



Geofakten 48

■ Grundwasser

Flächendeckende Auswertungen des hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwertes aus Korngrößenanalysen

Hartmann, T., Dohrmann, R., Griffel, G., González, E. & Elbracht, J.

Juli 2025

In diesem Geofakt wird die niedersachsenweite Auswertung von Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werten) aus Korngrößenanalysen beschrieben und erläutert. Die Korngrößenbestimmung gehört zur Standardanalytik im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme. Die Visualisierung und Veröffentlichung findet auf dem Kartenserver des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®) statt. Zur Berechnung wurden vier empirische Berechnungsverfahren nach BEYER (1964), HAZEN (1892), KOZENY-CARMAN (cf. WANG et al. 2017) und WANG et al. (2017) verwendet. Die Porosität wurde nach ISTOMINA (1957) über eine Näherungsformel abgeschätzt. Die Auswertung erfolgt für die hydrogeologischen Teilräume und wird mittels Boxplots im NIBIS®-Kartenserver mit dem Layer „Durchlässigkeitsbeiwerte“ visualisiert. Der Layer „Nachweispunkte“ zeigt alle Bohrungen, an denen k_f -Werte aus Sedi-mentproben berechnet und einer hydrostratigraphischen Einheit zugeordnet werden konnten.

1. Einleitung

Kenntnisse über die hydraulische Durchlässigkeit des geologischen Untergrundes sind maßgeblich für die Beschreibung der Strömungsverhältnisse im Untergrund. In der Hydrogeologie stellt die hydraulische Durchlässigkeit geologischer Formationen einen wichtigen Eingangsparameter für die Grundwasserströmungsmodellierung, Transportmodellierung sowie zu Fragen des Grundwasserschutzes dar (CHAPUIS 2012, STORZ et al. 2017, VIENKEN & DIETRICH 2011). Wichtige Bestimmungsgrößen der Durchlässigkeit sind der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert), Porosität, Permeabilität sowie die Transmissivität.

Für die Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes stehen eine Reihe von Feld- und Labormethoden zur Verfügung. Zu den gängigsten Verfahren gehören Pumpversuche, slug-and-bail-Tests, Permeameterversuche sowie direct push-Verfahren oder Korngrößenanalysen aus an Bohrkernen gewonnenen Proben (CHAPUIS 2012). Letztere gehören aufgrund der unkomplizierten Berechnungsverfahren sowie der häufig halbautomatisierten Probenaufbereitung zum Standardverfahren in der Wasserwirtschaft und sind daher auch in hoher Quantität vorhanden.

Im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme werden regelmäßig Proben aus Bohrkernen zur Bestimmung unterschiedlichster Parameter gewonnen. Korngrößenanalysen gehören dabei zur Standardanalytik.

In der Labordatenbank des Landes Niedersachsen sind über 10.000 Korngrößenanalysen abgelegt (Stand 2024), die im Rahmen verschiedener Projekte oder der hydrogeologischen Landesaufnahme analysiert worden sind (Abb. 1). Da bisher keine flächendeckende systematische Auswertung dieses großen Datenbestandes erfolgte, stellt dieser Geofakt das Vorgehen bei der systematischen räumlichen Beschreibung und der Verteilung der k_f -Werte in Niedersachsen dar.

2. Methodik

2.1 Analytik

Für die Korngrößenanalytik ist seit mehreren Jahren ein Standardanalyseverfahren im LBEG etabliert. Die Korngrößenverteilungen werden dabei über ein kombiniertes Verfahren aus Siebung (Partikelgrößen > 63–2000 μm) und Sedimentation (Partikelgrößen < 63 μm) bestimmt (in Anlehnung an DIN ISO 112277). Vor der Bearbeitung wird der Sandanteil durch eine Fingerprobe subjektiv nach langjähriger Erfahrung abgeschätzt. Bei > 10 % Feinkornfraktion (Summe aus Ton- und Schlufffraktion) werden die Proben mit einer kombinierten Sieb- und Schlämmanalyse mittels Röntgensedimentometer (Sedigraph™, Fa. Micromeritics) untersucht (MÜLLER et al. 2009). Hierbei werden die Proben mit physikalischer Energie disaggregiert und nach Siebschnitt bei 63 μm getrocknet. Die Grobfraktion > 63 μm wird mit photooptischer Partikelanalyse nach dem Prinzip der dynamischen Bildanalyse (DIN ISO 13322-2) analysiert (CAMSI-

ZER®; Fa. Retsch/Microtrac). Ist der erwartete Anteil der Feinkornfraktion < 10 %, so wird auf diese Methodenkombination verzichtet. Diese bei 63 µm zu siebenden Proben werden nach Einwaage mit Wasser dispergiert und auf dem 63-µm-Sieb gewaschen. Nach Siebschnitt wird das Material > 63 µm wieder getrocknet und aus dem Masseverlust der Anteil < 63 µm berechnet. Das gewonnene Material wird, wie vorher beschrieben, mit photooptischer Partikelanalyse untersucht. Die gewonnenen Daten werden mit den Anteilen < 63 µm zu einer Kornverteilungsanalyse zusammengestellt.

Kornfraktionen > 63 µm wurden vor dem Jahr 2007 fast ausschließlich über Trockensiebung bestimmt (DIN 66165-1, DIN 66165-2). Danach wurde ausschließlich ein CAMSIZER® für die Korngrößenanalytik im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme verwendet (vergleiche HOUBEN et al. 2025). Für Proben mit einem Ton- und Schluffanteil von > 10 Gew.-% liegen Werte aus dem kombinierten Verfahren aus Sedigraph (< 63 µm) in vier Kornfraktionen und dem CAMSIZER® (≥ 63 µm) vor.

2.2 Berechnungsverfahren

Durchlässigkeitsbeiwerte aus Kornverteilungskurven werden überwiegend über empirische Gleichungen mit der Grundform

$$K = C * f(n) * d_x^n \quad (1)$$

berechnet, wobei K die hydraulische Leitfähigkeit (hier gleichbedeutend mit dem k_f -Wert), C eine Konstante, $f(n)$ eine Porositätsfunktion, d_x einen wirksamen Korndurchmesser (d_{10} ; z. B. HAZEN 1892) und n einen Exponenten (meist $n = 2$) beschreibt (PECHE & HOUBEN 2023). Die Konstante C ist oft über den Ungleichkörnigkeitskoeffizienten (C_U oder U) definiert, der sich aus dem Verhältnis von d_{60}/d_{10} ergibt.

2.2.1 Porositätsbestimmung

Empirische und semiempirische Gleichungen zur Abschätzung der Gesamtporosität aus gestörten Proben sind in FUCHS et al. (2017) zusammengefasst. Oft wird die Porosität in Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nicht berücksichtigt. In der Praxis wird oftmals die Näherungsformel von ISTOMINA (1957) verwendet:

$$n = 0,255(1 + 0,83^U) \quad (2)$$

2.2.2 Verfahren zur Bestimmung von Durchlässigkeitsbeiwerten aus Korngrößenanalysen

Alle empirischen Formeln definieren Anwendungsbereiche, die durch die Ungleichkörnigkeitszahl (C_U) und/oder den wirksamen Korndurchmesser der jeweiligen Probe limitiert sind. Da der k_f -Wert überwiegend vom Feinkornanteil abhängt, wird als wirksamer Korndurchmesser in vielen Berechnungsverfahren der d_{10} -Wert (Korngröße bei 10 % Siebdurchgang) verwendet (FUCHS 2010). Auch die im deutschsprachigen Raum weit verbreiteten Gleichungen nach HAZEN (1892) und BEYER (1964) verwenden für den wirksamen Porendurchmesser den d_{10} -Wert. Die beiden Berechnungsverfahren unterscheiden sich dahingehend, dass HAZEN (1892) einen festen Koeffizienten C annimmt, während BEYER (1964) einen gleitenden Koeffizienten, abhängig von der Ungleichkörnigkeitszahl, definiert (3). Später wurden allerdings auch für das HAZEN-Verfahren Konstanten, abhängig von C_U , definiert (DIN EN ISO 14688-2) (4).

$$K \left[\frac{m}{s} \right] = C \frac{g}{v} [1 + 10(n - 0,26)] d_{10}^2 \quad (3)$$

$$K \left[\frac{m}{s} \right] = C \frac{g}{v} \log \frac{500}{U} d_{10}^2 \quad (4)$$

Die Kozeny-Carman-Gleichung basiert auf mathematischen Beschreibungen des Strömungsdruckverlustes einer bekannten Schüttung bei laminarer Durchströmung (CARMAN 1956, KOZENY 1927). Dort wird neben dem wirksamen Porendurchmesser sowie der Ungleichkörnigkeit auch die Porosität berücksichtigt. Der wirksame Korndurchmesser ist hier als d_{10} definiert (cf. WANG et al. 2017). Oft wird auch der mittlere Korndurchmesser (d_{50}) genutzt (PECHE & HOUBEN 2023).

$$K \left[\frac{m}{s} \right] = C \frac{pg}{\mu} \frac{n^3}{(1-n)^2} d_{10}^2 \quad (5)$$

WANG et al. (2017) entwickelten, basierend auf HAZEN (1892), eine Gleichung, die sowohl die Ungleichkörnigkeitszahl, den relativen Mittelwert der Korngröße und, in ihrer erweiterten Form, auch die Porosität berücksichtigt. Regressionsanalysen und Validierung erfolgten an einem von ROSAS et al. (2014) publizierten Datensatz mit weltweiter Abdeckung sowie aus unterschiedlichen Sedimentationssystemen.

$$K \left[\frac{m}{s} \right] = C_W \frac{g}{v} d_{10}^2 (\log_{10} \frac{g d_{60}^3}{v^2})^{-1} \quad (6)$$

2.3 Aufbau und Aktualisierung der Auswertung

Die Auswertung des Datensatzes ist dynamisch und wird auf dem landeseigenen SQL-Server gepflegt. Grundlage ist ein Skript in der Programmiersprache R, das Verknüpfung, Berechnung, Auswertung und Visualisierung der Durchlässigkeitsbeiwerte aus Korngrößenanalysen bereitstellt.

2.3.1 Aufbau des Auswertungsskripts

Alle Eingangsdaten stammen aus der NIBIS®-Labordatenbank sowie der Bohrdatenbank Niedersachsen. Für jede Probe liegen Daten zu acht Kornfraktionen vor. Aus der resultierenden Kornsummenkurve werden anschließend mittels linearer Interpolation verschiedene d-Werte (d_{10} , d_{17} , d_{20} , d_{30} , d_{50} , d_{60}) bestimmt, die für die unterschiedlichen Berechnungsverfahren (s. Kap. 2.2) verwendet werden.

Nach der Kompilierung der Probandaten und der Berechnung der wirksamen Korndurchmesser (d-Werte) werden alle Proben ihrer jeweiligen Bohrung und Schicht zugewiesen. An Bohrungen, für die keine Informationen zu Stratigraphie und Genese vorhanden sind, werden Interpretationen vorgenommen, die sich auf die petrographischen Beschreibungen, 3D-Modellinformationen sowie alle verfügbaren geologischen Profilschnitte des LBEG

im regionalen Kontext stützen. Anschließend werden Stratigraphie und Genese hydrostratigraphischen Einheiten zugeordnet, die auf den Geofakten 21 sowie der HK50-Hydrostratigraphie (LBEG 2025) basieren. Proben, die über Schichtgrenzen hinweg genommen wurden, werden mit jener Schicht korreliert, die die größte Überlappung hat, insofern die petrographische Beschreibung zur Korngrößenanalyse passt.

Sind alle Proben der richtigen geologischen Schicht mit allen relevanten geologischen und hydrostratigraphischen Informationen zugeordnet, werden die jeweiligen Durchlässigkeitsbeiwerte über die in Kapitel 2.2 beschriebenen Berechnungsverfahren bestimmt und räumlich den hydrogeologischen Teilräumen der HUEK500-HYR (LBEG 2004) zugeordnet. Aufgrund der geringen Grundgesamtheit in vielen hydrogeologischen Teilräumen werden die einzelnen hydrostratigraphischen Untereinheiten in ihre übergeordneten Haupteinheiten aggregiert (z. B. L1.1, L1.2 usw. in L1). Für jede hydrostratigraphische Einheit und jeden hydrogeologischen Teilraum sind statistische Parameter berechnet, die als Boxplot und als tabellarische Werte zum Download zur Verfügung stehen. Voraussetzung ist eine Grundgesamtheit von $n \geq 30$ je hydrostratigraphischer Einheit und je hydrogeologischem Teilraum.

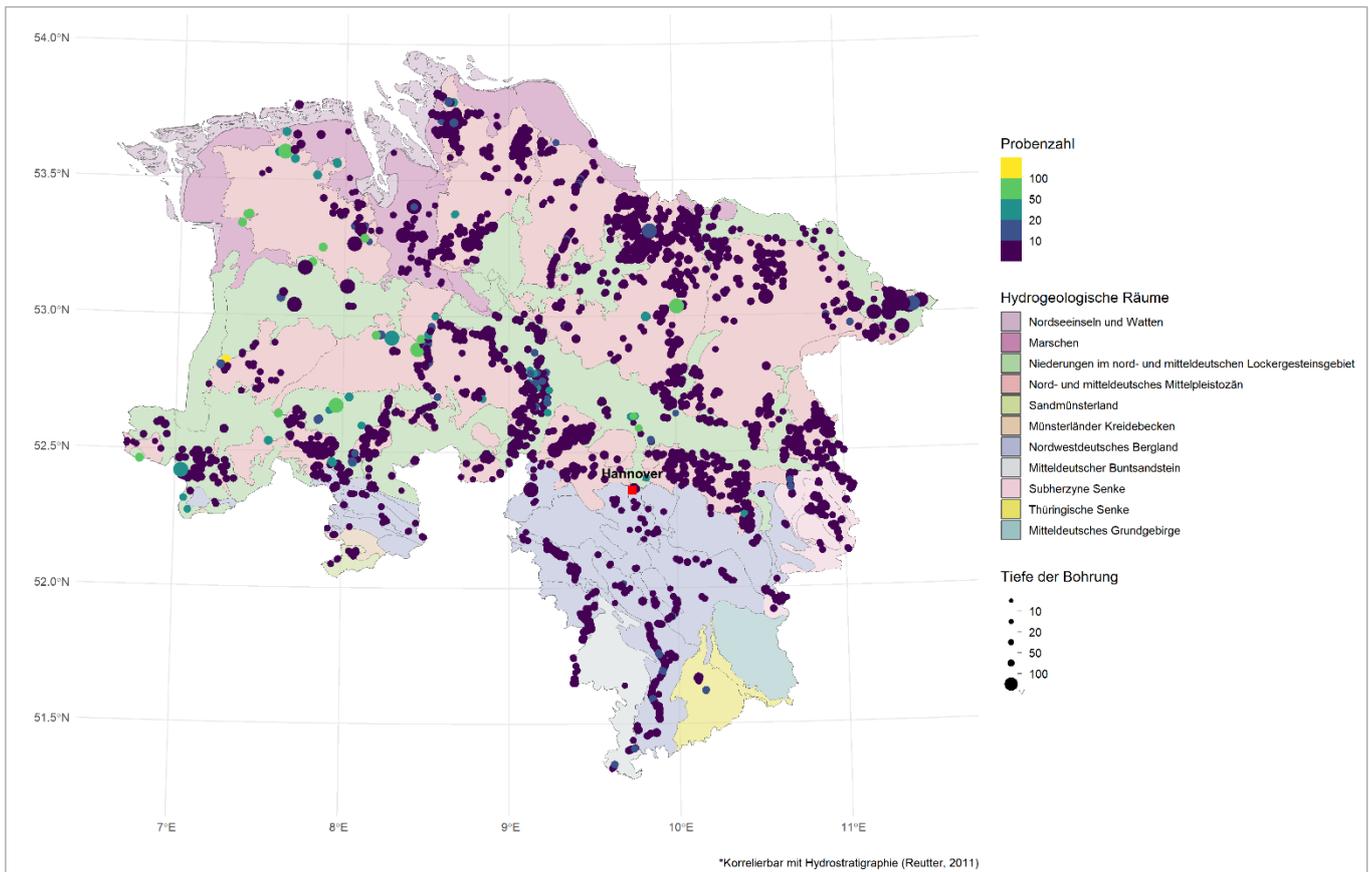


Abb. 1: Übersichtskarte über die Verteilung der vorhandenen Korngrößenanalysen über Niedersachsen.

3. Ergebnisse

3.1 Probenbestand und -verteilung

Insgesamt stehen über 10.000 Korngrößenanalysen mit hydrostratigraphischer Zuordnung und k_f -Wert zur Verfügung (Abb. 1). Dabei überwiegen Proben mit geringen Feinkornanteilen. Für diese Proben werden lediglich Kornfraktionen differenziert, die gröber als Feinsand sind, da die dynamischen Bildanalysen im CAMSIZER® erst ab Feinsand-Korngröße ($> 63 \mu\text{m}$) stabile Kornverteilungen liefern. Für Proben mit einem Feinkornanteil ≥ 10 Gew.-% werden Ton sowie Fein-, Mittel- und Grobschluffanteile differenziert.

Korngrößenanalysen liegen, mit wenigen Ausnahmen, aus allen Regionen Niedersachsens vor. Regionen hoher Probandichte bilden die Geestbereiche Nordostniedersachsens (Lüneburger Heide) sowie die glazigenen Stauchungszonen (Dammer Berge, Ankumer Höhen, Brelinger Berge). Auch in den Niederungen großer Vorfluter (Weser, Leine) liegen viele Analysen vor. Lediglich die Marsch- und

Wattgebiete, die Moorniederungen Westniedersachsens sowie die Festgesteinsbereiche Süd- und Südwestniedersachsens haben geringe Probandichten.

3.2 Hydrogeologische Einheiten

Die Auswertung der Durchlässigkeitsbeiwerte aus Korngrößenanalysen basiert auf den hydrogeologischen Teilräumen der Hydrogeologischen Übersichtskarte 1 : 500.000 (LBEG 2004). Hydrogeologische Teilräume sind zusammenhängende Gebiete mit ähnlichen (hydro)geologischen Charakteristika, die einen regional einheitlichen Bau aufweisen. Der genaue (hydro)geologische Aufbau aller Teilräume Niedersachsens ist dem Geobericht 3 zu entnehmen (ELBRACHT et al. 2016). Repräsentative landesweite Bandbreiten werden durch das geringstdurchlässige 25. Perzentil sowie das durchlässigste 75. Perzentil der hydrogeologischen Teilräume beschrieben und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab 1: Wertebereiche aus Korngrößenanalysen berechneter Durchlässigkeitsbeiwerte für alle ausgewerteten Grundwasserringleiter und Grundwasserleiter im Vergleich mit den Geofakten 21. Grundlage der Wertebereiche der Korngrößenanalysen sind die kumulierten 25. Perzentile k_{fmin} und k_{fmax} aller hier verwendeten Berechnungsverfahren.

HyStrat	Beschreibung	k_{fmin} [m/s] (25. Perzentil)	k_{fmax} [m/s] (75. Perzentil)	Wertebereich Geofakten 21 [m/s]
H1	Holozän: Moore, Auensedimente, (peri)marine Ablagerungen	2.50e-06	7.50e-06	1e-05 – 1e-12
H2	Weichsel-Kaltzeit bis Saale-Kaltzeit: Löss, Kieselgur, Warthe-Grundmoräne	3.66e-07	7.53e-06	1e-05 – 1e-07
H3	Saale-Kaltzeit: Drenthe-Grundmoränen, Beckenablagerungen	3.09e-08	1.01e-04	1e-05 – 1e-07
H4	Elster-Kaltzeit bis Pliozän: Lauenburger Schichten, Elster-Grundmoränen, pliozäner Ton	1.22e-08	1.86e-05	1e-05 – 1e-07
H5	Miozän: oberer Glimmerton, Braunkohleschluff	2.50e-06	7.50e-06	1e-05 – 1e-12
H6	Miozän: Hamburg-Formation, Braunkohleschluff	2.58e-06	7.53e-06	1e-05 – 1e-07
H7	Oligozän: Unterer Glimmerton	2.50e-06	8.69e-05	1e-05 – 1e-12
H8	Oligozän: Rupelton	2.50e-06	7.50e-06	1e-05 – 1e-12
H9	Eozän-Paläozän: mariner (Mergel-)Ton	2.50e-06	7.50e-06	1e-05 – 1e-12
L1	Holozän, Weichsel-Kaltzeit bis Eem-Warmzeit: (peri)marine Ablagerungen, Auensand, Flussschotter	3.00e-05	7.53e-04	1e-03 – 1e-05
L2	Saale-Kaltzeit: Schmelzwasserablagerungen des Warthe-Stadiums, Flussschotter	1.65e-04	7.75e-03	1e-02 – 1e-03
L3	Saale-Kaltzeit bis Elster-Kaltzeit: Schmelzwasserablagerungen, Flussschotter, mariner Sand	2.90e-05	8.11e-04	1e-03 – 1e-04
L4	Elster-Kaltzeit bis Miozän: Schmelzwasserablagerungen, Kaolinsand	2.67e-05	7.53e-04	1e-03 – 1e-05
L5–L8	Miozän-Oligozän: Obere/Untere Braunkohlesande, marine Ablagerungen	4.12e-05	2.54e-04	1e-03 – 1e-05

Statistisch repräsentative Probenmengen konnten fast ausschließlich für die Grundwasserleiter ausgewertet werden, da die Anwendungsgrenzen der Berechnungsverfahren für die überwiegend tonig-schluffigen Proben, die den Grundwasserringleitern zugeordnet werden können, nicht eingehalten werden. Hydrogeologische Teilräume, in denen genug Proben ($n \geq 30$) aus Grundwasserringleitern ausgewertet werden konnten, charakterisieren meist die durchlässigste Fraktion der k_f -Werte des jeweiligen Geringleiters. Bei der folgenden Ergebnisdarstellung werden kurz ein geologischer Rahmen gegeben, räumliche Trends in den Durchlässigkeitsbeiwerten beschrieben und diese – wenn vorhanden – geologisch begründeten Unterschieden zugeordnet.

3.2.1 L1: Quartär/Holozän, Weichsel-Kaltzeit bis Eem-Warmzeit

Der oberste Grundwasserleiter Niedersachsens besteht aus holozänen sowie weichselzeitlichen Flussablagerungen. In den Marschgebieten und Niederungen im Bereich der Nordsee dominieren marine und perimarine Fein- bis Mittelsandabfolgen sowie Brackwasserablagerungen. Insbesondere in den Flussniederungen überlagern gut sortierte feinsandige Dünen- und Flugsande die meist sandig-kiesigen Flussablagerungen. In den Geestbereichen tritt Geschiebedecksand (periglaziales Verwitterungsprodukt von Till und Schmelzwasserablagerungen) z. T. flächenhaft über drenthezeitlichen Schmelzwasserablagerungen oder drenthezeitlichem Till auf. Die Geschiebedecksande sind stark durch die lokale petrographische Zusammensetzung des Ausgangsgesteins geprägt und weisen ein breites Korngrößenspektrum mit teils beträchtlichen Schluffanteilen auf.

Korngrößenanalysen, die L1 zugeordnet werden konnten, sind überwiegend in den Niederungsbereichen vertreten. Die Durchlässigkeitsbeiwerte nehmen von Süden nach Norden ab. Generell korrelieren hohe k_f -Werte ($k_f > 3 \cdot 10^{-4}$ m/s) mit der Verbreitung und Mächtigkeit der fluviatilen Ablagerungen der Weser und Leine (Niederterrasse; Abb. 2). Außerhalb der größeren Flussniederungen dominieren holozäne Flussablagerungen mit geringeren k_f -Werten ($k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s; Abb. 2).

3.2.2 L2: Quartär / Pleistozän / Saale-Kaltzeit / Warthe-Stadium

L2 besteht ausschließlich aus warthezeitlichen Schmelzwassersanden und Flussablagerungen. Diese sind in Niedersachsen nur mit geringer Verbreitung nachgewiesen. Ihr Vorkommen ist oft mit warthezeitlichem Till assoziiert, da eine petrographische Abtrennung zu den im Liegenden anstehenden drenthezeitlichen Schmelzwassersanden (L3) kaum möglich ist. In den Flussniederungen haben die ältesten Ablagerungen der Niederterrasse warthezeitliches Alter. Warthezeitliche Schmelzwassersande treten ausschließlich im Nordosten Niedersachsens auf und bestehen im Wesentlichen aus Mittel- bis Grobsand. Ablagerungen der Niederterrasse sind ebenfalls überwiegend sandig, können aber hohe Anteile Fein- bis Mittelkies aufweisen.

Eine statistisch signifikante Anzahl Korngrößenanalysen, die L2 zugeordnet werden konnten, ist überwiegend in den Niederungsbereichen vertreten. Dabei handelt es sich überwiegend um Niederterrassenablagerungen, die als warthezeitlich interpretiert wurden. Der Median der k_f -Werte variiert um eine Größenordnung, je nach Berechnungsverfahren ($5,8 \cdot 10^{-5}$ – $5,2 \cdot 10^{-4}$ m/s).

3.2.3 L3: Quartär / Pleistozän / Saale-Kaltzeit / Drenthe-Stadium und Elster-Kaltzeit

L3 besteht aus mächtigen Abfolgen drenthezeitlicher Schmelzwasserablagerungen, die den oberen Teil der Geestbereiche aufbauen. In den Niederungen treten untergeordnet fluviatile Ablagerungen der Mittelterrasse auf, die mit mehreren Unterbrechungen von der späten Elster-Kaltzeit bis zum Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit abgelagert wurden. Reliktisch verbreitete marine Sande der

Holstein-Warmzeit spielen bei der statistischen Auswertung für die k_f -Werte keine Rolle.

Korngrößenanalysen, die L3 zugeordnet werden konnten, gibt es in großem Umfang sowohl für die Geest als auch für die Niederungen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte zeigen keine räumlichen Trends und schwanken um $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Lediglich im Teilraum „Mittelweser-Aller-Leine-Niederung“ treten höhere Durchlässigkeitsbeiwerte von $> 5 \cdot 10^{-4}$ m/s auf (Abb. 2). Generell korrelieren diese Werte mit der Verbreitung und Mächtigkeit der fluviatilen Ablagerungen der Weser und Leine (Mittelterrasse).

3.2.4 L4: Quartär/Pleistozän bis Tertiär/Miozän

L4 besteht im Wesentlichen aus elsterzeitlichen Schmelzwasserablagerungen, die zumeist den unteren Teil der Geestkomplexe aufbauen und einen großen Teil der subglazialen Rinnenfüllung bilden. Die sandige Fazies der Lauenburg-Formation, die ebenfalls in diese Einheit gehört, ist strukturell auf diese subglazialen Rinnen begrenzt. Lediglich in Ostfriesland treten sowohl die Lauenburg-Formation als auch die elsterzeitlichen Schmelzwassersande oberflächennah auf.

In Nordwestniedersachsen spielen zudem die sandigen Ablagerungen des Pliozäns eine wichtige Rolle für die Wasserwirtschaft. Diese fluviatilen Abfolgen unterlagern zumeist direkt die Quartärbasis, insofern sie nicht lokal von (sub)glazialer Erosion vollständig ausgeräumt wurden. Die im Liegenden der pliozänen Ablagerungen ausgebildeten Glimmerfeinsande aus dem Ober-Miozän spielen wasserwirtschaftlich eine untergeordnete Rolle.

Reliktisch erhaltene pilozäne fluviatile bis limnische Ablagerungen im niedersächsischen Bergland sind wasserwirtschaftlich nicht relevant.

Proben für Korngrößenanalysen, die L4 zugeordnet werden konnten, stammen fast ausschließlich aus den Geestbereichen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte zeigen keine räumlichen Trends. Der Median schwankt zwischen $4,7 \cdot 10^{-5}$ und $2,1 \cdot 10^{-4}$ m/s (Abb. 2). Generell korrelieren geringere k_f -Werte mit der Verbreitung der sandigen Fazies der Lauenburg-Formation, während höhere k_f -Werte mit elsterzeitlichen Schmelzwassersanden oder grobkörnigen fluviatilen Ablagerungen des Pliozäns zusammenhängen.

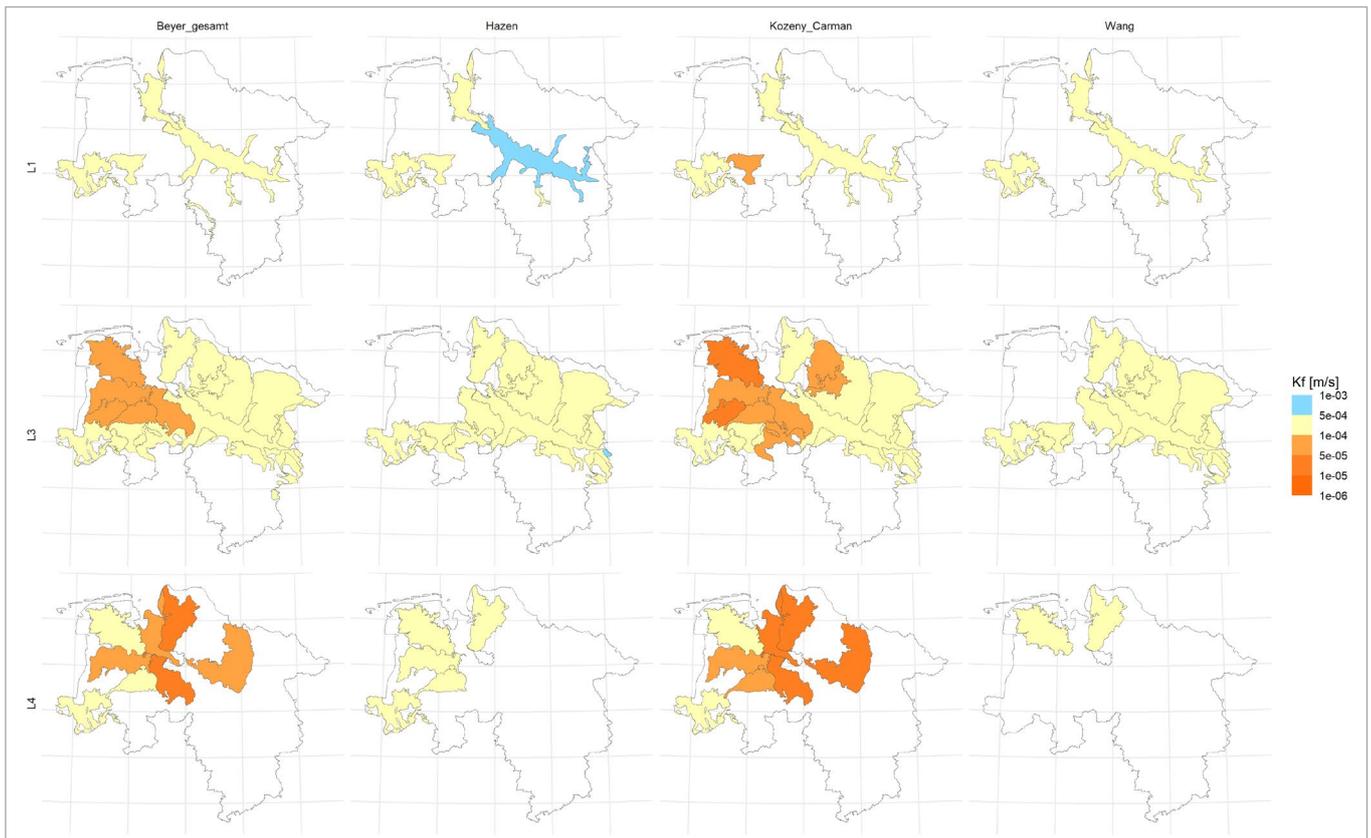


Abb. 2: Darstellung des Medians der k_f -Werte für hydrogeologische Teilräume (LBEG 2004) mit einer Probenzahl $n \geq 30$.

3.2.5 L5–L8 Tertiär/Miozän – Tertiär/Oligozän

Die miozänen-oligozänen Grundwasserleiter wurden aufgrund ihrer lückenhaften Verbreitung und des geringen Datenbestandes aggregiert.

L5 und L6 umfasst mit den Braunkohlesanden den wichtigsten neogenen Grundwasserleiter in Ostniedersachsen. In Gebieten, in denen der Hamburg-Ton ausgebildet ist, werden obere (L5) und untere (L6) Braunkohlesande unterschieden (KUSTER 2005) und bilden dort zwei Grundwasserstockwerke aus. Unterhalb der Braunkohlesande ist zumeist der untere Glimmerton (H7) ausgebildet. Lediglich im östlichsten Niedersachsen sowie im Bergland stehen im Liegenden der Braunkohlesande auch marine Sande des Oligozäns (L7) an.

Die Anzahl an Korngrößenanalysen, die L5–L8 zugeordnet werden konnten, nehmen nach Norden und Nordwesten zu. In den sekundären Salzrandsenken Süd- und Ostniedersachsens treten sie ebenfalls auf, z. B. in der Randsenke des Salzstocks Lüneburg. Aufgrund der oftmals hohen Tiefenlage und der geringen wasserwirtschaftlichen Nutzung ist der Datenbestand lückenhaft und lässt auf keine räumlichen Trends der k_f -Werte schließen. Der Median schwankt zwischen $5 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

3.3 Beispieldatensatz

Der vollständige Datensatz ist auf dem NIBIS®-Kartenserver unter Hydrogeologie → Hydrogeologische Eigenschaften des Untergrundes → Hydraulische Durchlässigkeit veröffentlicht (s. Abb. 3).

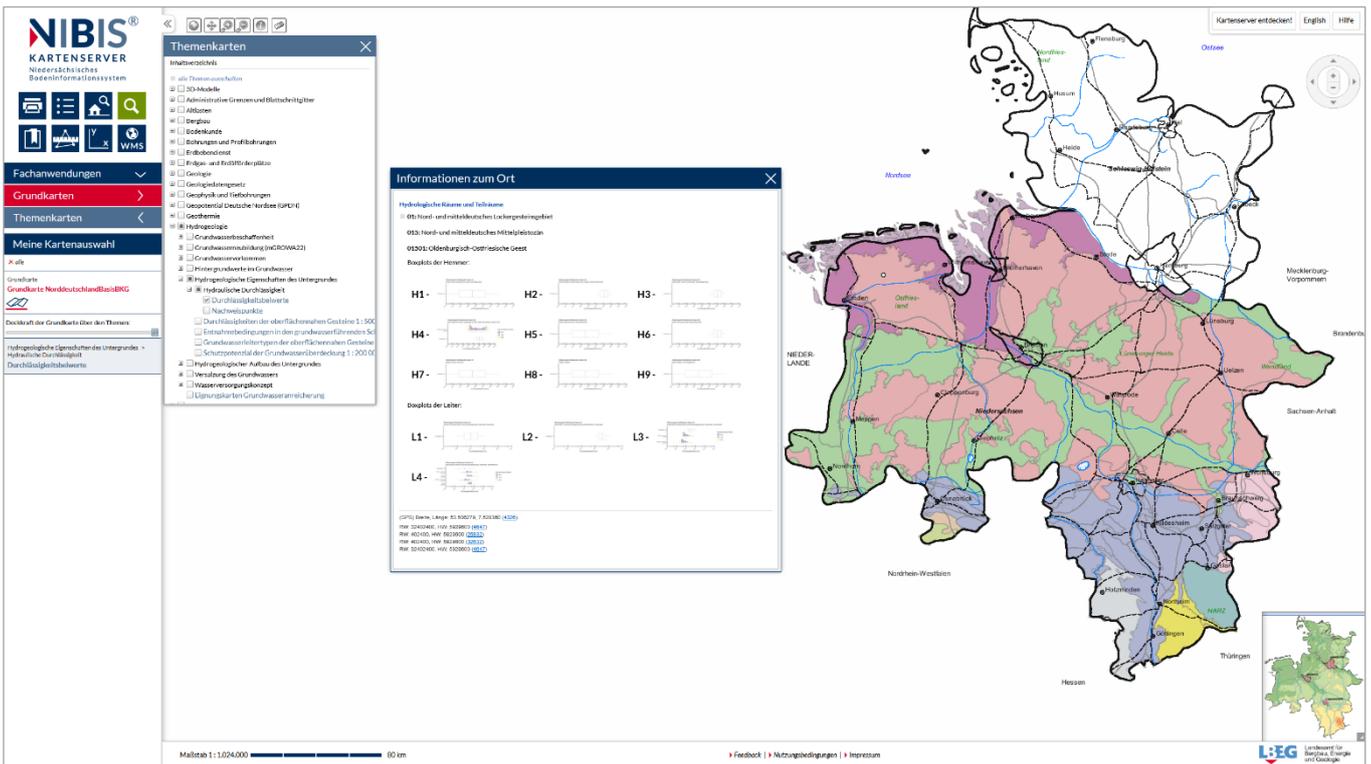


Abb. 3: Beispieldarstellung der Boxplots im NIBIS®-Kartenserver. Mit einem Klick in einen beliebigen hydrogeologischen Teilraum öffnet sich ein Map-Tip, welcher alle Boxplots der Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter anzeigt. Durch einen Linksklick vergrößert sich das Bild.

Der Layer „Durchlässigkeitsbeiwerte“ zeigt die teilraum-basierten Auswertungen mit Boxplots für jeden känozoischen Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter. Die Bandbreiten, die in den Geofakten 21 (REUTTER 2011) dokumentiert sind, werden dabei immer als Boxplot ausgegeben, während

für die auf Korngrößenanalysen beruhenden Berechnungsverfahren eine Probenzahl von $n \geq 30$ erreicht werden muss (s. Abb. 4).

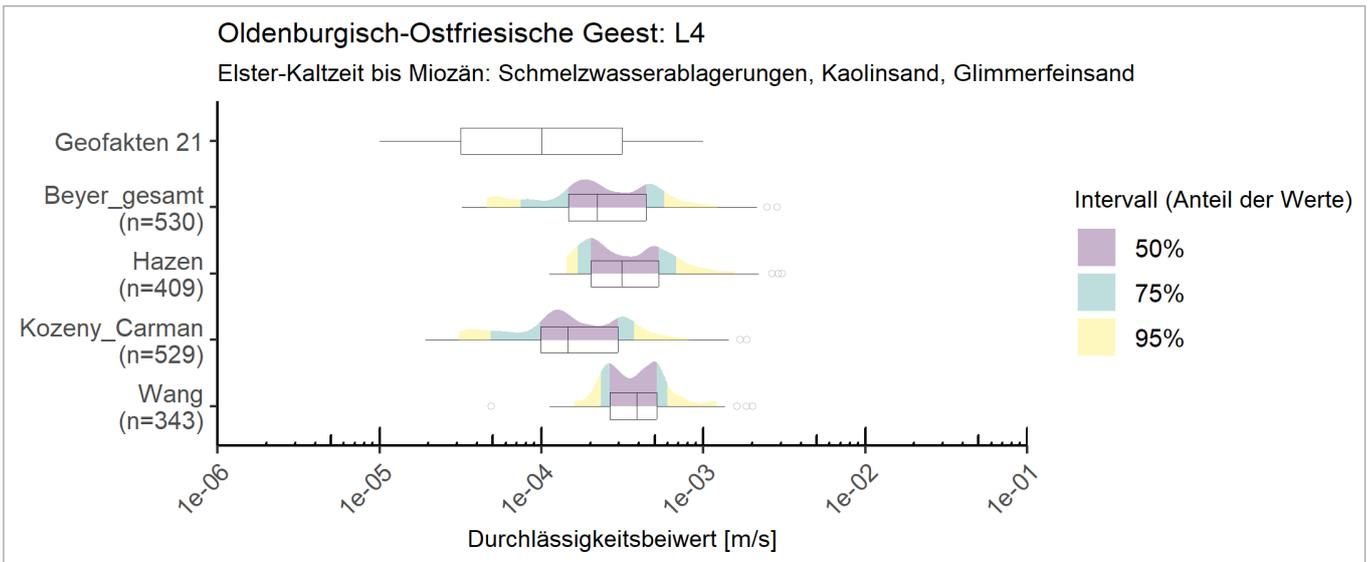


Abb. 4: Beispieldarstellung eines Boxplots je Berechnungsverfahren. Farblich hinterlegt ist eine PDF (probability density function), die die k -Wertverteilung über den Teilraum anzeigt. Die „Box“ zeigt den Wertebereich an, in dem 50 % der Werte liegen.

Zudem sind für einige Berechnungsverfahren Eingangsdaten wie Atterberg-Grenzen, Permeabilität, spezifische Oberfläche und Pelitgehalt erforderlich, für die keine Werte vorliegen. Tondominierte Korngemische sowie Proben mit hohen Ungleichkörnigkeitskoeffizienten liegen außerhalb der Anwendungsgrenzen der meisten Berechnungsverfahren und werden daher nicht ausgewertet.

Bei der Verwendung der hier vorgestellten Durchlässigkeitsbeiwerte ist immer die konkrete Fragestellung zu beachten. Als Eingangsparameter für numerische Grundwasserströmungsmodelle sind die Teilraumstatistiken der Grundwasserleiter gut geeignet, für die Grundwassergeringleiter bilden sie in der Regel die durchlässigste Fraktion ab. Für kleinräumige Untersuchungen geben die Nachweispunkte eine erste Abschätzung über die Bandbreite der k_f -Werte eines Grundwasserleiters. Ein direkter Vergleich einzelner Werte mit in-situ-Untersuchungen, wie z. B. Pumpversuchen oder slug-and-bail-Tests, ist dagegen nicht zielführend, da in-situ-Verfahren, wie z. B. Pumpversuche, die mittlere hydraulische Durchlässigkeit des gesamten Grundwasserleiters abbilden (BEAR 1972).

5. Zusammenfassung

Mit diesem Geofakt werden die Methoden und niedersachsenweiten Auswertungen zur k_f -Wert-Abschätzung aus Korngrößenanalysen vorgestellt. Dazu wurden vier empirische Berechnungsverfahren genutzt, deren Eingangsvariablen aus dem landeseigenen Datensatz zur Verfügung stehen und einen möglichst breiten Anwendungsbereich aufweisen. Die Darstellung im NIBIS[®]-Kartenserver erfolgt in zwei Datensätzen: Im Layer „Durchlässigkeitsbeiwerte“ zeigen die Boxplots die statistische k_f -Wert-Verteilung jedes känozoischen Grundwasserleiters und -geringleiters, basierend auf den hydrogeologischen Teilräumen der HUEK500-HYR (LBEG 2004). Der Layer „Nachweispunkte“ zeigt alle Bohrungen, an denen k_f -Werte aus Sedimentproben berechnet und einer hydrostratigraphischen Einheit zugeordnet werden konnten. Insgesamt zeigen die Bandbreiten der k_f -Werte aus Korngrößenanalysen gute Übereinstimmungen mit den Durchlässigkeitsklassen, die für die jeweilige hydrostratigraphische Einheit in den Geofakten 21 (REUTTER 2011) dokumentiert sind. Signifikante regionale Unterschiede in der hydraulischen Durchlässigkeit der Grundwasserleiter existieren lediglich in der Weser-Aller-Leine-Niederung und sind durch die Verbreitung fluvialer Ablagerungen (Niederterrasse, Mittelterrasse) begründet. Eiszeitliche Schmelzwasser-

ablagerungen sowie tertiäre Ablagerungen unterscheiden sich großmaßstäblich nicht signifikant, wobei die Datenbasis für die tertiären Grundwasserleiter bisher gering ist. Für die Grundwassergeringleiter kann lediglich die durchlässigste Fazies abgebildet werden, da die Berechnungsverfahren für tonige Korngemische nicht geeignet sind.

Dieser Datensatz ergänzt, erweitert und regionalisiert die Durchlässigkeitsklassen aus den Geofakten 21, um eine zielgerichtete und lokalere Abschätzung der k_f -Werte zu erzielen. Diese regionalen k_f -Werte können beispielsweise als Eingangsparameter für die numerische Grundwasserströmungsmodellierung verwendet werden. In Gebieten mit hoher Probedichte kann der Datensatz auch für die Ableitung lokaler hydraulischer Kennwerte im Rahmen von Stofftransportmodellen oder der Vorsondierung neuer Brunnenstandorte verwendet werden.

Literatur

- BEAR, J. (1972): Dynamic of fluids in porous media. – (Elsevier); https://www.academia.edu/3367245/Dynamics_of_fluids_in_porous_media.
- BEYER, W. (1964): Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilung. – Wasserwirtschaft, Wassertechnik (WWT) **14** (6): 165–169.
- CARMAN, P. C. (1956): Flow of gases through porous media. – 182 S.; London (Butterworth Publications); <https://www.science.org/doi/10.1126/science.124.3234.1254.b>.
- CHAPUIS, R. P. (2012): Predicting the saturated hydraulic conductivity of soils: A review. – Bulletin of Engineering Geology and the Environment **71** (3): 401–434; <https://doi.org/10.1007/s10064-012-0418-7>.
- DIN 66165-1 (1987): Partikelgrößenanalyse; Siebanalyse; Grundlagen. – Ausgabedatum: 1987-04; (Beuth).
- DIN 66165-2 (1987): Partikelgrößenanalyse; Siebanalyse; Durchführung. – Ausgabedatum: 1987-04; (Beuth).
- DIN EN ISO 14688-2 (2004): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen. – Ausgabedatum: 2004-11; (Beuth).
- DIN ISO 13322-2 (2006): Particle size analysis - Image analysis methods – Part 2: Dynamic image

- analysis methods. – Ausgabedatum: 2006-11; (Beuth).
- ELBRACHT, J., MEYER, R. & REUTTER, E. (2016): Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **3**: 3. Aufl., 118 S., 42 Abb.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober_3_2016.
- FREDERICKX, L., WELTJE, G. J., HONTY, M., DE CRAEN, M., DOHRMANN, R., JACOBS, E. & ELSEN, J. (2024): Overcoming inter-dataset discrepancies in the grain size distributions of fine-grained sediments by partial least squares regression: A case study of the Belgian Boom Formation. – *Sedimentary Geology* **464**: 106617; <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2024.106617>.
- FUCHS, S. (2010): Deterministische k_r -Wert-Schätzung nach petrographischer Bohrgutansprache. – *Grundwasser* **15** (3): 177–189; <https://doi.org/10.1007/s00767-010-0143-8>.
- FUCHS, S., ZIESCHE, M. & NILLERT, P. (2017): Empirische Verfahren zur Ableitung verschiedener Porositätsarten aus Durchlässigkeitsbeiwert und Ungleichkörnigkeitszahl - ein Überblick. – *Grundwasser* **22** (2): 83–101; <https://doi.org/10.1007/s00767-017-0355-2>.
- HAZEN, A. (1892): Some physical properties of sands and gravels, with special reference to their use in filtration. – 24th Annual Report, Massachusetts State Board of Health: 539–556.
- HOUBEN, G. J., DOHRMANN, R. & JOCHIM, A. (2025): Korngrößenbestimmung mittels dynamischer Bildanalyse – eine Alternative für Brunnenbau und Geotechnik? – *Fachzeitschrift bbr - Leitungsbau Brunnenbau Geothermie*, S. 44–49.
- ISTOMINA, V. S. (1957): Die Filterstabilität (Filterbeständigkeit) von Böden. – [in Russisch; Filtratsionnaja ustojcivost gruntov]; Moskau (Gosstrojizdat).
- KOZENY, J. (1927): Ueber kapillare Leitung des Wassers im Boden. – *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien* **136** (2a): 271–306.
- KUSTER, H. (2005): Das jüngere Tertiär in Nord- und Nordostniedersachsen. – *Geol. Jb.* **A 158**: 194 S., 16 Abb., 2 Tab., 13 Kt., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung; Hannover (Schweizerbart), [ISBN 978-3-510-95951-8].
- LBEG (2004): Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 500.000 - Hydrogeologische Räume und Teilräume [Grundkarte]. – Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS®); <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>.
- LBEG (2025): Hydrogeologische Karte 1 : 50.000 - Hydrostratigraphie [Grundkarte]. – Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS®); <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>.
- MÜLLER, H., DOHRMANN, R., KLOSA, D., REHDER, S. & ECKELMANN, W. (2009): Comparison of two procedures for particle-size analysis: Köhn pipette and X-ray granulometry. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **172** (2): 172–179; <https://doi.org/10.1002/jpln.200800065>.
- PECHE, A. & HOUBEN, G. J. (2023): Estimating Characteristic Grain Sizes and Effective Porosity from Hydraulic Conductivity Data. – *Groundwater* **61** (4): 574–585; <https://doi.org/10.1111/gwat.13266>.
- REUTTER, E. (2011): Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens. – *Geofakten* **21**: 2. Aufl., 11 S., 5 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt_21_2_2011.
- ROSAS, J., LOPEZ, O., MISSIMER, T. M., COULIBALY, K. M., DEHWAH, A. H. A., SESLER, K., LUJAN, L. R. & MANTILLA, D. (2014): Determination of Hydraulic Conductivity from Grain-Size Distribution for Different Depositional Environments. – *Groundwater* **52** (3): 399–413; <https://doi.org/10.1111/gwat.12078>.
- STORZ, K., STEGER, H., WAGNER, V., BAYER, P. & BLUM, P. (2017): Methodenvergleich zur Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit. – *Grundwasser* **22** (2): 103–111; <https://doi.org/10.1007/s00767-017-0353-4>.
- VIENKEN, T. & DIETRICH, P. (2011): Field evaluation of methods for determining hydraulic conductivity from grain size data. – *Journal of Hydrology* **400** (1–2): 58–71; <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.022>.
- WANG, J.-P., FRANÇOIS, B. & LAMBERT, P. (2017): Equations for hydraulic conductivity estimation from particle size distribution: A dimensional analysis. – *Water Resources Research* **53** (9): 8127–8134; <https://doi.org/10.1002/2017WR020888>.

Anhang

Für die hier beschriebenen Proben der (hydro)geologischen Landesaufnahme existiert, im Gegensatz zu Baugrunduntersuchungen oder der Bodenkunde, keine DIN- oder ISO-Norm für die – der eigentlichen Partikelverteilungsanalyse vorgeschalteten – Probenvorbereitung zur Disaggregation. Dies ist insbesondere bei einem hohem Feinkornanteil kritisch (FREDERICKX et al. 2024). Das Sedimentpetrographielabor am Standort Hannover bereitet daher seit Jahrzehnten diese Art Proben mit immer den gleichen, der Probenmatrix angepassten, intensiven Probenvorbereitung, basierend auf physikalischer Energie, vor. Hierbei führt der Energieeintrag über Ultraschallsonotroden bzw. alternativ über Überkopfschüttler bei Lockersedimenten der Landesaufnahme zu gleichwertigen Ergebnissen. Bei jedem Probensatz wird eine Monitorprobe bekannter Zusammensetzung mit analysiert. Für diese SedigraphTM-gestützten Analysen wird ein ton- und schluffreicher Geschiebemergel verwendet. Im langjährigen Mittel beträgt die Streuung dieser Monitorprobe bei den Fraktionen < 2 µm, 2–6,3 µm und 6,3–20 µm je ± 1,1 Gew.-% (2 sigma). Die Fraktion 20–63 µm ist aufgrund der kurzen Sinkzeiten erwartungsgemäß weniger präzise messbar (± 2,7 Gew.-%; 2 sigma) (Abb. 7). Bei den Sandfraktionen variiert die Streuung zwischen ± 0,3 und ± 1,9 Gew.-% (2 sigma).

Für Camsizer[®]-gestützte Analysen wird eine sandreiche Probe verwendet. Hier ist die Probenvorbereitung weniger kritisch. Im langjährigen Mittel beträgt die Streuung der sandigen Monitorprobe bei den Fraktionen zwischen 63 und 2000 µm zwischen ± 0,2 und ± 1,2 Gew.-% (2 sigma).

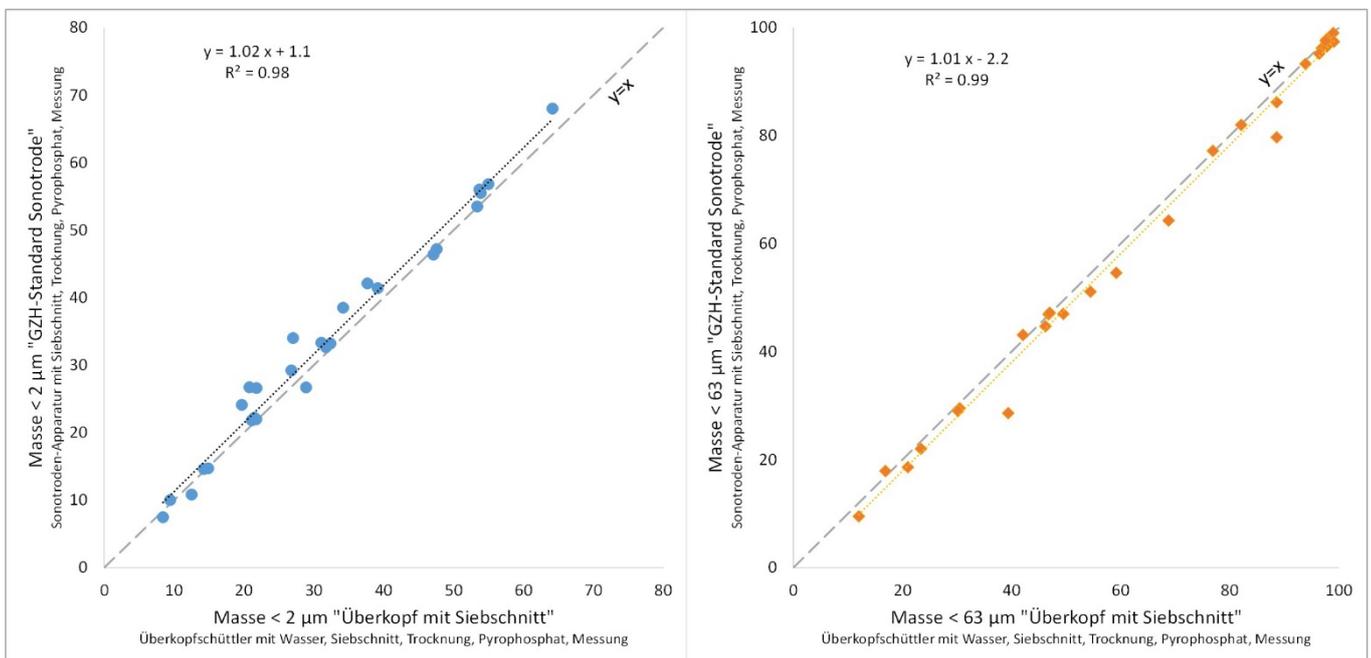


Abb. 6: Korrelation der Massenanteile feinkörniger Sedimente bei Umstellung der Probenvorbereitung, basierend auf physikalischer Energie. X-Achse: Energieeintrag durch Überkopfschüttler, Y-Achse: Energieeintrag durch Ultraschallsonotrode.

Impressum

Die Geofakten werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) herausgegeben und erscheinen unregelmäßig bei Bedarf.

Die bisher erschienenen Geofakten können unter <https://www.lbeg.niedersachsen.de> abgerufen werden.

© LBEG Hannover 2025

Version: 24.07.2025

DOI: 10.48476/geofakt_48_1_2025

Autorenschaft

- Tim Hartmann, Tel.: 0511/ 643-2443
mail: Tim.Hartmann@lbeg.niedersachsen.de
 - Dr. Reiner Dohrmann, Tel.: 0511/ 643-2557
mail: Reiner.Dohrmann@lbeg.niedersachsen.de
 - Grit Griffel, Tel.: 0511/ 643-2453
mail: Grit.Griffel@lbeg.niedersachsen.de
 - Eva González, Tel.: 0511/ 643-3752
mail: Eva.Gonzalez@lbeg.niedersachsen.de
 - Dr. Jörg Elbracht, Tel.: 0511/ 643-3613
mail: Joerg.Elbracht@lbeg.niedersachsen.de
- Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <https://www.lbeg.niedersachsen.de>