

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 27 – 37	17 Abb., 1 Tab., 7 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

## Das Paläozoikum Estlands – Geologische Reiseeindrücke

GERHARD HOTZAN

Im der Zeit vom 16. bis 25. Juni 1995 unternahmen acht Mitarbeiter des LGRB eine Exkursion zu paläozoischen und quartären Aufschlüssen an der Nordküste Estlands und auf der Insel Saaremaa (Ösel), s. HOTZAN (1995). Die organisatorische Vorbereitung und Führung im Gelände erfolgte von estnischer Seite durch Dr. Jüri Kask, Abteilungsleiter für Geophysik und Meeresgeologie im Geologischen Dienst Estlands, dem unser besonderer Dank gilt. Durch ihn wurde ein Exkursionsführer erarbeitet, der die Grundlage für diesen Artikel bildet.

Für im Norddeutschen Tiefland beheimatete Quartärgeologen sind die paläozoischen Aufschlüsse Estlands deshalb so interessant, weil sie einen Einblick in die ungestörte Abfolge derjenigen Gesteine ermöglichen, die nach Erosion und Transport durch das Eis in unserem Raum abgelagert wurden. Aus der sicheren Ansprache des Geschiebemergels ist es möglich, die Bewegungsrichtungen der Gletscher zu rekonstruieren. So bestand eine wichtige Aufgabe dieser Exkursion darin, Vergleichsproben für die Geologische Landessammlung Brandenburgs zusammenzutragen.

Darüber hinaus machten sich die Exkursionsteilnehmer mit der Struktur und den Aufgaben des Geologischen Dienstes Estlands vertraut und hörten Fachvorträge zu den Brennschiefer-Lagerstätten und den hydrogeologischen Verhältnissen.

Estland, das nach dem Zerfall der Sowjetunion 1991 seine Unabhängigkeit zurückerhielt, nimmt eine Fläche von

45 200 km<sup>2</sup> ein, wovon 9,2 % Inseln sind. Die Bevölkerungsdichte ist mit 1,573 Mio Einwohnern relativ gering. Größte Bevölkerungsgruppe neben den Esten (61,5 %) sind mit 30,3 % die Russen. Die Hauptstadt Tallinn wurde unter dem Namen Reval bereits im 12. Jahrhundert urkundlich erwähnt.

### Zum geologischen Bau Estlands

Die Oberflächengestalt Estlands wurde maßgeblich im Pleistozän und Holozän geprägt. So dominieren an der Oberfläche Ablagerungen der pleistozänen glazialen Serie und holozäne Moorbildungen. Paläozoische Gesteine sind nur im Bereich der Alvalgebiete, in Tagebauen innerhalb von Flußtäälern und an der Ostseeküste aufgeschlossen.

Die Mächtigkeit des Pleistozäns nimmt von Norden nach Süden zu. Während sie an der Ostseeküste lediglich 0,5–5 m beträgt, erreicht sie im Bereich von Rinnenstrukturen im Süden des Landes 100–200 m. In den Rinnen sind auch Ablagerungen älterer Eisvorstöße vorhanden, während sonst an der Oberfläche nur die Bildungen der letzten Kaltzeit vorkommen. Weit verbreitet sind Geschiebemergel der Grundmoränen sowie glazilimnische Beckenschluffe (vgl. Abb. 1), untergeordnete Bedeutung haben glazifluviatile Sedimente.

Die Geschiebemergel sind reich an Geschieben, unter denen nordisches Kristallin mit z. T. sehr großen Blöcken dominiert. Derart mächtige Findlingsblöcke als Überreste der erodierten Grundmoräne können im Strandbereich

Tab. 1 Die Schichtenfolge des Nordestnischen Glints

				Mächtigkeit (m)
Llandeilo	Lasnamägi-Schichten	C I b	Baukalkstein	4 – 7
Llanvirn	Aseri-Schichten	C II a	Ooidkalkstein	0,3
	Kunda-Schichten	B III	grauer Vaginatenkalk	0,5 – 1,5
Arenig	Volchovi-Schichten	B II	Glaukonitkalkstein	1,8
	Latorpi-Schichten	B I	Glaukonitsandstein	1,0
Tremadoc	Pakerort-Schichten	A II tr	Dictyonema-Schiefer	5,0
		A II kl	Obolus-Sandstein	2 – 3
Oberes Kambrium			Feinsandstein, Aleurolithe	> 2,0
Unteres Kambrium			Blauer Ton (Argillite)	

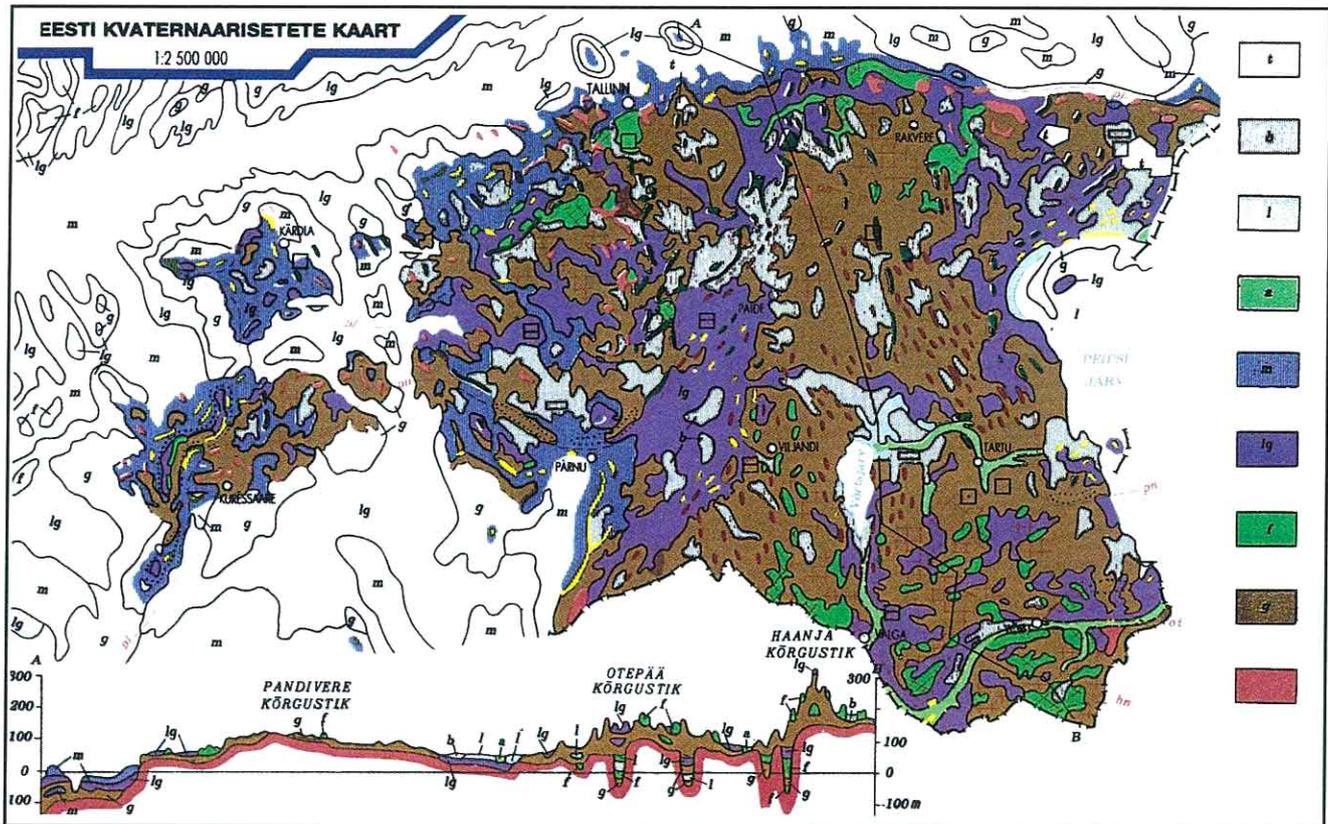


Abb. 1

Quartärgeologische Karte Estlands i. M. 1 : 2 500 000 (H. K. KAJAK, Geologischer Dienst Estlands (Hrsg.), Tallin 1995)  
 1 – Technogene Ablagerungen, 2 – Moorbildungen, 3 – limnische Bildungen, 4 – Alluvionen, 5 – Ablagerungen des Ostsee- Stadiums, 6 – Glazilimnische Bildungen, 7 – Glazifluviale Ablagerungen, 8 – Geschiebemergel, 9 – Präquartär

neben den anstehenden Gesteinen beobachtet werden (Abb. 2).

Geschiebemergel und die Beckenschluffe behindern die Versickerung der Oberflächenwässer, so daß es zur Ausbildung von Mooren kommen kann. In den Alvargebieten, in denen paläozoische Kalksteine ausstreichen, sind Verkarstungserscheinungen zu beobachten.

Seit dem Abschmelzen der pleistozänen Gletscher erfolgt nordwestlich der Linie Pärnu - Aseri eine kontinuierliche Hebung des Baltischen Schildes mit einer Geschwindigkeit von ca. 2–3 mm/a. Dadurch wurden große Gebiete an der Küste sowie die Inseln Saaremaa und Hiiumaa, die ursprünglich unter dem Wasserspiegel lagen, allmählich herausgehoben. Anhand der heute weit im Landesinneren liegenden Kliffe, Strandwälle und Blockstrände läßt sich der Verlauf der ehemaligen Küstenlinien rekonstruieren (Abb. 3). Gegenwärtig finden an der Küste Akkumulationsprozesse statt, die sich im Vorhandensein mehrerer Uferterrassen widerspiegeln.

Die in Estland anstehenden bzw. im Untergrund nachgewiesenen paläozoischen Gesteine sind Bestandteil der Baltischen Synklise, einer großen Senkenstruktur im Randbereich der Osteuropäischen Tafel. Beginnend im Kambrium erfolgte bis zum Silur die Sedimentation in einem flachen Epikontinentalmeer.

Während Lücken in der kambrischen Abfolge auf längere Hebungszeiten hinweisen, sind das Ordovizium und das Silur bis auf lokale Hiati nahezu vollständig entwickelt. Devonische Sedimente wurden, wie im Süden Estlands belegt, erst ab dem Mitteldevon abgelagert. Hauptsächlich handelt es sich um Molassen des „Old-Red-Kontinents“. Die paläozoischen Schichten fallen mit ca. 2° nach Süden ein, so daß die ältesten Schichten an der Nordküste, die jüngsten Bildungen im Süden des Landes zu beobachten sind. Während die kambrische Abfolge ca. 100 m mächtig wird, erreichen das Ordovizium ca. 80 m, das Silur ca. 400 m und das Devon ca. 550 m Mächtigkeit.

Auf der Exkursion konnten nur wenige ausgewählte Aufschlüsse besucht werden, aber schon hier wurde die große Vielfalt der abgelagerten Sedimente deutlich.

#### Der Nordestnische Glint

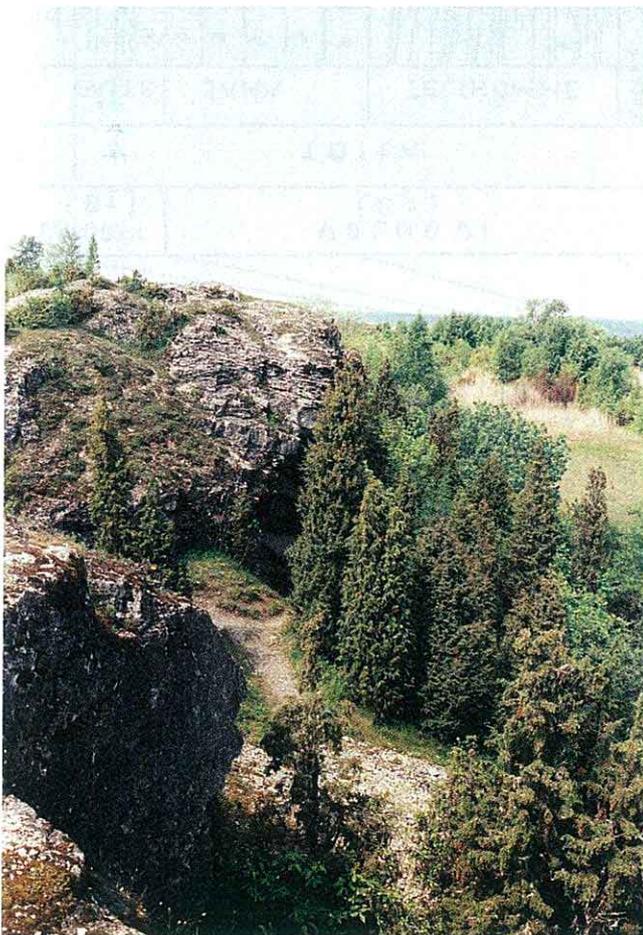
Der Nordestnische Glint ist entlang der Küste des Finnischen Meerbusens aufgeschlossen. Es wurden Aufschlüsse am Kliff Türisalu (ca. 25 km westlich von Tallinn), am Wasserfall Keila-Joa sowie der ehemalige Phosphorit-Tagebau Maardu (ca. 12 km östlich Tallinn) besucht.

Für alle Aufschlüsse ist ein gleichartiger Schichtaufbau kennzeichnend, es treten lediglich Mächtigkeitschwankungen auf. Generell ist folgendes Profil des Unteren



Abb. 2 Blockstrand bei Altja im Nationalpark Lahemaa. Foto: F. Ludwig

Abb. 3  
Inaktives Kliff bei Üügu, Insel Muhu (Abbruchkante etwa  
in der Bildmitte). Foto: F. Ludwig



Ordoviziums (O1) und Kambriums zu beobachten (vgl. Abb. 4):

Das Untere Ordovizium ist insgesamt nur etwa 20 m mächtig. Auf einzelne Gesteine soll näher eingegangen werden:

#### Obolus-Sandstein (A II kl)

Hellgraue Feinsandsteine und Konglomerate mit Anreicherungen von phosphathaltigen Brachiopodenschalen (*Obolus apollinis*, s. Abb. 5). Die Mächtigkeit der einzelnen Anreicherungshorizonte beträgt ca. 1 m. Die  $P_2O_5$ -Gehalte erreichen 20 %. Die Vorräte in Maardu betragen noch ca. 29 Mio t. Der Abbau erfolgte im Zeitraum 1923 bis 1993.

#### Dictyonema-Schiefer (A II tr)

Braunviolette dünnsschichtige Argillite, z. T. mit Konkretionen und Lagen von Anthraconiten (Stinkkalken). Durch die hohen Pyritgehalte kann es bei Luftzutritt (z. B. beim Aufschluß im Tagebau) zu Temperaturerhöhungen und Bränden kommen.

#### Glaukonitkalkstein (B II)

Graugrüner mittelkörniger Kalkstein, mit bis zu 1 mm großen Glaukonitkörnern. Charakteristisch sind zahlreiche Häutungsreste von *Asaphus* (Pygidien, Cranidien) und *Megistaspis* auf den Schichtflächen.

#### Kunda-Kalkstein (B III)

Grauer feinkörniger, z. T. mergeliger Kalkstein, mit zahlreichen Endocerenresten. Als Geschiebe unter der Bezeichnung „Vaginatenskalk“ (nach *Endoceras vaginatus*) bekannt.





Abb. 5  
*Obolus*-Sandstein, Vergr.3x, Tagebau Maardu. Foto: G. Hotzan

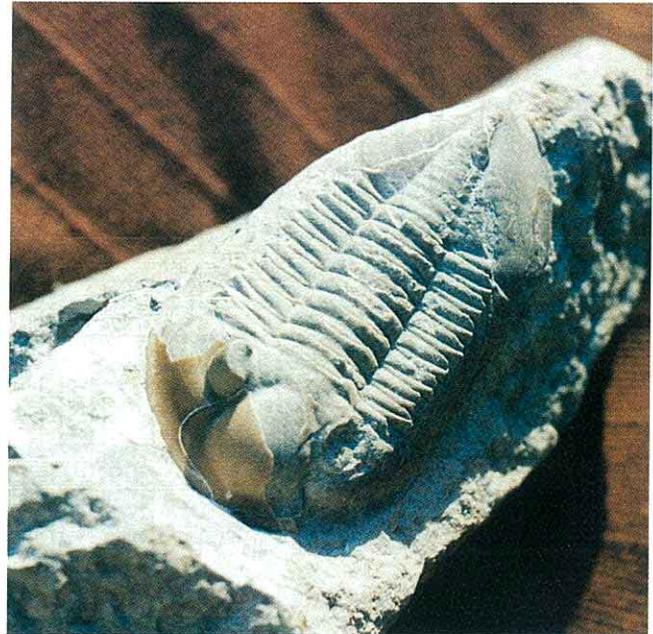


Abb. 6  
*Pseudoasaphus* sp. (Länge 8 cm) im Baukalkstein (C I b), Tagebau Maardu. Foto: G. Hotzan

#### Baukalkstein (C I b)

Grauer feinkörniger dünnbankiger Kalkstein, mit kleinen Glaukonitkörnchen sowie Trilobiten (*Asaphus* u. a.), Endoceras, Gastropoden und Brachiopoden (Abb. 6). Als Geschiebe unter der Bezeichnung „Grauer Orthocerenkalk“ bekannt. In Tallinn und Umgebung wurden aus ihm zahlreiche Bauwerke errichtet.

#### Kuckersit-Lagerstätte Kothla-Järve

Die Ölschieferlagerstätten Estlands sind im Nordosten des Landes zu finden. Sie bilden die energetische Basis Est-

Abb. 4  
 Schichtenfolge am Kliff Kallaste (nach MÄGI & SADRE 1991)

1 – Kalkstein, allgemein, 2 – Kalkstein. aphanitisch, 3 – Kalkstein. tonig, 4 – Kalkstein. feindretitisch, 5 – Kalkstein, grobdretitisch, 6 – Kalkstein, biogen, 7 – Knotenkalk, 8 – Dolomit, allgemein, 9 – Dolomit, tonig, 10 – Dolomit, pyritisiert, 11 – *Eurypterus*-Dolomit, 12 – Ton-Mergel, 13 – Mergel, Mg-karbonatisch, 14 – Mergel, tonig, 15 – Domerit, tonig, 16 – Domerit, tonig-kalzitisch, 17 – Domerit, schluffig-kalzitisch, 18 – Ton, feinschichtig, 19 – Ton, Mg-haltig, 20 – Domeritmehl, 21 – Geschiebemergel, 22 – Gytija, 23 – Straße, Weg, 24 – Grenze des Naturschutzgebietes, 25 – Trockenrisse, 26 – Diskontinuitätsflächen, 27 – vertikale Ichnofossilien, 28 – horizontale Ichnofossilien, 29 – Steinsohle, 30 – Ooide, 31 – Pellets, 32 – Glaukonit, 33 – kavernös, 34 – Meteoritenkrater, 35 – Stromatoporen, 36 – Tabulaten, 37 – Rugosen, 38 – Bryozoen, 39 – Brachiopoden, 40 – Gastropoden, 41 – Muscheln, 42 – Nautiloideen, 43 – Trilobiten, 44 – Ostracoden, 45 – *Eurypteren*, 46 – Echinodermen, 47 – Onkolithe, 48 – Tentakuliten, 49 – Conodonten, 50 – fossilreich, 51 – Fischreste (a: Schuppen, b: Schilde, c: vollständige Exemplare)

lands und sind die Grundlage für die energetische Unabhängigkeit von Rußland.

Die Kuckersit-Ablagerungen sind Teil der ins mittlere Ordovizium (Llandeilo-Caradoc) zu stellenden Kukruse-Schichten (C 2). Ein Profil des Flözes zeigt Abb. 7. Der Kuckersit ist ein bis zu 3,5 m mächtiger, brauner poröser Kalkmergel mit bis zu 40 % Gehalt an organischer Substanz, die auf Blaualgen zurückgeht. Lagenweise enthält er gehäuft Fossilien, wobei besonders die zahlreichen Bryozoenarten, Brachiopoden, Trilobiten, Echinodermaten, z. T. auch Gastropoden auffallen (Abb. 8). Eingelagerte Kalkbänke von 0,05 – 0,25 m Mächtigkeit weisen die gleiche Fauna wie der Kuckersit auf. Im Hangenden des Flözes lagern Kalksteine der Kukruse- und der Idavere-Schichten (C 3). Ihre Mächtigkeit übersteigt 30 m.

Abhängig von der Mächtigkeit der Deckschichten (Grenzwert 30 m) erfolgt die Förderung in drei Tagebauen und sechs Schachtanlagen. Gegenwärtig werden ca. 14 Mio t/a gefördert. Die Gesamtvorräte in der Estnischen Serie werden mit ca. 3,4 Mrd. t und in der Tapa-Serie mit ca. 2,5 Mrd. t angegeben. 85 % der Rohstoffe werden zur Elektroenergieerzeugung und 15 % in der chemischen Industrie zur Herstellung von Teerprodukten verwendet. Ähnlich wie im Lausitzer Braunkohlenrevier werden die Tagebaue nach Abschluß der Gewinnungsarbeiten rekultiviert.

#### Das Silur von Saaremaa

Auf der Insel Saaremaa sind vielerorts an den Küsten sowie in zahlreichen Tagebauen silurische Gesteine aufgeschlossen. In der Kürze der Zeit konnte nur eine Auswahl der Aufschlüsse besucht werden (Abb.9).

Wie im gesamten Land, befinden sich auch auf Saaremaa die ältesten Schichten im Norden und die jüngsten im

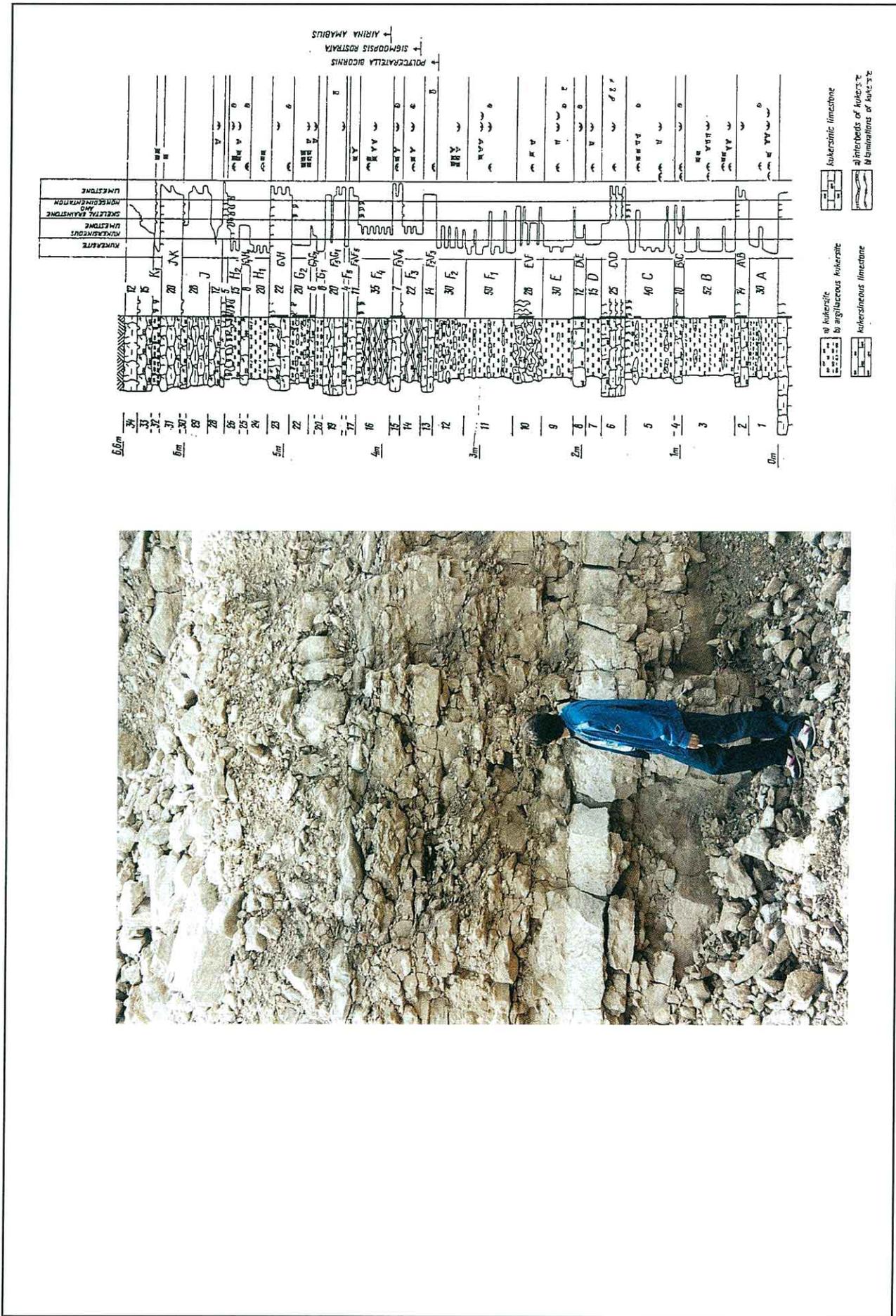


Abb. 7 Flözprofil im Tagebau Aidu bei Kothla. Foto: F. Ludwig. Legende Säulenprofil s. Abb. 4.

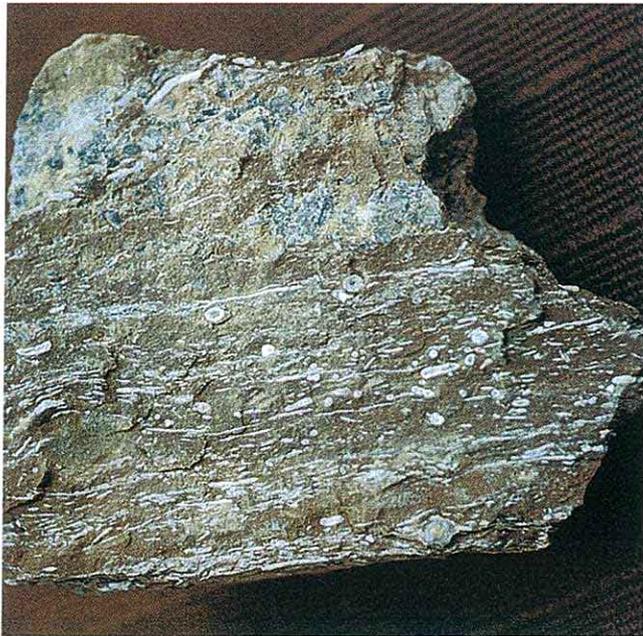


Abb. 8  
Kuckersit (C II), natürl. Größe, Tagebau Kothla. Foto: G. Hotzan

Süden. Die aufgeschlossene Schichtenfolge umfaßt den Zeitraum oberes Untersilur (Wenlock) bis höchstes Ober-silur (Přidoli).

Im Epikontinentalmeer wurden hauptsächlich Kalk-schlämme abgelagert, die durch einen großen Fossil-reichtum charakterisiert sind. Die Schichten des Wenlock und des Ludlow erfuhren sekundär eine großflächige Um-wandlung in Dolomit, was zu einer deutlichen Porositäts-erhöhung führte.

Kliffe in Panga und Ninase

Die Kliffe von Panga und Ninase befinden sich an der Nordwestküste Saaremaas. Der untere Teil der aufge-schlossenen Schichtenfolge wird von blaugrauen dolomi-tisierten Kalksteinen und Mergeln der Jaani-Formation (S 1 w) gebildet, die zu den Ninase-Schichten der Para-maja-Serie gehören (Abb. 10, 11).

Es sind psammitisch-grobdetritische, selten grobdetritische Kalksteine, Mergel und Dolomite von mikro- bis feinkristalliner Textur und mit einer reichen Fauna. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge schwankt zwischen 4,5 und 22,5 m, am Kliff Panga sind ca. 3 m des Hangend-bereiches aufgeschlossen.

Abb. 9 Übersicht zur Lage der auf der Insel Saaremaa besuchten Aufschlüsse

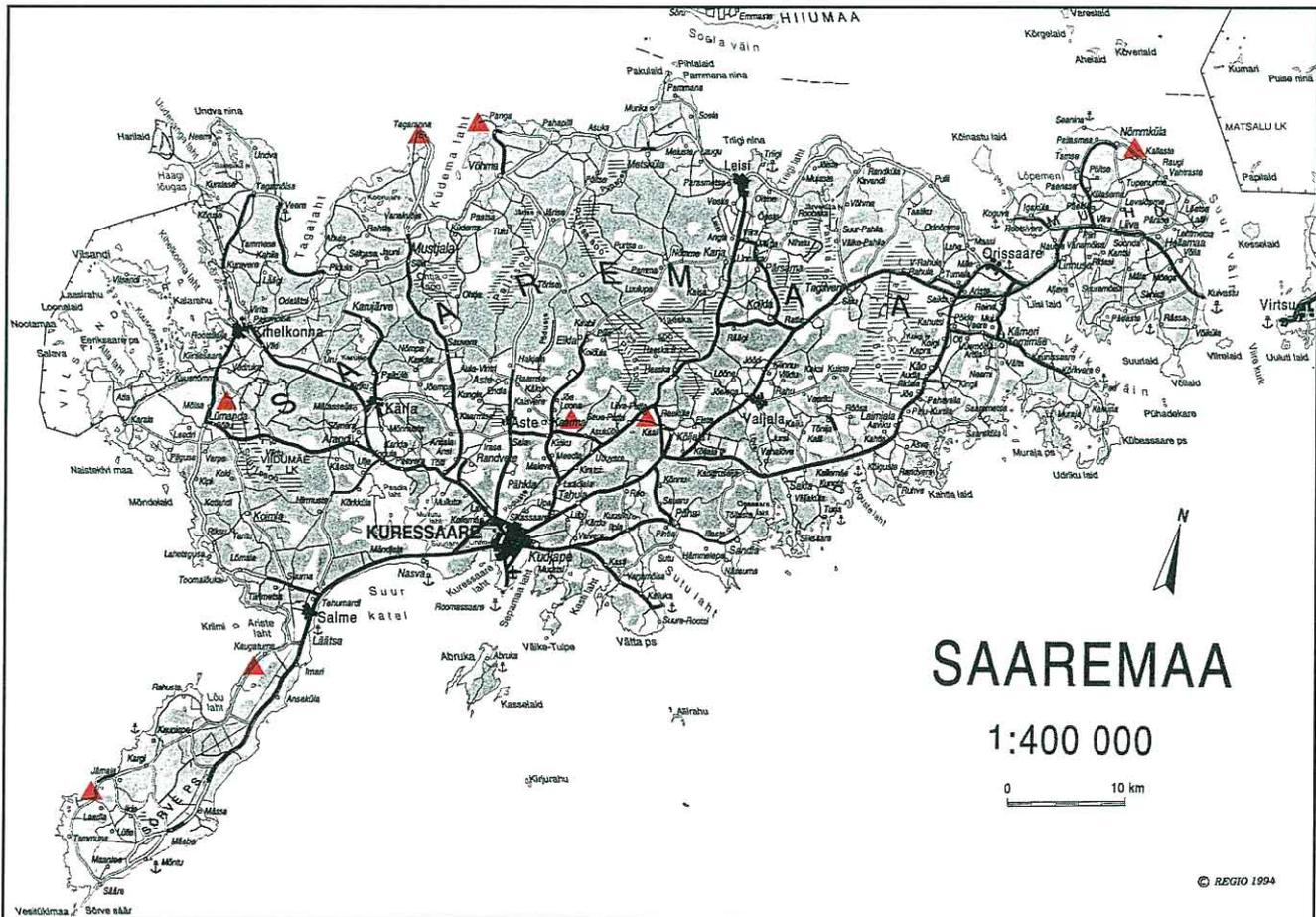






Abb. 11  
Am Kliff Panga. Foto: F. Ludwig

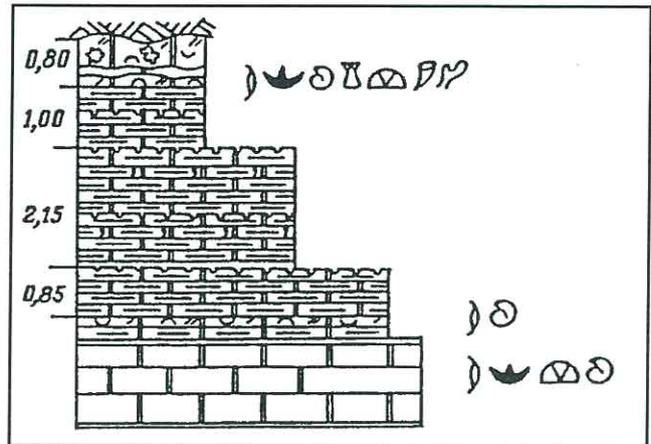


Abb. 12  
Schichtenfolge des Steinbruches Kaarma (aus KASK 1990).  
Legende s. Abb. 4.

und Hangenden stehen fossilreiche dolomitisierte Kalksteine an. Diese Kalksteine sind lagenweise reich an Ostracoden, Gastropoden, Brachiopoden sowie Kolonien von Algen. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge beträgt 10–15 m (Abb. 12).

#### Steinbruch Lümanda

Im Steinbruch Lümanda sind gelbgraue massige grobbankige Kalksteine und Mergel der Paadla-Formation des Ludlow (S 2 ld)/Katri-Schichten (K2, Kt) in einer Mächtigkeit von ca. 1,5–2 m aufgeschlossen, die zur Branntkalkherstellung gewonnen werden.



Abb. 13 Im Steinbruch Lümanda. Foto: F. Ludwig

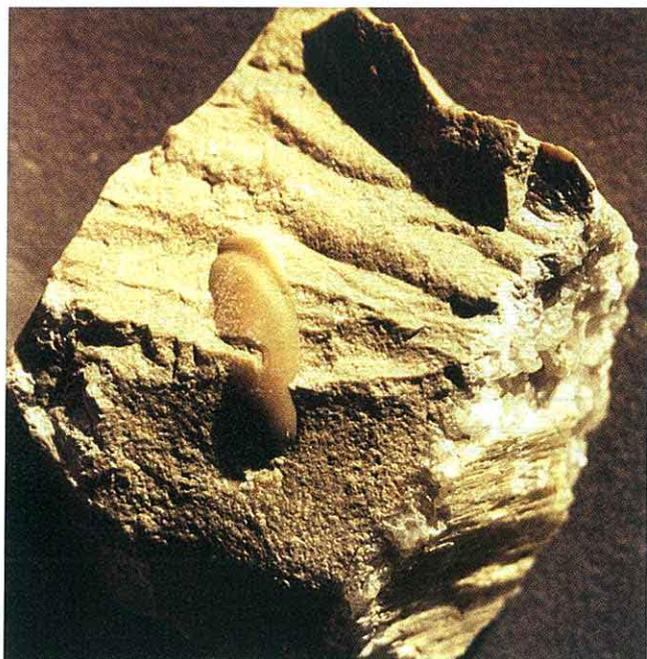


Abb. 14  
*Leperditia sp.* im Paadla-Kalkstein (S2 ld), Bildbreite 5 cm.  
 Foto: G. Hotzan

Die Gesteine sind arm an Makrofossilien, von uns wurden lediglich Ostracoden beobachtet. Typisch sind Riffbauten von Algen und Stromatoporen (Abb. 13, 14).

#### Kliff Kaugatuma

Die Steilstufe des Kliffs Kaugatuma befindet sich in ca. 100 m Entfernung vom Meer (inaktives Kliff). Bei den am Ufer anstehenden Gesteinen handelt es sich um hellgraue bis graubraune grobdetritische Trochitenkalke mit Zwischenschichten von Mergel, Domeriten (lokal für dolomitische Mergel) und tonigen Kalksteinen. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge beträgt ca. 70 m.

Stratigraphisch sind diese Ablagerungen den Ägius-Schichten (K 3 b Ä) des Pfidoli (S 2 pr) zuzuordnen.

Typusfossil für die Trochitenkalke ist *Crotalocrinus rugosus*, weshalb sie auch als „Ringsteine“ bezeichnet werden. Die grobdetritischen Kalksteine und Mergel weisen eine reiche Fossilführung auf. Am häufigsten vertreten sind Brachiopoden (*Camarotoechia nucula*), Tabulaten (*Favosites pseudoforbessii*), Trilobiten (*Proetus* sp., *Calymene* sp.), Ostracoden (*Nodibeyrichia tuberculata*) u. a. (Abb. 15 und Titelbild).

#### Kliff Ohesaare

Am Kliff Ohesaare sind Wechsellagerungen von hell- bis dunkelblaugrauen dünnbankigen Kalksteinen und Mergeln mit tonigen Zwischenlagen aufgeschlossen. Die Mächtigkeit dieser Schichten beträgt ca. 6 m. Sie werden stratigraphisch der Ohesaare-Formation des Pfidoli (S 2 pr) zugeordnet und bilden die jüngsten Ablagerungen des Silurs.

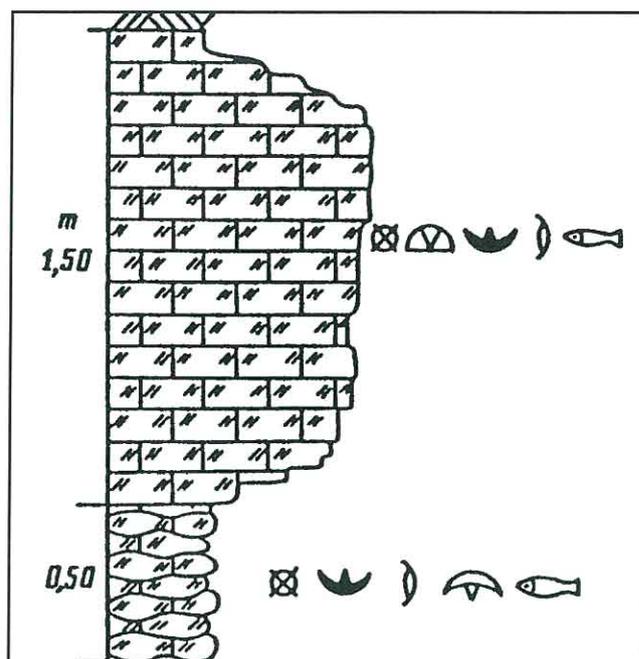


Abb. 15  
 Schichtenfolge am Kliff Kaugatuma (nach EINASTO 1990; Legende s. Abb. 4)

Der Fossilreichtum der Kalk- und Mergelschichten ist sehr groß. Vorherrschend sind Brachiopoden, Ostracoden und Krinoiden. Außerdem sind Häutungsreste von Trilobiten sowie Flossenstacheln von Fischen (Acanthodier) zu finden.

#### Meteoritenkrater Kaali

Der Meteoritenkrater von Kaali entstand zusammen mit acht kleineren Nebenkratern durch den Fall eines Eisenmeteoriten vor ca. 3 900 Jahren (SAARSE u. a. 1990). Seine Masse wurde mit ca. 80 t berechnet. Beim Aufprall ist er fast vollständig verdampft, es konnten nur noch kleine Bruchstücke von Meteoriten gefunden werden. Die Genese als Meteoritenkrater wurde erstmals durch ALFRED WEGENER belegt (in KRAUS, MEYER & WEGENER 1928).

Der Hauptkrater, der in Dolomitablagerungen der Paadla-Serie (Uduvere-Schichten, K 2 U) des Ludlow (S 2 ld) ausgebildet ist, hat einen Durchmesser von ca. 110 m. Er wird von einem 4 – 7 m hohen Wall umgeben, im Kraterinneren sind bis zu 6 m mächtige Torfschichten abgelagert (Abb. 16).

#### Zusammenfassung

Vom 16.– 25. Juni 1995 fand eine geologische Fachexkursion unter der Leitung von Mitarbeitern des Geologischen Dienstes Estlands zu Aufschlüssen im Paläozoikum und Quartär an der Nordküste des Landes und auf der Insel Ösel statt. Gleichaltrige Gesteine, die hier in ihrer natürlichen Lage studiert werden konnten, findet man in Brandenburg ausschließlich in großen Tiefen oder als Gesteine.

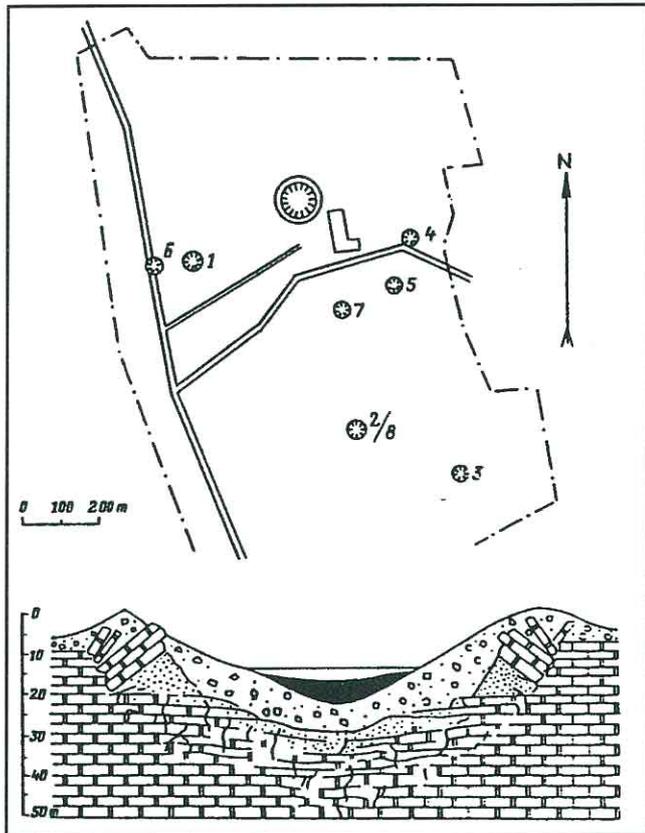


Abb. 16  
Lageplan und Profilschnitt des Meteoritenkraters von Kaali mit den Nebenkratern 1 bis 8 (aus KASK 1990)

Von besonderem Interesse waren dabei die Aufschlüsse im Nordestnischen Grint mit seinen Profilen des Unterkambriums bis Mittelordoviziums sowie die silurischen Dolomitserien auf der Insel Saaremaa (Ösel). Im Beitrag wird eine kurze Beschreibung dieser Aufschlüsse gegeben.

### Summary

From 16–25.06.1995 an excursion under the direction of the staff of the Estonian Geological Service took place to the Paleozoic and Quaternary exposures on the Estonian north coast and on the Island of Saaremaa. At the same time rock formations in their natural stratification could be examined, which in Brandenburg can only be found in great depths or as erratic boulders on the earth's surface. Of particular interest were the exposures in North Estonian Grint, where profiles of the Lower Cambrian to the Middle Ordovician period are outcropped, as well as the Silurian dolomite series on the Island of Saaremaa. A short description of these exposures is given.

### Literatur

- HOTZAN, G. (1995): Estland-Exkursion des LGRB vom 16.–25. Juni 1995. - Brandenburgische Geowiss. Beitr. **2**, S. 28–29, Kleinmachnow  
 KRAUS, E., MEYER, R. & A. WEGENER (1928): Untersuchungen über den Krater von Sall auf Ösel. - Gerlands Beitr. Geophysik **20**, S. 312–378, Leipzig

- KALJO, D. L. (1970): Silur Estonii. - 343 S., Valgus, Tallin  
 KASK, J. (1990): Exkursionsführer: Paläozoikum und Geschiebe von Estland. - Selbstverlag Gesellschaft für Geschiebekunde e. V., 48 S., Hamburg  
 - (1995): Exkursionsführer Paläozoikum von Estland. - 40 S., Geologischer Dienst Estlands, Tallinn  
 HOHL, R. u. a. (1981): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. 703 S., VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig  
 SAARSE, L., RAJAMÄE, R., HEINSALU, A. & J. VASSILJEV (1990): Formation of the meteorite crater at Lake Kaali (Island Saaremaa, Estonia). - 55 S., Abs. Symp. Fennoscandian Impact Structures. May 29–31, 1990, Espoo/ Finl.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 105

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Gerhard Hotzan  
 Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg,  
 Außenstelle Frankfurt/Oder  
 Schulstraße 16  
 15230 Frankfurt/Oder