

Eiszeitalter u. Gegenwart	28	1—9 3 Abb.	Öhringen/Württ. 1978
---------------------------	----	---------------	----------------------

A. Aufsätze

Die flußgeschichtliche Entwicklung der Niederrheinischen Bucht im Jungtertiär und Altquartär

WOLFGANG BOENIGK *)

Petrography, sedimentology, climate, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Lower Rhine Basin
Germany

Kurzfassung: Die sedimentologische und petrographische Bearbeitung der Braunkohlen-Deckschichten zeigt für die Niederrheinische Bucht im Miozän und Pliozän ein küstennahes Ablagerungsmilieu. Relativ kleinräumige Faziesverschiebungen und Schwankungen des Klimas zwischen feuchten und trockeneren Phasen verursachen die wechselnden Sedimentationstypen. Größere Relativbewegungen von Meeresspiegel zu Niederrheinischer Bucht sind nur über einige Erosionsdiskordanzen zu fassen.

Im Pleistozän herrscht ausschließlich fluviatile Sedimentation, unterbrochen durch markante Erosionsphasen. Der Wechsel zwischen Erosion und Ablagerung und die Änderung in der petrographischen Zusammensetzung der Sedimente wird durch das Zusammenwirken von tektonischen Bewegungen und klimatischen Rhythmen des Altquartärs geprägt.

[The Fluvial Development of the Lower Rhine Basin During Young Tertiary and Early Quaternary]

Abstract: Sedimentary and petrographic examinations of the brown coal coverbeds in the lower Rhine basin document an environment near the sea during the Miocene and Pliocene. Small changes in facies and fluctuation between humid and semiarid climate caused the different types of sediments. The larger relative movements (sea level / lower Rhine basin) are documented only in erosional unconformities.

During the Pleistocene fluvial sedimentation took place. The combination of tectonic movement and climatic changes determined the alternation between erosion and sedimentation, and the change in the petrographic composition of the sediments.

Einleitung

Auf der Grundlage einer detaillierten stratigraphischen Gliederung der jungtertiären und altquartären Ablagerungen in der Niederrheinischen Bucht mit Hilfe von sedimentologischen und sedimentpetrographischen Methoden (BOENIGK 1978 a, b) wird ein Überblick über die räumliche und zeitliche Entwicklung der Sedimentation in diesem Senkungsgebiet gegeben.

Die fluviatile Entwicklung der Niederrheinischen Bucht vollzog sich im wesentlichen vom unteren Miozän bis heute. Ältere fluviatile Ablagerungen sind aus dem Unteroligozän in den Randgebieten der Niederrheinischen Bucht (KURTZ 1926, 1932, SINDOWSKI 1939) und durch wenige Bohrungen auch in zentralen Bereichen erfaßt. Diese Schichten sind noch wenig bekannt. Sie stehen am Anfang der Entwicklung der Niederrheinischen Bucht als Senkungsgebiet.

Durch die nachfolgende starke Absenkung in diesem Raum kam es vom Mitteloligozän zu großen Meeresvorstößen. Im Oberoligozän erreichte das Meer seine größte Ausdehnung. Es bedeckte die gesamte Bucht und reichte bis auf die Rumpffläche der Nordeifel im Süden und auf die Bergischen Randhöhen im Osten.

*) Anschrift des Autors: Dr. W. Boenigk, Geologisches Institut der Universität Köln, Abt. Eiszeitenforschung, Zülpicher Straße 49, 5000 Köln 1.

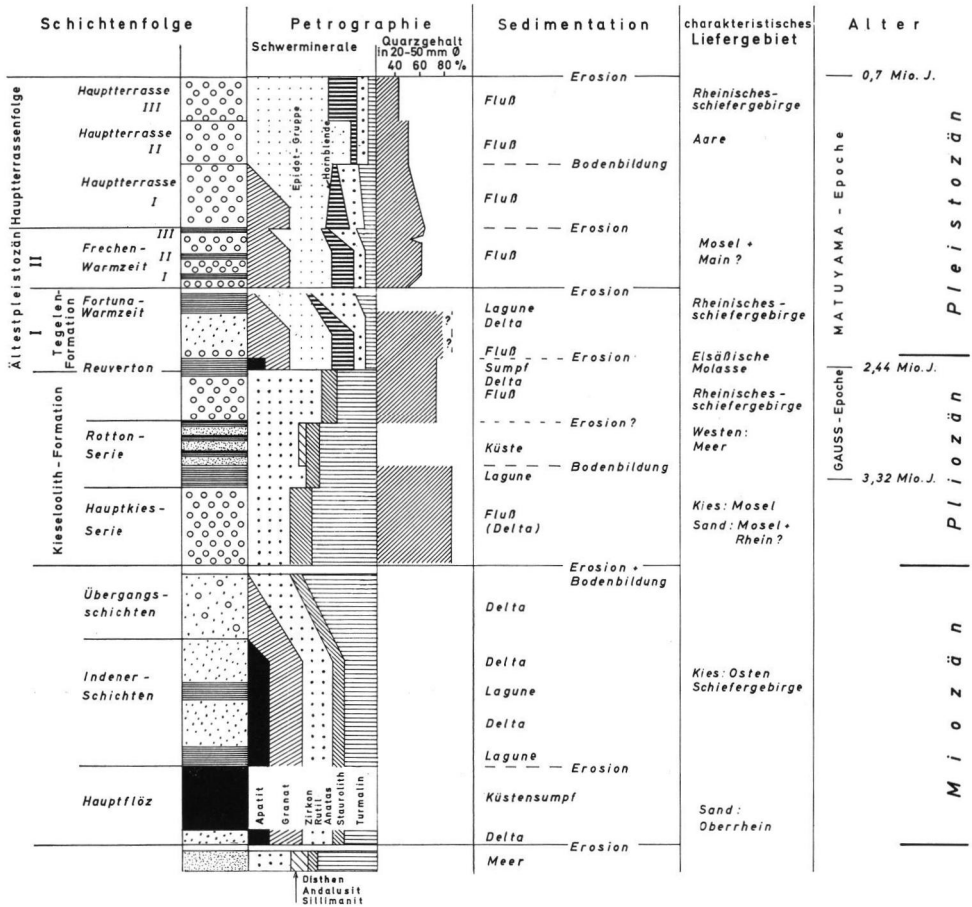


Abb. 1: Die Schichtenfolge des Jungtertiärs und Altquartärs in der Niederrheinischen Bucht mit Angabe der charakteristischen petrographischen und sedimentologischen Merkmale.

Danach zog sich das Meer, durch episodische kleinere Vorstöße unterbrochen, immer weiter nach Norden und Nordwesten zurück und die Niederrheinische Bucht gelangte zunehmend in den Bereich einer fluviatil-limnischen Fazies. Damit begann die Entwicklung der Niederrheinischen Bucht als Flußlandschaft, die sich bis heute fortsetzt. Diese fluviatil geprägte Entwicklung kann in zwei große Zeitabschnitte untergliedert werden (Abb. 1). Während der älteren Zeit war die südliche Niederrheinische Bucht vorwiegend Deltabereich und die Meeresküste lag etwa nördlich des Jackerather Horstes. Diese Faziesverteilung herrschte während des Miozäns und Pliozäns (BOENIGK 1978 b).

Im Pleistozän lag die Niederrheinische Bucht vollständig im Bereich einer Flußlandschaft. Die Küstenlinie hatte einen Verlauf der wesentlich weiter nördlich lag als vorher und in der Größenordnung etwa dem heutigen entspricht. Angaben zur Sedimentation in der Niederrheinischen Bucht während des Pleistozän machen BREDDIN (1955) und QUITZOW (1956).

Jungtertiär

War im Miozän und Pliozän generell die Fazies eines küstennahen Ablagerungsraumes, eines Delta, gegeben, so wurde die Art der Sedimentation im wesentlichen durch den mehrfachen Klimawechsel von feuchten zu semiariden Zeitabschnitten gesteuert. Modifizierend wirkte sich die Senkungsgeschwindigkeit der Bucht oder einzelner Schollen aus, die unter anderem mehrere Erosionsphasen verursachte (BOENIGK 1978 b), die als Lücken in der stratigraphischen Abfolge zu Klima und Flußgeschichte keine Aussagen erlauben.

Die überlieferten Sedimente lassen folgende Entwicklung erkennen. Die ersten fluviatilen Einflüsse sind im Liegenden des untermiozänen Hauptbraunkohlenflözes im Tagebau Frechen erfaßt. Nach der petrographischen Zusammensetzung der Sedimente (Abb. 1) handelt es sich um rein fluviatiles Material, dessen Kiesfraktion aus der Umrandung der Niederrheinischen Bucht bezogen werden kann. Die Sandfraktion deutet dagegen auf eine Zulieferung aus dem Oberrheingraben hin (BOENIGK 1976). Sedimentologische Befunde zeigen, daß es sich um eine Deltafazies handelt. Diese Ablagerungen werden konkordant durch das mächtige Hauptbraunkohlenflöz überdeckt, das in der gesamten südlichen und mittleren Bucht verbreitet ist und sich durch seine Verzahnung mit marinen Sanden im Norden als paralisch erweist (BREDDIN 1932). Die fluviatile Zulieferung von Sedimenten war zu dieser Zeit gering und auf die äußersten Randbereiche der Bucht beschränkt.

Während der darauffolgenden Zeit der Indener Schichten setzte im Osten der Bucht erneut die klastische Deltasedimentation ein, wie sie schon im Liegenden des Hauptflözes vorhanden war (Abb. 1. 2). Zum Hangenden kann jetzt auch, zusätzlich zur Sandfraktion, in der Kiesfraktion zunehmend eine Fernkomponente beobachtet werden. Diese Sedimente werden als Übergangsschichten zur Hauptkies-Serie von den eigentlichen Indener Schichten abgetrennt (BOENIGK 1978 b). Die klastische Sedimentation der Indener Schichten und der Übergangsschichten wird mehrfach unterbrochen durch langanhaltende und weit verbreitete lagunäre Phasen einerseits und subaärische Bodenbildungen andererseits, die auf eine weitgehende Unterbrechung der Materialzufuhr deuten.

Im Westen der Niederrheinischen Bucht setzt sich dagegen während dieser Zeit in den Oberflözen die Torfbildung fort und in den klastischen Zwischenmitteln lassen sich neben terrestrischen Einflüssen Ablagerungen der marinen Küstenfazies erkennen. Das Meer drang über die Rur-Scholle bis in die südwestliche Niederrheinische Bucht vor.

Das Klima zur Zeit der Torfbildung wird für das Hauptflöz als tropisch bis subtropisch (WEYLAND 1934) und für die Oberflöze als subtropisch (VON DER BRELIE 1968) angesprochen. Die überlagernden grobklastischen Sedimente dagegen deuten durch die periodische flächenhafte Schuttanlieferung auf ein trockenes, semiarides Klima hin.

Eine darauffolgende Sedimentationsunterbrechung in der Niederrheinischen Bucht macht sich durch einen Verwitterungshorizont bemerkbar. In den Sedimenten der Bucht kann eine Ausmerzung der relativ instabilen Schwerminerale festgestellt werden. Auch die mächtigen hangenden Sedimente, die Ablagerungen der Hauptkies-Serie, führen nur das verarmte Spektrum. Man kann daher mit einer weitverbreiteten und intensiven Verwitterungsphase rechnen, die das verarmte Schwermineralspektrum erzeugte. Es ist dies der markanteste Verwitterungshorizont in der gesamten Schichtenfolge der Niederrheinischen Bucht und er wird daher der etwa zeitgleichen lateritischen Bodenbildung bei Schwerfen (BOENIGK & BRINKMANN 1976) und am Vogelsberg zugeordnet. Damit wird ein warmes wechselfeuchtes Klima für diese Stillstandsphase in der Sedimentation am Ende des Miozäns unterstellt.

Die hangenden Sedimente sind vorwiegend grobklastisch in der Fazies des fluviatilen geprägten Deltas ausgebildet. Sie sind in der gesamten Niederrheinischen Bucht verbreitet

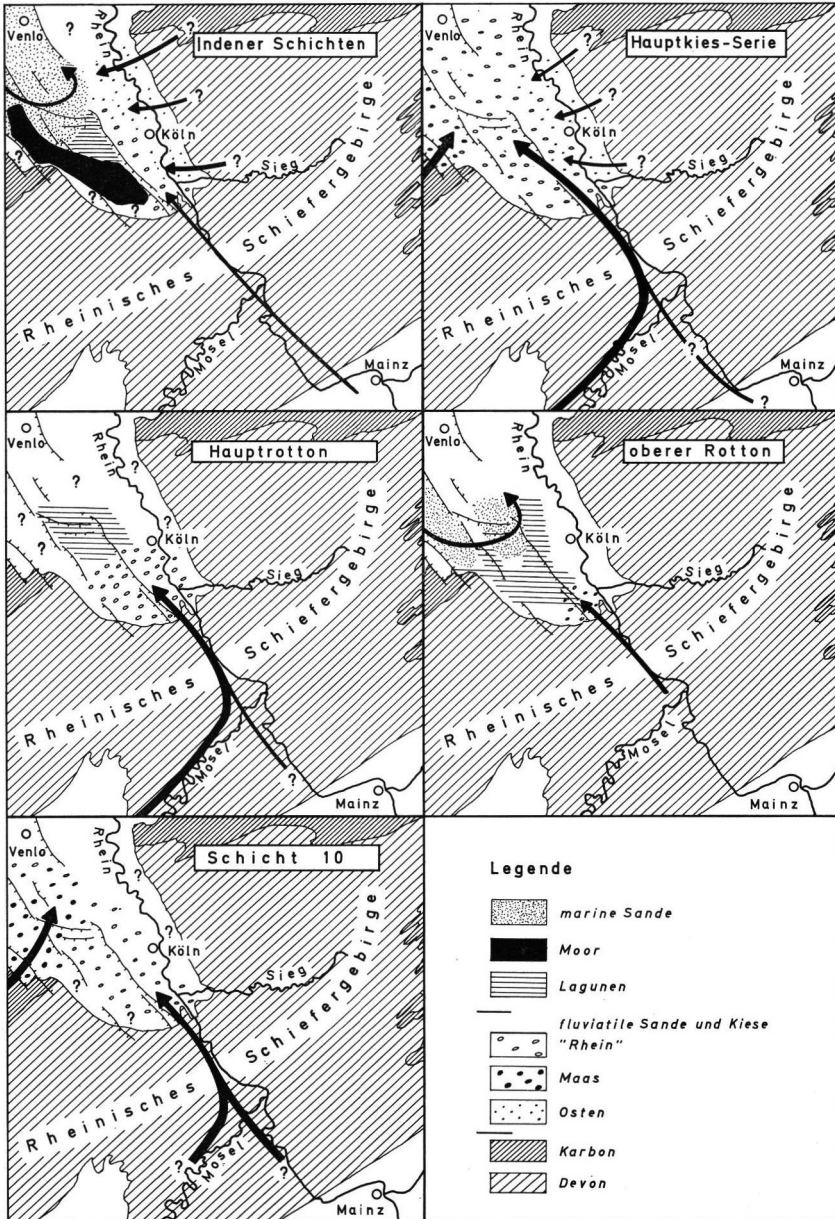


Abb. 2: Die Sedimentzulieferung in die Niederrheinische Bucht im jüngeren Miozän und Pliozän.

und werden als Hauptkies-Serie bezeichnet, die ins Unterpliozän eingestuft wird (VON DER BRELIE 1959). Der Lieferant für diese Kiese und Sande war ein Vorläufer des Rheins, der sein grobes Material im wesentlichen aus dem Moselgebiet bezogen hat (Abb. 2). Es sind die typischen Sedimente der Kieseloolith-Formation. — Im Westen der Niederrheinischen Bucht ist die Maas an der Sedimentlieferung beteiligt.

In dieser Zeit sind Vorstöße der fluviatilen Fazies bis weit in das Niederrheinische Tiefland möglich, doch lag die Küste für große Zeitabschnitte nicht wesentlich weiter nördlich als während der Ablagerung der Indener Schichten, wie die durch Gezeiten beeinflussten Sedimente im Tagebau Fortuna belegen.

Das Klima muß für die Zeit der Hauptkies-Serie als semiarid angesprochen werden, da große Mengen von grobklastischem Material in die Bucht transportiert wurden, und zwar zum Teil in der Art eines flächenhaften Schutttransportes. Erst in der Bucht wurde das Sediment teilweise unter Wasserbedeckung aufgearbeitet und umgelagert. Die Kiese sind im Süden der Bucht außerordentlich grob und führen bis in den Tagebau Frechen noch zahlreiche Blöcke. Weiter nördlich nimmt die Körnung sehr rasch ab und die Kiese gehen in eine Sandfazies mit geringmächtigen Kieseinschaltungen zurück.

In der nachfolgenden Zeit der Rotton-Serie herrschte in den zentralen Bereichen der Niederrheinischen Bucht zunächst eine langanhaltende lagunäre Fazies, die zur Ablagerung des Hauptrotton führte (Abb. 2). Dieser Tonhorizont ist durch eine mächtige subäolische Bodenbildung überprägt, die eine Unterbrechung der Sedimentation selbst in den tiefsten Beckenteilen dokumentiert. In den Randbereichen der Bucht hat sich während der Bildungszeit des Hauptrotton die Grobschotterakkumulation fortgesetzt (BOENIGK 1978 b), so daß ein Anhalten des semiariden Klimas mit einem verwilderten Flußsystem von der Zeit der Hauptkies-Serie unterstellt werden kann. Für die jüngere Rotton-Serie läßt sich ein Meeresvorstoß bis in die mittlere Niederrheinische Bucht feststellen. Küstensedimente sind im Tagebau Fortuna aufgeschlossen (Abb. 2).

In der südlichen Niederrheinischen Bucht herrschte währenddessen eine vorwiegend feinklastische Sedimentation mit Torfhorizonten. Die Flora dieser Zeit, dem *Brussumium*, deutet auf ein warmgemäßigtes Klima (ZAGWIJN 1960 a). Es herrschte ein relativ festes mäandrierendes Flußsystem, was den geringen Anteil an fluviatilen Ablagerungen in den erschlossenen Sedimenten erklärt.

Die Rotton-Serie wird durch einen Horizont mit Grobkies überlagert. Die Schüttung erfolgte im Süden der Bucht durch einen Vorläufer des Rheins in der Fazies der Kieseloolith-Formation und im Westen der Bucht durch die Maas (Abb. 2, Schicht 10). Die Kiese sind sehr grob mit großen Blöcken und sie sind schon deutlich reicher an weichen Komponenten als die Kiese der Hauptkies-Serie (Abb. 1).

Die vom Rhein angelieferten Kiese stellen nach ihrer petrographischen Zusammensetzung einen Übergangstyp zwischen den typischen Schottern der Kieseloolith-Formation, wie sie die Hauptkies-Serie aufbauen und den Schottern der pleistozänen Rheinfazies dar. Als Liefergebiet für die Sedimente dominieren sowohl in der Sand- wie in der Kiesfraktion devonische und aufgearbeitete tertiäre Gesteine aus dem Bereich des Rheinischen Schiefergebirges. Die Übergangsstellung dieses Schotterkörpers wird besonders deutlich im Bereich der Maas-Schüttung. Eine Unterteilung der Kiese in pliozäne einerseits und pleistozäne andererseits aufgrund der petrographischen Zusammensetzung oder der Körnung ist zur Zeit nicht möglich. Die Schotter deuten auf stark schwankende Wasserführung der Flüsse mit extremen Hochwässern und einem reichlichen Angebot an Schutt. Floristische Befunde (ZAGWIJN 1960) lassen ein kühles Klima erkennen, so daß man kühle semiaride Verhältnisse mit einem verwilderten Flußregime für diesen Zeitabschnitt im Hangenden des *Brunssumium* annehmen kann. Diese grobklastische Sedimentation wird erneut durch eine in der Niederrheinischen Bucht verbreitete Ton- und Sand-Ablagerung mit zahlreichen Torfhorizonten abgelöst. Diese *Reuverserie* dokumentiert eine Sumpflandschaft mit starker Vegetation. Die fluviatilen Ablagerungen treten stark zurück. Das Klima wird aufgrund der Flora (ZAGWIJN 1960) als feucht-gemäßigt angegeben, doch zeigen sedimentologische und paläontologische Untersuchungen, daß mit starken Schwankungen sowohl

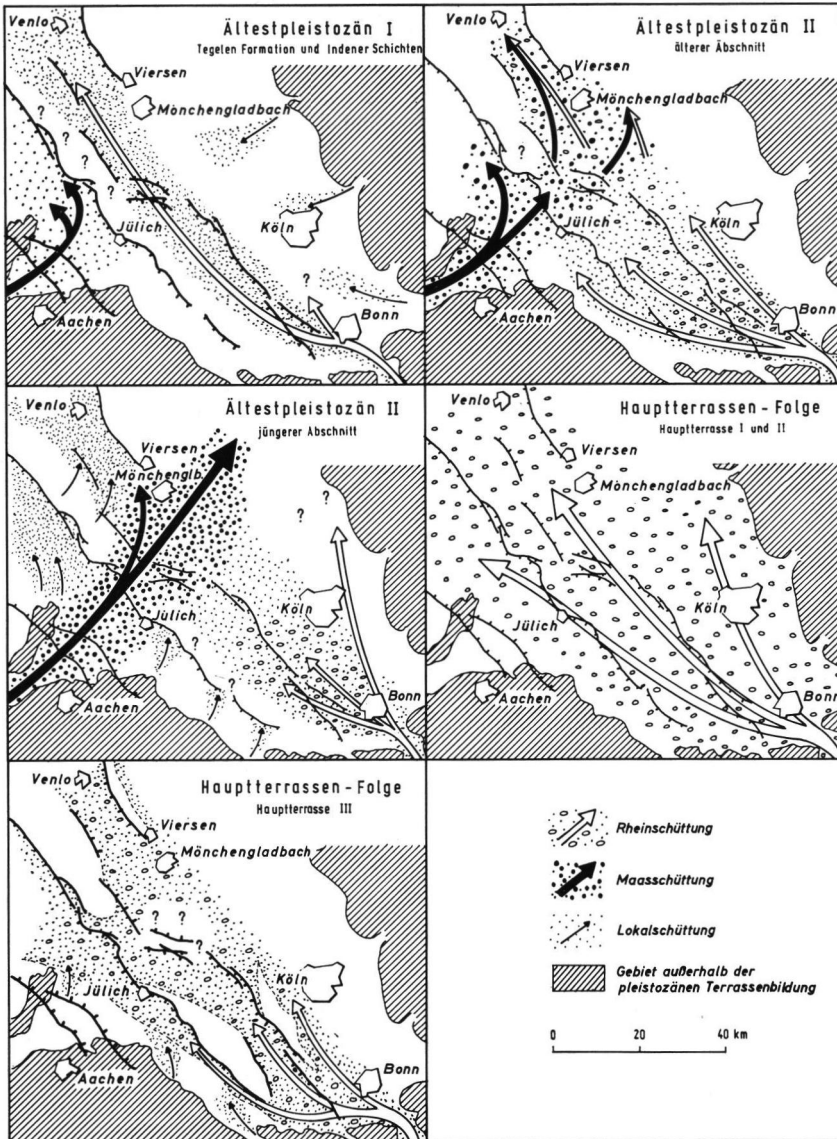


Abb. 3: Die Schüttungsrichtungen in der Niederrheinischen Bucht im Altquartär aufgrund der Schwermineralführung der Sedimente, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Schotteranalysen von MUSA (1973) und SCHNÜTGEN (1974).

der Temperatur wie auch der Feuchtigkeit im Reuverium gerechnet werden muß (BOENIGK 1978 b).

Im Reuverton vollzieht sich der markanteste Wechsel in der petrographischen Zusammensetzung der pliozänen Sedimente in der Niederrheinischen Bucht. Er wird auf eine Ausweitung des Rhein-Einzugsgebietes bis in den Bereich der Elsässischen Molasse (BOENIGK 1976) zurückgeführt. Die Kieseloolith-Formation wird durch die Tegelen-Formation ab-

gelöst. Paläomagnetische Untersuchungen (BOENIGK et al. 1974) zeigen, daß dieser Wechsel an der Wende von der normal magnetisierten GAUSS-Epoche zur revers magnetisierten MATUYAMA-Epoche, vor 2,44 Mio. Jahren, erfolgte. Damit ist auch ein guter Anhalt für das Alter der Tertiär/Quartär-Grenze gegeben: Sie kann nur etwas jünger sein, da im Reuverton der Übergang zum Pleistozän erfaßt ist (ZAGWIJN 1960, VON DER BRELIE in BOENIGK et al. 1974).

Altquartär

Die hangenden Sedimente des Reuverton gehören damit ins Pleistozän. Sedimentologisch setzt sich aber zunächst, im Ältestpleistozän I, die Faziesverteilung aus dem Pliozän fort (Abb. 1). Über einem noch wenig bekannten grobklastischen Horizont, der im Bereich der Erft-Scholle und des Venlo-Grabens in der Fazies der vom Rhein geprägten Tegelen-Formation ausgebildet ist und im Bereich der Rur-Scholle (Abb. 3) als von der Maas angelieferte Jülicher-Schichten (BREDDIN 1955) beschrieben ist, lagern mächtige Tonhorizonte mit einer pleistozänen warmzeitlichen Flora. Im Venlo-Graben ist dies der bekannte Tegelenton, das Tysediment des Tiglium, und im Bereich der Erft-Scholle die Schicht 13 (SCHNEIDER & THIELE 1965). Da eine gesicherte Korrelation zur Zeit noch nicht möglich ist, soll die Schicht 13 mit dem Lokalnamen „Fortuna-Warmzeit“ belegt werden, nach dem Tagebau der Rheinischen Braunkohlenwerke AG, wo dieser Horizont in der Westwand (H 5648894, R 2542717, 34 m ü. NN) gut aufgeschlossen ist (BOENIGK 1978 b). Die Niederrheinische Bucht war zu dieser Zeit ein küstennahes Sumpfgebiet mit mäandrierenden Flüssen. Gegen Ende dieser Warmzeit erlahmte die Zufuhr von Fernmaterial und es dominierte eine Schiefergebirgsschüttung (BOENIGK 1978 b, c).

Gekappt wird das Ältestpleistozän I durch eine starke Diskordanz. Neben der tektonischen Phase, die zur Umstellung des Flußsystems in der Niederrheinischen Bucht führte, muß für diese Zeit auch mit einer einschneidenden kalten Phase gerechnet werden, wie die stark reduzierte Fauna in den hangenden Sedimenten belegt. Mit dem Ältestpleistozän II setzt in der Niederrheinischen Bucht die Zeit der ausschließlich fluviatil-limnischen Fazies ein, die bis heute anhält.

Der charakteristischen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten im Pleistozän hat zur Folge, daß in den Sedimenten fast ausschließlich die Ablagerungen der Kaltphasen mit ihren Schotterkörpern verwilderter Flußläufe überliefert sind. Die Warmphasen mit ihren mäandrierenden Flüssen sind nur durch lokale Stillwassersedimente und vereinzelte Bodenhorizonte überliefert. Die primär schon gering vertretenen Ablagerungen der Warmzeiten sind durch die Erosion zu Beginn der jeweils nachfolgenden Kaltzeit noch weiter vermindert und damit stark unterrepräsentiert.

Im Ältestpleistozän II lagerte der Rhein im Süden der Niederrheinischen Bucht grobe Schotter ab (Abb. 3), die wenigstens zum Teil auf ein verwildertes Flußsystem hindeuten. Das Material wurde im wesentlichen über die heutigen Nebenflüsse des Rheins, die Mosel und den Main, herangeschafft. Die mittlere Niederrheinische Bucht ist durch grobe Schotter der Maas geprägt, die von Südwesten nach Nordosten die Bucht durchquerte und den Rhein weit nach Osten abgedrängt hatte. In den nördlichen Bereichen der Bucht erfolgte eine lokale Umlagerung von älteren Sedimenten (Abb. 3, Ältestpleistozän II, jüngerer Abschnitt). Diese Ablagerungen sind in den Niederlanden als Kedichem-Formation bekannt.

Im Tagebau Frechen der Rheinischen Braunkohlenwerke AG sind in die Schichten des Ältestpleistozän II warmzeitliche Tonhorizonte eingeschaltet, die als Frechen-Warmzeiten I bis III¹⁾ bezeichnet werden, bis eine sichere Zuordnung zu der niederländischen Gliederung möglich ist.

1) Der Name wurde durch Absprache am Lehrstuhl für Eiszeitenforschung, Köln, festgelegt.

Mit dem Wechsel vom Altstapleozän II zur Hauptterrassenfolge wurde das Entwässerungssystem in der Niederrheinischen Bucht erneut durch eine tektonische Phase umgestaltet. Die Maas wurde endgültig aus der Niederrheinischen Bucht abgedrängt und die gesamte Bucht mit mächtigen groben Schottern des Rheins aufgefüllt. Das verwilderte kaltzeitliche Flußsystem beherrschte von den Bergischen Randhöhen im Osten bis an die Eifel im Südwesten die Bucht (Abb. 3, Hauptterrasse I und II). Wärmere Abschnitte mit mäandrierenden Fußläufen lassen sich nur über einige zwischengeschaltete Bodenhorizonte fassen.

Gegen Ende der Hauptterrassenfolge (Hauptterrasse III), das zeitlich etwa bei der Umkehr des Erdmagnetfeldes von der revers magnetisierten MATUYAMA-Epoche zur normal magnetisierten BRUNHES-Epoche, bei 700 000 Jahren, liegt, macht sich erneut eine bedeutende tektonische Phase bemerkbar. Die Ablagerungen der Hauptterrasse III sind nicht mehr über die gesamte Bucht verbreitet, sondern auf die Senkungsgebiete beschränkt (Abb. 3 vgl. auch SCHNÜTGEN 1974). Relative Hebungsbereiche wie der Brüggen-Erkelenzer-Horst, der Lommersumer-Horst, Teile der Ville und des Rur-Randes würden nicht mehr überschottet. Die Sedimente lassen eine Dominanz der Schiefergebirgsschüttung erkennen. Die Fernkomponenten aus südlichen Bereichen werden ganz zurückgedrängt. Neben tektonischen Ursachen kann die Änderung der Materialzusammensetzung aber auch klimatisch beeinflußt sein. In der Hauptterrasse III finden sich zum ersten Mal verbreitet Zeichen einer echten Glazialzeit mit einem Dauerfrostboden in der Niederrheinischen Bucht und im Rheinischen Schiefergebirge, Bedingungen, die eine verstärkte Schuttfuhr aus den Mittelgebirgen wahrscheinlich machen.

Mit der Hauptterrasse IV verläßt der Rhein aufgrund der Fortsetzung der tektonischen Bewegungen die westliche Niederrheinische Bucht und fließt seit Beginn der Mittelterrassen-Zeit bis heute ausschließlich östlich der Ville, deren Ostabhang erst durch die Erosionstätigkeit des Rheins während dieser Zeit geschaffen wurde. Die westliche Niederrheinische Bucht wird seitdem durch kleine Bäche wie Erft, Rur und Nette entwässert.

Schriftenverzeichnis

- BOENIGK, W. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Entwicklung des Rheinsystems. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **27**: 202; Öhringen/Württ.
- (1978 a): Die Gliederung der altquartären Ablagerungen in der linksrheinischen Niederrheinischen Bucht. — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **28**; Krefeld [im Druck].
- (1978 b): Die Gliederung der tertiären Braunkohle-Deckschichten in der Ville (Niederrheinische Bucht). — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **29**; Krefeld [im Druck].
- (1978 c): Schwermineralassoziationen im Grenzbereich Tertiär/Quartär der Erft-Scholle (Niederrheinische Bucht). — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **28**; Krefeld [im Druck].
- BOENIGK, W., BRELIE, G. VON DER, BRUNNACKER, K., KOČI, A., SCHLICKUM, W. R., STRAUCH, Fr. (1974): Zur Pliozän-Pleistozän-Grenze im Bereich der Ville (Niederrheinische Bucht). — Newsl. Stratigr., **3**: 219—241; Leiden.
- BOENIGK, W. & BRINKMANN, K. (1976): Petrographische Untersuchungen gibbsitführender Tertiär-Sedimente bei Schwerfen (Niederrheinische Bucht). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1976**: 253—265; Stuttgart.
- BREDDIN, H. (1932): Die Feuersteingerölle im Niederrheinischen Tertiär, ein Beweis für die paralytische Natur der Braunkohlenflöze. — Cbl. Mineral., **1932** (B): 395—404; Stuttgart.
- (1955): Die Gliederung der altdiluvialen Hauptterrasse von Rhein und Maas in der Niederrheinischen Bucht. — Der Niederrhein, **22**: 76—79; Krefeld.
- BRELIE, G. VON DER (1959): Zur pollenstratigraphischen Gliederung des Pliozäns in der Niederrheinischen Bucht. — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **4**: 27—54; Krefeld.
- (1968): Zur mikrofloristischen Schichtengliederung im rheinischen Braunkohlenrevier. — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **16**: 85—102; Krefeld.

- KURTZ, E. (1926): Die Leitgesteine der vorpliozänen und pliozänen Flußablagerungen an der Mosel und am Südrande der Kölner Bucht. — Verh. Naturhist. Ver., **83**: 97—159; Bonn.
- (1932): Die Spuren einer oberoligozänen Mosel von Trier bis zur Kölner Bucht. — Z. dt. geol. Ges., **83**: 39—58; Berlin.
- MUSA, I. (1973): Rhein- und Eifelschüttungen im Süden der Niederrheinischen Bucht. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **23**: 151 S.; Köln.
- QUITZOW, H. W. (1956): Die Terrassengliederung im niederrheinischen Tieflande. — Geologie en Mijnbouw, **18**: 357—373; s' Gravenhage.
- SCHNEIDER, H. & THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. — 185 S., Minist. Ern. Landwirtschaft. Forsten Nordrhein-Westf.; Düsseldorf.
- SCHNÜTGEN, A. (1974): Die Hauptterrassenfolge am linken Niederrhein aufgrund der Schotterpetrographie. — Forsch.-Ber. Nordrhein-Westf., **2399**: 150 S.; Opladen.
- SINDOWSKI, K.-H. (1939): Studien zur Stratigraphie und Paläogeographie des Tertiärs der südlichen Niederrheinischen Bucht. — N. Jb. Mineral, (BB) **82**, Abt. B: 415—484; Stuttgart.
- WEYLAND, H. (1934): Beiträge zur Kenntnis der rheinischen Tertiärflora. I. Floren aus den Kieseloolith- und Braunkohlenschichten der niederrheinischen Bucht. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **161**: 122 S.; Berlin.
- ZAGWIJN, W. H. (1960): Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene Vegetation in the Netherlands. — Med. Geol. Sticht., C-III-I: 78 S.; Maastricht.

Manuskript eingeg. 22. 12. 1977.