



# Geschiebestatistische Untersuchungen in Nordwestsachsen

## Erratic boulder statistical studies in North-West-Saxony

Werner Windisch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hans-Otto-Straße 5, 04279 Leipzig, Deutschland

Corresponding author: Werner Windisch (wer.windisch@web.de)

Academic editor Jan-Michael Lange | Received 7 June 2021 | Accepted 4 November 2021 | Published 20 December 2022

**Citation:** Windisch W (2022) Geschiebestatistische Untersuchungen in Nordwestsachsen. *Geologica Saxonica* 68: 1–10. <https://doi.org/10.3897/gS.68.e62927>

### Kurzfassung

Die Untersuchung von 130 Grundmoränenproben der 1960er bis 1980er Jahre aus Nordwestsachsen untermauert von der Geschiebestatistik her die stratigraphische Gliederung der Grundmoränen. Dabei wird belegt, dass sowohl die Elster- als auch die Saalekaltzeit mit einem quarzreichen, dolomit- und kalksteinärmeren Vorstoß beginnt, im nachfolgendem 2. Vorstoß kehren sich die Anteile um. Statistischerseits besteht bis auf diese allgemeine Feststellung keine Korrelation mit dem nördlich anschließenden nordostdeutschen Raum. Die geprüften statistischen Verfahren ergaben keine hinreichende Trennung der einzelnen Horizonte. Eine Trennung ist dagegen mit Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein) möglich, in die sich auch Geschiebelehme einordnen lassen. Die Gliederung für die Fraktionen 4–10 mm und 7–15 mm sind sich sehr ähnlich. Da sich jedoch die Bereiche für EI und SI sowie EII und SII 1 sehr stark überdecken, ist das Verfahren nur für die Gliederung in einer Eiszeit (Elster oder Saale), sonst nur zusammen mit anderen Methoden (z.B. Schnittdarstellungen) verwendbar. Im untersuchten Raum (ca. 240 km<sup>2</sup>) ist der Geschiebebestand der einzelnen Moränen nach statistischen Verfahren weitgehend homogen („statistisch zufällig“). An mehreren Objekten wird die Aussagekraft der Methode belegt.

### Schlüsselworte

Nordwestsachsen, Quartär, Vergletscherung, Moräne, Geschiebestatistik

### Abstract

The analysis of 130 ground moraines samples gathered in Northwest Saxony in the 1960s up to 1980s underpins from a erratic boulder statistical view the stratigraphic formation of the ground moraines. The study proves that the Elster glaciation as well as Saale glaciation started with a first glacial advance, which is rich in quartz and poorer in dolomite and limestone. In contrast, the subsequent second advance can be characterised as being richer in dolomite and limestone and poorer in quartz. From the statistical points of view, there is no statistical correlation between the examined region with the adjacent north-eastern German region until this general finding. The conducted statistical methods did not provide sufficient separation of the different horizons. However, a separation is possible with triangular diagrams for NK-Q-PK (northern crystalline – quartz – paleozoic limestone) and NK-Q-F (northern crystalline – quartz – flint), which too allow the classification of glacial loams. The breakdown of the fractions 4–10 mm and 7–15 mm are very similar. But since the fields for EI and SI as well as EII and SII overlap considerably, the method can only be used alone for separation of one of the two glaciations (Elster or Saale) or only together with other methods (e.g., geological sections). According to the statistical methods, the stock of erratic boulders of the individual moraines statistic methods is largely homogeneous („statistically random“) in the investigated area (circ. 240 km<sup>2</sup>). Several objects verify the validity of the method.

## Keywords

Northwest Saxony, Quaternary, glaciation, moraine, boulder statistics

## Einleitung

Die stratigraphische Gliederung des Quartärs in Mitteldeutschland basiert neben den Interglazialvorkommen weitgehend auf den klastischen Sedimenten der Flussterrassen. Die zwischen ihnen lagernden Grundmoränen widersetzten sich lange einer Gliederung, bis sich dann durch geschiebeanalytische Untersuchungen eine Gliederung ergab. So sind mittlerweile zwei elsterkaltzeitliche und drei saalekaltzeitliche Inlandeisvorstöße signifikant. Dabei wurden ab den 1960er Jahren des vergangenen Jahrhunderts zunehmend geschiebeanalytische Untersuchungen eingesetzt. Während der nordostdeutsche Raum eine Bearbeitung vor allem durch Alexander Cepek erfuhr (Cepek et al. 1975), wurde die geschiebeanalytische Bearbeitung im mitteldeutschen, vor allem nordwestsächsischen Raum vor allem durch Lothar Eißmann vorangetrieben, ohne dass jedoch eine flächendeckende Bearbeitung erfolgen konnte. Einen Beitrag zur flächendeckenden Bearbeitung soll der nachfolgende Beitrag liefern.

Nach Eißmann (1975) werden die Moränen in Nordwestsachsen wie folgt gegliedert:

- Untere Elstergrundmoräne über dem Dehlitz-Leipziger Bänderton (im Folgenden als EI bezeichnet)
- Obere Elstergrundmoräne über dem Miltitzer Bänderton (im Folgenden als EII bezeichnet)
- Saalegrundmoräne der Zeitzer Phase über dem Böhlen-Lochauer Bänderton (im Folgenden als SI bezeichnet)
- Saalegrundmoräne der Leipziger Phase über dem Bruckdorfer Bänderton (im Folgenden als SII1 bezeichnet)
- Saalegrundmoräne über dem Eutritzs-Breitenfelder Bänderton (im Folgenden als SII2 bezeichnet)

Die geschiebeanalytische Methode wurde ständig verbessert und mündete schließlich 1971 in der TGL 25232, die eine einheitliche Methodik festlegte. Sie basierte vorwiegend auf Untersuchungen im nordostdeutschen Raum. Es zeigte sich jedoch bald, dass der südliche Raum der ehemaligen DDR zumindest nicht in die stratigraphische Zuweisung der Untersuchungsergebnisse nach Blatt 6 der TGL passte, so dass dieses Blatt als nicht gültig für den Raum südlich des Lausitzer Urstromtales erklärt wurde und man um eine eigene Gliederung bezüglich der Analytik bemüht war.

## Durchführung

Durch den Autor wurden im Zeitraum von den späten 1960er-Jahren bis Ende der 1980er-Jahre aus Bohrungen, Aufschlüssen der Braunkohlentagebaue sowie Lehm- und Baugruben an 70 Standorten insgesamt 130 Proben (Anlagen 1A, B) entnommen. Dabei wurde zunächst der horizontalen Verbreitung gegenüber der vertikalen Beprobung Vorrang eingeräumt. Die Fläche umfasste im Wesentlichen den ehemaligen Bezirk Leipzig der DDR und beträgt etwa 240 km<sup>2</sup>. Die Probenmenge lag je nach visueller Einschätzung der Geschiebeführung vor Ort etwa zwischen 15 und 20 kg. Aus den Proben wurden durch Ausschlämmen und Sieben die Geschiebe in den Siebschnitten 4–7 mm, 7–10 mm, 10–15 mm und > 15 mm eliminiert. Die Geschiebe wurden in Anlehnung an die ehemalige TGL 25232 ausgezählt, wobei die Siebschnitte eine Zusammenfassung in die Fraktionen 4–10 mm und 7–15 mm ermöglichten. Nach TGL 25232 (1971, 1980) erfolgt die stratigraphische Zuordnung aus Untersuchungen der Fraktion 4–10 mm, die Fraktion > 10 mm wird nur für die genauere mineralogisch-geologische Bestimmung des entsprechenden Gesteins der 4–10 mm-Gruppe verwendet. Da vom Autor auch vor Gültigkeit der TGL 25232 Proben in der Fraktion 7–15 mm untersucht wurden, wurde versuchsweise die Auszählung dieser Fraktion zusätzlich beibehalten, um eine mögliche Beziehung dieser beiden Fraktionen zueinander zu ermitteln. In die Untersuchungen wurden später versuchsweise auch 17 kalkfreie Proben einbezogen, wobei es sich vorwiegend um rezente z. T. aber auch vereinzelt um pleistozäne Entkalkung handelt.

## Ergebnisse

Stichprobenartig wurde mit dem Kolmogorov-Test die Normalverteilung der einzelnen Parameter nachgewiesen, durch die Aufteilung der 130 Proben auf die fünf Grundmoränenhorizonte wird in den einzelnen Horizonten jedoch nicht der erforderliche Mindeststichprobenumfang (minimal etwa 30) erreicht, so dass bei weiteren Untersuchungen Abweichungen nicht ausgeschlossen sind. Für die Geschiebemenge pro Kilogramm ergeben sich für die einzelnen Moränen die in der Tabelle 1 zusammengestellten Werte.

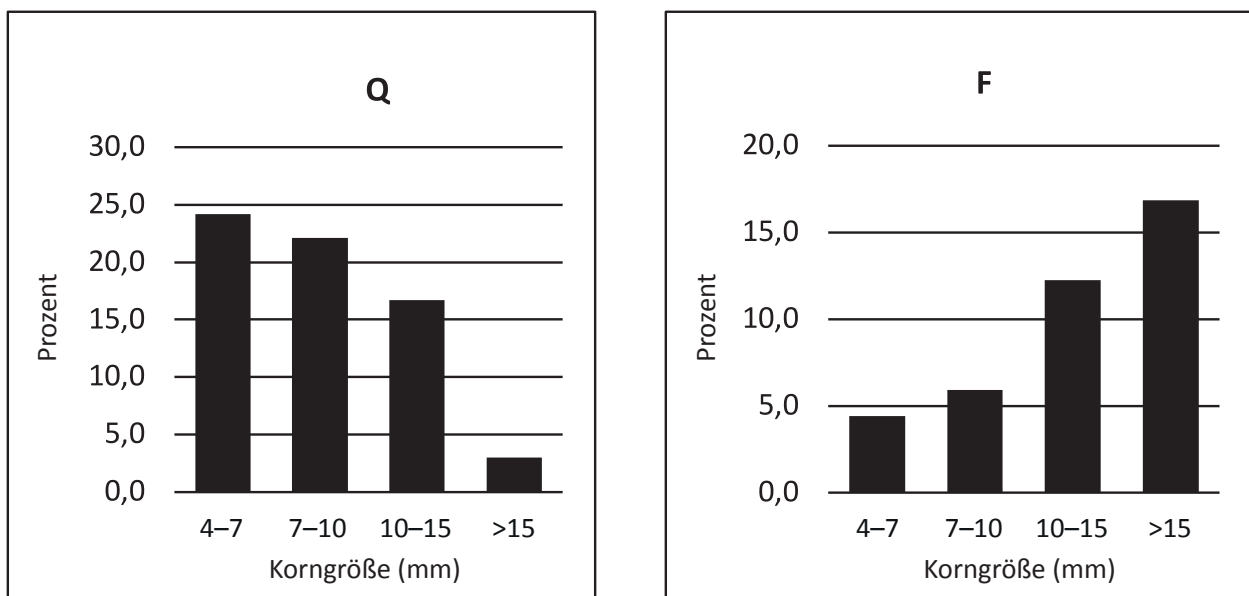
Es zeigt sich, dass jeweils die erste (früheste) Moräne der jeweiligen Eiszeit (Elster oder Saale) die geschiebereichste ist, die EI-Moräne stellt dabei das Maximum dar, mit etwa dem doppelten Wert zur EII-Moräne. Auch für die Fraktion 7–15 mm gilt in wesentlichen dieses Prin-

**Tabelle 1.** Geschiebeanzahl pro kg Geschiebemergel.**Table 1.** Number of boulders per kg till.

Moräne	Fraktion: 4–10 mm			Fraktion: 7–15 mm		
	Anzahl	Streubreite	Mittelwert	Anzahl	Streubreite	Mittelwert
SII2	7	20,2–100	45,7±27,8	7	5,2–40,5	15,6±12,6
SII1	16	19,0–150	49,0±32,1	18	3,8–43,2	13,0±9,4
SI	17	22,8–110	58,3±26,9	25	6,8–28,0	15,5±6,0
EII	24	9,0–81,9	38,0±18,7	25	3,8–41,5	11,6±7,9
EI	23	41,2–125,6	74,8±71,5	34	9,5–35,0	18,6±5,4

**Tabelle 2.** Geschiebeanzahl pro kg Geschiebelehm**Table 2.** Number of boulders per kg decalcified till

Moräne	Fraktion: 4–10 mm			Fraktion: 7–15 mm		
	Anzahl	Streubreite	Mittelwert	Anzahl	Streubreite	Mittelwert
SI	4	16,1–39,6	28,3±9,6	5	2,0–22,8	9,9±9,1
EII	3	15,4–17,3	16,6±0,9	2	3,4–14,0	8,7±7,5
EI	3	70,8–97,3	83,7±13,2	8	15,3–143	60,2±53,1

**Abbildung 1.** Quarz- und Feuersteingehalte in einzelnen Siebschnitten.**Figure 1.** Contents of quartz and flint in individual screen sections.

zip, die Geschiebefracht erreicht jedoch nur 25–30 % der Fraktion 4–10 mm. Für die ebenfalls untersuchten Geschiebelehme gelten die in Tabelle 2 zusammengestellten Werte, wobei die geringe Probenanzahl die Aussagekraft einschränkt.

Der Anteil der einzelnen Gesteinsgruppen in den Korngrößenfraktionen schwankt in den einzelnen Moränen. Bei der Feuersteingruppe nimmt er jedoch generell in allen Moränen mit steigender Korngröße zu (vermutlich bedingt durch das ausgeprägte Spröbruchverhalten), beim Quarz hingegen sinkt der Anteil mit steigender Korngröße. Stellvertretend sind in Abbildung 1 die gemittelten Werte der untersuchten Proben dargestellt (Angaben in %).

Die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Proben sind tabellarisch in Anlage 2A (Fraktion 4–10) und Anlage 2B (Fraktion 7–15) zusammengefasst. In Anlehnung an die TGL 25232 werden für die einzelnen Gesteinsgruppen folgende Abkürzungen verwendet: **NK** nordisches Kristallin (Magmatite und Metamorphite); **EK** einheimisches Kristallin (Magmatite und Metamorphite); **D** Dolomite; **PK** paläozoische Kalke; **F** Feuersteine; **Q** Quarze; **PQz** paläozoische Quarzite, Grauwacken und Schiefer; **PS** paläozoische Sandsteine. Letztere Gruppe spielen im nordwestsächsischen Raum praktisch keine Rolle.

Die Betrachtung der Datenmenge (ohne statistische Ausreißer) hinsichtlich einer Strukturierung bezüglich der fünf Grundmoränen lässt zunächst weder bei der rela-

**Tabelle 3.** F-spread für Quarz nach dem Box-Plot-Verfahren (in Korn-%)**Table 3.** F-spread for quartz according to the box-plot-procedure (in grain %).

	Fraktion: 4–10 mm	Fraktion: 7–15 mm
SII2	15–22	12–18
SII1	5–13	2–11
SI	24–46	24–45
EII	12–22	9–16
EI	39–58	41–64

**Tabelle 4.** Streubreite der einzelnen Komponenten in der Dreiergruppe NK-Q-F (in Korn-%).**Table 4.** Spread widths of the individual components in the triplet NK-Q-F (in grain %).

Moräne	Fraktion: 4–10 mm			Fraktion: 7–15 mm		
	NK	Q	F	NK	Q	F
SII2	33–54	30–59	<16	34–51	26–50	15–32
SII1	>56	<32	<23	51–78	<32	<31
SI	<46	>45	<19	<39	40–77	<25
EII	>38	15–47	<24	38–78	<39	11–32
EI	<37	>55	<23	<38	>50	<23

**Tabelle 5.** Streubreite der einzelnen Komponenten in der Dreiergruppe NK-Q-PK (in Korn-%).**Table 5.** Spread widths of the individual components in the triplet NK-Q-PK (in grain %).

Moräne	Fraktion: 4–10 mm			Fraktion: 7–15 mm		
	NK	Q	PK	NK	Q	PK
SII2	24–44	23–40	32–52	27–56	14–41	31–47
SII1	28–51	<26	25–63	33–57	<21	32–59
SI	13–45	>33	<42	<35	>29	<42
EII	29–52	11–40	18–55	34–60	<36	16–54
EI	9–32	>47	<38	<36	>47	<31

tiven Häufigkeit (%) noch bei den abgeleiteten Quotienten eine Gliederung erkennen. Das beste Ergebnis ergibt sich noch beim Box-Plot-Verfahren für den Quarzgehalt Q sowie den Koeffizienten NK/Q, wenn man nur den Interquartilsabstand getrennt für Saale- und Elsterkaltzeit betrachtet. Für den Quarzgehalt ergeben sich die in der Tabelle 3 genannten Werte (F-Spread). Da jedoch die Spannweite der Gruppen, d. h. der gesamte Wertesatz der Gruppe, einbezogen werden muss und sich diese vereinzelt bis in den F-Spread überschneidet, disqualifiziert sich diese Trennung für die Saalekaltzeit.

Zur objektiven Trennung der Daten wurden die einzelnen Daten (unter Eliminierung der Ausreißer) einer Clusteranalyse unterzogen. Aber weder für das k-Means-Verfahren noch für das Single-Linkage- und das Single-Average-Verfahren ergaben sich sowohl für die relative Häufigkeit als auch für die Koeffizienten bei Berücksichtigung von zwei bis sechs Faktoren brauchbare Ergebnisse. Dies wurde auch bei Untersuchungen von Thiem und Krbetschek (1992) bei früheren Untersuchungen in der Niederlausitz festgestellt, so dass diese Verfahren generell nicht verwendbar sein dürften.

Die beste Trennung und Zuordnung ergibt sich mit dem graphischen Verfahren der Dreiecksdiagramme für

die Komponenten NK-Q-F und NK-Q-PK (Anlagen 3A–H), wobei wiederum vorher eine Trennung von Saale- und Elsterkaltzeit erforderlich ist, da sich EI und SI sowie EII und SII weitestgehend überdecken. In diese Diagramme fügen sich auch die Ausreißer – außer die Probe 99 (Altenburg-S, SI) – ein. Die Gehalte dieser vier Komponenten streuen in den Diagrammen zwischen den in Tabelle 4 und Tabelle 5 aufgeführten Werten.

Die Einzelwerte der Untersuchungsergebnisse sind in den Anlagen 3A–H dargestellt. Daraus wurden die Verteilungsbereiche der Anlagen 4A–D abstrahiert. Dabei zeigt sich, dass eine Trennung der einzelnen Moränen für die Dreiergruppe NK-Q-F mit den Werten für Quarz (Q) und nordisches Kristallin (NK), für die Dreiergruppe NK-Q-PK nur mit den Quarzwerten (Q) möglich ist. Diese Werte sind in Tabelle 6 (NK-Q-F) und Tabelle 7 (NK-Q-PK) zusammengestellt.

Die Diagramme der Anlagen 4A–D zeigen auch, dass die Werte der Fraktionen 4–10 und 7–15 sich weitgehend überdecken, meist ist die Fraktion 7–15 reicher an EK (bis 40 %, für EI das Doppelte), D (bis 40 %) und F (meist 50 %) und ärmer an PK (10–20 %) sowie Q (bis 20 %, außer EI). Dies bedingt dann höhere NK/PK-, D/PK-, F/PK- und F/Q-Koeffizienten.

**Tabelle 6.** Vorschlag für die Trennung der Moränen anhand der Q- bzw. NK-Werte in der Dreiergruppe NK-Q-F (in Korn-%).**Table 6.** Proposal of the separation of the ground moraines on basis of the values from Q and NK in the triplet NK-Q-F (in grain %).

Moräne	Fraktion: 4–10 mm		Fraktion: 7–15 mm	
	Q	NK	Q	NK
SII2	30–60	33–54	15–50	34–61
SII1	<32	>56	<32	>52
SI	>45	<46	>40	<41
EII	<49	>38	<43	>38
EI	>55	<36	>50	<38

**Tabelle 7.** Vorschlag für die Trennung der Moränen anhand der Q-Werte in der Dreiergruppe NK-Q-PK (in Korn-%).**Table 7.** Proposal of the separation of the ground moraines on basis of the values from Q in the triplet NK-Q-PK (in grain %).

Moräne	Fraktion 4–10 mm, Q	Fraktion 7–15 mm, Q
SII2	23–40	14–41
SII1	<20	<21
SI	>33	>29
EII	<40	<36
EI	>47	>44

In diese Diagramme lassen sich selbst die Geschiebelehne einbeziehen, wobei eine deutliche Erhöhung des Quarzanteiles um 5–15 % sowie der Feuersteingruppe um mindestens 5% im Vergleich zum Geschiebemergel zu verzeichnen ist.

Die stratigraphische Zuordnung der einzelnen Proben erfolgte ausgehend von eindeutigen Lagerungsverhältnissen im Westen des Untersuchungsgebietes; für die nicht aus den Lagerungsverhältnissen ableitbaren Proben anhand der Dreiecksdiagramme. Die errechneten statistischen Werte der einzelnen Grundmoränen sind für die Fraktionen 4–10 und 7–15 in Anlage 5A und Anlage 5B zusammengestellt. Mit Hilfe der Dreiecksdiagramme lassen sich die untersuchten Proben in den einzelnen Eiszeiten eindeutig trennen, lediglich die SII2- Moräne überlappt sowohl mit SI als auch SII1.

## Ableitungen

Mit den Dreiecksdiagrammen NK-Q-F und NK-Q-PK ergeben sich für die Eisvorstöße der Elster- und der Saalekaltzeit sowohl in der Fraktion 4–10 mm als auch 7–15 mm signifikante Unterschiede. Damit ist es möglich, die Gliederung aus den durch die Schotterterrassen faziell-stratigraphisch abgesicherten Bereichen in die Fläche ohne Terrassengliederung auszudehnen.

Grundsätzlich kann sowohl für die Elster- als auch die Saalekaltzeit festgestellt werden, dass die jeweils ältere Moräne (EI und SI) niedrigere Gehalte an NK, D und PK aufweist als die jüngere (EII und SII1), dafür höhere Gehalte an Q. Dies gilt sowohl für die Fraktion 4–10 mm als auch für die Fraktion 7–15 mm. Die (lokale) Moräne

SII2 hat wiederum im Vergleich mit SII1 niedrigere Gehalte an NK und PK, dafür höhere an Q.

Der jeweils erste Vorstoß einer Eiszeit erfolgt über die relativ unverhüllten Schotterflächen der Hauptterrassen und nimmt aus seinem Untergrund Material auf (wie auch die geringen Anteile von einheimischem Kristallin belegen), so dass ein gewisser Quarzanteil der Moränen aus den quarzreichen Terrassenschottern stammen wird. Es wird jedoch eingeschätzt, dass dieser Prozess nicht die erforderliche Dimension hat, um die Größe und Homogenität der Quarzvormacht zu erklären.

Eine weitere Deutungsmöglichkeit besteht in der Veränderung der Transportrichtung der Eisströme im Ablauf der Vereisung. So könnten die quarzreichen jeweiligen ersten Vorstöße aus dem Raum Norwegen-Schweden erfolgt sein, die jüngeren kalkreicheren aus dem weiter östlichem Raum Schweden-Finnland-Baltikum, wo karbonathaltige Gesteine auf der Fließstrecke häufiger anstehen. Diese Deutung geht konform mit Untersuchungen von Hoffmann und Meyer (1997) in mitteldeutschen Tagebauen zu Leitgeschiebezählungen nach der TGZ-Methode, die belegen, dass sowohl in der Elster- als auch Saalekaltzeit die jüngeren Vorstöße eine östlicheres Nährgebiet besitzen. Damit wären die Unterschiede in der Geschiebefracht durch eine Änderung in der Großfazies zu erklären.

Eine Anbindung an den nordostdeutschen Raum kann nur bei allgemeinen Aussagen wie der Tendenz der höheren D- und PK-Gehalte und der geringeren Q-Gehalte in den jüngeren Moränen (EII und SII) getroffen werden, eine Einpassung in die dort geltenden Wertebereiche sowohl hinsichtlich der Gehalte als auch der einzelnen Koeffizienten ist nicht möglich. Ebenfalls ging die Prüfung der Anwendbarkeit der Dreiecksdiagramm-Methode für das Niederlausitzer Braunkohlenrevier anhand veröffentlichter

Werte aus den Tagebauen Welzow und Jänschwalde negativ aus (Lippstreu et al. 1994; Cepek und Nowel 1991; Cepek et al. 1994). Diese liegen allerdings auch nördlich der bereits in der TGL 25232, Blatt 6 (1971) festgehaltenen ominösen „Grenzlinie“ des Lausitzer Urstromtales.

Ursache könnten größere Ausdifferenzierung auf dem längeren Transportweg nach Süden und Materialaufnahme aus dem Untergrund sein, sind aber nicht bewiesen. Die im anhaltinischen Raum angesiedelte Untersuchungen von Müller (1988) enthalten nur Geschiebekoeffizienten, so dass sie für das Dreiecksdiagramm leider nicht verwertet werden können, abgesehen davon, dass auch Müller (1988) nur schwache Korrelation mit dem Brandenburger Raum feststellt bzw. den Wertebereich modifizieren musste. Dagegen lassen sich Proben aus den ehemaligen Braunkohletagebauen in Sachsen-Anhalt (Lochau, Pirkau) problemlos in die Dreiecksdiagrammschemata einpassen (Umrechnungen aus der Literatur; nach Eißmann 1982).

Die SII2-Moräne konnte nach den Geschiebeuntersuchungen in einem etwa 10 km breiten Streifen vom westlichen Rand des Untersuchungsgebietes nördlich der Elsteraue bis zur Mulde zwischen Grimma und Eilenburg auf etwa 35 km Länge nachgewiesen werden (Anlage 6). Nördlich dieser Fläche ist die SII2-Moräne erodiert. Die Fläche würde damit den Rest einer isolierten Großfazies widerspiegeln.

Umstritten war in letzter Zeit die stratigraphische Einordnung der Moränen der Dahleener Heide, wo ein bis über 30 m mächtiges Paket tertiärer Sedimente auf Grundmoräne lagert, von Eißmann (1975) als Schollensatzmoräne, von Müller (1988) als Schollenstapelmoräne bezeichnet. Im Rahmen einer hydrogeologischen Untersuchung wurden zahlreiche Proben entnommen (Anlage 7), wobei 90 % der untersuchten Proben nach dem Geschiebebestand der Elster-II-Moräne zuzuordnen sind. Lediglich eine einzige Probe (Probe 66) wäre nach dem Geschiebebestand der Elster-I-Moräne zuzuordnen. Diese Probe liegt 1,5 m unter der Unterkante der allochthonen Tertiärscholle. Die unmittelbar über der Probe liegende Moräne zeigt intensive Beanspruchung (Zerschering, Verknetung), so dass nach dem Ergebnis der Probe 66 anzunehmen ist, dass auch teilweise Elster-I-Moräne in die Überschiebung eingeschuppt worden ist. Der Bereich der Scherzone ist z. T. entkalkt (Probe 65). Aus der Probe 72 ist nach dem Geschiebebestand und den dargestellten Lagerungsverhältnissen auch ein Elster-II-kaltzeitliches Alter von Schmelzwasserrinnen wahrscheinlicher als das von Müller (1988) angenommene saaleglaziale Alter der Schollenstapelmoräne. Letzteres würde ein äußerst intensives Zerschieren der Scholle voraussetzen. Mit diesem Ergebnis wird die bisher vermutete zeitliche Einordnung der Moräne und der Scholle geschiebeanalytisch belegt, nachdem bereits Fuhrmann und Händel (1991) das saalekaltzeitliche Alter des Dahleener Sanders widerlegen konnten. Die historische Entwicklung der stratigraphischen Einstufung der Dahleener Endmoräne ist in Eißmann und Müller (1994) dokumentiert.

Es wurde ferner für die Geschiebemergel mit Hilfe der t-Verteilung die Beziehungen von Mittelwert und Varianz hinsichtlich regionaler Unterschiede untersucht:

- Raum Nordwest: westlich der Mulde und Stadtgebiet Leipzig und nördlich davon
- Raum Südwest westlich der Mulde und südlich Leipzig
- Raum Nordost: östlich der Mulde und nördlich von Oschatz

Die Einzelergebnisse sind für die einzelnen Fraktionen in Anlage 8A und Anlage 8B wiedergegeben. In die Untersuchungen wurden nur die Teilmengen ohne statistische Ausreißer einbezogen, die mindestens aus 4 Proben bestehen. Dabei ergab sich, dass in der SI-Moräne sowohl in der Fraktion 4–10 mm als auch in der Fraktion 7–15 mm im Südwesten die höchsten F-Gehalte und im Nordwesten die höchsten Werte für PQz auftreten, in der EII-Moräne liegen die höchsten Werte für Q und die niedrigsten für PQz im Südwesten und in der EI-Moräne die höchsten Werte für NK im Nordosten, für EK im Nordwesten, für PK und PK+D im Südwesten. Die Werte differieren nur geringfügig um wenige Prozent. Nach den statistischen Tests mit der t-Verteilung ergeben sich jedoch nur für etwa 9 % der Werte (Fraktion 4–10 mm, für Fraktion 7–15 mm 12 %) signifikante Unterschiede, alle übrigen sind als statistisch zufällig zu klassifizieren. Eine wichtige Rolle spielt dabei sicher die geringe Probenanzahl, es kann angenommen werden, dass bei größerer Probenanzahl der Anteil signifikanter Differenzen weiter sinkt. Damit ist belegt, dass vom Norden des Untersuchungsgebietes bis zu seiner Südgrenze in Fließrichtung des Eises (knapp 100 km) keine signifikanten Änderungen im Geschiebebestand auftreten.

In Döbeln wurde unter den Auensedimenten über dem Döbelner Beckenschluff ein 3 m mächtiger Geschiebelehmhorizont angetroffen, der einen Elster-II-Geschiebebestand besitzt. Damit wird die von Eißmann (1994) zunächst vorläufig vorgenommene Elster-II-kaltzeitliche Zuordnung des Beckenschluffes und der Gärtitzer Grundmoräne untermauert.

Derzeit ist noch nicht gesichert, ob die vorgeschlagene Gliederungsmethode für den gesamten Raum südlich des Lausitzer Urstromtales anwendbar ist oder nur für den engeren Raum Nordwestsachsens, diesbezügliche Untersuchungen wären wünschenswert.

## Literaturverzeichnis

- Cepek A, Helliwig D, Lippstreu L, Lohde H, Ziermann H, Zwirner R (1975) Zum Stand der Gliederung des Saalekomplexes im mittleren Teil der DDR. Zeitschrift für geologische Wissenschaften 3: 1049–1076.

- Cepek A, Nowel W (1991) Zum Pleistozän im Raum Klinge—Dubrau (östliche Niederlausitz), ein Typusgebiet für den Saalekomplex. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 19: 289–316.
- Cepek A, Hellwig D, Nowel W (1994) Zur Gliederung des Saalekomplexes im Niederlausitzer Braunkohlerevier. *Brandenburgische geowissenschaftliche Beiträge* 1: 43–83.
- Eißmann L (1975) Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe. *Schriftenreihe für geologische Wissenschaften* 2: 1–263.
- Eißmann L (1982) Zum Ablauf der Elstereiszeit in der Leipziger Tieflandsbucht unter besonderer Berücksichtigung geschiebeanalytischer Befunde. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 10, 771–781.
- Eißmann L (1994) Grundzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Südbrandenburg, Thüringen). *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 7: 55–136.
- Eißmann L, Müller A (1994) Gedenkexkursion 150 Jahre Inlandeistheorie in Sachsen. Flussterrassen, Endmoränen und Gletscherschliffe in Nordwestsachsen. *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 7: 378–416.
- Fuhrmann R, Händel D (1991) Holsteinwarmzeitliche Sedimente bei Wildschütz und Dahlen (Sachsen) und das Alter der Dahleiner Endmoräne. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 19, 261–268.
- Hoffmann K, Meyer K-D (1997) Leitgeschiebezählungen von elster- und saalezeitlichen Ablagerungen aus Sachsen, Sachsen-Anhalt und dem östlichen Niedersachsen. *Leipziger Geowissenschaften* 5: 115–128.
- Lippstreu L, Erd K, Sonntag A, Thieke HU, Nowel W, Kühner R, Striegler R, Hellwig D, Cepek A (1994) Die quartäre Schichtenfolge im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Jänschwalde (LAUBAG) und im Umfeld – *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 7: 151–189.
- Müller A (1988) Das Quartär im mittleren Elbegebiet zwischen Riesa und Dessau. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/Saale, Deutschland.
- TGL 25232 (1971, 1980) Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen. Blätter 1 bis 6. Staatssekretariat für Geologie der DDR, Zentrales Geologisches Institut.
- Thiem G, Krbetschek M (1992) Geschiebestatistische Untersuchungsergebnisse aus Grundmoränen im Raum westlich Spremberg (Niederlausitz). *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 20: 593 – 601.

## Ergänzendes Material 1

### Anlagen 1A, B

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 1A:** Probennahmepunkte. / Sampling points. — **Anlage 1B:** Probenverzeichnis. / Sample list.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/g68.e62927.suppl1>

## Ergänzendes Material 2

### Anlagen 2A–D

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 2A:** Fraktion 4–10 mm, Untersuchungsergebnisse relative Häufigkeit. / Fraction 4–10 mm, test results relative frequency. — **Anlage 2B:** Fraktion 4–10 mm, Untersuchungsergebnisse Koeffizienten. / Fraction 4–10 mm, test results coefficients. — **Anlage 2C:** Fraktion 7–15 mm, Untersuchungsergebnisse relative Häufigkeit. / Fraction 7–15 mm, test results relative frequency. — **Anlage 2D:** Fraktion 7–15 mm, Untersuchungsergebnisse Koeffizienten. / Fraction 7–15 mm, test results coefficients.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/g68.e62927.suppl2>

## Ergänzendes Material 3

### Anlagen 3A–H

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 3A:** Dreiecksdiagramm NK-Q-F, 4–10 mm, Saale. / Triangular diagram NK-Q-F, 4–10 mm, Saale glaciation. — **Anlage 3B:** Dreiecksdiagramm NK-Q-F, 4–10 mm, Elster. / Triangular diagram NK-Q-F, 4–10 mm, Elster glaciation. — **Anlage 3C:** Dreiecksdiagramm NK-Q-F, 7–15 mm, Saale. / Triangular diagram NK-Q-F, 7–15 mm, Saale glaciation. — **Anlage 3D:** Dreiecksdiagramm NK-Q-F, 7–15 mm, Elster. / Triangular diagram NK-Q-F, 7–15 mm, Elster glaciation. — **Anlage 3E:** Dreiecksdiagramm NK-Q-PK, 4–10 mm, Saale. / Triangular diagram NK-Q-PK, 4–10 mm, Saale gla-



ciation. — **Anlage 3F**: Dreiecksdiagramm NK-Q-PK, 4–10 mm, Elster. / Triangular diagram NK-Q-PK, 4–10 mm, Elster glaciation. — **Anlage 3G**: Dreiecksdiagramm NK-Q-PK, 7–15 mm, Saale. / Triangular diagram NK-Q-PK, 7–15 mm, Saale glaciation. — **Anlage 3H**: Dreiecksdiagramm NK-Q-PK 7–15 mm, Elster. / Triangular diagram NK-Q-PK, 7–15 mm, Elster glaciation.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/gS.68.e62927.suppl3>

## Ergänzendes Material 4

### Anlagen 4A–D

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 4A**: Dreiecksdiagramm NK-Q-F, 4–10 mm, Streuung der Wertebereiche Saale. / Triangular diagram NK-Q-F, 4–10 mm, scatter of value ranges Saale glaciation. — **Anlage 4B**: Dreiecksdiagramm NK-Q ranges Elster glaciation. — **Anlage 4C**: Dreiecksdiagramm NK-Q-PK, 7–15 mm, Streuung der Wertebereiche Saale. / Triangular diagram NK-Q-PK, 7–15 mm, scatter of value ranges Saale glaciation. — **Anlage 4D**: Dreiecksdiagramm NK-Q-PK, 7–15 mm, Streuung der Wertebereiche Elster. / Triangular diagram NK-Q-PK, 7–15 mm, scatter of value ranges Elster glaciation.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/gS.68.e62927.suppl4>

## Ergänzendes Material 5

### Anlage 5A–D

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 5A**: Statistische Daten Fraktion 4–10 mm, relative Häufigkeit. / Statistical data, fraction 4–10 mm, relative frequency. — **Anlage 5B**: Statistische Daten Fraktion 4–10 mm, Koeffizienten. / Statistical data, fraction 4–10 mm, coefficients. — **Anlage 5C**: Statistische Daten Fraktion 7–15 mm, relative Häufigkeit. / Statistical data, fraction 7–15 mm, relative frequency. — **Anlage 5D**: Statistische Daten Fraktion 7–15 mm, Koeffizienten. / Statistical data, fraction 7–15 mm, coefficients.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/gS.68.e62927.suppl5>

## Ergänzendes Material 6

### Anlage 6

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 6:** Verbreitung der SII2-Moräne. / Distribution of the SII2 moraine.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/g6.68.e62927.suppl6>

## Ergänzendes Material 7

### Anlage 7

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 7:** Geologisches Profil Schmannewitz (Dahlener Heide). / Geological profile Schmannewitz (Dahlener Heide).

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/g6.68.e62927suppl7>

## Ergänzendes Material 8

### Anlagen 8A, B

**Author:** Windisch W (2022)

**Data type:** .pdf

**Explanation note:** Database Geschiebestatistik von Grundmoränenproben in Tabellen und Dreiecksdiagrammen für NK-Q-PK (nordisches Kristallin – Quarz – paläozoische Kalke) und NK-Q-F (nordisches Kristallin – Quarz – Feuerstein). / Statistics of ground moraine samples in tables and triangular diagrams for NK-Q-PK (Nordic crystalline – quartz – Paleozoic limestones) and NK-Q-F (Nordic crystalline – quartz – flint). **Anlage 8A:** Statistische Werte von Teilgebieten, relative Häufigkeit. / Statistical values of subareas, relative frequency. — **Anlage 8B:** Statistische Werte von Teilgebieten, Koeffizienten. / Statistical values of subareas, coefficients.

**Copyright notice:** This dataset is made available under the Open Database License (<http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0>). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

**Link:** <https://doi.org/10.3897/g6.68.e62927.suppl8>