

# Über Quarze, Amethyste und verkieselte Fossilien

von KURT GENIESER

*Versuch einer Deutung ihrer Häufung in den pliozänen bis alteiszeitlichen Flußablagerungen Nordwestdeutschlands und der angrenzenden Niederlande.*

## SUMMARY

Following a description of the mineral quartz - in particular the amethyst occurrences in the catchment areas of the river Rhine and the Central-German rivers - an investigation is made with respect to the origin of the amethyst pebbles of NW Germany and the adjoining Dutch regions.

The new regional division of the glacial deposits in the „Niederlausitz“, the „Thüringer Becken“ and in the eastern and southeastern forelands of the Harz Mountains, by A. CEPEK, permits to consider and interpret a new personal and others' observations on the early-glacial river system in NW Germany, the eastern part of the Netherlands and the Central German area.

The attempt is made to bring in conformity the composition, the origin and the age of the fluvial deposits, rich in quartz, occurring in these areas, with the geological events determined in the catchment area of the rivers in Central-Germany. The existence of key pebbles from „Thüringen“ and the „Erzgebirge“ is taken for granted. This will comprehensively be discussed in another treatise.

Also a comparison of concepts already elaborated in the Netherlands on the age as well as on the content of pebbles and heavy minerals of the individual gravel complexes with the own investigations in NW Germany and those in the Central-German catchment area must be kept in reserve for a later treatment. For this purpose, heavy mineral analyses must be drawn upon much more than before.

The amethyst content in the kaolinsand - topaz contents missing in the heavy mineral fraction - gives way to the assumption that already at that time the Saale-Mulde river system was independent of the river Elbe.

Age relations are evident between the Dutch complex of Hattem, the Loosen gravels of western Mecklenburg and the early glacial gravels of the Saale-Mulde which are rich in quartz.

These sedimentations must have occurred in the period between the youngest accumulations of the kaolinsand river, that had taken place already under glacial conditions (Brüggen Glacial Period?) and the erosion of a N-German deep channel system beginning during or after the Eburon Glacial period.

It is yet uncertain at what time the erosion of the channels had started and over which period it had extended. It appears obvious to bring this event into relation with crustal movements.

An incision of the rivers to the present level in Pliocene time has by no means occurred.

There are indications of Saale-Mulde gravels rich in quartz of different age. Quartz-rich sediments of the rivers Weser and Leine have not become known so far. In view of the conditions in the catchment areas of these rivers they are probably not to be expected.

Whilst in the Brelingen hills near Hannover mainly younger Saale-Mulde gravels of the Drenthe stage with a high constituent of Mesozoic sandstone pebbles and a percentage of only 18 to 20 % of quartz are represented, the proportion of quartz, porphyry and Mesozoic sandstone in the hitherto examined gravels west of the Weser river as far to the eastern part of the Netherlands is exactly vice versa (cf. Fig. 3).

Sporadically, however, flint-free quartz gravels have been proved also in the region of Groß Hehlen, near Celle and near Mellendorf and Dudenbostel/Rodenbostel in the hills of Brelingen.

Additionally there are, near Metel/Averhoy, west of the Brelingen hills, coarser-grained Saale-Mulde gravels with a higher component of partly strongly weathered nordic and southern crystalline rocks and a smaller content of quartz which probably can be matched by further occurrences near Schessinghausen, Wipplingen and Sibculo.

The abundance of slices of early glacial quartz-rich Saale-Mulde gravels in the contortion zone („Stauchzone“) of the Rehburg Phase and their coincidence with a gravity decrease of 20 mgal extending along the border between the „Niedersächsische Becken“ and the „Pompeckji'sche Schwelle“ suggest young crustal movements which influenced the westward directed early-glacial river system as well as the position of the „Stauchzone“ of the Drenthe stage. Not the inland ice, but these movements obviously affected the course of the Saale-Mulde river system - separated from the Elbe river - to the depression area near Amsterdam.

## ZUSAMMENFASSUNG

Nach Ausführungen über das Mineral Quarz - speziell über die Amethystvorkommen in den Einzugsgebieten des Rheins und der mitteldeutschen Flüsse - wird die Herkunft der Amethyst-Gerölle Nordwestdeutschlands und der angrenzenden niederländischen Gebiete untersucht.

Die neue Regionalgliederung der eiszeitlichen Ablagerungen in der Niederlausitz, im Thüringer Becken sowie im östlichen und südöstlichen Harzvorland durch A. CEPEK, gestattet es, eigene und fremde Beobachtungen über das alteiszeitliche Flußnetz in Nordwestdeutschland, den östlichen Niederlanden und im mitteldeutschen Bereich neu zu überdenken und auszudeuten.

Es wird versucht, die Zusammensetzung, die Herkunft und das Alter der in diesen Gebieten auftretenden quarzreichen Flußablagerungen in Abhängigkeit von dem im Einzugsbereich der mitteldeutschen Flüsse ermittelten erdgeschichtlichen Geschehen zu behandeln. Der Nachweis thüringischer und erzgebirgischer Leitgerölle wird dabei vorausgesetzt; er wird in einer weiteren Abhandlung im einzelnen nachgeholt werden.

Desgleichen muß eine eingehende Gegenüberstellung der in den Niederlanden bereits erarbeiteten Vorstellungen über das Alter und die Geröll- und Schwermineralführung der einzelnen Kieskomplexe mit den eigenen Untersuchungen in Nordwestdeutschland und denen im mitteldeutschen Einzugsgebiet der Flüsse einer späteren Abhandlung vorbehalten bleiben. Hierzu müssen - weitaus stärker als bisher - Schwermineralanalysen herangezogen werden.

Die Amethystführung des Kaolinsandes - bei fehlendem Topasgehalt in der Schwermineralfraktion - läßt vermuten, daß bereits zu jener Zeit das Saale-Mulde-Flußsystem von der Elbe unabhängig war.

Es ergeben sich Altersbeziehungen zwischen dem niederländischen Komplex von Hattem, den Loosener Kiesen Westmecklenburgs und früheiszeitlichen quarzreichen Kiesen der Saale.

Diese Ablagerungen müssen in der Zeit zwischen den jüngsten - bereits unter eiszeitlichen Bedingungen erfolgten - Aufschüttungen des Kaolinsandflusses (Brüggen-Kaltzeit?) und der während oder nach der Eburon-Kaltzeit beginnenden Einschneidung eines norddeutschen Rinnensystemss erfolgt sein.

Zu welchem Zeitpunkt die Ausräumung der Rinnen einsetzte und über welchen Zeitraum sie sich erstreckte, ist noch ungewiß. Es liegt nahe, sie mit tektonischen Bewegungen in Beziehung zu bringen.

Eine Eintiefung der Flüsse bis auf das heutige Niveau während des Pliozäns ist keinesfalls erfolgt.

Es gibt Hinweise auf verschieden alte quarzreiche Saale-Mulde-Kiese. *Quarzreiche* Ablagerungen der Weser und Leine sind bisher nicht bekannt. Sie sind aufgrund der Verhältnisse im Einzugsgebiet dieser Flüsse wohl auch nicht zu erwarten.

Während in den Brelinger Bergen bei Hannover vor allem jüngere, ? drenthezeitliche Saale-Mulde-Kiese mit einem hohen Anteil mesozoischer Sandsteingerölle und einem Prozentsatz von nur 18 bis 20% an Quarz vertreten sind, liegt das Verhältnis von Quarz, Porphyry und mesozoischem Sandstein in den bisher untersuchten Kiesen westlich der Weser bis zu den östlichen Niederlanden genau entgegengesetzt.

Vereinzelt sind jedoch auch bei Groß Hehlen, nahe Celle, sowie bei Mellendorf und Dudenbostel/Rodenbostel in den Brelinger-Bergen feuersteinfreie Quarzkiese nachgewiesen. Dazu kommen bei Metel/Averhoy, westlich der Brelinger Berge, gröbere Saale-Mulde-Kiese mit einem höheren Anteil z.T. stark verwitterten nordischen und südlichen Kristallins, denen evtl. weitere Vorkommen bei Schessinghausen, Wipplingen und Sibulco entsprechen dürften.

Die Häufung von Schuppen früheiszeitlicher quarzreicher Saale-Mulde-Kiese in der Stauchzone der Rehburger Phase, deren Zusammenfallen mit einem Schwereabfall von 20 mgal, der sich längs der Nahtstelle zwischen dem Niedersächsischen Becken und der Pompeckj'schen Schwelle hinzieht, läßt junge tektonische Bewegungen vermuten, die den Lauf des nach Westen gerichteten früheiszeitlichen Flußsystems und die Lage der drenthezeitlichen Stauchzone beeinflussten.

*Nicht das Inlandeis, sondern diese bewirkten offensichtlich ein Abströmen des von der Elbe getrennten, selbständigen Saale-Mulde-Flußsystems nach dem bei Amsterdam gelegenen Senkungsgebiet.*

## I. Vom Quarz und seinen Varietäten

Wer kennt nicht die schön gegliederten, wasserklaren Wundergebilde der Bergkristalle? Sind sie doch gleichsam der Inbegriff alles Reinen, Klaren, Durchschaubaren und Schönen.

Man kann sich nur schwer vorstellen, daß die milchig-weißen bis schwach gelblichen undurchsichtigen, gerollten Michquarze und die bei der Verwitterung kristalliner Tiefengesteine übriggebliebenen Restquarze - ja, selbst die Mehrzahl der Sandkörnchen, aus denen sich die meisten jungtertiären und alteiszeitlichen Sande in den Niederlanden und den ihnen benachbarten norddeutschen Gebieten zusammensetzen - der gleichen Mineralart, dem Quarz ( $\text{Si O}_2$ ) zugehören sollen. Eher schon sind wir geneigt, den farbigen Varietäten des Quarzes, dem gelben Citrin, dem grünen Prasem, dem Rosenquarz, dem hell- bis dunkelvioletten Amethyst, dem graubraunen Rauchquarz oder dem schwarzen Morion einen gleichrangigen Platz neben dem Bergkristall einzuräumen.

Kristallographisch gehören sie alle dem hexagonal-rhomboedrischen oder trigonalen System an. Im Idealfalle ist eine sechsseitige Säule ausgebildet, der beiderseits je eine sechsseitige Pyramide aufgesetzt ist; bei Quarzporphyren treten die Säulenflächen oft stärker zurück (vgl. Abb. 1a und b).

In der Natur treffen wir solche Idealformen allerdings nur selten an. Vielmehr sitzen die Kristall-Individuen meist einseitig ihrer Unterlage auf und weisen daher lediglich *eine* Endpyramide auf. Je nach den vorherrschenden Wachstumsbedingungen sind weiterhin die einzelnen Kristallflächen verschieden ausgebildet. Neben beherrschende große Flächen treten unvermittelt kleine, unterentwickelte. Das bedingt wiederum die Entstehung zusätzlicher Flächen, Kanten und Ecken. So ist der Formenreichtum ein mannigfaltiger (vgl. Abb. 2a und b). Für manche - meist enger begrenzte - Vorkommen können auch bestimmte, stets wiederkehrende Kristallformen charakteristisch sein. Immer bleibt indessen eine strenge Gesetzmäßigkeit bestehen: Der Winkel zwischen je zwei Säulenflächen beträgt überall in der Welt stets  $120^\circ$ .

### 1. Quarz- und Amethystkristalle in Drusenräumen von Tiefengesteinen bzw. in Blasenräumen von Ergußgesteinen.

Ist der Hohlraum, in den die Kristalle hineingewachsen sind, geräumig genug - wie z.B. in größeren Drusenräumen von Tiefengesteinen und Pegmatiten oder in den Blasenräumen eines Ergußgesteines, etwa eines Kugelporphyrtes oder eines Melaphyrmandelsteines (vgl. Bild 1a) - so kleiden die einseitig aufgewachsenen Kristalle die gewölbten Innenflächen mit einem gleichmäßigen Kristallrasen aus. Besondere Glanzstücke dieser Art stellen z.B. die prächtigen dunkel-violetten Amethystdrusen in den brasilianischen Melaphyrmandelsteinen dar, die wir in vielen Museen in aller Welt bewundern können.

Die gewölbten kugel-, mandel- oder auch brotlaibförmigen Schalen, deren Innenseite die Kristalle aufsitzen, werden häufig von feingebändertem hellen Quarz, Chalzedon oder auch von verschiedenfarbigen Achat- bzw. Jaspislagen gebildet.

## 2. Herkunft und Fundpunkte von Amethystgeröllen aus Melaphyrmandelsteinen.

Mandelsteine dieser Art sind u.a. aus dem Nahetal (z.B. Idar-Oberstein) und von Waldhambach in der Rheinpfalz bekannt und werden unter anderem auch in den Rheinkiesen der südlichen, westlichen und nordwestlichen Niederlande als Gerölle gefunden.

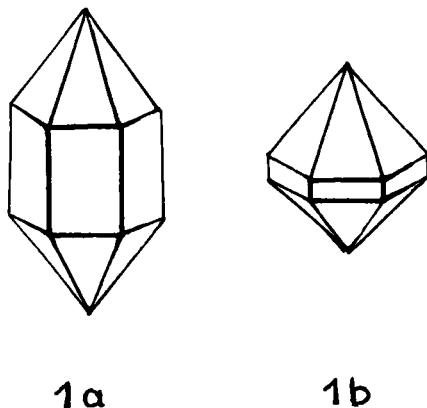


Abb. 1:

Idealformen von Quarzkristallen.

- a. Hexagonal-rhomboedrisches bzw. trigonales Prisma mit Bipyramide gleicher Stellung.
- b. desgl.; häufige Form in Quarzporphyren.

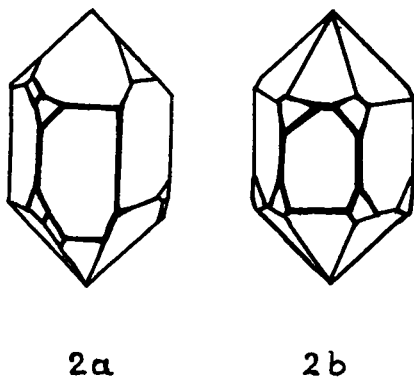


Abb. 2:

Flächenreiche Quarzkristalle.

- a. Linksquarz.
- b. Zwillingskristall.

### 3. Quarz- und Amethystkristalle als Füllung von Klüften und Gängen.

Im Gegensatz zu den in Drusenräumen oder in Mandelsteinen aufsitzenden Kristallen sind die Brüche und Spalten im Gestein ausfüllenden Gangquarze entweder massig oder in dicht aneinandergedrängten stengeligen Kristallen aufgewachsen und daher nur in Ausnahmefällen kristallographisch gut ausgebildet. So finden wir unter den Flußgeröllen in den Brelinger Bergen bei Hannover und in Sibculo milchig-weiße bis hellgelbliche, abgerollte Exemplare, die sich aus langgestreckten Quarzkristallen zusammensetzen. Nicht selten sind sie gebogen, geknickt oder gar zerbrochen und durch eine jüngere Quarzgeneration wieder verheilt. Sie stammen aus Mutterklüften, die während oder auch nach ihrer Ausbildung durch gebirgsbildende Kräfte erneut beansprucht wurden. Solche Quarzgänge finden sich u.a. im Harz und praktisch in allen Mittelgebirgen mit paläozoischen und älteren Gesteinen von den Sudeten im Südosten bis zu den Ardennen im Nordwesten und natürlich auch in den Alpen.

Bild 1:

- a. Teil der kugelförmig gewölbten Schale eines Mandelsteines mit aufsitzenden Amethystkristallen. Etwa doppelt vergrößert.

*Herkunft* unbekannt.

Aufnahme: Photoabtlg. des Niedersächs. Landesamtes für Bodenforschung (NLfB), Hannover-Buchholz, 1968.

- b. Leistenförmige Schwerspatkristalle (Baryt). In die Hohlräume zwischen den Leisten sind Quarzkristalle hineingewachsen. Etwa doppelt vergrößert.

*Herkunft*: Schwerspatgang von Badenweiler/Schwarzwald.

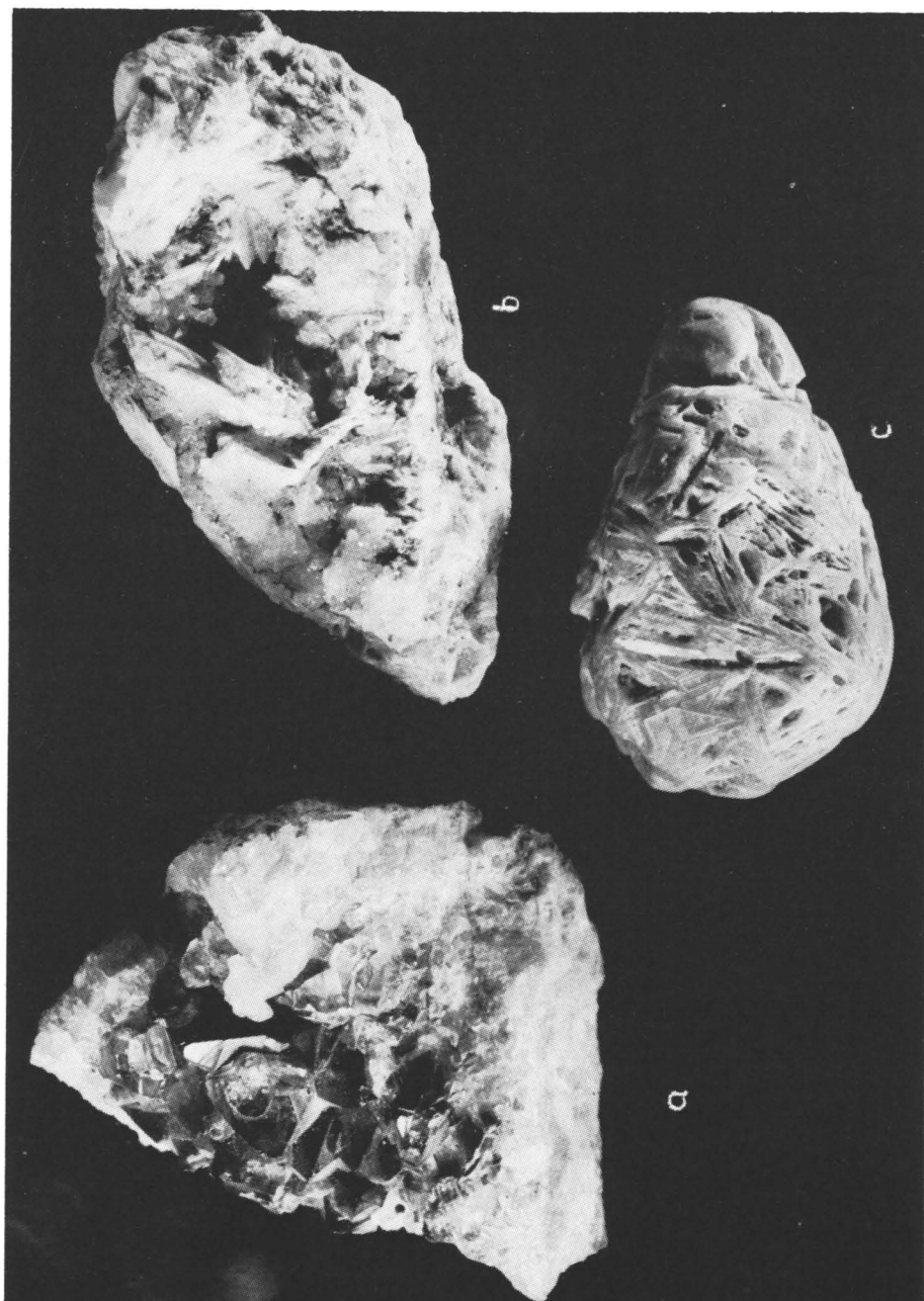
Aufnahmen: Photoabtlg. des NLfB, Hannover-Buchholz.

- c. Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspat (Baryt). Die Hohlräume zwischen den leistenförmigen, in Quarz umgewandelten Barytkristallen sind teils mit Quarz, teils mit rotem Bandjaspis ausgefüllt. Etwa doppelt vergrößert.

*Herkunft*: Oberflächenfund. Flußgeröll aus dem Gebiet südwestlich von Nienburg/Weser.

Aufnahme: Photoabtlg. des NLfB, Hannover-Buchholz.

Die Belegstücke zu b) und c) stammen aus Aufsammlungen des Verfassers.





Häufiger beobachtet man an Querschnitten von Geröllen spitzauslaufende Pyramidenflächen, die mit mehr oder minder abgeplatteten verschränkt sind; die Kristalle mußten sich in ihrer Form dem verbleibenden Raum anpassen.

Bei rhythmisch erfolgter Ganguauffüllung entstand ein Wechsel farbloser und verschieden intensiv gefärbter Quarz- und Amethystlagen. Im Anschliff zeigen solche Gangfüllungen zuweilen an Festungsachate erinnernde, bastionsartige Formen (Zonarquarze) (vgl. Bild 2a und b).

Ähnlich wie bei den gewölbten Mandelstein-Drusen treten zuweilen auch an den Salbändern der Gangfüllungen feingebänderte Quarz- und Chalzedonlagen oder auch verschiedenfarbene Achat- und Jaspisbänder auf. Gelegentlich ist die Gangfüllung nachträglich zertrümmert und durch blutrote Eisenverbindungen, Jaspis, Chalzedon oder Quarz verheilt, wobei häufig Sternquarzbildungen auftreten (vgl. Bild 2a).

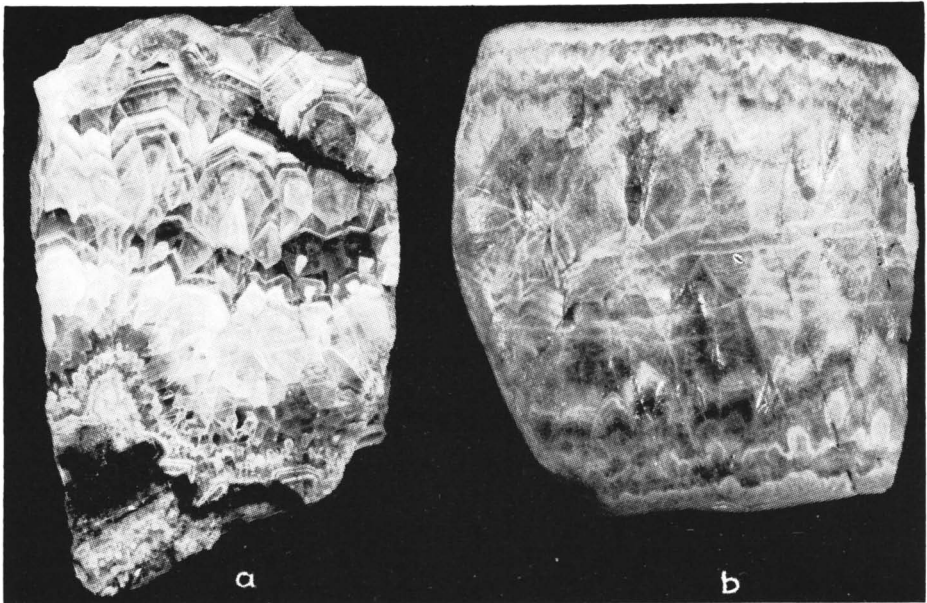
Seltener sind Pseudomorphosen von Kieselsäure-Mineralien nach Baryt (Schwerspat). Sie deuten, ebenso wie die roten eisenreichen Partien, im allgemeinen auf den Gangcharakter der eben besprochenen Quarze und Amethyste hin. Die Baryt-Substanz ( $\text{Ba SO}_4$ ) selbst ist durch Kieselsäurelösungen verdrängt und durch Quarz, Amethyst oder Chalzedon ersetzt worden. Die rechteckigen oder auch dreieckigen Hohlräume zwischen den einzelnen Blättchen werden zuweilen durch rote Eisenverbindungen oder Jaspis ausgefüllt (vgl. Bild 1 b u. c). Zu dieser Art gehören u.a. auch die von P. VAN DER LIJN (1963), S. 33 unter Fig. 6 und bei K. GENIESER (1953), Tafel VII, Fig. 12 u. 13, abgebildeten Lamellen-, Kasten- oder Zellenquarze.

#### 4. *Amethystvorkommen, Geröllgemeinschaften und Fundpunkte von Geröllen aus Amethystgängen.*

Gangfüllungen der eben beschriebenen Art finden sich z.B. häufig in den Rot-eisensteingängen des östlichen Erzgebirges im Einzugsgebiet der Elbe (E.) (Müglitz) und der beiden sächsischen Mulden (M., Mu.) und der Zschopau (Z.) (z.B. Schlottwitz, Wolkenstein, Purschenstein, Halsbach bei Freiberg i.Sa. und im Greifenbachtal bei Geyer) (vgl. Abb. 4). Gerölle dieser Art sind in den Brelinger Bergen, nördlich von Hannover, aber auch in Sibculo gelegentlich zu finden. Sie werden von Granitgeröllen, grünen Quarzporphyren, Perlaugenporphyren und Brekzientuffen aus dem nördlichen Thüringer Wald (Einzugsgebiete der Gera (G.), Apfelstädt (A.) und Ilm (I.) - in den Brelinger Bergen auch von Phonolithen<sup>1)</sup> und verkieselten paläozoischen Kieselhölzern - begleitet.

Es liegt daher nahe, die Amethystgerölle auf das östliche Erzgebirge zurückzuführen.

Im Thüringer Wald sind - bis auf gelegentliche Vorkommen in den sogenannten „Schneekopfkugeln“ (Kugel-Porphyre) bei Oberhof - Amethyste selten; desgleichen auf den Südharzer Gängen sowie bei Ilfeld (Melaphyrmandelstein) und Bad Sachsa (Felsit-Porphyr). Zu erwähnen wären weiterhin in Toneisensteinen der Unterkreide bei Peine aufsitzende Amethyste (freundliche mündliche Mitteilung von H. WALDECK). Sie sind sehr blaß und von abweichendem Aussehen.



**Bild 2:**

a. Helle und dunklere Amethystlagen wechseln miteinander ab. Unten Sternquarzbildungen und Roteisen (Hämatit). Etwas vergrößert.

*Herkunft:* Flußgeröll der Elbe; stammt vom Ober-Schlottwitzer-Amethystgang (vgl. Abb. 4). Fundort unbekannt.

*Aufnahme:* Photoabtlg. des NLfB, Hannover-Buchholz.

b. dsgl. Amethyst mit helleren Lagen an den Salbändern oben und unten. Etwas vergrößert.

*Herkunft:* Flußgeröll der Saale-Mulde; stammt wahrscheinlich aus dem Einzugsgebiet der Zschopau (Wolkenstein) oder der Freiburger Mulde (Osterzgebirge) (vgl. Abb. 4).

*Fundort:* Kiesbaggerei Metel/Averhoy, westlich der Brelinger Berge bei Neustadt am Rübenberge.

*Aufnahme:* Photoabtlg. des NLfB, Hannover-Buchholz.

Beide Belegstücke stammen aus Aufsammlungen des Verfassers.

Auf zweiter Lagerstätte wurden Geröll-Amethyste in Cenoman-Konglomeraten bei Dresden, in Eozänkiesen des Geiseltales bei Halle und zusammen mit paläozoischen Kieselhölzern in Rotliegendekonglomeraten der Mansfelder Mulde beobachtet.

Es wurde versucht, weitere Indizien für die östliche Herkunft der bei Sibculo gefundenen Geröll-Amethyste zu erhalten, um Unterschiede zwischen diesen und den vom Rhein antransportierten Amethysten aufzuspüren. Es wurden dieserhalb zwei Proben von Sibculo und je eine Probe aus Rheinablagerungen von Mill und von der Brunssumer Heide<sup>2)</sup> (Provinz Limburg) freundlicherweise durch H. FESSER im spektralanalytischen Labor der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover-Buchholz auf Spurenelemente untersucht und mit Amethystgeröllen der Brelinger Berge verglichen (vgl. Tab. 1). Die dabei gefundenen Unterschiede sind nur gering. Wahrscheinlich müßte eine weitaus größere Probenzahl untersucht werden, um wirklich sicher zu sein, daß die beobachteten Verschiedenheiten repräsentativ sind.

Inzwischen wurden bei einer gemeinsam mit Herrn W. F. ANDERSON unternommenen Sammelreise auch in Sellingen, Westdorp, Noordbroek, Emmerschans und am Hopfenberg zwischen Uelsen und Wilsum neben „Thüringer-Wald-Porphyrten“ Amethystgerölle gefunden, so daß an ihrer Herkunft aus östlicher Richtung nicht mehr zu zweifeln ist.

## II.

Vermutliche Ursachen der Häufung von Quarzgeröllen und von kieselsäurereichen Gesteinen in den pliozänen und alteiszeitlichen Flußkiesen Nordwestdeutschlands und der angrenzenden Niederlande.

Wie ist es wohl zu erklären, daß die pliozänen und alteiszeitlichen Flußsande und Kiese in Norddeutschland und den benachbarten Niederlanden sich vorwiegend aus Quarzen sowie kieselsäurehaltigen Mineralen und Gesteinen zusammensetzen, daß sie häufig verkieselte Kalksteine, Kalksandsteine und Fossilien enthalten und trotz weiter Transportwege oft noch recht erhebliche Geröllgrößen aufweisen?

### 1. *Verwitterungsauslese und Oberflächenverkieselung.*

Bekanntlich sind - ebenso wie die Quarze - auch alle kryptokristallinen und amorphen Minerale der Kieselsäure - wie z.B. der Chaledon, der Jaspis und der Opal - äußerst widerstandsfähig gegen jede chemische und physikalische Verwitterung. Ein Gleiches gilt für die kieselsäurehaltigen Gesteine wie z.B. Kiesel-schiefer, Radiolarite, Hornsteine, Eisenkiesel, Kieselhölzer, Quarzite, Quarzit-schiefer und Knollensteine (Süßwasserquarzite) sowie für verkieselte Ergußge-steine, Sandsteine, Kalksteine, und tierische Fossilien. Diese blieben bei der Verwitterung der leichter zerstörbaren Komponenten zurück und reicherten sich während der Tertiärzeit auf den unter subtropischen Klimabedingungen zu Fastebenen abgetragenen Gebirgsrümpfen an. Bei der Zersetzung der Feldspäte und anderer Silikate wurde Kieselsäure frei, die während der trockenen Jahreszeiten zu einer gebietsnahen Einkieselung der Landoberfläche führte. Davon wurden vor allem Kalksteine, Mergelsteine, Kalksandsteine und Schwammnadeln führende Gesteine mit ihrem Fossilinhalt - aber auch kristalline Gesteine - betroffen. Die

<i>Fundort u. Analysen-Nr.</i>	Ca	Be	Al	Ge	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Ag	Pb	Zn	Ga
<i>Metel/Averhoy</i> <i>Sp. 5228</i>	○	-	⊙	-	-	-	-	⊙	⊗	○	○	○	○	●
" <i>Sp. 5229</i>	-	-	○	-	-	-	-	⊙	⊗	○	○	○	-	●
" <i>Sp. 5861</i>	-	○	⊙	○	○	-	-	⊙	⊗	⊗	●	○	-	○
" <i>Sp. 5862</i>	-	○	○	○	⊙	●	-	⊙	⊗	⊗	●	○	-	⊙
<i>Sibculo(de Boer)</i> <i>Sp. 5232</i>	○	-	⊙	-	-	-	-	⊙	⊗	⊗	○	○	-	-
" <i>Sp. 5865</i>	-	○	⊙	○	○	-	⊙	⊙	⊗	○	●	○	-	⊙
<i>Mill bei</i> <i>N<sub>1</sub>/ 6459</i>	-	-	⊙	-	⊙	-	-	○	⊗	○	⊙	○	-	●
<i>Brunssumer Heide</i> <i>N<sub>2</sub>/ 6460</i>	-	⊙	⊙	-	-	-	-	⊗	⊗	○	⊗	●	-	⊙

Tab. 1  
Vergleich des Spurenelementgehaltes von Geröll-Amethysten.

Zeichenerklärung

● Spur ○ Spur bis schwach ○ Schwach ⊙ Schwach bis mittel ⊗ Mittel ⊗ Mittel bis stark

verkiezelte Landoberfläche ist heute fast vollkommen abgetragen; einzelne Reste sind in Südkandinavien nachgewiesen worden.

## *2. Hebungen und Senkungen der Erdkruste und Klimaänderungen.*

Während der Miozänzeit wurde das Meer durch weiträumige Hebungen allmählich aus der altangelegten Senke zwischen dem skandinavisch-baltischen Raum im Norden und den abgetragenen Rümpfen der deutschen Mittelgebirge im Süden zurückgedrängt. Neben und über den vorwiegend feinsandigen bis tonigen - meist stark glaukonitführenden und wechselnd kalkhaltigen - Meeresbildungen kamen nun kontinentale See- und Flußablagerungen zum Absatz (Braunkohlensande).

In kiesigen Lagen der Braunkohlensande, die sich vorwiegend aus Quarzgeröllen zusammensetzen, fanden sich bei Hedemünden, nahe der Einmündung der Werra (Wr.) in die Weser (W.), außer Sandstein- und Lyditgeröllen verkiezelte Hornsteine aus dem Mittleren Muschelkalk des Thüringer Beckens, wie sie in gleicher Art in den eiszeitlichen Flußkiesen bei Königslutter und in den Brelinger Bergen, nördlich von Hannover, bis hin zu den östlichen Niederlanden gefunden werden. Waren im Miozän bei uns noch subtropische Gewächse heimisch (z.B. Bitterfeld, Niederlausitz und Norddeutschland), so können wir die gut erhaltenen Laubblätter in den nach KRUTZSCH wohl bereits pliozänen Alauntonen der Niederlausitz als ein deutliches Anzeichen für eine allgemeine Abkühlung ansehen. An ihnen wurden typische Anzeichen für Frosteinwirkungen beobachtet.

Mit zunehmender Klimaverschlechterung starben die wärmeliebenden Gewächse allmählich aus und überdauerten nur in besonders geschützten Lagen die ersten Kaltzeitperioden. Sie wurden durch Einwanderung kalte-unempfindlicher Pflanzen aus dem Norden und aus den Steppengebieten des Ostens ersetzt. Ein Gleiches gilt von der Tierwelt.

Begünstigt und wohl auch wesentlich mitbestimmt wurde diese Entwicklung durch weiträumige Hebungen, die im Anschluß an die Auffaltung der Karpaten, Beskiden und Alpen im Pliozän und darüber hinaus bis ins Eiszeitalter die Böhmisches Masse und die sie umgebenden Mittelgebirgsrümpfe erfaßten. Diese Vorgänge steigerten sich unter Heraushebung des skandinavischen Hochgebirges und starker Absenkung des heutigen Nordegebietes nordwestlich von Amsterdam (mehr als 600 m!), unter anderem am Niederrhein und in der sächsischen Oberlausitz bis zu Bruchbildungen.

Die neu entstehenden Reliefunterschiede und das allmählich feuchter werdende Klima führten zur Ausbildung weitverzweigter Flußsysteme. Diese transportierten den vorwiegend aus Kieselsäure-Mineralen und -Gesteinen gebildeten Verwitterungsschutt des skandinavisch-baltischen Gebietes im Norden und der südlich gelegenen Mittelgebirgsräume in die norddeutsche Senke und von da in riesigen Schwemmfächern nach Westen.

Es ist verständlich, daß das Gefälle der Flüsse zu Beginn der gebirgsbildenden Bewegungen nur gering war. Die Flüsse waren noch nicht durch Uferkanten eingengt. Die Abspülung erfolgte zunächst in einzelnen Stromfäden, die ihre

Lage häufig veränderten. Die pliozänen und die ältesten eiszeitlichen Höhenterrassen nehmen daher flächenhaft breite Areale ein. Sie sind besonders reich an Milchquarzen und anderen verwitterungsbeständigen Geröllen, da die Flüsse im wesentlichen zunächst die an der Landoberfläche angereicherten Quarze und an Kieselsäure reichen Gesteine aufarbeiteten.

Mit wachsender Verstärkung der Reliefunterschiede und weiterem Absinken der Temperaturen wurde in den Hochgebieten die Pflanzendecke restlos zerstört. Frostverwitterung und Bodenfließen setzten ein. Zunächst bildeten sich örtliche Vergletscherungen in den Hochgebirgen Skandinaviens und der Alpen. Diese weiteten sich späterhin durch Zusammenschluß der Einzelgletscher zu einer Vorland-Vergletscherung aus. Schließlich kam es zu Inlandvereisungen größten Ausmaßes. Sie waren von einem merklichen Absinken der Meeresspiegel-Höhen begleitet.

### III.

Die Widerspiegelung der erdgeschichtlichen Ereignisse in den Flußablagerungen.

Alle diese erdgeschichtlichen Vorgänge spiegeln sich in den Flußablagerungen des norddeutschen und niederländischen Raumes und in den bisherigen Erkenntnissen über die Flußgeschichte einiger deutscher Flüsse wieder.

Leider sind bei weitem nicht alle Flüsse so eingehend untersucht worden, wie das am Rhein und an der Saale (S.) mit ihren Nebenflüssen geschehen ist. Die Flußgeschichte der Weser (W.) bedarf einer Neubearbeitung, die jedoch nur einen Erfolg verspricht, wenn von den einseitigen morphologischen Methoden abgegangen wird. Die Auffassung, daß die Flüsse sich bereits im Pliozän gleich tief oder tiefer eingeschnitten hätten, wie zur Heutzzeit, läßt sich für keinen der bisher untersuchten Flüsse halten. Das gleiche gilt für die Annahme, daß die Flüsse von jeher ihren heutigen Lauf eingenommen hätten und nur zeitweise durch das Inlandeis aus ihren Flußbetten verdrängt worden seien.

Die nach Westen gerichtete Entwässerung ist offensichtlich die Folge der o.g. Senkungen im Nordseeraum, vor der niederländischen Küste. Sie bestand bereits, bevor sich das erste Inlandeis nach Süden vorschob.

1. *Die Abtragung der kaolinisierten Verwitterungsrinde in den Gebirgen nördlich und südlich der norddeutschen Senke und die Spuren der ältesten Kaltzeiten.*
  - a. *die Ablagerungen des Kaolinsandflusses und des Senftenberger Elbelaufes.*

Im nordwestdeutschen Flachland - vor allem in dem uns besonders interessierenden nordwestdeutschen Raume - z.B. in Schleswig-Holstein (Eggerstedt bei Pinneberg), auf der Insel Sylt, in Oldenburg (Spohle, Aurich und Hesel bei Leer) - nach W. F. ANDERSON sehr wahrscheinlich auch in den Niederlanden - sind weiße Quarzsande eines Flusses bekannt, die u.a. zu weißem Kaolin verwitterte kristalline Gerölle, wie z.B. Granite und Gneise führen. Teilweise hat die Kaolinsubstanz den Sand zu dünnen Sandsteinbänkchen verkittet (z.B. bei Spohle und

Aurich). Nach eigenen Beobachtungen an einer tieferen Bohrung für das Wasserwerk Hesel bei Leer ist das in den kaolinhaltigen Sanden kursierende Grundwasser milchweiß gefärbt. Es bedarf eines längeren Abpumpens, bis das Wasser klar wird. Der die Sande und Kiese transportierende Fluß ist als „Kaolinsandfluß“ bezeichnet worden. Seine Ablagerungen sind dadurch besonders interessant, daß sie neben vielen gut abgerollten bläulich schimmernden Quarzgeröllchen häufig größere, meist eckige Stücke, violettgrauen bis schwärzlichen, verkieselten Kalk - bzw. Kalksandsteines und Versteinerungen aus den kambro-silurischen Schichten des Baltikums und des südlichen Schweden - jedoch keine Feuersteine der Oberkreide - enthalten.

Einlagerungen torfähnlicher Bildungen (Humodyle) auf Sylt sind als oberpliozän, die in einer tiefen Bohrung des Wasserwerkes Aurich als „wahrscheinlich mittel- bis jung-pliozän“ bestimmt worden.

Die hangenden Lagen des Kaolinsandes über den torfähnlichen Einlagerungen sind dagegen bereits unter dem Einfluß eines kalten Klimas (= Brüggen-Kaltzeit?) zur Ablagerung gekommen. Dafür sprechen einmal die großen - oft eckigen oder scherbzig zerfallenen - verkieselten Komponenten, zum anderen Erscheinungen, die auf eine nachträglich erfolgte vollkommene Auflösung großer, auf Flußeissschollen gedrifteter Kalksteinblöcke hindeuten (vgl. hierzu die Ausführungen in der Erdgeschichte von Schleswig-Holstein von K. GRIPP 1960).

Schon seit längere Zeit wird vermutet, daß die aus den deutschen Mittelgebirgen kommenden Flüsse - mit Ausnahme der Oder (O.), die wohl zum Posener Flammen-tonbecken im Osten entwässerte - in den Kaolinsandfluß einmündeten. Beobachtungen aus neuerer Zeit sprechen durchaus für diese Annahme; so z.B. - falls nicht aus dem skandinavisch-baltischen Raum stammend - das von K. GRIPP (1960, Anm. 57, S. 365) mitgeteilte Vorkommen von Amethystgeröllen im schleswig-holsteinischen Gebiet. Das Fehlen von Topas in den Schwermineralfraktionen des Kaolinsandes scheint dem zu widersprechen. Vergleichende Geröllzählungen werden vielleicht einmal zur endgültigen Klärung dieses Problemkreises führen. Kombiniert man indessen einige neuere Erkenntnisse miteinander, so bietet sich eine Lösung dieser Fragen wie folgt an:

Der Schwermineralvergleich je einer Sandprobe vom Morsumkliff auf Sylt mit Proben aus dem Senftenberger Elbelauf weist eine durch Verwitterungsauslese bedingte, weitgehende Übereinstimmung in der Mineralführung auf. Die leicht verwitternden, instabilen Minerale sind weitgehend zerstört, die verwitterungsunempfindlichen, stabilen, dagegen stark angereichert.

Daß die Kaolinsande und Teile der Ablagerungen des Senftenberger Elbelaufes mindestens z.T. als gleichalterig anzusehen sind, kann man wohl daraus ableiten, daß nördlich von Dresden sowie in der Niederlausitz außer Amethystgeröllen u.a. häufig violettgraue bis schwarze verkieselte Sedimentgesteine, daneben auch Porphyre und kleine blaugraue Achate sowie eckige und dolchförmige Fragmente mit glasglänzender Rinde (sogen. Wüstenlack) und Chalzedonklümpchen (Gelite) gefunden werden. Bei den Sedimenten handelt es sich z.T. um verkieselte Kreide-Spongiliten (= Schwammnadel-Gesteine) aus Ostböhmen, die auch in der am

höchsten gelegenen Elbeterrasse von Nestomitz (Nestomice) bei Königgrätz (Hradec-Kralov ) vorkommen. Diese Terrasse liegt tiefer als die pliozänen Schottereste dieses Gebietes. Sie wird als donaustadial (Brüggen-Kaltzeit?) angesehen. Große - auf Flu eisschollen eingedr ftete - Blöcke, die nördlich von Dresden beobachtet wurden, sprechen für eine kaltzeitliche Entstehung eines Teiles der Kieselserie, die auch durch einen im gleichen Niveau liegenden Frostbodenhorizont nachgewiesen ist.

Offensichtlich bildeten bereits zu jener Zeit die Saale (S.) mit der in sie einmündenden Freiburger- und Zwickauer-Mulde (Mu., M.) sowie der Weißen Elster (W.E.) ein selbständiges Flußsystem. Das würde bedeuten, daß der Elbe (E.) aus den topasf hrenden Bereichen des Osterzgebirges Topas nicht zugeführt wurde. Die auf dem Südhang des Erzgebirges entspringenden B che hatten sich ihrerseits noch nicht soweit rückwärts eingeschnitten, daß sie - wie es heutzutage geschieht - topasf hrende Bereiche entwässerten. Auf diese Weise ließe sich eine Amethystf hrung des Kaolinsandes bei gleichzeitigem Fehlen des Topases in der Schwermineralfraktion erklären.

Der hohe Sillimanitgehalt von Quarzsanden des Gebietes südlich von Berlin ließ S. DIENER vermuten, daß der Senftenberger Elbelauf diesen Raum quert hat.

*b. die Ablagerungen der Kiese vom Loosener Typ und der vermutlich zeitgleichen mitteldeutschen Flüsse: ihre Beziehungen zum Komplex von Hattem.*

Nach freundlicher brieflicher Mitteilung aus dem Jahre 1967 weist W. v. BÜLOW darauf hin, daß es möglich sei, die von ihm untersuchten hochliegenden Quarzkiese vom Loosener Typ - zu denen auch die von R terberg, Karenz und Mall  in Westmecklenburg gehören - als Ablagerungen eines in westlicher bis südwestlicher Richtung fließenden Stromes anzusehen, der zuvor die Elbe (E.) - möglicherweise den Senftenberger Elbelauf - als linken Nebenfluß aufnahm (vgl. Abb. 3).

Eine halbquantitative Zählung von mehr als 1000 auf der Sohle der Grube in Loosen verstreuten Nichtquarzger llen hatte nach W. v. BÜLOW folgendes Ergebnis:

*Nordische Herkunft*

460 Kreidefeuersteine, merkwürdig zernarbt und schwarz überkrustet.

ca. 200 verkieselte Kalke, meist wohl nordisches Silur mit Bruchstücken verkieselter Oberflächen. U.a. *Astylospongia*, *A locopium* (9 Exemplare), *Hindia* (2), *Carpospongia* (2), *Favosites* (3), *Diplotrypa* (3) u.a.

*Südlicher Herkunft*

347 Lydite

61 Sandsteine, mürbe, z.T. mit Rekristallisationen

2 Terti rquarzite (Knollensteine)

1 Kastenquarz

*Herkunft ungewiß*

48 Gelite

Die Schwermineral gemeinschaft ist sehr stabil.



Allgemeine Gliederung	Regionales Schema für die DDR			Th. Becken	Altmoränengebiete des Fläming und der Niederlausitz
	Stufe	Untergliedg.			
Saale-K. (l.w.S.)	Saale-K. (l.e.S.)	Spätglaz.		Kindebrucker Terr.	Grundmoräne S 1
		Hochglaz.			
		Frühglaz.			
		stad. i. stad. stad.			
Holstein-W. (l.w.S.) (Niederen)	? Dömnitz-W. Fuhne-K.				
	Holstein-W. (l.e.S.)		Riedorfer Saalelauf mit Interglazial von Edderitz	2 Edderitzer Boden Saale-Mulde-Lauf	Kieselfgur von Klieken (linnisch)
„Elster“	Elster-K. (l.e.S.)	Spätglazial	Zerbiger Saale/Mulde!?	Intensive Verwitterung Wangener-Terr.	Grundmoräne E II
		Hochglazial	Grundmoräne E II	Grundmoräne E II	
		Frühglazial	Jung. Grobschotter Fauna v. Süßenborn	Jung. Grobschotter Fauna v. Süßenborn	
„Cromer“	Vorglaziell-W.			Tone und Sande von Lützenommern	
		Helme-K.			
		Spätglazial	Grundmoräne E I		Mächtige Beckenbildg. Grundmoräne E I
Menap-K.	Menap-K.	Hochglazial	„Frühglazialzeit. Terr.“?	Ältere Grobschotter Boden von Gohla?	Einschnitten der tiefen Rinnen
		Frühglazial			
Artern-W.					
Waal-W.	Waal-W.		„Untere frühzeisl. Terr.“? „Mittlere frühzeisl. Terr.“?		
Eburon-K.	Eburon-K.		„Obere frühzeislische Terr.“	Zersetzungsrohschotter	Bautzener Elbelauf
Tegelen-W.	Tegelen-W.			Zersetzungsreihe mit Fauna v. Rippertroda und Dienstel?	Intensive Verwitterung
Brüggen-K. (Prae-Tegelen)	Brüggen-K.			Zersetzungsreihe?	Seufteberger Elbelauf (Oberer Teil mit zeitgleich. Frostboden-erscheinungen und Eischollen-drift)

Tab. 2  
Ausschnitt aus „Stratigraphisches Korrelationsschema für das Pleistozän der Deutschen Demokratischen Republik“. Zusammengestellt von A. CEPEK. Anl.-Tab. 17 aus dem „Grundriß der Geologie der DDR“, Band I, Akademie-Verlag, Berlin 1968 mit einigen Umstellungen für die vorliegende Abhandlung abgewandelt.

Die Schüttung dieser Kiese soll sich nach v. BÜLOW „vielleicht bis Holland (im Komplex von Hattem?)“ fortsetzen.

Vorausgesetzt, daß die zahlreichen Feuersteine wirklich in den beschriebenen Quarzkiesen auftreten, handelt es sich - trotz der zahlreichen Funde verkieselter kambro-silurischer Gerölle - offensichtlich um Ablagerungen, die jünger sind als die des Kaolinsandflusses, die ja völlig feuersteinfrei sind. Die kambro-silurischen Verkieselungen deuten auf das gleiche Einzugsgebiet wie das des Kaolinsandflusses hin. Es kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden, daß sie aus dem Kaolinsand aufgenommen und umgelagert wurden.

Lydite, Sandsteine und Tertiärquarzite (Knollensteine) sind - ebenso wie die roten Eisenkiesel - zumindest den älteren Terrassen fast aller norddeutschen Flüsse gemeinsam. Sie könnten daher durchaus auch durch den nach der heutigen Odermündung (Hohenfinow?) gerichteten Bautzener Elbelauf bzw. durch einen Vorläufer der heutigen Oder zugeführt worden sein (vgl. Abb. 3). Die vereinzelt Verkieselungen südlicher Herkunft könnten in diesem Falle aus den Ablagerungen des Senftenberger Elbelaufes bzw. einer älteren Oderterrasse aufgenommen worden sein.

Vor kurzem wurde in den Loosener Kiesen von Rüterberg (Wendisch-Wehningen) eine Flora entdeckt, die ihrem Übergangscharakter nach etwa in die Zeit zwischen dem Pliozän und den ältesten eiszeitlichen Ablagerungen gehören soll. Trifft das zu, so dürften die Kiese vom Loosener Typ nur wenig jünger sein als diejenigen des Kaolinsandflusses.

Auch dem Hattem-Komplex können sie altersmäßig nicht gleichgestellt werden. Von Hattem wird ja gerade eine *sehr geringe* Feuersteinführung angegeben. Aufgrund ihrer starken Feuersteinführung sind sie offensichtlich jünger als die Sande und Kiese dieses Komplexes.

Einzelne auf Flußeisschollen eingedriftete Buntsandsteinblöcke sowie Lehmgerölle mit eckigem Umriss lassen eine kaltzeitliche Entstehung des Hattem-Komplexes vermuten. Diese Kaltzeit könnte - immer eine Feuersteinführung der Loosener Quarzkiese vorausgesetzt - evtl. auch älter als das Menap sein, da die Loosener Kiese wegen ihrer relativ hohen Lage zum Meeresspiegelniveau (= ca. 40 m + NN) - ebenso wie die Sande und Kiese des Hattem-Komplexes - aus der Zeit vor der Einschnidung eines tiefen Rinnensystems in Norddeutschland stammen müssen (vgl. Tab. 2).

Nach neueren Forschungsergebnissen im Gebiet von Brandenburg, der Ober- und Niederlausitz und des Thüringer Beckens wurde die Ausbildung dieser Rinnen ganz offensichtlich durch eine Heraushebung der Mittelgebirge an oder parallel zu altangelegten Störungen - in deren Vorland durch eine tektonisch gesteuerte verstärkte Subrosion - eingeleitet. Die Rinnenbildung liegt nach einer Zusammenstellung von A. CEPEK in der Lausitz zwischen der kaltzeitlichen Ablagerung (? Eburon) der Kiese des Bautzener Elbelaufes und den Moränenablagerungen des ältesten Inlandeisvorstoßes in den bereits vollständig eingefrösten Rinnen (= Helme-Kaltzeit - früher Elster I). Die tektonischen Bewegungen müssen sich teilweise

noch während der Helme-Kaltzeit fortgesetzt haben, da an einigen Orten u.a. die Mächtigkeit und Lagerung dieser Grundmoräne noch von ihnen beeinflusst wurden (vgl. Tab. 2).

Im Thüringer Becken sind die tektonisch gesteuerten Subrosionen längst altangelegter Störungslinien nach ZIEGENHARDT zeitlich zwischen den Ablagerungen der Zersatzgrobsschotter und der älteren Grobsschotter, d.h. etwa im gleichen Zeitabschnitt wie in der Lausitz erfolgt.

Der Hattem-Komplex - wie auch die etwas jüngeren Loosener Kiese - mußten demnach in dem Zeitabschnitt zwischen der Ablagerung der jüngsten - bereits kaltzeitlich beeinflussten - Kaolinsande (Brüggen-Kaltzeit?) und dem Beginn der Eintiefung der Rinnen noch während oder nach der Eburon-Kaltzeit abgelagert worden sein.

Auffällig ist die von W. v. BÜLOW beschriebene merkwürdig zernarbte und schwarz überkrustete Tracht der Kreidefeuersteine. Diese läßt - in Verbindung mit eigenen Beobachtungen im Hümmling - vermuten, daß auch die Kreideschichten des Ostseegebietes an ihrer Oberfläche eine sekundäre Verkieselung erfuhren.

Bei Wipplingen/Renkenberge wurden aus einem hellen tonigen Schluff (? saalezeitlicher Geschiebelehm) auffällig violettgrau bis taubenblau gefärbte Feuersteine, z. T. mit schwarzen Krustenteilen gefunden. Außerdem konnten dort drei Seeigelreste mit Kieselringen aus Chaledon, ein Gryphaeenstück sowie der Rest eines Juraammoniten aufgesammelt werden. Weiterhin sind dort Thüringerwald-Gesteine - vor allem Brekzientuffe und Granite - häufig. Auch stark verwitterte Rhombenporphyre wurden beobachtet, während Amethystgerölle und kambro-silurische Verkieselungen trotz intensiver Suche bisher nicht nachgewiesen werden konnten.

Die von KRUL aus der Provinz Twente beschriebenen - u.a. auch in den Brelinger Bergen vorkommenden - verkieselten Schwämme der Oberkreide dürften daher - ebenso wie die Belemnitenreste mit Kieselringen - nicht allein aus der hannoverschen Oberkreide (Misburg, Oberg) herzuleiten sein.

Darauf weist u.a. der Fund eines solchen Schwammes in einer Kiesgrube bei Neindorf, zwischen Wolfsburg und Königslutter (Sammlung KLAGES) hin.

In Sellingen und Noordbroek zeigen viele der Feuersteine ebenfalls ein merkwürdig zernarbtes Aussehen. Vereinzelt sind auch Stücke mit glänzender schwarzer Rinde vorhanden. Vor einem einheimischen Sammler werden in Noordbroek regelmäßig verkieselte kambro-silurische sowie Oberkreide- und Jura-fossilien aufgesammelt. In den Kiesbaggereien von Odoornerveen, Westdorp, Exloo und Emmerschans dagegen sind - bei gleicher Zusammensetzung an südlichen Komponenten wie in Sellingen und Noordbroek - derartige Feuersteine nicht beobachtet worden.

Das scheint die Annahme von K. RICHTER und W. F. ANDERSON zu bestätigen, daß der aus den deutschen Mittelgebirgen kommende Fluß - nach eigenen Leitgeröll-Bestimmungen, unterstützt durch Schwermineraluntersuchungen einiger Sandproben, die von der Elbe getrennt fließende Saale mit den beiden erzgebirgischen Mulden und den im Harz entspringenden Flüssen - aus Nordosten oder Osten einen Zufluß erhielt. Wahrscheinlich vereinigte sich die Saale-Mulde mit einem ihrer Arme etwa im Bereich des Hunte-Leda-„Urstromtales“ mit dem von Osten kommenden Fluß (Loosener Kiese?).

Das nach Westen auf das Amsterdamer Absenkungszentrum hin entwässernde Flußsystem jener Zeit dürfte mancherlei Ähnlichkeit mit dem der heutigen Donau aufgewiesen haben, in das von den Alpen her durch Gletscherschmelzwässer, von Norden her dagegen durch Niederschläge und Grundwasser gespeiste Flüsse einmünden.

So ist es unter anderem denkbar, daß das durch Schmelzwässer der skandinavischen Hochgebirgsgletscher und durch die mitteldeutschen Flüsse gespeiste Flußsystem (Loosener Kiese?) einen Zufluß aus dem Oslogebiet erhielt. Durch diesen wären Rhombenporphyrgerölle sowie verkieselte Gesteine und Fossilien der schwedisch-dänischen Oberkreide bzw. von Kreideschollen aus dem Top norddeutscher Salzstöcke zugeführt worden.

#### IV.

##### Offengebliebene Fragen

1. *Zeitliche Zuordnung der „Oberen“ und der übrigen „früheiszeitlichen Saaleterrassen“ zu dem nach Westen gerichteten Flußsystem.*

Ob die im östlichen und südöstlichen Harzvorland nachgewiesene „Obere früheiszeitliche Saaleterrasse“ dem oben beschriebenen Flußsystem zeitlich zuzuordnen ist, läßt sich z.Z. nicht mit Sicherheit aussagen. Diese Zuordnung hängt im wesentlichen von dem Zeitpunkt ab, an dem die Ausräumung des norddeutschen Rinnensystems begann.

Über die Dauer dieses Vorganges ist gleichfalls nichts bekannt. Man darf wohl aber annehmen, daß bei einer durch tektonische Bewegungen eingeleiteten Einschnidung sich diese in dem vorwiegend aus unverfestigten, tertiären Lockersedimenten zusammengesetzten Untergrund verhältnismäßig rasch vollzogen haben wird.

2. *Die Unterscheidung verschieden alter quarzreicher Saale-Mulde-Kiese in Nordwestdeutschland und den angrenzenden Niederlanden.*

Sehr wahrscheinlich sind im nordwestdeutschen Raum und in den angrenzenden niederländischen Gebieten verschieden alte Kiesablagerungen des Saale- bzw. Saale-Mulde-Flußsystems vorhanden.

So könnten u.a. der extrem reiche Quarzanteil, das völlige bzw. auch nahezu völlige Fehlen von Feuerstein, starke Verwitterungserscheinungen an Porphy- und Granitgeröllen u.a.m. auf ein höheres Alter mancher dieser Kiese hindeuten.

### 3. *Die eventuelle Entstehung des nach Westen gerichteten Saale-Mulde-Flußsystems durch Flußpiraterie.*

Zu untersuchen wäre ferner, ob sich das beschriebene selbständige Saale-Mulde-Flußsystem erst allmählich durch Flußpiraterie herausbildete, indem zunächst nur die Unstrut oder die Saale mit der Weißen Elster allein nach Westen abströmten und vermöge ihres stärkeren Gefälles nacheinander auch die beiden erzgebirgischen Mulden angezapft hätten.

### 4. *Vorkommen und Zusammensetzung eventuell altersgleicher Weser- und Leine-Kiese.*

Von der Weser und Leine sind pliozäne oder früheitszeitliche quarzreiche Kiese aus dem Gebirgsvorland nicht bekannt. Sie sind wohl auch kaum zu erwarten. Die Weser war zu jener Zeit wohl im wesentlichen auf das im Bereich mesozoischer und tertiärer Schichten liegende Einzugsgebiet der Fulda beschränkt. Quarze wurden ihr nur von der Eder und Diemel zugeführt. Im Vergleich zu dem beschriebenen Saale-Mulde-Flußsystem dürfte sie zu jener Zeit relativ unbedeutend gewesen sein. Wäre sie an der aufgezeigten Schüttung der Saale-Mulde-Kiese wesentlich beteiligt gewesen, so müßte diese einen weitaus höheren Prozentsatz an mesozoischen Sandsteinen aufweisen.

Es ist jedoch möglich, daß es einen älteren Weserlauf gab, der über Bramsche hinaus nach Westen gerichtet war. Die nördlich des Wiehengebirges u.a. bei Lübbecke, Bohmte und Schwagstorf nachgewiesenen Weserkiese gehören sehr wahrscheinlich zu einem jüngeren Lauf, der etwa westlich am Dümmer See vorbei nach Norden abgog und vielleicht dem heutigen Unterlauf der Hase (H.) folgte.

Dabei mag die Weser (W.) Geröllmaterial aus den älteren quarzreichen Saale-Mulde-Kiesen aufgenommen und weiterverfrachtet haben.

Im Gegensatz zu den aus dem *nördlichen* Thüringerwald stammenden Porphyrgeröllen des Saale-Mulde-Flußsystems brachte die Leine vor allem rot- und lederbraune Porphyrite und Porphyre aus dem *südlichen* Thüringerwald mit. Sie wurden ihr von der Werra zugeführt, die damals noch nicht zum Flußsystem der Weser gehörte. Weitere paläozoische Gesteine wurden ihr durch die Harzflüsse geliefert. Den größten Prozentsatz an Geröllen dürften auch früher schon die Buntsandstein- und Muschelkalkschichten beigesteuert haben. Darunter u.a. die verkieselten Hornsteine des Mittleren Muschelkalkes mit ihren wurmförmig gestreckten Oolithen.

## V

Vorkommen, Zusammensetzung und Nachweise der Saale-Mulde-Kiese.

### 1. *Vergleich der Verhältnisse zwischen Gesamtquarz, einheimischem mesozoischen Sandstein und südlichem Porphyrit in Saale-Mulde-Kiesen verschiedener Fundorte.*

Während in den Brelinger Bergen vorwiegend jüngere drenthezeitliche Saale-Mulde-Kiese vertreten sind, die bei wechselndem Porphyrinteil an mesozoischen Sandsteinen reich, an Quarz dagegen relativ arm (rd. 18 bis 20 %) sind, weisen die bisher untersuchten Saale- bzw. Saale-Mulde-Kiese westlich der Weser und in den östlichen Niederlanden einen sehr hohen Quarzanteil auf (vgl. Abb. 4). Diesem steht ein nur geringer Prozentsatz an Porphyrgeröllen und an mesozoischem Sandstein gegenüber. Kiese dieser Art treten in der Stauchzone der Brelinger Berge nur äußerst selten und stets im engsten Kontakt mit aufgeschuppten Kreidetonen auf (Dudenbostel/Rodenbostel). Sie wurden ferner in der Bohrung Groß Hehlen bei Celle mit ihrer Basis in 63,70 m Tiefe (= 8,20 m -NN) über anstehendem Tertiär erbohrt. Feuerstein und nordisches Kristallin fehlen in diesen Kiesen völlig; bei weiteren Vorkommen z.B. bei Kirchdorf, nördlich Uchte und bei der Ziegelei Hemsloh, östlich von Diepholz, sind Feuersteine (evtl. einheimisch?) nur ganz vereinzelt vertreten. In der Kellenberg-Moräne bei Wagenfeld-Barver schließlich sind umgelagerte Kiese mit unterschiedlichem Gehalt an Feuerstein und nordischem Kristallin auf stark eisenschüssige, feuersteinfreie, quarzreiche Kiese in Einzelschuppen überschoben.

Einer jüngeren Schüttung gehören wohl die Kiese von Metel/Averhoy, westlich der Brelinger Berge an, die durch einen geringeren Quarzanteil und durch einen hohen Anteil an groben Geröllen besonders auffallen. Ihr Gehalt an Feuerstein und an nordischem Kristallin ist sichtlich höher. Einheimisches und nordisches Kristallin ist teilweise stark verwittert, so unter anderem Phonolith, Rapakivi-Granit, Bredvad- und Rhombenporphyr.

In ihrer Zusammensetzung erinnern sie an Kiese, die in der ehemaligen Ziegelei Schessinghausen direkt über tertiärem Ton entnommen wurden, sowie an die aus einem hellen tonigen Schluff (? Geschiebelehm) aufgesammelten Komponenten in der Kies- und Sandbaggerei der Firma JANSSEN. Aschendorf, in Wippingen/Renkenberge. Möglicherweise gehören auch einige Proben von Sibculo zu diesen jüngeren Kiesen (vgl. Abb. 4).

Ob sich die jüngeren - wohl drenthezeitlichen - sandsteinreichen und quarzarmen Saale-Mulde-Kiese der Brelinger Berge westlich der Weser fortsetzen, ist z.Z. nicht bekannt. Ihr Quarz-Porphyr-Sandstein-Verhältnis gleicht demjenigen der Puritzmühle bei Königslutter und einer Probe aus der Bohrung Broistedt-Kali Nr. 103 (vgl. Abb. 4).

## *2. Hinweise auf Beziehungen zu jungen Erdkrustenbewegungen.*

Die Fundpunkte der quarzreichen Saale-Mulde-Kiese liegen größtenteils im Bereich der Stauchzone der Rehburger Phase (vgl. Abb. 3). Die einzelnen Gletscherloben dieser Stauchzone sind im Bereich zwischen Hannover und Lingen an der Lems wie einer Perlenkette an der Nahtstelle zweier tektonischen Großeinheiten - dem Niedersächsischen Becken und der sogenannten Pompeckj'schen Schwelle - aufgereiht. Dieser Bereich zeichnet sich durch einen deutlichen Schwereabfall von 20 mgal aus.

Es wird vermutet, daß tektonische Bewegungen längs dieser Linie den Lauf der

früheiszeitlichen Saale-Mulde beeinflussen, und daß beim Vorstoß des ersten Inlandeises der Saale-Eiszeit (= Drenthe) noch eine deutliche Geländekante vorhanden war, die zu den Stauchungen in diesem Bereich führte.

### 3. *Der Aussagewert der verschiedenen Untersuchungsmethoden.*

Wegen der Gleichartigkeit der meisten Geröllarten der mitteldeutschen Flüsse führten die Geröllzählungen allein nur zu Altershinweisen. Sie lieferten dagegen keine schlüssigen Hinweise auf das die Gerölle transportierende Flußsystem (vgl. Abb. 4).

Charakteristische Leitgerölle wurden gefunden. Sie weisen auf das thüringisch-erzgebirgische Einzugsgebiet der Saale und Mulde (vgl. Abb. 3). Eine genaue Beschreibung der Leitgerölle soll in einer besonderen Abhandlung erfolgen.

Schwermineraluntersuchungen sind bisher nur sehr wenige durchgeführt worden. Für die quarzreichen, älteren, wie für die quarzarmen, jüngeren Kiese kann durch den Nachweis von Topas und Ägirinaugit die erzgebirgische Herkunft eines Teiles der Leitgerölle als bestätigt gelten.

Unterschiede im Prozentsatz an stabilen und metamorphen Schwermineralen und das mit einer Häufung von einheimischen Basaltgeröllen gekoppelte Auftreten von ? Olivin in den jüngeren Kiesen, berechtigen zu der Hoffnung, daß es möglich sein wird, durch vergleichende Schwermineraluntersuchungen verschieden alte und aus unterschiedlichen Einzugsgebieten herrührende fluviatile Schüttungen unterscheiden zu können.

Die Klärung von Einzelfragen bedarf eines weiteren intensiven Studiums im Gelände wie in der Literatur. Sie muß einer späteren ausführlichen Abhandlung vorbehalten bleiben.

<sup>1)</sup> Ein Phonolithgeröll gleicher Art fand W. DECHEND (freundliche mündliche Mitteilung) in den Dammer Bergen bei Steinfeld.

<sup>2)</sup> Diese Proben wurden dankenwerterweise von den Herren für die Untersuchung zur Verfügung gestellt.

<sup>3)</sup> auf Flußeischollen gedrifteter.

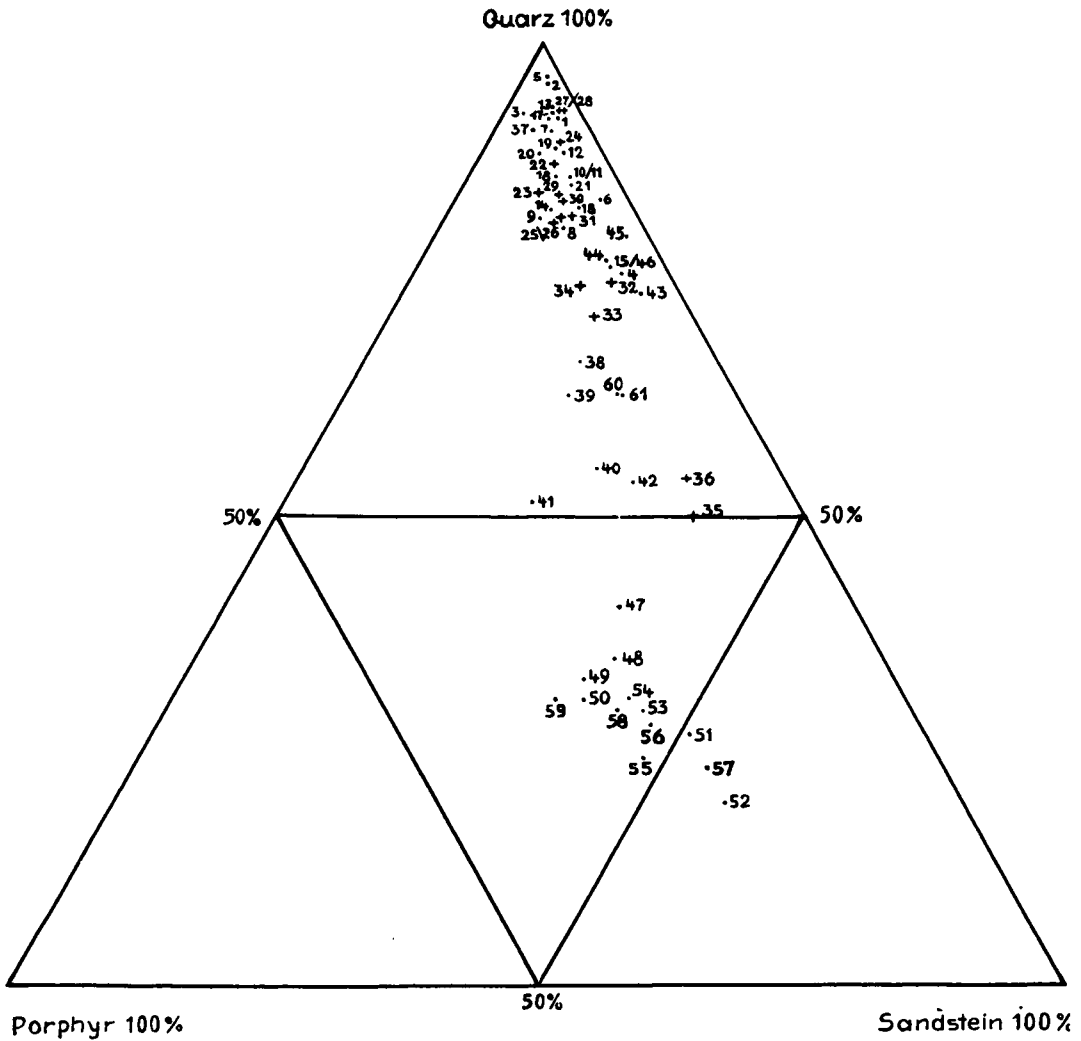


Abb. 3:  
Verhältnis zwischen Gesamtquarz (Qu), südlichem Porphy (Po) und einheimischem mesozoischen Sandstein (S) in der Kiesfraktion 6, 3 bis 10 mm. Die jeweilige Anzahl der Gerölle wird addiert:  $Qu + Po + S = 100\%$ . Danach wird der Prozentsatz der einzelnen Geröllarten berechnet und als Punkt in das Dreiecksdiagramm eingetragen.



Tab. 3

Verhältnis zwischen Quarz (gesamt), Porphyry und mesozoischem Sandstein in der Kiesfraktion 6,3 bis 10 mm.

1.	Groß Hehlen I	von 62,5 bis 63,7 m Tiefe (= 7,5 m bis 8,2 m —NN)
2.	bei Celle	von 56,5 bis 62,5 m Tiefe (= 1,7 m bis 7,5 m —NN)
3.		von 54,8 bis 55,7 m Tiefe (= 0,2 m +NN bis 0,7 m —NN)
4.	Brelinger	Mellendorf
5.	Berge	Dudenbostel/Rodenbostel
6.		Dudenbostel/Rodenbostel
7.	Böhrde	SE von Kirchdorf
8.	Kellenberg-	Wagenfeld-Barver ~ 4,5 m Teufe
9.	Moräne	Wagenfeld-Barver
10.		Wagenfeld-Barver ~ 6,0 m Teufe
11.		Mittel - Darne, Grube Ruth
12.	Lingen	Nordlohne, Grube Schulte, Probe 1
13.		Nordlohne, Grube Schulte, Probe 2
14.	Uelsen	Hopfenberg bei Uelsen, Probe 1
15.		Hopfenberg bei Uelsen, Probe 2
16.	Lindloh	Kleine Grube
17.		Teske & Co., Wipplingen, Probe 1
18.		Teske & Co., Wipplingen, Probe 2
19.	Hümmling	Janssen, Aschendorf / Wipplingen, Probe 1
20.		Janssen, Aschendorf / Wipplingen, Probe 2
21.		Janssen, Aschendorf / Wipplingen, Probe 3
22.		Sleeboos/Oldenzaal
23.		Exloo, Probe 1
24.		Exloo, Probe 2
25.		Odoornerveen, Probe 1
26.		Odoornerveen, Probe 2
27.	östliche	Sellingen I
28.	Nieder-	Sellingen II
29.	lande	Noordbroek
30.		Westdorp (de Boer), Probe 1
31.		Westdorp (de Boer), Probe 2
32.		Sibculo (de Boer)
33.		Sibculo (Alderink), Probe 1
34.		Sibculo (Alderink), Probe 2
35.		Sibculo (Bevink en Bolks), Probe 1
36.		Sibculo (Bevink en Bolks), Probe 2
37.	Aurich	Brokzetel (Sandgrube am Westausgang des Ortes)
38.		Metel/Averhoy ~ 8,0 m Teufe
39.	westlich der	Metel/Averhoy Oberfläche
40.	Brelinger Berge	Metel/Averhoy ~ 0,8 m Teufe
41.	Diepholz	Kiesgrube für Betonwerk Hemsloh
42.	Nienburg/W.	Blenhorst, NW Nienburg
43.		Schessinghausen, S Nienburg (von 4 bis > 10 mm)
44.	Lingen-Dalum	Osterbrock, Br. 3 a (43,50 m u. Obfl.)

45.	—	Dammer Berge	Bökenberg bei Steinfeld, Probe 1
46.			Bökenberg bei Steinfeld, Probe 2
47.			Probe I
48.	—	Königslutter	Probe II
49.			Puritzmühle Probe III
50.			Probe IV
51.	—	Braunschweig	Bohrung Broistedt - Kali Nr. 103
52.			Scharrel, Probe 1
53.			Scharrel, Probe 2
54.	—	Brelinger- Berge	Scharrel, Probe 3
55.			Dudenbostel/Rodenbostel Probe 9
56.			Dudenbostel/Rodenbostel Probe 10
57.			Dudenbostel/Rodenbostel Probe 11
58.			Dudenbostel/Rodenbostel Probe 15
59.			Scharrel, Probe 7
60.	—	Nienburg/W.	Linsburg, Grindener Wald, Jg. 36
61.		Brelinger Berge	Abbensen, Probe 21

Tab. 3

Herkunft der in der Abb. 3 (Dreiecksdarstellung) angegebenen Proben.

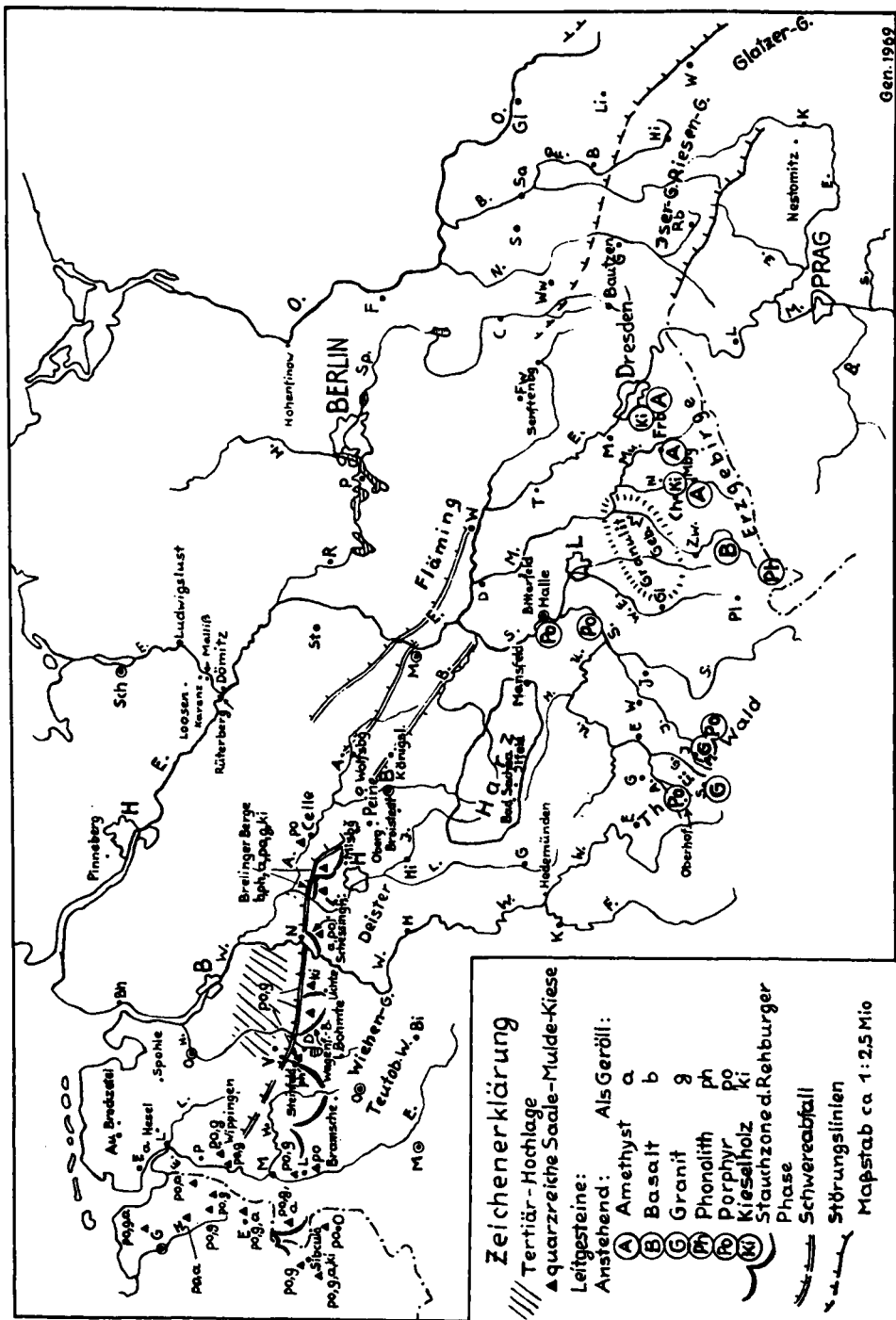


Abb. 4:  
 Übersichtskärtchen. Maßstab ca. 1 : 2,5 Mio (im Entwurf). Dargestellt sind die Vorkommen charakteristischer Leitgesteine sowie deren Verbreitung als Leitgerölle in den quarzreichen, buntsandsteinarmen Kiesen Nordwestdeutschlands und der östlichen Niederlande.

## AUSGEWÄHLTE SCHRIFTEN

- AHORNER, L.: Untersuchungen zur quartären Bruchtektonik der Niederrheinischen Bucht - Eiszeitalter u. Gegenwart, 13, S. 24-105, Öhringen/Württ. 1962.
- ANDERSON, W. F.: De oorsprong en de transportwegen van het grind uit de witte zanden van Sibculo - Grondboor en Hamer 4, 1958.
- BECK, R.: (überarbeitete Monographie von Müller, H. (1848): Die Erzlagerstätten der Umgebung von Marienberg - Jb. f.d. Berg - u. Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1912, Freiberg (Sachsen).
- BEHRENDT, L.: Ein Beitrag zur Rotliegendkartierung auf Blatt Tambach-Dietharz (Thüringer Wald) - Geologie, 17, H. 3, S. 237-364, Akad. Verl. Berlin 1968.
- BRAUSE, H., D. STEDING & G. SCHUBERT: Tektonische Beziehungen zwischen Prätertiär und Quartär in der nördlichen Oberlausitz - Geologie 13, S. 731-744, Akad. Verl. Berlin 1964.
- BUCHWALD, J.: Die Bedeutung des „Bautzener Elbelaufes“ für die Erkundung von feuerfesten Schamottentonen - Z. angew. Geol. 12, H. 8, S. 428-431, 1966.
- v. BÜLOW, W.: Oberpliozäne und altpleistozäne Quarzschotter mit nordischen und südlichen Geröllen in SW-Mecklenburg - Unveröff. Diss., Univ. Rostock 1964.
- v. BÜLOW, W.: Zur Quartärbasis in Mecklenburg - Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont. 12, H 3/4, S. 405-413, Akad. Verl. Berlin 1967.
- CEPEK, A. G.: Quartär. Stratigraphie und paläogeographische Entwicklung - in Grundriß der Geologie der Deutschen Demokratischen Republik, 1, S. 385-420, Akad. Verl., Berlin 1968.
- DIENER, S.: Pleistozän südlich und südwestlich von Berlin - Exkursionsführer Brandenburg, Akad. Verl., Berlin 1960.
- EISSMANN, L.: Die alt- und frühpleistozänen Schotterterrassen am Südrand des norddeutschen Tieflandes zwischen Mulde u. Elbe - Geologie 14, S. 91-519, Berlin 1965.
- FISCHER, W.: Das Amethyst-Vorkommen von Purschenstein im Erzgebirge - Mitt. aus d. Staatl. Mus. f. Min. u. Geol. zu Dresden (Zwinger), N.F. Nr. 44, 1938.
- GENIESER, K.: Einheimische und südliche Gerölle in den Deckgebirgsschichten von Dobrilugk. - Geologie 2, H. 1, S. 35-57, Akad. Verl. Berlin 1953.
- GENIESER, K.: Ehemalige Elbeläufe in der Lausitz - Geologie 4, H. 3, S. 223-279, Akad. Verl. Berlin 1955.
- GENIESER, K.: Neue Beobachtungen im böhmischen Quartär - Geologie 6, H. 3, S. 331-337, Akad. Verl. Berlin 1957.
- GENIESER, K.: Diskussionsbeitrag zur Frage der Plio-Pleistozängrenze - Ber. geol. Ges. DDR 3, S. 175-179, Akad. Verl. Berlin 1958.
- GENIESER, K.: Neue Daten zur Flußgeschichte der Elbe - Eiszeitalter u. Gegenwart, 13, S. 141-156, Öhr/Württ., 1962.

- GENIESER, K.: Zur Herkunft und Verbreitung von Elbeleitgeröllen im Norddeutschen Flachland - Lauenburgische Heimat, H. 45, Juni/Juli 1964.
- GRIPP, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein, Karl Wachholtz-Verl., S. 139-144, Neumünster 1964.
- HANNEMANN, M. & RADTKE, H.: Frühglaziale Ausräumungszonen in Südostbrandenburg - Z. angew. Geol. 7, H. 2, S. 69-74, Berlin 1961.
- HECK, H. L.: Die prädiluviale Grundfläche in Schleswig-Holstein - Jb. preuß. geol. Landesanst. 59, S. 83-99, Berlin 1939.
- HECK, H. L.: Zur Unterfläche des Quartärs in Mecklenburg - Ber. geol. Ges. DDR, 8, 5/6, S. 501-515, Berlin 1963.
- KRUL, H.: Zwerfsteenfossielen van Twente, 125 S. 76 Abb. - Uitg. Nederl. Geol. Vereniging, Thieme, Zutphen.
- KOCH E.: Die prädiluviale Auflagerungsfläche unter Hamburg und Umgebung - Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, 6, S. 29-95, Hamburg 1924.
- KURTZ, E.: Die Wanderungen der mittleren Elbe bis zum Harz vor dem Rande des Inlandeises, nachgewiesen an Flußgeröllen - Z.d.D. Geol. Ges. 67, Abb. 4, 1915.
- v.d. LIJN, P.: Het Keienboek - 5e druk, 390 S. 354 Abb., Zutphen 1964 (Thieme & Cie).
- LÜTTIG, G. & MAARLEVELD, G. C.: Nordische Geschiebe in Ablagerungen prä Holstein in den Niederlanden (Komplex von Hattem) - Geol. en Mijnbouw 40, S. 163-174, 's Gravenhage 1961.
- LÜTTIG, G. & MAARLEVELD, G. C.: Über altpleistozäne Kiese in der Veluwe. Eiszeitalter u. Gegenwart, 13, S. 231-237, Ohringen/Württ. 1962.
- MAARLEVELD, G. C.: Über fluviatile Kiese in Nordwestdeutschland - Eiszeit u. Gegenwart 4/5, S. 10-17, Ohringen 1954.
- PANNEKOEK, A. J. u.a.: Geological history of the Netherlands, 's Gravenhage 1950.
- PRÄGER, F.: Beiträge zur Kenntnis pleistozäner Tektonik in der Oberlausitz - Jb. Staatl. Mus. Miner. Geol., S. 337-342, Dresden 1964.
- QUITZOW, H. W.: Hebung und Senkung am Mittel- u. Niederrhein während des Jungtertiärs und Quartärs - Fortschr. Geol. Rheinland u. Westfr., 4, S. 389-400, Krefeld 1959.
- RICHTER, K.: Zur Frage einer pliozänen Vereisung Norddeutschlands auf Grund neuer Funde bei Stettin - Zeitschr. f. Geschiebeforschung, 11, S. 135-151, 1935.
- RICHTER, K.: Geröllanalytische Gliederung des Pleistozäns im unteren Emsgebiet mit Vergleichen zum Sylter Kaolinsand - Geol. Jb. 71, S. 449-460, 6 Abb., 1. Tab., Hannover 1955.
- RUSKE, R.: Das Pleistozän zwischen Halle (Saale), Bernburg und Dessau - Geologie 13, H. 5, S. 570-597, Akad. Verl. Berlin 1964.

SIBRAVA, V.: Das Pleistozän im Bereich des Elbtalgrabens auf dem Gebiet der CSSR - *Geologie* 15, H. 1, S. 67-78.

STEDING, D.: Über quartärgeologische Fragen in Ostsachsen am Rande der Mittelgebirge - *Ber. geol. Ges. DDR*, 7, S. 262-269, Akad. Verl. Berlin 1962.

VIETE, G.: Über postmiozäne und pleistozäne Tektonik in der Lausitz - *Bergakademie*, 12, S. 429-434, Freiberg 1960.

VIETE, G.: Quartäre Tektonik. In: *Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik* - Akad. Verl. Berlin 1965.

VOORTHUYSEN, J. H. van: Crustal movements of the southern part of the North-Sea Basin during Pliocene and early Pleistocene times. - *Geol. en Mijnbouw (n.w.ser.)*, 16, S. 165-172.

WOLF, L. & HIRSCHMANN, G.: Posthume pleistozäne Bruchtektonik in der östlichen Oberlausitz - *Geologie*, 13, 10, S. 1229-1234, Akad. Verl. Berlin 1964.

ZIEGENHARDT, W.: Art und Ausmaß altpleistozäner Bewegungsvorgänge im nördlichen Vorland des Thüringer Waldes zwischen Ohra und Ilm - *Geologie* 17, H. 10, S. 1154-1177, Akad. Verl. Berlin 1968.

#### KARTEN:

SIEMENS, G.: Die Schwerekarte der DDR.

Schwerekarte von Westdeutschland, Bouguer-Isanomalen - Herausg. v. d. Dt. Geodät. Komm. Bearbeitet v. Inst. f. angew. Geodäsie, Frankfurt/Main 1957.