

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 59–62	3 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

## Einsatz automatisierter Rasterelektronenmikroskopanalyse an fluviatilen und glazifluviatilen Sanden

SOPHIA RÜTTERS

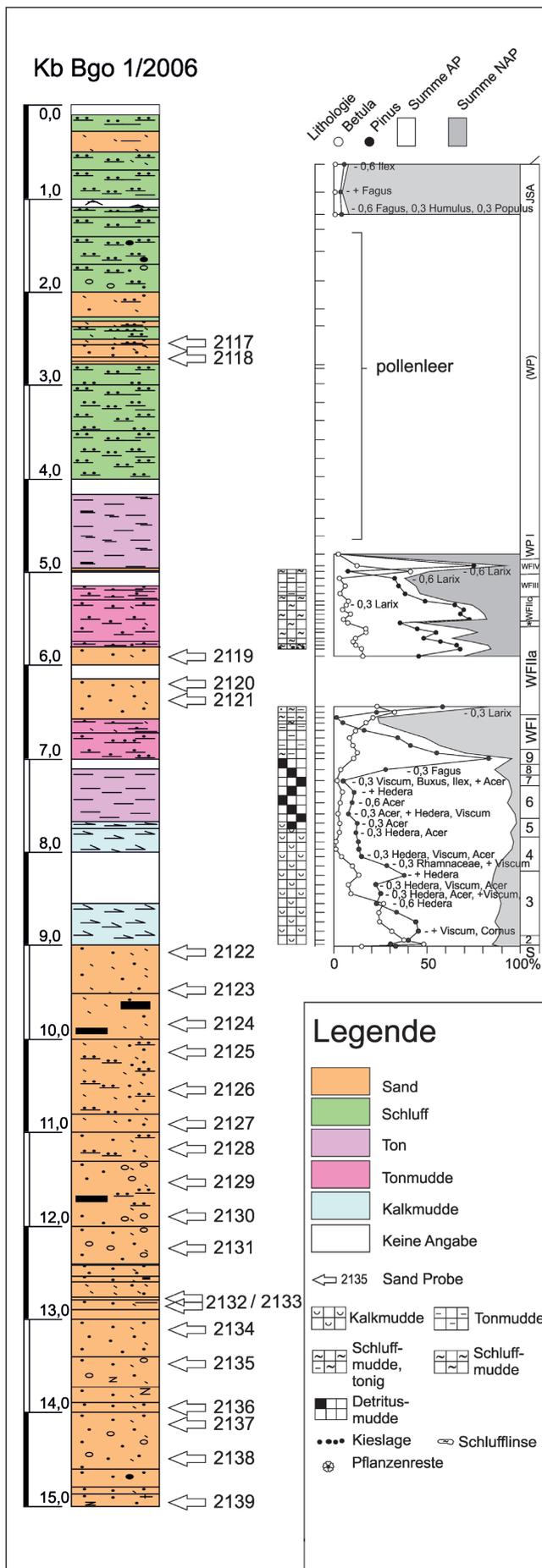
Brandenburgs Oberflächengeologie ist zu mehr als 95 % durch quartäre Sedimente geprägt. Die Schichtenfolgen besitzen durchschnittliche Mächtigkeiten von 50 bis 80 m, wobei innerhalb subglazialer Rinnen Mächtigkeiten bis zu 500 m erreicht werden. Die Elster-zeitlichen bis holozänen Ablagerungen sind von Aufschüttungs-, Abtragungs- und Umlagerungsprozessen während der kalt- und warmzeitlichen Phasen geprägt, welche in charakteristisch und ausgeprägt lokal variierendem Wechsel zwischen Geschiebemergeln, glazifluviatilen oder fluviatilen Sanden sowie glazilimnischen oder limnischen Tonen, Schluffen und Mudden resultieren. Die stratigraphische Einstufung erfolgt vorrangig über pollenanalytische Untersuchungen der wamzeitlichen, überwiegend limnischen Ablagerungen und Kleingeschiebezahlungen der kaltzeitlichen Geschiebemergel. Die anteilig dominierenden Sande werden dadurch methodisch nicht dargestellt. Bis 2008 wurde in Brandenburg hierzu die Schwermineralzusammensetzung (Dichte höher  $2,96 \text{ g/cm}^3$ ) und -höflichkeit der Sandablagerungen untersucht. Der Fokus lag auf der lithostratigraphischen Einstufung vorrangig von Feinsanden, besonders für die Detektion und Rekonstruktion der fluviatilen Ablagerungen des Berliner Elbelaufs (ausgehende Elster- bis beginnende Saale-Vereisung). Hierdurch konnten bereits relevante Häufigkeitsschwankungen und Mineralvergesellschaftungen bzw. typische Verhältnismäßigkeiten der Schwermineralgehalte abgeleitet werden.

Um eine ganzheitliche Provenanzanalytik aufbauen zu können, wird in der hier vorgestellten Methodenentwicklung neben der Schwermineralfraktion auch die leichte Fraktion berücksichtigt. Dies bietet die Möglichkeit, einen petrographisch systemischen Ansatz zu verfolgen. Zudem kann mittels Spektralanalyse die geochemische Zusammensetzung der Proben semi-quantitativ ermittelt werden. So können also einerseits traditionelle sedimentpetrographische Methoden auch für die leichte Mineralfraktion genutzt (z. B. QFL-Analysen) und andererseits neben dem Mineralbestand auch Alterations-, Korrosions- und Abrasionsmerkmale an den einzelnen Körnern dokumentiert werden, welche Rückschlüsse auf die Transportprozesse, Herkunft und Verwitterungsverhältnisse zulassen.

In diesem Methodenentwicklungsprojekt wurden 24 Sandproben aus der Kartierungsbohrung Kb Borgisdorf 1/06 ausgewählt. Die Saale- bis Weichsel-zeitliche Abfolge besteht aus feinen bis groben Sanden, Schluffen, Tonen und Mudden. Ihre Bearbeitung erfolgte im Rahmen der Kartenerstellung und Rekonstruktion der Verteilungsmuster in der Verbreitung Saale-spätglazialer bis Eem-zeitlicher und vor allem Weichsel-frühglazialer Sedimente in Berlin und Brandenburg (vgl. HERMSDORF & STRAHL 2008). Die Bohrung ist außerdem eines von 35 vollständig oder in bestimmten Abschnitten besonders hochauflösenden Profilen, welche Besonderheiten der klimatischen und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Zeitraum Saale-Spätglazial bis Weichsel-Frühglazial reflektieren. Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, konnten hochauflösende palynologische Untersuchungen besonders an den feinkörnigen Eem-zeitlichen Ablagerungen durchgeführt werden. Die eingeschalteten Sande jedoch sind teilweise pollenleer und liefern keine stratigraphisch nutzbaren Informationen. Ebenso bilden die Basis der Eem-zeitlichen Ablagerungen überwiegend mittelsandige Feinsande des ausgehenden Saale-Glazials. Die Mehrzahl der pollenstratigraphisch in diesen Zeitraum gehörenden Proben erbrachte stark durch vor allem präquartäre und untergeordnet älterinterglaziale Sporomorphen belastete und damit statistisch nicht auswertbare Pollenspektren (vgl. STRAHL 2008).

### Methodenentwicklung

Im Fokus der Methodenentwicklung stehen die Sandablagerungen, welche in der stratigraphischen Bearbeitung Brandenburgs durch Pollen- und Geschiebeanalyse nicht einzustufen sind. Alle Sandproben wurden sowohl klassisch für die Polarisationsmikroskopie (Siebung auf  $0,063\text{--}0,01$  und  $0,1\text{--}0,2$  mm, Dichtentrennung mit Tetrabromethan: Dichte:  $2,96 \text{ g/cm}^3$ , Erstellung von Streupräparaten auf Objektträgern) als auch für die MLA-Analytik (Mineral Liberation Analyzer, FEI Quanta 650F) aufbereitet. In vorangehenden Projekten (vgl. RÜTTERS et al. 2018a) wurde nachgewiesen, dass der maximale Schwermineralgehalt rezenter fluviatiler Ablagerungen innerhalb eines Korngrößenpektrums von ca.  $63\text{--}200 \mu\text{m}$  liegt. In diesem Zusam-



menhang und um die Vergleichbarkeit mit den vorangegangenen Schwermineralanalysen am Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) zu gewährleisten, werden die Proben auf den Korngrößenbereich < 200 µm gesiebt, die Tonfraktion wird nicht abgetrennt und die Schwerminerale nicht aufkonzentriert. Der Vorteil hierbei liegt zum einen in der zeitlichen Ersparnis während der Aufbereitung und Präparation, aber auch in dem ganzheitlichen Potential des Datensatzes. Des Weiteren können die Auswertungen besser mit denen der Geochemie verglichen werden, wenn die feinsten (< 63 µm) Korngrößen in die Messung integriert werden.

Das Probenmaterial wird mit Kohlenstoffpulver homogenisiert und in Form von gedrehten und polierten Körnerpräparaten aufbereitet. Durch diese Präparation können Gradierungen und Schwerentrennungen bei der Einbettung des Probenmaterials repräsentiert und somit Verfälschungen des Datensatzes verhindert werden (Abb. 2). Die eingesetzte MLA besteht aus den folgenden Komponenten:

- Feldemissionskathode (Beschleunigungsspannungen 15 kV/25 kV),
- Probenkammer ohne Luftschleuse zur Analyse von bis zu 14 Proben in einem Messdurchgang,
- einem Quad BSE (Rückstreuelektronenkontrast)-Detektor und
- 2 Bruker EDX (Energiedispersiver Röntgenspektroskopie)-Flash-Detektoren.

Sie ermöglicht die automatisierte Analyse der Mineralogie und Kornparameter sowie der Mineralchemie an Körnerpräparaten.

Basierend auf den BSE-Werten werden die Proben automatisiert gemessen und jeder Partikel mit der EDX kartiert. Anhand dessen werden die elementare und mineralogische Zusammensetzung der Partikel und Körner bestimmt. Auf diese Weise werden BSE-Bilder erstellt, aus denen prozessierte Daten (Abb. 3) inklusive partikel- und kornbasierter Charakterisierungen, wie elementare und mineralogische Zusammensetzung (Volumen- oder Massenanteil), Partikelgröße und -form oder mineralogische Assoziation generiert werden. Anschließend erfolgt die Bereinigung der Daten von Messfehlern, wie Dopplungen und Überlappungen, an den Messbereichen abgeschnittenen Körnern und Körnern, die kleiner 10 µm sind.

Abb. 1: Schichtaufbau der Bohrung Kb Borgisdorf 1/06 mit den Positionen der Probenahme für die Schwermineralanalytik und zur Methodenentwicklung dieses Projektes (vollständiges Pollendiagramm siehe HERMSDORF & STRAHL 2008, S. 40).

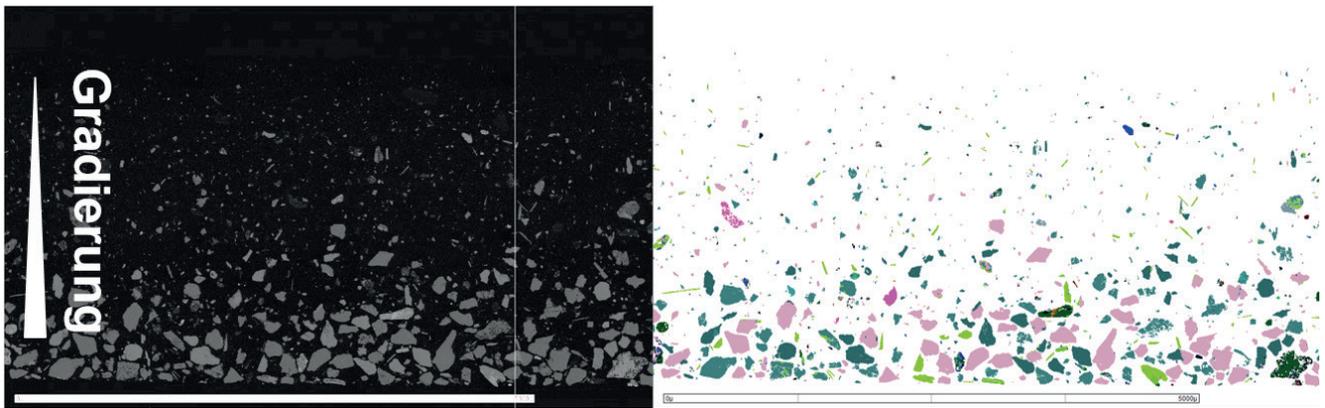


Abb. 2: Gradierung innerhalb der gedrehten Körnerpräparate (Patent für die Präparationsmethode: Erzlabor Freiberg), die durch die Probeneinbettung bei der Korngrößenverteilung bei  $< 200 \mu\text{m}$  und unterschiedlichen Dichten der Körner entsteht (links BSE, rechts prozessiertes Bild).

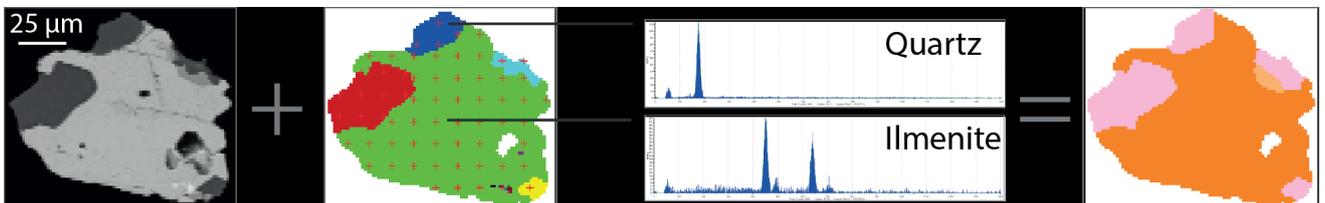


Abb. 3: Automatisierter Charakterisierungsprozess der MLA: Das BSE-Bild wird basierend auf den EDX-Spektren klassifiziert und über eine definierte Mineralliste prozessiert.

Die Auswertung wird im Nachgang anhand von Daten- und Bildauswertungen vorgenommen.

Der Fokus in diesem Projekt liegt auf den Daten zur Mineralogie (Name, Dichte, Atomzahl, Formel), der Dichte der Minerale sowie für jeden Partikel und die darin gebundenen Körner auf einer großen Anzahl an Kornformparametern, wie vor allem Größe, Länge, Breite, Rundungsgrad, verschiedene Eckdaten zur Kornhülle, Kornfläche und einiger berechneter Verhältnisse, welche beispielsweise Rückschlüsse auf den Korrosions- oder Abrasionsgrad zulassen.

Die mit der MLA produzierten Daten werden zu großen Datenbanken zusammengefügt und können im Folgenden statistisch ausgewertet werden. Hierin liegt ein großes Potential der Methode. Durch Zusammenführung und Abgleich mit den gesamtgeochemischen und -mineralogischen Daten (XRF, XRD) konnte die Methode validiert und ein gutes quantitatives und qualitatives Potential aufgezeigt werden (RÜTTERS et al. 2018b).

Zur Kalibrierung der optimalen Probenaufbereitung wurde an 3 Proben getestet, ob eine Aufteilung der Korngrößenpektren (in 63–100 und 100–200  $\mu\text{m}$ ) oder eine Trennung in Schwer- und Leichtfraktion die Aussagekraft der Daten verbessert. Erste Resultate zeigen, dass eine zusätzliche Präparation, wie an den Testproben vorgenommen, vergleichbare Ergebnisse unabhängig von den verschiedenen

Aufbereitungsmethoden liefert. Auch haben Proben, die keiner Dichtentrennung unterzogen wurden, durchschnittlich einen Schwermineralgehalt von 1574 Partikeln und sind somit für eine Schwermineralanalyse statistisch belastbar.

#### Literatur:

HERMSDORF, N. & J. STRAHL (2008): Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1, S. 23–55

RÜTTERS, S., TOLOSANA-DELGADO, R. & J. GUTZMER (2018a): Advanced proxies for provenance, erosion and transport mechanisms of modern stream sediments – An application of SEM-based quantitative mineralogical analysis. – WGSF Dublin IV, 27.-29.06.2018, Dublin, Ireland [https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters\\_Advanced-proxies-for-provenance-mechanisms\\_POSTER\\_WGSF.pdf](https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters_Advanced-proxies-for-provenance-mechanisms_POSTER_WGSF.pdf), letzter Zugriff am 03.03.2024

RÜTTERS, S., GUTZMER, J. & E. KALLMEIER (2018b): Automated mineralogy as efficient tool for provenance analysis of stream sediments and mineral exploration. – European Geosciences Union General Assembly 2018, 08.-13.04.2018, Wien [https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters\\_Automat](https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters_Automat)

ed-mineralogy-as-efficient-tool\_Poster\_EGU.pdf, letzter  
Zugriff am 03.03.2024

STRAHL, J. (2008): Bericht über die pollenanalytische Bearbeitung der Bohrung KB Borgisdorf 1/06, Land Brandenburg. – Bericht LBGR Kleinmachnow, 11 S. (unveröff.)

**Anschrift der Autorin:**

Sophia Rütters  
Landesamt für Bergbau, Geologie  
und Rohstoffe Brandenburg  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus