

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	12 (2005), 1/2	S. 45-53	2 Abb., 5 Tab., 21 Lit.
------------------------------	--------------	----------------	----------	-------------------------

Diskriminanzanalyse der Kleingeschiebestatistik an Geschiebemergeln der Prignitz

Discriminant analysis of clasts from tills of the Prignitz region

CARSTEN MENZER

Einleitung

Die stratigraphische Zuordnung von nicht fossilführenden glazialen Sedimenten kann u. a. mittels der Lithologie von Geschiebemergel (nach u. a. CEPEK 1962, PIOTROWSKI 1992), speziell seines Geschiebebestands, durchgeführt werden. Geht man davon aus, dass das vorstoßende Inlandeis Material aus dem Untergrund aufgenommen hat und die Vereisungen aus abweichenden Richtungen erfolgten, in denen unterschiedliche Gesteine anstehen, muss sich aus dem Geschiebeinventar die Eisbewegungsrichtung rekonstruieren lassen. Somit kann man aus dem charakteristischen Geschiebebestand lithostratigraphische Schlussfolgerungen zur Identifikation und Korrelation von Grundmoränen ableiten. Hierfür haben sich zwei mehr oder weniger unabhängige Arbeitsweisen entwickelt, die Leitgeschiebemethode sowie die Kleingeschiebe- oder Feinkieszählmethode. Letztere, vor allem ihre Auswertungen in Form von Summen, Quotienten und Dreiecksdiagrammen soll in einigen ihrer unterschiedlichen Anwendungsformen (MENZER 2004) näher betrachtet werden.

Des Weiteren sollte geklärt werden, ob es bisher unerkannte, stratifizierungsrelevante Gruppierungen von Gesteinskomponenten gibt und wie man sie am besten aufzeigen kann. Dafür wurden schrittweise Diskriminanzanalysen durchgeführt, um herauszufinden, wie gut sich einerseits die festgestellten Regelmäßigkeiten zur Stratigraphie von Geschiebemergelhorizonten eignen und andererseits diese Methode überhaupt zur Gruppierung des Geschiebebestands nutzbar ist. Es galt allerdings nicht nur unterschiedliche Tillhorizonte verschiedener Vereisungen zu trennen, sondern auch sich wiederholende Charakteristika innerhalb eines Geschiebemergels zu finden. Aus diesem Grund erfolgte eine möglichst dichte Beprobung der aus der Baugrunduntersuchung der ehemals geplanten Transrapidstrecke bzw. Magnet-Schwebbahn Berlin-Hamburg (MSB) angefallenen Bohrkerne aus den Jahren 1997/98. Ebenso wurde die Eignung weiterer Kriterien wie die Farbe des Tills, der Kleingeschiebebestand pro Kilogramm (G/kg), der Kalkgehalt sowie farblich unterschiedenes Nordisches Kristallin zur Gruppenbildung für die Diskriminanzanalyse und somit auch für die Stratifizierung untersucht.

Die stratigraphische Einstufung der statistischen Erkenntnisse sowie die Lagerungsverhältnisse des Arbeitsgebiets

werden in Grundzügen dargestellt und mit den Angaben in der Lithofazieskarte Quartär (LKQ) verglichen und bewertet.

Untersuchungsgebiet

Das Herkunftsgebiet der verwendeten Bohrkerne und somit das Untersuchungsgebiet im Nordwesten Brandenburgs kann kleinmaßstäbig als ein einheitliches morphogenetisches Gebiet betrachtet werden. Bei Fokussierung auf eine spezielle Thematik ist es jedoch in ein nordwestliches und ein südöstliches zu trennen. Die ersten sechs Bohrungen sind als SSE–NNW-Trasse ca. 13 km west-nordwestlich von Kyritz zwischen den Orten Gumtow und Schönhagen angeordnet. Die zweite Bohrreihe besteht aus acht Bohrungen, ebenfalls von SSE nach NNW verlaufend und liegt südöstlich von Neustadt/Dosse, unmittelbar außerhalb der Stadt. Beide Einzelgebiete (max. Entfernung 25,5 km) liegen im Norddeutschen Tiefland auf der Prignitzer Platte. Sie gehören somit zum westlichen Teil der südlichen Vorlandzone des Nördlichen Landrückens, einer Plattenreihe, deren Alter von Westen nach Osten abnimmt.

Geländemäßig unterscheiden sich beide Gebiete mit ihrem flachwelligen Charakter nicht wesentlich, wenngleich schon aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung Rückschlüsse auf Unterschiede im oberflächlich Anstehenden gezogen werden können.

So wird die nordwestliche, trocknere Fläche (verwendeter Teil der Bohrtrasse C 61) mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 55,5 m ü. NN nur als Ackerfläche, die südöstliche, feuchtere (verwendeter Teil der Bohrtrasse C 62) mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 40 m ü. NN dagegen vorrangig als Grünland genutzt. Diese hydrologischen Unterschiede konnten bei Geländebegehungen im Sommer und Winter 2002 verifiziert werden und decken sich mit den Unterschieden im Flurabstand des Grundwassers in älteren Schichtenverzeichnissen.

Vorgehensweise und Methodik

Die Kernaufnahme, die Sedimentansprache, die Probenahme und ihre Aufbereitung sowie die Auszählung der Fraktion 4-10 mm erfolgten grundsätzlich nach den Richtlinien der TGL 25232 (1971-1980) und dem Symbolschlüssel Geologie (BGR 1991). Der Karbonatgehalt wurde nach VDLUFA (Verband

deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) A 5.3.1 mit Hilfe der SCHEIBLER-Apparatur bestimmt.

Um Kleingeschiebezählungen der angrenzenden Gebiete und Regionen mit ihren Besonderheiten und Ausprägungen zu erfassen und diese mit dem Arbeitsgebiet zu vergleichen, wurden Ergebnisse aus der Prignitz (CEPEK et al. 1975), SW-Mecklenburg (u. a. BÜLOW 2000), Hamburg (EHLERS 1995), Schleswig-Holstein (KABEL 1982), dem Landkreis Lüchow-Danneberg (KABEL & SCHRÖDER 1984), dem Gebiet westlich von Potsdam (WEISSE 1987) und andere berücksichtigt (vgl. Tab. 1).

sich lokale Einflüsse im Gesamtbild nahezu ausschalten. Es kann jede Gruppe einzeln, unabhängig und unbeeinflusst von anderen betrachtet werden, Geschiebemergel und -lehme werden miteinander vergleichbar und der Einfluss der selektiven Verwitterung, speziell der Mesozoischen Kalke (MK), wird ausgeschlossen.

Für solch eine feste Größe, auf die sich alle anderen Gesteinskomponenten skalieren lassen, bietet sich das Nordische Kristallin (NK) als das geeignetste Medium an. Es kann, trotz veränderter Flächenanteile je Eiszeit, mit den geringsten Einwänden als regional unbeeinflusst angesehen werden, da es unabhängig von den verschiedenen Eisvorstoß-

Tab. 1 Zusammenstellung der Unterscheidungsmerkmale nach qW und qS 2 von verschiedenen Autoren

Tab. 1 Features used in other studies to distinguish between tills of qW and qS 2 (compiled by the author)

Autor (alphabetisch)	Gründe für qW	Gründe für qS 2
CEPEK et al. 1975: 1054		F-fr. / PK = 0,04-0,18; NK / PK = 0,7-1,4 NK / D = 4,1-23,6; (PK + D) / S = 3,5-17,7
EHLERS 1995	viel schwarz-weißes Kristallin	
KABEL 1982: 24, 34 (nach CEPEK et al. 1975)	der hohe Anteil an Tonstein bzw. PS als bestes Unterscheidungskriterium	qS haben viel PK (38,0-56,0 % n. EHLERS), qS 2 hat jedoch mehr D und weniger F (2,0-10,0 % n. EHLERS) als qS 1 und qS 3
KABEL 1982: 96 ff., 199	In sich nur schwer zu unterteilen.	F = 1,0-19,0 %; PK u. D = 10,0-69,0 %; Q / NK = 0,0-0,128 %; F / NK = 0,05-0,3 % (alle nach EHLERS)
KABEL 1982: 99 ff. (nach GLAPA 1970)		kalk- u. dolomitreiche, aber flintarme Warthe (qS 2)-Fazies
LIPPSTREU (In BENDA 1995: 136)		30-40 m mächtig, weitflächig in der Prignitz an der Oberfläche anstehend
TGL 25232 1971-1980	am meisten PS → NK/ PS < 6,0 D- u. F-arm, S-reich	viel D und PK, NK / D ≤ 11,0; NK / PK ≤ 0,7; PK-grau / (PK-rot + PK-sz.) > 10,0
WEISSE 1972: 38 f., 40 ff.	> G / kg , NK 38,0 PK 37,5 PS 3,3 F 4,1 Q 4,3 S 9,9	qW älter 43,3 % 36,3 % 0,4 % 6,2 % 3,4 % 7,6 % qS (?): PK = 80,0-90,0 % PS < als CEPEK et al. 1975 F < qE (20,0-30,0 %); > qW Unterscheidung qS 1 bis qS 3 nicht möglich, da Magneson I nicht verwendbar. qS 2: F / PK < 0,1; NK / PK < 1,0 → liegt oft an der Oberfläche

Die Unterteilung der Gesteine folgte nahezu vollständig den Vorgaben der TGL 25232/4, lediglich die Sandsteine wurden nicht farblich differenziert. Zuordnungsprobleme traten speziell bei der Differenzierung von frischen (F-fr) und verwitterten Feuersteinen (F-v) auf. Diese nicht unbekanntes Problem der Auszählung (persönliche Mitteilung von Herrn Lippstreu 2003) wurde deutlich zu Gunsten der frischen Feuersteine (F-fr) gelöst (persönliche Mitteilung von Herrn Hermsdorf u. Frau Sonntag 2003). Zusätzlich wurde das Nordische Kristallin (NK) nochmals unterteilt in NK-rot (mind. 30 % rote Minerale), NK-sz. (weniger als 10 % schwarze Minerale) und NK-grau (alle Kristallingesteine, die nicht den Gruppen NK-rot und NK-sz. zuzuordnen sind).

Nach Auszählung der einzelnen Gesteinskomponenten wurden ihre prozentualen Anteile bestimmt und angestrebt, eine Autokorrelation auszuschließen und sich auf einen möglichst konstanten Faktor in der Probe zu beziehen. Damit lassen

richtungen überall ansteht. Des Weiteren zeigt es sich relativ beständig gegenüber Verwitterungseinflüssen und auftretende Zergrusung wird bei der Analyse auf Interpretierbarkeit des Geschiebebestands (durchgeführt nach TGL 25232) erkannt. Deshalb werden die hier verglichenen Analysen auf 100 Stück Nordisches Kristallin (NK) standardisiert. Die Autoren der TGL 25232 (1971-1980) bezogen schon vier ihrer zwölf Quotienten auf NK. Auch KABEL (1982: 24 f.) setzt schon bei den meisten Zählungen den NK-Anteil gleich 100 %, bezieht die anderen Gruppen darauf und gibt sie in % NK an. Weitere Bearbeiter wie Herr Strahl (persönliche Mitteilung von Herrn Strahl 2003) wiesen bereits auf diese Möglichkeit hin und PANZIG (1989) zählte auf NK + PS + S = 100 %. Eine dritte Auswertungsvariante, welche die gleichen Ziele verfolgt, geht auf EHLERS (seit 1978) zurück. Dabei werden alle Nichtkalke (Q, NK, F, PS und S) = 100 % gesetzt und die Kalke und Dolomite prozentual darauf bezogen. In der vor-

liegenden Arbeit wird auch diese dritte Art und Weise verwendet und als „nach EHLERS“ bezeichnet. Welche dieser Auswertungsmethoden im Untersuchungsgebiet die Geeignetste ist, gilt es zu klären. Nach vollständiger Auszählung und Kontrolldurchsicht aller Gruppen wurden die Prozenz, die Anteile auf NK = 100 Stück und nach EHLERS berechnet. Die Gruppen NK-rot, NK-sz. und NK-grau wurden nur auf 100 % NK bezogen. Für jegliche weitere Untersuchungen standen nun zwar nur noch 65 Proben zur Verfügung, doch trotz dieses für eine aussagekräftige Statistik relativ geringen Stichprobenumfang, wurden diese Untersuchungen zur Stratifizierung von Tillproben durchgeführt.

Anschließend erfolgte die Bildung von Quotienten und Summen aus zwei oder mehreren Gesteinsklassen, welche dem Eintrag in die Dreiecksdiagramme dienten. Darüber hinaus kann damit ein Vergleich der Proben untereinander, mit dem beschriebenen Kenntnisstand sowie zur Gruppenzuordnung für die Diskriminanzanalyse erreicht werden. Als Variablen in der schrittweisen Diskriminanzanalyse konnten sie aufgrund stochastischer Zusammenhänge nicht genutzt werden. Bei der Berechnung der Quotienten zeigte es sich als unwesentlich, nach welcher Variante sie berechnet wurden, die Ergebnisse waren die gleichen. Die Summen wurden nach prozentualen Anteilen für das TGL - und RUSKE- Dreieck und nach EHLERS für das CEPEK et al.-Dreieck berechnet.

Tab. 2 Berechnete Quotienten und Summen

Tab. 2 Calculated ratios and sums (compiled by the author)

Berechnet nach:	Quotienten und Summen
TGL 25232 (1971-1980)	$\frac{NK}{PS}, \frac{NK}{D}, \frac{NK}{PK}, \frac{F-fr}{PK}, \frac{F}{NK}, \frac{PK-grau}{PK-rot+PK-sz}, \frac{PK+D}{PS+S}, \frac{PK+D}{S};$ $F-fr+PS+PK=100\%; F-fr \cdot 10; PS \cdot 10$
RUSKE (1961)	$Q + NK + MK + PK = 100\%$
CEPEK et al. (1975)	$F + NK + PK + D = 100\%$
MENZER	G/ kg

Die nachfolgende Darstellung der Daten in dreiseitigen Diagrammen erfolgte nach RUSKE (1961) basierend auf NK, Q und MK + PK, der TGL 25232 (1971-1980) bezogen auf F-fr * 10, PS * 10 und PK und CEPEK et al. (1975) mit PK + D, F und NK (nach EHLERS) als Grundlage.

Die Auswertungsdreiecke nach RUSKE (1961) und KABEL & SCHRÖDER (1984) konnten nicht weiter verwendet werden, da sie nur nach vorheriger Aussonderung der qW (nach anderen Kriterien) sinnvolle Ergebnisse erzielten.

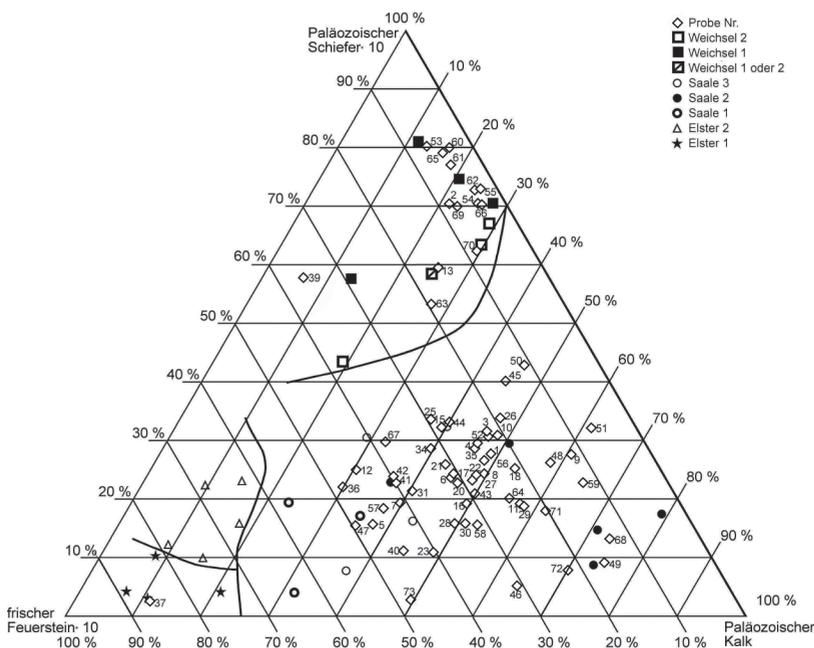


Abb. 1 Auswertungsdreieck nach TGL 25232 mit Proben (verändert nach: TGL 25232/ 1 1971: 5).

Fig. 1 Ternary diagram following TGL 25232 with plotted samples (modified after TGL 25232/1 1971: 5)

Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse ist ein statistisches, Strukturen prüfendes bzw. überwachendes Klassifikationsverfahren, welches u. a. zur Beantwortung folgender Fragen dient: „Unterscheiden sich Gruppen von Elementen (hier: stratigraphische Einheiten) signifikant voneinander hinsichtlich ihrer Variablen (hier: Gesteinskomponenten)?“ und „Welche Variablen sind zur Unterscheidung (Diskrimination) zwischen den Gruppen geeignet bzw. ungeeignet?“ (BACKHAUS et al. 1994: 91 ff.). Gleichzeitig ermöglicht sie die Zuordnung einzelner Elemente in eine bestehende Gruppe entsprechend seiner Merkmalsausprägungen.

Die Bedingung, mehr Merkmalsvariablen als Gruppen aufzuweisen (vgl. BACKHAUS et al. 1994: 113 ff.), wurde in allen durchgeführten linearen Diskriminanzanalyse erfüllt, unwichtige und kollineare (stochastisch abhängige) Variablen wurden entfernt (BAHRENBERG et al. 1992: 337).

Das gebräuchlichste Kriterium zur anschließenden Prüfung einer Diskriminanzanalyse bildet das inverse Gütemaß Wilks' Lambda (U-Statistik). Weiterhin wurden die Unter-

schiede der Mittelwerte zwischen den verwendeten Variablen und die Größe der Korrelationen betrachtet, letzteres mittels des kanonischen Korrelationskoeffizienten.

Aufgrund der Durchführung einer schrittweisen Analyse werden automatisch alle Variablen nacheinander inkrementell in die Diskriminanzanalyse einbezogen. In die Diskriminanzfunktion aufgenommen werden dabei nur jene, die signifikant zu einer Verbesserung der Diskrimination der Gruppen bzw. zur Verringerung des multivariaten Wilks' Lambda beitragen (BACKHAUS et al. 1994: 124). Dies erübrigt den von ANDERS et al. (1991: 71) vorgeschlagenen t-Test für jedes Merkmal in jeder Gruppe. Allerdings gilt es anschließend die diskriminatorische Bedeutung, also die Trennkraft der aufgenommenen Variablen, zu überprüfen. Hierfür werden ihre standardisierten Diskriminanzkoeffizienten mit dem Eigenwert der Diskriminanzfunktion multipliziert. In den vorliegenden Analysen reicht es aus, nur die standardisierten Diskriminanzkoeffizienten zu vergleichen, da im Zwei-Gruppenfall nur eine Funktion gebildet wird und sich somit die Verhältnisse nur um einen konstanten Faktor verschieben.

Die Güte (Trennkraft) einer Diskriminanzanalyse lässt sich anhand ihrer Trefferquote erkennen, d. h. wie viele der vorher zugruppierten Fälle auch nach Durchführung der Analyse in der entsprechenden Gruppe bleiben. Ist sie größer als bei einer zufälligen Zuordnung, wird von einer guten Klassifikationsfähigkeit der Diskriminanzfunktion gesprochen.

Gruppenbildungen

Die systematische Gewinnung der Proben aufgrund der „geschichteten“ Entnahme und des Abstands der Bohrungen zueinander kann nicht als unbeeinflusste, kontinuierliche

Probengewinnung angesehen werden. Somit musste die Anwendung einer Clusteranalyse für die Bildung der Lerngruppen ausgeschlossen werden.

Daher erfolgte die Bildung der Gruppen für die Diskriminanzanalyse, mittels derer dann die stratigraphische Zuordnung vorgenommen wurde, mittels zweier anderer Varianten. Einerseits auf Grundlage der Auswertung aller Einzelkomponenten in den drei Zählvarianten sowie einer Vielzahl von Quotienten. Dafür wurden für die Einzelteile und die Quotienten je eine Tabelle in Profiform erstellt, die Werte entsprechend ihrer Lage und Höhe eingetragen und diese nach hypothetischen und sachlogischen Überlegungen ausgewertet. Dadurch konnten anhand der reinen Werte, ihrer Lage zu den anderen Proben bzw. ihrer Teufe die sicheren Lerngruppen (Gruppen 1 und 2) gebildet werden. Abweichende und/oder durch ihre räumliche Lage fraglichen Werte bleiben ungruppiert und werden im Nachhinein mit Hilfe der schrittweisen Diskriminanzanalyse zugeordnet. Andererseits wurden die Proben aus dem Strukturdreieck so in die entsprechenden Gruppen aufgeteilt, wie es ihre Lage ausweist. Das führte zu insgesamt 20 für aussagekräftig gehaltene subjektive Zuordnungsmöglichkeiten zu den Gruppen, bezüglich ihrer Abtrennbarkeit und Lage untereinander. Im nächsten Schritt wurden diese mit Hilfe einer ersten diskriminatorischen Analyse auf ihre statistisch belegbare Abtrennbarkeit untereinander, logischen Lagerungsverhältnissen sowie innerer Konsistenz überprüft. Dies führte zum Ausschluss von 17 dieser subjektiven Gruppierungsmöglichkeiten.

Einige Gruppenzuordnungen, vorwiegend bezogen auf Einzelteile von Gesteinsklassen, führten ebenfalls zu guten Ergebnissen, sie wurden jedoch zugunsten der Variante PS (nach EHLERS) vernachlässigt (vgl. Tab. 4).

Ebenfalls gute Ergebnisse für die Gruppenbildung bezüglich ihrer sachlogischen Abtrennbarkeit und Lage konnten durch den multivariablen Vergleich der Ergebnisse aus dem Auswertungsdreieck nach TGL 25232 (Abb. 1) und seinen erweiterten Definitionen sowie mit Hilfe der beiden von CEPEK eingeführten Formeln $(PK + D)/(PS + S)$

Tab. 3 Herausgearbeitete Kriterien für sachlogische Gruppenzugehörigkeiten.

Tab. 3 Criteria used for grouping (compiled by the author)

Gruppe:	1	2	ungruppiert
Zuordnung nach:	(qW)	(qS)	(?)
PS n. EHLERS	> 12	< 6	Wert & Lage
TGL 25232	Tab. 1 & Abb. 2	Tab. 1 & Abb. 2	Tab. 1 & Abb. 2
(PK+ D)/ S	< 3,0	≥ 3,0	Wert & Lage

Tab. 4 Nicht verwendete Gruppenzuordnungsmöglichkeiten und ihre Ausschlussgründe

Tab. 4 Possible criteria not used for grouping and reasons for their exclusion (compiled by the author)

Ausschluss aufgrund:	Keine Ausweisung von qW	Chaotische Verhältnisse und viele Ausreißer	Nicht aussagekräftiger als verwendete Zuordnungen
Zuordnung nach:	Dreieck & Quotienten nach CEPEK et al.	Poel-Quotient (auf alle drei Zählvarianten)	$(PK + D)/(PS + S)$
	Dreieck nach RUSKE	F (NK = 100 Stk.)	NK/PS
		D (NK = 100 Stk.)	S (NK = 100 Stk.)
		PS (NK = 100 Stk.)	NK (n. EHLERS)
		F (n. EHLERS)	S (n. EHLERS)
		PK (n. EHLERS)	D (n. EHLERS)

und (PK + D)/S gewonnen werden. Es wurde jedoch nur Letztere verwendet, da beide annähernd gleiche Ergebnisse lieferten, sie sich nur durch einen konstanten Faktor unterschieden und um die Analysen nicht unnötig auszudehnen. Des Weiteren wird diese Berechnung häufiger in der Literatur zitiert (u. a. CEPEK et al. 1975: 1054, ANDERS et al. 1991: 71), womit ein größerer Vergleichsumfang gegeben ist. Zudem schließt sie die oben beschriebene Korrelation von PS mit S auch automatisch aus.

Interpretation der statistischen Untersuchungsergebnisse

Mit Hilfe der drei besten Gruppenzuordnungsmethoden (vgl. Tab. 3) wurden umfangreichere Diskriminanzanalyse mit den Variablen (Gesteinskomponenten) nach prozentualen Anteilen, Anteilen nach EHLERS und skaliert auf NK = 100 Stück durchgeführt. Einige der anfänglich noch in der Analyse befindlichen Variablen (G/kg, Farbe nach MUNSSELL, Kalkgehalt, F, MK und NK-rot), wurden in den folgenden Betrachtungen nicht mehr berücksichtigt, da bei ihnen keine explizite Trennschärfe beobachtet werden konnte.

lich der jeweils wichtigsten Trennvariablen gelten. PS hat in allen Analysen (außer (PK + D)/S auf %-Anteile) die größte diskriminatorische Bedeutung mit nahezu mehr als doppelt so großer Trennkraft als die nachfolgend verwendeten Variablen (vgl. Tab. 5). Der hohe Trennkraft-Stellenwert von NK-sz. bestätigt die in der Aufgabenstellung erörterte zusätzliche Auszählung der farblichen Anteile des Nordischen Kristallins.

Innerhalb der Gruppe 2 konnten, bezüglich der Zielstellung, keine weiteren konkreten Gruppen gebildet werden. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass im Arbeitsgebiet nur ein qS-Till anzutreffen ist.

Die Trefferquote lag bei allen durchgeführten Analysen bei 100 %, so dass von einer optimalen Trennkraft der Analysen in Bezug auf ihre Gruppierungen und der verwendeten Variablen gesprochen werden kann.

Stratigraphische Zuordnung

Für die stratigraphische Zuordnung der mittels der Diskriminanzanalysen getrennten Gruppen erfolgt ein Vergleich

Tab. 5 Trennkraft der einzelnen Variablen.

Tab. 5 Effectiveness of discrimination of the several variables (compiled by the author)

	Zugeordnet nach:	DA mit:	verwendete Variablen und ihre Trennkraft, bezogen auf 100 % der trennfähigsten Variable
1.	(PK + D)/S	%-Anteilen	PK (100 %), NK (95,0 %), Q (40,0 %), NK-sz. (30,0 %), PS (30,0 %), Ko (21,0 %)
2.	PS n. EHLERS	%-Anteilen	PS (100 %), NK-sz. (44,0 %), PK (37,0 %), Q (27,0 %)
3.	PS n. EHLERS	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), NK-sz. (47,0 %)
4.	CEPEK	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), PK (55,0 %), NK-sz. (44,0 %), Q (35,0 %)
5.	CEPEK	%-Anteilen	PS (100 %), NK-sz. (51,0 %), PK (36,0 %)
	PS n. EHLERS	NK = 100 Stück	PS (100 %), NK-sz. (47,0 %), PK (35,0 %)
7.	(PK + D)/S	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), PK (55,0 %), NK-sz. (49,0 %)
8.	CEPEK	NK = 100 Stück	PS (100 %), PK (51,0 %), NK-sz. (44,0 %)
9.	(PK + D)/S	NK = 100 Stück	PS (100 %), PK (47,0 %), NK-sz. (47,0 %)

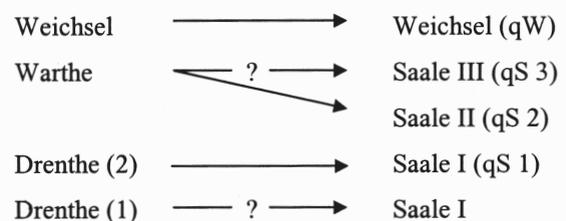
Anhand der beiden verwendeten Kriterien Wilks' Lambda und des kanonischen Korrelationskoeffizienten kommt man zu Wertigkeiten der Diskriminanzanalyse, welche wiederum die geeignetsten Trennvariablen (vgl. Tab. 5) ausgeben. Aus ihnen wird ersichtlich, dass die vertretene Ansicht, eine Autokorrelation der einzelnen Klassen müsse ausgeschlossen werden und die Ergebnisse seien auf eine feste Größe (nach EHLERS oder auf NK = 100 Stück) zu skalieren, unbestätigt blieb. Im Gegenteil dazu sind die beiden besten Analyseergebnisse auf prozentuale Anteile bezogen. Ebenso unbeeinflusst davon blieben die Quotientenbildungen, welche sich nach allen Zählvarianten konstant verhielten.

Die hier eindeutig beste Gruppenbildung ist die Zuordnungsvariante mittels PS (nach EHLERS). Alle drei mit ihr durchgeführten Diskriminanzanalysen befinden sich in der Rangfolge der Wertigkeiten, unabhängig auf welche Anteile bezogen, unter den ersten fünf. Inwieweit dieses Ergebnis sich jedoch nur aufgrund der in der vorliegenden Arbeit abzutrennenden Weichsel- zur Saale-Moräne niederschlägt, ist noch fraglich. Ebenso kann dieser Erklärungsansatz bezüg-

entsprechend des Geschiebebestands, des Kalkgehalte, der Farbe und der Lagerungsbedingungen der beprobten Bereiche.

Organogene, pollenführende Schichten konnten bei der Kernaufnahme nicht angetroffen werden, lediglich Schalen von *Viviparus diluvianus* sichern einige Proben jünger als holst-einzeitlich.

Für den Vergleich mit angrenzenden Gebieten, anderen Bearbeitern und unterschiedlichen lithostratigraphischen Bezeichnungen, wird die in KABEL (1982: 28 ff. u. 100) verwendete wahrscheinlichste Parallelisierung verwandt.



In der vorliegenden Arbeit lassen sich eindeutig zwei verschiedene Tills, sowohl statistisch als auch in Bezug auf ihre Lagerung voneinander abtrennen, dabei wird qS 2 für den unteren und qW für den oberen vermutet.

Neben den letztendlich verwendeten Merkmalen für die Gruppenbildungen sollen hier weitere Indizien gefunden werden, welche die stratigraphische Zuordnung sichern. Dafür erfolgt ein Vergleich der vom Verfasser gezählten Proben mit den Folgerungen aus Tabelle 1.

Für die Beurteilung der Trennkraft der einzelnen Variablen zwischen den Gruppen wurden die arithmetischen Mittel und die Zuverlässigkeit der Zahlenbereiche verglichen. Unterscheiden sich nicht nur der Mittelwert beider Gruppen, sondern auch die Wertebereiche, wird dieses Indiz als sehr gut trennend ausgewiesen. Überschneiden sich allerdings die Zahlenbereiche der Proben, bei gleichzeitiger guter Trennkraft des arithmetischen Mittels, wird das Einstufungskriterium nur als gut trennend bezeichnet. Beides kann jedoch als stratigraphisch gesichert angesehen werden.

Ein weiteres Zuordnungsmerkmal, die Lagerungsverhältnisse machen die hangende Gruppe 1 jünger als die liegende Gruppe 2, vorausgesetzt die Verhältnisse sind ungestört.

Mittels der Erkenntnisse über die Proben der Gruppe 2 lassen sich diese als qS 2-Till stratifizieren. Speziell der Quotient $(PK + D)/S$ ist sehr gut trennend, bzw. kann bei Senkung auf $e \cdot 3,0$, wie auch in der Gruppenbildung getan, seine Trennkraft (Gruppe 1 enthält nur kleinere Werte) noch erheblich steigern.

Ergebnisvergleich mit der Lithofazieskarte Quartär

Für den Vergleich der durch MENZER (2004) gewonnenen lithostratigraphischen Zuordnungen mit denen der Lithofazieskarte Quartär (LKQ 50, Blatt 1865 Kyritz) wurde ein Profil durch die Karte entsprechend dem Arbeitsgebiet angelegt. Das Ergebnis sowie der Vergleich sind in der Abbildung 2 zu finden. Aus der graphischen Gegenüberstellung ergibt sich einerseits für das nordwestliche Gebiet ein starker Gegensatz, während sich andererseits für den südöstlichen Bereich eine doch eher gute Übereinstimmung feststellen lässt. So konnte im erst genannten Areal kein qW-Mergel über dem qS 2-Till angetroffen werden, im zweiten Teilgebiet dagegen stimmen die Kartierungsdaten mit den hier gewonnenen Ergebnissen teilweise überein: Sand über Weichseltill (max. Gesamtmächtigkeit von 8 m), über Saaltill (nachweisbare angetroffene Mächtigkeit von 14,7 m).

Derartige Diskrepanzen sind keine Seltenheit und verstärkt zwischen Kartierungsbefunden und beschreibender Literatur für den betreffenden Raum (u. a. WOLDSTEDT 1935 und Geomorphologische Übersichtskarte 1970) festzustellen. Die Gründe und Ursachen können nach einer persönlichen Mitteilung von Herrn Lippstreu, Herrn Hermsdorf und Frau Sonntag 2002 durchaus in den Erstellungsbedingungen der LKQ und ihrer großflächigen Interpolation, gesucht werden. Detaillierte Untersuchungen wie die vorliegenden tragen auf jeden Fall zu einer Präzisierung und Aktualisierung des Kenntnisstands eines jeden Kartenwerkes bei, das flächendeckend nur nach einer definierten Stratigraphie-Vorgabe und mit wesentlich geringerem Untersuchungsaufwand erstellt werden konnte.

Ein Erklärungsansatz für den zu weit nach Süden kartierten Weichseltill, kann in der Fehlinterpretation der aufliegenden bis zu 3 m tief reichenden Entkalkungszone liegen. Die lange Lagerung des Geschiebemergels an der Erdoberfläche und die daraus resultierende starke Verwitterung verursachen Veränderungen im Kleingeschiebespektrum. Bei Betrachtung des Gesamtbestands der entsprechenden Proben sind sie jedoch durch ihre geringen Gehalte an PS und S sowie ihre hohen Anteile an D und F definitiv als saalezeitlich anzusprechen.

Kurzer genetischer Abriss

Mittels der aus den erzielten Ergebnissen erstellten Profilen sowie durch den Ergebnisvergleich mit anderen Bearbeitern, lässt sich für die beiden Teilarbeitsgebiete eine genetische Entwicklung ableiten. Im nordwestlichen Teilareal hat der vorrückende saalezeitliche (qS 2) Eisstrom älteres Material, wie elsterzeitlichen Till, tertiäre Braunkohle sowie Sande und Tone aus dem Untergrund aufgenommen, weiter transportiert, erneut abgelagert oder teilweise aufgestaucht. Beim Abschmelzen des Eises wurde das in ihm befindliche Material als Grundmoräne (mindestens 17 m mächtig) abgelagert. Während der Rückschmelzphase lagerten sich darüber durch Schmelzwässer transportierte bis zu 1,7 m mächtige Nachschüttande ab. In der darauffolgenden Zeit unterlagen die Sande und Mergel verschiedensten Entkalkungs- und Verwitterungsprozessen bis zu 4 m Tiefe sowie auch der Abtragung. Im südöstlichen Gebiet wurde eine mächtigere qS 2-Moräne durch das abtauende Inlandeis hinterlassen (knapp 39 m mächtig, ohne die Unterkante zu erreichen), jedoch ist diese aufgrund von Kernverlustbereichen nicht durchgängig nachweisbar. Älteres Material konnte im Zuge der Untersuchungen nicht festgestellt werden. Der qS 2-Till wurde mit bis zu 6,5 m mächtigen Nach- und/oder Vorschüttand bzw. Ton überlagert, jedoch sind diese aufgrund der Hochlage der alten qS 2-Oberfläche und den damit verbundenen Denudationsvorgängen nicht mehr flächendeckend vorhanden. Anschließend erfolgte der Eisvorstoß des weichselzeitlichen Inlandeises und auch dessen Eis schnitt sich in die liegenden Schichten ein bzw. schmiegte sich an das vorgefundene Relief an. Durch das Abtauen des Eisschildes kam es ebenfalls zur Ablagerung einer teilweise bis zu 8 m mächtigen Grundmoräne. Auf ihr wurden im Folgenden bis zu 5 m mächtige Nachschütt- und/oder Urstromtalsande abgelagert, welche noch heute relativ weitflächig anzutreffen sind. Die Sande können teilweise auch der äolischen Fazies zugeordnet werden und auch an ihnen setzten sich Entkalkungs-, Verwitterungs- und Abtragungsprozesse bis in die heutige Zeit fort.

Ausblick

Es wäre interessant zu untersuchen, inwieweit sich das gute Ergebnis bezüglich der Trennkraft des Paläozoischen Schiefers (PS) an weiteren unterschiedlichen Eisvorstößen bestätigen lässt.

Ähnlich dem hier erfolgten Vergleich der Auszählvarianten verschiedener Bearbeiter, der längst nicht als abgeschlossen zu sehen ist, könnte ein Anwendungsvergleich der Zählungen in den unterschiedlichen Korngrößenfraktionen der an-

deren Bundesländer, der Niederlande und Dänemarks erfolgversprechend sein. Trotz der sehr hohen Trefferquote sollten die Methoden an absolut datierbaren Proben aus möglichst mehreren Stadien getestet werden. Der Einwand, die Diskriminanzanalyse sei für derartige Untersuchungen zu umständlich, da z. B. eine lineare Regression ausgereicht hätte, ist nicht von der Hand zu weisen. Allerdings sollten derartige Grundlagen auf jeden Fall auf die Geschiebemergel weiterer Glaziale/Stadiale ausgedehnt werden. Bezüglich einer multiplen Analyse mit mehr als zwei Tills ist die Verwendung einer Diskriminanzanalyse notwendig, ihr Nutzen wird mit der vorliegenden Arbeit belegt.

Zusammenfassung

Mittels quantitativer petrographischer Geschiebeanalysen der Fraktion 4–10 mm von Geschiebemergeln der Prignitz konnten lithostratigraphische Aussagen überprüft und qualitative Anwendungsvergleiche unterschiedlicher methodischer Ansätze zur Till-Stratifizierung mittels statistischer Spezifikationen durchgeführt werden.

Die besten Gruppierungsvarianten der getesteten Auswertungsformen waren das Strukturdreieck nach der TGL 25232 (1971), die Paläozoischen Schiefer (PS gezählt nach EHLERS) und der Quotient (PK + D)/S.

Die Trefferquote lag bei allen durchgeführten Analysen bei 100 %. Somit kann von einer optimalen Trennkraft der Analysen bezüglich ihrer Gruppierungen und der verwendeten Variablen sowie der Eignung der Diskriminanzanalyse gesprochen werden.

Von allen Gesteinskomponenten zeichneten sich vor allem PS und untergeordnet Paläozo-

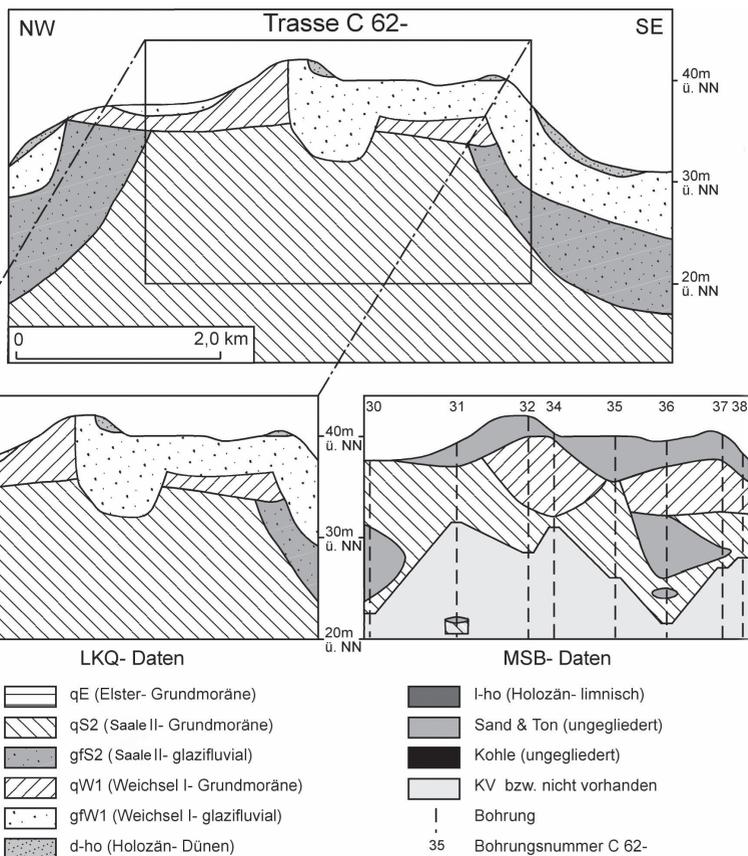
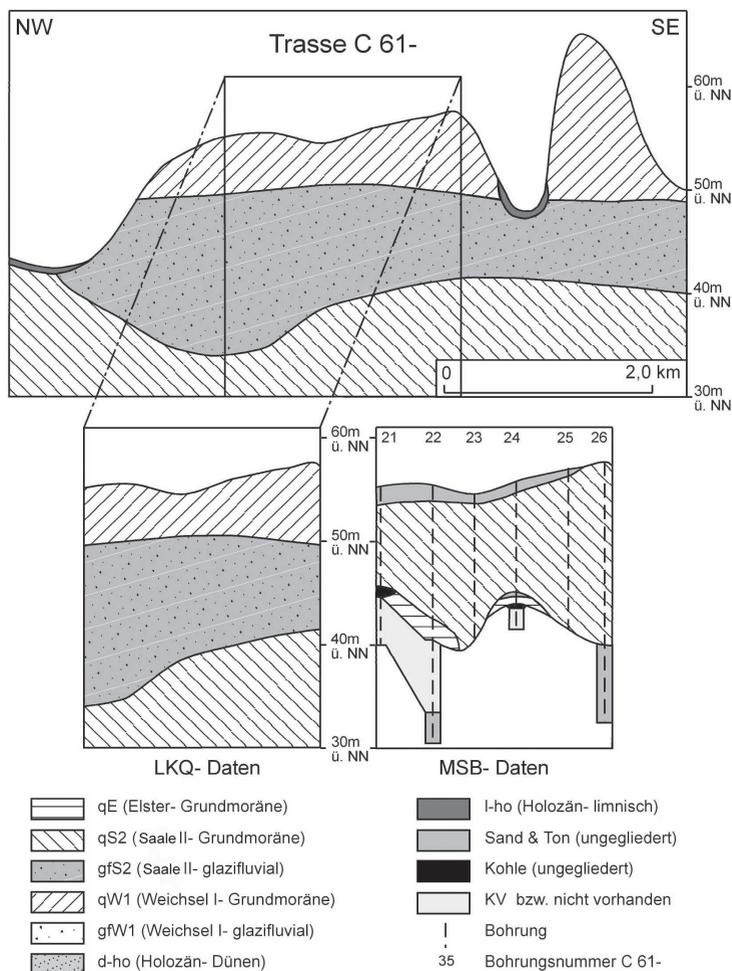


Abb. 2
Vergleich der geologischen Profile aus den Daten der LKQ 50 und den MSB-Bohrungen für das nordwestliche und südöstliche Gebiet, 100fache Überhöhung (vereinfacht nach: LKQ 50 Blatt 1865 Kyritz).

Fig. 2
Comparison of the geological profiles of the LKQ 50 and the MSB-drillings for the northwestern and southeastern region; 100times height exaggeration (simplified from LKQ 1865 Kyritz)

ischer Kalkstein und schwarzes Nordisches Kristallin als außerordentlich trennfähig zwischen den beiden ausgewiesenen Gruppen/Glazialen ab. Die vertretene Ansicht, eine Autokorrelation der einzelnen Klassen müsse ausgeschlossen werden und die Ergebnisse seien auf eine feste Größe zu skalieren, blieb unbestätigt.

Die grundsätzliche Eignung von Kleingeschiebezählungen für eine stratigraphische Einstufung zu den verschiedenen Vereisungen konnte unter Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse und der regionalen Besonderheiten nachgewiesen werden. Eine Stratifizierungs-Vorschrift wie die TGL 25232 (1971-1980) sollte nur als methodische Anleitung dienen, auch wenn sie sich hier sehr gut bewährt hat. Die stratigraphische Einstufung ergab einen hangenden Weichsel- und einen liegenden Saale 2-Till. Im nordwestlichen Teilgebiet wurde in einer Tiefe von 12,6 m und 13,6 m Elster-Geschiebemergel angetroffen. Die Daten der LKQ 50 stimmen speziell im SE-Teilgebiet gut mit den hier gewonnenen Ergebnissen überein.

Summary

Till lithostratigraphy was tested using quantitative, petrographic analyses of clasts in the size range of 4-10 mm. Furthermore, different methods of till stratigraphy could be compared by statistical analyses.

Best results were gained using the methods of TGL 25232 (1971), especially ternary diagrams, palaeozoic shale counts (following EHLERS) and the ratio of paleozoic limestone and dolomite to sandstone. The hit rate of the accomplished analyses achieved always 100 %. Thus, the resulting groupings and the methods and analyses used for discrimination gave very good results.

It was possible to distinguish between the two mentioned groups/glacials extremely well using palaeozoic shale, whereas palaeozoic limestone and black nordic crystalline rocks were found to work well. Earlier assumptions that an autocorrelation between the classes have to be excluded by scaling the fractions to a predetermined level could not be supported.

The principal usefulness of quantitative and petrographic analysis in till stratigraphy could be demonstrated through comparison with bedding conditions and regional characteristics. Even though a generalized standard like the TGL 25232 (1971-1980) has shown good results in this case study, it is strongly recommended to use it only as guidance.

On a local scale, the Saalian II till is overlain by the Weichselian till. An Elsterian till was observed in the north-western part at a depth between 12.6 and 13.6 m. Especially in the southeastern part the presented results are similar to the mapped units of the Lithofacies Map of the Quaternary (LKQ 50).

Literatur und Karten

ANDERS, T., KRATZERT, P. & A. KÜHL (1991): Statistische Analysemethoden zur Beschreibung und Klassifizierung von Datenkollektiven angewandt auf die Geschiebezählung. - *Z. f. angew. Geol.* **37**, 2, S. 70-75, Berlin

BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & R. WEIBER (1994): Multivariate Analysemethoden. - S. 91-128 u. 209-216, Berlin

BAHRENBERG, G., GIESE, E. & J. NIPPER (1992): Statistische Methoden in der Geographie. - Bd. 2: Multivariate Statistik. - S. 316-359, Stuttgart

BENDA, L. (Hrsg.) (1995): Das Quartär Deutschlands. - 408 S., Berlin

BÜLOW, V., W., HARFF, J. & U. MÜLLER (1977): Gedanken zur Auswertung von Geschiebeanalysen an Hand numerisch klassifizierter Zählergebnisse der Stoltera (Kreis Rostock). - *Z. geol. Wiss.* **5**, S. 39-49, Berlin

BÜLOW, W. VON (2000): Geologische Entwicklung Süd- West Mecklenburgs seit dem Ober-Oligozän. Schriftenreihe für Geowissenschaften, 11, Berlin

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BRD (Hrsg.) (1991): Symbolschlüssel Geologie. - 26 S., Hannover

CEPEK, A. (1962): Zur Grundmoränenstratigraphie in Brandenburg. - *Ber. geol. Ges.*, **6**, 2, S. 275-278, Berlin

CEPEK, A., HELLWIG, D., LIPPSTREU, L., LOHDE, H., ZIERMANN, H. & R. ZWIRNER (1975): Zum Stand der Gliederung des Saale-Komplexes im mittleren Teil der DDR. - *Z. geol. Wiss.* **3**, 8, S. 1049-1075, Berlin

EHLERS, J. (Hrsg.) (1995): Glacial deposits in north-east Europe. - S., Rotterdam

EHLERS, J. (1996): Quarternary and glacial Geology. - S., Brisbane

HESSMANN, E. & H. ZIERMANN (1990): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Blatt 1865 Kyritz. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.)

KABEL, C. (1982): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Pleistozän Schleswig- Holsteins und angrenzender Gebiete. - Diss. Univ. Kiel, Kiel

KABEL, C. & P. SCHRÖDER (1984): Geschiebe- und geröllstratigraphische Untersuchungen im Landkreis Lüchow- Danelenberg. - *Verh. naturwiss. Ver. Hamburg*, (NF) **27**, S. 43-74, Hamburg

KRIENKE, H.- D. & J. HARFF (1979): Zur Anwendung eines numerischen Klassifizierungsverfahrens bei der Auswertung von Geschiebezählungen. - *Z. angew. Geologie* **25**, 10, S. 466-474, Berlin

LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG & SENATSVERWALTUNG FÜR BAUEN, WOHNEN & VERKEHR ABT. V. Berlin (Hrsg.) (1998): Topographische Karten 1 : 50 000 und Topographische

- Übersichtskarten 1 : 200 000 Brandenburg/Berlin. - digital., Berlin, Potsdam
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N. & A. SONNTAG (1997): Geol. Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit Landesvermessungsamt Brandenburg, Potsdam
- PIOTROWSKI, J. A. (1992): Was ist ein Till? - Geowissenschaften **10**, 4, S. 100-108, Weinheim
- RÜHBERG, N. (1969): Die Geologie der pleistozänen Schichtenfolge am Westkliff von Poel. - Geologie **18**, 5, S. 626-637, Berlin
- RUSKE, R. (1961): Gliederung des Pleistozäns im Geiseltal und in seiner Umgebung. - Geologie **10**, S. 152-168, Berlin
- SCHALLREUTER, R. (1998): Klastenforschung unter besonderer Berücksichtigung der Geschiebeforschung. - Arch. Geologiekunde **2**, 5, S. 267-322, Hamburg
- TECHNISCHE NORMEN, GÜTEVORSCHRIFTEN UND LIEFERBEDINGUNGEN DER DDR. TGL 25232/1-5 (1971-1980): Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen, Berlin

Anschrift des Autors:
Dipl.-Geogr. Carsten Menzer
Hatzendorfer Weg 46
12681 Berlin
Carsten.Menzer@gmx.de