

LITT, T., ELLWANGER, D., VILLINGER, E. & WANSA, S. (2005):

## **Das Quartär in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002**

Newsl. Stratigr., **41** (1-3): 385-399; Berlin, Stuttgart.

### **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wird die Gliederung des Quartär, wie sie in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002 (DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION 2002) vorgenommen wurde, erläutert. Besondere Berücksichtigung finden hierbei die durch Vergletscherungen beeinflussten Regionen von Norddeutschland und angrenzenden Gebieten sowie des süddeutschen Alpenvorlandes. Die Gliederung quartärer kontinentaler Schichtenfolgen auf der Basis der Klimatostratigraphie hat lange Tradition. Die Klassifikation in Glaziale und Interglaziale ist in Deutschland etabliert und wird in entsprechenden regionalen Standards verwendet.

### **Abstract**

This paper explains the subdivision of the Quaternary which has been presented in the Stratigraphic Table of Germany 2002 (GERMAN STRATIGRAPHIC COMMISSION 2002). Special emphasis is taken to the glacial influenced regions of northern Germany and adjacent areas as well as the northern Alpine foreland. For the terrestrial regional stratigraphy, the subdivision of Quaternary successions on the basis of climate has a long tradition. The use of several continental climatostratigraphic classifications in glacials and interglacials is reasonably well-established in different areas of Germany which have been used as regional standards.

### **1. Einleitung**

Die Grundprinzipien für die Gliederung des Quartär sind die selben, die auch für andere chronostratigraphische Einheiten des Phanerozoikum gelten (SALVADOR 1994). Die Methoden der Korrelation innerhalb des Quartär haben hinsichtlich ihrer Reichweite unterschiedliche Relevanz (z. B. besondere Rolle der Klimatostratigraphie), doch kommt der Biostratigraphie bei der Definition von Grenzstratotypen eine herausragende Bedeutung zu.

Durch Beschluss der International Commission on Stratigraphy (ICS) der International Union of Geological Sciences (IUGS) wurden die hierarchisch höheren Einheiten System/Periode (Quartär) und Serie/Epoche (Pleistozän, Holozän) verbindlich klassifiziert. Die Grundeinheiten der chronostratigraphischen bzw. geochronologischen Gliederung (Stufe/Alter) sind im Quartär bislang nicht international festgelegt und benannt worden (Abb. XVI). Hierin drückt sich offensichtlich die Schwierigkeit aus, bei der starken zeitlichen und räumlichen Variabilität des Klimas im Quartär Kriterien zu finden, die für die Definition der kleinsten chronostratigraphischen Einheiten auf globaler Ebene verwendet werden können.

Für die terrestrische Regionalstratigraphie in Europa besitzt die Gliederung quartärer Schichtenfolgen auf der Basis von Klima-Ereignissen eine lange Tradition. In verschiedenen Ländern bzw. Gebieten ist die klimatostratigraphische Klassifikation in Glaziale und Interglaziale bzw. Stadiale und Interstadiale etabliert und wurde in regionalen Standards verankert (GIBBARD & WEST 2000). Teilweise werden in Nordwesteuropa Kalt- und Warmzeiten als chronostratigraphische Einheiten im Sinne von regionalen Stufen (z.B. Eemian Stage) gebraucht. Insbesondere bei der Identifikation und Korrelation von Warmzeiten hat sich die Palynologie durch die Erfassung von Biozonen (Pollen Assemblage Zones, Pollen Abundance Zones) bewährt. Zahlreiche regionalstratigraphische Einheiten und Grenzstratotypen des Quartär wurden mittels palynostratigraphischer Kriterien definiert.

Die Entwicklung regionaler Stratigraphien mit entsprechenden Stratotypen ist für das Quartär unabdingbar, da sich Klimaschwankungen räumlich und faziell sehr unterschiedlich ausgewirkt haben. Terrestrische Stratigraphie, marine Stratigraphie, Eiskern-Stratigraphie – sie alle tragen zum Verständnis der Klimavariabilität bei und werden unabhängig voneinander weiter entwickelt. Allerdings verbaut die unkritische Ausdehnung der stratigraphischen Terminologie, wie sie in den marinen Folgen oder Eiskernen verwendet wird, auf den terrestrischen Bereich dieses Verständnis und führt zu stratigraphischen Konfusionen.

Der Begriff „Quartär“ ist nach wie vor als Klassifikation für die entsprechende Periode bzw. für das entsprechende System verbindlich. Vorschläge, das Quartär mit in das System Neogen einzubeziehen, werden zur Zeit diskutiert (z.B. STEININGER 2002). Die Subkommission für Quartärstratigraphie (SQS) der IUGS hat sich im Jahre 2002 neu konstituiert und arbeitet gegenwärtig an der Definition für Global Stratotype Sections and Points (GSSP) für die Basis des Mittel- und Oberpleistozän sowie des Holozän.

In der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002 (STD 2002) (DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION 2002) erfolgt die Gliederung des Quartär in Kaltzeiten und Warmzeiten. Sie ist also klimatostratigraphisch begründet. In der vorliegenden Übersicht bleiben zunächst Klimaschwankungen zweiten Grades (im Sinne von Stadialen und

Interstadialen) unberücksichtigt. Eine ausführlichere Gliederung mit Beschreibung der Stratotypen des Quartär von Deutschland ist in Vorbereitung (SUBKOMMISSION QUARTÄR DER DEUTSCHEN STRATIGRAPHISCHEN KOMMISSION).

## 2. Untergrenzen für das Unter-, Mittel- und Ober-Pleistozän

In den zurückliegenden Jahren wurde die Grenzziehung zwischen Pliozän und Pleistozän kontrovers diskutiert. In Nordwesteuropa (so auch in Nordwestdeutschland) wird bislang der niederländischen Gliederung gefolgt, die Untergrenze des Pleistozän bzw. des gesamten Quartär mit der ersten deutlichen Abkühlungsphase zu definieren (Praetiglium), die zu einem markanten Umbau der Flora am Ende des Neogen, nach dem Reuverium, führte (ZAGWIJN 1960, 1963, 1974). Hierbei kam es zum Aussterben typischer Tertiärgehölze wie *Sequoia*, *Nyssa*, *Liquidambar*, *Sciadopitys* u.a. Dieser klimatisch bedingte Florenwechsel eignet sich für Korrelationen innerhalb Mitteleuropas und ist überdies durch seine Position knapp oberhalb der paläomagnetisch definierten Gauss-Matuyama-Grenze (ca. 2,6 Ma) gut reproduzierbar. Auf dem 27. Internationalen Geologischen Kongress in Moskau 1984 wurde allerdings das Profil von Vrica (Italien) als GSSP für die Untergrenze des Pleistozän (Top der Olduvai-Magnetozone, ca. 1,8 Ma) festgelegt. Die Zweckmäßigkeit dieser Grenzziehung wurde in den Folgejahren kritisiert, da mit ihr nicht das wirklich erste kalte Klima-Ereignis im späten Känozoikum erfasst wurde (ZAGWIJN 1992, PARTRIDGE 1997, SUC et al. 1997, MAUZ 1998). Die INQUA-Kommission für Quartärstratigraphie, die zugleich den Status einer Subkommission innerhalb der Internationalen Kommission für Stratigraphie der IUGS besitzt, legte deshalb einen Vorschlag vor, die Untergrenze des Pleistozän neu zu definieren (Gauss-Matuyama-Grenze, vgl. PARTRIDGE 1997). Den Instruktionen der IUGS folgend, wurde 1998 ein gemeinsames Votum der internationalen Subkommissionen Neogen und Quartär organisiert, wobei allerdings die notwendige 2/3-Mehrheit verfehlt wurde. Somit ist das Profil Vrica als GSSP für die Pleistozän-Basis weiterhin gültig (Beginn des Calabrium). Ein GSSP besitzt nach der internationalen Konvention für mindestens 10 Jahre Gültigkeit. In der Tabelle wird deshalb in der Spalte „Globale Gliederung“ diese Grenze berücksichtigt, allerdings setzt in der regionalen Gliederung für das kontinentale Nordwesteuropa (ZAGWIJN 1998) bzw. für Norddeutschland und angrenzende Gebiete (zusammenfassende Übersichten in BENDA 1995) traditionell das Unterpleistozän bereits mit dem Praetiglium an der Basis des Gelasium ein.

Auf dem XII. INQUA-Kongress in Ottawa 1987 wurde von der zuständigen stratigraphischen Kommission vorgeschlagen, die paläomagnetisch definierte Brunhes/Matuyama-Grenze (780 ka) auch als Grenze zwischen Unter- und Mittelpleistozän zu nutzen (RICHMOND 1996).

Hierüber besteht international weitgehend Konsens, jedoch steht die Festlegung eines Profils als Grenzstratotyp (GSSP) noch aus.

Die Grenze zwischen Mittel- und Oberpleistozän ist bislang ebenfalls nicht formell definiert. Seit den Arbeiten von WOLDSTEDT (1955) und ZEUNER (1959) wird zumindest in Europa als Oberpleistozän der Zeitraum des letzten Glazials (Weichsel bzw. Würm) und des letzten Interglazials (Eem) akzeptiert. Den Beginn des letzten Interglazials vor ziemlich genau 126 ka Jahren als Mittel-Oberpleistozän-Grenze zu nutzen, bekräftigt neuerdings auch GIBBARD (2003), wobei er als Grenzstratotyp (GSSP) die neu bearbeitete Bohrung vom Amsterdam-Terminal (VAN LEEUWEN et al. 2000) vorschlägt (gleichzeitig auch Parastratotyp für das Eemian). Dieser Vorschlag wird gegenwärtig von einer Arbeitsgruppe der SQS geprüft.

### **3. Norddeutschland und angrenzende Gebiete**

Die Gliederung für den nicht glazial beeinflussten Zeitraum des Unterpleistozän und des unteren Mittelpleistozän (bis zur Elster-Kaltzeit) basiert in Norddeutschland auf langen kontinentalen Folgen wie Lieth in Schleswig-Holstein (MENKE 1975) und Gorleben in Niedersachsen (MÜLLER 1992). Die Kriterien für die paläoklimatologische Klassifikation in Kalt- und Warmzeiten gehen auf die Palynologie zurück.

Das aussagefähigste Profil für das nahezu gesamte Unterpleistozän ist die Abfolge von Lieth (MENKE 1975), das in stratigraphischer Superposition den Zeitraum vom Beginn des Praetiglium (Kaltenhörn-Kaltzeit) bis zum Bavel-Komplex (Pinneberg-Warmzeit) hervorragend dokumentiert. Insofern sind in Lieth die Befunde vollständiger als die der einzelnen, nicht zusammenhängenden Typusprofile in den Niederlanden. Die Korrelation zwischen Norddeutschland und dem Niederrheingebiet wird von MENKE (1975) sowie von STEPHAN & MENKE (1994) diskutiert und begründet. Als palynologische Charakteristika für das Unterpleistozän in Norddeutschland beschreibt MENKE (1975), dass die typische Pliozän-Flora bereits erloschen ist, jedoch einige Pliozänelemente wie *Tsuga*, *Carya*, *Eucommia* wichtige Differenzialformen gegenüber dem Mittel- und Oberpleistozän darstellen. Klimageschichtlich wird zwar ein vielfältiger Wechsel zwischen so genannten Kryo- und Thermomeren deutlich (Lieth als Typusprofil für die entsprechenden klimatostratigraphischen Einheiten), wobei jedoch die Kryomere noch nicht das Ausmaß der mittel- und oberpleistozänen Kaltzeiten bzw. Glaziale erreichten.

Insbesondere die Warmzeiten des oberen Unterpleistozän und des unteren Mittelpleistozän (Bavelium-Komplex und Cromerium-Complex) wurden mittels Bohrungen durch das

Deckgebirge des Salzstocks von Gorleben palynostratigraphisch erfasst (MÜLLER 1986, 1992). Durch Überlappung ist der Anschluss an die Lieth-Sequenz gesichert. Nach den Untersuchungen in Gorleben lassen sich allein für den Cromer-Komplex mindestens fünf Warmzeiten identifizieren (von alt zu jung: Osterholz-, Hunteburg-, Rosmalen-, Noordbergum- und Bilshausen-Warmzeit).

Während des Elster-Glazials ist das nordische Inlandeis bis an den Rand der Mittelgebirge von Sachsen und Thüringen vorgestoßen und hat den Unterharz teilweise überfahren. Der erste Elster-Eisvorstoß erreichte in Mitteldeutschland die größte Ausdehnung aller pleistozänen Vergletscherungen. Der weitere Verlauf des Eisrandes nach Westen ist unsicher, da die elsterzeitlichen Ablagerungen während des Drenthe-Eisvorstoßes in Niedersachsen großflächig erodiert oder durch jüngere Sedimente überlagert wurden (CASPER et al. 1995, KALTWANG 1992). Die glaziären Ablagerungen werden mit zwei großen Eisvorstößen in Verbindung gebracht, die jedoch nicht durch eine voll entwickelte Warmzeit unterbrochen sind. Die Typusregion liegt im namensgebenden Flussgebiet der Weißen Elster (Mitteldeutschland mit den Ländern Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen; EISSMANN & LITT 1994, EISSMANN et al. 1995). Das von der INQUA-Subcommission on European Quaternary Stratigraphy (SEQS) im Jahre 1977 als Typuslokalität für die Grenze Cromer/Elster ausgewählte Profil von Voigtstedt (MEYER 1981) wird heute als weniger geeignet angesehen, da das unterlagernde Voigtstedt-Interglazial aufgrund der *Mimomys*-Fauna nicht dem jüngsten Cromer-Interglazial entsprechen kann, sondern älter sein muss (KOENIGSWALD & KOLFSCHOTEN 1996).

Nach dem Zerfall des Elstereises bildeten sich in ehemaligen Rinnen, Exarationswannen und Toteislöchern Seen, in denen Sedimente der Holstein-Warmzeit akkumuliert wurden. Nach einem Beschluss der SEQS gilt das Unterelbe-Gebiet als Typusregion (JERZ & LINKE 1987), wobei folgende Typusprofile für die Untergrenze des Holstein-Interglazials vorgeschlagen werden: marines Milieu im Eggstedterholz in Schleswig-Holstein, limnisches Milieu in Hamburg-Dockenhuden (vgl. auch LINKE & HALLIK 1993). Die Untergrenze des Holstein-Interglazial wird palynostratigraphisch durch den Übergang von subarktischen (noch spätelsterzeitlichen) zu borealen Verhältnissen (Beginn der Birkenzone) festgelegt. Im Gebiet der nordischen Vereisungen sind zahlreiche Vorkommen des Holstein-Interglazial über elsterglazialen Bildungen bekannt, die durch ihre charakteristische Vegetationsentwicklung eine sichere Einstufung und Korrelation erlauben. Aufgrund von Jahresschichtenzählungen in Munster-Breloh nimmt MÜLLER (1974a) eine Gesamtdauer des Holstein-Interglazial von

15000 Jahren an. Der Begriff „Holstein-Komplex“ ist wegen der eindeutigen Abgrenzung der Holstein-Warmzeit unzweckmäßig und sollte für diese nicht weiter verwendet werden (vgl. LITT & TURNER 1993).

Eine Neudefinition des Saale-Komplexes liegt durch Beschlüsse der SEQS in den Jahren 1986 und 1992 (JERZ & LINKE 1987, LITT & TURNER 1993) vor. Danach umfasst der Saale-Komplex den Zeitraum vom Ende der Holstein-Warmzeit (Grenze zwischen borealer und subarktischer Phase) bis zum Beginn der Eem-Warmzeit (Beginn der Birken-Zone). Nach diesen Festlegungen erweist sich die Saale-Zeit als komplexe Einheit mit mehrfachen Kälte- und Wärmeschwankungen, wobei letztere sogar Interglazialcharakter erreichen können (mindestens eine Warmzeit im Sinne von Wacken- bzw. Dömnitz-Warmzeit nach MENKE (1968) bzw. ERD (1965); möglicherweise sogar zwei Warmzeiten nach URBAN 1995)). Diese sind jedoch nicht durch glaziäre Sedimente getrennt und liegen vor der ersten saalezeitlichen Eisbedeckung (Drenthe-Stadium). Warmzeitliche Ablagerungen zwischen den einzelnen Eisvorstößen sind nicht nachweisbar. Die maximale Verbreitung des Drenthe-Inlandeises ist etwa markiert durch die Orte Düsseldorf-Paderborn-Hamelns-Goslar-Eisleben-Zeitz-Meißen-Görlitz. Die jüngere markante Saale-Vereisung wird als Warthe-Stadium bezeichnet.

Im Gebiet der nordischen Vereisungen ist die Eem-Warmzeit das mit Abstand am besten erfasste Interglazial, dessen Sedimente unmittelbar über saalezeitlichen glaziären Bildungen liegen (sowohl über Drenthe als auch über Warthe). In der Typusregion (Amersfoort-Becken in den Niederlanden, aber auch im Amsterdam-Becken als Parastratotyp) liegen die klassischen Eemfolgen über Ablagerungen des Drenthe-Vorstoßes. Im gesamten nordischen Vereisungsgebiet werden die Interglazialsedimente vom Eemtyp von keinen weiteren glaziären Bildungen als denen aus der Weichsel-Kaltzeit überdeckt. Dass zwischen Eiszerfall der ersten saalezeitlichen Eisbedeckung (Drenthe-Stadium) und der Frühweichselzeit mit seinen beiden borealen Interstadialen nur ein Interglazial – die Eemwarmzeit – existiert hat, belegen zahlreiche lange kontinentale Pollenfolgen südlich der Warthe-Linie, die eine lückenlose Abfolge Spätsaale-Eem-Frühweichsel dokumentieren. Sowohl in Deutschland als auch im angrenzenden nördlichen Mitteleuropa ergibt sich eine erstaunliche palynologische Übereinstimmung in den Grundzügen der allgemeinen Waldentwicklung (MENKE & TYNNI 1984). Aufgrund von Jahresschichtenzählungen nimmt MÜLLER (1974b) eine Gesamtdauer des Eem-Interglazial von 11000 Jahren an. Gegenwärtig besteht Konsens hinsichtlich einer prinzipiellen Verknüpfung der Eem-Warmzeit mit dem marinen Isotopenstadium 5e. Der Beginn der Warmzeit liegt somit bei 126 ka, das Ende bei 115 ka vor heute.

Die Weichsel-Kaltzeit setzt palynostratigraphisch mit dem Wechsel zwischen borealer Vegetation am Ende der Eem-Warmzeit und subarktischer Vegetation ein. Das Früh- und das beginnende Hochweichsel sind durch einen mehrfachen Wechsel von Stadialen und Interstadialen gekennzeichnet, wobei in Norddeutschland noch keine sicheren Nachweise von Vereisungsspuren vorhanden sind. Am wahrscheinlichsten ist der Beginn der Vergletscherung ab ca. 25 ka vor heute, möglicherweise drangen aber schon zwischen 70 und 50 ka Gletscher in den Bereich der westlichen Ostsee vor (STEPHAN 1995). Die Maximalausdehnung der Weichselvergletscherung erreichte den Raum Brandenburg im Osten, weiter westlich den nördlichen Randbereich von Hamburg und nur den östlichen Teil von Schleswig-Holstein. Drei Vereisungsphasen sind durch Grundmoränen belegt (Brandenburg-, Pommern- und Mecklenburg- Phase). Als Typusregion ist von der SEQS wegen der Unterlagerung durch eemzeitliche marine Sedimente das untere Weichselgebiet ausgewählt worden (MEYER 1981).

Das Holozän wird als eigenständige Serie bzw. Epoche aufgefasst. Die Untergrenze ist mit dem Beginn der Birken-Kiefern-Bewaldung nach der noch spätweichselzeitlichen Jüngerer Dryaszeit definiert. Nach Jahresschichtenzählungen liegt die Grenze bei 11 590 Jahren, die mittlerweile mit geringfügiger Abweichung von der Dendrochronologie (bei 11 560 Jahren vor heute) bestätigt wird (LITT et al. 2001). Unkalibrierte <sup>14</sup>C-Daten liegen bei 10 000 Jahren vor heute.

#### **4. Süddeutsches Alpenvorland**

##### **4.1 Vorbemerkungen**

Im Vorland eines aktiven Orogens wie dem der Alpen ist die Vollständigkeit bzw. Lückenhaftigkeit einer quartärstratigraphischen Abfolge nicht nur eine Funktion der wechselnden Klimadynamik, sondern auch in hohem Maße abhängig von den unterschiedlichen morphotektonischen Bedingungen, denen die verschiedenen Sedimentfallen unterliegen. Die beiden im Alpenvorland gegenwärtig vorherrschenden Quartärgliederungen (Nordwesten, Nordosten) werden daher vor diesem Hintergrund kurz charakterisiert, bevor die Zeitmarken skizziert werden. Damit soll verständlich gemacht werden, warum in einem so kleinen Gebiet zwei so unterschiedliche stratigraphische Gliederungen dennoch berechtigt sind.

Die süddeutsche bzw. alpine Quartärstratigraphie ist seit einigen Jahren im Umbruch. Zum einen gibt es die über Generationen von Forschern detailliert ausgearbeitete alpine Terrassen- bzw. Morphostratigraphie, die auf der bislang einzigen „zirkumalpinen“ Bearbeitung durch PENCK & BRÜCKNER (1901/09) aufbaut. Zum anderen ist eine auf verschiedenen, mehr oder weniger langen kontinentalen Sedimentfolgen aufbauende Neugliederung im Aufbau. Letztere liegt zurzeit als sequenz-stratigraphisches Szenario vor, das zwar an die Einteilung von PENCK & BRÜCKNER (1901/09) noch weitgehend anknüpft, jedoch stratigraphisch vollständiger und für Fragen der Angewandten Geologie geeigneter ist als die klassische Morphostratigraphie (z. B. ELLWANGER et al. 2003). Beide Gliederungen profitieren davon, dass es im Alpenvorland und in der großen Sedimentfalle Oberrheingraben inzwischen eine Reihe von biostratigraphischen, geochronologischen und anderen Zeitmarken gibt, die in Ansätzen eine zeitliche Korrelation der beiden Gliederungen untereinander, aber auch mit dem norddeutschen und den anderen Quartär-Gliederungen erlaubt.

In diesem Sinne stellt die Quartärgliederung für das nordöstliche (bayerische) Alpenvorland in der STD 2002 eine moderne Variante der Morphostratigraphie dar. Die des nordwestlichen (baden-württembergischen) Alpenvorlands beruht dagegen weitgehend auf langen Sedimentsukzessionen, wobei in der Tabelle die dabei maßgebliche Ereignisstratigraphie in eine Klimatostratigraphie umgesetzt ist.

Beiden Säulen gemeinsam ist die grundlegende Zweiteilung in einen unterpleistozänen bis (gemäß gültiger Festlegung der ICS ) oberpliozänen Abschnitt (im NW: Deckenschotter-Folge) und einen mittel- bis oberpleistozänen Abschnitt (im NW: Folge der Großen Vergletscherungen). Die unterschiedliche Position von „Mindel“ in den beiden Säulen beruht auf einem alten, heute nicht mehr korrigierbaren Korrelationsfehler PENCKs. Infolgedessen haben in der STD auch „Günz“ und „Biber-Donau“ signifikante Altersdifferenzen.

#### **4.2 Nordöstliches Alpenvorland**

Die klassischen morphostratigraphischen Einheiten, ursprünglich Günz, Mindel, Riß und Würm, wurden wie erwähnt zunächst terrassenstratigraphisch hergeleitet. Dabei dient das Illergebiet als „Morphostratotyp-Region“ für die Viergliederung, außerdem gelten einzelne Alpenvorlandtäler als Typusregionen der verschiedenen Einheiten, z.B. das Rißtal für die Einheit „Riß“ (SCHREINER 1989, HABBE 2002). Unter Verwendung des ebenfalls klassischen



Faziesmodells der „glazialen Serie“ wurden diese Terrassen sodann mit Moränen des Alpenvorlands verknüpft, die Terrassen auf diese Weise als Schmelzwasserbildungen erkannt und die Einheiten als Bildungen von Eiszeiten identifiziert (vgl. zusammenfassend auch JERZ 1993, 1995).

Zusammenhängende glaziale Serien sind jedoch nur für das „Würm“ vorhanden, dazu mehr oder weniger unvollständige für das „Riß“ im gesamten und für das „Mindel“ nur im nordöstlichen Alpenvorland. Für das „Günz“ und die später gefundenen Deckenschotter bzw. in Bayern Deckschotter („Donau“, „Biber“, SCHAEFER 1965) gibt es keine äquivalenten Moränen- oder Tillsedimente. In Analogie zu den jüngeren Terrassen bzw. Schottern gelten sie dennoch als Bildungen von Eiszeiten, zumindest Kaltzeiten, also vom Klima gesteuert. Insoweit kann die Abfolge morphostratigraphischer Ereignisse, wie in der stratigraphischen Säule für das nordöstliche Alpenvorland, insgesamt als klimatostratigraphische Sukzession verstanden werden.

#### **4.3 Nordwestliches Alpenvorland (mit Ausblick in den Oberrheingraben)**

Im nordwestlichen Alpenvorland wird zwischen den überwiegend durch Morphotektonik (Alpenhebung) kontrollierten Bildungen der Deckenschotter-Folge und den mit drei (evtl. vier?) großen Vergletscherungsereignissen verknüpften, klimatisch gesteuerten Bildungen der Folge der Großen Vergletscherungen unterschieden.

Die noch erhaltenen Reste von Deckenschottern dokumentieren die Akkumulation alpiner Grobsedimente in einer randalpinen Hügellandschaft. An drei Stellen sind in geschützter Position glaziale oder eisrandnahe Sedimente erhalten und belegen entsprechende Talvergletscherungen. Die sedimentpetrographischen Spektren der Deckenschotter (Überblick in VILLINGER 1998, 2003) zeigen, dass auch die inneralpinen Einzugsgebiete stark von den heutigen Verhältnissen abweichen. Für eine randalpine übertiefte Becken- und Amphitheaterlandschaft, wie sie heute besteht, gibt es keine Hinweise.

Eine Sedimentation in Superposition aus diesem Zeitabschnitt findet sich erst im **Oberrheingraben**: Im Südgraben handelt es sich um die Abfolge der Iffezheim- und der Breisgau-Formation. Letztere dokumentiert verstärkte tektonische Aktivität und den damit

beginnenden alpinen Eintrag in den Graben. Die beste stratigraphische Auflösung ist jedoch im distalen nördlichen Graben zu erwarten, vor allem in den pull-apart-Beckenstrukturen des so genannten „Heidelberger Lochs“. Dort ist vermutlich eine der vollständigsten kontinentalen Abfolgen vorhanden, die vom Pliozän bis mindestens ins frühe Mittelpleistozän reicht und 382 m (BARTZ 1974) oder möglicherweise sogar >1 000 m mächtig ist. Ohne Zweifel handelt es sich um ein Schlüsselgebiet mit einem großen Potential für die europäische Quartärkorrelation.

Die Umgestaltung der randalpinen Hügel- und Schuttfächerlandschaft der Deckenschotterzeit in die heutige Seenlandschaft mit ihren übertieften Becken und Amphitheatern geht mit drei großen nachweisbaren Vergletscherungsereignissen einher (davor möglicherweise noch ein viertes, vom Oberrheingraben her zu belegendes Ereignis). Die drei im Alpenvorland nachgewiesenen Ereignisse bestehen jeweils aus einem Hauptvorstoß mit anschließender Pleniglazialphase, nach einer Rückzugsphase gefolgt von einem Wiedervorstoß mit großräumiger Beckenerosion (Doppelzyklen). Die von Ereignis zu Ereignis zunehmende Eintiefung der randalpinen Amphitheater verdeutlicht, dass bei vermutlich ähnlichem Eisvolumen der älteste Vorstoß am weitesten ins Vorland gereicht hat. Dagegen wirken die schmalen und langen übertieften Becken (übertiefte Täler) als Sedimentfallen. Diese Becken sind im Alpenvorland hinter- und nebeneinander geschachtelt. Sie enthalten lange, in distalen Positionen meist feinkörnige Sedimentabfolgen, die oft eine gute zeitliche Auflösung ermöglichen und mehr oder weniger gut erhaltene biostratigraphische Marken enthalten.

In der STD 2002 (Quartär) sind bei den Eisvorstößen Einfach- und Doppelzyklen eingetragen. Die meist unbenannten Einfachzyklen sind anhand von lückenhaften Vorkommen mehr oder weniger gut nachgewiesen, spielen morphogenetisch jedoch kaum eine Rolle. Von größter Bedeutung sind dagegen die mit den drei Beckengenerationen verknüpften Doppelzyklen. Es handelt sich dabei um solche im Würm-Komplex (Außen- und Innenwallwürm) und im Riß-Komplex (Außen- und Innenwallriß; Doppelwallriß nach SCHREINER & HAAG 1982, SCHREINER 1989, 1996) sowie um noch früher erfolgte Eisvorstöße, die am weitesten gereicht haben, aber im nordwestlichen Alpenvorland von PENCK seinerzeit nicht erkannt worden sind.

Dieser älteste Doppelzyklus ist in der Säule einem Abschnitt mit Namen „Komplex der größten Vergletscherungen“ (entsprechend Most Extensive Glaciation = MEG ) zugeordnet. Inzwischen wurde dieser Begriff jedoch durch die Bezeichnung „**Hoßkirch-Komplex**“ ersetzt (Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg, LGRB 2003). Sie nimmt Bezug auf

die große Bedeutung des Beckens von Hoßkirch (Landkreis Ravensburg) für die Identifizierung dieser Einheit mit ihren präiß-, aber postmindelzeitlichen Vergletscherungs- und Beckenbildungsereignissen. In der bis über 100 m mächtigen, mit zahlreichen Kernbohrungen gut untersuchten Beckenfüllung von Hoßkirch wurde eine mittel- bis jungpleistozäne Abfolge mit biostratigraphischen Marken, u. a. Samerberg-Holstein, nachgewiesen (ELLWANGER et al. 1995).

Vor dieser begrifflichen Neufestlegung gab es in diesem stratigraphischen Abschnitt ein recht unübersichtliches Hin und Her der stratigraphischen Nomenklatur. In ersten Veröffentlichungen war, noch in Anlehnung an Arbeiten von SCHREINER (1989 etc.), von „Älterem Riß“ die Rede (z. B. ELLWANGER et al. 1995), und in der Folge kam es zu Diskussionen über Holstein als einer innerrißzeitlichen Warmzeit (z. B. BIBUS & ELLWANGER 1995). Später war die Rede von MEG und MVG (MEG = weitester bzw. Hauptvorstoß, MVG = Most Voluminous Glaciation = mit der ersten Übertiefung glazialer Becken verknüpfter Wiedervorstoß, z. B. ELLWANGER & FIEBIG 1996, SZENKLER & BOCK 1999).

Im nordöstlichen Alpenvorland wurde dagegen das entsprechende Ereignis bereits von PENCK erkannt und „abzählstratigraphisch“ als „Mindel“ bezeichnet (in Bayern heute „Mindel-Komplex“, vgl. DOPPLER & JERZ 1995). Dabei wurde übersehen, dass diese Elemente schon einen Teil der Seen- und Beckenlandschaft bilden und somit grundsätzlich verschieden sind von den ebenfalls so bezeichneten Mindel-Deckenschottern im nordwestlichen Alpenvorland. Dies hatte aber wiederum Auswirkungen auf Darstellungen auch in baden-württembergischen geologischen Karten, wo ebenfalls „abzählstratigraphisch“ ein Teil der „älteren Altmoränen“ als Mindel- bzw. Haslach-Moränen eingestuft wurden.

Zuletzt wurde der jetzige Hoßkirch-Komplex in Anlehnung an die Gliederung in Nordwesteuropa eine Zeitlang auch unter dem Begriff „Cromer-Komplex“ geführt. Wegen der unklaren Korrelation mit den alpin geprägten Sedimentsukzessionen sollte aber die Übertragung dieses Begriffs in das Alpenvorland besser vermieden werden.

Die in den drei dargelegten Generationen glazialer Becken enthaltenen Sedimentabfolgen dokumentieren zwar den Entwicklungsgang vollständiger und kontinuierlicher als die verschiedenen Moränen- und Terrassensedimente. Eine Sedimentation in Superposition ist jedoch wiederum erst im **Oberheingraben** vorhanden: Die mit den Wiedervorstößen der

Doppelzyklen verknüpften Erosionsereignisse im Alpenvorland sind im südlichen Oberrheingraben in Form von Groblagen dokumentiert (Klima-/ Eventstratigraphie). Die beiden jüngeren sind innerhalb der oberen Schotterabfolge aus „frischen“ Kiesen (bisher „Jüngere Schotter“, künftig Neuenburg-Formation) teils in ursprünglicher Form erhalten, teils im Zuge fluvialer Resedimentation überprägt. Die älteste(n) Groblagen wurde(n) dagegen auch gravitativ umgelagert (Obere Breisgau-Schichten innerhalb der gemäß LGRB 2003 als Breisgau-Formation zusammengefassten, stark schluffigen älteren Schotterabfolge aus so genannten „faulen“ Kiesen).

Die Klima-/ Eventmarken lassen sich in den Grabensedimenten nach Norden verfolgen und erlauben eine Verknüpfung mit der dortigen, von Sand und Feinkorn dominierten Sedimentabfolge. Das Material stammt hier bereits überwiegend aus den randlichen Mittelgebirgen (Schwarzwald und Schichtstufenland einerseits, Vogesen und Pfälzerwald andererseits). Im frühen Mittelpleistozän sind noch humose und feinkörnige Sedimente weit verbreitet, die ein gutes biostratigraphisches Potenzial aufweisen (vor allem für palynostratigraphische Untersuchungen). Darüber dominieren fluviale Sande, während feinkörnige Überflutungssedimente meist aufgearbeitet sind.

#### **4.4 Stratigraphische Marken**

Die in den beiden Säulen der STD 2002 für das nordöstliche und das nordwestliche Alpenvorland dargestellten Einheiten sind stratigraphisch kontrolliert. Bei lückenhaften Vorkommen wird ihre Einstufung überhaupt erst durch eine Reihe von biostratigraphischen (Pollen, Kleinsäuger etc.) und paläomagnetischen Marken ermöglicht. Vom Älteren zum Jüngeren handelt es sich um folgende Marken:

Prätegelen - Tegelen: Aus dem Bereich der Ältesten Deckenschotter (Biber, Donau) wurden in zwei Bereichen Kleinsäuger und Mollusken gefunden, die (mindestens?) ein Tegelen-Alter ergaben (Iller-Lech-Platte: MÜNZING 1992, ELLWANGER et al. 1994, RÄHLE 1995; Deckenschotter des Irchels/Nordschweiz: BOLLIGER et al. 1996).

Im Oberrheingraben wurde bei Kehl im oberen Teil der Iffezheim-Formation eine Abfolge untersucht, die ins Prätegelen bis Tegelen gestellt wird (BLUDAU in BROST & ELLWANGER 1991).

Brunhes-Matuyama: In den hier betrachteten Sukzessionen liegt keine kontinuierliche Sedimentation vor, womit eine magnetostratigraphische Einstufung nur im Kontext mit weiteren stratigraphischen Indikationen möglich ist. An einigen Deckenschottervorkommen wurden inverse Magnetisierungen festgestellt, z.B. in der Iller-Lech-(Zusam)-Platte (DOPPLER & JERZ 1995), am Höchsten und bei Heiligenberg (Günz; BIBUS et al. 1996) sowie in der Nordschweiz (ZOLLINGER 1991, GRAF 1993, SCHLÜCHTER & MÜLLER-DICK 1995). Normale Magnetisierung wurde nicht bzw. nur untergeordnet festgestellt. In der Zusammenschau mit anderen zeitlichen Einstufungen sind somit keine Widersprüche erkennbar, wenn man die Deckenschotter insgesamt in die vorwiegend invers polarisierte Matuyamazeit einstuft. Dies gilt jedoch nicht für die Jüngeren Deckenschotter des nordöstlichen Alpenvorlands, in deren Liegendem normal magnetisierte pleistozäne Sedimente nachgewiesen sind (DOPPLER & JERZ 1995).

Frühes Mittelpleistozän („Cromer“): Entsprechend eingestufte Vorkommen werden aus dem älteren Altmoränengebiet (außerhalb der Doppelwallriß-Endmoränen) und aus dem nördlichen Oberrheingraben beschrieben. Eine Pollensukzession zwischen zwei Tillsequenzen in den oberschwäbischen Altmoränen nordöstlich von Bad Wurzach wird als Typ Unterpfauzenwald bezeichnet (BIBUS et al. 1996).

Aus dem „Oberen Ton“ des Nordgrabens sind verschiedene Cromer-Typen (BLUDAU 1995) beschrieben, außerdem wurden hier auch Molluskenspektren als cromerzeitlich eingestuft (ENGESSER & MÜNZING 1991). Da für Süddeutschland eine Folge verschieden alter Cromer-Marken bisher nicht bekannt ist, sind diese Einstufungen noch nicht als gesichert anzusehen (jünger als Unterpleistozän, aber älter als Holstein).

Holstein: Das „süddeutsche Holstein“ ist erkennbar an der charakteristischen Pollensukzession mit *Buxus*, *Fagus* und *Pterocarya*. Es wurde vor allem in Beckenabfolgen der ersten Generation gefunden, d. h. zwischen Hoßkirch-Komplex und Riß (WELTEN 1982, GRÜGER 1983). Die Korrelation mit den norddeutschen Holsteinfolgen wird allgemein akzeptiert. Eine Schlüsselposition für die Palynostratigraphie im zirkumalpinen Raum besitzen die langen kontinentalen Folgen aus dem Massif Central (REILLE et al. 2000), die offenbar die letzten vier Glazial-Interglazial-Zyklen dokumentieren. REILLE et al. (2000) diskutieren eine mögliche Korrelation des sog. Praclaux-Interglazials mit der marinen Isotopenstufe 11 bzw. mit dem norddeutschen und süddeutschen Holstein. Allerdings wird dieser Korrelationsvorschlag nicht gestützt durch vorliegende  $Ar^{40}/Ar^{39}$  Laserdatierungen, die

mit mehreren Messungen an Einzelkristallen aus einer Tufflage innerhalb des Praclaux-Interglazials übereinstimmende Alter von ca. 600 ka ergeben haben (REILLE et al. 2000). Hier besteht also nach wie vor Klärungsbedarf.

Holsteinvorkommen sind aus dem Oberrheingraben bisher nicht bekannt.

Eem: Die palynologisch charakterisierten Vorkommen des „süddeutschen Eem“ stammen einerseits aus kleinen Depressionen der jüngeren Altmoränenlandschaft, gelegen zwischen den äußeren Würm- und Riß-Endmoränen, andererseits aus den Beckenabfolgen der mittleren Generation, also im Liegenden von Würm-Sedimenten (GRÜGER 1979, FRENZEL & BLUDAU 1987, GRÜGER & SCHREINER 1993, MÜLLER 2001). Über die Palynostratigraphie ist die Korrelation mit Norddeutschland gesichert. Dagegen sind bisher aus dem Oberrheingraben nur gestörte Sukzessionen mit fraglichen Eem- und Frühwürm-Vorkommen bekannt (BARTZ 1976, 1982, ELLWANGER et al. 1995).

Aus diesen Zeitmarken ergibt sich die Anordnung und Korrelation der stratigraphischen Elemente in den beiden Säulen des Alpenvorlands. Eine Korrelation mit Norddeutschland ist mit Hilfe der Palynostratigraphie sowie der sequenzstratigraphischen Muster des nordwestlichen Alpenvorlands zwanglos möglich (ELLWANGER et al. 1995), für die morphostratigraphischen Muster aber eher problematisch.

### **Danksagung**

Die Gliederung des Quartärs, wie sie in der STD 2002 vorgenommen wurde, erfolgte in enger Abstimmung mit den Mitgliedern der Subkommission Quartär der Deutschen Stratigraphischen Kommission. Für die konstruktive Zusammenarbeit möchten wir uns herzlich bedanken. Dank gebührt insbesondere den Herren Prof. Dr. K.-E. Behre und Prof. Dr. M. A. Geyh, die als Gutachter wertvolle Hinweise und Korrekturvorschläge gegeben haben.

### **Literatur**

BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben. - In: ILLIES, J. H. & FUCHS, H. [Hrsg.]: Approaches to Taphrogenesis. - Inter-Union Comm. Geodyn. Sci. Rep., **8**: 78-87; Stuttgart (Schweizerbart).

BARTZ, J., mit Beitr. von VAN DER BRELIE, G. & MAUS, H. (1976): Quartär und

- Jungtertiär im Raum Rastatt. - Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **18**: 121-178; Freiburg i. Br.
- BARTZ, J. (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. - Geol. Jb., **A 63**, 3-237; Hannover.
- BENDA, L. [Hrsg.] (1995): Das Quartär Deutschlands. - 408 S.; Berlin (Borntraeger).
- BIBUS, E. & ELLWANGER, D. (1995): Gravel pit Bittelschiess. Glacial deposits and fossil soils at the Höchsten. - In: SCHIRMER, W. [Hrsg.]: Quaternary field trips in Central Europe, **1**: 468-470; München (Pfeil).
- BIBUS, E., BLUDAU, W., ELLWANGER, D., FROMM, K., KÖSEL, M. & SCHREINER, A. (1996): On Pre-Würm glacial and interglacial deposits of the Rhine Glacier (South German Alpine Foreland, Upper Swabia, Baden-Württemberg). - In: TURNER, C. [Hrsg.]: The early Middle Pleistocene in Europe. 392 S.; Rotterdam (Balkema).
- BLUDAU, W. (1995): Altpleistozäne Warmzeiten im Alpenvorland und im Oberrheingraben? Ein Beitrag der Palynologie zum „Uhlenberg-Problem“. - Geol. Bavarica, **99**: 119-133; München.
- BOLLIGER, T., FEJFAR, O., GRAF, H. R. & KÄLIN, D. (1996): Vorläufige Mitteilung über Funde von pliozänen Kleinsäugetern aus den höheren Deckenschottern des Irchels (Kt. Zürich). - *Eclogae geol. Helv.*, **89** (3): 1043-1048; Basel.
- BROST, E. & ELLWANGER, D., mit Beitr. von BLUDAU, W. & ROLF, R. (1991): Einige Ergebnisse neuerer geoelektrischer und stratigraphischer Untersuchungen im Gebiet zwischen Kaiserstuhl und Kehl. - Geol. Jb., **E 48**: 71-81; Hannover.
- CASPERS, G., JORDAN, H., MERKT, J., MEYER, K.-D., MÜLLER, H. & STREIF, H. (1995): Niedersachsen. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands, 23-58; Berlin (Bornträger).
- DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION [Hrsg.] (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002. - Beih., 16 S.; Potsdam (Dt. Strat. Komm.).
- DOPPLER, G. & JERZ, H. (1995): Untersuchungen im Alt- und Ältestpleistozän des bayerischen Alpenvorlands - Geologische Grundlagen und stratigraphische Ergebnisse. - Geol. Bavarica, **99**: 7-35; München.
- EISSMANN, L. & LITT, T. [Hrsg.] (1994): Das Quartär Mitteldeutschlands. Ein Leitfaden und Exkursionsführer. - Altenburger Naturwiss. Forsch., **7**: 458 S.; Altenburg.
- EISSMANN, L., LITT, T. & WANSA, S. (1995): Elsterian and Saalian deposits in their type area in central Germany. - In: EHLERS, J. et al. [Hrsg.]: Glacial Deposits in North-East Europe, 439-464; Rotterdam (Balkema).

- ELLWANGER, D., BIBUS, E., BLUDAU, W., KÖSEL, M. & MERKT, J. (1995): Baden-Württemberg. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands, 255-295; Berlin (Bornträger).
- ELLWANGER, D., FEJFAR, O. & KOENIGSWALD, W. v. (1994): Die biostratigraphische Aussage der Arvicolidenfauna vom Uhlenberg bei Dinkelscherben und ihre morpho- und lithostratigraphischen Konsequenzen. - Münchner Geowiss. Abh., **A 26**: 173-191; München.
- ELLWANGER, D. & FIEBIG, M. [Hrsg.] (1996): IGCP 378 Northern and North-Western Alpine foreland: 74 S.; Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).
- ELLWANGER, D., LÄMMERMANN-BARTHEL, J. & NEEB, I. (im Druck): Eine „landschaftsübergreifende Lockergesteinsgliederung“ vom Alpenrand zum Oberrhein. – GeoArchaeoRhein, **4**; Münster.
- ENGESSER, W. & MÜNZING, K. (1991): Molluskenfaunen aus Bohrungen im Raum Philippsburg—Mannheim und ihre Bedeutung für die Quartärstratigraphie des Oberrheingrabens. - Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **33**: 97-117; Freiburg i. Br.
- ERD, K. (1965): Pollenanalytische Gliederung des mittelpleistozänen Richtprofils Pritzwalk-Prignitz. - Eiszeitalter und Gegenwart, **16**: 252-253; Öhringen/Württ.
- FRENZEL, B. & BLUDAU, W. (1987): On the duration of the interglacial to glacial transition at the end of the Eemian interglacial (deep sea stage 5e): Botanical and sedimentological evidence. - In: BERGER, W. H. & LABEYRIE, L. D. [Hrsg.]: Abrupt climatic changes — Evidence and implications. - NATO ASI Ser. C, Math. Phys. Sci., **216**: 151-162; Dordrecht (Reidel).
- GIBBARD, P. (2003): Definition of the Middle-Upper Pleistocene boundary. - Global and Planetary change, **36**: 201-208; Amsterdam.
- GIBBARD P.L. & WEST, R.G. (2000): Quaternary chronostratigraphy: the nomenclature of terrestrial sequences. – Boreas, **29**: 329-336; Oslo.
- GRAF, H. R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. - Diss. ETH Zürich, **10 205**: 151 S.; Zürich.
- GRÜGER, E. (1979): Spätriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. - Geol. Bavarica, **80**: 5- 64; München.
- GRÜGER, E. (1983): Untersuchungen zur Gliederung und Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns am Samerberg in Oberbayern. - Geol. Bavarica, **84**: 21- 40; München.
- GRÜGER, E. & SCHREINER, A. (1993): Riß/Würm- und würmzeitliche Ablagerungen im



- Wurzacher Becken (Rheingletschergebiet). - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **189** (1-3): 81-117; Stuttgart.
- HABBE, K. A. (2002): Das deutsche Alpenvorland. - In: LIEDTKE, H. & MARCINEK, J. [Hrsg.]: Physische Geographie Deutschlands. – 3. Aufl.: 439-475; Gotha (Perthes).
- JERZ, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern. - Geologie von Bayern II: 243 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- JERZ, H. (1995): Bayern. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 296-326; Berlin (Bornträger).
- JERZ, H. & LINKE, G. (1987): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie: Typusregion des Holstein-Interglazials (Berichte der SEQS 8). – Eiszeitalter und Gegenwart, **37**: 145-148; Hannover.
- KALTWANG, J. (1992): Die pleistozäne Vereisungsgrenze im südlichen Niedersachsen und im östlichen Westfalen. Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, **33**: 1-161; Hannover.
- KOENIGSWALD, W.V. & KOLFSCHOTEN, T.V. (1996): The *Mimomys-Arvicola* boundary and the enamel thickness quotient (SDQ) of *Arvicola* as stratigraphic markers in the Middle Pleistocene. – In: TURNER, C. (ed.): The early Middle Pleistocene in Europe: 211-226; Rotterdam (Balkema).
- LGRB (2003) (Bearb.: E. VILLINGER): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg - Geologische Einheiten. - Internet-Publ.; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau Baden-Württ.).]
- LINKE, G. & HALLIK, R. (1993): Die pollenanalytischen Ergebnisse der Bohrungen Hamburg-Dockenhuden (qho 4), Wedel (qho 2) und Hamburg-Billbrock. – Geol. Jb. , **A 138**: 169-184; Hannover.
- LITT, T. & TURNER, C. (1993): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie: Die Saalesequenz in der Typusregion. - Eiszeitalter und Gegenwart, **43**: 125-128; Hannover.
- LITT, T., BRAUER, A., GOSLAR, T., MERKT, J., BALAGA, K., MÜLLER, H., RALSKA-JASIEWICZOWA, M., STEBICH, M. & NEGENDANK, J.F.W. (2001): Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually-laminated lacustrine sediments. – Quat. Sci. Rev., **20**: 67-83; Oxford.
- MAUZ, B. (1998): The onset of the Quaternary: A review of new findings in the Pliocene-Pleistocene chronostratigraphy. - Quat. Sci. Rev., **17**: 357–364; Oxford.

- MEYER, K.D. (1981): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie: Stratotypen des Elster- und Weichsel-Glazials. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, **31**: 203-209; Hannover.
- MENKE, B. (1968): Beiträge zur Biostratigraphie des Mittelpleistozäns in Norddeutschland (pollenanalytische Untersuchungen aus Westholstein). – *Meyniana*, **18**: 35-42; Kiel.
- MENKE, B. (1975): Vegetationsgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozän und Frühquartär – Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Weichsel-Frühglazials. – *Geol. Jb.*, **A 26**: 3–151; Hannover.
- MENKE, B. & TYNNI, R. (1984): Das Eemglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstell/Dithmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung. – *Geol. Jb.*, **A 76**: 3-120; Hannover.
- MÜLLER, H. (1974a): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. – *Geol. Jb.*, **A 21**: 107-140; Hannover.
- MÜLLER, H. (1974b): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der eemzeitlichen Kieselgur von Bispingen/Luhe. – *Geol. Jb.*, **A 21**: 149-169; Hannover.
- MÜLLER, H. (1986): Altquartäre Sedimente im Deckgebirge des Salzstockes Gorleben. – *Z. dt. geol. Ges.*, **137**: 85-95; Hannover.
- MÜLLER, H. (1992): Climatic changes during and at the end of the interglacials of the Cromerian Complex. - In: Kukla, G.J. & Went, E. [ed. ]: Start of a glacial, NATO ASI Series I (3): 51-69; Heidelberg (Springer).
- MÜLLER, U. (2001): Die Vegetations- und Klimaentwicklung im jüngeren Quartär anhand ausgewählter Profile aus dem südwestdeutschen Alpenvorland. - *Tübinger geowiss. Arb.*, **D7**: 118 S.; Tübingen.
- MÜNZING, K. (1992): Bemerkungen zur stratigraphischen Bedeutung von Molluskenfaunen aus dem älteren Pleistozän der Iller-Lech-Platte: 5 S.; Freiburg i. Br. [unveröff.]
- PARTRIDGE, T. C. (1997): Reassessment of the position of the Plio-Pleistocene boundary: Is there a case for lowering it to the Gauss-Matuyama palaeomagnetic reversal? - In: PARTRIDGE, T. C. [Hrsg.]: The Plio-Pleistocene Boundary. - *Quat. Int.*, **40** (1): 5–10; Oxford.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1901/09): Die Alpen im Eiszeitalter. – 3 Bd.: 1199 S.; Leipzig (Tauchnitz).
- RÄHLE, W. (1995): Altpleistozäne Molluskenfaunen aus den Zusamplattenschottern und ihrer Flussmergeldecke vom Uhlenberg und Lauterbrunn (Iller-Lech-Platte, Bayerisch Schwaben). - *Geol. Bavarica*, **99**: 103–117; München.

- REILLE, M., BEAULIEU, J.-L. DE, SVOBODOVA, H., ANDRIEU-PONEL, V. & GOEURY, C. (2000): Pollen analytical biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massiv Central, France). – *J. Quat. Sci.*, **15**: 665-685; Chichester.
- RICHMOND, G.M. (1996): The INQUA-approved provisional Lower-Middle Pleistocene boundary. - In: Turner, C. [Hrsg.]: *The early Middle Pleistocene in Europe*: 319-326; Rotterdam (Balkema).
- SALVADOR, A. [Hrsg.] (1994): *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. - 2. Aufl.: XIX + 214 S; Trondheim, Boulder (Int. Union of Geol. Sci./Geol. Soc. America).
- SCHAEFER, I. (1965): The succession of fluvio-glacial deposits in the northern Alpine Foreland. - In: RICHMOND, G. M. [Hrsg.]: *Glaciation of the Alps*. - Univ. Colorado Stud., Ser. Earth Sci., **7**: 9–14; Boulder.
- SCHLÜCHTER, C. & MÜLLER-DICK, K. (1995): *Das Eiszeitalter in der Schweiz*. - Geol. Inst. Univ. Bern/ Schweiz. Akad. Naturwiss., IGCP 378; Ostermündingen (Stiftung Landschaft u. Kies).
- SCHREINER, A. (1989): Zur Stratigraphie der Rißeiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (Baden-Württemberg). - *Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ.*, **31**: 183-196; Freiburg i. Br.
- SCHREINER, A. (1996): Die Einführung der Haslacheiszeit und die 3-Teilung der Risseiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (SW-Deutschland). - *Eclogae geol. Helv.*, **89** (3): 991-1005; Basel.
- SCHREINER, A. & HAAG, T. (1982): Zur Gliederung der Rißeiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (Baden-Württemberg). - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **32**: 137-161; Hannover.
- STEININGER, F.F. (2002): Das Känozoische Ärathem – Versuch einer Revision der chronostratigraphischen Gliederung. - *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **237**: 39-45; Frankfurt/M.
- STEPHAN, H.-J. (1995): Schleswig-Holstein. - In: Benda, L. [Hrsg.]: *Das Quartär Deutschlands*, 1-13; Berlin (Bornträger).
- STEPHAN, H.-J. & MENKE, B. (1994): Das Pleistozän in Schleswig-Holstein. – *Geol. L.-Amt Schleswig-Holstein*, **3**: 19-62, Kiel.

- SUC, J.-P., BERTINI, A., LEROY, S. A. G. & SUBALLYOVA, D. (1997): Towards the lowering of the Pliocene/Pleistocene boundary to the Gauss-Matuyama Reversal. - In: PARTRIDGE, T. C. [Hrsg.]: The Plio-Pleistocene Boundary. - Quat. Int., **40** (1): 37-42; Oxford.
- SZENKLER, C. & BOCK, W. (1999): Quartärgeologie und Rohstoffgeologie im Singener Beckenkomplex - Westliches Rheingletschergebiet (Hegau, Landkreis Konstanz) (Exkursion K am 9. April 1999). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **81**: 183-216; Stuttgart.
- URBAN, B. (1995): Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). - Meded. Rijks Geol. Dienst, **52**: 175-186; Haarlem.
- VAN LEEUWEN, R.J.W., BEETS, D.J., BOSCH, J.H.A., BURGER, A.W., CLEVERINGA, P., HARTEN, D. VAN, HERNGREEN, G.F.F., KRUG, R.W., LANGEREIS, C.G., MEIJER, T., POWWER, R. & DE WOLF, H. (2000): Stratigraphy and integrated facies analysis of the Saalian and Eemian sediments in the Amsterdam Terminal borehole, the Netherlands. - Geol. Mijnbouw/Netherlands J.Geosci., **79**: 161-198; ?.
- VILLINGER, E. (1998): Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., **80**: 361-398; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (im Druck): Zur Paläogeographie von Alpenrhein und oberer Donau. - Z. dt. geol. Ges., **154**; Hannover.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. - Beitr. Geol. Kt. Schweiz, N.F., **156**: 174 S.; Bern.
- WOLDSTEDT, P. (1955): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. - 2. Aufl.: 467 S.; Stuttgart (Koehler).
- ZAGWIJN, W. H. (1960): Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene Vegetation in the Netherlands. - Mededelingen van de Geologische Stichting Serie C-III-1, **5**: 1-78; Maastricht.
- ZAGWIJN, W. H. (1963): Pollen-analytic investigations in the Tiglian of the Netherlands. - Mededelingen van de Geologische Stichting Nieuwe Serie, **16**: 49-71; Maastricht.
- ZAGWIJN, W. H. (1974): The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. - Boreas, **3**: 75-97; Oslo.
- ZAGWIJN, W. H. (1992): The beginning of the ice age in Europe and its major subdivisions. - Quat. Sci. Rev., **11**: 583-591; Oxford.
- ZAGWIJN, W. H. (1998): Borders and boundaries: a century of stratigraphical research in the Tiglium (Tegelen) - Reuver area of Limburg (The Netherlands). - Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, **60**: 19-34; Haarlem.

ZEUNER, F. (1959): The Pleistocene Period: 447 S.; London (Hutchinson).

ZOLLINGER, G. (1991): Zur Landschaftsgenese und Quartärstratigraphie im südlichen Oberrheingraben - am Beispiel der Lössdeckschichten der Ziegelei in Allschwil (Kanton Basel-Landschaft). - *Eclogae geol. Helv.*, **84** (3): 739-752; Basel.

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. THOMAS LITT, Institut für Paläontologie, Universität Bonn, Nussallee 8, D-53115 Bonn,

Dr. DIETRICH ELLWANGER und Dr. ECKHARD VILLINGER, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Albertstr. 5, D-79104 Freiburg i. Br.,

Dr. STEFAN WANSA, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Straße 38, D-06118 Halle/Saale.