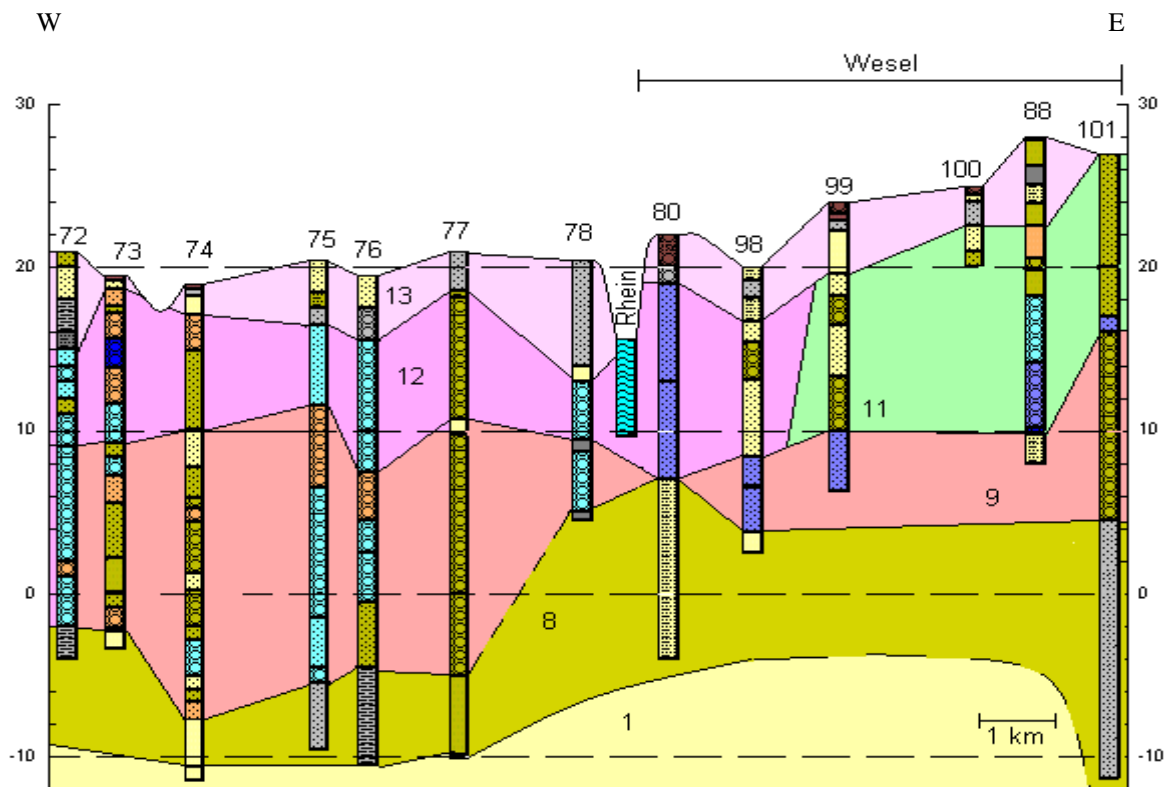
Abb. 78: Schnitt Wesel 3 (117fach überhöht)



ç Xanten 2+3

Hünxe è

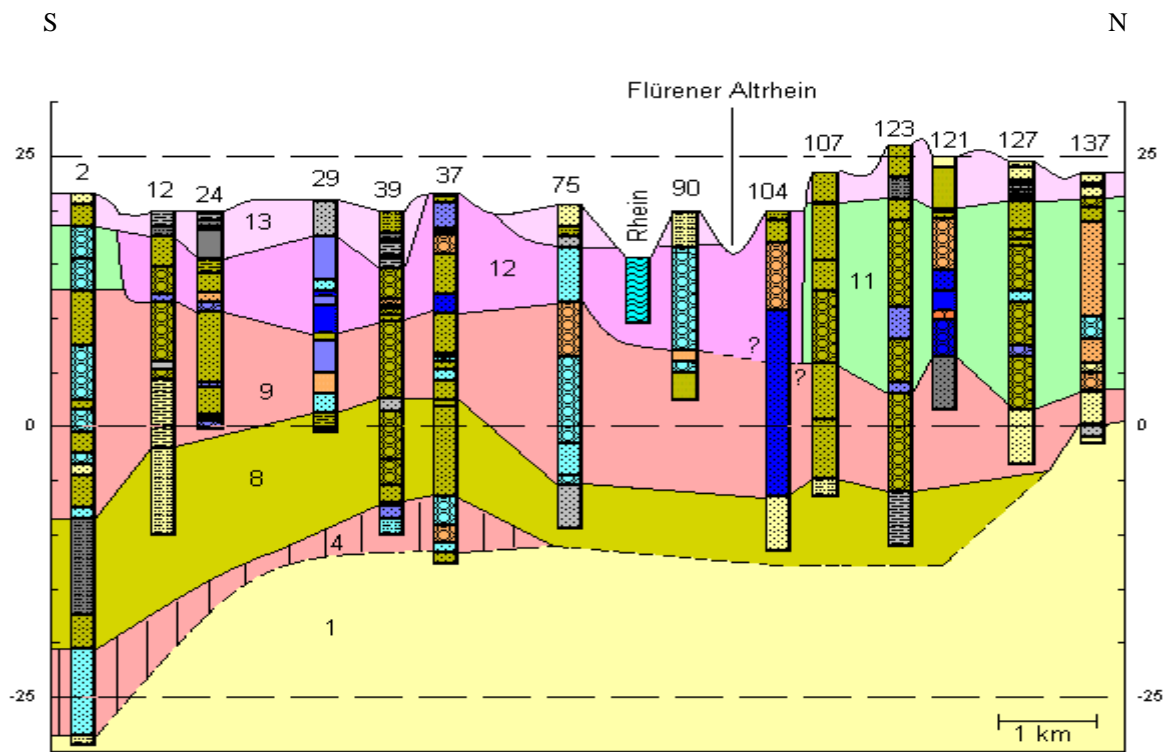
Abb. 79: Schnitt Wesel 4 (156fach überhöht)



ç Xanten 3

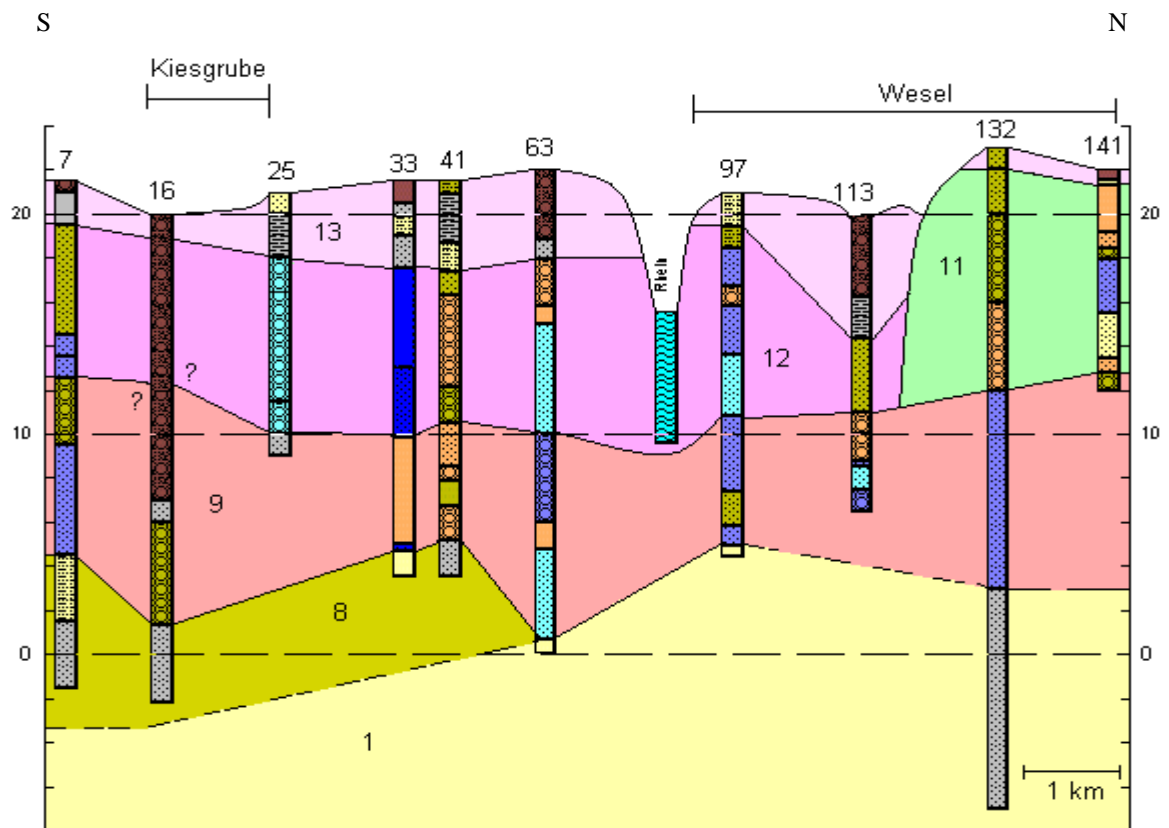
Hünxe è

Abb. 80: Schnitt Wesel 5 (103fach überhöht)



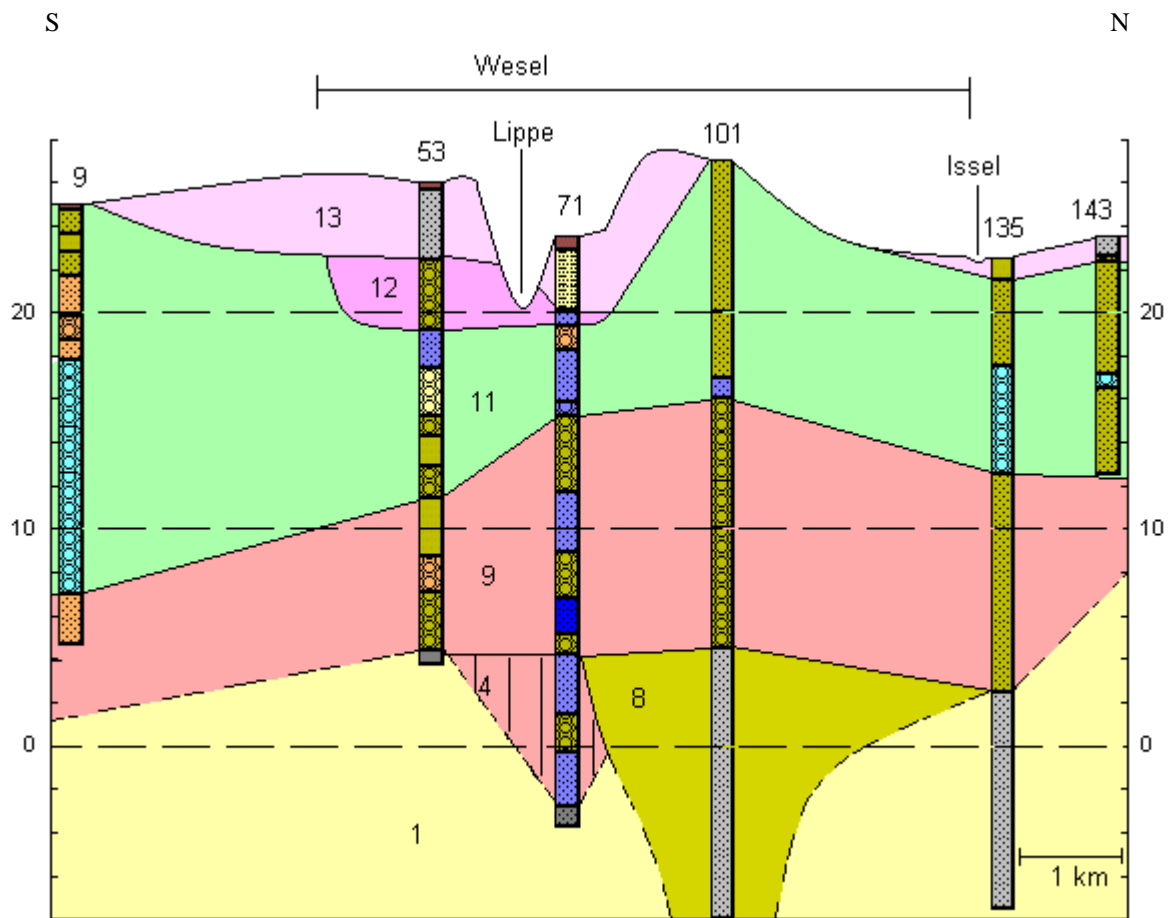
ç Rheinberg

Abb. 81: Schnitt Wesel 6 (195fach überhöht)



ç Rheinberg

Abb. 82: Schnitt Wesel 7 (156fach überhöht)



ç Rheinberg

Einzig die Bohrung 101 in den Schnitten Wesel 3, 4 und 7 zeigt eine Besonderheit. Auf keinem anderen Blatt findet sich eine solch tiefe Becken- oder Rinnenstruktur. Sie ist durch glaziären Einfluss entstanden.

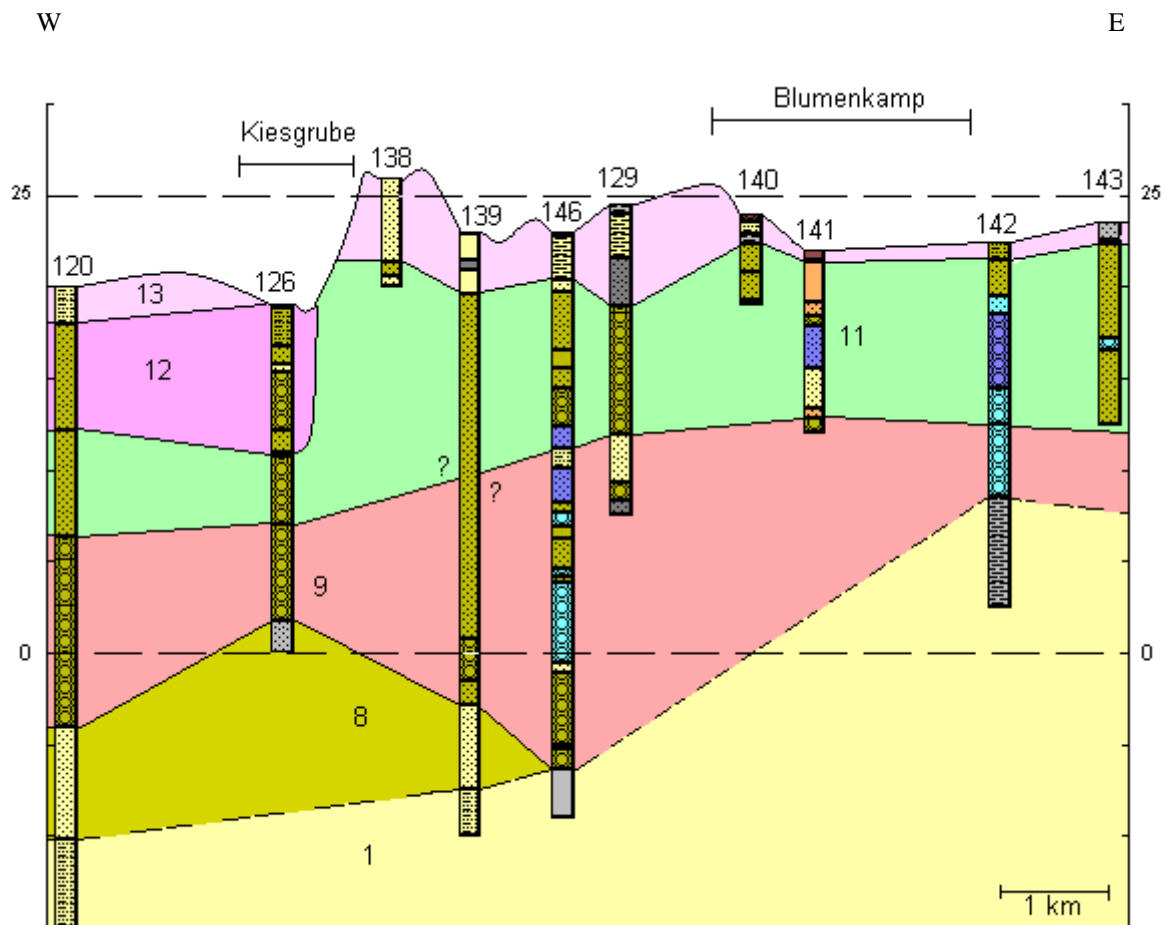
Der Bereich der Bohrungen 2 bis 75 des Schnittes Wesel 5 ergibt sich aus den Schnitten Wesel 1 bis 4. Die Bohrungen 90 und 104 setzen in künstlichen Aufschüttungen an, darunter befinden sich wohl Auen-sedimente der Auenterrasse 3. Ab Bohrung 107 bildet Flugsand (z.T. über Hochflutablagerungen) über der Einheit 11 (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel) die Oberfläche.

Südlich des Rheins im Schnitt Wesel 6 befinden sich die Bohrungen 7 bis 63 in den holozänen Auenablagerungen wie sie in den Schnitten Wesel 1 bis 4 beschrieben wurden, die Bohrung 63 zeigt den künstlichen Deich an. Die Bohrungen 97 und 113 liegen in der Auenterrasse 3 und nördlich davon folgen Flugsandablagerungen und Hochflutablagerungen über der Einheit 11 (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel).

JANSEN (2001, geol. Karte 4305 Wesel) beschreibt die Bohrung 53 (Schnitt Wesel 7) als Hochflutablagerungen über der Einheit 11. KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) beschreibt sie als Auelehm über jungholozäne Terrassen (vgl. Anhang). Dieser Unterschied im Bereich der Lippe tritt mehrfach auf. Da auch die Lippe Schotter abgelagert hat, nehme ich an, dass die Deutung nach KLOSTERMANN eher zutrifft.

Deshalb wurde im Bereich der Lippe die Einheit 12 eingezeichnet, was der Beschreibung nach JANSEN nicht immer entspricht.

Abb. 83: Schnitt Wesel 8 (141fach überhöht)



ç Xanten 6

Hünxe è

Der Schnitt 7 verläuft erst parallel zum Rhein, bevor es sich ab der Lippe von ihm entfernt. Die Einheit 8 der Bohrung 101 fiel schon im Schnitt Wesel 4 auf. Es handelt sich um eine über 40 m tiefe Rinnen- bzw. Beckenstruktur, die mit der Einheit 8 gefüllt ist. Die Oberfläche besteht durchgehend aus Hochflutablagerungen und Flugsand über der Einheit 11 (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel, siehe oben). Die meisten Bohrungen wurden schon in den West-Ost Schnitten beschrieben. Der nördliche Bereich befindet sich bereits in der Isselebene.

Die Bohrungen 120 und 126 des Schnittes Wesel 8 befinden sich im Auelehm der Auenterrassen 1, die Bohrung 138 in einer Düne, der Bereich der Bohrungen 139 bis 140 in Flugsandablagerungen (z.T. über Hochflutablagerungen) und ab Bohrung 141 bilden Hochflutablagerungen über der Einheit 11 die Oberfläche (vgl. JANSEN 2001, geol. Karte 4305 Wesel). Die Bohrung 139 scheint mit ihrem großen Sandpaket nicht in den Schnitt zu passen. Schnitt Wesel 8 nähert sich noch einmal dem Rhein in westlicher Richtung, aber ohne ihn zu erreichen. Dies erkennt man daran, dass die Einheit 11 im Westen geringmächtiger wird und dagegen die Einheit 12 an Mächtigkeit zunimmt. Die Einheit 11 muss im Bereich der Bohrungen 120 und 126 durch den Rhein ausgeräumt worden sein, denn nach JANSEN (2001, Tafel 1) handelt es sich im ganzen Schnitt um die ältere Einheit 11 (Nä).

6.3 Darstellung der Ergebnisse in Großschnitten

Es werden nun drei (bzw. vier) Schnitte, die in West-Ost-Richtung aneinander liegen, jeweils zu einem sog. Großschnitt zusammengestellt. Das hat den Vorteil, dass lokale Unebenheiten auf die Entfernung nicht mehr ins Gewicht fallen und dass alle Teile im selben Maßstab abgebildet werden. Bei den Einzelblättern hat RockWorks99 die Höhe der Schnitte für jedes Blatt individuell eingestellt, so dass ein Vergleich zwischen zwei Einzelschnitten nicht immer auf Anheb möglich war. Die Angaben wie Elten 1 oder Emmerich 1 beziehen sich auf den Schnitt Elten 2 bzw. Emmerich 2 aus Kapitel 6.1.

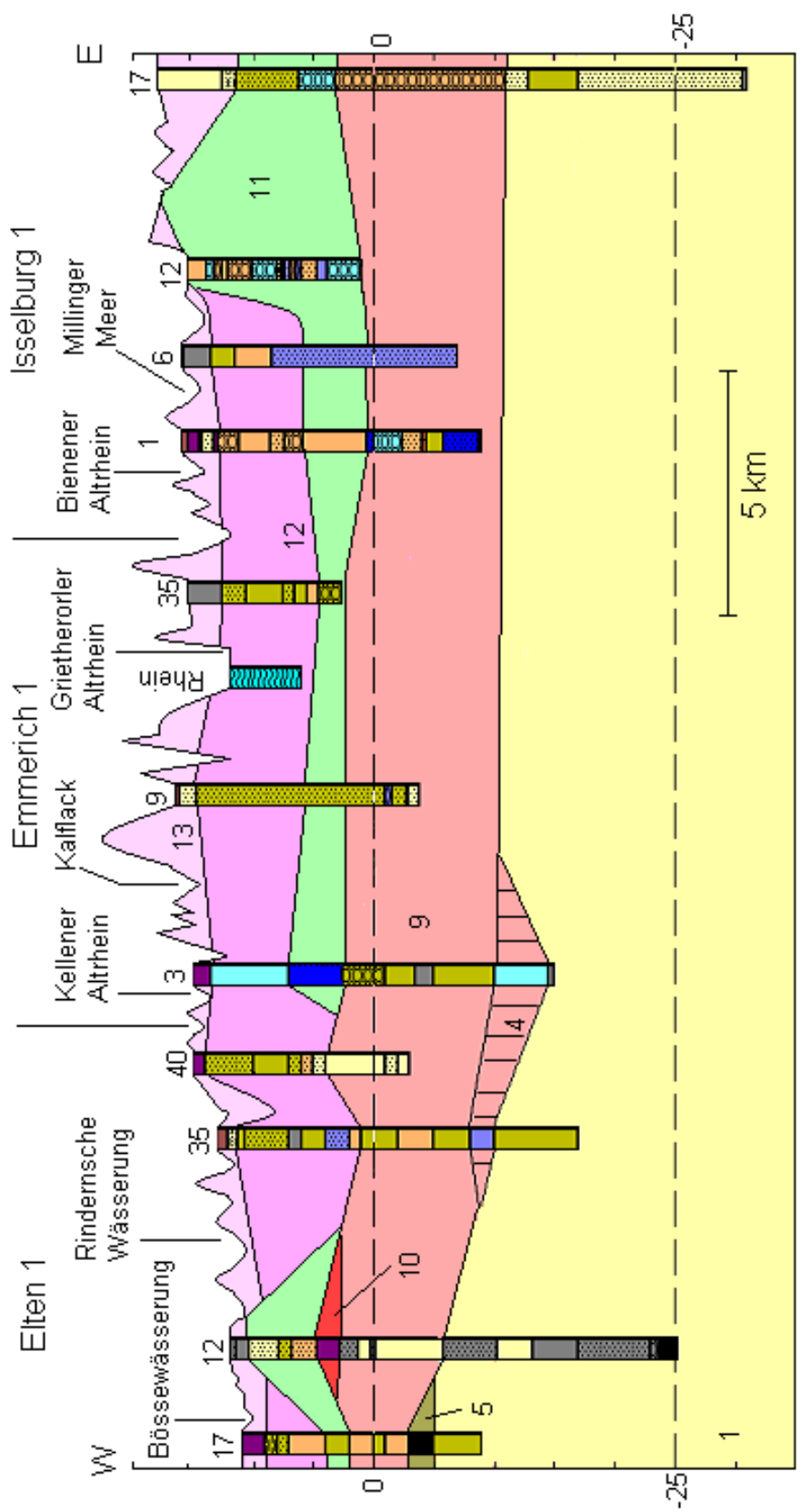
Der erste Großschnitt (Abb. 84: Großschnitt Elten-Isselburg) umfasst die Blätter Elten, Emmerich und Isselburg und hat eine Länge von ca. 34 km. Der Schnitt beginnt bei –30 m und endet bei 20 m über NN. Die Einheit 1 steigt in Ost-West-Richtung von –11 m auf –5 m an. Bei der Einheit 4 sieht man nun, dass sie sich über die Blattgrenze hinaus verbinden lässt. Die Einheit 11 zeigt deutliche Erosionsspuren. Im Westen des Großschnittes ist eine der wenigen Stellen im Untersuchungsgebiet, wo die Einheit 5 und 10 nebeneinander vorkommen. Die Einheit 11 liegt im Westen des Schnittes ca. 10 m tiefer als im Osten und ist im Westen auch deutlich weniger mächtig. Im Osten handelt es sich um die Isselebene. Die Einheit 12 kann eine Mächtigkeit von 15 m erreichen. Ohne Unterteilung der Bohrungen Emmerich 9 und Isselburg 6 wäre die Mächtigkeit der Einheit 12 wesentlich größer (siehe Kapitel 7.1, Einheit 12). Da auf der Einheit 11 bei Isselburg die Bedeckung durch die Einheit 12 fehlt, scheint der Rhein diesen Bereich seit der Entwicklung der Einheit 11 nicht mehr erreicht zu haben.

Der zweite Großschnitt (Abb. 85: Großschnitt Kleve-Rees) umfasst die Blätter Kleve, Kalkar und Rees. Auch dieser Schnitt ist ca. 34 km lang und umfasst eine Höhe von –25 m bis 40 m über NN. Die Einheit 1 reicht westlich der Einheit 6 bis an 0 m über NN, im Osten bis –5 m. Die Einheit 6 ragt 72,3 m über NN und ist ca. 1,5 km breit. Die Einheit 7 hat eine Höhe von 35 m, hat sich aber 6 km ins westliche Vorland ausgedehnt. Die Einheit 9 muss westlich, östlich und unter der Einheit 7 unterschiedlichen Alters sein (siehe Kapitel 7.1). Die Einheit 11 liegt im Westen höher als im Osten, aber die Isselebene ist hier nicht vorhanden. Wie schon im vorhergehenden Schnitt beschrieben, wurde im Bereich des Rheins die Bohrungen Rees 43 und 44 so getrennt, dass die Mächtigkeit der Einheit 12 nicht überhand nimmt.

Der dritte Großschnitt (Abb. 86: Großschnitt Uedem-Hünxe) beinhaltet die Blätter Uedem, Xanten, Wesel und Hünxe. Die gesamte Entfernung beträgt ca. 45 km und eine Höhe von –20 m bis 80 m. Am westlichen Rand des Schnittes reicht die Einheit 1 bis 20 m über NN, darüber befinden sich 8 m der Einheit 3. Im Osten reicht die Einheit 1 bis 60 m über NN, darauf befindet sich die Einheit 2. Somit bildet die Einheit 1 ein Becken, welches im Westen durch die Einheit 3 und im Osten durch die Einheit 2 begrenzt ist. Die tiefste Stelle des Beckens füllt die Einheit 4 aus. Darüber folgt die Einheit 8 mit einer maximalen Mächtigkeit von 15 m. Es folgen die Einheiten 6 und 7. Die Einheiten 9 bis 12 zeigen ihr schon oft beschriebenes Bild.

Der Bereich des Blattes Uedem beschreibt das Nierstal, zwischen Xanten und Wesel erstreckt sich das Rheintal. Nördlich der Lippe beginnt die Isselebene. Im Unterschied zu den beiden vorhergehenden Abbildungen, tritt hier noch die Einheit 8 auf. Auf diesem Großschnitt treten alle Einheiten, bis auf die Einheit 5, auf.

Der Teil Hünxe wurde von C. JANSEN (in Vorbereitung) in der gleichen Weise bearbeitet wie die eigenen Blätter.



450fach überhöht

Abb. 84: Großschnitt Elten - Isselburg

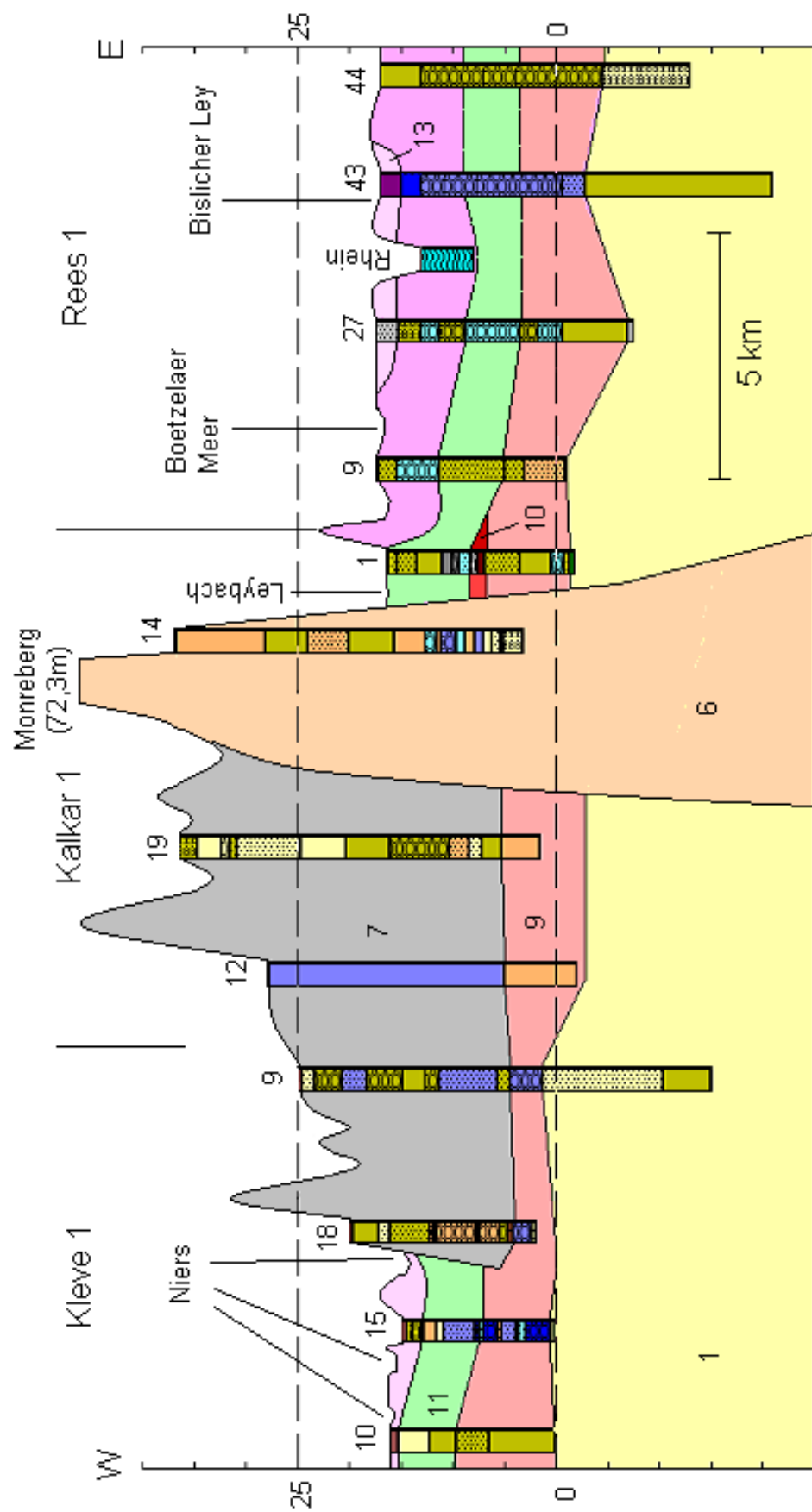
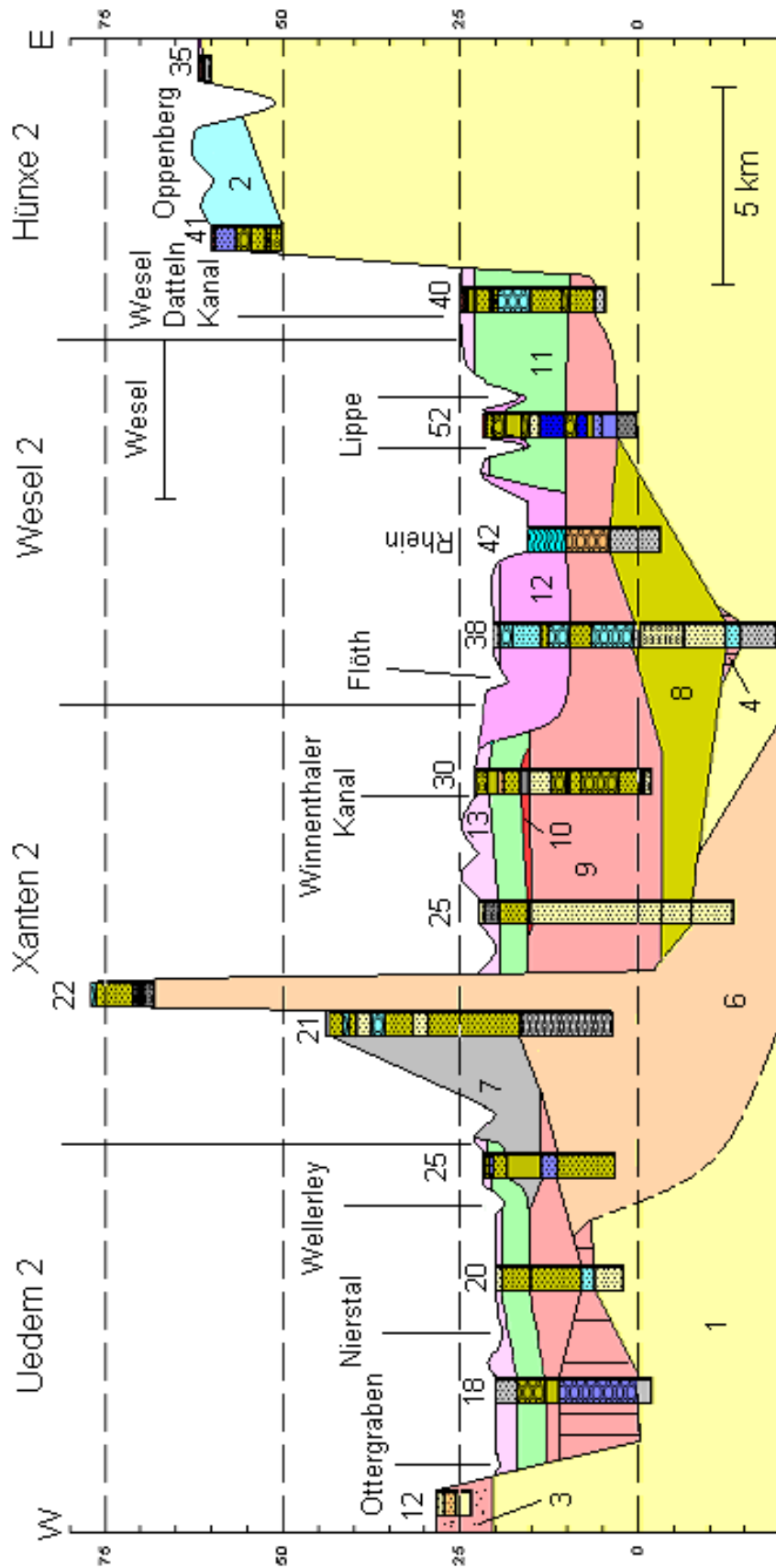


Abb. 85: Großschnitt Kleve - Rees

270fach überhöht



224fach überhöht

Abb. 86: Großschnitt Uedem - Hünxe

7. Aussagen der Bohrdaten

7.1 Gliederung der Lithologie

Die Abtrennung der Einheiten aus den vorhergehenden Kapiteln wurde unter lithologischen Gesichtspunkten durchgeführt. Nun wird an Hand von Diskussion, Interpretation und Fallbeispielen die Stratigraphie erarbeitet.

Die Einheit 1 wurde schon als Liegendes beschrieben, die fast ausschließlich aus feinem Sand, Schluff und Ton besteht. Oft wurden marine Fossilien in den Bohrdaten beschrieben. Des Weiteren können Mergel und glaukonitische Sande auftreten. Dieses zusammen lässt den Schluss zu, dass es sich bei der Einheit 1 um das Tertiär handelt. Im Untersuchungsgebiet befinden sich nur pliozänes und miozänes Material an der Basisoberfläche. Da das Meer aus nördlichen Richtungen in das Untersuchungsgebiet vordrang und sich auch in diese Richtung wieder zurückzog, befinden sich im nordwestlichen Teil des Gebietes mächtigere Ablagerungen als im Südosten. Außerdem befinden sich im nordwestlichen Teil die jüngsten Ablagerungen, da sich das Meer in diesem Bereich am längsten halten konnte. Während der Meeresregression wechselten die Ablagerungen von marinen Ablagerungen über Deltaablagerungen zu Flussablagerungen. Das bedeutet, dass die pliozänen Ablagerungen sich im Norden und Westen des Untersuchungsgebietes befinden, dagegen die miozänen Ablagerungen im Süden und Osten (vgl. KLOSTERMANN 1992 a, 1997, F. JANSEN 2001). Außerdem wurde die Niederrheinische Bucht gegenüber dem westlichen Rand tektonisch gesenkt, was zur Erosion der jüngsten Tertiärschichten innerhalb der Niederrheinischen Bucht führte.

Die Struktur der Oberfläche wurde durch Tektonik, Flüsse und Eiszeiten geformt. Die Abb. 87 zeigt die heutige Quartär-Basis. Dafür wurden alle Bohrdaten, die das Tertiär erreicht haben, mit der jeweiligen Höhenangabe in RW99 eingegeben. Das Programm erstellte daraus diese Karte. Die ausgesparten Bereiche sind Nachbarkarten von denen keine Bohrdaten zur verwendet wurden. Das Raster entspricht den topographischen Karten 1:25 000 von Elten bis Wesel, der heutige Verlauf des Rheins wurde durch eine Doppellinie dargestellt, die sich von Südosten nach Nordwesten zieht.

Auf dem ersten Raster (im Nordwesten, Blatt Elten) der Abb. 87 fällt die Quartär-Basis im Norden von -4 m auf -15 m im südwestlichen Bereich ab. Dieses scheint der südliche Teil des durch den ersten saalezeitlichen Eisvorstoß ausgeschürften Beckens zu sein, welche der Veluwe und der Kranenburger Lobus gebildet haben (vgl. Kapitel 4.5.3). Diese Vertiefung lässt sich auch über die beiden östlichen Blätter (Emmerich und Isselburg) verfolgen. Bei dem gelblichen Bereich im Nordosten des Blattes Emmerichs (-4 m) handelt es sich um vom Eltenberg aufgestauchtes Material.

Auf den drei südlich darunter liegenden Blättern (Kleve, Kalkar und Rees) erkennt man im Nordosten des Blattes Kleve die Vertiefung, die die Stauchmoränenwälle widerspiegeln. Diese Vertiefung läuft in Nordwest-Südost-Richtung über Blatt Kalkar zu den Blätter Udem und Xanten. Auf Blatt Kleve erkennt man im Südwesten das durch den Kranenburger Lobus aufgestauchte Material. Außerdem befinden wir uns im Südwesten des Blattes Kleve außerhalb des Einflussbereiches der Moränenwälle, was zwangsläufig eine höhere Lage der Quartär-Basis mit sich bringt. Auf Blatt Kalkar fällt der gelbliche Bereich nordöstlich des Moränenwalls auf. Seine genaue Ursache ist unsicher, er könnte aber ursprünglich mit dem Bereich von Blatt Emmerich in Zusammenhang gestanden haben und später durch den Rhein geteilt worden sein. Auf Blatt Rees befinden sich im äußersten Südwesten die Ausläufer der Moränenwälle. Im Südwesten des Blattes beginnt die Aufstauchung des Materials durch die Stauchmoränen, das sich U-förmig um den südlichen Teil der Stauchmoränenwälle zieht.

Im südwestlichen Bereich des Blattes Uedem befindet sich die Hochfläche des Tertiärs (vgl. Schnitt Uedem 1 und 2). Der nordöstliche Bereich des Blattes ist durch die Stauchmoränenwälle geprägt und das südwestliche Vorland durch die Sanderablagerungen. Im Nordwesten des Blattes Xanten befinden sich wieder die Moränenwälle. Südöstlich davon die Hees und dazwischen wiederum das aufgestauchte Material. Nach Südosten hin erkennt man die Ausläufer der Einheit 8, die im südwestlichen Bereich des Blattes Wesel ihre Fortsetzung findet. Im östlichen Bereich des Blattes Wesel beginnt der Anstieg der Quartär-Basis, der auf Blatt Hünxe sein Maximum erreicht. Auffällig ist die tiefe Struktur ganz im Westen des Blattes, die durch die Rinnen- bzw. Beckenstruktur in den Schnitten Wesel 4 und 7 (Bohrung 101, siehe unten) begründet ist.

Von den Blattgebieten Elten bis Rees gibt es keine älteren Quartär-Basiskarten, nur von Blatt Uedem (KLOSTERMANN 1992 b), Xanten (KLOSTERMANN 1989) und Wesel (JANSEN 2001). Dabei ist zu beachten, dass KLOSTERMANN (1992 b, Taf. 2) nur teilweise auf die Stauchung des Untergrunds eingeht, und auf Blatt Xanten (1989, Taf. 2) nur die sandig-kiesige Fazies berücksichtigt.

So stimmt der westliche Teil des Blattes Uedem mit der eigenen Quartär-Basiskarte grob überein. Auf die Verbindungen der Einzelpunkte zu Höhenlinien der eigenen Karte hatte ich keinen Einfluss. Je mehr Bohrungen benutzt wurden, umso genauer wurde die Karte. Einen großen Unterschied gibt es allerdings im Nordosten des Blattes Uedem. Dort zeigt KLOSTERMANN eine maximale Tiefe von -5 m. Durch die Stauchmoränenwälle setze ich diesen Bereich aber auf -25 m. Dieses setzt sich in der eigenen Quartär-Basiskarte auf Blatt Xanten fort. Hier hat KLOSTERMANN (1989, Taf. 2) mit -40 m die Stauchmoräne zwar noch tiefer beschrieben, aber ähnlich wie auf der eigenen Quartär-Basiskarte dargestellt. Ebenso lässt sich die Stauchung südlich der Moräne wiedererkennen und die Hees mit ihrer vorgelagerten Stauchung. Dagegen hat KLOSTERMANN die Einheit 8 im südöstlichen Bereich des Blattes Xanten nicht berücksichtigt. Er beschreibt dort eine Höhe von 0 bis +5 m, dagegen wird der Bereich in der eigenen Quartär-Basiskarte mit 0 bis -15 m beschrieben. Es scheint, dass in den Karten von KLOSTERMANN teilweise die Füllung zwischen den Moränen und nicht die Moräne selbst als Basis angesehen wird.

Auf Blatt Wesel deutet JANSEN (2001, Taf. 3) im südwestlichen Bereich die Einheit 8 an, aber nicht so tief wie auf den eigenen Karten. Weiter stimmen die Höhenlinien zwischen Blatt Xanten und Wesel (zwischen KLOSTERMANN und JANSEN) nicht überall überein. Dagegen erkennt man auf der eigenen Quartär-Basiskarte wie bei JANSEN den allgemeinen Anstieg der Basis in östliche Richtung. Auch die Becken- bzw. Rinnenstruktur im Ostteil des Blattes (siehe unten) lassen sich auf beiden Karten erkennen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die grobe Struktur der Quartär-Basiskarten des Geol. Dienstes mit der eigenen Karte übereinstimmt, nur im Bereich der Moränenwälle, der Aufstauchung, der Feinstruktur und der Einheit 8 fallen Unterschiede auf, wobei die Großstruktur der Quartär-Basis besser zum Schnitt A'B' (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) passt, als die Einzelblätter des Geol. Dienstes.

Nächste Seite:

Abb. 87: Karte der Quartär-Basis (Angaben in Meter über NN)

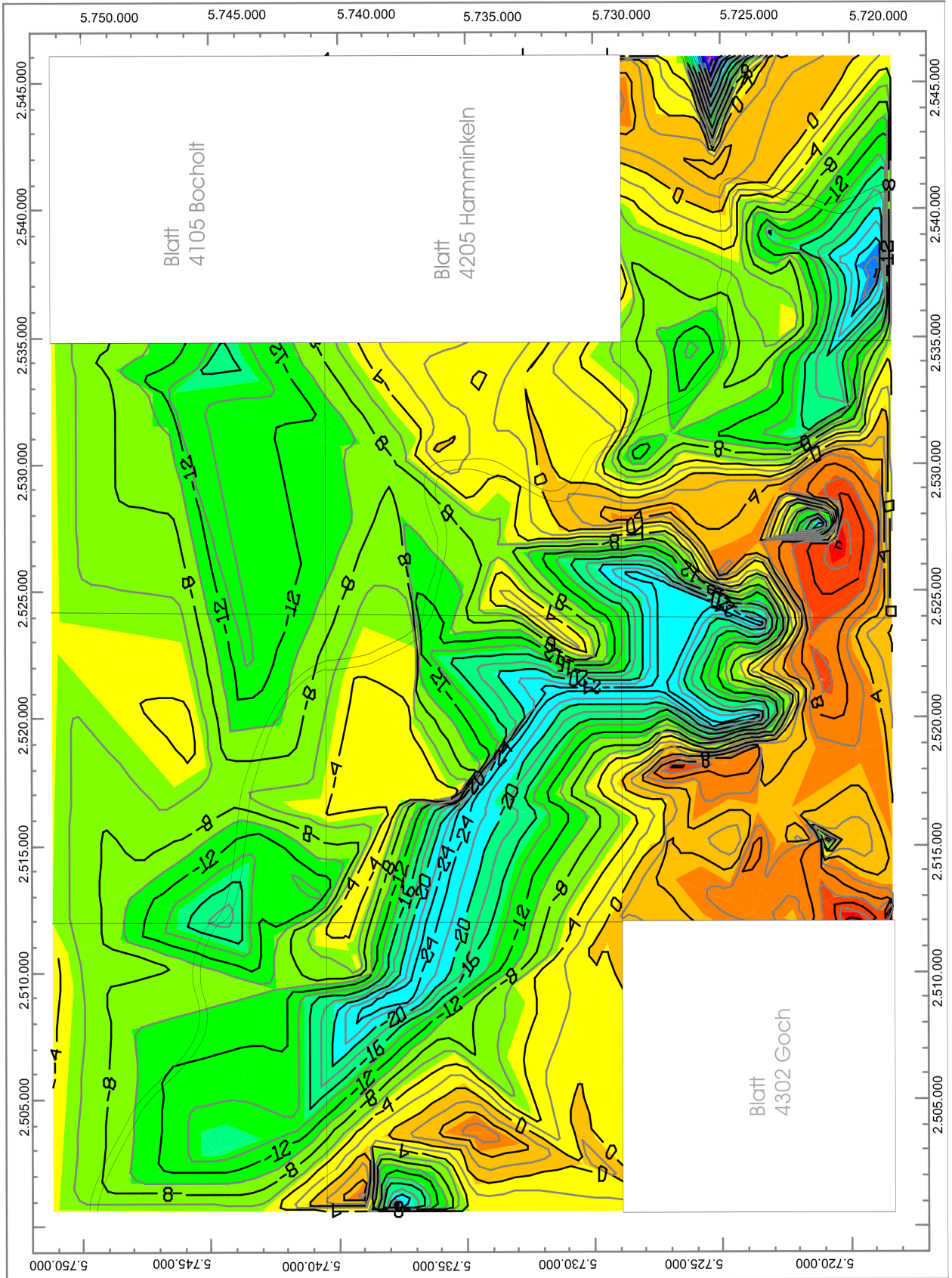
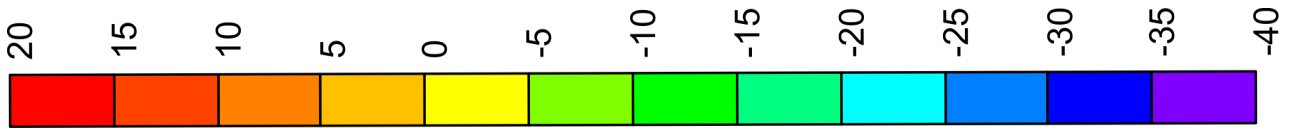


Abb. 87: Karte der Quartär-Basis

Die Einheit 2 ist im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden, sie kommt nur auf dem Großschnitt Uedem – Hünxe (Abb. 86) vor. Sie enthält grobe Sande und Kiese und fällt durch ihre hohe Lage auf. Hierbei handelt es sich um die nicht weiter untergliederte jüngere Hauptterrasse (vgl. KLOSTERMANN 1997: 29).

Die Einheit 3 befindet sich an der südwestlichen Grenze des Untersuchungsgebietes (vgl. Abb. 86). Sie liegt in einer Höhe von 20 m über NN und besteht auch aus größerem Material. Sie liegt diskordant auf den pliozänen Ablagerungen, wurde unter kaltklimatischen Bedingungen gebildet und als obere Mittelterrasse abgetrennt (vgl. KLOSTERMANN 1997: 31). Sie gehört, wie die Hauptterrasse, zu den Hangterrassen und wurde im Untersuchungsgebiet nicht weiter gegliedert.

Die Einheit 4 wurde als grober Basiskies abgetrennt. Er befindet sich an der Quartär-Basis der Niederrheinischen Bucht und besteht aus groben Sanden und Kiesen sowie Schotter. Diese Einheit wurde als mittlere Mittelterrasse bestimmt. Da diese Terrassenablagerungen nur innerhalb tiefer Erosionsrinnen im Liegenden der holsteinzeitlichen Tone und Torfe auftritt, bezeichnete sie QUITZOW (1956: 371) als Rinnenschotter. Die Sedimente sind in einem verwilderten Flusssystem entstanden.

Nach KLOSTERMANN (1992 a: 75-78) können die Rinnenschotter eine Ausdehnung von einigen Zehnermetern bis mehrere hundert Meter erreichen. Ob sie in Blatt Elten und Emmerich flächendeckend oder nur lokal vorkommen, lässt sich an Hand der Bohrdaten nicht mit Sicherheit sagen. Auf Blatt Wesel (Schnitt 1, 2, 3 und 5) befinden sich die Rinnenschotter unter den, noch zu besprechenden, Beckenschluffen (Einheit 8) und in den Schnitten Elten und Emmerich lassen sie sich durch ihre groben Bestandteile auch ohne Holstein-Schichten gut abtrennen. Das bedeutet, dass es noch andere Unterscheidungskriterien für die mittlere Mittelterrasse gibt als die Holstein-Schichten, denn sie kann alleine durch ihre Tieflage oder durch die Beckenschluffe identifiziert werden.

Die Einheit 4 kann auch in die Stauchung durch die Einheit 6 mit einbezogen worden sein (siehe Schnitte des Blattes Xanten).

In Abb. 88 (Seite 129) sind alle Funde der Einheit 4 eingetragen.

Dabei fällt auf, dass es zwei getrennte Bereiche gibt. Der eine liegt auf Blatt Uedem. Hier liegt die Oberfläche der mittleren Mittelterrasse um die 10 m über NN (vgl. auch KLOSTERMANN 1992 b: Taf. 1) und wurde zum Teil durch die Einheit 9 ersetzt. Der andere Bereich liegt entlang des Rheins. Dieser Bereich liegt wesentlich tiefer. Auf Blatt Wesel liegt die Oberfläche der mittleren Mittelterrasse an der tiefsten Stelle bei -20 m (Bohrung 2) und auf Blatt Emmerich bei -12 m. Auch entlang des Rheins wird die 0 m-Marke nicht überschritten. Anscheinend lag dieser Bereich schon vor dem Erreichen des Inlandeises tiefer als der Bereich bei Uedem.

Die Einheit 5 besteht überwiegend aus sehr feinem Material. Des Weiteren hat sich oft ein fossiler Boden erhalten. Das sind die Bedingungen, die diese Einheit als die Holstein-Schichten ausweisen. Im Schnitt Kalkar 4, zwischen Bohrung 67 und 70, ist die einzige Stelle im Untersuchungsgebiet, wo das Holstein durch eine 10 cm mächtige Torfschicht bei -3,4 m von mir gedeutet werden kann. Es liegt hier diskordant auf dem Tertiär. Dieses nur rund 0,1 Meter mächtige Vorkommen lässt keine weiteren Schlüsse zu. Ein Holstein-Komplex, oder eine Aufteilung des Holsteins in I und II, mit einer, nach KLOSTERMANN (1992 a: 79 - 92), dazwischen liegenden unteren Mittelterrasse 1, lässt sich im Untersuchungsgebiet nicht nachweisen. Dafür finden sich Reste des Holsteins in der Einheit 6. So zum Beispiel in Bohrung 111 im Schnitt Emmerich 3. Da aber vor der Einheit 6 (Eltenberg), in Bohrung 38, etwa 10 m höher Rinnenschotter auftreten, muss das Holstein später dorthin transportiert worden sein.

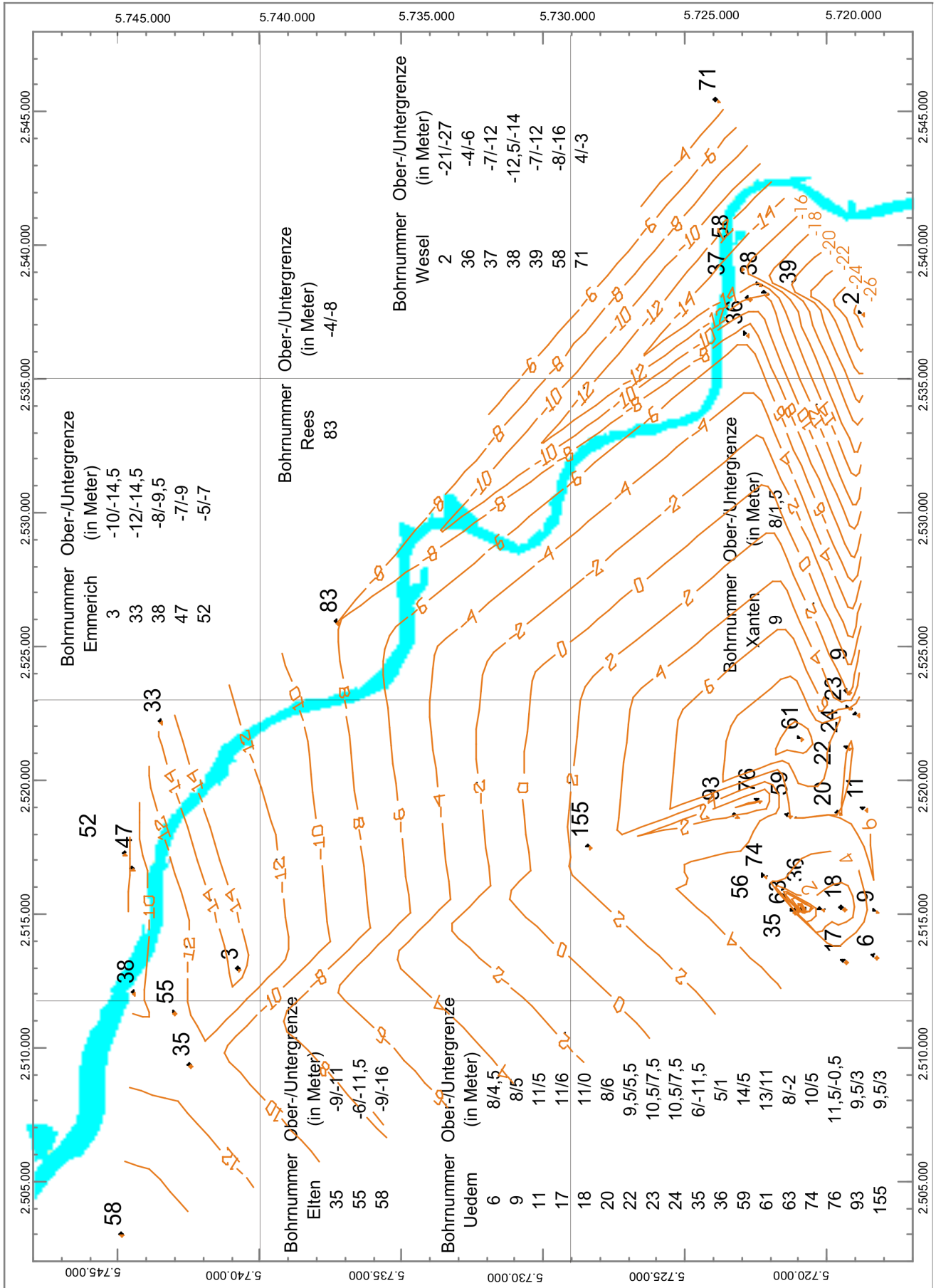


Abb. 88: Verteilung der mittleren Mittelterrasse (mit Höhenangaben und Isolinien der mMt-Basis)

Bei der Einheit 6 handelt es um Moränenmaterial, welches zu den ersten glaziären Ablagerungen im Untersuchungsgebiet gezählt wird und eine Mächtigkeiten von über 110 m erreichen kann. Die zwei saalezeitlichen Eisvorstöße (mit ihren verschiedenen Oszillationen) haben während ihrer nordost-südwestgerichteten Bewegung Material ab der Kreide bis zum eigenen Auftreten aufgenommen und in Stauchmoränenwälle an anderer Stelle wieder abgelagert. Das Material wurde aufgearbeitet und überschoben, so dass es als die ursprünglichen Schichten meist nicht mehr erkennbar ist. Es treten gebietsweise Schollen älteren Materials auf. Zwar sollen sich unter dem Schaephuysen Höhenzug die Schichten weiterverfolgen lassen (THOME 1984: 20, Abb. 2), aber im Untersuchungsgebiet lässt sich dies nicht nachvollziehen.

KLOSTERMANN (1997) gibt die maximale Mächtigkeit der Moränenablagerungen auf Blatt C 4302 mit 70 m an. Im Untergrund beschreibt er eine Tiefe von -30 m, sowie eine Höhe im Schnitt AA´ von 70 m. Der „Stoppelberg“ als höchste Erhebung im Untersuchungsgebiet (Schnitt Kleve 4 und 5) erreicht eine Höhe von 91 m über NN. An Hand der Bohrungen wurde die Mächtigkeit der Moräne mit 20 bis 25 m unter NN angenommen, so dass sich eine Gesamtmächtigkeit von 110 m ergibt. BRAUN & THIERMANN (1981) zeigen für den Stauchmoränen-Endwall im geologischen Schnitt des Blattes 4103 Emmerich (Eltenberg) auch eine Ansatzhöhe von 25 m unter NN.

THOME (1958) beschreibt zwei Eisvorstöße am Niederrhein, wobei THOME (1959) den ersten Eisvorstoß als den weiteren identifizierte. Dies lässt sich auch im Untersuchungsgebiet bestätigen.

Ob es sich in dem Zwischenraum zwischen den beiden Haupteisvorstößen um ein Interglazial oder um ein Interstadial handelt, ist dagegen nicht bekannt.

Wie in Kapitel 4.5.3 beschrieben, erreichte der erste saalezeitliche Eisvorstoß den Niederrhein (vgl. KLOSTERMANN 1992: 110). Neben dem Kranenburger Lobus wurden auch Teile des Reichswaldes, der Sonsbecker Lobus und Teile des Xantener Lobus aufgestaucht. Zusammen mit den Oszillationen ergibt sich für mich ein Bogen vom Paulsberg über östlich Uedem, dem Gochfortzberg, dem Tüschental (Hammerbruch) und Veen zum Rhein (vgl. Abb. 89 a), mit einer Ausbuchtung durch die Oszillation im nördlichen Hochwald (vgl. Abb. 7b). Teile der Hees, wie in Kapitel 4.5.3 beschrieben, sind meiner Meinung nach noch nicht entstanden.

Der zweite Eisvorstoß bildete den eigentlichen Hochwald und den Balberger Wald. Schmelzwässer trennten den Balberger Wald ab. Im Ganzen stimme ich KLOSTERMANN bei der Entwicklung der Moränen zu. Eine Ausnahme bildet die Hees. Auf Blatt Xanten zeigen die Schnitte 3, 9 und 10, dass sich unter der Hees die Einheit 8 (Beckenschluffe) befinden kann. Diese stammen meiner Meinung nach vom ersten (siehe auch KLOSTERMANN 1997 b: 32) und zweiten Eisvorstoß, so dass die Hees während der Ablage noch nicht vorhanden gewesen sein kann.

Die Bohrung 108 der Schnitte Uedem 5 und 8 befindet sich zwischen dem Gochfortzberg und dem Tüschental, was bedeutet, dass der Untergrund durch die Moräne gebildet sein muss. Die im Schnitt Uedem 11 dargestellte Moräne und der Sander (Bohrungen 86 bis 141) besitzen ein unterschiedliches Alter. Der Paulsberg und der im Südwesten des Schnittes Uedem 11 folgende Gochfortzberg stammen nach KLOSTERMANN (1989 a) vom ersten Eisvorstoß. Sein Sander befindet sich westlich und südlich davon (siehe Schnitt Uedem 7). Der auf den Moränenteilen liegende Sander des Schnittes 11 stammt dagegen vom zweiten Eisvorstoß (Hochwald). Er wurde später durch Schmelzwässer und niveo-fluviatile Einflüsse verändert. Dem zu Folge stammt der Sander der Schnitte Uedem 7, 9 und 10 vom ersten Eisvorstoß und steht mit dem Paulsberg, dem Monreberg und dem Kranenburger Lobus in Verbindung. Die Bohrungen 154 und 62 des Schnittes Uedem 11 und die Bohrungen 20 und 31 (auf Blatt Xanten) beschreiben dagegen den Sander des zweiten Eisvorstoßes. Im Bereich des nördlichen Hochwaldes können durch die Oszillationen beide Sander vorhanden sein.



Abb. 89 a: Gliederung der Eisvorstöße (perspektivische Ansicht; erstellt mit dem Programm Top 50, 10fach überhöht)

Der erste Eisvorstoß verläuft als Erhöhung von Nordwesten kommend über Uedem, dem Gochfortzberg (Erhöhung nördlich der Autobahnausfahrt AS4), der Ortschaft Balberg, über den südlichen Teil des Tüschenswalds (der Bereich „Wald“ des Balberger Waldes, auch als Sonsbecker Lobus bezeichnet) zum Rhein. Beim Abschmelzen dieser Eismassen entstanden im inneren Teil die ersten Beckenschluffe. Der zweite Eisvorstoß bildete den Hochwald und den nördlichen Teil des Tüschenswalds (Hochwald, Balberger Wald). Es bildeten sich die zweiten Beckensande. Schmelzwässer trennten den Hochwald vom Tüschenswald. Die Hees scheint erst durch eine Oszillation des zweiten Eisvorstoßes entstanden zu sein.



Abb. 89 b: Weiterer Verlauf der Eisvorstöße nördlich des Monreberges (perspektivische Ansicht; erstellt mit dem Programm Top 50, 10fach überhöht).

Die Bundesstrasse 57 zwischen Kalkar und Kleve markiert die Grenze der Stauchmoränenendwälle, sie selbst befindet sich aber schon außerhalb. Die Erhöhungen südwestlich der B 57 zeigen die Moränen, bzw. dessen Reste, an (siehe unten, Einheit 7). Weiter westlich schließt sich ein Sanderfeld an (Gocher Heide), welches bis zur Ortschaft Nierswalde reicht. Südwestlich dieser Ortschaft beginnt das Nierstal. Im Nordwesten (bei Kleve) beginnt der Anstieg zum Stoppelberg und Brandenburg (vgl. Schnitt Kleve 4–6). Dort beginnt der Kranenburger Lobus. Somit ergibt sich eine Sanderfläche, die im Osten und Norden von den Stauchmoränenendwällen und im Süden und Westen durch das Nierstal begrenzt wird. Diese Begrenzung lässt sich bis an die Westgrenze des Blattes Kleve verfolgen (zwischen den Schnitten Kleve 1 und 4, vgl. auch Abb. 28, Reichswald).

Da die Hees nach Schnitt Xanten 10 auch auf der Einheit 8 zu liegen scheint, kann sie nicht vom ersten Eisvorstoß gebildet worden sein. An Hand des Schnittes scheint die Hees auch nicht direkt beim zweiten Eisvorstoß entstanden zu sein, sondern erst bei einer Oszillation des zweiten Eisvorstoßes. Ein Indiz dafür ist die isolierte Lage der Hees.

Die Einheit 7 kann nur bei Anwesenheit einer Moräne entstehen. An den Stauchmoränenendwällen treten Schmelzwässer aus, die abhängig von der Fließgeschwindigkeit gröberes und feineres Material im Vorland nach Korngröße sortiert ablagert. Es handelt sich um Sanderablagerungen.

Einer der bekanntesten Sander am Niederrhein ist die Bönninghardt südlich des Untersuchungsgebietes. Im Untersuchungsgebiet gilt das Vorfeld des Uedemer Hochwaldes und des Kranenburger Lobus (Gocher Heide und Reichswald) als ein Vertreter dieser Art.

Als Vorschüttungen verändern Sander den Untergrund natürlich nicht so tief und nachhaltig wie die Moräne, dafür überdecken sie alle Schichten, die vor ihnen entstanden sind. Dies ist insofern wichtig, als die Terrassenkörper der Einheit 9 zum Teil vor, aber auch während der Bildung der Sander entstanden sind. Also lassen sich, allein durch die Anwesenheit eines Sanders, Rückschlüsse über die Terrassenkörper der Einheit 9 ziehen.

SIEBERTZ (1983, 1985) zeigte, dass Stauchwälle und Endmoränen nicht zwingend den weitesten Vorstoß eines Gletschers zeigen. Vielmehr können Stauchwälle Ruhephasen eines Gletschers anzeigen, die beim weiteren Vorstoß überfahren und zerstört werden können. Dabei können sich glaziäre Zyklen ausbilden. Diese Zyklen gliedern die Sandersedimente und die darin eingelagerten Teile der Grundmoräne. Nach LIEDTKE (1981) entstanden die Endmoränenzüge erst beim Rückzug der Gletscher. Dagegen können Sanderschüttungen als Vertreter der Moränenwälle den weitesten Eisvorstoß wiedergeben (GRIPP 1975). Der Schaephuysen und Xantener Stauchwall sind Moränenablagerungen, die Bönninghardt und die Gocherheide Sanderablagerungen. Dabei sind die glaziären Zyklen oft lückenhaft (HECK 1961). Da es im Untersuchungsgebiet zwei von einander unabhängige Eisvorstöße gab, muss es auch zwei unterschiedliche Sanderschüttungen geben.

Eine Aufteilung der Sanderschüttungen im Untersuchungsgebiet befindet sich in Kapitel 4.5.3. Eine Abweichung zu den eigenen Beobachtungen besteht nicht. KLOSTERMANN 1989, vgl. auch Kapitel 4.5.3) beschreibt die Sanderablagerungen im Bereich des Uedemer Hochwaldes, der in Abb. 89a dargestellt ist. Der weitere Verlauf in nördlicher Richtung zeigt die Abb. 89b. Die Sanderschüttungen lassen sich im Westen über die Grenzen der Abb. 89b, im Reichswald, weiter verfolgen.

Als letzte glaziäre Einheit wurde die Einheit 8 abgetrennt. Sie kommt nur auf Blatt Xanten und Wesel vor und dort nur innerhalb des Gletscherbereiches. Sie besteht aus feinem Material wie Ton, Schluff und Feinsand. Entstanden ist sie beim Abschmelzen des Gletschers. Dabei sank das feine Material auf den Grund. Es handelt sich um die Beckenschluffe und Beckensande.

KLOSTERMANN (1997) beschreibt auf Blatt C 4302 Bocholt die Beckenschluffe als eine bis zu 35 m mächtige Füllung des durch den Gletscher ausgeräumten Raumes. F. JANSEN (2001) schränkt den Bereich im westlichen Teil des Blattes 4305 Wesel schon deutlich ein. Er weist auf kleinere Vorkommen im Westen des Blattes hin und auf ein bis über 80 m mächtiges Vorkommen im Osten. Beides lässt sich an Hand der Bohrdaten so nicht bestätigen. Einerseits zeigen die Bohrdaten der Schnitte Wesel 1 – 5 und 8, dass die Beckenschluffe 2/3 des Blattes Wesel bedecken (im Gegensatz zu F. JANSEN 2001), andererseits befindet sich unter den Beckenschluffen Rinnenschotter, der eine Mächtigkeit der Beckenschluffe von 35 m (nach KLOSTERMANN 1997) ausschließen lässt. JANSEN (2001: 92) beschreibt einen 2,5 km breiten und zum Teil mächtigen Bereich im Westen des Blattes Wesels (zwischen Friedrichsfeld und Lackhausen) unter den Ablagerungen der Niederterrasse und der jüngeren Mittelterrasse 2 (vgl. auch Abb. 101: Darstellung der Beckenschluffe). Durch das Eis wurde dieser Bereich ausgeschürft. Beim Abschmelzen des Gletschers lagerte sich dort die mitgeführte Sedimentfracht ab. Weiter finden sich Beckenschluffe im Liegenden der Niederterrasse und der jüngeren Mittelterrasse 3. Diese gehen nach Osten in eine Stauchmoräne über und lassen sich bis Blatt Xanten verfolgen. Nach JANSEN (2001: 92) gibt es zwei voneinander

unabhängige Beckenablagerungen: im Liegenden der jüngeren Mittelterrasse 2 und der jüngeren Mittelterrasse 3 bzw. der Niederterrasse (vgl. JANSEN 2001, Taf. 1).



Abb. 90: Lage der glazialen Becken in den Niederlanden
(umgezeichnet nach BERENDSEN & STOUTHAMER 2001)

Nach VAN DEN BERG (mündliche Mitteilung 2004) wurde auf Blatt Dinxperlo (Niederlande, nordöstlich von Blatt Emmerich) eine eiszeitliche Rinne beschrieben, die die Gliederung der darüber liegenden Ablagerungen in Frage stellt. Ursprünglich hat F. JANSEN (2001) den Bereich auf Blatt Dinxperlo entsprechend Blatt Wesel interpretiert. Unter dem Holozän folgen mehrere Sand- und Kiespakete, die nach F. JANSEN (2001) der älteren Niederterrasse und der jüngeren Mittelterrasse 2 zuzuordnen sind.

Dabei traten auf Blatt Dinxperlo die gleichen Probleme der Einordnung wie im eigenen Untersuchungsgebiet auf, nämlich, dass die Sand- und Kiespakete der Niederterrasse und der Mittelterrassen nicht immer eindeutig zugeordnet werden können. Direkt unter der Einheit 9 befinden sich feinkörnige Ablagerungen in einer Rinnenstruktur. An dessen Rändern befinden sich Reste einer Grundmoräne, und darunter wiederum Reste vom Holstein und Rinnenschotter. VAN DEN BERG lässt Zweifel darüber aufkommen, dass die jüngere Mittelterrasse 2 so mächtig über den Beckenschluffen liegt. Er stellt den Großteil der

Schotterpakete im Hangenden der Beckenablagerungen in die Formation von Kreftenheye, was der NT und der uMT 3 und 4 entspricht (vgl. Tab. 7).

Für die Rinnenstruktur auf Blatt Dinxperlo, die mehrere Zehnermeter mächtig ist, sind drei Ursachen möglich:

1. synglaziale Schmelzwasserrinnen vor oder unter dem Gletscher,
2. Teile des als „braided-river“ durch das Isseltal zur Nordsee entwässernden Rheins während der späten Saale,
3. Teil eines postglazialen, hinter dem Endmoränenwall befindlichen, saalezeitlichen Beckensystems, welches von Nord-Holland bis Wesel reicht.

Dabei ist die Ursache 3 die wahrscheinlichste. Dies bedeutet wiederum, dass die unmittelbar im Hangenden der Rinnenstruktur befindlichen Sande und Kiese jünger sein müssen als die Einheit 8 und der Einheit 9 zugerechnet werden müssen. Abb. 90 zeigt die Lage der Rinnen.

Da es sich bei der Einheit 6 um mindestens zwei getrennte Eisvorstöße handelt, muss es auch zwei unterschiedlich alte Einheiten 8 geben. Die ältere Einheit 6 gehört zum ersten Eisvorstoß, dessen Stauchmoränenendwall sich auf Blatt Uedem befindet (vgl. Abb. 89 a). Die bei der Abschmelzung gebildete Einheit 8 wurde im gesamten Innenbereich abgelagert. Die jüngere Einheit 6 (Hochwald, Tüschental, usw., vgl. Abb. 89 a) wird als zweiter Eisvorstoß gedeutet, der eine weitere Einheit 8 zur Ablage gebracht hat. Es könnte sich zwischen den beiden Einheiten 8 ein Terrassenkörper der Einheit 9 gebildet haben. Ob dieser im Bereich des Blattes Xanten nie ausgebildet wurde oder erodiert wurde, ist nicht bekannt. Der Unterschied der beiden Einheiten 8 besteht darin, dass der ältere Teil durch den zweiten Eisvorstoß gestaucht wurde. Die Stauchung lässt sich zwar durch Bohrdaten nicht nachweisen, aber in den Bohrungen des Blattes Xanten deuten isolierte Schluff- und Feinsandfunde (vgl. Kapitel 6.2, Blatt Xanten, Seite 105-111) in der Moräne auf die heute gestörte Lagerung hin.

Nächste Seite (136):

Abb. 91: Die Basis der unteren Mittelterrasse (Angaben in Meter über NN)

Übernächste Seite (137):

Abb. 92: Die heutige Oberfläche der unteren Mittelterrasse (Angaben in Meter über NN)

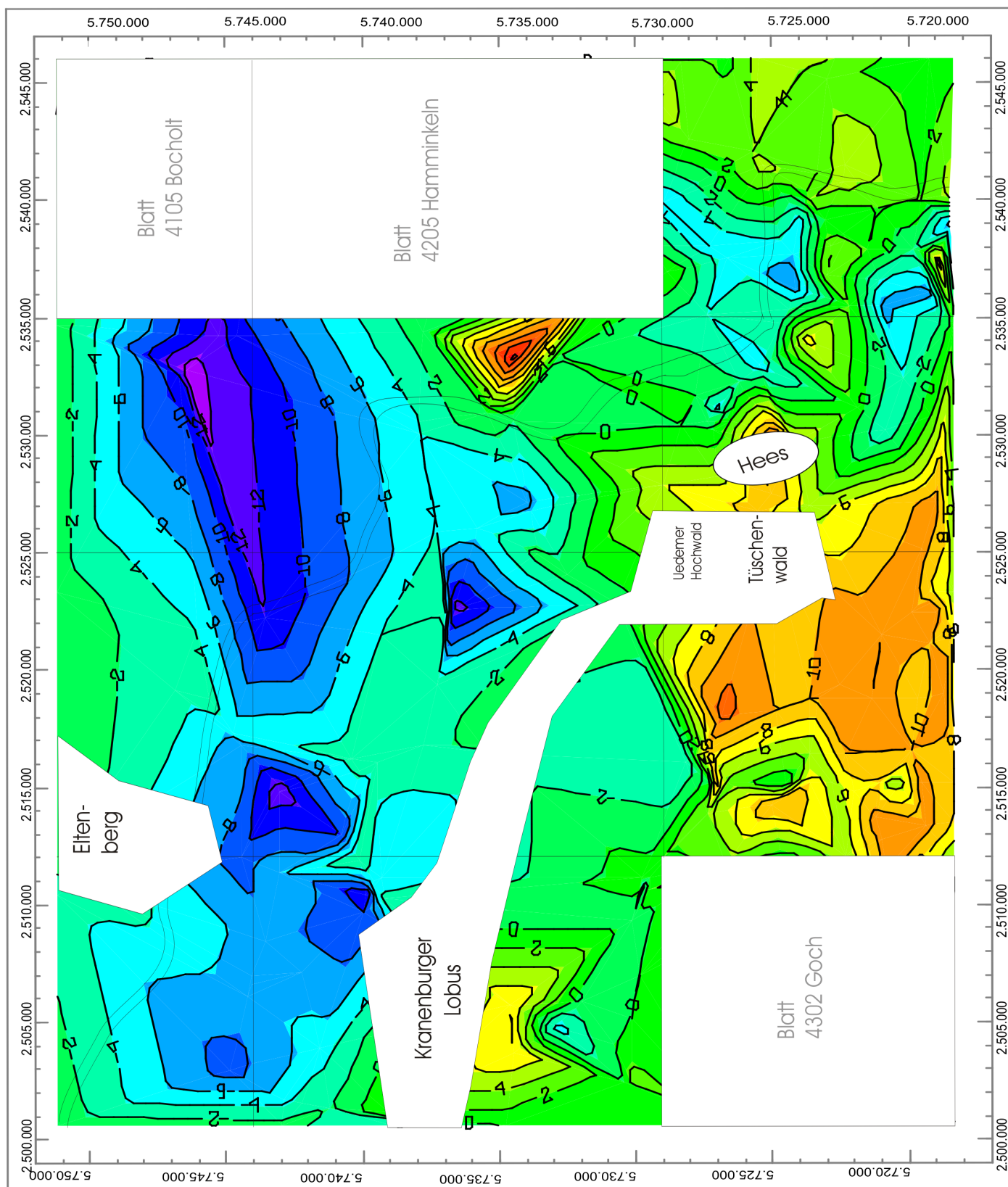


Abb. 91: Die Basis der unteren Mittelterrasse

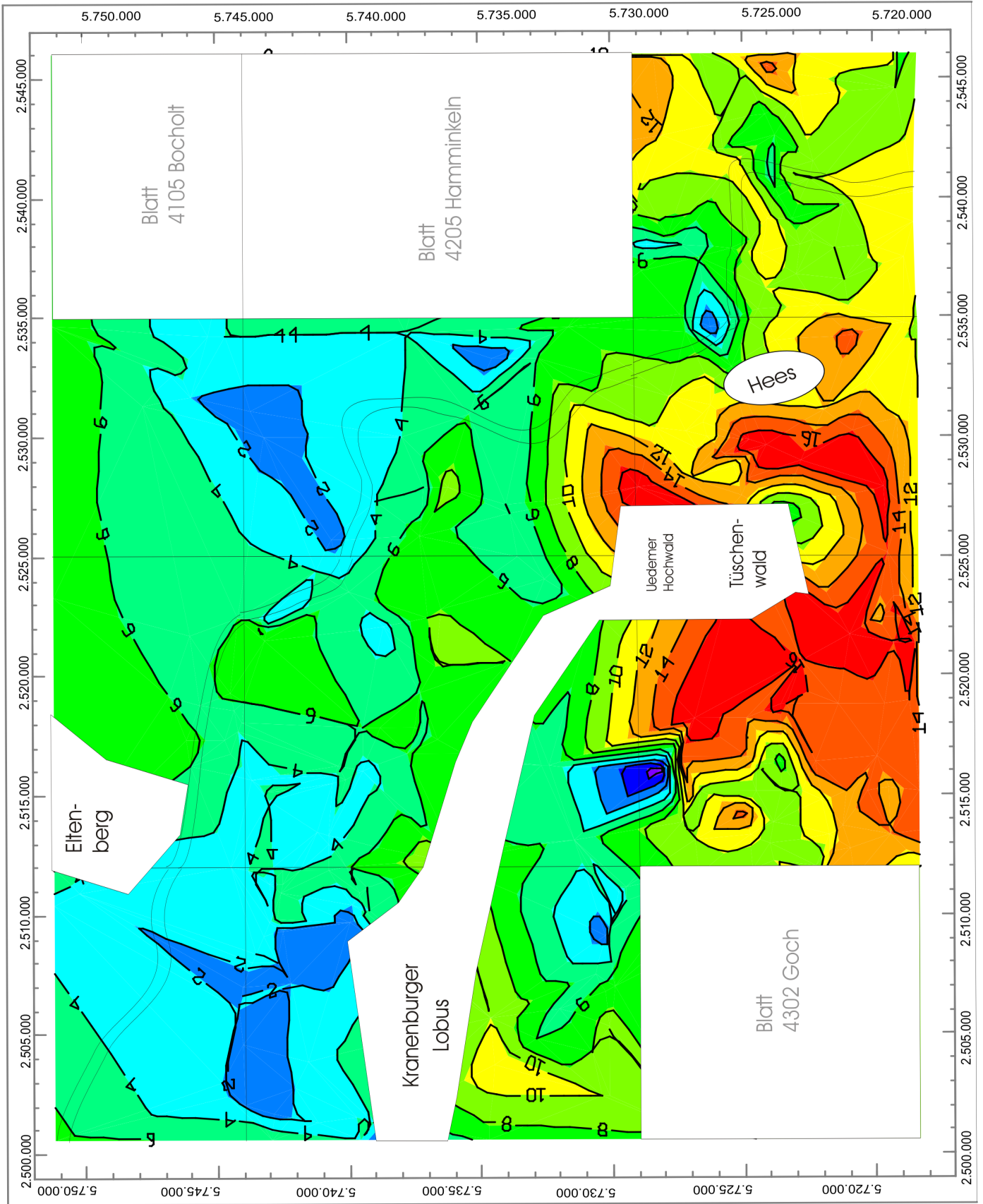
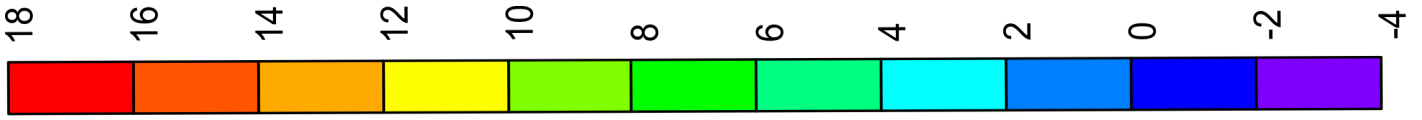


Abb. 92: Die heutige Oberfläche der unteren Mittelterrasse

Bei der Einheit 9 handelt es sich um einen gradierten Klastit, bei dem meist vom Liegenden zum Hangenden eine Verringerung der Korngröße zu beobachten ist. Sie kann von Kies bis Ton reichen. Wie schon in Kapitel 6.1 beschrieben, handelt es sich um eine der auffälligsten und am weitest verbreitetsten Einheiten. Sie wurde der unteren Mittelterrasse gleichgesetzt. Alleine mit Bohrdaten lässt sich eine Gliederung der unteren Mittelterrasse nicht durchführen. Sie zeigen aber, dass die untere Mittelterrasse während der gesamten Saale-Kaltzeit aufgeschottert und zum Teil wieder abgetragen wurde. Dabei wurde die Sedimentation und Erosion des Rheins mindestens zweimal durch Eisvorstöße unterbrochen und das Material räumlich verschoben.

Abb. 91 zeigt die Basis der unteren Mittelterrasse und Abb. 92 deren Oberfläche. Die Vorgehensweise zur Erstellung der Karten war die gleiche wie bei Abb. 87 (Raster, Rhein usw.). Dabei deuten die Bereiche wie Eltenberg oder Uedemer Hochwald auf die Stauchmoränen hin, unter denen sich keine untere Mittelterrasse befinden kann.

Auf beiden Abbildungen zeigt sich, dass die gesamte untere Mittelterrasse von der Form der Tertiäroberfläche und der Moränen beeinflusst wurde. Der südlich Bereich (25 528 000 Rechts, 5 723 000 Hoch, zwischen dem Sonsbecker Lobus und der Hees) zeigt z.B. auf allen drei Karten eine Erhöhung der Ablagerungen auf Grund nachträglicher Stauchung. Die Basis-Karte (Abb. 91) zeigt den Beginn der Ablagerungen, also auch die Ablagerungen der Einheit 9, die vor der Schüttung der Sander entstanden sind (südöstlich des Bereiches Kranenburger Lobus bis Tüschental). Auf den Blättern Elten und Emmerich lagerten sich die unteren Mittelterrassen so tief ab, weil der Gletscher im Vorfeld diesen Bereich großflächig ausgeräumt hat. Das bedeutet aber auch, dass diese Terrassenablagerungen erst nach dem Eisvorstoß entstanden (im Gegensatz zu den Terrassenablagerungen südöstlich der Stauchmoräne). Dieser Einfluss muss sich bis Blatt Isselburg fortgesetzt haben. Auf den Blättern Kleve, Kalkar und Rees liegt der Bereich südwestlich der Stauchmoränenwälle höher als der Bereich nordwestlich davon. Einerseits wurde gerade beschrieben, dass im Südwesten die jüngsten Ablagerungen der unteren Mittelterrasse liegen, andererseits liegt der nordöstliche Bereich der Basiskarte von Kalkar und Rees nicht so tief wie auf den Blättern Elten bis Isselburg. Einerseits ist dies darauf zurückzuführen, dass der Einfluss des Kranenburger Lobus fehlt, andererseits auch durch die natürliche Fließrichtung des Rheins.

Die untere Mittelterrassen-Basis der Blätter Uedem, Xanten und Wesel liegt noch etwas höher. Dies ist wiederum auf die Fließrichtung des Rheins zurückzuführen. Allerdings kann dies nicht als Begründung für den Bereich südlich zwischen Tüschental und Hees gelten. Dieser Bereich wurde durch die Stauchmoräne beeinflusst.

Wie die GD-Schnitte Uedem und Xanten (KLOSTERMANN 1992 b: Taf. 1 und 1989: Taf. 1) zeigen, liegt die untere Mittelterrasse 2 westlich der Stauchmoränenendwälle unter der Moräne, östlich darüber. Der Rhein konnte natürlich vor Eintreffen des Inlandeises den Bereich westlich und östlich der späteren Moräne durchfließen, während der Eisbedeckung jedoch nur den westlichen Bereich. Ältere Ablagerungen (ältere untere Mittelterrasse 2) wurden östlich der Moräne durch diese ausgeräumt und im westlichen Vorland durch die Moräne aufgestaucht. Bei der östlich der Moräne abgelagerten unteren Mittelterrasse 2 muss es sich demnach um die jüngere handeln. Der Rhein muss nach dem Eisrückzug den Moränenbereich an einer Stelle durchbrochen haben, aber wo diese Stelle liegt ist nicht gesichert (eventuell weiter im Süden).

Möglicherweise floss der Rhein vor Eintreffen des Inlandeises primär im Westen höher als im Osten des Untersuchungsgebietes und wurde durch die Stauchung noch etwas erhöht, so dass die Erosion dieser Terrassenablagerungen verhindert wurde. Wie auf allen 6 GD-Schnitten des Blattes Uedem zu sehen ist (KLOSTERMANN 1992 b: Taf. 1), lagerte sich im weiteren Vorfeld der Moräne auch die untere Mittelterrasse 3 ab, die sich teilweise tief in die untere Mittelterrasse 2 eingeschnitten hat.

Die Oberflächen-Karte der Einheit 9 (Abb. 92) zeigt ein ähnliches Aussehen wie die Basiskarte. Alle markanten Höhen und Tiefen treten auch hier auf, nur um einige Höhenmeter versetzt. Die untere Mittelterrassen-Oberfläche auf Blatt Elten liegt rund 7 m höher als die Basis, die des Blattes Emmerich 8 m und des Blattes Isselburg 10 m. Die Angaben des Blattes Isselburg sind unsicher, da es nur wenige Bohrdaten gibt.

Auf den Blättern Kleve, Kalkar und Rees beträgt die Höhendifferenz zwischen der Basis- und Oberflächenkarte rund 8 m, ebenso auf den Blättern Uedem, Xanten und Wesel. Dass die Höhendifferenz im ganzen Untersuchungsgebiet ca. 8 m beträgt, liegt wohl daran, dass der Rhein ein offenes System ist, der von Süden genau so viel Material einbringt, wie er nach Norden wieder entfernt.

Eine eindeutige Zuordnung der Sedimente der Einheit 9 zur älteren unteren Mittelterrasse 2 nach KLOSTERMANN (z.B. 1992 b) ist unter den Sanderablagerungen möglich. Z.B. ist in den Schnitten Kleve 1, 2 und 7 (Abb. 29, 30 und 35) und im Schnitt Uedem 7 (Abb. 59) unter dem Sander die Einheit 9 gefunden worden. Da wir uns westlich der Moränen befinden und die Einheit 9 unter dem Sander liegt, muss es sich um die ältere untere Mittelterrasse 2 handeln, denn die jüngere untere Mittelterrasse 2 wurden erst nach den Eisvorstößen abgelagert. Noch eindeutiger wird der Befund, wenn die Schnitte Uedem 9 und 10 (Abb. 61 und 62) sowie die Schnitte Xanten 1 und 2 (Abb. 65 und 66) in diese Betrachtung miteinbezogen werden. Hier sieht man, dass die Einheiten 9 und 1 gestaucht wurden. Die Stauchung konnte aber nur mit Material der Einheit 9 vorgenommen werden, das schon vorhanden war, als der Eisvorstoß aus nordöstlicher Richtung den Niederrhein erreichte. Folglich kann es sich nur um die ältere untere Mittelterrasse 2 handeln.

In den Schnitten Kalkar 1, 2 und 5 (Abb. 38, 39 und 42) lässt sich beobachten, dass die Einheit 9 hinter (östlich) der Moräne höher liegt als unter dem Sander. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Sedimentation der Einheit 9 nach dem Eisvorstoß weiter gegangen ist. Da der östliche bzw. nördliche Bereich der Einheit 9 der Schnitte Kalkar 1, 2 und 5 aber weder unter einem Sander liegt, noch Spuren einer Stauchung aufweist, muss dieser Teil der Einheit 9 jünger sein, also zur jüngeren unteren Mittelterrasse 2 oder zu noch jüngeren Terrassenablagerungen gehören.

Im Schnitt Kalkar 4 (Abb. 41) ist die einzige Stelle im Untersuchungsgebiet, die die Mächtigkeit der Einheit 9 zwischen den Einheiten 5 und 10 widerspiegelt. Sie beträgt 8 m. Tatsächlich gibt es aber Bereiche, wo die Mächtigkeit der Einheit 9 größer ist, aber da dort entweder die Einheit 5 und/oder 10 fehlen, ist die Gesamtmächtigkeit der Einheit 9 nicht zu bestimmen.

Nächste Seite:

Abb. 93: Die Basis der Eem-Ablagerungen (Angaben im Meter über NN)

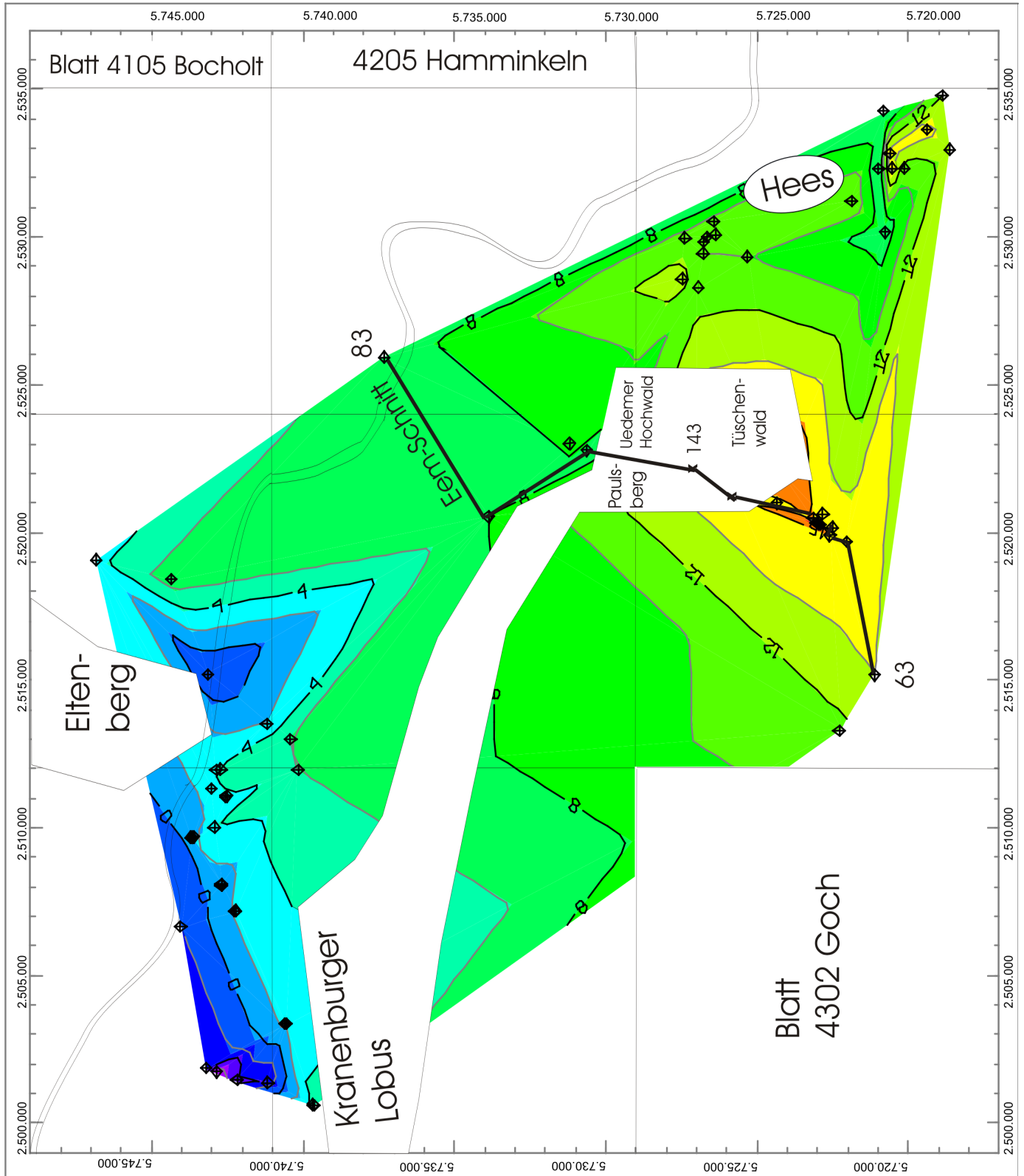
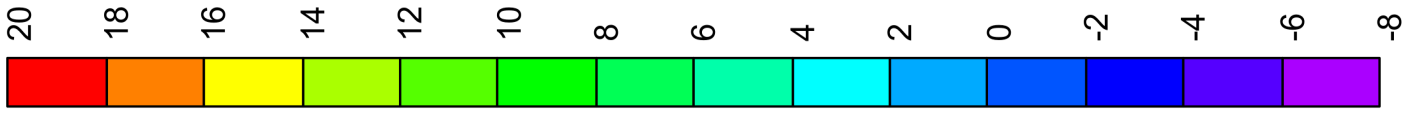


Abb. 93: Die Basis der Eem-Ablagerungen

Um das Alter der unteren Mittelterrasse noch weiter einzugrenzen, ist noch von Bedeutung, dass sich die untere Mittelterrasse 3 nach KLOSTERMANN (1992 b) vom Südosten des Blattes Uedem bis in den Südwesten des Blattes verfolgen lässt. Westlich der Uedemer Hochfläche dehnt sich die untere Mittelterrasse 3 nach Norden aus und erreicht die Nachbarblätter Kleve und Goch (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 63 und Taf. 1). JANSEN (2001: 96) beschreibt die untere Mittelterrasse 3 auf Blatt Wesel nur im nordwestlichen Teil. Sie verläuft in nordwestliche Richtung ins Blattgebiet Rees und Hamminkeln, wo sie durch mehrere Rammkernbohrungen auf Blatt Hamminkeln nachgewiesen wurde. Auf Blatt Xanten tritt sie nach KLOSTERMANN (1989) nicht auf und BRAUN & THIERMANN (1981) sprechen auf Blatt Emmerich nur allgemein von einer unteren Mittelterrasse.

Die untere Mittelterrasse 4 ist nach KLOSTERMANN (1997: 34) im Untersuchungsgebiet nicht erhalten geblieben.

Die Einheit 10 wurde wegen der feinen Bestandteile und des „fossilen Bodens“ (Torf) abgetrennt. Im Untersuchungsgebiet beschrieben VON DER BRELIE & MÜCKENHAUSEN & REIN (1955) Torfvorkommen und bezeichneten sie als Torf von Weeze. Es handelt sich dabei um Ablagerungen der Eem-Warmzeit.

Sein Vorkommen ist im Untersuchungsgebiet auf Reste beschränkt. Eine Verwechslung mit dem Holstein ist insofern nicht möglich, da das Holstein (bei ungestörter Lagerung) tiefer liegt als das Eem. Außerdem ist das Holstein im Untersuchungsgebiet noch seltener anzutreffen als das Eem.

Das Eem kann hilfreich sein, um die untere Mittelterrasse von der darüber liegenden Einheit 11 abzutrennen.

Die Abb. 93 gibt die Verteilung der Eem-Ablagerungen wieder, wobei die schwarzen Kreuze die tatsächlich gefundenen Torfe aller Bohrungen widerspiegelt, ansonsten wurde diese Karte nach dem gleichen System wie die Abb. 87, 91 und 92 erstellt.

Auffällig ist, dass sich die Torfe besonders in unmittelbarer Nähe zu den Moränenwällen erhalten haben (nördlich des Kranenburger Lobus, westlich, südlich und östlich des Eltenbergs, nördlich des Uedemer Hochwaldes, westlich des Tüschentaldes, nördlich und südlich der Hees). Es ist denkbar, dass die Ablagerungen an diesen Stellen durch die Moränenwälle vor der Erosion geschützt waren. Dagegen ist auf Blatt 4104 Isselburg keine Bohrung mit Eem-Ablagerungen gefunden worden und auf den Blättern 4204 Rees und 4305 Wesel jeweils nur eine Bohrung. Dies wiederum könnte bedeuten, dass der Rhein in diesen Bereichen die Eemablagerungen abgetragen hat.

Im Vergleich zur Abb. 92 fällt auf, dass in Bereichen der Karten, in denen tatsächlich Eem-Ablagerungen gefunden wurden, die Grenze zwischen dem Eem und der unteren Mittelterrasse genau übereinstimmt (dort müssen sich die Schichten zwangsläufig treffen, z.B. westlich des Tüschentaldes, nördlich und südlich der Hees, usw.). Dagegen liegt die vom Programm RW99 errechnete Eem-Basis in den Bereichen, in denen keine Bohrungen mit Eem-Ablagerungen gefunden wurden, stets höher als die in Abb. 92 ermittelte Oberfläche der unteren Mittelterrasse. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass in diesen Bereichen nicht nur das Eem, sondern auch Teile der unteren Mittelterrasse erodiert wurden.

Der Eem-Schnitt (Abb. 94 a) verbindet einen Teil der Bohrungen der Abb. 93, wobei die Bohrung 143 (KB 30) und die Bohrung 63 (KB 7B/C, vgl. Kapitel 7.2) im Blatt Uedem berücksichtigt wurden. Der Schnitt beginnt östlich von Weeze (Bohrung 63) und verläuft über Kervenheim, östlich des Gochfortzberges durch den Uedemer Bruch (Bohrung 143) Richtung Rhein. Ein Teil des Schnittes verläuft in Abb. 89 a (Gliederung der Eisvorstöße) zwischen Uedem und dem Hochwald.

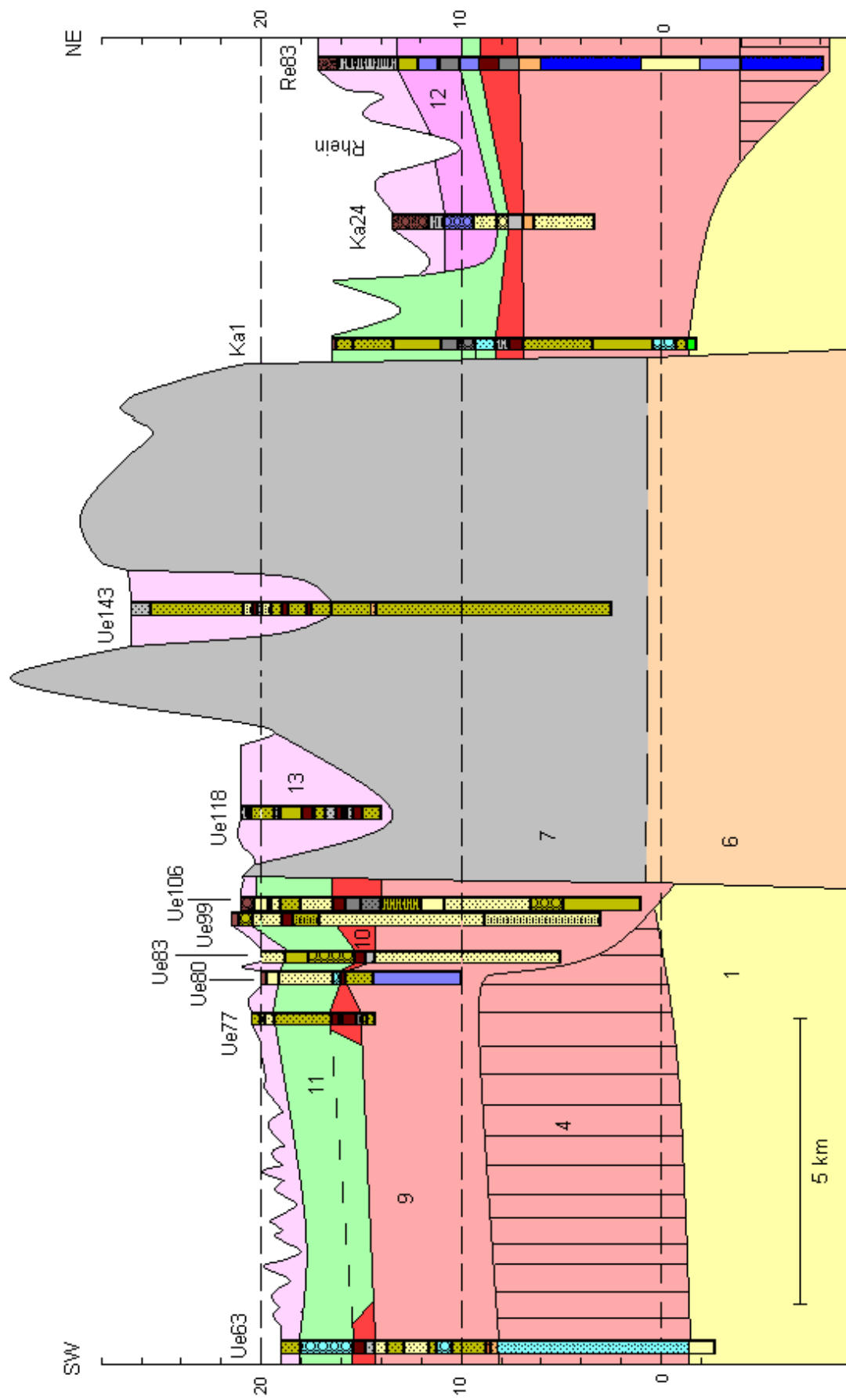


Abb. 94 a: Eem-Schnitt

Ue=Uedem, Ka=Kalkar, Re=Rees, 428fach überhöht

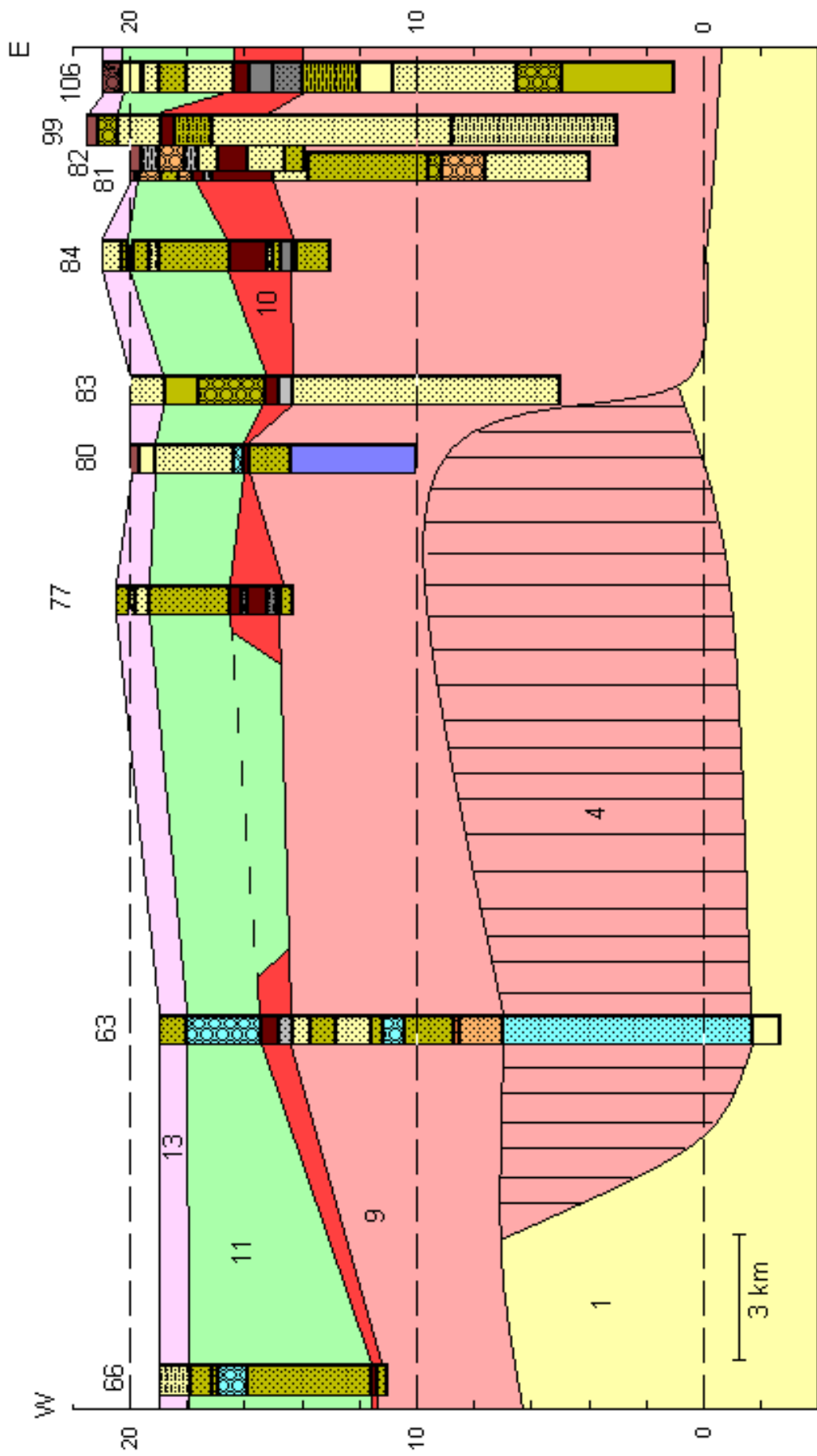


Abb. 94 b: Eemschnitt durch alle Bohrungen des Blattes Uedem, 700fach überhöht

Da der Schnitt zwischen den beiden Eisvorstößen verläuft, handelt es sich bei den Bohrungen 143 und 118 nicht um erbohrte Torfe, sondern um niveo-fluviatile Ablagerungen (vgl. Kapitel 7.2, Einheit 6), auch wenn sie in der Lage und dem Aussehen zum südwestlichen Teil der Eem-Ablagerungen passen würden. Der Torfhorizont der Bohrung 99 liegt zu hoch, um als Torfhorizont des Eems angesprochen zu werden. Entweder handelt es sich hier um einen jüngeren Boden oder wieder um niveo-fluviatile Ablagerungen.

Der in Abb. 94 a dargestellte ausgesparte Bereich soll die Moränen darstellen, unter dessen Oberfläche sich keine Eem-Ablagerungen befinden können.

Zum gesamten Erscheinungsbild der Abb. 94 a ist zu sagen, dass im südlichen Bereich die Sedimente des Eems im Schutze der Moränen erhalten blieben, also im Fließschatten des Rheins. Zwischen dem Kranenburger Lobus und dem Eltenberg, wo der Rhein heute sein Bett hat, kann dies aber nicht zutreffen. Eine mögliche Erklärung wäre aber, dass der Rhein, wie in Abb. 96 beschrieben, das Gebiet erst spät erreicht und dann mehr Material abgelagert als erodiert hat.

Abb. 94 b zeigt einen Ausschnitt der Abb. 94 a, wobei alle Eem-Vorkommen des Blattes Uedem berücksichtigt wurden. Die Bohrungen wurden näher zusammengestellt, um sie auf einem Blatt darstellen zu können. So war es nicht möglich, die Oberfläche genau nachzuzeichnen und die Überhöhung anzugeben.

Auf Grund des Schnittes Uedem 10, im Bereich der Bohrungen 59 und 76, kann das Eem in Abb. 94 a und b zwischen den Bohrungen 63 und 77 nicht durchgezeichnet werden. In diesem Bereich müssen die Eem-Ablagerungen durch den Rhein zur Niederterrassenzeit erodiert worden sein. Die gestrichelte Linie zwischen den Bohrungen zeigt die wahrscheinlich ursprüngliche Oberfläche der Eem-Ablagerungen an.

Der Schnitt Uedem 10 zeigt weiter, dass die Einheit 4 bis an die Bohrung 83 heranreichen muss.

Die Einheit 11 ist in ihrer lithologischen Zusammensetzung der unteren Mittelterrasse sehr ähnlich. Sie ist im Ganzen aber etwas gröber ausgebildet. Sie wurde der Niederterrassen-Gruppe (1-3) zugeordnet.

Die Niederterrasse liegt im Norden des Untersuchungsgebietes östlich des Rheins höher als westlich. Dabei handelt es sich stets um die älteren Niederterrassen 1 und/oder 2 (Isselebene, vgl. 2.2). Die Niederterrasse der Isselebene kann verbreitet feinkörnigeres Material enthalten als die Niederterrassen westlich und südlich der Isselebene und der unter ihr liegenden unteren Mittelterrasse. Westlich des Rheins kommen die Niederterrassen 1 bis 3 nebeneinander vor. Hier hat sich die jüngere Niederterrasse in die älteren eingeschnitten (siehe KLOSTERMANN 1992 b: Tafel 1).

Die jüngere Niederterrasse lässt sich von den älteren eindeutig unterscheiden, wenn Bimsablagerungen des Laacher Sees feststellbar sind (z.B. Xantener Dom – STEEGER 1951, Wesel KB 3 – JANSEN 2001: 160, siehe auch KLOSTERMANN 1992 b Taf. 1 und 1989 Taf. 1).

Der Niederterrassen-Schnitt von Elten bis Wesel (Abb. 95) wurde in einiger Entfernung vom Rhein angelegt, um die Niederterrasse sicher zu erfassen und um von Einflüssen des Rheins unbeeinflusst zu sein. Zwischen den Bohrungen Em24 und Em47 wurde der Rhein einmal überquert. Ob die Niederterrasse hier noch tatsächlich vorhanden ist, ist nicht gesichert.

Es fällt einmal die schnelle Mächtigungsabnahme der Niederterrasse zwischen Bohrung Re53 und Re8 auf. Im Südosten befinden sich die südlichen Ausläufer der Isselebene. Im nordöstlichen Bereich erkennt man dagegen, dass die Niederterrasse große Schwankungen in der Mächtigkeit und Höhenlage besitzt. Diese Schwankungen sind wahrscheinlich einerseits schon bei der Bildung entstanden, andererseits durch den Rhein im Holozän zu begründen. Das Gefälle der NT-Basis in Südost-Nordwest-Richtung ist auf die Fließrichtung des Rheins zurückzuführen.

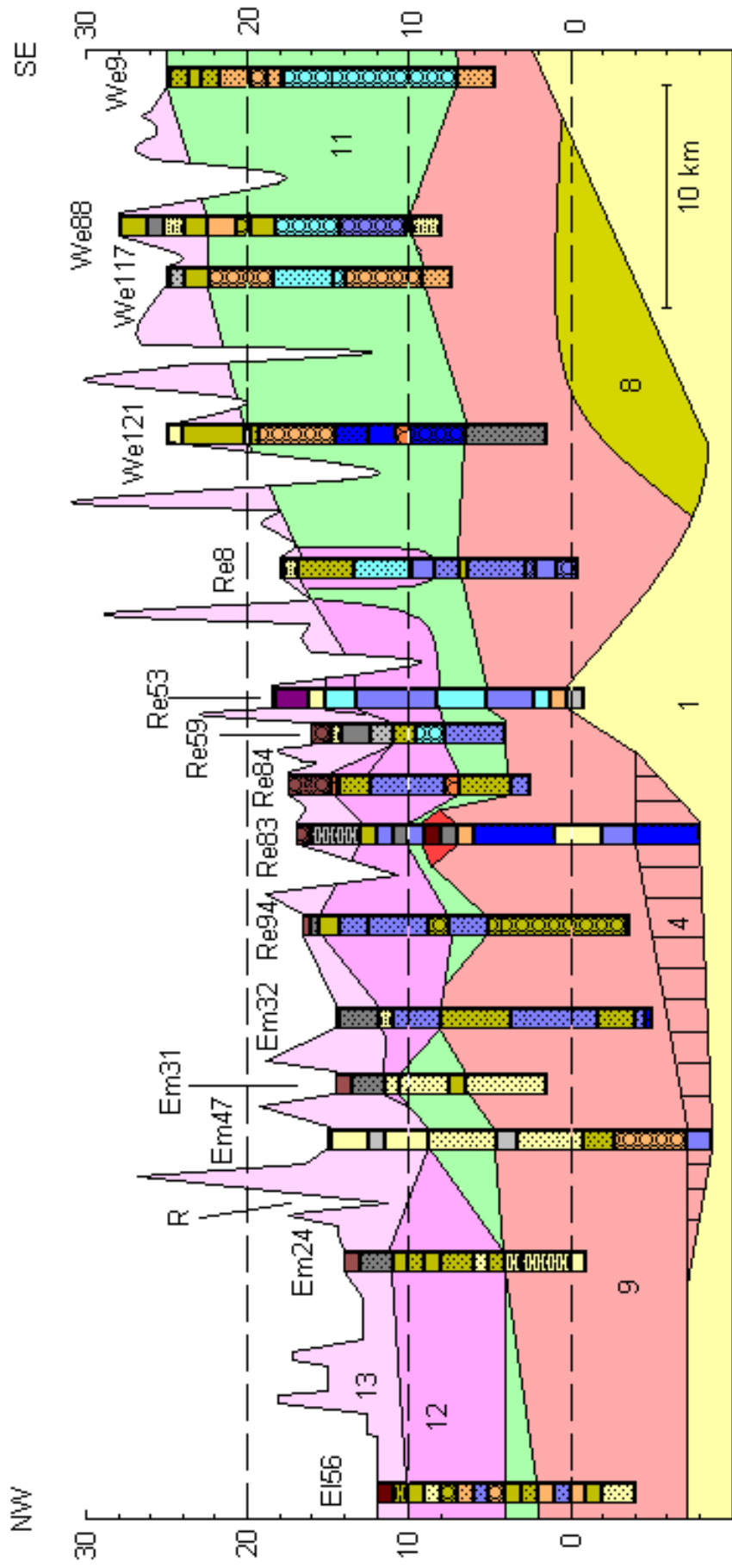


Abb. 95: NT-Schnitt El=Elten, Em=Emmerich, Re=Rees, We=Wesel, R=Rhein 600fach überhöht

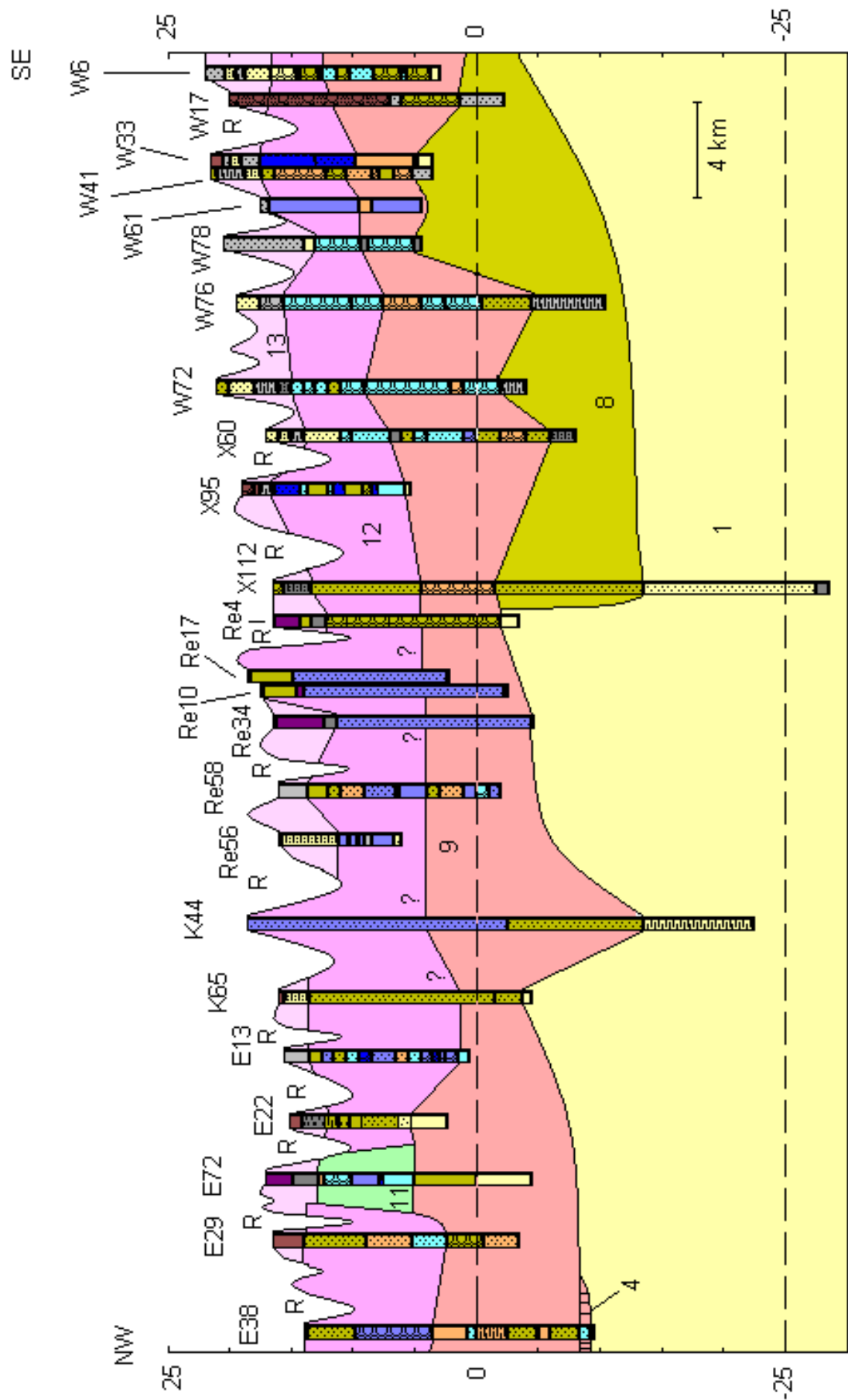


Abb. 96 : Rhein-Schnitt
 E=Emmerich, K=Kalkar, Re=Rees, W=Wesel, X=Xanten, R=Rhein, 533fach überhöht

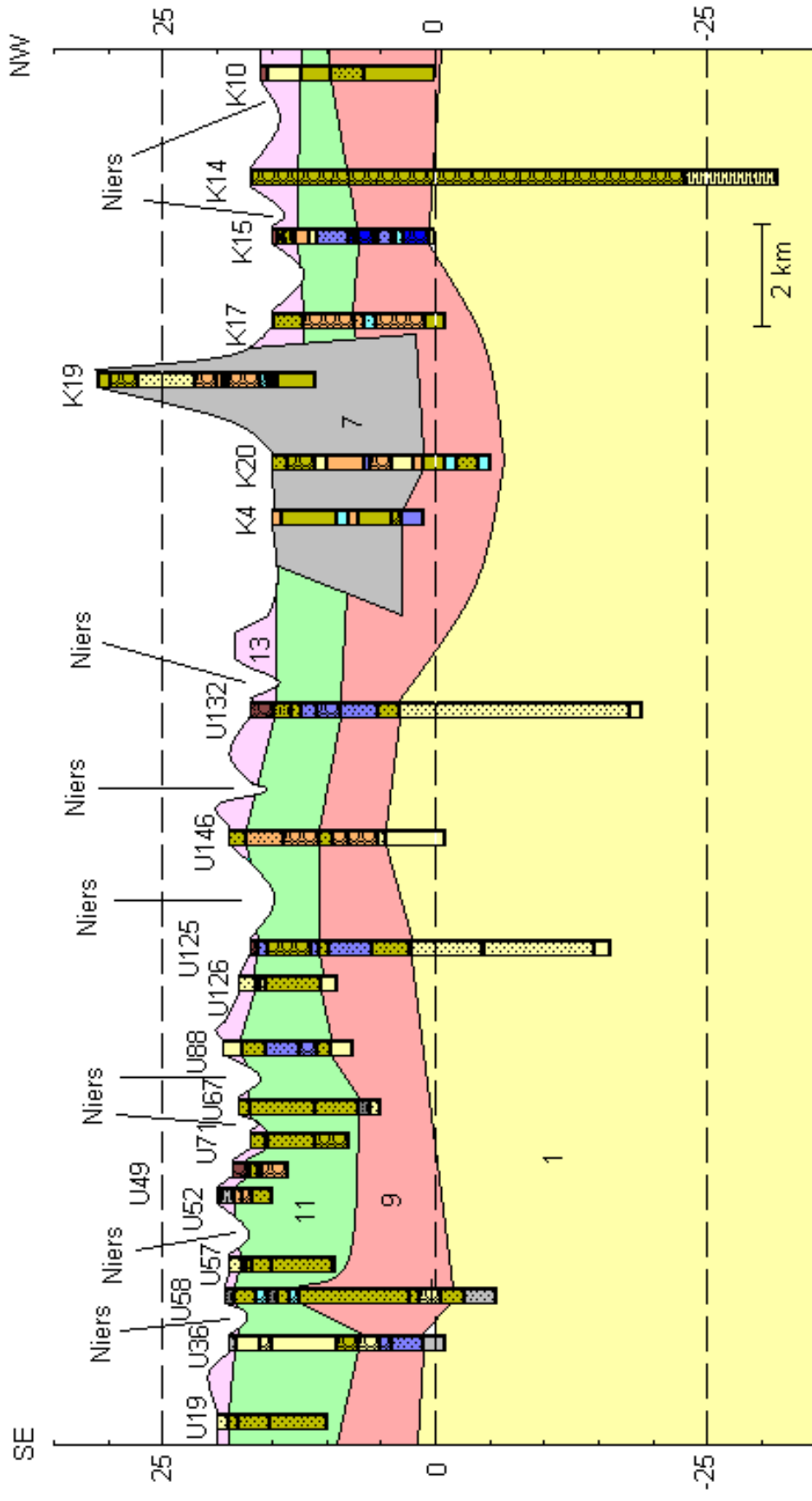


Abb. 97 : Niers-Schnitt U = Uedem, K = Kleve 200fach überhöht

Die Bohrung Re83 des NT-Schnittes (Abb. 95) zeigt wie hoch die Eem-Ablagerungen ursprünglich lagen und wie tief sich der Rhein zur Weichsel-Zeit in diese Ablagerungen einschneidet. Ähnliches zeigt auch der Großschnitt Kleve-Rees (Abb. 85) zwischen dem Leybach und dem Rhein. Dass sich der holozäne Rhein in gleicher Weise in die Niederterrasse eingeschneidet hat, zeigen z.B. die Bohrung Re8 in der Abbildung 95, der Bereich der Flöth im Schnitt Wesel 3 oder der Bereich der Bohrungen 2 und 12 im Schnitt Wesel 5. Der Schnitt Rees 3 zeigt im Bereich der Bohrungen 83 bis 86 beide Erosionsspuren in einem Schnitt vereint.

Neben Erosionseinflüssen sind die Mächtigkeitsschwankungen möglicherweise auch auf unterschiedlich hohe Fließgeschwindigkeiten auf den einzelnen Blättern zurückzuführen.

Die Einheit 12 bildet die jüngsten Schotterpakete. Sie besteht hauptsächlich aus grobem Material, kann aber auch feineres beinhalten. Es handelt sich um Ablagerungen aus dem Holozän.

Sie ist stark vom rezenten Rhein beeinflusst. Direkt am Rhein hat sie die größte Mächtigkeit. Durch Erosion wurden ältere Ablagerungen abgetragen und durch Sedimentation jüngerer Ablagerungen ersetzt. In Rheinnähe fällt die Mächtigkeit der holozänen Ablagerungen auf meist grobem Material auf. Entfernt man sich vom Rhein, nimmt die Mächtigkeit der Sedimente rasch ab und das Material wechselt von Flussschotter zu Auensedimenten.

Abb. 96 folgt einem Schnitt entlang des Rheins. Es fällt eine kräftige Tiefenerosion und eine hohe Sedimentationsrate auf. Es wurde fast die gesamte Niederterrasse und Teile der unteren Mittelterrasse durch holozänes Material ersetzt.

Auch in diesem Rhein-Schnitt stellt sich die Frage, ob sich die Einheit 9 der Bohrung W72 nicht mit dem Schluffpaket der Bohrung X60 verbinden lässt (zu diesem Problem siehe weiter unten). Einerseits würde sich dies anbieten, andererseits erkennt man im Schnitt Xanten 4, Bohrung 78, ein durchgehendes kiesiges Grobsandpaket, welches sich zwischen Bohrung X60 und W72 befindet.

KLOSTERMANN (1997: 35) beschreibt die holozänen Sedimente als ein in der Regel bis zu 14 m mächtiges kiesig-sandiges Schichtpaket mit einer 2 – 3 m mächtigen Sandbedeckung die von braunem Auelehm überdeckt wird, wobei die Reihenterrassen (Auenterrassen) 1 bis 7 jeweils eine Mächtigkeit zwischen 10 und 20 m erreichen können (vgl. KLOSTERMANN 1989: 96 – 105).

JANSEN (2001: 106 – 115) gibt die Mächtigkeiten der Auenterrassen 1 – 7 auf Blatt Wesel mit 4 - 10 m an. Die geschätzte maximale Mächtigkeit der alt-, mittel- und jungholozänen Terrassen gibt KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) mit jeweils 15 bzw. 20 m an.

Auf den Blättern Emmerich (BRAUN & THIERMANN 1981), Udem (KLOSTERMANN 1992 b), Xanten (KLOSTERMANN 1989) und Wesel (JANSEN 2001) wurde keine Bohrung direkt in Rheinnähe behandelt. Im Schnitt A'B' beschreibt KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt) die Mächtigkeit der jungholozänen Terrasse im Bereich des Rheins bei Wesel mit bis zu 16 m.

Im Vergleich dazu geben die Bohrung 9 im Schnitt Emmerich 1 (S. 73), die Bohrungen 3 und 6 im Schnitt Isselburg 1 (S. 78), Bohrung 10 im Schnitt Isselburg 2 (S. 79), Bohrung 65 im Schnitt Kalkar 4 (S. 89), die Schnitte Rees 6 und 7 (S. 95), die Bohrungen 73 bis 78 im Schnitt Xanten 4 (S. 108), Bohrung 109 im Schnitt Xanten 6 (S. 109), Bohrung 5 im Schnitt Wesel 1 (S. 114), Bohrung 62 im Schnitt Wesel 3 (S. 116), Bohrungen 75 bis 77 im Schnitt Wesel 4 (S. 116), Bohrung 104 im Schnitt Wesel 5 (S. 117) und Bohrung 63 im Schnitt Wesel 6 (S. 117) die, teilweise größere als in der Literatur beschriebene, Mächtigkeit der Einheit 12 vor, wenn diese Bohrungen nicht (wie schon mehrfach erwähnt) an einer beliebigen Stelle

getrennt werden. Diese Bereiche wurden mit einem Fragezeichen markiert und die Schichtgrenzen so weit wie möglich horizontal eingezeichnet.

Unter der Voraussetzung, dass die Angaben der Bohrmeister stimmen, wäre eine Kolkbildung eine mögliche Erklärung für das Auftreten solch mächtiger Kiespakete in Rheinnähe. Als Beispiel soll hier der Schnitt Wesel 5 (Abb. 80, S. 117) dienen: Als der Rhein den Bereich der Bohrung 104 im Holozän erreichte, begann er mit der Abtragung der älteren Schichten. Nachdem er die Niederterrasse durchschnitten hat, traf er möglicherweise auf Reste des Eems, oder feinerer Sedimente der unteren Mittelterrasse. Durch Strudelbildung folgte ein Ausräumen der feineren Sedimente bis in den Bereich der Einheit 9. Diese Ausräumung könnte lokal so begrenzt sein, dass die Nachbarbohrungen 90 und 75 davon nicht betroffen waren. Wenn im Bereich der Bohrung 104 ursprünglich das gleiche Material wie in den Nachbarbohrungen vorhanden war, könnte dieses gröbere Material der unteren Mittelterrasse erhalten geblieben sein. Somit wäre die Einheit 12 nur noch rund 15 m mächtig und nicht mehr 25 m, wie die Bohrung 104 im Schnitt Wesel 5 eigentlich vorgibt.

Die Überlegung einer Kolkbildung wäre für viele der Schnitte möglich, in denen die Einheit 12 eine solche Mächtigkeit erreicht.

Ähnliches gilt z.B. auch für Bohrung 26 im Schnitt Rees 1. Ob dort der Rhein einen feineren Bereich der Niederterrasse (Fragezeichen) durch einen Kolk ausgeräumt hat, lässt sich durch Bohrdaten nicht zweifelsfrei beantworten.

Eine weitere Möglichkeit der großen Mächtigkeiten der groben Bestandteile in der Einheit 12 ist die Ausbildung von Skelettschotter. SCHIRMER (1983) beschreibt diesen Vorgang am Main. Auf den Rhein übertragen bedeutet dies, dass der Rhein im Holozän aus der Niederterrasse und der unteren Mittelterrasse das feinere Material ausgeschwemmt hat, und sich der Kies angesammelt hat. Dieser Kies kann dann aus einem Gemisch holozänem, weichsel- und saalezeitlichem Material bestehen.

Die Kolk- oder Skelettschotterbildung kann in ähnlicher Weise die tiefen Einschnitte der Rinnenschotter bei Wesel erklären. Da es sich bei einem Kolk um eine Erosionsform handelt, wird hier die anschließende Auffüllung mit grobem Material beschrieben.

Da es sich teilweise um sehr unterschiedliche Probleme handelt, wurden hauptsächlich gestrichelte Linien verwendet, um auf diese Unsicherheit hinzuweisen. In mehreren Schnitten wurden Unsicherheiten auch mit Fragezeichen versehen.

Für die Einheit 13 wurden alle feineren Sedimente direkt an der Oberfläche verwendet. Sie kann aus Bach- und Flussablagerungen sowie Windablagerungen (z.B. Auensedimente, Hochflutablagerungen, Flugsand oder Dünen) bestehen. Das Alter dieser Sedimente kann unterschiedlich sein. So sind die Auensedimente über der Niederterrasse pleistozänen bis holozänen Ursprungs (vgl. KLOSTERMANN 1997, geol. Karte, Farben- und Zeichenerklärung), was eine genaue Zuordnung dieser Sedimente erschwert. Dagegen sind Auensedimente über den holozänen Terrassen eindeutig jüngeren Ursprungs.

In einem weiteren Großschnitt wurde ein Schnitt durch das Nierstal gelegt (vgl. Abb. 97). Es fallen, nur durch die Einheit 7 unterbrochene, das kontinuierliche Gefälle und die Abnahme der Mächtigkeit der Einheit 11 in Süd-Nord-Richtung auf. Dies entspricht der Fließrichtung des Rheins während der Weichsel-Kaltzeit. Der Sander stammt natürlich aus der Saale-Zeit des Kranenburger Lobus und wurde vom Rhein während der Weichsel-Kaltzeit umflossen.

7.2. Vergleich einiger eigener Schnitte mit Schnitten des Geologischen Dienstes von Nordrhein-Westfalen

Die Abb. 98 und 99 sowie die Tab. 14 zeigen eine Auflistung des verfügbaren Kartenmaterials über das Untersuchungsgebiet, wobei die 1 : 100 000er Blätter C 4302 Bocholt das Untersuchungsgebiet überschreiten, aber ungefähr den Bereich der Abb. 98 abdecken. Die Karten geben den momentanen Stand der Kartierung im Untersuchungsgebiet wieder.

Von den Blättern Elten, Isselburg, Kleve, Kalkar und Rees gibt es zurzeit noch keine geologische Karte im Maßstab 1 : 25 000 und keine geologischen Schnitte. Das bedeutet, dass Vergleichsmöglichkeiten fehlen. Bei den Schnitten des Geologischen Dienstes wird im weiteren Verlauf von GD-Schnitten gesprochen. Geologische Karten gibt es von den TK 25 Blättern 4103 Emmerich (Bearbeiter: BRAUN et. al. 1981), 4303 Uedem (Bearbeiter: KLOSTERMANN 1992 b), 4304 Xanten (Bearbeiter: KLOSTERMANN 1989) und Wesel (Bearbeiter: JANSEN 2001). Ferner gibt es das 1 : 100 000 Blatt C Bocholt (Bearbeiter: KLOSTERMANN 1997), (Abb. 99: AA'BB'). Die von den Autoren verwendeten GD-Schnitte und Bohrungen sind in Abb. 99 zusammengefasst.

Tab. 14: Auflistung des Kartenmaterials im Untersuchungsgebiet

Bodenkarte 1 : 100 000	Bearbeiter
Blatt C 4302 Bocholt (1968)	BRAUN, F.J.
Bodenkarten 1 : 50 000	Bearbeiter
Blatt L 4102 Emmerich (1989)	PAAS, W.
Blatt L 4104 Bocholt (1983)	PAAS, W.
Blatt L 4302 Kleve (1985)	PAAS, W.
Blatt L 4303 Wesel (1983)	PAAS, W.
Geologische Karten 1 : 100 000	Bearbeiter
Blatt C 4302 Bocholt (1968)	BRAUN, F.J.
Blatt C 4302 Bocholt (1997)	KLOSTERMANN, J.
Geologische Karten 1 : 50 000	Bearbeiter
Blatt 4103 Emmerich (1981)	BRAUN, F.J. & THIERMANN, A.
Blatt 4303 Uedem (1992)	KLOSTERMANN, J.
Blatt 4304 Xanten (1989)	KLOSTERMANN, J.
Blatt 4305 Wesel (2001)	JANSEN, F.

Blatt Emmerich ist das einzige schon bearbeitete Blatt im Norden des Untersuchungsgebietes. Dort wurde das Tertiär in einen sandigen, kontinentalen und einen feinsandigen, marinen Teil getrennt. Die Trennung zwischen marin und kontinental lässt sich mit Bohrdaten nur in soweit verfolgen, dass bei manchen Bohrungen marine Fossilien angegeben wurden. Diese Angaben sind aber nicht flächendeckend und nicht in allen Schnitten nachvollziehbar.

Es fällt aber auf, dass im GD-Schnitt G-H (BRAUN et al. 1981: Taf. 1) das Tertiär bis –5 m unter NN reicht, im Schnitt Emmerich 1 bis –10 m. Die Rinnenschotter (mittlere Mittelterrasse) fehlen im Schnitt G-H ganz, obwohl in Bohrung 3 bei –10 m (unter dem Kellener Altrhein) noch ein 4 m mächtiges Feinkies-Paket beginnt. Dieses lässt sich auch auf Blatt Elten verfolgen und scheint für tertiäres Material zu grob zu sein. Die unter

Mittelterrasse fehlt im GD-Schnitt G-H im Westteil ganz, obwohl über den Rinnenschottern (bei –10 m) kein Tertiär mehr liegen kann und es für die Niederterrasse noch zu tief liegt. Das Eem wurde im GD-Schnitt G-H nur symbolisch dargestellt, im Schnitt Emmerich 1 wurden keine Nachweise erbracht. Die Niederterrasse selbst liegt im Schnitt Emmerich 1 etwas höher und keilt zum Rhein hin aus, was im GD-Schnitt G-H nicht der Fall ist. Ebenso wurde die unterschiedliche Höhe der Niederterrassen westlich und östlich des Rheins nicht berücksichtigt (Isselebene, vgl. 2.2 und Schnitte Emmerich). Das Holozän liegt im GD-Schnitt G-H nur als 1-2 m mächtige Abdeckung auf der Niederterrasse, im Schnitt Emmerich 1 zeigt es dagegen Mächtigkeiten von über 15 m in Rheinnähe.

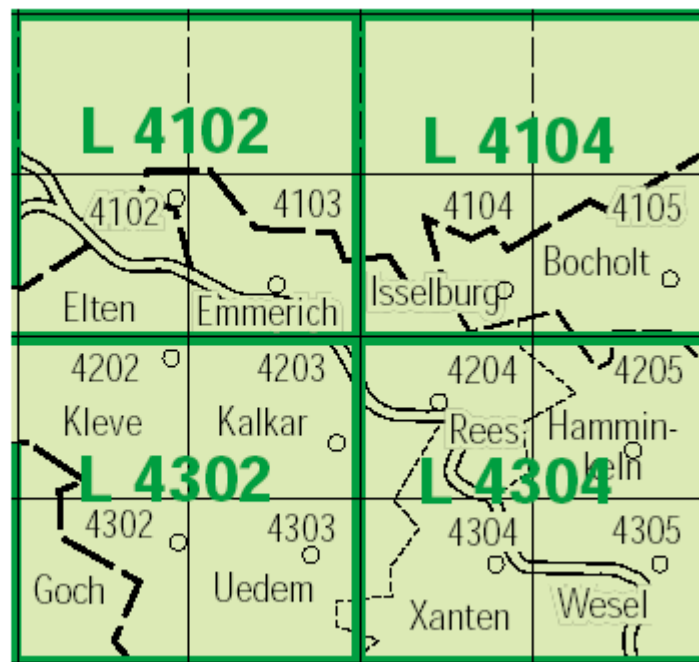


Abb. 98: Bodenkarten im Untersuchungsgebiet

Auf den anderen Schnitten verhält es sich ähnlich. Schnitt Emmerich 2 kann mit GD-Schnitt E-F verglichen werden. Hier finden sich die im Schnitt E-F nicht erwähnten Rinnenschotter im Osten. Dabei muss erwähnt werden, dass die mittlere Mittelterrasse auf Blatt Emmerich weder auf der geologischen Karte noch in den Schnitten vorhanden ist. Sie wird nur im Mächtigkeitschnitt angesprochen.

Im Schnitt Emmerich 2 wurde ganz im Westen Eem gefunden. Dieses liegt genau entgegengesetzt zum Eem, was auf GD-Schnitt E-F angegeben wurde. Mit der unter dem Rhein ausgekeilenden Niederterrasse und dem Holozän verhält es sich ähnlich wie im Schnitt Emmerich 1.

Die im GD-Schnitt C-D dargestellten Tegelen-Schichten im Bereich der Stadt Emmerich wurden von mir in die untere Mittelterrasse gestellt, weil darunter noch die mittlere Mittelterrasse abgetrennt wurde.

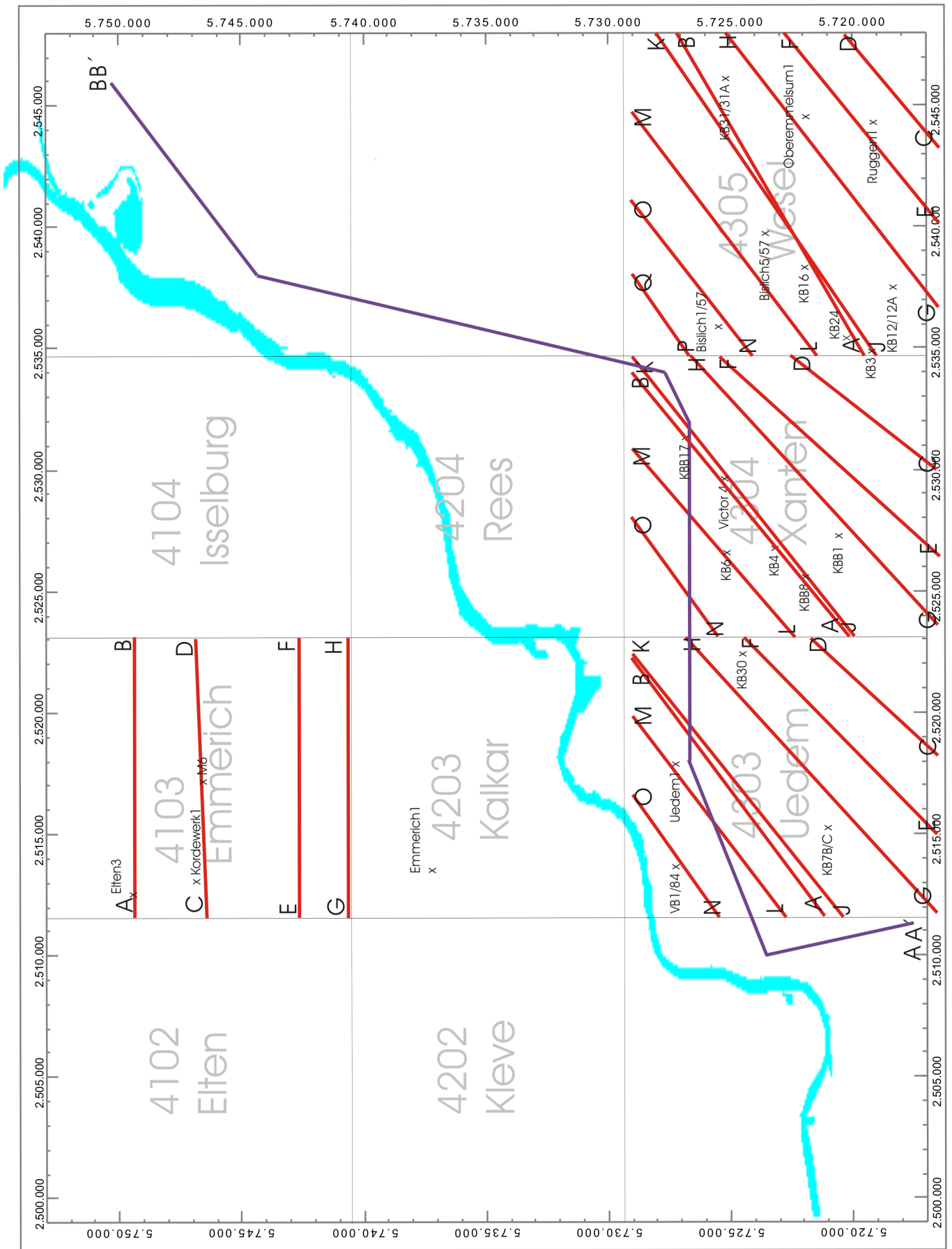


Abb. 99: Bearbeitete Schnitte und Bohrungen des Geol. Dienstes

Vorhergehende Seite:

Abb. 99: Bearbeitete Schnitte und Bohrungen des Geol. Dienstes

Die im GD-Schnitt A-B gezeigte Moräne entspricht dem im Schnitt Emmerich 3 und 5 gezeigtem Eltenberg. Die weiträumigen Ausläufer im Untergrund lassen sich wegen fehlender Bohrungen in diesem Bereich nicht verfolgen.

Auf Blatt Emmerich wurden von BRAUN et. al. (1981: 87-91) vier Bohrungen bearbeitet: Eltenberg 3 (entspricht der Bohrung 116 im Schnitt Emmerich 3), Kordewerk 1 (Bohrung 110) im Schnitt Emmerich 4, Bohrung M6 (Bohrung 109) und Emmerich 1 (nicht zu verwechseln mit der eigenen Bohrung Emmerich 1) auf Blatt Kalkar.

Emmerich 1 ist ungeeignet zur Bearbeitung, weil die erste Angabe lautet: 50 m Sand und Kies, Pleistozän.

Bohrung Eltenberg 3 wurde auch von mir als Moränenmaterial gedeutet. Das Holstein wurde von mir nicht gesehen, dafür aber in der Bohrung 111 im Schnitt Emmerich 3. Dort wurde ein „Boden“ nachgewiesen.

BRAUN et. al. (1981) deutet in Bohrung Kordewerk 1 den ersten Schluff und die „Kohle“ bei 10 m unter dem Ansatzpunkt wie ich als Eem-Ablagerungen. Dagegen stellt er das Feinkiespaket schon ins Pliozän, das meiner Meinung nach zu grob ist und noch zur Einheit 9 gezählt werden muss.

In der Bohrung M6 (=109) lässt sich die Einheit 11 mit der benachbarten Bohrung 101 vergleichen (Abb. 100). Die Einheit 13 entspricht den bei BRAUN et. al. (1981: Taf. 1) beschriebenen Dünen und Flugsanden. Die Einheit 11 ist identisch. Die Tegelen-Schichten wurden von mir durch die Bohrung 101 zur Einheit 9 gerechnet und die Scheemda-Schichten beschreiben die Einheit 1 (vgl. Kapitel 7.4).

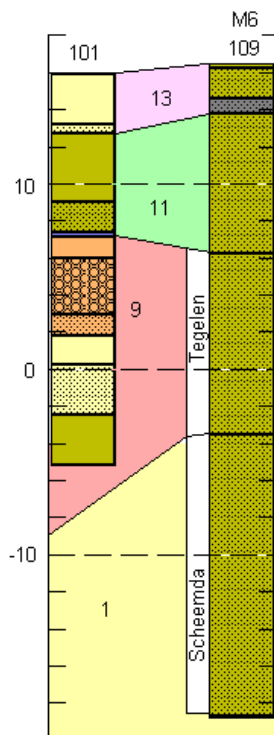


Abb. 100: Vergleich der Bohrung 101 und 109 (Blatt Emmerich, mit BRAUN et. al.)

Die Blätter Kleve, Kalkar und Rees wurden bis heute nur von der geologischen Karte C 4203 Bocholt berücksichtigt. Schnitte durch dieses Gebiet sind mir nicht bekannt.

Die Blätter Uedem, Xanten und Wesel sind dagegen zweimal geologisch dargestellt worden. Einmal jeweils als Einzelblatt, einmal in der geologischen Karte C 4203 Bocholt.

Die unterschiedliche Interpretation des Blattes Wesel wurde teilweise schon bei der Bearbeitung der Einheiten beschrieben: unterschiedliche Mächtigkeiten und Lage der Beckenschluffe, Gliederung der Eisvorstöße, usw. (siehe 7.1).

KLOSTERMANN (1989, 1992 a) teilte die untere Mittelterrasse 2 auf Blatt Xanten in eine ältere, fluviatile und eine jüngere, glazifluviatile Abfolge. Dabei wurde die ältere uMT 2 vor dem Auftreten des ersten Eisvorstoßes abgelagert und während des Eisvorstoßes in die Stauchung mit einbezogen. Außerdem vermischten sich während des Eisvorstoßes fluviatile und glazifluviatile Ablagerungen, was eine genaue Trennung von Terrassen- und Sanderablagerungen erschwert. Die jüngere uMT 2 wurde in die Stauchung nicht mehr einbezogen, enthält dafür aber aufgearbeitetes nordisches Material und tertiäres Material welches aus der Moräne und dem dazugehörigen Sander stammt.

F. JANSEN (2001: 90-91) beschreibt auf Blatt Wesel nur die ältere uMT 2 von KLOSTERMANN und nennt sie jüngere Mittelterrasse 2 (vgl. Tab. 3). Er stellt das jüngere, nicht gestauchte nordische Geschiebe der jüngeren Mittelterrasse 2 in den höheren Teil. Im Liegenden finden sich stellenweise Beckenschluffe und Stauchmoränenmaterial. Außer im Nordwesten des Blattes ist die jMT 2 auf dem ganzen Blatt Wesel vorhanden. Möglicherweise wurde die mMT durch die jMT 2 ausgeräumt und später durch dessen Ablagerungen wieder aufgeschottert. Die ältere Mittelterrasse 2 fehlt (Schichtlücke, vgl. Tab. 3).

Unter der jMT 2 beschreibt F. JANSEN (2001: 93) eine bis zu 80 m mächtige Beckenstruktur, welche mit Beckensanden und Schluffen gefüllt ist (Abb. 101). Das Material ist ein Gemisch aus kreide- und tertiärzeitlichen Sedimenten, welches an Hand seiner Foraminiferen-Mischfauna identifiziert wurde. Die Beckenstruktur wurde nach F. JANSEN (2001: 92) während des ersten oder zweiten Eisvorstoßes angelegt und später mit Schmelzwasser gefüllt, welches seine mitgeführte Sedimentfracht absetzte. Für den ersten Eisvorstoß spricht die Tatsache, dass die Reste der Stauchmoräne bei Rill (Gemeinde) von einer 15 m mächtigen, jüngeren Mittelterrasse 2 überlagert sind (vgl. F. JANSEN 2001: 89). Ferner beschreibt F. JANSEN (2001: 92-93) Beckensande östlich von Bislich im Liegenden der jMT 3 sowie ganz im Südwesten des Blattes im Liegenden der NT und im Hangenden der jMT 2. In Duisburg konnte eine jüngere Grundmoräne nachgewiesen werden. Sie ist durch Vorschüttungen und Beckenablagerungen von der älteren Moräne getrennt (vgl. F. JANSEN 2001: 90).

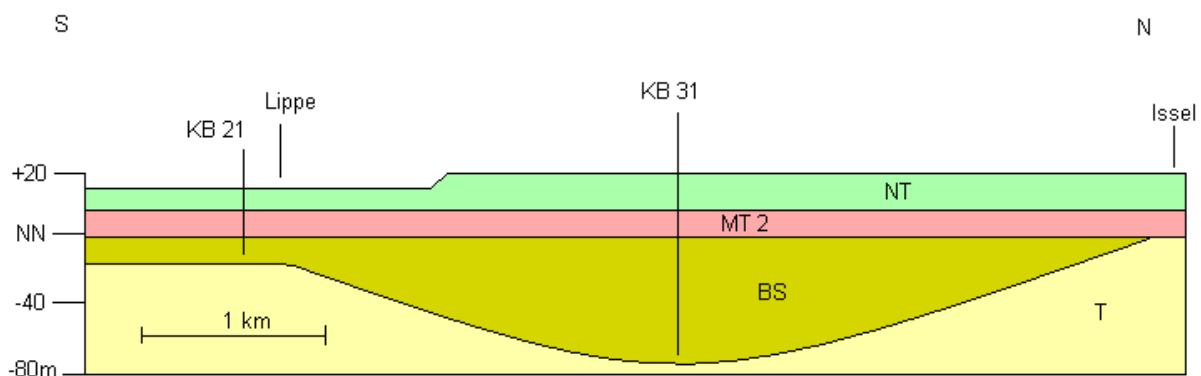


Abb. 101: Schnitt durch die Beckenschluffe (BS), (nach F. JANSEN 2001: 93, Abb. 6)

Die Abb. 101 zeigt auch einen Ausschnitt des Schnittes Wesel 7, wobei die Bohrung KB 31 der Bohrung 101 auf Blatt Wesel entspricht.

F. JANSEN (2001) rechnet den Hauptteil der Beckenschluffe zum ersten Eisvorstoß, dessen Stauchmoräne zu Beginn der Aufschotterung der jüngeren MT 2 das Blattgebiet Wesel erreichte. Dadurch liegt das Becken der Abb. 101 unter der jüngeren MT 2. Der zweite Eisvorstoß verursachte die Stauchung der ersten Beckenschluffe und die Ablagerung neuer Beckenschluffe im Hangenden der, nach dem ersten Eisvorstoß entstandenen, jüngeren MT 2. Die Beckenschluffe lassen sich bis Blatt Xanten verfolgen und reichen dort bis an den Fuß der älteren Moräne. Auch die Teufe der BS stimmt auf beiden Blättern überein. Auf Blatt Xanten wurde gezeigt, dass der zweite Eisvorstoß über die Beckenschluffe des ersten Eisvorstoßes reicht. Beim Abschmelzen des zweiten Gletschers können sich natürlich wieder Schmelzwasserablagerungen gebildet haben, die direkt auf den ersten Beckenschluffen zur Ablage gekommen sein können. Möglich ist auch, dass die Beckenschluffe durch Terrassenablagerungen getrennt sind. Es muss also im Bereich Xanten/Wesel gestauchte und ungestauchte Beckenschluffe geben, wobei nur die gestauchten bis zur älteren Moräne auf Blatt Xanten reichen können.

JANSEN (2001: 153-180) hat im Blatt 4305 Wesel 9 Bohrungen bearbeitet: Bislich 1/57, Bislich 5/57, Oberemmelsum 1, Ruggen 1, KB 3, KB 12/12A, KB 16, KB 24 und KB 31/31A. Die Bohrungen Bislich 1/57 und 5/57 sowie die Bohrungen Oberemmelsum 1 und Ruggen 1 sind als Tiefenbohrungen für die Quartär-Gliederung ungeeignet, denn das Quartär wird ohne Unterteilung nur als Sand und Kies bezeichnet.

Die Bohrung KB 3 befindet sich zwischen den Bohrungen Wesel 1, 21 und 22 (siehe Abb. 75 und 102). Die Bohrungen 1 und 22 wurden in den Schnitten Wesel 1 und 2 interpretiert. Bohrung 21 und KB 3 wurden in Abb. 102 eingefügt, wobei die Säule links neben der Bohrung KB 3 die Interpretation nach JANSEN wiedergibt. Die NT stimmt in den Bohrungen 1 und KB 3 überein; Bohrung 21 befindet sich in der Auenterrasse 1 und Bohrung 22 in der Auenterrasse 2. Die Eem-Ablagerungen der Bohrung 1 hat JANSEN in KB 3 als Beckensande beschrieben (s.o.). Unter den BS von KB 3 stellt JANSEN die Einheit 9 und darunter wieder die Einheit 5 (Holstein) und 4 (Rinnenschotter). Die Bohrung 1 zeigt nur ein Mittelkiespaket, welches sich nicht teilen lässt. Auch Bohrung 21 besitzt eine zu grobe Zusammensetzung, um die Einheiten 5 und 8 zu rechtfertigen. Bei der Bohrung 22 wäre eine Unterteilung der Einheiten 5 und 8 dagegen möglich. Das unterste Feinsandpaket der KB 3 beschreibt JANSEN als Tertiär. Auf den Bohrungen 1 und 22 wird derselbe Bereich zu den BS gezählt, weil in unmittelbarer Nähe (siehe Schnitt Wesel 1 und 2) der Bohrungen Rinnenschotter beschrieben wurden.

Die Bohrung KB 12/12A liegt so nahe an der Bohrung Wesel 2, dass ein Schnitt nicht möglich war. Links der Bohrung 2 befindet sich die eigene Interpretation der Bohrung 2, rechts die Bohrung KB 12/12A, die von JANSEN bearbeitet wurde (vgl. Abb. 103). Die Einheit 11 passt auch hier. Die Einheit 9 ist bei JANSEN nicht so mächtig ausgebildet wie bei der eigenen Interpretation der Bohrung 2. Der gravierendste Unterschied ist allerdings, dass JANSEN ein mächtiges Paket der Einheit 6 beschreibt, dagegen auf Bohrung 2 Beckenschluffe beschrieben wurden. Die Abtrennung der BS wurde auf Grund des sandigen Feinkieses unter ihnen als Einheit 4 durchgeführt.

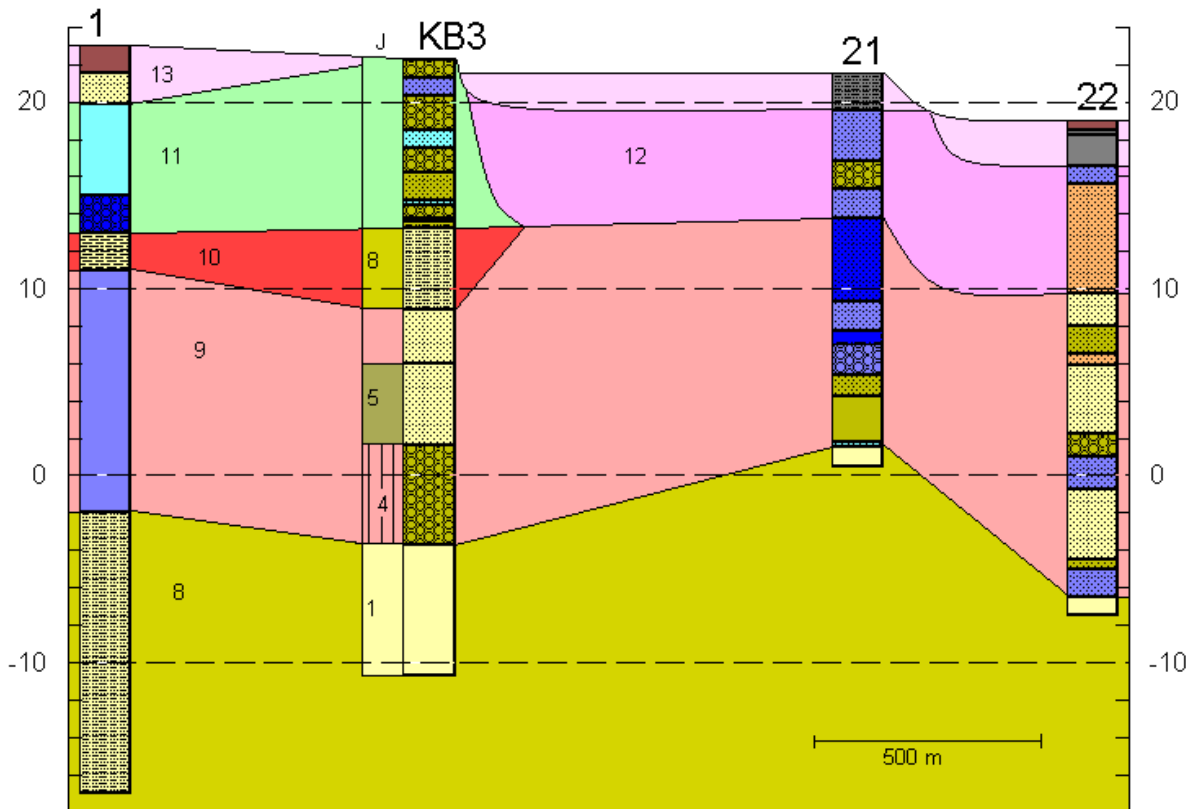


Abb. 102: Vergleich der Bohrungen 1, 21 und 22 mit der Bohrung KB 3 (Interpretation J von F. JANSEN 2001)

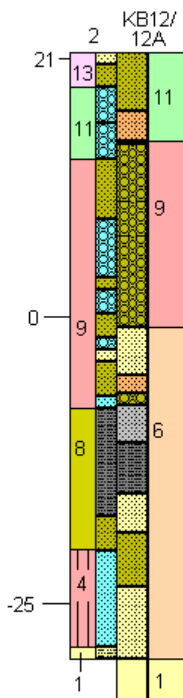


Abb. 103: Wesel 2 (eigene Interpretation) und KB 12/12A (Interpretation F. JANSEN 2001)

Die Bohrung 39 entspricht der KB 16. Der obere Teil wurde von mir und JANSEN als Auenablagerungen beschrieben. Der erste Unterschied besteht im Fehlen der Einheit 11 bei JANSEN. Der kiesige Grobsand lässt sich meiner Meinung nach mit den Bohrungen 29 und 37 im Schnitt Wesel 5 verbinden. Bei JANSEN handelt es sich um die Einheit 9, die nach meiner Interpretation erst unter der Einheit 11 beginnt. Die Basis der Einheit 9 ist wieder identisch. Darunter beschreibt JANSEN ein dünnes Band von Ablagerungen der Einheit 5, dann Rinnenschotter. In Verbindung mit allen Bohrungen des Schnittes Wesel 5 halte ich diesen Teil unter der Einheit 9 für BS und nur den tiefsten, gröberen Teil der Bohrung 39 für Rinnenschotter.

Die Bohrung 120 entspricht der KB 24. Diese Bohrung wurde von mir genauso beschrieben wie von JANSEN. Der einzige Unterschied besteht im sandigen Feinsandpaket (zweites Paket von unten, vgl. Schnitt Wesel 8). JANSEN beschreibt es als Einheit 6, ich dagegen als Einheit 8. Der Grund für den Unterschied ist in allen Bohrungen des Blattes Wesel identisch (vgl. Abb. 103).

Bohrung 101 entspricht der KB 31/31A. Die Bohrung ist in Schnitt 3, 4 und 7 enthalten. Der obere Bereich besteht aus Flugsand und Hochflutlehm, den ich wegen des mächtigen Sandpakets an der Oberfläche nicht dargestellt habe. Darunter folgt die NT. Sie umfasst bei meiner Interpretation noch den sandigen Mittelkies, weil er nach meiner Gliederung der Einheiten als grobes Material die NT von der Einheit 9 abgrenzt. Unter der Einheit 9 entspricht der sandige Schluff bei mir wie bei JANSEN den Beckensanden.

Auf Grund der Tatsache, dass ich mich bei der Interpretation ausschließlich auf Bohrdaten stützte (dafür auf eine große Anzahl), konnte ich auf Blatt Wesel keine Einheit 6 begründen. Ob es auf Blatt Wesel 2 bzw. 3 Eisvorstöße gab und ob sich heute Reste von diesen Eisvorstößen finden, lässt sich an Hand von Bohrdaten nicht nachweisen (vgl. Kapitel 4.5.3). Die von JANSEN (2001) beschriebene Einheit 6 lässt sich meiner Meinung nach auch als Einheit 8 beschreiben, da sich im Liegenden der Einheit 8 mehrfach die Einheit 4 nachweisen ließ.

Die Schnitte Xanten 1 und 2 stimmen mit den Schnitte C-D, E-F und G-H (KLOSTERMANN 1989) im westlichen Teil insofern überein, dass das Tertiär vor der Moräne gestaucht wurde, und die untere Mittelterrasse in den Vertiefungen der Stauchung liegt. Auch dass die untere Mittelterrasse unter dem Sander liegt, ist gleich. Dass es sich nach KLOSTERMANN (1989) um die untere Mittelterrasse 2 handelt und die untere Mittelterrassen 3 und 4 erodiert sind, lässt sich durch Bohrdaten alleine nicht belegen. Auch dass Teile der mittleren Mittelterrasse und des Holsteins (Schnitt E-F) unter der Moräne liegen, kann durch Bohrdaten nicht belegt werden. Dagegen wurde auch in den eigenen Schnitten das Auftreten von Holstein-Resten (schon im Schnitt Emmerich 3), in der gesamten Moräne verteilt, vermutet. Dies ist aber wiederum alleine mit Bohrdaten nicht zu beweisen.

Einen Unterschied gibt es im Schnitt G-H. Dort werden die beiden Eisvorstöße im Untergrund verbunden. Im Zwischenraum soll die mittlere Mittelterrasse und Reste der Beckenschluffe liegen. Diese müssen dann aber durch die Moräne dorthin verfrachtet worden sein, denn dieses Material ist älter als die Moräne. Dieser Bereich wurde in Schnitt Xanten 3 in die untere Mittelterrasse eingestuft, weil das Material in Bohrung 48 und 49 zu fein ist, um als Rinnenschotten angesprochen zu werden. Das noch feinere Material unter und westlich des Heesbergs (Bohrung 49 und 45) wurde als Beckenschluffe interpretiert, wie auch in den Schnitten J-K und L-M. Auf diesen beiden Schnitten liegt über den Beckenschluffen auch die untere Mittelterrasse 2. Das mächtige Schluffpaket der Bohrung 41 wurde schon als Tertiär gedeutet und passt zu dem unteren schluffigen Feinsand der Bohrung 46. Der obere schluffige Feinsand wurde zu den Beckenschluffen gestellt, weil die Beckenschluffe auf Blatt Wesel ihre Fortsetzung finden.

Gemeinsamkeiten bestehen dagegen wieder in der Interpretation des Eems, obwohl es in den GD-Schnitten häufiger auftritt als in den eigenen Schnitten. Auch die mächtigen holozänen Ablagerungen in Rheinnähe des GD-Schnittes J-K und des Schnittes 5 und 6 ähneln sich, auch wenn durch Bohrdaten eine Unterteilung wie bei KLOSTERMANN (1989) in 7 Rheinterrassen nicht möglich ist. Dagegen stellen BRAUN & THIERMANN (1981) sowie von F. JANSEN (2001) holozäne Ablagerungen viel geringmächtiger dar.

Auch das Auskeilen der Niederterrasse in Rheinnähe, das schon auf Blatt Elten das erste mal beschrieben wurde, wird in den Schnitten des Blattes Xanten bestätigt.

Auf Blatt Xanten wurden von KLOSTERMANN (1989: 134-142) sechs Bohrungen bearbeitet: KBB 17 (entspricht der Bohrung 92 des Blattes Xanten), KB 6 (Bohrung 53), Bohrung Victor 4 (südwestlich der Bohrung 120), KB 4 (Bohrung 41), KBB 8 (Bohrung 36) und KBB 1 (Bohrung 33).

In Bohrung Viktor 4 wird das Quartär als 35,5 m mächtiges feinkiesiges Mittel- und Grobsandpaket mit einem Torfhorizont bei 8 m beschrieben. Weitere Angaben fehlen.

Die Bohrung KBB 17 (92) ist im Schnitt Xanten 5 enthalten. KLOSTERMANN stellt die zwei Kiespakete der Bohrung in die uMT und die Grob- und Mittelsandpakete darunter zu den BS. Ich zähle dagegen das Grob- und Mittelsandpaket über dem schluffigen Ton auch noch zur uMT, da diese Sande für die BS an dieser Stelle zu grob erscheinen (vgl. Schnitt Xanten 5). Die Bohrung wurde bis 39 m im Schnitt verwendet, weil sie sonst das Gesamtbild des Schnittes zerstört hätte. Ob das Miozän tatsächlich bei 48 m einsetzt (nach KLOSTERMANN), lässt sich nicht verfolgen.

In der Bohrung KB 6 (53, siehe Schnitt Xanten 4) stellt KLOSTERMANN einen Teil des sandigen Mittelsandes zum Eem. Da es für das Eem weder einen Torfhorizont noch feines Material gibt, wird der ganze Bereich von mir zur Einheit 9 gezählt. Das erste Tonpaket wird dann von mir sowie von KLOSTERMANN zu den BS gezählt. Das größere Tonpaket wird von mir allerdings zur Einheit 6 gezählt, weil sich die Bohrung 53 nahe am Hochwald (der Einheit 6) befindet.

Die Bohrung KB 4 ist im Schnitt Xanten 3 als Bohrung 41 enthalten. Bei KLOSTERMANN werden die oberen 10 m zur NT gestellt. Darunter folgen direkt die BS, bis 60 m unter dem Ansatzpunkt. In der eigenen Interpretation wird der gesamte sandige Mittelsand zur Einheit 11 gezählt, der sandige Feinsand bei 14 m unter dem Ansatzpunkt zur Einheit 9 und das unterste Tonpaket zur Einheit 6. Die Einheit 6 wurde wiederum gewählt, weil sich auch der Steinhügel in unmittelbarer Nähe der Bohrung befindet. Ich halte es wie in der vorangegangenen Bohrung für unwahrscheinlich, dass die Moräne so abrupt hinter dem überirdischen Teil endet. Ob das Miozän bei 48 m unter dem Ansatzpunkt beginnt, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen.

Die Bohrung KBB 8 entspricht der Bohrung 36 im Schnitt Xanten 10. KLOSTERMANN beschreibt die ganze Bohrung als Material der Stauchmoräne. Dem stimme ich zu. Ob sich in dem Moränenmaterial gestauchtes Holstein-, Rinnenschotter- und Tertiärmaterial befindet, ist wahrscheinlich, aber nur mit Bohrdaten nicht nachweisbar.

Die letzte Bohrung, die KLOSTERMANN auf Blatt Xanten bearbeitet hat, ist die Bohrung KBB 1, was der Bohrung 33 entspricht. Diese Bohrung wurde von mir nicht direkt bearbeitet, entspricht aber in ihrer Zusammensetzung der Bohrung 22 im Schnitt Xanten 2. Wie in der vorangegangenen Bohrung beschreibt KLOSTERMANN die Stauchmoräne, wie ich die Bohrung 22 als Moräne beschrieben habe. Der Sander der Bohrung 21 wird von keiner der beiden Bohrungen berührt.

Auf Blatt Uedem entspricht die Bohrung 143 (in Schnitt Uedem 6 und 7) der Bohrung KB 30 (Riddershof), die Bohrung 63 (Schnitt Uedem 3) der Bohrung KB 7B/C (Vorselaer) und die Bohrung 146 (Schnitt Uedem 7) der Bohrung VB 1/84 (Versuchsbohrung Wasserwerk Goch

II), (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 109-120). Die Bohrung Uedem 1 (nicht zu verwechseln mit der eigenen Bohrung Uedem 1) befindet sich nördlich zwischen den Bohrungen 138 und 139, ist aber, als Steinkohle-Bohrung, für die eigenen Zwecke ungeeignet, denn das Quartär ist als 26,5 m mächtiges Kies- und Sandpaket beschrieben.

Die Bohrung KB 30 (Bohrung 143, Schnitt Uedem 6 und 7) wurde dagegen von KLOSTERMANN in ähnlicher Weise interpretiert wie von mir. Die oberen 10 m beschreibt KLOSTERMANN als niveo-fluviatile Ablagerungen, die darunter kommenden 8 m als Stauchmoräne mit überwiegend gestauchten Sanderablagerungen und die letzten 6 m als gestauchte Tertiär-Ablagerungen. Bei der eigenen Interpretation ging ich auch davon aus, dass im oberen Teil keine Eem-Ablagerungen vorhanden sind, obwohl diese Bohrung mehrere Torfhorizonte besitzt. Diese liegen aber so hoch, dass sie sich nicht mit den tatsächlichen Eem-Vorkommen verbinden lassen (siehe dazu Abb. 94 a, Eem-Schnitt). Den unteren Teil der Bohrung habe ich auch als Sander interpretiert, obwohl die Bohrung eine Stauchung nicht direkt bestätigen kann. Der von KLOSTERMANN beschriebene gestauchte Tertiär-Teil wird von mir noch als Sander interpretiert, weil es sich immer noch um sandigen Grobsand handelt der als Tertiär-Material zu grob ist. Es ist aber nicht auszuschließen, dass unter dem Sander (Schnitt Uedem 6 und 7) das Moränenmaterial gestauchte Schuppen aus Tertiär-Material enthält.

Die Bohrung KB 7B/C (Bohrung 63, Schnitt Uedem 3) wird von der Oberfläche bis zum Eem von KLOSTERMANN und mir in der gleichen Weise interpretiert. Die von KLOSTERMANN beschriebenen Vorselaer-Schichten wurden von mir zum feinkörniger Abschluss der Einheit 9 gezählt. Ebenso wurden der sandige Feinkies und Grobsand, den KLOSTERMANN als Holstein-Äquivalent beschrieben hat, zur Einheit 9 gezählt, denn ohne Torfhorizont ist die Einheit 5 in Bohrungen nicht zu bestimmen. KLOSTERMANN (1992 b: 53) beschreibt auch im sandigen Holstein-Äquivalent Pollenfunde. Da diese Pollenfunde in Bohrdaten nicht zur Verfügung stehen, ist dies möglicherweise ein Hinweis darauf, warum das Holstein in der eigenen Arbeit so selten lithostratigraphisch erfasst wurde.

Der darunter folgende sandige Feinkies kann als Einheit 4 die Einheit 9 in ihrer Mächtigkeit begrenzen und wurde auch von KLOSTERMANN in die mittlere Mittelterrasse gestellt.

Die Versuchsbohrung VB 1/84 (Bohrung 146, Schnitt Uedem 7) wurde für diese Untersuchung etwas gekürzt. Die unteren 70 m wurden als Obermiozän nicht mehr berücksichtigt, weil sie das Gesamtbild des Schnittes Uedem 7 zerstört hätten. Der für diese Arbeit wichtige Teil wurde aber verwendet. KLOSTERMANN stellt dann auch nur den oberen sandigen Mittelsand und den sandigen Grobsand zur Einheit 11. Da der Kiesige Grobsand gröber ist als der darunter folgende sandige Mittelsand, stelle ich diesen Bereich noch zur Einheit 11 (vgl. Schnitt Uedem 7). Den sandigen Feinsand über dem tertiären Feinsand hat KLOSTERMANN an Hand von Schwermineralanalysen, die mir in den Bohrungen nicht zur Verfügung standen, in die Elster-Kaltzeit gestellt. (vgl. KLOSTERMANN 1992 b, Taf. 1 und die Schnitte von Uedem).

Auf Blatt Uedem gleichen sich die eigenen Schnitte und die GD-Schnitte (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: Taf. 1) in soweit, dass im Südwesten das Pliozän höher ansteht als der Rest des Tertiärs und sich darauf die obere Mittelterrasse befindet. Auch die Schwankungen der Mächtigkeiten der Mittelterrassen bestätigen sich. Was aber mit Bohrungen hier nicht möglich ist, ist das Untergliedern der unteren Mittelterrasse. Auch das Abgrenzen der mittleren Mittelterrasse ist an Hand von Bohrdaten nicht immer möglich. Die Einheit 5 (Holstein) wurde nicht gefunden und stark kiesiges Material (mit diesen Mitteln wurde die mittlere Mittelterrasse abgetrennt) wurde in den Bohrdaten selten gefunden.

Der unterirdische Verlauf der Moräne im Schnitt E-F lässt sich mit Bohrdaten nicht belegen. Dafür wird die Annahme bestärkt, dass die untere Mittelterrasse vor, während und nach dem

Eisvorstoß entstanden sein muss. Das zeigen die Schnitte G-H, J-K und L-M. Teile der unteren Mittelterrasse befinden sich im (Mu 2), unter (Mu 2) und über (Mu 3) der Moräne. Ebenso verhält es sich mit dem Sander. Teile der unteren Mittelterrasse befindet sich unter (Mu 2), Teile über (Mu 3) dem Sander. Zu ähnlichen Ergebnissen sind auch die eigenen Schnitte des Blattes Uedem gekommen (vgl. z.B. Schnitt Uedem 2 Bohrung 25, Uedem 6 Bohrung 117, Uedem 7 Bohrungen 149 bis 138, Uedem 9 Bohrung 137, Uedem 10 Bohrungen 93 und 116). Nur lässt sich allein aus Bohrdaten keine genaue Gliederung der unteren Mittelterrasse vornehmen.

Das Eem wurde in den Schnitten 3 und 4 nachgewiesen, das entspricht ungefähr den Schnitten E-F und G-H.

Bei den Niederterrassen war eine Unterteilung nicht möglich. Wichtige Unterscheidungsmerkmale (wie Laacher-See Bims) gehen in den Bohrdaten verloren.

Das Holozän fehlt in den GD-Schnitten, und auf den eigenen Schnitten des Blattes Uedem wird nur die Einheit 13 beschrieben, die den Übergangsbereich von der Weichsel-Kaltzeit zum Holozän beschreibt.

Der GD-Schnitt A'-B' der geologischen Karte C 4302 Bocholt (KLOSTERMANN 1997) kann mit dem Großschnitt Uedem – Hünxe (Abb. 86) verglichen werden. Im Bereich westlich der Moräne (Uedem) gleichen sich Schnitt und GD-Schnitt stark. Das aufgestauchte Tertiär kommt im Schnitt Uedem – Hünxe genauso zur Geltung wie auf dem GD-Schnitt A'-B'. Ebenso verhält es sich mit der unteren Mittelterrasse, dem darauf liegenden Sander und der Niederterrasse. Auffällig ist nur, dass KLOSTERMANN hier von einer ungegliederten Mittelterrasse spricht, obwohl er auf den geologischen GD-Schnitten Uedem (KLOSTERMANN 1989) schon von der unteren Mittelterrasse 2 sprach. Auf den eigenen Schnitten des Blattes Uedem wurde oben schon darauf hingewiesen, dass die untere Mittelterrasse durch Bohrdaten nicht weiter aufgeschlüsselt werden kann.

Im Bereich Xanten wurde auf die Trennung der Eisvorstöße und die damit verbundene Unterteilung der Beckenschluffe im GD-Schnitt nicht eingegangen.

Östlich der Moräne gleichen sich GD-Schnitt und Großschnitt Uedem-Hünxe wieder insofern, dass die Beckenschluffe, die untere Mittelterrasse, das Eem, die Niederterrasse und das Holozän einen ähnlichen Verlauf haben. Die Beckenschluffe nehmen in Richtung Rhein an Mächtigkeit zu, nur in den eigenen Schnitten erreichen sie nicht die Mächtigkeit wie im Schnitt A'-B' angegeben. Außerdem wurden im eigenen Schnitt unter den Beckenschluffen noch Rinnenschotter gefunden, die im Schnitt A'-B' fehlen. Das Auskeilen der unteren Mittelterrasse und der Niederterrasse und die gleichzeitige Mächtigkeitzunahme des Holozäns in Richtung Rhein sind wieder in beiden Darstellungen zu verfolgen, auch wenn es in den eigenen Schnitten etwas anders dargestellt wurde. Die Wieder-Zunahme der beiden Terrassen und das Abnehmen des Holozäns östlich des Rheins ist wieder identisch. Der Bereich Hünxe im Großschnitt wird im Schnitt A'-B' nicht mehr berührt.

Am Niederrhein stieß das Eis zur Saale-Kaltzeit zwei Mal vor, wobei der erste Eisvorstoß am weitesten nach Westen reichte. Dieser Meinung folgen: BRAUN (1978), HEINE (1983), KAISER & SCHÜTRUMPF (1960), KLOSTERMANN (1989, 1992 a, 1992 b, 1997), SIEBERTZ (1983, 1985, 1986) und THOME (1958, 1959). SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993) beschreiben einen weiteren Eisvorstoß in den Raum Wesel (vgl. Kapitel 4.5.3), der aber durch Bohrdaten nicht nachweisbar ist. Dies ist insofern kein Widerspruch, da der Rhein auf Blatt Wesel zu einer starken Erosion führte und dieser Eisvorstoß den Rhein nicht überschritt. Auf Blatt 4406 Dinslaken wurden Reste dieser Grund- und Stauchmoräne nachgewiesen (mündliche Mitteilung SKUPIN 2005). Tab. 15 gibt die unterschiedlichen Interpretationen verschiedener Autoren zu den Eisvorstößen und Stauchungen im Untersuchungsgebiet wieder.

Tab. 15: Zuordnung saaleglazialer Eisrandablagerungen zu den unterschiedlichen Gletschervorstößen im Untersuchungsgebiet (umgezeichnet und erweitert nach SIEBERTZ 1986)

	T HOME		KAISER & SCHÜTRUMPF		SIEBERTZ		KLOSTERMANN		eigene Deutung	
	Neusser Staffel	Kamper Staffel	Krefelder Staffei	Mintarder Staffei	Luisendorf-Staffei	Moyland-Staffei	1. Eisvorstoß	2. Eisvorstoß	1. Eisvorstoß	2. Eisvorstoß
Stauchwall v. Xanten		X		X	X			X		X
Stauchwall Hees bei Xanten		X		X		X		X		X
Südostrand Uedemer Sanderochfläche	X		X				Paulsberg, Gochfortzberg, Tüschewald, Hees (Wolfsberg), Totenhügel bis Hees.	Monreberg, Hochwald, Hees (Fürstenberg),	wie KLOSTERMANN ohne Hees	Hees erst bei Oszillation
Stauchwall von Moyland			X			X	X	X	X	X
Luisendorfer Höhe (Uedemer Sanderochfläche)					X		X		X	
Stauchwall Eitener Berg				X	X	X	X	X	X	X
Stauchwall Kleve-Kranenburg			X		Klevert Staffei	Kranenburger Staffei	X	X	X	X

äußere Eisrandlage: 1. Eisvorstoß, Neusser, Krefelder, Luisendorfer, Klevert Staffei
innere Eisrandlage: 2. Eisvorstoß, Kamper, Mintarder, Moyland-, Kranenburger Staffei

7.3 Vergleich der eigenen Schnitte mit den Gebieten im Süden und Südosten

Der südliche und südöstliche Bereich des Untersuchungsgebietes wurde von C. JANSEN (in Vorbereitung) in ähnlicher Weise untersucht wie das eigene. Östlich von Wesel schließt das Blatt Hünxe an, welches auf dem Großschnitt Uedem-Hünxe (Abb. 86) mit berücksichtigt wurde. Man erkennt, dass die uMT an der Grenze der beiden Blätter auskeilt und die NT sowie die holozänen Ablagerungen am Tertiär enden. Dieses steigt steil von 5 auf 50 m über NN an. Dort befindet sich die östliche Grenze des Niederrheinischen Beckens. Auf der Höhe erkennt man Reste der HT. Dies ist das einzige Vorkommen der HT am Ostrand des Untersuchungsgebietes.

Südlich des Blattes Uedem schließt das Blatt 4403 Geldern an. Der nördliche Teil der GD-Schnitte (KLOSTERMANN 1984: Taf. 1) lässt sich mit dem Schnitt Uedem 1 vergleichen. Ganz im Westen liegt die Hauptterrasse. Der größte Teil dieser Terrasse befindet sich im Graben von Wemb, so dass die im Osten folgende obere Mittelterrasse fast gleichhoch liegt. Hierbei handelt es sich um die westliche Grenze der Niederrheinischen Bucht. Die (untere und mittlere) Mittelterrasse ist in den GD-Schnitten ungegliedert, genauso wie die Niederterrasse. Die Mächtigkeit der Mittelterrasse reicht bis 10 m, die der Niederterrasse 8 bis 10 m. Nach Süden hin keilt die Mittelterrasse aus. Beim Übergang der GD-Schnitte zum Schnitt Uedem 1 stimmen Höhenlage und Mächtigkeit der Nieder- und Mittelterrasse überein.

Beim Vergleich der GD-Schnitte des Blattes Issum (KLOSTERMANN 1986 a: Taf. 1) mit dem Schnitt Xanten 1 (Abb. 65) fällt im Westen (GD-Schnitt AB) die annähernd gleiche Höhe und Mächtigkeit der Niederterrasse und der unteren Mittelterrasse 2 bzw. 3 auf. Es fehlt dagegen auf dem GD-Schnitt die Stauchung der Einheit 1. Die Einheit 4 (Rinnenschotter) des Schnittes Xanten 1 ist, wie in den anderen Schnitten des Blattes Xanten und den GD-Schnitten des Blattes Xanten (KLOSTERMANN 1989) und Issum (KLOSTERMANN 1986 a: Taf. 1), nur lokal verbreitet. Diese Verteilung der Einheit 4 ist von der Erosion durch die untere Mittelterrasse 2 und 3 abhängig. Die Einheit 9 des Schnittes Xanten 1 nimmt nach Osten genauso zu wie auf dem GD-Schnitt CD (KLOSTERMANN 1986 a: Taf. 1). Im Schnitt Xanten 1 fehlen allerdings die Einheit 6 und die Bönninghardt-Schichten (vgl. KLOSTERMANN 1986 a: 45). Bei den Bönninghardt-Schichten handelt es sich um Schluffe und Tone, die diskordant auf der unteren Mittelterrasse 2 und der durch Erosion gekappten Stauchmoräne des ersten Eisvorstoßes liegen. Ob es sich um kalt- oder warmzeitliche Ablagerungen handelt, ist noch ungeklärt (vgl. KLOSTERMANN 1986 a: 46). Die Bönninghardt-Schichten fehlen auf Blatt Xanten. Die Abb. 5 und 9 (KLOSTERMANN 1986 a: 45 und 50) zeigen, dass der Bereich südlich des Blattes Xanten zu einem anderen, südlicheren Lobus als dem Sonsbecker Lobus gehört.

Beckenschluffe wie im Schnitt Xanten 1 fehlen auf Blatt Issum. Möglicherweise handelt es sich bei den Bönninghardt-Schichten um kaltzeitliche Beckenablagerungen (vgl. KLOSTERMANN 1986 a: 46).

Die im Schnitt Xanten 1 gefundenen Eem-Ablagerungen fehlen in den GD-Schnitten des Blattes Issum. Dafür befindet sich in den Schnitten des Blattes Xanten keine Niederterrasse direkt auf den Tertiär-Ablagerungen.

Der auf dem GD-Schnitt E-F (vgl. KLOSTERMANN 1986 a: Taf. 1) dargestellte Haagsche Berg wurde von Norden her (aus dem Bereich zwischen Balberger Wald und Hees) durch den zweiten Eisvorstoß gestaucht (vgl. Kapitel 4.5.3).

Blatt 4405 Rheinberg gibt es nur in der preußischen Ausgabe (ZÖLLER 1939). Das Diluvium (Pleistozän) wird nicht weiter unterteilt.

Von Blatt 4406 Dinslaken (vgl. JANSEN 1995: Taf. 1) gibt es momentan keine GD-Schnitte, die das Quartär genauer darstellt.

Beim Blatt 4306 Hünxe (früher Drevenack) verhält es sich wie bei Blatt Rheinberg.

7.4 Vergleich der eigenen Schnitte mit den Schnitten der Niederlande

Zur Korrelation des eigenen Gebietes mit dem niederländischen Grenzgebiet stehen zwei Karten des „Rijks Geologische Dienst“ (RG) der Niederlande zur Verfügung: Arnheim Ost (40) und Venlo West (52). Arnheim Ost kann mit Blatt Elten und Emmerich verglichen werden, Venlo West kann bedingt zum Vergleich von Rhein und Maas herangezogen werden.

Auf dem Blatt Arnheim Ost (MEENE 1977) lässt sich der Schnitt F-F' mit dem Schnitt Emmerich 3 vergleichen, Schnitt G-G' mit dem Schnitt Emmerich 5 und Schnitt C-C', im südlichen Teil, mit dem Schnitt Elten 2. Schnitt C-C' läuft im südöstlichen Teil zwischen den Schnitten Emmerich 2 und 5. Dabei werden die fluviatilen Sedimente aus dem Bereich der jüngeren Saale-Zeit bis zum ältesten Holozän zur Formation von Kreftenheye (Kr) zusammen gefasst (siehe Kapitel 4.10), andere Ablagerungen (wie z.B. Stillwasserablagerungen) der Eem-Zeit und der Weichsel-Zeit in die Formationen von Asten bzw. Twente (Tw). Die Formation von Kootwijk (Ko) beinhaltet Feinsandablagerungen (z.B. Dünen) aus der Formation von Twente. Glaziale Ablagerungen aus der jüngeren Saale-Zeit werden in die Drente Formation (Dr) gestellt. Die Formation von Drente wird in eine lakrustoglaziale (Dr 8), eine glazifluviatile (Dr 7) und eine Formation, die Grundmoränenmaterial (Dr 6) enthält, unterteilt. Der mittlere und ältere Teil der Saale sowie das Holstein und das Elster werden zur Formation von Urk zusammengefasst, an der Maas entspricht dies der Formation von Veghel (vgl. Tab. 14). Diese Formation (Veghel) wird in A, B und C unterteilt, wobei nur im Bereich C der Rhein und die Maas zusammen flossen (C, R+M).

Im Folgenden wird versucht, die eigenen Schnitte mit den Schnitten des „Rijks Geologische Dienst“ (MEENE 1977) zu vergleichen.

Tab. 16: Unterschiede in der Gliederung des jüngeren Quartärs vom Niederrhein und den Niederlanden

	Niederrhein	Niederlande, Rhein	Arnheim (lokal)	Niederlande, Maas	Venlo (lokal)
Holozän	Holozän	Betuwe Formation	Formation v. Kootwijk	Holoceen	Holoceen
Weichsel	Niederterrasse	Formation von Kreftenheye	Formation v. Twente	F. v. Kreftenheye	F. v. Twente
Eem	Schichten v. Weeze		Formation v. Asten		F. v. Asten
Saale	Untere MT	Formation v. Urk	Formation v. Drente		F. v. Veghel
			4	C, R+M	
			3	B, M	
Holstein	Holsteinkomplex				F. v. Eindhoven
Elster	Mittlere MT			A, M	
	Obere MT				

In der Mitte des RG-Schnittes F-F' befindet sich „Hoch Elten“ was im Schnitt Emmerich 3 dem Eltenberg entspricht. Aus diesem Grund habe ich im RG-Schnitt FF' den eigenen Schnitt Emmerich 3 integriert. Der Eltenberg („Hoch Elten“) gehört zum Montferland (vgl. Abb. 104 a) und besteht aus Moränenmaterial, was in den Niederlanden nach MEENE (1977) zur „gestauchten Formation“ (Gmot) zusammengefasst wird. Dabei kann Gmot alle Sedimente enthalten, die durch einen Gletscher gestaucht wurden. Im Untergrund des Montferlandes befindet sich die Formation von Scheemda (Sch) aus dem Pliozän, was den Ablagerungen des Tertiärs in den eigenen Schnitten entspricht. Die Formation von Scheemda kommt in den verwendeten Schnitten in der Kieseloolith-Formation (Koö) vor (vgl. MEENE 1977). Südwestlich des Eltenberges fehlt das Tertiär als eigene Einheit, genau wie die untere Mittelterrasse. Da dieser Bereich gestauchtes Material enthält, wird er zur Formation Gmot gerechnet. Das Eem westlich des Rheins ist als Formation von Asten (Torfhorizont) ebenso vorhanden wie die Formation von Kreftenheye 5 und 6 (vgl. Tab. 15), die der Niederterrasse entspricht. Die Betuwe Formation (Bf) (Holozän) bildet den Abschluss. Es fällt auf, dass am südwestlichen Übergang des Schnittes Emmerich 3 zum RG-Schnitt FF' die Lage und Mächtigkeit der Niederterrasse und des Holozäns genau zur Formation von Kreftenheye und Betuwe Formation passt. Inwieweit die (gestauchten) Ablagerungen der untere Mittelterrasse und des Tertiärs in Gmot enthalten sind, ist an Hand des RG-Schnittes nicht zu bestimmen.

Der RG-Schnitt G-G' verläuft parallel zum Schnitt Emmerich 5. Unterhalb der Moräne befindet sich wieder die Formation von Scheemda, die wie im Schnitt Emmerich 3 das Tertiär beschreibt. Nur ist diese im Schnitt Emmerich 5 nicht mehr erbohrt worden. Im Schnitt G-G' sinkt die Formation von Scheemda östlich der Moräne weiter ab. Die saalezeitlichen Ablagerungen sind im Schnitt G-G' direkt östlich der Moräne fluvioglazial ausgebildet. Darum werden diese Ablagerungen zur Formation von Drente gestellt. Noch weiter östlich gehen die Ablagerungen aus der Saale-Zeit in die Formation von Kreftenheye über. Dies bedeutet, dass diese Sedimente nicht unter fluvioglazialen Bedingungen, sondern unter rein fluviatilen Bedingungen entstanden sind. Die Formation von Kreftenheye wurde hier in a, b und c unterteilt. Die Einheit a beinhaltet saalezeitliche Ablagerungen, Einheit b eemzeitliche Ablagerungen und Einheit c die Niederterrasse. Hier wird deutlich, dass die Gliederung der Formation von Kreftenheye nicht einheitlich ist. Die Gliederung von MEENE (1977) in a, b, und c, entspricht nach BERENDSEN & STOUTHAMER (2001) den Einheiten 5 und 4 sowie den Einheiten 3 und 2. Das Eem als Torfhorizont wurde in Schnitt Emmerich 5 nicht nachgewiesen, dafür befindet sich die Grenze zwischen der Mittel- und Niederterrasse auf gleicher Höhe wie im Schnitt G-G'. Den Abschluss bildet hier das Holozän (Betuwe Formation).

Im RG-Schnitt GG' (Abb. 104 b) wurde der Schnitt Emmerich 5 integriert. Der nordwestliche Teil des Schnittes Emmerich 5 bildet den Ausläufer des Montferlandes. Hierbei handelt es sich wieder um Moränenmaterial. Am Fuße der Moräne liegt im eigenen Schnitt die Einheit 9, darunter befindet sich die Formation von Drente (Dr 7) in einer glazifluviatilen Ausprägung. Dies zeigt die Nähe zur Moräne. In einiger Entfernung von der Moräne wechselt die Formation von Drente zur Formation von Kreftenheye a, was immer noch der Einheit 9 entspricht. Hier ist sie aber nicht mehr gestaucht. Der einzige Unterschied zwischen dem Schnitt Emmerich 5 und dem RG-Schnitt GG' besteht in der Mächtigkeit der Einheit 9. Bei ca. -3 m halte ich den sandigen Ton der Bohrung 82 und den schluffigen Feinsand der Bohrung 84 (vgl. Abb. 23, Schnitt Emmerich 5) für tertiärzeitlich. Im RG-Schnitt GG' reicht die Formation von Kreftenheye a bis -30 m.

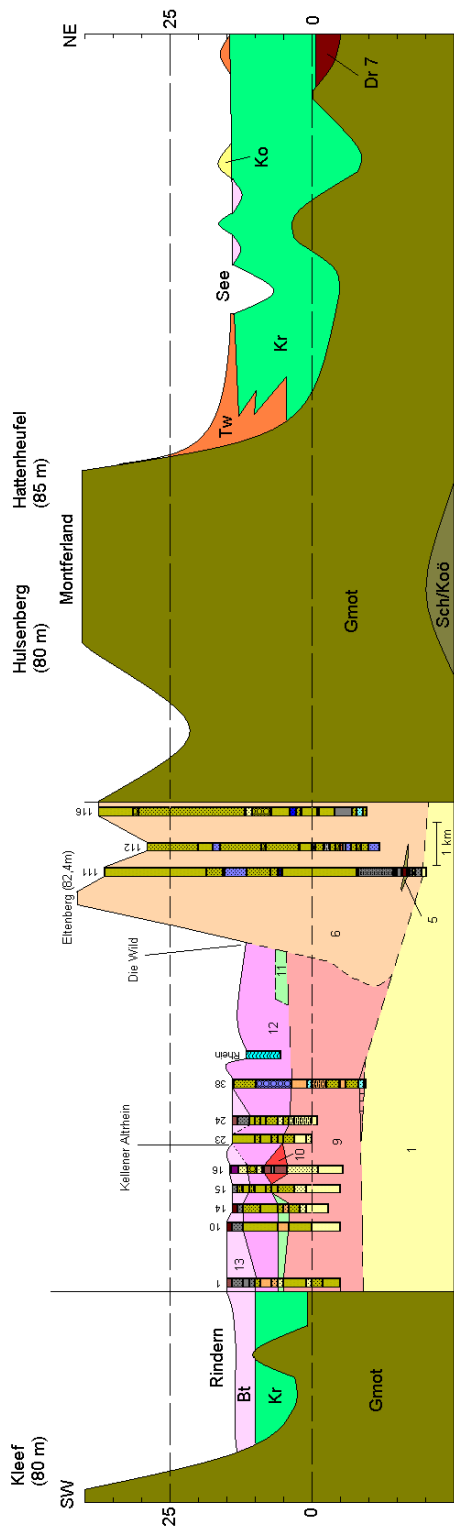


Abb. 104a : RG-Schnitt FF' mit Schnitt Emmerich 3

Abb. 104: RG-Schnitte mit integrierten eigenen Schnitten

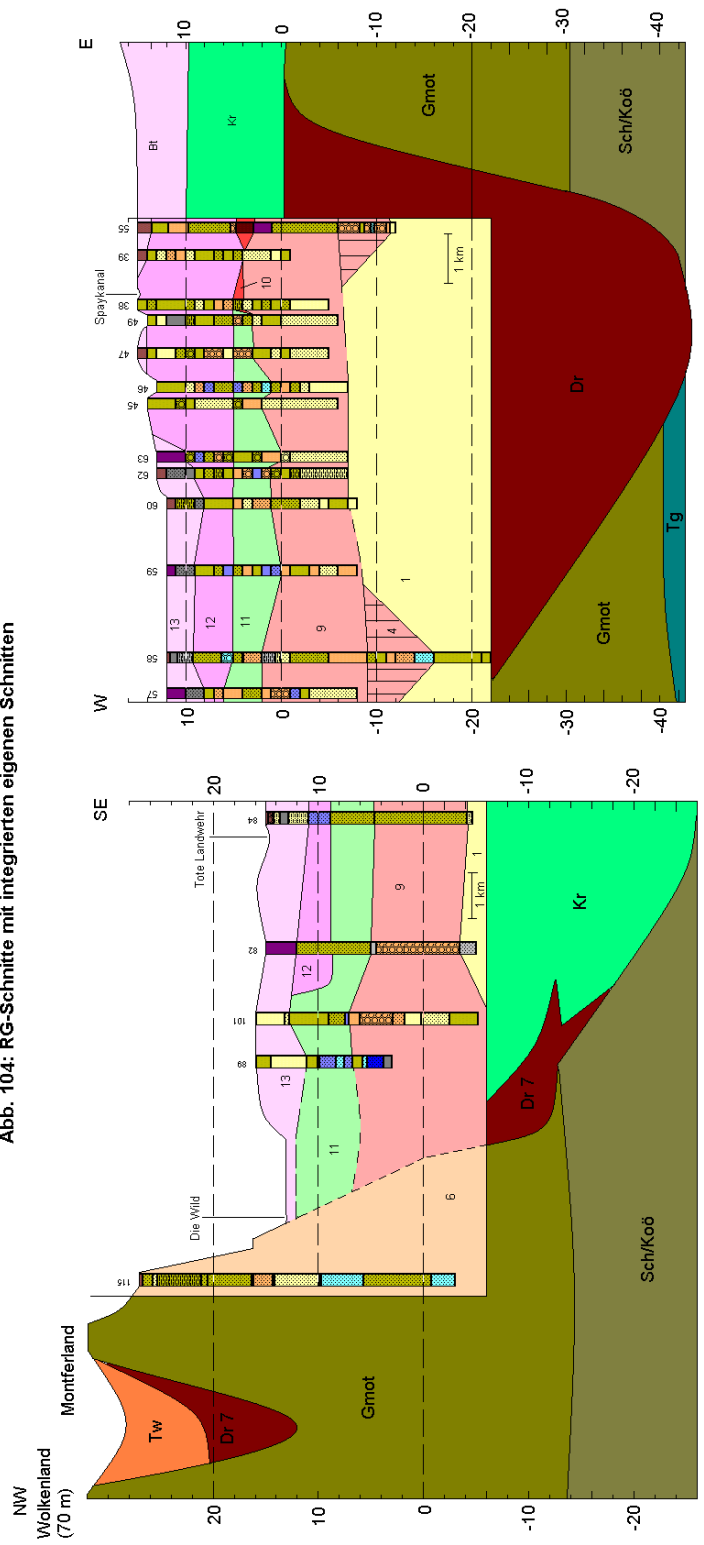


Abb. 104b : RG-Schnitt GG' mit Schnitt Emmerich 5

Abb. 104c : RG-Schnitt CC' mit Schnitt Eiten 2

Dafür fehlen im Untersuchungsgebiet entsprechend tiefe Bohrungen. Im Schnitt Emmerich 5 fehlt auch der Nachweis eines Torfhorizontes, was im RG-Schnitt der Formation von Kreftenheye b entspricht. Die Niederterrasse (Formation von Kreftenheye C) und das Holozän (genauer der Übergang Weichsel/Holozän, Betuwe Formation) sind in Mächtigkeit und Lage wieder annähernd gleich.

Der südliche Teil des RG-Schnittes C-C' lässt sich, entlang des Rheins, mit dem Schnitt Elten 2 vergleichen. Das Material aus der Saale ist dort lakrustoglazial ausgebildet, was in der Zusammensetzung den Beckenschluffen auf Blatt Wesel entspricht, aber in keinem Zusammenhang mit diesem Becken steht. Es wird in den Niederlanden zur Formation von Drente in lakrustoglazialer Ausprägung gestellt.

Für den westlichen Teil des RG-Schnittes wurde der Schnitt Elten 2 integriert (vgl. Abb. 104 c). Hier besteht ein gravierender Unterschied in der Mächtigkeit der Formation von Drente gegenüber der Einheit 9. Endet diese bei ca. -8 m, reicht die Formation von Drente bis in eine Tiefe von über -50 m. Dabei ist es unerheblich ob es sich um die „gestauchte Formation“ Gmot oder die lakrustoglaziale Formation von Drente (Dr 8) handelt. Diese Mächtigkeit widerspricht den eigenen Beobachtungen, dass sich unter der Einheit 9 die Einheit 4 befindet und sich beide auf der Einheit 1 befinden. Dieser Sachverhalt bestätigt sich auf allen drei Schnitten des Blattes Elten. Warum im RG-Schnitt die Einheit 9 eine solche Mächtigkeit erreicht, ist mir nicht bekannt. Die in dem Schnitt Elten 2 abgetrennte Einheit 4 entspräche im RG-Schnitt der Formation von Urk, die in keinem der drei RG-Schnitten vorkommt.

Im weiteren Verlauf des Schnittes C-C', in östlicher Richtung, liegt dieser parallel zwischen den Schnitten Emmerich 2 und 5. Die Formation von Scheemda befindet sich dort rund 35 m unter NN, das Tertiär im Schnitt Elten 2 dagegen bei -15 bis -10 m. Darüber befindet sich wieder die „gestauchte Formation“ (Gmot). In dieser Formation fallen noch, nicht weiter differenzierte, Torfhorizonte auf. Dies weist auf ein generelles Problem hin, dass isolierte Torfschichten nicht immer eindeutig zugeordnet werden können. Geringe Unterschiede bestehen bei der Lage und Mächtigkeit der Niederterrasse und des Holozäns. Die Niederterrasse ist in den eigenen Schnitten geringmächtiger, dagegen das Holozän mächtiger ausgebildet.

Der Bereich der Maas bei Venlo ist für eine direkte Verbindung mit dem Untersuchungsgebiet zu weit entfernt. Hier kann man allerdings den Rhein mit der Maas vergleichen.

Die ältesten Schichten, die in den Schnitten von Blatt Venlo auftreten, stammen aus der Holstein-Zeit. Sie werden mit den saalezeitlichen Ablagerungen zur Formation von Veghel zusammengefasst. Die Ablagerungen sind durchgehend fluviatil, unterscheiden sich aber durch die Entstehung während kalt- bzw. warmzeitlichen Bedingungen. Die Formation von Veghel wird in drei Abschnitte unterteilt (siehe Tab. 14). Abschnitt A umfasst das Holstein, Abschnitt B den Teil der Saale, der nur von der Maas beeinflusst wurde, und Abschnitt C den Teil, in dem Maas und Rhein den Bereich gleichzeitig beeinflussten. Die Formationen von Asten, Twente und Kreftenheye werden an der Maas im gleichen Sinne benutzt wie am Rhein.

Das Holozän wird an der Maas in Dünen-, Fluss- und Torfablagerungen unterteilt.

8. Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse aus der flächendeckenden Kartierung des Untergrundes wurden zu den zeitlichen Abläufen und Verhältnissen der Stauchmoränen und damit der Eisvorstöße gewonnen. Dazu gehören auch die Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse der Beckenschluffe. In zeitlicher Reihenfolge gliedern sich die Ergebnisse wie folgt:

Die quartäre Rheintalfüllung ist ins tertiäre Liegende eingetieft (1, Abb. 106). Dieses Material zeichnet sich durch feine, oft marine und glaukonitische Bestandteile aus. Es liegt heute nicht mehr ungestört, sondern wurde durch tektonische und klimatische Einflüsse in seine heutige Gestalt gebracht.

Feinklastisches Material, das sich unter der Einheit 4 befindet und nach KLOSTERMANN (1997, geol. Karte C 4302 Bocholt, GD-Schnitt A'B') ursprünglich zu den Beckenschluffen gestellt wurde, ist nach meiner Interpretation ins Tertiär zu stellen.

Die mittlere Mittelterrasse (4) liegt an der Basis der Rheintalfüllung und lässt sich, wenn sie vorhanden ist, durch ihre groben Bestandteile abtrennen. Im Gegensatz zu JANSEN (2001: Taf. 1) bin ich der Meinung, dass die Einheit 4 nicht nur von den Stauchmoränen ausgeräumt wurde, sondern auch unter den Beckenschluffen gefunden wurde (vgl. Schnitte des Blattes Wesel, Abb. 76, 77, 78 und 80). Die Abb. 103 zeigt in der Bohrung Wesel 2 ein schluffiges Tonpaket unter dem sich noch ein Feinkiespaket befindet. Dieses Feinkiespaket ist meiner Meinung nach zur Einheit 4 zu zählen, weil es für die Einheit 1 und 8 zu grob ist. Die Einheit 8 vermute ich auf dem ganzen Blatt Wesel, weil sich dort ein Schluff- und Sandband bis in den Bereich der Stauchmoränen auf Blatt Xanten verfolgen lässt.

Holstein-Ablagerungen (unterer Torf, 5) sind im Untersuchungsgebiet selten und nur in Resten vorhanden. Ein Holstein-Komplex wie ihn KLOSTERMANN beschreibt, lässt sich nicht nachweisen. Möglicherweise ist ein sandiges Holstein-Äquivalent, welches pollenanalytisch eindeutig ins Holstein zu stellen ist, der Grund dafür, dass das Holstein lithostratigraphisch nur selten erfasst wurde.

An Hand der Ablagerungen wird nach dem Holstein und vor dem ersten Eisvorstoß eine Terrassenablagerung der unteren Mittelterrasse vermutet (9a). Sie befindet sich unter den Sanderablagerungen des ersten Eisvorstoßes und zeigt deutliche Spuren einer Stauchung. Diese Stauchung wurde von der Einheit 6a ausgelöst. Die Einheit 9a wurde vom Sander (7a) überlagert. Im westlichen Vorfeld der Moränen könnte sich zu dieser Zeit eine weitere Terrasse (9b) abgelagert haben. Da der Sander des ersten Eisvorstoßes von der Einheit 9 umschlossen und mit ihr verzahnt sein kann, ist dies ein Hinweis darauf, dass im westlichen Vorfeld des ersten Eisvorstoßes Ablagerungen der Einheit 9 zu dieser Zeit entstanden sein können. Innerhalb des Stauchmoränenendwalles wurde die Terrasse (9a) ausgeräumt und es lagerten sich während dem Abschmelzen des Inlandeises die Beckenschluffe (8a) ab.

Zwischen dem ersten und zweiten Eisvorstoß konnte sich vor und innerhalb des ersten Stauchmoränenendwalles eine weitere Terrasse gebildet haben (9c). Innerhalb des Stauchmoränenendwalles wurde von mir allerdings kein Nachweis gefunden, außerhalb könnte das Material, das den ersten Sander umschließt (sich mit ihm aber nicht verzahnt), zu diesen Ablagerungen zählen. Ähnlich wie während des ersten Eisvorstoßes kann sich auch während des zweiten Eisvorstoßes im Vorfeld des Stauchmoränenendwalles Material abgelagert haben (9d). Ein Nachweis mit Bohrdaten ist aber nicht möglich. Die letzte Terrassenablagerungen (9e) wurden nach dem zweiten Eisvorstoß gebildet. Sie kann im gesamten Rheintal auftreten.

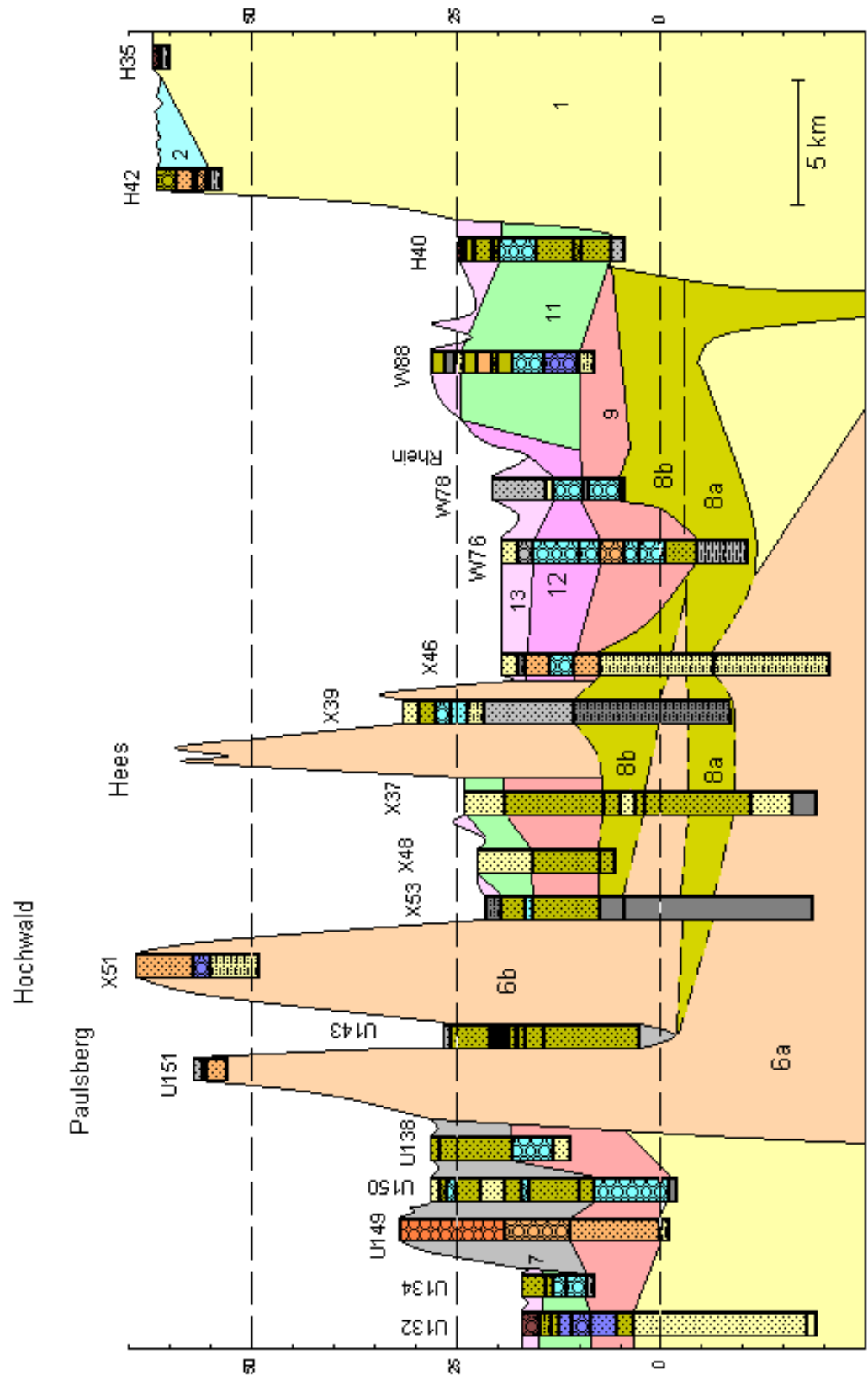


Abb. 105 : Idealierte Darstellung der Eisvorstöße U=Uedem, X=Xanten, W=Wesel, H=Hünxe 300fach überhöht

Der Großschnitt der Abb. 105 zeigt idealisiert die zwei Eisvorstöße am nördlichen Niederrhein. Der erste Eisvorstoß reichte bis an den Paulsberg (6a) und verläuft in einem Bogen über den Gochfortzberg zum Balberger Wald. Die Sanderschüttung (7) reichte ins westliche Vorland. Nach dem ersten maximalem Eisvorstoß zog sich das Eis ganz oder teilweise aus diesem Gebiet zurück. Bei einem erneuten Vorstoß (1. Oszillation) folgte der Gletscher grob dem Weg, den er sich beim ersten Hauptvorstoß geschaffen hatte. Da die erste Oszillation nicht mehr die gleichen Ausmaße wie der erste Hauptvorstoß erreichte, entstand eine zweite, kleinere Stauchmoräne östlich des Paulsbergs, die in einem kleineren Bogen bis zum Hochwald reicht. Die ersten Beckenschluffe (8a) entstanden beim Abschmelzen dieses Eises, was bedeutet, dass es Beckenschluffe gegeben haben muss, die tiefer liegen und bis zum Paulsberg gereicht haben können. Teile dieser Beckenschluffen könnten sich in der Moräne des zweiten Haupteisvorstoßes befinden.

Nach diesem ersten Haupteisvorstoß zog sich das Eis ganz vom Niederrhein zurück und es setzte Erosion ein. Der zweite Haupteisvorstoß drang aus der gleichen Richtung wie der Erste ins Untersuchungsgebiet vor. Er erreichte nicht mehr den Paulsberg, überfuhr dafür aber Teile der Moräne der ersten Oszillation sowie des ersten Sanders und bildete mit dem Hochwald (6b) eine wesentlich mächtigere Stauchmoräne als den Paulsberg. Später muss das Eis die Stauchmoräne zerschnitten haben und ist weiter nach Süden ausgeflossen. Der zweite Haupteisvorstoß kann Teile der ersten Beckenschluffe aufgearbeitet haben. In Abb. 105 wird die ursprüngliche Lage der Beckenschluffe vor dem Eintreffen des zweiten Eisvorstoßes dargestellt (8a). Eine heutige Lage der ersten Beckenschluffe (8a) wäre z.B. der schluffige Feinsand in der Bohrung X51. Bei Schnitt Xanten 10 (Abb. 74, Seite 113) wurden 12 Bohrungen aufgelistet, die die ältere Einheit 8 beinhalten könnten. Sie ist aber so über die einzelnen Moränenwälle verteilt, dass ihre ursprüngliche Lage nicht mehr zu erkennen ist und sie in den Abbildungen der Schnitte Xanten nur als Bestandteil der Einheit 6 beschrieben werden konnte. Es wäre auch möglich, dass die feinklastischen Sedimente in den genannten Bohrungen Sander und/oder tertiärzeitliches Material beschreiben.

Beim Abschmelzen des zweiten Inlandeises bildeten sich erneut Beckenschluffe. Diese lagerten sich innerhalb des zweiten Stauchmoränenendwalles ab, wobei sie diskordant auf den Beckenschluffen des ersten Eisvorstoßes zur Ablage kamen. Diese Beckenschluffe sind nicht gestaucht (8b).

Die Hees liegt so isoliert auf den Beckenschluffen beider Eisvorstöße (Abb. 67, 73, 74, und 105), dass sie weder beim ersten, noch beim zweiten Haupteisvorstoß entstanden sein kann. Die Bohrungen X34, X39 und X45 des Schnittes Xanten 10 (Abb. 74) bestätigen, dass sich die Beckenschluffe unter der Hees verfolgen lassen. Deshalb scheint es so, als wäre die Hees erst durch eine Oszillation des zweiten Haupteisvorstoßes entstanden. Das Eis muss sich also auch während des zweiten Haupteisvorstoßes zurückgezogen haben, dabei die Beckenschluffe (8b) abgelagert haben, um in einem erneuten Teilvorstoß (Oszillation des zweiten Haupteisvorstoßes) die Hees aufgeschoben zu haben.

Die Bohrung U143 im Schnitt Uedem 6 zeigt einen Bereich, in dem sich die Sander beider Haupteisvorstöße überlagern könnten. Die erste Sanderschüttung entstand während der Oszillation des ersten Eisvorstoßes, die dann von Sander des zweiten Haupteisvorstoßes überlagert worden sein muss.

Die Bohrung W76 (Abb. 105) zeigt, dass sich die Einheit 9 (nach meiner obigen Gliederung 9e) in beide Beckenschluffe eingeschnitten haben kann.

An der Grenze der Blätter Wesel und Hünxe (zwischen den Bohrungen W88 und H40) befindet sich die in Kapitel 7.1 beschriebene Beckenstruktur. Dieses Becken muss vom ersten Inlandeisvorstoß stammen und von den Beckenschluffen des zweiten Inlandeisvorstoßes überlagert worden sein. Denn F. JANSEN (2001: 89) beschreibt bei Alpen eine Terrasse die die

Beckenschluffe überlagert, was nach meiner Interpretation der vermuteten Einheit 9c entspricht, die vor dem zweiten Haupteisvorstoß abgelagert wurde.

Bei der Einheit 9 handelt es sich um den ersten gradierten Schotter im Untersuchungsgebiet. Er wurde als untere Mittelterrasse abgegrenzt. Es handelt sich hier um die komplexesten Ablagerungen im Untersuchungsgebiet, weil ihre Sedimentation in die Zeit der zwei saalezeitlichen Eisvorstöße fällt. Bei der Einheit 9 ist die untere Mittelterrasse 1 nach KLOSTERMANN (1992 a: 87) nicht mit einbezogen, da der Nachweis eines Holstein-Komplexes fehlt (siehe oben). Schon auf der Abb. 105 kann man beobachten, dass die Einheit 9 westlich des Paulsbergs älter sein muss, als die Einheit 9 zwischen dem Hochwald und der Hees. Denn sie muss vor dem ersten Eisvorstoß entstanden sein, weil sie unter dessen Sander liegt. Dagegen befindet sich die Einheit 9 zwischen dem Hochwald und der Hees auf den Beckenschluffen des zweiten Inlandeisvorstoßes. Wie bei den Schnitten des Blattes Uedem gezeigt wurde, kann die Einheit 9 den Sander umschließen, was bedeutet, dass dieser Teil der Einheit 9 jünger sein muss als der, der unter dem Sander liegt. Auf Blatt Uedem beschreibt KLOSTERMANN (1992 b: Taf. 1) die untere Mittelterrasse 2 und 3 (Mu 2 bzw. 3), wobei in den eigenen Schnitten des Blattes Uedem, dort wo KLOSTERMANN die Mu 3 beschreibt, gröberes Material gefunden wurde. Dies schränkt die Aussage aus Kapitel 6.1 ein, dass die Einheit 9 immer mit feinem Material an dessen Oberfläche endet. Da die untere Mittelterrasse 4 im Untersuchungsgebiet vollständig erodiert wurde (vgl. KLOSTERMANN 1997 a: 34), kann nur die untere Mittelterrasse 2 oder 3 die Oberfläche bilden und bei der Mu 3 kann die Oberfläche gröber sein als die auf ihr folgende Einheit 11. Die Unterteilung der Einheit 9 in Untereinheiten gelingt mit Bohrdaten nur schwer. Eindeutig lassen sich Teile der Untereinheiten nur mit Hilfe der Stauchmoränen, Sander und Beckenschluffe im Alter unterscheiden (siehe oben). So ergibt sich folgendes Bild:

Die ältesten gefundenen Ablagerungen der Einheit 9 stammen von vor dem ersten Eisvorstoß. Diese können durch den Eisvorstoß gestaucht sein (vgl. z.B. Abb. Uedem 9 und 10). KLOSTERMANN (1992 b: 49) bezeichnet diese Ablagerungen als ältere untere Mittelterrasse 2. Während des ersten Eisvorstoßes konnten sich im westlichem Vorfeld des Gletschers weiter Sedimente des Rheins ablagern. Diese verzahnten sich z.T. mit dem Sander. Nach dem Rückzug des Eises konnten sich auch wieder Rheinablagerungen innerhalb des Stauchmoränenendwalles bilden. Diese zeigen im Schwermineralspektrum das erste Mal nordisches Geschiebe. Diese Ablagerungen beschreibt KLOSTERMANN (1992 b: 49) zusammen mit den Ablagerungen des zweiten Eisvorstoßes als jüngere untere Mittelterrasse 2. Ich bin dagegen der Meinung, dass sich zwischen den Eisvorstößen auch eine Terrasse ausgebildet haben kann, auch wenn diese auf Blatt Xanten (siehe oben) noch nicht nachgewiesen wurde. Nach dem zweiten Eisvorstoß lagerten sich die letzten Rheinsedimente der Einheit 9 im Untersuchungsgebiet ab. Wie oben beschrieben lässt sich an Hand der Bohrdaten die untere Mittelterrasse 3 (nach KLOSTERMANN 1992 b: 49) möglicherweise stellenweise nachweisen und die untere Mittelterrasse 4 (nach KLOSTERMANN) soll im Untersuchungsgebiet fehlen. So ergeben sich nach meiner Ansicht 5 voneinander getrennte Ablagerungsphasen der unteren Mittelterrasse, die durch die Eisvorstöße getrennt vorliegen (Untereinheiten 9a-e), die aber nicht mit den Terrassenkörpern nach KLOSTERMANN gleichzustellen sind (siehe Abb. 106).

Für die Einheit 9 wurde eine Basis- und Oberflächenkarte erstellt (Abb. 91 und 92). Diese zeigen, in ähnlicher Weise wie bei der Quartärbasiskarte, die Lage der Einheit 9 im ganzen Untersuchungsgebiet. Dabei besteht ein allgemeines Gefälle in Südost-Nordwest-Richtung und der durch die Stauchendmoränenwälle aufgestauchte Bereich um den Tüschewald auf. Außerdem stellte sich ein durchschnittlicher Höhenunterschied zwischen Basis und Oberfläche der Einheit 9 von ca. 8 m heraus.

Die Eem-Warmzeit ist im Gegensatz zum Holstein im Untersuchungsgebiet besser überliefert. Die Ablagerungen haben sich besonders gut im Umfeld der Moränenwälle erhalten (oberer Torf, 10). Dies ist vor allem auf dem Schutz der Moränenwälle vor dem Rhein zurückzuführen (Fließschatten).

Die Niederterrasse (11) lässt sich nur schwer in eine jüngere und ältere unterteilen. Eine noch weitere Unterteilung nach SCHIRMER (1990 c) ist mit den eigenen Bohrdaten nicht möglich. Einzig entlang der Ostgrenze des Untersuchungsgebietes lässt sie durch ihre Höhenlage den Schluss zu, dass es sich hier um Ablagerungen der Isselebene handelt, die in die ältere Niederterrasse (Reundorf- und/oder Schönbrunn-Terrasse) zu stellen sind. Die Ebing-Terrasse kann sich in gleicher Weise in die älteren Teile der Niederterrasse eingeschnitten haben wie bei der Einheit 12 beschrieben.

Die Einheit 12 beschreibt das Holozän. Besonders die Abb. 47 (Schnitt Rees 3) lässt darauf schließen, wie stark sich der Rhein im westlichen Teil des Schnittes in die Niederterrasse eingeschnitten hat. Zusammen mit der vorgegebenen Oberfläche (KLOSTERMANN 1997) zeigt der Bereich der Bohrungen 86 und 87 die Grenze, bis wohin sich der holozäne Rhein in die vorhandene Niederterrasse eingeschnitten hat. Die Bohrung 83 zeigt, dass sich auch die Niederterrasse in ähnlicher Weise in die Ablagerungen des Eems und der unteren Mittelterrasse eingeschnitten hat. Inwieweit Kolkbildung oder Skelettschotter die Mächtigkeit der Einheit 12 beeinflussen, ist nicht zweifelsfrei nachweisbar.

Die Einheit 13 trennt feines Material direkt an der Oberfläche ab, wobei diese Sedimente unterschiedlichen Alters sein können.

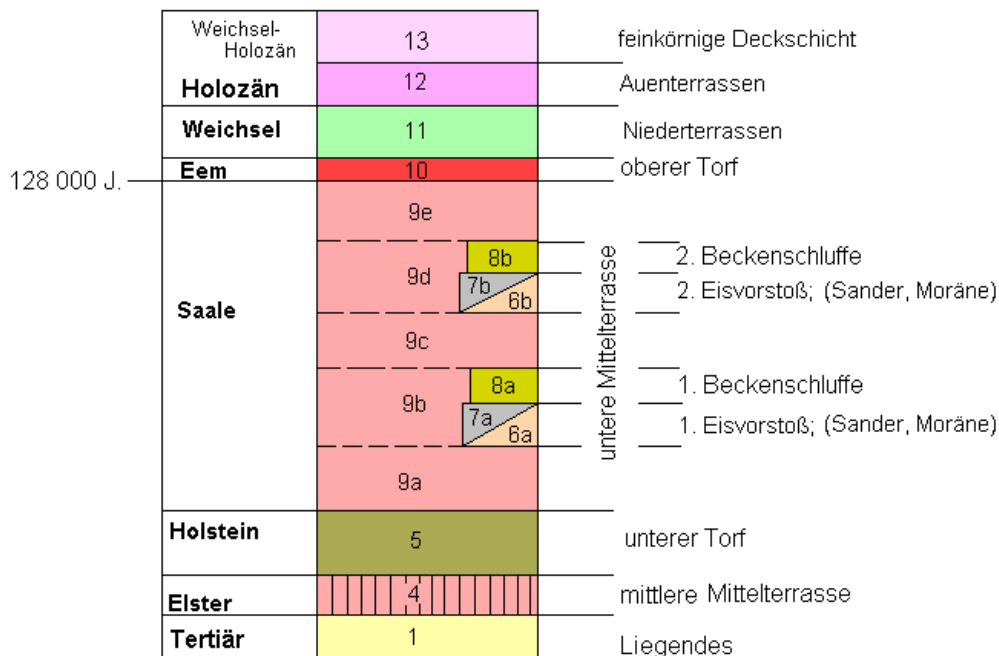


Abb. 106: Eigene stratigraphische Gliederung des Quartärs im Untersuchungsgebiet

Was die Zuordnung der Einheit 9 zu den Sauerstoff-Isotopenstufen betrifft, so entspricht nach KLOSTERMANN (1989) die Isotopenstufe 14 der oberen Mittelterrasse. Nach einer Schichtlücke (Stufe 13) folgen mit der Isotopenstufe 12 die Ablagerungen der mittleren Mittelterrasse. Der Bereich der Isotopenstufen 9-11 beinhaltet den, nach deutscher Interpretation aufgestellten Holstein-Komplex, wobei die Isotopenstufe 10 eine kühlere Phase beschreibt, in der sich (nach KLOSTERMANN, 1992 a) die untere Mittelterrasse 1 abgelagert hat. Im Bereich der Isotopenstufe 8 fällt ein Doppelpeak auf, der nur kurz von einer wärmeren Phase unterbrochen wird. Hier kann es sich um die zwei Eisvorstöße am unteren Niederrhein handeln, die durch eine etwas wärmere Phase, in der sich Beckenschluffe abgelagert haben, unterbrochen wurden. Gleichzeitig werden in den wärmeren Phasen zwischen den Eisvorstößen in den dann eisfreien Gebieten weiterhin Mittelterrassensedimente abgelagert (nach eigener Interpretation uMT 2). Die Isotopenstufen 7 bzw. 6 ist nach eigener Ansicht mit den Ablagerungen der unteren Mittelterrassen 3 und 4 zu korrelieren.

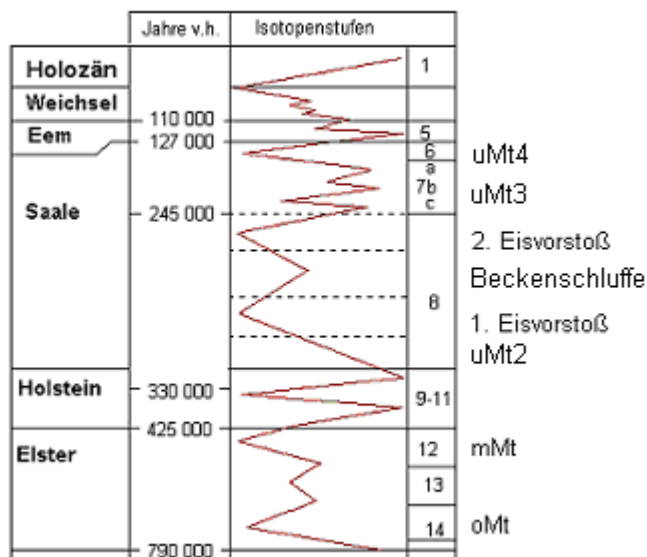


Abb. 107: Mögliche Gliederung durch MIS-Stufen (umgezeichnet nach VAN DEN BERG 2004)

Tabelle 3 und Abb. 107 zeigen, dass die MIS-Stufen zu sehr unterschiedlichen Terrassen und chronostratigraphischen Bereichen zugeordnet werden können. Eine einheitliche Gliederung, besonders über die Landesgrenzen hinaus, wurde noch nicht erstellt.

9. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung und Gliederung des Quartärs im Untergrund des heutigen Rheintals des nördlichen unteren Niederrheins zwischen Wesel und der niederländischen Grenze. Zur Untersuchung wurden Bohrdaten und geologische Karten herangezogen. Von den Blättern Elten, Isselburg, Kleve, Kalkar und Rees gab es bis jetzt noch keine Untersuchungen des quartären Untergrundes, zu den Blättern Emmerich, Uedem, Xanten und Wesel wurden Unterschiede in der Interpretation der Ablagerungen herausgearbeitet.

Dafür wurden die Bohrdaten in das Programm RW99 eingegeben, welches aus diesen Daten Bohrprofile erstellte. Dabei enthielten die Bohrprofile Angaben über die Höhenlage, die Mächtigkeit und der lithologischen Zusammensetzung (vgl. Kapitel 5). Aus mehreren solcher Bohrprofile entstanden Profilschnitte (kurz Schnitte), die die Lage der Bohrprofile zu einander berücksichtigten (vgl. Abb. 12). Hieraus wurde eine Lithostratigraphie erstellt (vgl. Tab. 13). In dieser wurden 13 Einheiten ausgeschieden, die in tertiäre Basis, Hangterrassen, Rheintalfüllung mit Basiskies, zwei verschiedene Torfhorizonte, glaziäre Einheiten und deren Beckenfüllungen, Schotter und Oberflächenbildungen gliedert (vgl. Tab. 12). Für die Beschreibung der Oberfläche wurde die Literatur zurate gezogen. Auf diese Weise entstanden die in Kapitel 6.2 gezeigten 60 Schnitte und drei Großschnitte.

An Hand dieser Schnitte gelang es, großflächige Karten der einzelnen Schichten zu erstellen, wobei es von 4 der 9 Blätter ältere Arbeiten gab (vgl. Abb. 99: Bearbeitete Schnitte und Bohrungen des Geol. Dienstes). Dabei wurden an verschiedenen Stellen Unterschiede zu den eigenen Karten festgestellt (vgl. Kapitel 7). Die 13 Einheiten zeigen folgende Merkmale:

Die Einheit 1, marines Tertiär, wurde auf Grund ihres fast ausschließlich feinklastischen Materials abgetrennt und kann teilweise marine Fossilien, Mergel und Glaukonit enthalten. Sie bildet die Basis auf der die Rheintalfüllungen liegen und begrenzt die Niederrheinische Bucht im Westen wie im Osten. Ihre Oberfläche wurde vom tertiärzeitlichen Meer, Tektonik, dem Rhein und den verschiedenen Eisvorstößen geprägt. Aus diesen Gründen hat die Einheit 1 ein Südwest-Nordost-Gefälle, wobei im Südwesten die ältesten Ablagerungen erhalten blieben (vgl. Kapitel 7.1 und Abb. 87).

Bei den Einheiten 2 und 3 handelt es sich um die Hangterrassen, die nicht zur Rheintalfüllung beitragen. Die Einheit 2 kommt nur südwestlich (vgl. KLOSTERMANN 1984) und östlich (siehe Abb. 86) des Untersuchungsgebietes vor und wurde wegen ihrer Höhenlage und grobsandigen Bestandteile als nicht weiter untergliederte Hauptterrasse dargestellt. Die Einheit 3 wurde auf Grund ihrer grob- und mittelsandigen Bestandteile sowie ihrer Höhenlage an der Südwest-Grenze des Untersuchungsgebietes als nicht weiter untergliederte obere Mittelterrasse ausgegliedert (siehe Abb. 53, 54, 86).

Aus den Bohrdaten wurde die Karte der Quartär-Basis erstellt (Abb. 87), die die Einflüsse des tertiärzeitlichen Meeres, des Rheins und der Eisvorstöße auf die Einheit 1 widerspiegelt. Unterschiede ergaben sich zu den vorhandenen Karten des Geologischen Dienstes besonders im Süden des Untersuchungsgebietes. Die Bohrdaten ergaben eine andere Höhenlage der Quartär-Basis als bei KLOSTERMANN (1992 b: Taf. 2) beschrieben. Dies liegt nicht zuletzt an der Interpretation der Quartär-Basis. KLOSTERMANN zählte z.T. nur die quartären Sande und Kiese zur Quartär-Basis, ich dagegen auch das Moränenmaterial.

Die Einheit 4 ist die erste Rheintalfüllung und hat ihre Hauptverbreitung auf Blatt Uedem und entlang des Rheins (vgl. Abb. 88). Dabei liegt der westliche Bereich (Uedem) höher als der östliche Teil (rezenter Rhein) und ist westlich nicht so grob ausgeprägt. Die geringe

Mächtigkeit des Westteils deutet darauf hin, dass der Hauptabfluss im Ostteil statt fand (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 52). Außerdem ist die Einheit 4 nach Norden auf Blatt Uedem durch jüngere Terrassen gekappt worden. Die Einheit 3 (obere Mittelterrasse) bildet zusammen mit der Einheit 4 die Terrassenkörper der Elster-Kaltzeit im Untersuchungsgebiet. Handelt es sich bei der Einheit 3 noch um eine Hangterrasse, fällt die Einheit 4 durch ihre extreme Tieflage auf. Möglicherweise ist das tiefe Einschneiden der Einheit 4 auf einen elsterzeitlichen Eisvorstoß zurück zuführen (vgl. KLOSTERMANN 1992 b: 52). Mit dem einsetzenden Abschmelzen der Eismassen fiel dem Rhein nur noch die Aufgabe zu, die großen Mengen an Schmelzwasser und Lockersedimenten abzutransportieren. Das Wasser besaß eine so hohe Energieleistung, dass dies zu einer extremen Tiefenerosion führte. Nach KLOSTERMANN (1992: 53, 1997: 31) fehlen für den elsterzeitlichen Eisvorstoß am Niederrhein aber noch Beweise. SCHIRMER (2003: 43) vermutet, dass das Elster-Eis mindestens so weit vorgedrungen ist wie das Saale-Eis, seine Spuren aber durch das Saale-Inlandeis stark überformt wurden. Die Einheit 4 wurde wegen ihrer Tieflage und den groben Bestandteilen als mittlere Mittelterrasse abgetrennt.

Die Einheit 5 (Holstein-Äquivalent) wurde als unterer Torf abgegrenzt. Sie ist im gesamten Untersuchungsgebiet nur an wenigen Stellen tatsächlich nachgewiesen worden. Ein größerer, zusammenhängender Bereich befindet sich im Schnitt Kalkar 4 (vgl. Abb. 41) und weitere kleinere Funde in den Schnitten Elten 1 und 3 (Abb. 15 und 17) und Emmerich 3 (Abb. 21), wobei der letztere Fund sich innerhalb der Einheit 6 befindet. Solche Linsen im Moränenmaterial wurden schon von KAISER & SCHÜTRUMPF (1960: 177) beschrieben. Das Holstein-Äquivalent wurde durch pollenanalytische Untersuchungen nachgewiesen. Dies ist ein Grund dafür, dass die Einheit 5 lithostratigraphisch schwer zu erfassen ist. Ein Holstein-Komplex nach KLOSTERMANN (1992 a: 79-92), mit dazwischen liegender Terrasse, lässt sich bei dem geringen Vorkommen des Holsteins im Untersuchungsgebiet nicht verfolgen.

Die Einheit 6 ist die erste glaziäre Einheit im Untersuchungsgebiet. Sie ist sehr auffällig und bildet die höchsten Erhebungen im Untersuchungsgebiet. Es handelt sich um die Stauchendmoränen. In Kapitel 4.5.3 ist der Werdegang nach KLOSTERMANN (1989) beschrieben. Davon abweichend wurde in Kapitel 7.1 gezeigt, dass es sich bei der Hees nicht um einen zweimal gestauchten Bereich handelt, sondern um eine Oszillation des zweiten Eisvorstoßes. Für diese Variante spricht das Auftreten der Einheit 8 unter der Hees (vgl. Schnitt Xanten 10, Abb. 74). An Hand der Abb. 89 a (Gliederung der Eisvorstöße) lässt sich der Verlauf der Eisvorstöße am Niederrhein gut beobachten. Auf Blatt Wesel wurden keine Reste einer Stauchmoräne nach JANSEN (2001) bzw. nach SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA (1993) nachgewiesen.

Die zweite glaziäre Einheit ist die Einheit 7. Es handelt sich um einen gut sortieren Grob- bis Feinklastit mit einer leichten Neigung nach Südwesten. Sie entstand durch Abschmelzungsvorgänge aus der Einheit 6 und wurde deswegen als Sander beschrieben. Wie bei der Einheit 6 gezeigt, gab es am nördlichen Niederrhein zwei getrennte Eisvorstöße mit verschiedenen Oszillationen. Demzufolge gibt es auch zwei getrennte Sandervorkommen. Diese können an einigen Stellen direkt übereinander liegen (vgl. Abb. 7 a-d und KLOSTERMANN 1989). Die Sanderablagerungen kommen meist auf der Einheit 9 zu liegen und werden auch von dieser räumlich umschlossen. In Ausnahmefällen kann sie auch direkt auf der Einheit 1 zu liegen kommen.

Die Einheit 8 wurde als Beckenfüllung abgetrennt. Die schluffigen, z.T. sandigen Bestandteile weisen sie als Beckenschluffe aus. Sie entstanden während des Abschmelzens der Inlandeiskörper und sammelten sich in den durch das Eis ausgeräumten Bereichen innerhalb

der Stauchendmoränen an. Wie schon bei den Sandervorkommen beschrieben, muss es am nördlichen Niederrhein auch zwei getrennte Beckenschluffe geben (vgl. Abb. 105).

Die Saale-Kaltzeit formte das Rheintal durch die Terrassen und Moränen nachhaltig. Der Rhein wurde am nördlichen Niederrhein mindestens zweimal durch das Inlandeis zum westlichen Ausweichen gezwungen. Beim ersten Eisvorstoß wurden die großen Loben (Kranenburger, Sonsbecker und Xantener Lobus) gebildet. In die Saale-Kaltzeit fällt die Ablagerung der Einheit 9, die als untere Mittelterrasse beschrieben wurde. Teile dieser Terrassen können durch die Einheit 6 (Stauchmoräne) ausgeräumt worden sein und unter der Einheit 7 (Sanderablagerungen) zur Ablage gekommen sein. Während das Eis des ersten Inlandeisvorstoßes zerfiel, bildeten sich innerhalb der Stauchmoränenendwälle Schmelzwasserseen, in denen Sande und Tone (auch Bändertone) zur Ablage kamen (MANIA 1998: 74). Dies ist die Entstehung der ersten Einheit 8a (Beckenschluffe). Sie lagerten sich hauptsächlich im Bereich des Xantener Lobus ab und finden auf Blatt Wesel ihre größte Verbreitung. Beim zweiten saalezeitlichen Inlandeisvorstoß wiederholte sich der Vorgang der Bildung der Stauchmoränenendwälle, der Sander und der Beckenschluffe (8b).

An Hand der Bohrdaten ergibt sich ein Bild, welches die Ablagerung der Einheit 9 jeweils vor, während (im westlichen Vorland) und nach den Eisvorstößen möglich gemacht hat. Diese Gliederung der Einheit 9 (vgl. Abb. 106) soll keine Gliederung in Terrassenkörper widerspiegeln. Sie zeigt mehr die Möglichkeiten auf, wann und wo Ablagerungen der Einheit 9 während der Saale-Kaltzeit möglich waren. Nachvollziehbar ist die Gliederung der unteren Mittelterrasse 2 nach KLOSTERMANN (1992 b: 49, Tab. 7). Die untere Mittelterrasse 2 wird durch die Eisvorstöße in einen älteren (gestauchten) Teil und einen jüngeren (nordisches-geschiebehaltigen) Teil getrennt. Dies entspricht dem Unterschied zwischen der Einheit 9a und c, auch wenn bei KLOSTERMANN beide Eisvorstöße zwischen der unteren Mittelterrasse 2 liegen. Eine weitere Unterteilung der Terrassenkörper nach BRUNNACKER (1980), KLOSTERMANN (1992 a) und SCHIRMER (2003) ist nicht möglich.

An Hand der Bohrdaten konnte jeweils eine Karte für die Basis und die Oberfläche der Einheit 9 erstellt werden (Abb. 91 und 92). Diese zeigt das allgemeine Südost-Nordwest-Gefälle, die Spuren der Stauchung durch die Inlandeisvorstöße und eine durchschnittliche Mächtigkeit der Einheit 9 von 8 m.

Die Einheit 10 wurde in Kapitel 6.1 als der höhere Torf bezeichnet und mit den Ablagerungen aus dem Eem gleichgesetzt. Im Gegensatz zum Holstein ist das Eem im Untersuchungsgebiet weiter verbreitet. Besonders im Fließschatten des Rheins, im Bereich der Stauchmoränenendwälle, blieb es erhalten (siehe Abb. 93). Auf Blatt Uedem wurde von VON DER BRELIE & MÜCKENHAUSEN & REIN (1955) Torfvorkommen als Torf von Weeze beschrieben. Die Abb. 93 gibt die Lage aller Eem-Vorkommen im Untersuchungsgebiet wieder. Aus dieser Karte wurden Bohrungen ausgesucht, um einen Eem-Schnitt (Abb. 94a und b) zu erstellen.

Die Einheit 11 ist der zweite gradierte Schotter im Untersuchungsgebiet. Sie lässt sich gut von der liegenden Einheit 9 trennen, wenn die Einheit 10 zugegen ist. Meist ist die Oberfläche der Einheit 9 feiner ausgebildet als die Basis der Einheit 11. Die Trennung der Einheiten kann schwierig sein, wenn die untere Mittelterrasse 3 den Abschluss der Einheit 9 bildet, weil diese teilweise gröber ausgebildet sein kann. Die Einheit 11 wurde mit der Niederterrassen-Gruppe gleichgesetzt. An Hand von Bohrdaten ist keine Untergliederung der Niederterrassen-Gruppen möglich, weder eine Trennung durch den Laacher See-Bims, noch eine morphologische Trennung, wieauch eine lithologische Gliederung in drei Terrassenkörper, wie etwa in Reundorf-, Schönbrunn- und Ebing-Terrasse.

An Hand der Bohrdaten wurde ein Schnitt durch die Niederterrasse zwischen Wesel und Elten erstellt (siehe Abb. 95). Der Schnitt zeigt die Lage und Mächtigkeit der Niederterrasse im Untersuchungsgebiet. Die Mächtigkeit nimmt in Südwest-Nordost-Richtung, der Fließrichtung des Rheins, ab. Die Ausprägung ist möglicherweise vom Fließverhalten des Rheins abhängig.

Die Einheit 12 ist der jüngste Schotter im Untersuchungsgebiet. Sie wurde als Holozän abgetrennt. Das Holozän ist stark vom rezenten Rhein beeinflusst, denn direkt am Rhein hat es die größte Mächtigkeit. Durch Erosion wurden ältere Ablagerungen (besonders die der Niederterrasse) abgetragen und durch Sedimentation jüngerer Ablagerungen ersetzt. Der Rhein lagerte im Holozän bis zu sieben Auenterrassen ab. In Rheinnähe fällt die Mächtigkeit der holozänen Ablagerungen aus meist grobem Material auf, dabei können die holozänen Ablagerungen Mächtigkeiten von über 15 m erreichen. In wie weit Kolkbildung und Skelettschotterbildung eine Rolle bei der Mächtigkeit der Einheit 12 spielt, ist noch nicht eindeutig geklärt. Die Abb. 96 zeigt einen Schnitt entlang des Rheins. Es fällt eine kräftige Tiefenerosion und eine mächtige Sedimentationsrate auf. Es wurde fast die ganze Niederterrasse und große Teile der unteren Mittelterrasse durch holozänes Material ersetzt. Ein leichtes Südost-Nordwest-Gefälle ist genauso zu beobachten, wie eine leichte Abnahme (mit Schwankungen im Untergrund) der Mächtigkeit in gleicher Richtung.

Die Einheit 13 stellt alle feineren Sedimente direkt unter der Oberfläche dar. Die Sedimente können weichsel- wie holozänzeitlich sein (vgl. Kapitel 7.1, Seite 149).

Die bereits im Tertiär begonnene Einkippung der Niederrheinischen Bucht setzte sich im Quartär fort. So ist die jüngere Hauptterrasse im Nordteil des Viersener Sprungsystems um ca. 26 m versetzt. Auch die obere Mittelterrasse zeigt in diesem Bereich noch einen Versatz von 7-9 m (KLOSTERMANN 1992 a: 186).

Dass die Aktivitäten bis heute noch nicht abgeschlossen sind, zeigt zum Beispiel das Beben vom 13.4.1992 bei Heinsberg.

Der Vergleich mit den Niederlanden hat ergeben, dass dort die gleichen petrographischen Sedimentpakete zur Ablage gekommen sind wie auf deutschem Gebiet. Besonders auf den Blättern Elten und Emmerich ließen sich die Moränen- und Terrassenablagerungen grenzüberschreitend verfolgen. Dabei ist die Gliederung und Benennung der Sedimentpakete in den Niederlanden von der deutschen abweichend. Eine Diskussion mit Herrn VAN DEN BERG ergab, dass in den Niederlanden die gleichen Probleme in Bezug auf die Einstufung der Terrassen-, Moränen- und Beckenablagerungen bestehen, wie im eigenen Untersuchungsgebiet.

Schriftenverzeichnis

- AKKER, VAN DEN A. M., KNIBBE M. & MAARLEVELD G. C. (1964): Het Sallandse dekzandlandschap. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap 81, p. 287-296.
- AHRENS, W. (1930): Die Trennung der „Niederterrasse“ am Mittel- und Niederrhein in einen diluvialen und einen alluvialen Teil auf Grund der Geröllführung. – Z. dt. geol. Ges., **82**: 129 - 141; Berlin.
- BÄRTLING, R. (1909): Die Ergebnisse der neueren Tiefbohrungen nördlich der Lippe im Fürstlichen Salm-Salm'schen Bergregalgebiet. – Glückauf, **45**: 1 173 - 1 178, 5 Abb.; Essen.
- BERENDSEN, H.J.A. (1982): De genese van het landschap in het zuiden van de provincie Utrecht, een fysisch-geografische studie. Ph.D. Thesis (with summary in English), Utrechtse Geografische Studies 10, 256 p.
- BERENDSEN, H.J.A., W.Z. HOEK & E.A. SCHORN (1995): Late Weichselian and Holocene River Channel Changes of the Rivers Rhine and Meuse in the Central Netherlands (Land Van Maas en Waal). In: B. FRENZEL (Ed.), European river activity and climate change during the Lateglacial and Early Holocene. ESF Project European Paläoklimaforschung / Paleoclimate Research 14. Special Issue, p. 151-171.
- BERENDSEN, H. J. A. & STOUTHAMER, E. (2001): Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. - Assen : Koninklijke Van Gorcum. - Ill., figs., maps., refs.
- BERTSCH, K., & STEEGER, A. (1927): Jungdiluviale pflanzenführende Ablagerungen am nördlichen Niederrhein. – Ber. Versamml. niederrhein. geol. Ver., **1926**: 49 - 65; Bonn.
- BOENIGK, W. (1970): Zur Kenntnis des Altquartärs bei Brüggen (westlicher Niederrhein). – Sonderveröff. geol. Inst. Köln, **17**: 138 S., 20 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Köln. - [Diss. Univ. Köln 1969]
- BOENIGK, W. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Entwicklung des Rheinsystems. – Eiszeitalter und Gegenwart, 27: 202; Öhringen/Württ.
- BOENIGK, W. (1978): Gliederung der altquartären Ablagerungen in der Niederrheinischen Bucht. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **28**: 135-212, 6 Abb., 6 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- BOENIGK, W. (1982): Der Einfluß des Rheingraben-Systems auf die Flußgeschichte des Rheins. - Z. Geomorph. N. F., 42: 167 - 175; Berlin - Stuttgart.
- BOENIGK, W. (1995): Terrassenstratigraphie des Mittelpleistozän am Niederrhein und Mittelrhein. – Meded. Rijks Geol. Dienst, **52**: 71-81, 4 Abb., 2 Tab.; Haarlem.

- BOENIGK, W., & BRELIE, G. VON DER, & BRUNNACKER, K., KOČI, A., & SCHLICKUM, W. R., & STRAUCH, F. (1974): Zur Pliozän-Pleistozän-Grenze im Bereich der Ville (Niederrheinische Bucht). – Newsl. Stratigr., **3** (4): 219 - 241, 7 Abb.; Leiden.
- BOIGK, H. (1968): Gedanken zur Entwicklung des Niedersächsischen Tektogens. – Geol. Jb., **85**: 861-900, 11 Abb. 1 Taf.; Hannover.
- BRAUN, F. J. (1978): Geschiebekundliche und mineralogisch-petrologische Besonderheiten im Endmoränen-Stauchwall von Moyland bei Kalkar/Ndrh. – Fortschr. Geol. Rhld. und Westf., **28**, 325 - 333; (Krefeld).
- BRAUN, F. J., & THIERMANN, A. (1981), mit Beiträgen von HOYER, P., INDANS, J., LANGE, F.-G., NÖTTING, J., PAAS, W., STAMPFUSS, R. & ZELLER, M.: Erläuterungen zu Blatt 4103 Emmerich. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl., **4103**: 104 S., 6 Abb., 9 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- BRAUN, F. J., & DAHM-ARENS, H., & BOLSENKÖTTER, H. (1968), mit Beitr. von ANDERSON, H.-J., & ARNOLD, H., & HINZ, H., & HOYER, P., & SCHNELL, K., & SIEBERT, G., & VOGLER, H., & WERNER, H.: Erläuterungen zu Blatt C 4302 Bocholt, A. Geologische Karte, B. Bodenkarte, C. Hydrogeologische Karte. – Übers.-Kt. Nordrh.-Westf. 1:100 000, Erl., **C 4302**: 180 S., 14 Abb., 8 Tab., 5 Taf.; Krefeld.
- BRAUN, F. J., & QUITZOW, H. W. (1961): Die erdgeschichtliche Entwicklung der niederrheinischen Landschaft. In: Jb. **IX**: 7-16; Krefeld.
- BREDDIN, H. (1930): Über Flußterrassen, diluviale und alluviale Bodenbewegungen im westlichen Niederrheingebiet. – Jb. Preußische geol. L.-Anst., **50** (2): 806 - 845, 8 Abb.; Berlin.
- BRELIE, G. VON DER, & KLIPPER, K., & TEICHMÜLLER R. (1959): Das Pleistozän-Profil von Frimmersdorf an der Erft. – Fortschr. Geol. Rheinld. und Westf.; **4**: 176 - 196, 6 Abb. 2 Tab., 10 Taf.; Krefeld.
- BRELIE, G. VON DER, & MÜCKENHAUSEN, A., & REIN, U. (1955): Ein Torf aus dem Eiszeitalter im Untergrund von Weeze. – Niederrhein, **22**: 80 - 83; 1 Abb.; Krefeld.
- BRELIE, G. VON DER, & REIN, U. (1952): Die Interglazialbildung im Niederrheinischen Diluvium. – Niederrhein, **19**: 63 - 68, 3 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- BRELIE, G. VON DER, & REIN, U. (1956): Pollenanalytische Untersuchungen zur Gliederung des Pleistozäns am linken Niederrhein. – Geol. en Mijnb., N. S., **18**: 423 - 425, 1 Abb., 1 Tab.; 's-Gravenhage.
- BRUNNACKER, K. (1978a): Neuere Erkenntnisse über das Quartär am Mittel- und Niederrhein. - Fortschr. Geol. Rheinl. und Westf., **28**: 111 - 122; Krefeld.
- BRUNNACKER, K. (1978b): Der Niederrhein im Holozän. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **28**: S. 399 - 440; Krefeld.
- BRUNNACKER, K. [Hrsg.] (1980): Exkursion I. Mittel- und Niederrhein. – Tag. dt. Quartärverein., 1980, Aachen: 110 S., 35 Abb., 3 Tab.; Köln.

- BRUNNACKER, K., & BOENIGK, W., & DOLEZALEK, B., & KEMPF, E. K., & KOČI, A., & MENTZEN, H., & RAZI RAD, M., & WINTER, K.-P. (1978): Die Mittelterrassen am Niederrhein zwischen Köln und Mönchengladbach. – Fortschr. Geol. Rheinld. und Westf., **28**: 277 - 324, 16 Abb., 4 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- BUNTEBARTH, G., & MICHEL, W., & TEICHMÜLLER R. (1982): Das permokarbonische Intrusiv von Krefeld und seine Einwirkung auf die Karbon-Kohle am linken Niederrhein. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **30**: 31 - 45; 8 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- BURRE, O. (1932): Beiträge zur Kenntnis des Quartärs im Rheintale in Höhe des Siebengebirges. – Jb. Preußische geol. L.-Anst., **53**: 247 - 260; Berlin.
- CEPEK, A. G. (1967): Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. – Ber. dt. Ges. geol. Wiss., **A 12**: 375 - 404, 4 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- COHEN, K. M., & STOUTHAMER, E., & BERENDSEN, H. J. A., (2002): Fluvial deposits as a record for Late Quaternary neotectonic activity in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. – Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw **81** (3-4): 389 - 405 (2002)
- DANSGAARD, W. (1977): Klima, is og samfund. – Naturens verden, **1977** (17): 28 - 35, 16 Abb.; København.
- DESNOYERS, M. J. (1829): Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine, et constituant une Formation géologique distincte; précédées d'un Aperçu de la non simultanité des bassins tertiaires. - Ann. Sci. Nat., **16**: 171-214, 402 - 491; Paris.
- DOPPERT, J. W. CHR., RUEGG, G. H. J., VAN STAALDUINEN, C. J., ZAGWIJN, W. H. & ZANDSTRA, J. G. (1975): Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: W.H. ZAGWIJN & C.J. VAN STAALDUINEN Eds. Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Haarlem: Rijks Geologische Dienst, p. 11 - 56.
- DUBOIS, E. (1905): Over een equivalent van het Cromer-forest-bed in Nederland. – Verl. wis.- en natuurkd. Afd. kon. Akad. Wetensch.; **13**: 243 - 251; Amsterdam.
- FELDMANN, L. (1990): Jungquartäre Gletscher- und Flussgeschichte im Bereich der Münchner Schotterebenen. – Diss. Univ. Düsseldorf: 356 S.; Düsseldorf.
- FLIEGEL, G. (1910): Rheindiluvium und Inlandeis. – Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinld. und Westf., **66**: 327 - 342, 2 Taf.; Bonn.
- FRECHEN, J., & BOOM, G. VAN DEN (1959): Die sedimentpetrographische Horizontierung der pleistozänen Terrassenkörper im Mittelrheingebiet. – Fortschr. Geol. Rheinld. und Westf., **4**: 89 - 125, 26 Abb., 21 Tab.: Krefeld.
- GOUDIE, A. (1993): Physische Geographie: eine Einführung / Aus dem Engl. übers. von J. ROHNER. – Spektrum Akademischer Verlag; 142 S.: 86 - 100, 311 - 332; Heidelberg.

- GRIPP, K. (1975): Hochsander – Satzmoräne – Endmoränenvertreter. – Z. Geomorph. N.F. (Berlin-Stuttgart) **19**, 490 - 496.
- GURLITT, D. (1949): Das Mittelrheintal. Formen und Gestalten. – Forsch. dt. Landeskd., **46**: 159 S., 28 Abb., 7 Tab.; Stuttgart.
- HAGER, H. & PRÜFERT, J. (1988): Erdgeschichte (Tertiär). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 32 - 40; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- HAMMER, T. VAN DER, & MAARLEVELD, G. C., & VOGEL, J. C., & ZAGWIJN, W. H. (1967): Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the Last Glacial in the Netherlands. – Geol. en Mijnb., **46** (3): 79 - 95, 9 Abb.; 's-Gravenhage.
- HAMPE O. (1996): Ein artikuliertes Bartenwalskelett aus dem Neogen (? Uedem-Schichten, Obermiozän) der Niederrheinischen Bucht (NW-Deutschland) und seine systematische Stellung innerhalb der Mysticeti (Mammalia: Cetacea). - Decheniana-Beiheft 33: 1-75.
- HECK, H. L. (1961): Glaziale und glaziäre Zyklen. – Geologie (Berlin) **10**, 378 - 395.
- HEINE, K. (1983): Der Vorstoß des nordeuropäischen Inlandeises am Niederrhein (Raum Kleve-Kalkar-Goch). – Beiträge zum Quartär der nördlichen Rheinlande, Arb. z. Rhein. Landeskd.; **51**, 39 - 49; (Bonn).
- HELLER, F. & BRUNNACKER, K. (1966): Halsbandlemming-Reste aus einer Oberen Mittel-terrasse des Rheins bei Niederaußem. – Eiszeitalter und Gegenwart, **17**: 97-112; Öhringen/Württ.
- HEYBROEK, P. (1974): Explanation to tectonic maps of the Netherlands. – Geol. en Mijnb., **53**: 43 - 50, 6 Abb., 2 Taf.; Leiden.
- HILDEN, H. D. (1988): Erdgeschichte (Devon · Karbon). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 14 - 17; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- HILDEN, H. D. & THIERMANN, A. (1988): Erdgeschichte (Kreide). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 28 - 32; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- HOYER, P. (1962): DAS Verklingen der variscischen Faltung am unteren Niederrhein. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **6**: 433-446, 2 Taf.; Krefeld.
- HUISINK, M. (1999): Changing river styles in response to climate change. Examples from the Maas and the Vecht during the Weichselian Pleni- and Lateglacial. Ph.D. Thesis, Free University Amsterdam.
- JANSEN, C. (2006): Gliederung des Quartärs am mittleren Niederrhein an Hand von Bohrdaten. - Diss. Univ. Düsseldorf. (in Vorbereitung)
- JANSEN, F. (1991), mit Beiträgen von KALTERHERBERG, J., KAMP, H., VON KÖWING, K., PAAS, B. P., REHAGEN, H.-W., VIETH-REDEMANN, A., WOLF, R. & ZELLER, M.: Erläuterungen zu Blatt 4506 Duisburg. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl., **4506**: 179 S.; Krefeld.

- JANSEN, F. (1995), mit Beiträgen von JUCH, D., KAMP, H., PAAS, W., STRITZCKE, K. H. & VIETH-REDEMANN, A.: Erläuterungen zu Blatt 4406 Dinslaken. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25 000, Erl. **4406**: 166 S.; Krefeld.
- JANSEN, F. (2001), mit Beiträgen von DROZDZEWSKI, G., HOLL-HAGMEIER, C., KRAHN, L. & PAAS, W.: Erläuterungen zu Blatt 4305 Wesel. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl., **4305**: 195 S., 19 Abb., 15 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- JORDAN, H. (1979), mit Beiträgen von BESENECKER, H., & COSACK, E., & DAHMS, E., & FAUTH, H., & GRAMANN, F., & HEINEMANN, B., & HOFMEISTER, E., KOSMAHL, W., & MERKT, J., & SCHNEEKLOTH, H., & TÜXEN, J.: Erläuterungen zu Blatt 3521 Rehburg. – Geol. Kt. Niedersachsen 1 : 25 000, Erl., **3521**: 134 S., 14 Abb., 8 Tab., 1 Taf., 7 Kt.; Hannover.
- JUNGBLUTH, Fr. A. (1918): Die Terrassen des Rheines von Andernach bis Bonn. – Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinld. u. Westf., **73**: 1 - 103, 9 Abb., 3 Taf.; Bonn.
- KAISER E. (1903): Die Ausbildung des Rheintals zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht. – Dt. Geographentag, 14., 1903, Köln, Verh.: 206 - 215; Berlin (D. Reimer).
- KAISER, K. (1956): Geologische Untersuchung über die Hauptterrasse in der Niederrheinischen Bucht. – Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **1**: 68 S., 17 Abb., 8 Tab., 1 Kt.; Köln.
- KAISER, K. (1961): Gliederung und Formenschatz des Pliozäns und Quartärs am Mittel- und Niederrhein sowie in den angrenzenden Niederlanden unter besonderer Berücksichtigung der Rheinterrassen. In: Köln und die Rheinlande. – Dt. Geographentag , 33., 1960, Köln, Festschr.: 236 - 278; 6 Abb., 7 Tab., 3 Kt.; Wiesbaden (Steiner).
- KAISER, K. & SCHÜTRUMPF, R. (1960): Zur Gliederung mittel- und jungpleistozäner Schichten in der Niederrheinischen Bucht. – Eiszeitalter und Gegenwart, **11**: 166 - 185, 5 Abb., 2 Tab.; Öhringen/Württ.
- KALTERHERBERG, J., KARRENBERG, H. (1958): Zur Methodik und Auswertung von Korn-Größenuntersuchungen im Niederrheinischen Tertiär. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1**: 33 - 55: 9 Abb.; Krefeld.
- KARRENBERG, H. & REIN, U. (1951): Die interglazialen Schichten von Krefeld. – Niederrhein. Jb., **3**: 13 - 17, 1 Abb.; Krefeld.
- KEILHACK, K. (1915): Das glaziale Diluvium der mittleren Niederlande. – Jb. kgl. Preußische geol. L.-Anst., **36** (1): 458 - 497, 1 Prof., 6 Kt.; Berlin.
- KEMPF, E. K. (1966): Das Holstein-Interglazial von Tönisberg im Rahmen des niederrheinischen Pleistozäns. – Eiszeitalter und Gegenwart, **17**: 5 - 60, 7 Abb., 16 Tab.; Öhringen/Württ.
- KLOSTERMANN, J. (1983): Die Geologie der Venloer Scholle (Niederrhein). – Geol. Jb., **A 66**: 3 - 115, 40 Abb., 6 Tab.; Hannover.

- KLOSTERMANN, J. (1984), mit Beiträgen von NÖTTING, J., & PAAS, W., & REHAGEN, H.-W.:
Erläuterungen zu Blatt 4403 Geldern. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4403**:
138 S., 8 Abb., 13 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1985): Versuch der Neugliederung des späten Elster- und des Saale-
Glazials der Niederrheinischen Bucht. – Geol. Jb., **A 83**: 3 - 42; 22 Abb., 1 Tab.;
Hannover.
- KLOSTERMANN, J. (1986 a), mit Beiträgen von NÖTTING, J., & PAAS, W., & REHAGEN, H.-W.:
Erläuterungen zu Blatt 4404 Issum. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4404**:
120 S., 15 Abb., 9 Tab.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1986 b): Rheinstromverlagerung bei Xanten während der letzten 10 000
Jahre. – Natur am Niederrh., N. F., **1** (1): 5 - 16, 7 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1987): Ein fossiler Wal aus dem Tertiär von Kevenheim. - Natur am
Niederrhein **2,2**: 43 - 54, 9 Abb., 3 Taf.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1988): Erdgeschichte (Quartär). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.
[Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 40 - 63; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- KLOSTERMANN, J. (1989), mit Beitr. von NÖTTING, J., & PAAS, W., & REHAGEN, H.-W.:
Erläuterungen zu Blatt 4304 Xanten. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **4304**:
154 S., 14 Abb., 13 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1992 a): Das Quartär der Niederrheinischen Bucht, Ablagerungen der
letzten Eiszeit am Niederrhein. – 200 S., 30 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Geologisches
Landesamt Nordrhein-Westfalen; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1992 b): Erläuterungen zum Blatt 4303 Uedem. – Geol. Kt. Nordrh.-
Westf. 1 : 25 000, Erl., **4303**: 130 S., 8 Abb., 12 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1996): Tektonischer Bau und Zeitlichkeit der Tektonik im Alt-Tertiär der
Venloer Scholle. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **37**; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1997): Erläuterungen zum Blatt C 4302 Bocholt. – Geol. Kt. Nordrh.-
Westf. 1 : 100 000, Erl., **C 4302**: 86 S., 21 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- KLOSTERMANN, J. (1999): Das Klima im Eiszeitalter. – 284 S., 90 Abb., 7 Tab.; Stuttgart (E.
Schweierbart´sche Verlagsbuchhandlung).
- KLOSTERMANN, J., & REHAGEN, H.-W., & WEFELS, U. (1988): Hinweise auf eine saalezeitliche
Warmzeit am Niederrhein. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **38**: 115 - 127, 5 Abb., 1 Tab.;
Hannover.
- KNAPP, G. (1980), mit Beitr. von HAGER, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der
nördlichen Eifel 1 : 100 000, 2. Aufl. – 152 S., 9 Abb., 9 Tab., 1 Taf.; Krefeld (Geol.
L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- KNAPP, G. (1988): Erdgeschichte (Trias). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie
am Niederrhein: 23 - 27; Krefeld (Geol. L.-Amt).

- KNAUFF, W. (1988): Erdgeschichte (Jura). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 27 - 28; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- KRAUSE, P. G. (1909): Über einen fossilführenden Horizont im Hauptterrassendiluvium des Nieder-Rheins. – Jb. kgl. Preußische geol. L.-Anst., **30** (2): 91 - 108, 1 Taf.; Berlin.
- KOWALCZYK, G. (1969): Zur Kenntnis des Altquartärs der Ville (südliche Niederrheinische Bucht). – Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **18**: 147 S., 21 Abb., 3 Tab., 5 Anl.; Köln.
- KUKLA, G.J. (1978): The classical european glacial stages: correlation with deep-sea sediments. – Trans. Nebraska Acad. Sci., Berlin (Springer).
- KURTZ, E. (1909): Beziehungen zwischen Rur, Maas und Rhein zur Diluvialzeit. – In Beil. Progr. Gymnasium Düren; Düren.
- LAGERLUND, E. (1987): An alternative Weichselian glaciation model, with spezial reference to the glacial history of Skåne, South Sweden. – Boreas, **16**: 433 - 459; 12 Abb.;Oslo.
- LANSER, K.-P. (1983): Die Krefelder Terrasse und ihr Liegendes im Bereich Krefeld. – Diss. Univ. Köln, 241 S.; Köln.
- LIEDTKE, H. (1981): Die nordischen Vereisungen im Mitteleuropa. – Forsch. z. deutschen Landeskd. **204**. 307 S., Trier.
- LORIÉ J. (1902): De verhouding tuschen den Rijn en het landijs. – Tijdschr. kon. nederl. aardrijkskd. Genoot., **2**: 296-327; Leiden.
- LÜTTIG, G., & MEYER, K.-D. (1980), mit Beit. von FANSA, M., & GRIMME, K., & HEINEMANN, B., & IRLITZ, W., & KOSMAHL, W., & MEYER, W., & SCHERLER, P.-C.: Erläuterungen zu Blatt 3320 Liebenau. – Geol. Kt. 1 : 20 000, Erl., **3320**: 118 S., 9 Abb., 12 Taf., 7 Kt.; Hannover.
- LYELL, C. (1832): Principles of Geology, **2**. – 330 S., 9 Abb., 1 Kt.; London (J. Murray).
- LYELL, C. (1833): Principles of Geology, **3**. – 398 S., 90 Abb., 2 Tab., Anh.: 85 S. mit Fossilisten; London (J. Murray).
- LYELL, C. (1839): Nouveaux éléments de géologie. – 648 S.; Paris (Pitois-Levrault & Cie.).
- MAARLEVELD, G. C. (1956): Ergebnisse von Kies-Analysen im Niederrheingebiet. – Geol. en Mijnb., N. S., **18**: 411 - 415, 1 Abb., 2 Tab.; 's-Gravenhagen. - [Beitr. z. Symp. „Das Quartär an Maas und Niederrhein“]
- MAAS, H. (1955): Die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildung. – Z. dt. geol. Ges., **105**: 137 - 138; Hannover.

- MANIA, D. (1998): Die ersten Menschen in Europa. – Theiss: 101 S., 111 Abb.; Stuttgart.
- MEENE, E. A. VAN DE (1977): Blad Arnhem Oost (40 O), - Toelichtingen Geol. Kaart Nederland 1.50 000: 147 S., 72 Abb., 23 Fotos, 10 Beil.; Haarlem (Rijks Geol. Dienst).
- MEENE, E. A. VAN DE, & ZAGWIJN, W. H. (1978): Die Rheinläufe im deutsch-niederländischen Grenzgebiet seit der Saale-Kaltzeit. Überblick neuer geologischer und pollenanalytischer Untersuchungen. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **28**: 345 - 359, 4 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- MIALL, A.D. (1985): Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. Earth-Science Reviews 22, p. 261 - 308.
- MORDZIOL, C. (1908): Über das jüngere Tertiär und das Diluvium des rechtsrheinischen Teiles des Neuwieder Beckens. – Jb. preuß. geol. Landesanst., **29**: 348 - 430, 9 Taf.; Berlin.
- MORDZIOL, C. (1912): Die Austiefung des Rheindurchbruchtals während der Eiszeit. – In: Die Rheinlande in naturwissenschaftlich-geographischen Einzeldarstellung, **1**: 43 S., 6 Abb., 1Taf., 4 Kt.; Braunschweig (Westermann).
- MORDZIOL, C. (1926): Flußterrassen und Löß am Mittelrhein. – Abh. naturwiss. Ver. Koblenz, **2**: 24 - 56, 5 Abb., 3 Tab.; Koblenz. - [Festschr. 75jähr. Bestehen naturwiss. Ver. Koblenz]
- MORLOT, A. DE (1856): Notice sur le Quarternaire en Suisse. - Bull. séanc. Soc. Vaudoise sci. nat., **4** (1854): 41 - 45; Lausanne.
- NIEMÖLLER, B., & STADLER, G., & TEICHMÜLLER, R. (1973): Die Eruptivgänge Naturkokse im Karbon des Steinkohlenbergwerks Friedrich Heinrich in Kamp-Lintfort (Linker Niederrhein) aus geologischer Sicht. – Geol. Mitt. **12**: 197 - 281, 24 Abb.; Aachen.
- PHILIPPSON, A. (1899): Die Entwicklungsgeschichte des Rheinischen Schiefergebirges. – Verh. naturhist. Ver. Rheinld. u. Westf., **56**: 48 - 50; Bonn.
- PONS, L. J. (1957): De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. 's-Gravenhage: Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 63.11, Ph.D. Thesis, Wageningen. Bodemkundige Studies 3.
- PONS, L. J. & SCHELLING J. (1951), De laatglaciale afzettingen van de Rijn en de Maas. Geologie en Mijnbouw 13, p. 293 - 297.
- QUIRING, H. (1926): Die Schrägstellung der Westdeutschen Großscholle im Känozoikum in ihren tektonischen und vulkanischen Auswirkungen. Mit dem Versuch einer Terrassenchronologie des Rheins. – Jb. kgl. Preußische geol. L.-Anst., **47**: 486 - 558; Berlin.
- QUIRING, H. (1931): Erläuterungen zu Blatt Bendorf. – Geol. Kt. Preußen u. benachb. Dt. Länder 1: 25 000, Erl., **5511**: 67 S., 4 Abb.; Berlin.

- QUITZOW, H. W. (1956): Die Terrassengliederung im niederrheinischen Tiefland. – Geol. en Mijnb. N. S., **18**: 357 - 373, 7 Abb.; 's-Gravenhage.
- RUEGG, G. H. J., & ZANDSTRA, J. G. (1977): Pliozäne und pleistozäne gestauchte Ablagerungen bei Emmerschans (Drenthe, Niederlande). – Meded. Rijks geol. Dienst, N. S., **28** (4): 66-99, 13 Abb., 4 Tab., 7 Taf.; Haarlem.
- SCHAUB, H. (1955): Kreidesedimente in Spalten des linksrheinischen Steinkohlegebiets. – Geol. Jb., **69**: 249 - 254, 2 Abb.; Hannover.
- SCHELLMANN, G. (1994): Die Talentwicklung der unteren Oberweser im jüngeren Quartär. – In: SCHELLMANN, G. [Hrsg.]: Beiträge zur jungpleistozänen und holozänen Talgeschichte im deutschen Mittelgebirgsraum und Alpenvorland. Düsseldorfer Geographische Schriften, **34**: 146 S.; Düsseldorf.
- SCHELLMANN, G. & FELDMANN, L. (1994): Abflussverhalten und Auendynamik im Isartal während des Spät- und Postglazials. – In: SCHELLMANN, G. [Hrsg.]: Beiträge zur jungpleistozänen und holozänen Talgeschichte im deutschen Mittelgebirgsraum und Alpenvorland. Düsseldorfer Geographische Schriften, **34**: 146 S.; Düsseldorf.
- SCHIRMER, W. (1969): Terrassen und Deckschichten am südlichen Niederrhein. – Union internationale pour l'étude du Quaternaire, VIII Congres INQUA Paris 1969. Etudes sur le Quaternaire dans le Monde, **1**: 572; Paris.
- SCHIRMER, W. (1983): Die Talentwicklung an Main und Regnitz seit dem Hochwürm. – Geol. Jb., **A 71**: 11 - 43, Hanover.
- SCHIRMER, W. (1990 a): Erdgeschichtlicher Werdegang der Düsseldorfer Landschaft. – In: WEIDENHAUPT, H. [Hrsg.]: Düsseldorf, 2. Auflage, **1**: 47 - 78; Düsseldorf.
- SCHIRMER, W. (1990 b): Rheingeschichte zwischen Mosel und Maas. - dequa-Führer **1**: 133 Abb., 10 Tab.; 295 S.; Hannover.
- SCHIRMER, W. (1990 c), mit Beiträgen von SCHIRMER, U. & STRASSER, R.: Flussgeschichte um Düsseldorf. In: SCHIRMER, W. [Hrsg.]: Rheingeschichte zwischen Mosel und Maas. dequa-Führer, **1**: 288 - 262; Hanover.
- SCHIRMER, W. (1994): Der Mittelrhein im Blickbund der Erdgeschichte. – In: KOENIGSWALD, W. v. & MEYER, W. [Hrsg.]: Erdgeschichte im Rheinland, **1**: 179 - 188, 13 Abb., 1 Tab.; München (Pfeil).
- SCHIRMER, W. (1995 a): Mittelrhein and Niederrhein Bay. – In: SCHIRMER, W. [ed.]: Quaternary field trips in Central Europe, **1**: 520 - 523; München (Pfeil).
- SCHIRMER, W. (1995 b): Niederrhein Bay. – In: SCHIRMER, W. [ed.]: Quaternary field trips in Central Europe, **1**: 537 - 545; München (Pfeil).

- SCHIRMER, W. (1995 c): Valley bottoms in the late Quaternary. – Z. Geomorph. Suppl.-Bd. **100**: 27 - 51; Berlin/Stuttgart.
- SCHIRMER, W. (2003): 3 Stadien der Rheingeschichte. – In: SCHIRMER, W. [ed.]: Landschaftsgeschichte im Europäischen Rheinland. GeoArchaeoRhein, **4**: 21 - 80; Münster.
- SCHLIMM, W. & THIERMANN, A. (1988): Erdgeschichte (Perm). - In: Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein: 18 - 23; Krefeld (Geol. L.-Amt).
- SCHNÜTGEN, A. (1974): Die Hauptterrassenfolge am linken Niederrhein aufgrund der Schotterpetrographie. –Forsch.-Ber. Land Nordrh.-Westf., **2399**: 150 S., 27 Abb., 22 Tab., 5 Anl.; Opladen.
- SHACKLETON, N. J. & OPDYKE, N. D. (1976): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28 – 236. Late Pliocene to latest Pleistocene. – Mem. Geol. Soc. Amer., **145**: 449 – 464, 5 Abb., 4 Tab.; New York.
- SHALA B. (2001): Jungquartäre Talgeschichte des Rheins zwischen Krefeld und Dinslaken. - Diss. Univ. Düsseldorf.
- SIEBERTZ, H. (1983): Sedimentologische Zuordnung saalezeitlicher Gletscherablagerungen zu mehreren Vorstößen am unteren Niederrhein. – Eiszeitalter und Gegenwart **33**, 119 - 132, Hannover.
- SIEBERTZ, H. (1985): Die glazialmorphologische Entwicklung der Bönninghardt (Niederrhein) aus sedimentologischer Sicht. - Decheniana **138**: 268 - 274, 3 Abb.; Bonn.
- SIEBERTZ, H. (1986): Neue Befunde über den Verlauf der saalezeitlichen Eisrandlagen im Niederrheingebiet. – Decheniana **139**: 375 - 383, 6 Abb., 1 Tab.; Bonn.
- SKUPIN, K. & SPEETZEN, E. & ZANDSTRA, J. G. (1993): Die Eiszeit in Nordwestdeutschland: Zur Vereisungsgeschichte der Westfälischen Bucht und anschließender Gebiete. – 143 S., 49 Abb., 24 Tab., 2 Taf., 2 Kt. ; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- STARING, W. C. H. (1857): De Bodem van Nederland II. De Zamenstelling en het ontstaan der gronden in Nederland. – 160 S., 1 Tab.; Haarlem (A. C. Kruseman).
- STEEGER, A. (1925): Das glaciäre Diluvium des Niederrheinischen Tieflandes. – Ber. Versamml. niederrh. geol. Ver., **1923**: 1-46; Bonn.
- STEEGER, A. (1952): 100 Jahre Eiszeitforschung am Niederrhein. – Niederrhein, **19**: 57 - 63 u. 86 - 87, 1 Tab.; Krefeld.
- STICKEL, R. (1936): Die genetische Gliederung und geochronologische Einstufung der Niederterrassenaufschüttung am Mittel- und Niederrhein. – Decheniana, **93**: 351 - 368, 1Tab.; Bonn.

- THIENHAUS, R. (1962): Stratigraphie, Tektonik und Eisenerzföhrung des Lias-Muldengrabens von Bislich am Niederrhein. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **6**: 199 - 218, 7 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- THOME, K. N. (1958): Die Begegnung des nordischen Inlandeises mit dem Rhein. – Geol. Jb. **76**: 261-308, Hannover.
- THOME, K. N. (1959): Eisvorstoß und Flußregime an Niederrhein und Zuider See im Jungpleistozän. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **4**: 197 - 246, 19 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- THOME, K. N. (1983): Erdgeschichte des Krefelder Raums. In: Beiträge zur Naturgeschichte des Krefelder Raums. Festschrift z. 125j. Best. des Naturw. Ver. z. Krefeld 1958 - 1983; **VIII**: 93 - 116, 7 Abb.; Krefeld.
- THOME, K. N. (1984): Erläuterungen zu Blatt C4702 Krefeld. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000, Erl., **C 4702**: 76 S., 10 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- THOME, K. N. (1991): Die Basis der quartären Schichten am Niederrhein (zwischen Neuss, Rheinberg, Geldern) und ihre Entstehung durch Rhein- und Gletschererosion. – Niederrhein. Landeskde., **10**: 109 - 130; Krefeld.
- THOSTE, V. (1974): Die Niederterrasse des Rheins vom Neuwieder Becken bis in die Niederrheinische Bucht. – Diss. Univ. Köln: 130 S., 31 Abb., 6 Tab.: Köln.
- TÖRNQVIST, T. E. & BIERKENS, M. F. P. (1994): How smooth should curves be for calibration of radiocarbon ages? Radiocarbon 36 (1).
- URBAN, B. (1979): Bio- und Magneto-Stratigraphie plio/pleistozäner Ablagerungen in der Niederrheinischen Bucht. – Acta geol. Acad. Sci. Hung., **22** (1-4): 153 - 160, 4 Abb.; Budapest.
- URBAN, B. (1980): Paläoökologische Untersuchungen zum Krefeld-Interglazial am Niederrhein. - Eiszeitalter und Gegenwart, **30**: 73 - 88, 10 Abb., 5 Tab.; Hannover.
- VERBRAECK, A. (1984): Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland, schaal 1: 50 000, bladen Tiel West (39W) en Tiel Oost (39O). Haarlem, Rijks Geologische Dienst.
- VINKEN R. (1959): Sedimentpetrographische Untersuchung der Rheinterrassen im östlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **4**: 127 - 170, 24 Abb., 11 Tab.; Krefeld.
- VLERK, J. M., VAN DER & FLORSCHÜTZ, F. (1950): Nederland in het Ijstijdvak. – 287 S., 98 Abb., 35 Taf.; Utrecht (W. DE MAAN).
- WEERTS, H. J. T. (1996): Complex confining layers. Architecture and hydraulic properties of Holocene and Late Weichselian deposits in the fluvial Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Ph. D. Thesis, Utrecht University, 189 p.

- WUNSTORF, W. & FLIEGEL, G. (1910): Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes. – Abh. Preußische geol. L.-Anst., N. F., **67**: 172 S., 5 Abb., 2 Taf., 2 Anl.; Berlin.
- ZAGWIJN, W. H. (1960): Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene Vegetation in the Netherlands. – Meded. geol. Sticht.; **5**: 78 S., 8 Abb., 3 Taf., 17 Anl.; Maastricht.
- ZAGWIJN, W. H. (1963): Pollen-analytical investigations in the Tiglian of the Netherlands. – Meded. geol. Sticht., N. S., **16**: 49 - 71, 16 Abb., 3 Taf., 3 Beil.; Maastricht.
- ZAGWIJN, W. H. (1974 a): Bemerkung zur stratigraphischen Gliederung der plio-pleistozänen Schichten des niederländisch-deutschen Grenzgebietes zwischen Venlo und Brüggen. – Z. dt. geol. Ges., **125**: 11 - 16, 3 Abb.; Hannover.
- ZAGWIJN, W. H. (1974 b): The palaeogeographic evolution of the Netherlands during the Quaternary. – Geol. en Mijnb., **53**: 369 - 385; 's-Gravenhagen.
- ZAGWIJN, W. H. (1985): An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. – Geol. en Mijnb., **64**: 17 - 24, 24 Abb.; Dordrecht.
- ZAGWIJN, W. H., & VAN STAALDUINEN, C.J., Eds. (1975): Geologische overzichtskaarten van Nederland. Haarlem: Rijks Geologische Dienst.
- ZAGWIJN, W.H., & BEETS, D. J., & BERG, M. VAN DEN, & MONTFRANS, H. M. VAN, & ROOIJEN, P. VAN (1985): Geologie, deel 13 van Atlas van Nederland in 20 delen. – Sticht. Wetensch. Atlas van Nederland: 23 S.; Den Haag (Staatsuitgeverij).
- ZELLER, M. (1984): Paläozoikum. - Geologische Karte Nordrhein-Westfalen 1:100 000, Erl., C 4702 Krefeld: 9 - 14; Krefeld.
- ZHOU, D. (2000): Jungquartäre Talgeschichte des mittleren Niederrhein. - Diss. Univ. Düsseldorf.
- ZIEGLER, P. A. (1978): North-Western Europe: Tectonics and Basin Development. – Geol. en Mijnb., **57** (4): 598 - 626, 18 Abb.; 's-Gravenhagen.
- ZIEGLER, P. A. (1980): North-Western Europe: Subsidence patterns of Post-Variscan basins. – Mem. BRGM, **108**: 249 - 280, 10 Abb.; Villeneuve d'Ascq.
- ZIMMERMANN, E. (1929): Erläuterungen zur Geol. Kart. Von Preußen – Blatt Moers **Nr. 2537 (4505)**: 95 S.; Berlin.
- ZÖLLER, A. (1939), mit Beitr. von IHNEN, K., & BEHREND, F., & WUNSTORF, W.: Erläuterungen zu Blatt Rheinberg. – Geol. Kt. Preußen u. benachb. Dt. Länder 1: 25 000, Erl., **4405**: 44 S., 2 Abb.; Berlin.
- ZONNEVELD, J. I. S. (1956): Das Quartär der südlichen Niederlande. – Geol. en Mijnb., N.S., **18**: 397 - 385, 1 Abb., 1 Taf.; 's-Gravenhagen.

Kartenverzeichnis

Topographische Karten:

Blatt 4102 Elten
Blatt 4103 Emmerich
Blatt 4104 Isselburg
Blatt 4202 Kleve
Blatt 4203 Kalkar
Blatt 4204 Rees
Blatt 4203 Uedem
Blatt 4204 Xanten
Blatt 4205 Wesel

Geologische Karten

Blatt 4103 Emmerich (1: 25 000), Bearb.: BRAUN, F. J. & THIERMANN, A.,
Blatt 4303 Uedem (1: 25 000), Bearb.: KLOSTERMANN, J.,
Blatt 4304 Xanten (1: 20 000), Bearb.: KLOSTERMANN, J.,
Blatt 4305 Wesel (1: 25 000), Bearb.: JANSEN, F.,
Blatt C 4302 Bocholt (1: 100 000), Bearb.: KLOSTERMANN, J.

Geologische kaart van Nederland 1 : 50 000 m. Erl. – Hrsg. Rijks Geol. Dienst; Haarlem.

Blatt Arnhem Oost (40 O) (1977), Bearb.: MEENE, E. A. VAN DE,
Blatt Venlo West (52 W) (1967), Berab.: TOORN, J.C. VAN DEN

Übersichtskarten

Niederrhein Nord (1 : 50 000), Reichswald, Gocher Heide, RV Verlag,
Top 50.4 (1: 50 000), digitale Kartenserie des Landesvermessungsamtes NRW

Kurzfassung

Die Aufgabenstellung bestand darin, die Sedimente des Rheins und der nordischen Inlandvereisung im Untergrund des niederrheinischen Tieflands zwischen Wesel und der Grenze zu den Niederlanden auf Grund von Bohrungen zu gliedern. Das Gebiet umfasst die Topographischen Karten 1: 25.000 Elten, Emmerich, Isselburg, Kleve, Kalkar, Rees, Uedem, Xanten und Wesel mit einer Gesamtfläche von 1150 km². Der Zeitraum der Ablagerungen umfasst ca. 400.000 Jahre (vom Mittelpleistozän bis heute) Es wurden insgesamt 1.500 Bohrungen bearbeitet.

Die Bohrdaten wurden in das Software-Programm RockWorks99 übertragen, welches die Daten als graphische Profilschnitte darstellt. Die lithologischen Einheiten wurden in Ton, Schluff, Sand, Kies und deren Mischfraktionen, sowie in weitere Bestandteile wie Boden, Torf usw. unterteilt. Aus den Profilschnitten wurden 13 lithostratigraphische Einheiten ausgegliedert, die mit den bekannten Terrassenkörpern des Rheins und den glaziären Ablagerungen verglichen wurden. Es sind dies: (1) das Liegende der Rheinsedimente (Tertiär), höhere Hangterrassen: Hauptterrasse (2) und Obere Mittelterrasse (3), Basiskiesfüllung der Rheinaufschüttungen im Talgrund (Mittlere Mittelterrasse) (4), tieferer Torf (Holstein-Warmzeit) (5), glaziäre Einheiten der Saale-Kaltzeit: Moränen (6), Sander (7) und Beckenfeinsedimente (8), gradiertes fluviatiler Klastit (untere Mittelterrasse) (9), höherer Torf (Eem-Warmzeit) (10), kiesig-sandiger Klastit (Niederterrassen) (11), gradiertes Klastit (Auenterrassen) (12) und abschließender Feinklastit (Auen- und äolische Sedimente) (13).

Auf dieser Weise entstand eine erste großräumige Untergliederung des nordwestlichen niederrheinischen Untergrundes, welche durch 61 Profilschnitte, 3 Großschnitte durch das Arbeitsgebiet und 5 Schichtlagerungskarten wiedergegeben wird.

Aus der Deutung der erstellten Karten ergab sich, dass sich die quartäre Rheintalfüllung in das meist feine, oft marine und glaukonitische tertiäre Liegende (1) eingetieft hat. Zur ersten Rheintalfüllung zählt die mittlere Mittelterrasse (4). Ihre grobkörnige Beschaffenheit trennt sie deutlich vom Tertiär und wurde auch im Liegenden der Beckenschluffe gefunden. Der tiefere Torf (Holstein) (5) ist im Untersuchungsgebiet nur selten gefunden worden. Ein möglicherweise pollenanalytisch nachgewiesenes, sandiges Holstein-Äquivalent lässt sich lithostratigraphisch nicht erfassen. Die Einheit 9 (untere Mittelterrasse) wird von mir in fünf Untereinheiten (9a-e) getrennt, wobei die Einheit 9a vor dem ersten Haupteisvorstoß abgelagert worden sein muss, denn sie zeigt Spuren einer Stauchung und liegt unter dem Sander (7) und westlich vor dem ersten Eisvorstoß. Die Einheit 9b ist mit dem Sander verzahnt, was auf eine Bildung während des ersten Eisvorstoßes in dessen westlichem Vorfeld hindeutet. Beim Abschmelzen des ersten Eisvorstoßes bildeten sich auf der Innenseite der Moräne 6a die ersten Beckenschluffe (8a). Dann könnte sich eine weitere fluviatile Einheit (9c) im ganzen Untersuchungsgebiet gebildet haben, die aber innerhalb der Stauchmoränenwälle noch nicht nachgewiesen wurde, aber im Vorfeld die Einheit 7 umschließt, sich mit ihr aber nicht mehr verzahnt. Beim zweiten Haupteisvorstoß (Moräne 6b) könnte sich, ähnlich wie beim ersten Vorstoß, im Vorfeld eine Einheit 9d gebildet haben, die allerdings durch die Bohrungen nicht nachgewiesen wurde. Beim Abschmelzen des zweiten Eisvorstoßes bildeten sich die zweiten Beckenschluffe (8b). Nach dem Rückzug des Eises konnte sich im ganzen Rheintal die letzte fluviatile Einheit 9e bilden. Eine Sonderstellung bildet die Hees, die meiner Meinung nach erst bei einer Oszillation nach dem zweiten Eisvorstoß entstanden sein muss, da sie auf beiden Beckenschluffen liegt. Eine Basiskarte der Eem-Ablagerungen (10) zeigt deutlich, dass diese besonders im Schutze der Stauchmoränenwälle vor der Abtragung durch den Rhein geschützt blieben. Die weichselzeitliche Niederterrasse (11) lässt sich durch Bohrungen nur schwer weiter aufteilen. Die holozänen Auenterrassen (12) sind möglicherweise durch Kolkbildung oder Skelettschotterbildung in ihrer Mächtigkeit beeinflusst. Die Einheit 13 umfasst alle Feinsedimente direkt an der Oberfläche. Sie kann weichsel- bis holozänzeitlich sein.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schirmer für die Vergabe des Themas, Beschaffung von Arbeitsmitteln und seine stete Diskussion und Gesprächsbereitschaft bedanken. Ein weiterer Dank geht an Herrn Dr. Meindert van den Berg, NITG-TNO, Haarlem (Niederlande), für Diskussion und Material über das niederländische Grenzgebiet, ferner dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen für die Bereitstellung und Erläuterungen aller Bohrdaten. Meinem Kommilitonen Dipl.-Geol. Christian Jansen danke ich für die Zeit der gemeinsamen Einarbeitung in das Thema. Meinem Vater verdanke ich meine Finanzierung und viel Geduld.

Erklärung

Die hier vorgelegte Dissertation habe ich eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 2.4.2006

Andreas Wrobel

Anhang**Tab. I:** Kopfdaten Blatt 4102 Elten

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2503362	5740600	11	e1.lit
2	1/0	2503382	5740600	11	e2.lit
3	1/0	2503365	5740590	11	e3.lit
4	1/0	2503382	5740590	11	e4.lit
5	1/0	2503370	5740575	11	e5.lit
6	1/0	2503382	5740575	11	e6.lit
7	1/0	2503370	5740565	11	e7.lit
8	1/0	2503370	5740547	10	e8.lit
9	1/0	2501360	5741500	11	e9.lit
10	1/0	2501330	5741860	11	e10.lit
11	1/0	2501370	5741160	11	e11.lit
12	1/0	2503900	5741580	12	e12.lit
13	1/0	2509370	5741890	13	e13.lit
14	1/0	2509810	5741330	13	e14.lit
15	1/0	2509350	5741700	13	e15.lit
16	1/0	2510340	5741155	14	e16.lit
17	1/0	2501460	5742180	11	e17.lit
18	1/0	2501730	5742860	11	e18.lit
19	1/0	2501600	5742520	11	e19.lit
20	1/0	2502815	5742100	11	e20.lit
21	1/0	2507180	5742220	12	e21.lit
22	1/0	2507170	5742215	12	e22.lit
23	1/0	2507183	5742235	12	e23.lit
24	1/0	2507190	5742235	12	e24.lit
25	1/0	2507195	5742243	12	e25.lit
26	1/0	2507185	5742250	12	e26.lit
27	1/0	2507223	5742225	12	e27.lit
28	1/0	2508055	5742710	13	e28.lit
29	1/0	2508060	5742700	13	e29.lit
30	1/0	2508065	5742700	13	e30.lit
31	1/0	2508075	5742705	13	e31.lit
32	1/0	2508090	5742673	13	e32.lit
33	1/0	2508080	5742690	13	e33.lit
34	1/0	2508652	5742386	13	e34.lit
35	1/0	2509380	5742490	13	e35.lit
36	1/0	2509813	5742740	13,5	e36.lit
37	1/0	2509878	5742715	13,5	e37.lit
38	1/0	2510020	5742940	15	e38.lit
39	1/0	2510990	5742580	15	e39.lit
40	1/0	2511340	5742440	15	e40.lit
41	1/0	2511047	5742557	14,5	e41.lit
42	1/0	2511068	5742528	14,5	e42.lit
43	1/0	2501860	5743200	11	e43.lit
44	1/0	2502120	5743880	12	e44.lit
45	1/0	2508090	5743715	14	e45.lit
46	1/0	2508410	5743575	13	e46.lit
47	1/0	2509080	5743315	15	e47.lit
48	1/0	2509460	5743170	15	e48.lit
49	1/0	2509720	5743080	14	e49.lit
50	1/0	2509690	5743620	16	e50.lit
51	1/0	2509665	5743650	16	e51.lit

52	1/0	2509670	5743665	16	e52.lit
53	1/0	2509665	5743670	16	e53.lit
54	1/0	2509675	5743730	14	e54.lit
55	1/0	2511340	5743040	15	e55.lit
56	1/0	2502520	5744500	12	e56.lit
57	1/0	2502380	5744550	12	e57.lit
58	1/0	2503050	5744900	12	e58.lit
59	1/0	2504660	5744040	12	e59.lit
60	1/0	2506050	5744150	12	e60.lit
61	1/0	2506340	5744100	12	e61.lit
62	1/0	2506670	5744050	13	e62.lit
63	1/0	2507020	5744020	13	e63.lit
64	1/0	2509840	5744030	14	e64.lit
65	1/0	2510960	5750280	15	e65.lit
66	1/0	2510520	5751002	16	e66.lit
67	1/0	2510500	5751160	16	e67.lit
68	1/0	2510680	5751150	16	e68.lit
69	1/0	2510530	5751173	16	e69.lit
70	1/0	2510560	5751100	16	e70.lit
71	1/0	2510590	5751025	16	e71.lit

Tab. II: Kopfdaten Blatt 4103 Emmerich

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2511820	5740740	15	d1.lit
2	1/0	2512120	5740970	15	d2.lit
3	1/0	2512960	5740770	15	d3.lit
4	1/0	2513720	5740840	15	d4.lit
5	1/0	2513390	5740780	14,5	d5.lit
6	1/0	2515450	5740650	15	d6.lit
7	1/0	2515315	5740690	15	d7.lit
8	1/0	2515900	5740580	15	d8.lit
9	1/0	2517760	5740800	16,5	d9.lit
10	1/0	2511780	5741830	15	d10.lit
11	1/0	2512110	5741900	14,5	d11.lit
12	1/0	2513530	5741200	15,5	d12.lit
13	1/0	2521282	5741688	15,5	d13.lit
14	1/0	2511780	5742180	14	d14.lit
15	1/0	2511780	5742560	14	d15.lit
16	1/0	2511968	5742883	14,5	d16.lit
17	1/0	2511983	5742718	14,5	d17.lit
18	1/0	2515115	5742965	14,5	d18.lit
19	1/0	2515175	5742835	14,5	d19.lit
20	1/0	2515335	5742990	14,5	d20.lit
21	1/0	2515395	5742865	14,5	d21.lit
22	1/0	2518090	5742875	15,5	d22.lit
23	1/0	2511810	5743450	14	d23.lit
24	1/0	2511820	5743810	14	d24.lit
25	1/0	2514800	5743285	14,5	d25.lit
26	1/0	2514825	5743060	14,5	d26.lit
27	1/0	2514980	5743220	14,5	d27.lit
28	1/0	2515180	5743150	14,5	d28.lit
29	1/0	2515664	5743652	16,5	d29.lit
30	1/0	2515618	5743655	14,5	d30.lit

31	1/0	2518880	5743890	14,5	d31.lit
32	1/0	2521420	5743180	14,5	d32.lit
33	1/0	2522220	5743520	15	d33.lit
34	1/0	2522220	5743390	15	d34.lit
35	1/0	2522360	5743080	15,5	d35.lit
36	1/0	2512010	5744410	14	d36.lit
37	1/0	2512100	5744350	14	d37.lit
38	1/0	2512090	5744470	14	d38.lit
39	1/0	2515920	5744192	12,5	d39.lit
40	1/0	2515920	5744200	14,5	d40.lit
41	1/0	2515920	5744181	10	d41.lit
42	1/0	2515639	5744160	11,5	d42.lit
43	1/0	2515690	5744158	12	d43.lit
44	1/0	2515653	5744238	14	d44.lit
45	1/0	2516045	5744320	15	d45.lit
46	1/0	2516730	5744490	15	d46.lit
47	1/0	2516730	5744520	15	d47.lit
48	1/0	2516780	5744510	15	d48.lit
49	1/0	2517140	5744600	17	d49.lit
50	1/0	2517145	5744575	18,5	d50.lit
51	1/0	2517165	5744585	17,5	d51.lit
52	1/0	2517290	5744790	15	d52.lit
53	1/0	2517900	5744120	17	d53.lit
54	1/0	2517940	5744120	17	d54.lit
55	1/0	2517980	5744120	17	d55.lit
56	1/0	2517735	5744150	17	d56.lit
57	1/0	2517830	5744155	18,5	d57.lit
58	1/0	2517830	5744120	14,5	d58.lit
59	1/0	2518440	5744300	18	d59.lit
60	1/0	2518540	5744320	18	d60.lit
61	1/0	2518430	5744340	18	d61.lit
62	1/0	2518480	5744310	18	d62.lit
63	1/0	2518460	5744285	18	d63.lit
64	1/0	2518570	5744300	18	d64.lit
65	1/0	2518580	5744340	18	d65.lit
66	1/0	2518570	5744250	18	d66.lit
67	1/0	2518540	5744200	18	d67.lit
68	1/0	2518680	5744360	16,5	d68.lit
69	1/0	2518060	5744120	17	d69.lit
70	1/0	2518020	5744120	17	d70.lit
71	1/0	2518620	5744090	18	d71.lit
72	1/0	2518120	5744060	17	d72.lit
73	1/0	2519330	5744440	15	d73.lit
74	1/0	2522430	5744220	15	d74.lit
75	1/0	2522450	5744240	15	d75.lit
76	1/0	2522440	5744320	15	d76.lit
77	1/0	2522470	5744265	15	d77.lit
78	1/0	2516360	5745960	15,5	d78.lit
79	1/0	2516300	5745980	15,5	d79.lit
80	1/0	2516240	5745950	15	d80.lit
81	1/0	2516260	5745910	15	d81.lit
82	1/0	2518740	5745610	15	d82.lit
83	1/0	2518700	5745640	15	d83.lit
84	1/0	2521650	5745980	15	d84.lit
85	1/0	2516350	5746030	15	d85.lit

86	1/0	2516940	5746800	15	d86.lit
87	1/0	2516940	5746740	15	d87.lit
88	1/0	2516240	5746050	15,5	d88.lit
89	1/0	2516310	5746050	16	d89.lit
90	1/0	2516790	5746700	15	d90.lit
91	1/0	2516870	5746520	17	d91.lit
92	1/0	2516940	5746830	16	d92.lit
93	1/0	2516940	5746760	16	d93.lit
94	1/0	2516910	5746580	16	d94.lit
95	1/0	2516938	5746552	16	d95.lit
96	1/0	2516880	5746688	16	d96.lit
97	1/0	2516860	5746420	15	d97.lit
98	1/0	2517090	5746570	16	d98.lit
99	1/0	2517060	5746480	16	d99.lit
100	1/0	2517150	5746730	16	d100.lit
101	1/0	2517260	5746210	16	d101.lit
102	1/0	2517000	5746630	16	d102.lit
103	1/0	2517026	5746728	16	d103.lit
104	1/0	2517005	5746570	16	d104.lit
105	1/0	2517025	5746650	16	d105.lit
106	1/0	2517040	5746560	16	d106.lit
107	1/0	2517060	5746695	16	d107.lit
108	1/0	2517065	5746666	16	d108.lit
109	1/0	2517050	5746720	16,5	d109.lit
110	1/0	2519080	5746840	14	d110.lit
111	1/0	2512910	5748480	36,5	d111.lit
112	1/0	2512630	5748880	29	d112.lit
113	1/0	2512565	5749348	29	d113.lit
114	1/0	2512583	5749365	29	d114.lit
115	1/0	2512587	5749270	27	d115.lit
116	1/0	2512385	5749520	37,5	d116.lit

Tab. III: Kopfdaten Blatt 4104 Isselburg

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2525610	5740715	16	f1.lit
2	1/0	2524320	5741180	16	f2.lit
3	1/0	2526650	5741630	15	f3.lit
4	1/0	2527630	5741600	16	f4.lit
5	1/0	2527740	5741450	16	f5.lit
6	1/0	2527645	5741610	16	f6.lit
7	1/0	2527050	5741980	16	f7.lit
8	1/0	2527750	5741420	16	f8.lit
9	1/0	2533700	5741930	17,5	f9.lit
10	1/0	2526940	5742140	16	f10.lit
11	1/0	2527680	5742340	15,5	f11.lit
12	1/0	2529540	5742970	15,5	f12.lit
13	1/0	2530100	5743175	20	f13.lit
14	1/0	2531200	5743795	19	f14.lit
15	1/0	2531200	5743855	19	f15.lit
16	1/0	2531165	5743725	19,5	f16.lit
17	1/0	2534230	5744645	18	f17.lit
18	1/0	2528235	5745255	17,5	f18.lit
19	1/0	2528335	5745250	17	f19.lit

20	1/0	2531600	5745910	20	f20.lit
21	1/0	2533790	5745230	18,5	f21.lit
22	1/0	2533920	5745160	18,5	f22.lit
23	1/0	2533790	5745240	18,5	f23.lit
24	1/0	2534280	5745205	19	f24.lit
25	1/0	2534020	5745250	19,5	f25.lit
26	1/0	2534290	5745210	19	f26.lit
27	1/0	2534230	5745210	19	f27.lit
28	1/0	2534190	5745290	19	f28.lit
29	1/0	2534210	5745250	19	f29.lit
30	1/0	2534040	5745275	18,5	f30.lit
31	1/0	2532670	5746670	18,5	f31.lit
32	1/0	2532690	5746460	18,5	f32.lit
33	1/0	2531300	5747800	17	f33.lit

Tab. IV: Kopfdaten Blatt 4202 Kleve

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2505670	5729490	15	a1.lit
2	1/0	2506620	5729815	15	a2.lit
3	1/0	2506895	5729960	15	a3.lit
4	1/0	2510070	5729910	15	a4.lit
5	1/0	2510100	5729900	15	a5.lit
6	1/0	2510650	5729500	15	a6.lit
7	1/0	2510870	5729705	25	a7.lit
8	1/0	2511185	5729561	25	a8.lit
9	1/0	2511207	5729726	25	a9.lit
10	1/0	2502410	5730390	16	a10.lit
11	1/0	2502430	5730100	16	a11.lit
12	1/0	2504800	5730050	16	a12.lit
13	1/0	2504160	5730780	17	a13.lit
14	1/0	2504260	5730780	17	a14.lit
15	1/0	2505150	5730225	15	a15.lit
16	1/0	2505235	5730130	15	a16.lit
17	1/0	2506690	5730280	15	a17.lit
18	1/0	2507550	5730730	20	a18.lit
19	1/0	2507700	5730630	31	a19.lit
20	1/0	2509130	5730275	15	a20.lit
21	1/0	2509410	5730180	15	a21.lit
22	1/0	2505970	5731990	26	a22.lit
23	1/0	2506025	5731910	26	a23.lit
24	1/0	2509020	5731160	32	a24.lit
25	1/0	2509020	5731230	32	a25.lit
26	1/0	2504990	5732330	26,5	a26.lit
27	1/0	2504998	5732345	29,5	a27.lit
28	1/0	2504840	5732350	30	a28.lit
29	1/0	2504740	5732900	30	a29.lit
30	1/0	2505035	5732335	30	a30.lit
31	1/0	2505365	5732270	30,5	a31.lit
32	1/0	2505365	5732295	30,5	a32.lit
33	1/0	2505370	5732325	31	a33.lit
34	1/0	2505090	5732220	29	a34.lit
35	1/0	2505110	5732210	29	a35.lit

36	1/0	2505120	5732210	28,5	a36.lit
37	1/0	2505125	5732220	29	a37.lit
38	1/0	2505140	5732250	29	a38.lit
39	1/0	2505115	5732205	29	a39.lit
40	1/0	2505420	5732145	29	a40.lit
41	1/0	2505800	5732140	28,5	a41.lit
42	1/0	2505865	5732050	28	a42.lit
43	1/0	2505220	5732380	30	a43.lit
44	1/0	2503750	5734540	45	a44.lit
45	1/0	2505760	5734650	35	a45.lit
46	1/0	2507020	5734770	39	a46.lit
47	1/0	2506730	5735480	40	a47.lit
48	1/0	2507910	5735910	40	a48.lit
49	1/0	2508060	5735880	40	a49.lit
50	1/0	2507580	5736030	42	a50.lit
51	1/0	2507250	5736160	44	a51.lit
52	1/0	2508210	5736560	41	a52.lit
53	1/0	2508040	5736250	41	a53.lit
54	1/0	2508370	5736900	43	a54.lit
55	1/0	2500025	5737745	26	a55.lit
56	1/0	2500790	5737730	42	a56.lit
57	1/0	2503980	5737930	25	a57.lit
58	1/0	2508970	5737140	46	a58.lit
59	1/0	2509470	5737100	46	a59.lit
60	1/0	2510660	5737060	39	a60.lit
61	1/0	2500620	5738970	12	a61.lit
62	1/0	2503610	5738775	15	a62.lit
63	1/0	2504185	5738220	16	a63.lit
64	1/0	2504780	5738580	30	a64.lit
65	1/0	2508920	5738340	50	a65.lit
66	1/0	2509615	5738620	38,5	a66.lit
67	1/0	2509754	5738978	13	a67.lit
68	1/0	2509798	5738988	13	a68.lit
69	1/0	2510700	5738815	14	a69.lit
70	1/0	2500618	5739670	11	a70.lit
71	1/0	2500600	5739623	11	a71.lit
72	1/0	2501470	5739360	11	a72.lit
73	1/0	2501440	5739735	11	a73.lit
74	1/0	2501250	5739120	10	a74.lit
75	1/0	2504110	5739290	18	a75.lit
76	1/0	2508420	5739090	60	a76.lit
77	1/0	2509970	5739875	13	a77.lit
78	1/0	2509374	5739233	46	a78.lit
79	1/0	2509394	5739195	35	a79.lit
80	1/0	2509344	5739167	32	a80.lit
81	1/0	2509360	5739188	32	a81.lit
82	1/0	2510158	5739397	13	a82.lit
83	1/0	2510150	5739430	13	a83.lit
84	1/0	2510180	5739240	13	a84.lit
85	1/0	2510040	5739830	12	a85.lit
86	1/0	2510045	5739370	12	a86.lit
87	1/0	2510130	5739710	12	a87.lit
88	1/0	2510230	5739710	12	a88.lit

89	1/0	2510470	5739300	12	a89.lit
90	1/0	2510252	5739719	12	a90.lit
91	1/0	2510300	5739770	12	a91.lit
92	1/0	2510328	5739800	11	a92.lit
93	1/0	2510380	5739775	17	a93.lit
94	1/0	2510445	5739816	12	a94.lit
95	1/0	2510410	5739820	12	a95.lit
96	1/0	2510340	5739880	12	a96.lit
97	1/0	2510630	5739430	12	a97.lit
98	1/0	2510720	5739590	12	a98.lit
99	1/0	2510770	5739630	12	a99.lit
100	1/0	2510680	5739860	13	a100.lit
101	1/0	2510780	5739410	13	a101.lit
102	1/0	2510660	5739680	13	a102.lit
103	1/0	2510680	5739550	13	a103.lit
104	1/0	2510890	5739400	14	a104.lit
105	1/0	2510370	5739880	12	a105.lit
106	1/0	2510680	5739770	13	a106.lit
107	1/0	2510700	5739540	13	a107.lit
108	1/0	2510710	5739580	13	a108.lit
109	1/0	2510460	5739870	13	a109.lit
110	1/0	2510700	5739400	13	a110.lit
111	1/0	2510640	5739740	12	a111.lit
112	1/0	2511010	5739550	12	a112.lit
113	1/0	2511170	5739390	12	a113.lit
114	1/0	2501430	5740090	10	a114.lit
115	1/0	2501400	5740440	10	a115.lit
116	1/0	2509640	5740020	14	a116.lit
117	1/0	2509630	5740130	14	a117.lit
118	1/0	2509600	5740160	14	a118.lit
119	1/0	2509530	5740225	14	a119.lit
120	1/0	2509490	5740290	14	a120.lit
121	1/0	2509551	5740260	14	a121.lit
122	1/0	2509531	5740209	14	a122.lit
123	1/0	2509478	5740291	14	a123.lit
124	1/0	2510060	5740080	13	a124.lit

Tab. V: Kopfdaten Blatt 4203 Kalkar

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2522779	5730625	16,5	b1.lit
2	1/0	2522779	5730641	17	b2.lit
3	1/0	2522814	5730623	16,5	b3.lit
4	1/0	2522819	5730638	17	b4.lit
5	1/0	2522990	5730840	18,5	b5.lit
6	1/0	2522829	5730878	0	b6.lit
7	1/0	2522824	5730904	0	b7.lit
8	1/0	2522833	5730902	0	b8.lit
9	1/0	2522831	5730963	0	b9.lit
10	1/0	2522803	5730936	0	b10.lit
11	1/0	2522796	5730960	0	b11.lit
12	1/0	2513100	5731480	28	b12.lit

13	1/0	2521140	5731870	24	b13.lit
14	1/0	2521200	5731750	37	b14.lit
15	1/0	2522907	5731120	14,5	b15.lit
16	1/0	2511600	5732600	35	b16.lit
17	1/0	2516180	5732395	36,5	b17.lit
18	1/0	2516270	5732670	21	b18.lit
19	1/0	2516150	5732400	36,5	b19.lit
20	1/0	2520880	5732140	27,5	b20.lit
21	1/0	2520881	5732141	25,5	b21.lit
22	1/0	2520880	5732141	31,5	b22.lit
23	1/0	2520881	5732140	30,5	b23.lit
24	1/0	2520530	5733885	14,5	b24.lit
25	1/0	2516265	5734290	22,5	b25.lit
26	1/0	2516285	5734280	22,5	b26.lit
27	1/0	2516610	5734658	16	b27.lit
28	1/0	2514330	5735960	19	b28.lit
29	1/0	2516830	5735610	14	b29.lit
30	1/0	2516610	5735320	15	b30.lit
31	1/0	2516350	5735110	27	b31.lit
32	1/0	2516400	5735095	25	b32.lit
33	1/0	2517020	5735935	14,5	b33.lit
34	1/0	2512445	5736475	23	b34.lit
35	1/0	2512650	5736115	21	b35.lit
36	1/0	2512150	5736270	25	b36.lit
37	1/0	2512610	5736445	17,5	b37.lit
38	1/0	2512460	5736580	17	b38.lit
39	1/0	2517550	5736850	14,5	b39.lit
40	1/0	2517390	5736570	15	b40.lit
41	1/0	2517200	5736250	15	b41.lit
42	1/0	2520335	5736780	17	b42.lit
43	1/0	2520400	5736700	15	b43.lit
44	1/0	2522660	5736620	18,5	b44.lit
45	1/0	2522810	5736520	19	b45.lit
46	1/0	2522700	5736430	18	b46.lit
47	1/0	2522620	5736970	19	b47.lit
48	1/0	2522540	5736820	18	b48.lit
49	1/0	2522680	5736800	18	b49.lit
50	1/0	2516740	5737730	14,5	b50.lit
51	1/0	2517850	5737860	14	b51.lit
52	1/0	2517910	5737925	12,5	b52.lit
53	1/0	2517720	5737160	15,5	b53.lit
54	1/0	2517920	5737540	15	b54.lit
55	1/0	2519300	5737225	15,5	b55.lit
56	1/0	2522195	5737920	15	b56.lit
57	1/0	2522430	5737040	16	b57.lit
58	1/0	2517930	5738800	15	b58.lit
59	1/0	2518900	5738000	12,5	b59.lit
60	1/0	2522145	5738150	15	b60.lit
61	1/0	2522115	5738710	15	b61.lit
62	1/0	2511540	5739770	14,5	b62.lit
63	1/0	2516090	5739510	15,5	b63.lit
64	1/0	2517890	5739450	15	b64.lit
65	1/0	2521500	5739320	16	b65.lit

66	1/0	2511830	5740420	14	b66.lit
67	1/0	2511970	5740160	14,5	b67.lit
68	1/0	2513000	5740410	15	b68.lit
69	1/0	2515750	5740100	14,5	b69.lit
70	1/0	2516300	5740360	14	b70.lit

Tab. VI: Kopfdaten Blatt 4204 Rees

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2529260	5730475	18,5	c1.lit
2	1/0	2529380	5730500	18	c2.lit
3	1/0	2529620	5730190	17	c3.lit
4	1/0	2530040	5730140	16,5	c4.lit
5	1/0	2528935	5731970	19	c5.lit
6	1/0	2529225	5731945	18	c6.lit
7	1/0	2529060	5731875	18	c7.lit
8	1/0	2534544	5731620	18	c8.lit
9	1/0	2524100	5732520	17,5	c9.lit
10	1/0	2528760	5732635	17,5	c10.lit
11	1/0	2528935	5732375	18	c11.lit
12	1/0	2528910	5732510	17,5	c12.lit
13	1/0	2528995	5732215	18,5	c13.lit
14	1/0	2528970	5732595	17,5	c14.lit
15	1/0	2529475	5732530	17	c15.lit
16	1/0	2529460	5732860	18	c16.lit
17	1/0	2529005	5732085	18,5	c17.lit
18	1/0	2529100	5732620	17,5	c18.lit
19	1/0	2529005	5732805	16,5	c19.lit
20	1/0	2529190	5732805	16,5	c20.lit
21	1/0	2533240	5732760	20	c21.lit
22	1/0	2524575	5733940	16	c22.lit
23	1/0	2524710	5733740	16	c23.lit
24	1/0	2524980	5733890	16	c24.lit
25	1/0	2524875	5733630	17	c25.lit
26	1/0	2526760	5733785	17,5	c26.lit
27	1/0	2527227	5733970	17,5	c27.lit
28	1/0	2527282	5733452	17,5	c28.lit
29	1/0	2529170	5733040	15,5	c29.lit
30	1/0	2529265	5733215	17	c30.lit
31	1/0	2529220	5733395	17,5	c31.lit
32	1/0	2529265	5733525	17,5	c32.lit
33	1/0	2529335	5733440	17,5	c33.lit
34	1/0	2529340	5733750	16,5	c34.lit
35	1/0	2532800	5733400	17,5	c35.lit
36	1/0	2524775	5734175	16	c36.lit
37	1/0	2524660	5734135	16	c37.lit
38	1/0	2524575	5734225	16	c38.lit
39	1/0	2526600	5734540	17	c39.lit
40	1/0	2526680	5734255	17,5	c40.lit
41	1/0	2526050	5734440	17,5	c41.lit
42	1/0	2526320	5734340	17	c42.lit
43	1/0	2530660	5734520	17	c43.lit

44	1/0	2533390	5734470	17	c44.lit
45	1/0	2526060	5735760	4,5	c45.lit
46	1/0	2526080	5735760	3,5	c46.lit
47	1/0	2526090	5735520	7,5	c47.lit
48	1/0	2526110	5735520	8	c48.lit
49	1/0	2526120	5735200	20,5	c49.lit
50	1/0	2526121	5735215	16	c50.lit
51	1/0	2526119	5735252	16	c51.lit
52	1/0	2526034	5735945	14,5	c52.lit
53	1/0	2530890	5735360	18,5	c53.lit
54	1/0	2531287	5735885	16,5	c54.lit
55	1/0	2531231	5735590	16,5	c55.lit
56	1/0	2526010	5736050	16	c56.lit
57	1/0	2527898	5736249	15,5	c57.lit
58	1/0	2527947	5736117	16	c58.lit
59	1/0	2529900	5736350	16	c59.lit
60	1/0	2530611	5736221	16,5	c60.lit
61	1/0	2530825	5736302	17	c61.lit
62	1/0	2530983	5736291	17,5	c62.lit
63	1/0	2530904	5736875	17	c63.lit
64	1/0	2530756	5736894	17	c64.lit
65	1/0	2530571	5736846	16	c65.lit
66	1/0	2530683	5736707	17	c66.lit
67	1/0	2530461	5736680	17	c67.lit
68	1/0	2530688	5736463	17	c68.lit
69	1/0	2530681	5736110	16,5	c69.lit
70	1/0	2530329	5736201	16,5	c70.lit
71	1/0	2531049	5736110	16,5	c71.lit
72	1/0	2531389	5736036	16	c72.lit
73	1/0	2531574	5736214	16	c73.lit
74	1/0	2531205	5736244	16	c74.lit
75	1/0	2531417	5736395	17	c75.lit
76	1/0	2531750	5736190	16	c76.lit
77	1/0	2531695	5736010	16	c77.lit
78	1/0	2531916	5736071	16	c78.lit
79	1/0	2531678	5736316	16	c79.lit
80	1/0	2531092	5736859	16,5	c80.lit
81	1/0	2532123	5736253	17	c81.lit
82	1/0	2532170	5736039	17	c82.lit
83	1/0	2525940	5737310	17	c83.lit
84	1/0	2527900	5737060	17,5	c84.lit
85	1/0	2528360	5737250	16,5	c85.lit
86	1/0	2529980	5737840	17	c86.lit
87	1/0	2529530	5737800	16,5	c87.lit
88	1/0	2530520	5737900	16	c88.lit
89	1/0	2531670	5737750	18	c89.lit
90	1/0	2534455	5737820	22	c90.lit
91	1/0	2525980	5738280	17	c91.lit
92	1/0	2525872	5738335	17	c92.lit
93	1/0	2527390	5738940	16,5	c93.lit
94	1/0	2523440	5740030	16,5	c94.lit
95	1/0	2523480	5740260	16,5	c95.lit

Tab. VII: Kopfdaten Blatt 4303 Uedem

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2512100	5718870	27,5	o1.lit
2	1/0	2512105	5718670	26,5	o2.lit
3	1/0	2512120	5718430	30	o3.lit
4	1/0	2512080	5718620	26	o4.lit
5	1/0	2512400	5718780	21,5	o5.lit
6	1/0	2513445	5718380	19,5	o6.lit
7	1/0	2515210	5718970	19,5	o7.lit
8	1/0	2515870	5718925	20	o8.lit
9	1/0	2515150	5718350	20	o9.lit
10	1/0	2518610	5718655	21	o10.lit
11	1/0	2518970	5718740	21	o11.lit
12	1/0	2511690	5719430	28,5	o12.lit
13	1/0	2511760	5719720	27,5	o13.lit
14	1/0	2511825	5719950	25	o14.lit
15	1/0	2512180	5719890	20	o15.lit
16	1/0	2512060	5719640	25	o16.lit
17	1/0	2513260	5719450	20	o17.lit
18	1/0	2515240	5719510	20	o18.lit
19	1/0	2516575	5719890	20	o19.lit
20	1/0	2518810	5719650	20	o20.lit
21	1/0	2519740	5719450	20,5	o21.lit
22	1/0	2521240	5719320	21,5	o22.lit
23	1/0	2522745	5719290	22,5	o23.lit
24	1/0	2522495	5719020	21	o24.lit
25	1/0	2522355	5719960	22	o25.lit
26	1/0	2511550	5720880	18	o26.lit
27	1/0	2511960	5720350	18,5	o27.lit
28	1/0	2512830	5720934	19	o28.lit
29	1/0	2513280	5720820	19,5	o29.lit
30	1/0	2513640	5720570	19	o30.lit
31	1/0	2513590	5720560	19	o31.lit
32	1/0	2513520	5720480	19	o32.lit
33	1/0	2513960	5720410	18,5	o33.lit
34	1/0	2514410	5720460	20	o34.lit
35	1/0	2515195	5720890	18,5	o35.lit
36	1/0	2515215	5720255	19	o36.lit
37	1/0	2516020	5720040	20	o37.lit
38	1/0	2518050	5720620	19,5	o38.lit
39	1/0	2522305	5720235	22,5	o39.lit
40	1/0	2511670	5721970	18,5	o40.lit
41	1/0	2511707	5721936	18,5	o41.lit
42	1/0	2511856	5721804	18,5	o42.lit
43	1/0	2512755	5721000	19	o43.lit
44	1/0	2512530	5721200	18,5	o44.lit
45	1/0	2512550	5721700	19	o45.lit
46	1/0	2513445	5721190	18,5	o46.lit
47	1/0	2513240	5721700	18,5	o47.lit
48	1/0	2513820	5721795	18,5	o48.lit
49	1/0	2513773	5721805	18,5	o49.lit
50	1/0	2513614	5721247	17,5	o50.lit
51	1/0	2514405	5721720	18,5	o51.lit

52	1/0	2514010	5721380	20	o52.lit
53	1/0	2514530	5721942	19	o53.lit
54	1/0	2514350	5721930	19,5	o54.lit
55	1/0	2515165	5721975	18,5	o55.lit
56	1/0	2515135	5721265	18	o56.lit
57	1/0	2515210	5721680	19	o57.lit
58	1/0	2515170	5721131	19	o58.lit
59	1/0	2518710	5721420	20	o59.lit
60	1/0	2521535	5721115	21,5	o60.lit
61	1/0	2521595	5721005	22	o61.lit
62	1/0	2522880	5721690	29	o62.lit
63	1/0	2515170	5721130	19	o63.lit
64	1/0	2511557	5722070	18,5	o64.lit
65	1/0	2512035	5722340	18,5	o65.lit
66	1/0	2513300	5722290	19	o66.lit
67	1/0	2513950	5722870	18	o67.lit
68	1/0	2513340	5722200	19	o68.lit
69	1/0	2514688	5722044	19,5	o69.lit
70	1/0	2514738	5722052	19	o70.lit
71	1/0	2514030	5722270	17	o71.lit
72	1/0	2515150	5722810	16,5	o72.lit
73	1/0	2516780	5722260	19	o73.lit
74	1/0	2516450	5722280	19	o74.lit
75	1/0	2519800	5722670	20,5	o75.lit
76	1/0	2519270	5722485	20,5	o76.lit
77	1/0	2519690	5722055	20,5	o77.lit
78	1/0	2519660	5722750	19,5	o78.lit
79	1/0	2519730	5722550	20	o79.lit
80	1/0	2519900	5722600	20	o80.lit
81	1/0	2520270	5722910	20	o81.lit
82	1/0	2520250	5722950	20	o82.lit
83	1/0	2520174	5722523	20	o83.lit
84	1/0	2520630	5722835	21	o84.lit
85	1/0	2522700	5722950	27,5	o85.lit
86	1/0	2522410	5722050	24	o86.lit
87	1/0	2512190	5723830	19	o87.lit
88	1/0	2513895	5723920	19,5	o88.lit
89	1/0	2514080	5723960	18,5	o89.lit
90	1/0	2515230	5723655	17,5	o90.lit
91	1/0	2516380	5723630	20	o91.lit
92	1/0	2518575	5723395	19,5	o92.lit
93	1/0	2518700	5723275	20	o93.lit
94	1/0	2518065	5723260	20	o94.lit
95	1/0	2518755	5723605	19,5	o95.lit
96	1/0	2518350	5723350	19	o96.lit
97	1/0	2519950	5723475	34,5	o97.lit
98	1/0	2519920	5723440	30,5	o98.lit
99	1/0	2520310	5723040	21,5	o99.lit
100	1/0	2520385	5723290	24,5	o100.lit
101	1/0	2520220	5723180	24	o101.lit
102	1/0	2520180	5723560	43,5	o102.lit
103	1/0	2520130	5723600	42,5	o103.lit
104	1/0	2520200	5723720	45,5	o104.lit

105	1/0	2520480	5723215	21	o105.lit
106	1/0	2520490	5723165	21	o106.lit
107	1/0	2520170	5723560	43	o107.lit
108	1/0	2521830	5723700	22	o108.lit
109	1/0	2511850	5724710	17,5	o109.lit
110	1/0	2512760	5724780	16	o110.lit
111	1/0	2512930	5724030	18	o111.lit
112	1/0	2513300	5724730	17	o112.lit
113	1/0	2515150	5724510	20	o113.lit
114	1/0	2516530	5724855	18	o114.lit
115	1/0	2516180	5724530	18,5	o115.lit
116	1/0	2518995	5724030	22,5	o116.lit
117	1/0	2518280	5724900	21,5	o117.lit
118	1/0	2520985	5724345	21	o118.lit
119	1/0	2522590	5724360	25	o119.lit
120	1/0	2522580	5724570	26	o120.lit
121	1/0	2521890	5724120	22,5	o121.lit
122	1/0	2511760	5725770	17	o122.lit
123	1/0	2512408	5725340	17,5	o123.lit
124	1/0	2513430	5725070	17,5	o124.lit
125	1/0	2513715	5725456	17	o125.lit
126	1/0	2514230	5725030	18	o126.lit
127	1/0	2517185	5725715	23	o127.lit
128	1/0	2517415	5725295	23	o128.lit
129	1/0	2517240	5725280	20,5	o129.lit
130	1/0	2519675	5725248	47,5	o130.lit
131	1/0	2521095	5725660	21,5	o131.lit
132	1/0	2511635	5726809	17	o132.lit
133	1/0	2512620	5726440	17,5	o133.lit
134	1/0	2513070	5726890	17	o134.lit
135	1/0	2514460	5726000	16,5	o135.lit
136	1/0	2515170	5726970	25,5	o136.lit
137	1/0	2515080	5726640	20	o137.lit
138	1/0	2518140	5726900	28	o138.lit
139	1/0	2519197	5726587	32,5	o139.lit
140	1/0	2521670	5726160	22	o140.lit
141	1/0	2521540	5726230	22	o141.lit
142	1/0	2521630	5726380	21,5	o142.lit
143	1/0	2522220	5726940	26,5	o143.lit
144	1/0	2511940	5727280	17	o144.lit
145	1/0	2513380	5727110	17	o145.lit
146	1/0	2513841	5727443	19	o146.lit
147	1/0	2513700	5727400	16,5	o147.lit
148	1/0	2514187	5727640	28	o148.lit
149	1/0	2515155	5727235	32	o149.lit
150	1/0	2516680	5727440	28	o150.lit
151	1/0	2521080	5727438	57	o151.lit
152	1/0	2514400	5728905	30,5	o152.lit
153	1/0	2516120	5728200	30	o153.lit
154	1/0	2522500	5728750	20	o154.lit
155	1/0	2517540	5728440	33,5	o155.lit
156	1/0	2521294	5718430	22	o156.lit
157	1/0	2521715	5718659	22	o157.lit

Tab. VIII : Kopfdaten Blatt 4304 Xanten

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2526810	5718515	23,5	p1.lit
2	1/0	2527125	5718385	23	p2.lit
3	1/0	2527230	5718980	22,5	p3.lit
4	1/0	2527695	5718595	23,5	p4.lit
5	1/0	2529220	5718700	24	p5.lit
6	1/0	2530760	5718360	23,5	p6.lit
7	1/0	2532970	5718630	24	p7.lit
8	1/0	2523180	5719800	21,5	p8.lit
9	1/0	2523350	5719330	22	p9.lit
10	1/0	2523345	5719370	21,5	p10.lit
11	1/0	2525145	5719475	22	p11.lit
12	1/0	2527100	5719000	22,5	p12.lit
13	1/0	2527570	5719415	24	p13.lit
14	1/0	2527920	5719650	23,5	p14.lit
15	1/0	2529030	5719135	22,5	p15.lit
16	1/0	2529480	5719000	23	p16.lit
17	1/0	2530115	5719020	23,5	p17.lit
18	1/0	2530790	5719170	23,5	p18.lit
19	1/0	2533640	5719400	26,5	p19.lit
20	1/0	2523365	5720685	22,5	p20.lit
21	1/0	2526780	5720515	43,5	p21.lit
22	1/0	2527575	5720980	77	p22.lit
23	1/0	2528940	5720625	24,5	p23.lit
24	1/0	2528560	5720230	24	p24.lit
25	1/0	2530155	5720780	22,5	p25.lit
26	1/0	2532335	5720146	23	p26.lit
27	1/0	2532300	5720980	27,5	p27.lit
28	1/0	2532335	5720530	24	p28.lit
29	1/0	2532845	5720620	25,5	p29.lit
30	1/0	2534270	5720820	23	p30.lit
31	1/0	2524000	5721350	31	p31.lit
32	1/0	2525715	5721860	57	p32.lit
33	1/0	2527130	5721065	59	p33.lit
34	1/0	2531210	5721895	25	p34.lit
35	1/0	2533981	5721762	19,5	p35.lit
36	1/0	2525590	5722260	79	p36.lit
37	1/0	2529080	5722770	24	p37.lit
38	1/0	2529025	5722859	24	p38.lit
39	1/0	2532555	5722615	31,5	p39.lit
40	1/0	2523690	5723475	53,5	p40.lit
41	1/0	2526930	5723645	20,5	p41.lit
42	1/0	2530660	5723620	51	p42.lit
43	1/0	2531030	5723580	45	p43.lit
44	1/0	2531055	5723695	40	p44.lit
45	1/0	2531290	5723610	46,5	p45.lit
46	1/0	2534000	5723675	19,5	p46.lit
47	1/0	2525615	5724250	30	p47.lit
48	1/0	2528315	5724810	22,5	p48.lit

49	1/0	2529739	5724119	22,5	p49.lit
50	1/0	2529844	5724757	22	p50.lit
51	1/0	2524554	5725640	64	p51.lit
52	1/0	2525670	5725010	24,5	p52.lit
53	1/0	2526765	5725625	21,5	p53.lit
54	1/0	2528370	5725715	20,5	p54.lit
55	1/0	2528835	5725270	22	p55.lit
56	1/0	2529360	5725740	21,5	p56.lit
57	1/0	2529342	5725338	22	p57.lit
58	1/0	2532660	5725025	18,5	p58.lit
59	1/0	2532840	5725200	19	p59.lit
60	1/0	2533020	5725495	17	p60.lit
61	1/0	2528084	5725905	21,5	p61.lit
62	1/0	2527460	5726380	22,5	p62.lit
63	1/0	2528850	5726450	20	p63.lit
64	1/0	2529000	5726065	20	p64.lit
65	1/0	2529452	5726792	22	p65.lit
66	1/0	2530200	5726540	19	p66.lit
67	1/0	2530092	5726385	21	p67.lit
68	1/0	2530710	5726850	19	p68.lit
69	1/0	2530714	5726842	19,5	p69.lit
70	1/0	2530849	5726384	18	p70.lit
71	1/0	2530760	5726810	19	p71.lit
72	1/0	2531845	5726330	19	p72.lit
73	1/0	2531030	5726485	18,5	p73.lit
74	1/0	2531100	5726940	18,5	p74.lit
75	1/0	2531160	5726855	18,5	p75.lit
76	1/0	2531405	5726240	18	p76.lit
77	1/0	2532266	5726221	18,5	p77.lit
78	1/0	2534580	5726280	20	p78.lit
79	1/0	2529842	5726760	21	p79.lit
80	1/0	2529994	5726650	21	p80.lit
81	1/0	2523767	5727165	33,5	p81.lit
82	1/0	2524634	5727958	40,5	p82.lit
83	1/0	2525290	5727440	67,5	p83.lit
84	1/0	2525372	5727350	66,5	p84.lit
85	1/0	2528580	5727490	21,5	p85.lit
86	1/0	2529971	5727377	19	p86.lit
87	1/0	2530584	5727219	18	p87.lit
88	1/0	2530550	5727775	18,5	p88.lit
89	1/0	2530930	5727950	19	p89.lit
90	1/0	2530590	5727300	18,5	p90.lit
91	1/0	2530585	5727415	18,5	p91.lit
92	1/0	2531100	5727040	19	p92.lit
93	1/0	2531500	5727920	19	p93.lit
94	1/0	2531661	5727748	19,5	p94.lit
95	1/0	2534400	5727100	19	p95.lit
96	1/0	2530175	5727287	18	p96.lit
97	1/0	2530303	5727172	18	p97.lit
98	1/0	2524362	5728455	33,5	p98.lit
99	1/0	2525590	5728575	37	p99.lit
100	1/0	2525285	5728745	34	p100.lit
101	1/0	2525720	5728630	39	p101.lit

102	1/0	2530355	5728005	18,5	p102.lit
103	1/0	2530510	5728310	18	p103.lit
104	1/0	2530430	5728290	18,5	p104.lit
105	1/0	2530550	5728240	18	p105.lit
106	1/0	2530390	5728200	18	p106.lit
107	1/0	2530600	5728195	18,5	p107.lit
108	1/0	2530745	5728180	18,5	p108.lit
109	1/0	2531160	5728140	18,5	p109.lit
110	1/0	2525650	5729240	20	p110.lit
111	1/0	2527810	5729010	19,5	p111.lit
112	1/0	2531065	5729250	16,5	p112.lit
113	1/0	2530126	5727453	18	p113.lit
114	1/0	2529918	5727595	18,5	p114.lit
115	1/0	2530450	5727060	18,5	p115.lit
116	1/0	2530535	5726438	17,5	p116.lit
117	1/0	2527743	5726426	21,5	p117.lit
118	1/0	2530485	5727369	18	p118.lit
119	1/0	2530671	5727122	18,5	p119.lit
120	1/0	2529455	5726061	21	p120.lit
121	1/0	2528293	5726952	21	p121.lit
122	1/0	2528799	5725581	22	p122.lit
123	1/0	2527561	5725090	23	p123.lit

Tab. IX : Kopfdaten Blatt 4305 Wesel

Bohrnummer	Symbol	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Lithologie
1	1/0	2534791	5718898	23	q1.lit
2	1/0	2537490	5718850	21,5	q2.lit
3	1/0	2537460	5718690	21	q3.lit
4	1/0	2538907	5718536	21	q4.lit
5	1/0	2539730	5718910	21	q5.lit
6	1/0	2540298	5718438	22	q6.lit
7	1/0	2540295	5718430	21,5	q7.lit
8	1/0	2545930	5718577	21	q8.lit
9	1/0	2546040	5718950	25	q9.lit
10	1/0	2535997	5719320	23	q10.lit
11	1/0	2537800	5719650	21	q11.lit
12	1/0	2537792	5719732	20	q12.lit
13	1/0	2539783	5719490	20,5	q13.lit
14	1/0	2539728	5719969	21	q14.lit
15	1/0	2539096	5719237	21,5	q15.lit
16	1/0	2540076	5719468	20	q16.lit
17	1/0	2540175	5719500	20	q17.lit
18	1/0	2544083	5719527	25	q18.lit
19	1/0	2544642	5719107	20	q19.lit
20	1/0	2545976	5719306	25,5	q20.lit
21	1/0	2535500	5720445	21,5	q21.lit
22	1/0	2535567	5720995	19	q22.lit
23	1/0	2536698	5720454	21	q23.lit
24	1/0	2538030	5720230	20	q24.lit
25	1/0	2539950	5720770	21	q25.lit
26	1/0	2539051	5720257	21	q26.lit

27	1/0	2542908	5720629	24,5	q27.lit
28	1/0	2536610	5721075	21,5	q28.lit
29	1/0	2537850	5721560	21	q29.lit
30	1/0	2537250	5721760	18,5	q30.lit
31	1/0	2537388	5721709	20	q31.lit
32	1/0	2539685	5721115	21	q32.lit
33	1/0	2540780	5721860	21,5	q33.lit
34	1/0	2541230	5721580	22,5	q34.lit
35	1/0	2535430	5722130	22	q35.lit
36	1/0	2536706	5722908	26,5	q36.lit
37	1/0	2538040	5722820	21,5	q37.lit
38	1/0	2538570	5722455	20,5	q38.lit
39	1/0	2538245	5722225	20	q39.lit
40	1/0	2540780	5722020	21,5	q40.lit
41	1/0	2540701	5722360	21,5	q41.lit
42, Rhein	1/0	2541580	5722310	15,5	q42.lit
43	1/0	2542145	5722410	20	q43.lit
44	1/0	2542400	5722340	20	q44.lit
45	1/0	2542460	5722330	20	q45.lit
46	1/0	2542900	5722300	20,5	q46.lit
47	1/0	2542560	5722980	19,5	q47.lit
48	1/0	2543000	5722170	20	q48.lit
49	1/0	2543545	5722855	24,5	q49.lit
50	1/0	2544175	5722623	27	q50.lit
51	1/0	2544230	5722770	24,5	q51.lit
52	1/0	2545175	5722965	22	q52.lit
53	1/0	2546010	5722650	26	q53.lit
54	1/0	2535877	5723104	19,5	q54.lit
55	1/0	2536230	5723240	19	q55.lit
56	1/0	2538810	5723775	21	q56.lit
57	1/0	2539975	5723580	20,5	q57.lit
58	1/0	2539180	5723090	21,5	q58.lit
59	1/0	2540730	5723920	19	q59.lit
60	1/0	2540481	5723723	20	q60.lit
61	1/0	2541540	5723340	17,5	q61.lit
62	1/0	2541520	5723800	22,5	q62.lit
63	1/0	2541152	5723319	22	q63.lit
64	1/0	2542620	5723730	24	q64.lit
65	1/0	2542750	5723750	21,5	q65.lit
66	1/0	2542920	5723520	19	q66.lit
67	1/0	2543215	5723840	24	q67.lit
68	1/0	2543382	5723375	20	q68.lit
69	1/0	2543480	5723615	20	q69.lit
70	1/0	2543810	5723240	19	q70.lit
71	1/0	2545450	5723930	23,5	q71.lit
72	1/0	2534790	5724620	21	q72.lit
73	1/0	2535290	5724340	19,5	q73.lit
74	1/0	2536218	5724075	19	q74.lit
75	1/0	2537710	5724230	20,5	q75.lit
76	1/0	2538160	5724625	19,5	q76.lit
77	1/0	2539110	5724055	21	q77.lit
78	1/0	2540530	5724500	20,5	q78.lit
79	1/0	2541850	5724475	20,5	q79.lit

80	1/0	2541502	5724870	22	q80.lit
81	1/0	2542955	5724050	20,5	q81.lit
82	1/0	2542440	5724115	22	q82.lit
83	1/0	2543245	5724040	25	q83.lit
84	1/0	2543565	5724075	24	q84.lit
85	1/0	2544860	5724650	27	q85.lit
86	1/0	2544800	5724702	26,5	q86.lit
87	1/0	2544810	5724390	25,5	q87.lit
88	1/0	2545320	5724900	28	q88.lit
89	1/0	2545670	5724145	25	q89.lit
90	1/0	2537820	5725450	20	q90.lit
91	1/0	2537970	5725850	19	q91.lit
92	1/0	2538000	5725670	19	q92.lit
93	1/0	2538180	5725925	20	q93.lit
94	1/0	2539420	5725445	21,5	q94.lit
95	1/0	2540700	5725590	16	q95.lit
96	1/0	2541140	5725400	16,5	q96.lit
97	1/0	2541500	5725350	21	q97.lit
98	1/0	2542112	5725686	20	q98.lit
99	1/0	2543140	5725860	24	q99.lit
100	1/0	2544622	5725175	25	q100.lit
101	1/0	2546040	5725420	27	q101.lit
102	1/0	2534715	5726720	19	q102.lit
103	1/0	2534815	5726905	19,5	q103.lit
104	1/0	2537120	5726280	20	q104.lit
105	1/0	2537990	5726005	20	q105.lit
106	1/0	2537910	5726010	19,5	q106.lit
107	1/0	2537507	5726675	23,5	q107.lit
108	1/0	2538220	5726010	20	q108.lit
109	1/0	2539710	5726340	20,5	q109.lit
110	1/0	2540050	5726920	20,5	q110.lit
111	1/0	2540060	5726085	20,5	q111.lit
112	1/0	2541735	5726550	20	q112.lit
113	1/0	2542010	5726680	20	q113.lit
114	1/0	2543430	5726680	25	q114.lit
115	1/0	2543540	5726800	25	q115.lit
116	1/0	2543950	5726770	25,5	q116.lit
117	1/0	2544640	5726880	25	q117.lit
118	1/0	2543534	5726981	24	q118.lit
119	1/0	2535190	5727180	18,5	q119.lit
120	1/0	2535125	5727450	20	q120.lit
121	1/0	2538380	5727740	25	q121.lit
122	1/0	2538669	5727657	22,5	q122.lit
123	1/0	2538115	5727300	26	q123.lit
124	1/0	2540800	5727350	21,5	q124.lit
125	1/0	2545180	5727987	24,5	q125.lit
126	1/0	2536955	5728890	19	q126.lit
127	1/0	2538064	5728589	24,5	q127.lit
128	1/0	2539206	5728544	24	q128.lit
129	1/0	2540550	5728800	24,5	q129.lit
130	1/0	2541136	5728838	26,5	q130.lit
131	1/0	2539455	5728606	24	q131.lit
132	1/0	2542590	5728065	23	q132.lit

133	1/0	2543320	5728620	22	q133.lit
134	1/0	2544300	5728300	23	q134.lit
135	1/0	2545830	5728280	22,5	q135.lit
136	1/0	2538225	5729139	22	q136.lit
137	1/0	2538007	5729411	23,5	q137.lit
138	1/0	2538113	5729155	26	q138.lit
139	1/0	2538940	5729002	23	q139.lit
140	1/0	2541800	5729443	24	q140.lit
141	1/0	2542460	5729290	22	q141.lit
142	1/0	2544460	5729280	22,5	q142.lit
143	1/0	2545650	5729350	23,5	q143.lit
144	1/0	2545350	5729470	23	q144.lit
145	1/0	2539402	5728580	24	q145.lit
146	1/0	2539943	5729006	23	q146.lit
147	1/0	2544868	5725036	27	q147.lit
148	1/0	2544875	5725049	27	q148.lit
149	1/0	2544290	5724376	24	q149.lit
150	1/0	2544926	5725239	25	q150.lit

Oberflächen der Bohrungen**Elten:**

Elten 1:

El 17: Tfh/qh

El 20: Sfh

El 12: Sfh

El 25: Tfh/qh

El 28: sw

El 34: sw

El 35: Lf/hj

El 37: Lf/hj

El 39: Lf/hj

El 40: Lf/hj

Elten 2:

El 57: Tfh/qh

El 58: Tfh/qh

El 59: Tfh/qh

El 60: Lf/ham

El 62: sw

El 45: sw

El 46: sw

El 47: Lf/hj

El 49: Sf/hj

El 38: Lf/hj

El 39: Lf/hj

El 55: Lf/hj

Elten 3:

El 11: Tfh/N

El 17: Tfh/qh

El 18: Tfh/qh

El 44: Tfh/qh

El 57: Tfh/qh

El 58: Tfh/qh

El 65: a/N

El 67: a/N

Emmerich:

Emmerich 1:

Em 01: Sf/hj

Em 02: Sf/hj

Em 03: Lf/hj

Em 05: Lf/hj

Em 04: Lf/hj

Em 06: Lf/hj

Em 08: Lf/hj

Em 09: Sf/hj

Em 13: Lf/hj

Em 35: Lf/hj

Emmerich 2:

Em 16: Lf/hj

Em 26: Lf/hj

Em 28: Lf/hj

Em 56: Lf/hj

Em 72: a/N

Em 60: a/N

Em 31: Lf/hj

Em 73: Lf/hm

Em 32: Lf/hj

Em 33: Lf/hj

Em 77: Lf/hj

Emerich 3:

Em 01: Sf/hj

Em 10: Sf/hj

Em 14: Lf/hj

Em 15: Lf/hj

Em 16: Lf/hj

Em 23: y

Em 24: y

Em 38: Sf/hj

Emmerich 4:

Em 03: Lf/hj

Em 12: Lf/hj

Em 26: Lf/hj

Em 29: y

Em 47: a/N

Em 52: a/N

Em 83: Lf/hm

Em 110: Lf/hm

Emmerich 5:

Em 89: d

Em 101: d

Em 82: Lf/hm

Em 84: Lf/hm

Isselburg:

Isselburg 1:

Is 02: Sf/hj

Is 01: Lf/hm

Is 03: Lf/ha

Is 06: Lfh/N

Is 12: d

Is 13: d

Is 16: Sfh/N

Is 17: a/N

Isselburg 2:

Is 02: Sf/hj

Is 10: Lf/ha

Is 18: d

Is 20: Sfh/N

Is 31: Sfh/N

Is 28: a/N

Isselburg 3:

Is 09: Tfh

Is 17: a/N

Is 27: a/N

Is 32: Sfh/N

Is 33: Lfh/N

Kleve:

Kleve 1:

Kl 10: d

Kl 13: Sfh/Nj

Kl 15: Sfh/Nj

Kl 17: Lfh/Nj

Kleve 2:

Kl 11: Sfh/Nä

Kl 16: Sfh/Nj

Kl 03: Lfh/Nj

Kleve 4:

Kl 69: Lf/hj

Kl 113: Lf/hj

Kleve 5:

Kl 61: N

Kl 74: N

Kl 86: y

Kl 112: Lf/hj

Kleve 6:

Kl 71: Tfh/N

Kl 73: Tfh/N

Kl 116: y

Kl 96: Sf/hj

Kl 100: Sf/hj

Kleve 7:

Kl 11: Sfh/Nä

Kl 13: Sfh/Nj

Kl 84: y

Kl 99: Sf/hj

Kleve 8:

Kl 15: Sfh/Nj

Kl 69: Lf/hj

Kl 112: Lf/hj

Kalkar :

Kalkar 1:

Ka 1: Lfh/N

Kalkar 2:

Ka 24: Lf/hj

Ka 15: Lf

Kalkar 3:

Ka 50: Lf/ha















































Ka 54: Lf/hm

Ka 55: Sf/hj	Rees 2:	Re 74: Wasser	Ue 24: Lfh/Nj
Ka 42: d		Re 54: Wasser	Ue 23: Sfh/Nj
Ka 57: Lf/hj	Re 56: y	Re 72: Wasser	
Kalkar 4:	Re 57: Lf/ha	Re 75: Wasser	Uedem 2:
	Re 59: Lf/ha	Re 73: Wasser	Ue 12: a/Mo
	Re 60: y	Re 79: Wasser	Ue 17: Lfh
Ka 62: Lf/hj	Re 62: y	Re 76: Wasser	Ue 18: Lfh/Nä
Ka 67: Sf/hj	Re 75: Wasser	Re 77: Wasser	Ue 19: Hn
Ka 68: Sf/hj	Re 81: Lf	Re 78: Wasser	Ue 20: Lfh/Nj
Ka 69: Sf/hj	Rees 3:	Re 81: Lf	Ue 21: Lfh/Nj
Ka 70: Sf/hj		Re 82: Lf	Ue 22: Lfh/Nj
Ka 64: Lf/hj	Re 83: Lf/hm		Ue 25: Lfh/Nj
Ka 65: Lf/hj	Re 84: Sf/ha	Rees 7:	
	Re 85: Sf/ha		Uedem 3:
Kalkar 5:	Re 87: Sf/ha	Re 04: y	
	Re 86: Lfh/N	Re 03: y	Ue 26: Nä
Ka 30: d	Re 88: Lfh/N	Re 02: y	Ue 28: Nä
Ka 29: Sf/ha	Re 89: Sfh/N	Re 01: y	Ue 50: Lfh/Nj
Ka 33: Sf/ha	Re 90: Sfh/N	Re 07: y	Ue 52: Sfh/Nä
Ka 41: Sf/ha		Re 06: y	Ue 63: Lfh/Nä
Ka 40: Lf/ha	Rees 4:	Re 05: y	Ue 59: Lfh/Nä
Ka 39: Lf/ha		Re 17: y	Ue 61: Sfh/Nj
Ka 53: Lf/ha	Re 95: Lf/hj	Re 13: y	
Ka 54: Lf/hm	Re 94: Lf/hj	Re 11: y	Uedem 4:
Ka 58: Lf/hj	Re 92: Lf/hm	Re 12: y	
Ka 64: Lf/hj	Re 91: Lf/hm	Re 10: y	Ue 64: Lfh/Nj
	Re 84: Sf/ha	Re 14: y	Ue 42: Sfh/Nj
Kalkar 6:	Re 59: Lf/ha	Re 18: y	Ue 45: Lfh/Nj
	Re 53: Lf/ha	Re 15: y	Ue 47: Lfh/Nj
Ka 46: Lf/hj	Re 35: Sf	Re 16: y	Ue 49: Sfh/Nä
Ka 44: Lf/hj	Re 21: Sfh/N	Re 20: y	Ue 54: Sfh/Nä
Ka 48: Lf/hj	Re 08: Lf/hm	Re 19: y	Ue 70: Sfh/Nä
Ka 57: Lf/hj		Re 29: y	Ue 74: Lfh/Nj
Ka 56: y	Rees 5:	Re 30: y	Ue 76: Lfh/Nä
Ka 60: y		Re 31: y	Ue 80: Lfh/Nä
Ka 61: y	Re 03: y	Re 33: y	
Ka 65: Lf/hj	Re 07: y	Re 32: y	Uedem 5:
	Re 20: y	Re 34: Sf/hj	
	Re 34: Sf/hj		Ue 87: Sfh/Nj
Rees:	Re 59: Lf/ha	Uedem	Ue 111: Lfh/Nj
	Re 87: Sf/ha		Ue 88: Sfh/Nj
Rees 1:	Re 93: Lf/hm	Uedem 1:	Ue 90: Lfh/Nä
			Ue 91: Sfh/Nj
Re 09: Sf/ha	Rees 6:		Ue 94: Lfh/Nä
Re 25: Lf/hj		Ue 03: a/Mo	Ue 95: Lfh/Nä
Re 26: Lf/hj	Re 70: y	Ue 06: Sfh	
Re 27: Lf/hj	Re 60: y	Ue 09: Lfh	Uedem 6:
Re 34: Sf/hj	Re 69: y	Ue 10: Lfh/Nj	
Re 43: Lf/ha	Re 61: y	Ue 11: Lfh/Nj	Ue 109: Sfh/Nj
Re 44: Lf/ha	Re 62: y	Ue 156: Lfh/Nj	Ue 110: Lfh/Nj
	Re 71: Wasser	Ue 157: Lfh/Nj	Ue 112: Lfh/Nj














Ue 126: Lfh/Nj	Ue 22: Lfh/Nj	Xa 65: Sfh/Nj	Wesel:
Ue 113: Lfh/Nj	Ue 60: Sfh/Nj	Xa 97: Sf/hm	Wesel 1:
Ue 115: Sfh/Nj		Xa 92: Sf/hm	We 01: Sfh/Nj
Ue 114: Lfh/Nä	Xanten:	Xa 94: Sf/hj	We 10: Sfh/Nj
Uedem 7:		Xa 95: Sfh/ha	We 02: Lfh/Nj
Ue 132: Sfh/Nj	Xanten 1:	Xanten 6:	We 04: Lf/hj
Ue 133: Sfh/Nj			We 05: Sf/hj
Ue 134: Sfh/Nj	Xa 09: Sfh/Nj	Xa 111: Sf/ha	We 06: Sf/hj
Ue 146: Lfh/Nj	Xa 11: Lfh/Nä	Xa 104: Lf/hj	We 18: Lfh/Nä
Uedem 8:	Xa 12: Lfh/Nä	Xa 109: Sf/hj	We 19: Lf/ha
Ue 03: a/Mo	Xa 04: Lfh/Nä	Xa 94: Sf/hj	We 20: Sfh/Nä
Ue 01: a/Mo	Xa 05: Nä	Xa 95: Sfh/ha	We 09: Lfh/Nä
Ue 12: a/Mo	Xa 17: Sfh/Nä	Xanten 7:	Wesel 2:
Ue 14: a/Mo	Xa 18: Lfh/Nä		We 22: Sfh/Nj
Ue 27: Nä	Xa 07: Sfh/Nj	Xa 09: Sfh/Nj	We 28: Lf/ha
Ue 26: Nä	Xa 19: d	Xa 08: Sfh/Nj	We 29: Lf/ha
Ue 42: Sfh/Nj	Xanten 2:	Xanten 8:	We 38: Lf/ha
Ue 65: Lfh/Nj			We 32: Sf/hm
Ue 87: Sfh/Nj	Xa 25: Lfh/Nä	Xa 01: Nä	We 41: Sf/hj
Ue 109: Sfh/Nj	Xa 27: d	Xa 12: Lfh/Nä	We 42: Rhein
Ue 122: Sfh/Nj	Xa: 30: Sfh/Nj	Xa 13: Lfh/Nä	We 48: Lf
Ue 132: Sfh/Nj	Xanten 3:	Xa 14: Lfh/Nä	We 51: a
Ue 144: Lfh/Nj		Xa 38: d	We 52: Lf/hj
Uedem 9:	Xa 41: Lfh/Nä	Xa 49: Lfh/Nj	We 53: Lf/hj
Ue 09: Lfh	Xa 48: Lfh/Nj	Xa 50: Lfh/Nj	Wesel 3:
Ue 18: Lfh/Nä	Xa 49: Lfh/Nj	Xa 57: Lfh/Nj	We 35: Sfh/Nj
Ue 36: Hn	Xa 46: Lf/hj	Xa 120: Lfh/Nj	We 36: Lf/ha
Ue 35: Lfh/Nä	Xanten 4:	Xa 65: Sfh/Nj	We 37: Lf/ha
Ue 56: Sfh/Nä		Xa 111: Sf/ha	We 58: Lf/ha
Ue 57: Sfh/Nä	Xa 52: fl	Xanten 9:	We 57: Sf/hm
Ue 55: Lfh/Nj	Xa 53: Lfh/Nj		We 60: Lf/hj
Ue 72: Sfh/Nj	Xa 123: Sfh/Nj	Xa 07: Sfh/Nj	We 59: Sf/hj
Ue 90: Lfh/Nä	Xa 48: Lfh/Nj	Xa 26: Lfh/Nj	We 62: y
Ue 113: Lfh/Nj	Xa 55: Lfh/Nj	Xa 27: d	We 64: y
Uedem 10:	Xa 56: Lfh/Nj	Xa 34: Hn	We 84: y
Ue 10: Lfh/Nj	Xa 67: Sfh/Nj	Xa 70: Sf/hm	We 87: a
Ue 20: Lfh/Nj	Xa 116: Lf/hm	Xa 68: Sf/hm	We 88: a
Ue 59: Lfh/Nä	Xa 73: Sf/hm	Xa 91: Sf/hm	We 101: a/Nä
Ue 76: Lfh/Nä	Xa 76: Lf/hm	Xa 104: Lf/hj	Wesel 4:
Ue 93: Lfh/Nä	Xa 72: Lf/hm	Xa 112: y	We 72: Sf/hj
Uedem 11:	Xa 77: Lf/hm	Xanten 10:	We 73: Lf/hj
Ue 156: Lfh/Nj	Xa 60: Sf/hj		We 74: Lf/hj
	Xa 78: Lf/ha	Xa 37: d	We 75: Lf/hj
	Xanten 5:	Xa 38: d	
	Xa 121: Lfh/Nj	Xa 34: Hn	
		Xa 46: Lf/hj	

We 76: Lf/hj	We 127: a/Lfh	Wesel 8:	mittelholozäne
We 77: Lf/ha	We 137: d		Terrasse
We 78: y		We 120: Sfh/ha	Hn: Niedermoor
We 80: Lf/hj	Wesel 6:	We 126: Lf/ha	Lf: Auelehm
We 98: Lf		We 138: a	Lfh: Hochflut-
We 99: a/Lfh	We 07: Sf/hj	We 139: a/Lfh	lehm
We 100: a	We 16: y	We 146: a	Mo: obere Mittel-
We 88: a	We 25: Sf/hm	We 129: a	terrasse
We 101: a/Nä	We 33: Lf/hj	We 140: Lfh/N	N: Niederterrasse
	We 41: Sf/hj	We 141: Lfh/N	Nä: ältere
Wesel 5:	We 63: Sf/hj	We 142: Sfh/N	Nj: jüngere
	We 97: Lf/hj	We 143: Sfh/N	Niederterrasse
We 02: Lfh/Nj	We 113: Lf		qh: holozäne
We 12: Lf/hj	We 132: Lfh/N	Abkürzungen:	Terrasse (un-
We 24: Lf/hj	We 141: Lfh/N	a: Flugsand	gegliedert)
We 29: Lf/ha		d: Düne	Sf: Auensand
We 39: Lf/ha	Wesel 7:	fl: Fließerde	Sfh: Hochflut-
We 37: Lf/ha		ha: alt-	sand
We 75: Lf/hj	We 09: Lfh/Nä	hm: mittel-	sw: Uferwall
We 90: y	We 53: Lf/hj	hj: jungholozäne	y: Aufschüttung
We 104: y	We 71: a	Terrasse	
We 107: a/Lfh	We 101: a/Nä	ham: alt- bis	
We 123: d	We 135: Sfh/N		
We 121: a	We 143: Sfh/N		

Tab. X: Legende der lithologischen Einheiten

	Sl: Schluff		Fk : Feinkies		Rhein:
	Sl,t: Schluff, tonig		Fk,t: Feinkies, tonig		Auf: Auffüllung
	Sl,s: Schluff, sandig		Fk,sl: Feinkies, schluffig		Bo: Boden
	Sl,k: Schluff, kiesig		Fk,s: Feinkies, sandig		Tf: Torf
	Fs: Feinsand		Fk,k: Feinkies, kiesig		Ko: Kohle
	Fs,t: Feinsand, tonig		Mk: Mittelkies		Qz: Quarz
	Fs,sl: Feinsand, schluffig		Mk,t: Mittelkies, tonig		Eo: Eisenoolith
	Fs,s: Feinsand, sandig		Mk,sl: Mittelkies, schluffig		Ka: Kalkstein
	Fs,k: Feinsand, kiesig		Mk,s: Mittelkies, sandig		Tu: Tuff
	Ms: Mittelsand		Mk,k: Mittelkies, kiesig		To: Ton
	Ms,t: Mittelsand, tonig		Gk: Grobkies		To,sl: Ton, schluffig
	Ms,sl: Mittelsand, schluffig		Gk,t: Grobkies, tonig		To,s: Ton, sandig
	Ms,s: Mittelsand, sandig		Gk,sl: Grobkies, schluffig		To,k: Ton, kiesig
	Ms,k: Mittelsand, kiesig		Gk,s: Grobkies, sandig		Le: Lehm
	Sst: Sandstein		Gk,k: Grobkies, kiesig		Me: Mergel
	Gs: Grobsand		Bl: Blöcke		Tst: Tonstein
	Gs,t: Grobsand, tonig		Ge: Gerölle		
	Gs,sl: Grobsand, schluffig				
	Gs,s: Grobsand, sandig				
	Gs,k: Grobsand, kiesig				

Tab. XI: Legende der lithostratigraphischen Einheiten

	Einheit 13	Pelit	Rheintal - Füllung	Oberfläche
	Einheit 12	Kiesig- sandiger - pelitischer Klastit		Schotter
	Einheit 11	Kiesig - sandiger Klastit		Schotter
	Einheit 10	Pelit, Torf		höherer Torf
	Einheit 9	Gradiertes Klastit		Schotter
	Einheit 8	Pelit - Feinsand (nur östlich Einheit 6)		Beckenfüllung
	Einheit 7	Fein- bis Grobklastit, gut sortiert		Glaziäre Einheit
	Einheit 6	Glaziotektonische Einheit		Glaziäre Einheit
	Einheit 5	Pelit, Torf		tieferer Torf
	Einheit 4	Kies, lokal weit verbreitet		Basiskies
	Einheit 3	Grob- bis Mittelsand, lokal nur linker unterer Niederrhein		Hangterrasse
	Einheit 2	Grobsand, lokal nur rechter unterer Niederrhein		Hangterrasse
	Einheit 1	feinklastisch, z.T. marine Fossilien		Liegendes