

ABSTRACT

The Plio-Pleistocene succession in the Lower Rhine Embayment has been studied in the type area near Venlo (situated on Venlo block), at Tagebau Hambach (on Erft block) and at Tagebau Inden (on Rur block) by means of sedimentology, petrography (analysis of gravel-content and heavy mineral analysis) and with palaeo- and rockmagnetic, geochemical (ICP-MS) and palynological methods. The following results were achieved:

An influx of unstable heavy mineral spectra in deposits of the Kieseloölite Formation indicates that the Rhine had access to the Alpine Molasse sediments probably earlier in Pliocene times than previously thought.

Sediments of the Kieseloölite Formation which are exposed at Tagebau Inden in the southwestern part of the Lower Rhine Embayment, were deposited by the east Meuse river.

The "upper Reuver clay", containing unstable heavy mineral spectra, is assigned to the newly defined "Oebel beds", as proposed by Boenigk & Frechen (in press). These are represented by stratum 11 (Schneider & Thiele 1965), at Tagebau Hambach and at Tagebau Inden.

The study of the Lower Pleistocene succession in the Venlo area has confirmed the new Dutch lithostratigraphical system (Weerts et al. 2003). Deposits of the Waalre Formation (formerly called Tegelen Formation) and the Stramproy Formation (formerly called Kedichem Formation), occur intercalated in the Venlo area. Consequently, these deposits are synchronous. The lithostratigraphical system (Doppert & Zonneveld 1955), on which the chronostratigraphical subdivision of the Early Pleistocene is based (Zagwijn 1985), has been abandoned.

The existence of the Belfeld fault (= Sevenum fault) in the Venlo area, could be confirmed. This fault has great importance concerning the correlation of the German and Dutch parts of the Venlo area.

The study of Tagebau Hambach revealed that stratum 13 represents the deposits of a local river coming from the Eifel in the south. Minor intercalations of material that was deposited by the Rhine occur.

A consistent palaeomagnetic data set from a 22m thick Plio-Pleistocene succession, has been produced at Tagebau Hambach. The Gauss-Matuyama boundary is situated about 10m above the top of the Reuver clay (more exactly: Oebel beds). Hence, the main portion of stratum 13 is assigned to the Pliocene at Tagebau Hambach.

This location of the Gauss-Matuyama boundary implicates several re-interpretations, especially of pollen-analytical and chronostratigraphical studies of the succession. These re-interpretations are additionally supported by the results of mammal biostratigraphic and pollen-analytical studies.

Especially, pollen assemblages, which have been interpreted to indicate a cold-climate, apparently appeared repeatedly during the Pliocene.

Deposits of the East Meuse (Holzweiler Formation) have been studied at Tagebau Inden. They have also been found at Tagebau Hambach. The Meuse abandoned its eastern course as late as late Early Pleistocene times. This interpretation is evidenced by palaeogeographic, lithostratigraphic as well as pollen analytic considerations.

Based on the results of this study and other considerations and data, the hitherto valid chronostratigraphical subdivision of the Pliocene and Early Pleistocene, based on pollen analysis, is rejected. This concept means that the age relations of the successions can only be stated within a very broad time-frame. This is especially true for deposits belonging to the Early Pleistocene. Consequently, the sediments indicating cold climate are grouped into one cold, respectively glacial, complex of Early Pleistocene age.

The obtained data has been integrated into a comprehensive concept concerning the lithostratigraphy and fluvial history of the Lower Rhine Embayment. In its northwestern part, the Dutch lithostratigraphical system has been adopted. The middle part of the region is dominated by the Holzweiler Formation. Lower and Middle Pleistocene deposits of the Rhine, which can hardly be distinguished in the southern Lower Rhine Embayment, have been assigned to the new "Niederrhein-Hauptterrassen-Formation". In the southern Lower Rhine Embayment, the name "Frechen beds" has been introduced for the presumably Lower Pleistocene part of this formation. The local deposits at Tagebau Hambach have been denominated "Hambach beds".

Trace element contents of fine-grained sediments can be used for the discrimination of provenance without regard to differing lithologies such as clay, silt or peat. Compared to heavy mineral analysis, this method allows more refined interpretations, e.g. in the case of mixed sediments with differing provenance. Sediments containing predominantly stable heavy mineral spectra are characterised by high contents of TiO₂ and Zr. Deposits of the Pleistocene Rhine, containing unstable heavy mineral spectra, show elevated contents of Li, Sr, Rb and Cs.

The signature of the local river from the Eifel with high Pb contents has also been traced within sediments belonging to the Kieseloölite Formation at Tagebau Inden. This reveals an eastward shift of the course of this river during the Late Pliocene due to the tectonic tilting of the Erft block.

Shifts of river courses have also been driven by tectonic activity in the Venlo area and in the southern Lower Rhine Embayment between Tagebau Hambach and the Ville region.

ZUSAMMENFASSUNG

Die plio-pleistozäne Abfolge wurde im Bereich der Niederrheinischen Bucht in der Typregion bei Venlo (Venlo-Graben), im

Tagebau Hambach (Erft-Scholle) sowie im Tagebau Inden (Rur-Scholle) mit sedimentologischen, sediment-petrographischen (Kiesanalyse und Schwermineralanalyse), paläo- und gesteinsmagnetischen, geochemischen (ICP-MS) und palynologischen Untersuchungsmethoden studiert. Die Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

Die Sedimente der Kieseloolith-Formation zeigen bisweilen einen klaren Einfluss instabiler Schwermineral-Spektren. Dieses Material kann nur vom südlichen Oberrheingraben her bezogen werden. Der Rhein muss also bereits im frühen Pliozän Zugang zum Alpen System gehabt haben. Sedimente der Kieseloolith-Formation im Bereich des Tagebaus Inden wurden von der Ost-Maas abgelagert.

Für den „jüngeren“ Reuver-Ton, der instabile Schwermineral-Spektren zeigt und damit nicht zur Kieseloolith-Formation gehört, wird der von Boenigk & Frechen (im Druck) vorgeschlagene Name „Öbel-Schichten“ verwandt. Nach den Schwermineralspektren gehören auch die Reuver-Tone (Schicht 11 nach Schneider & Thiele 1965) der Tagebaue Hambach und Inden zu den Öbel-Schichten.

Das Unterpleistozän in der Typregion bei Venlo ist aus sich miteinander verzahnenden Ablagerungen zweier Fluss-Systeme aufgebaut. Dieser Befund bestätigt das neue lithostratigraphische System der Niederlande (Weerts et al. 2003). Die Sedimente der Waalre-Formation (früher: Tegelen-Formation) sowie der Stramproy-Formation (früher: Kedichem-Formation) stellen weitgehend gleichzeitige Bildungen dar. Das lithostratigraphische System von Doppert & Zonneveld (1955), auf dem die Chronostratigraphie für das Frühpleistozän bisher beruht hat, ist damit obsolet.

Die Existenz der Belfeld- oder Sevenum-Störung, die für die Korrelation zwischen dem deutschen und dem niederländischen Bereich in der Typregion von Bedeutung ist, konnte zweifelsfrei nachgewiesen werden.

Im Tagebau Hambach konnte auf schwermineralanalytischem Wege nachgewiesen werden, dass der Hauptteil von Schicht 13 eine Lokalschüttung aus der südlich gelegenen Eifel darstellt. Dieses Material weist untergeordnet Einschaltungen von rheinischen Sedimenten auf.

Ein ca. 22m langes Profil durch die plio-pleistozäne Abfolge wurde weitgehend lückenlos paläomagnetisch untersucht. Die Gauss-Matuyama-Grenze wurde ca. 10m oberhalb der Schicht 11 (Öbel-Schichten) lokalisiert. Damit fällt der Großteil der Sedimente, die zur Schicht 13 gehören, in das Pliozän. Neben einer Reihe anderer Befunde erfordert diese Lage der Gauss-Matuyama-Grenze Neuinterpretationen chronostratigraphischer Ergebnisse von pollen-analytischen Untersuchungen in der Niederrheinischen Bucht. So scheint es, dass verarmte Pflanzen-Vergesellschaftungen, die bisher als „Prä-Tegelen“ interpretiert wurden, mehrfach im Pliozän vorgekommen sind.

Pleistozäne Sedimente der Ost-Maas (Holzweiler-Formation) repräsentieren fast die gesamte Unter-Pleistozän-Abfolge im mittleren Bereich der Niederrheinischen Bucht. Sie wurden im Tagebau Inden bearbeitet und auch im Tagebau Hambach nachgewiesen. Die Maas verließ ihren östlichen Flusslauf nach paläogeographischen, lithostratigraphischen und pollen-analytischen Daten und Erwägungen erst im späten Früh-Pleistozän. Eine frühere, bisher aufgrund pollen-analytischer Daten angenommene Verlagerung muss ausgeschlossen werden.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit wird die auf pollen-analytischen Untersuchungen basierende chronostratigraphische Untergliederung des Pliozäns und Früh-Pleistozäns abgelehnt. Aussagen über die Altersbeziehungen verschiedener Abfolgen sind nur in einem sehr groben zeitlichen Rahmen möglich. Dies gilt insbesondere für das Früh-Pleistozän. Dessen unter kalt-klimatischen Bedingungen abgelagerte Sedimente werden zu einem kalt- oder eiszeitlichen Komplex zusammengefasst.

Die Befunde wurden zu einem umfassenden lithostratigraphischen und flussgeschichtlichen Konzept für die Niederrheinische Bucht zusammengefasst.

Im nordwestlichen Teil der Niederrheinischen Bucht wird die lithostratigraphische Gliederung aus den Niederlanden übernommen. Im mittleren Bereich dominieren die Ablagerungen der Holzweiler Formation. Die Ablagerungen der jüngeren Hauptterrasse (HT 1-4) werden mit den unter-pleistozänen rheinischen Ablagerungen aus der südlichen Niederrheinischen Bucht zur „Niederrhein-Hauptterrassen-Formation“ zusammengefasst. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass im Süden der Bucht kaum Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen unter- und mittelpleistozänen Ablagerungen bestehen. Diejenigen Sedimente, die wahrscheinlich zum Unterpleistozän gehören, werden unter dem Namen „Frechen-Schichten“ von den Ablagerungen der jüngeren Hauptterrasse getrennt. Dem Material der Lokalschüttung, wie es im Tagebau Hambach vorkommt, wird der Name „Hambach-Schichten“ gegeben.

Die Spurenelement-Analyse feinkörniger Sedimente hat gezeigt, dass verschiedene Liefergebiete unterschieden werden können. Die Ergebnisse sind dabei unabhängig von der Lithologie (Ton, Schluff, Torf). Diese neue Methode arbeitet in Analogie zur Schwermineralanalyse, kann jedoch in manchen Fällen, beispielsweise bei vermischten Sedimenten verschiedener Herkunft, verfeinerte Ergebnisse erbringen. Sedimente mit vorwiegend stabilem Schwermineralinhalt sind durch hohe Gehalte an TiO₂ und Zr charakterisierbar. Dagegen enthalten Ablagerungen des pleistozänen Rheins, mit ihrem hohen Gehalt an instabilen Schwermineralen, viel Li, Sr, Rb und Cs.

Eine Signatur der Lokalschüttung im Tagebau Hambach mit hohen Pb-Gehalten wurde auch in Sedimenten der Kieseloolith-Formation im Tagebau Inden nachgewiesen. Der Verlauf dieses Flusses schwenkte im späten Pliozän von West nach Ost über die Erft-Scholle, wahrscheinlich infolge deren Ost-Kippung.

Anzeichen für die tektonisch bedingte Verlagerung von Flussläufen konnten auch in der nördlichen Niederrheinischen Bucht bei Venlo und im Süden der Region, zwischen Tagebau Hambach und der Ville nachgewiesen werden.