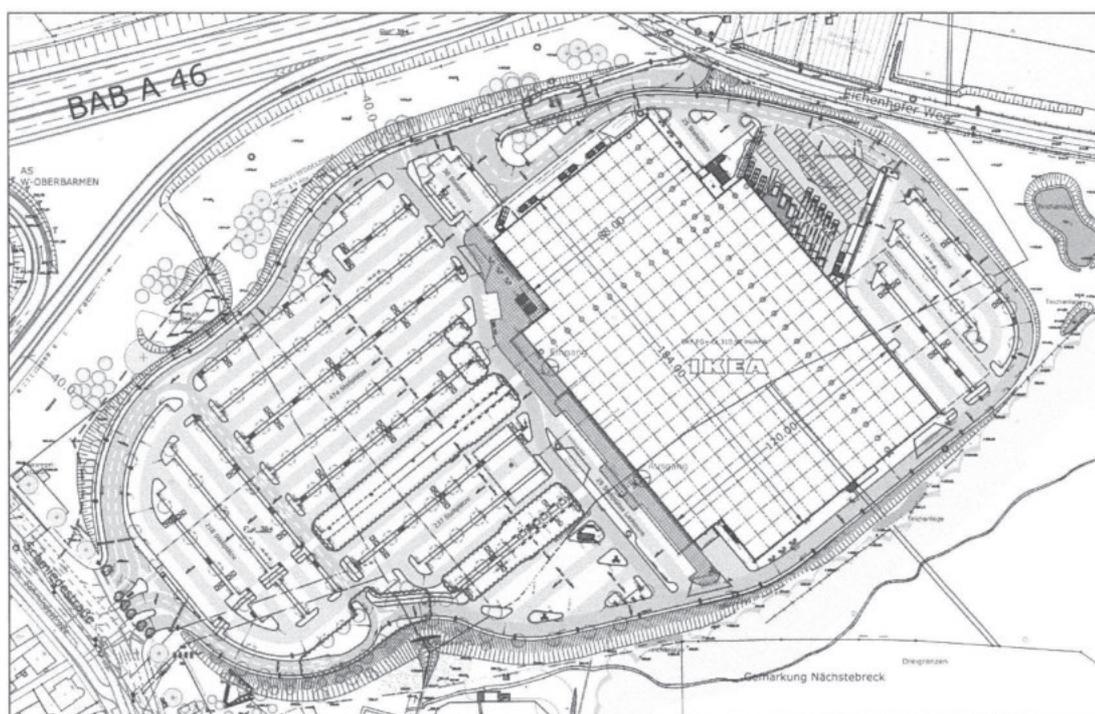


Gutachterliche Stellungnahme

zur Erfassung und Erstbewertung des Schadstoffpotentials im Boden
in Bezug auf die festgestellte pH-Wert-Erhöhung von Sickerwasser
an der südlichen Grundstücksgrenze
des IKEA Möbelhauses in Wuppertal-Nächstebreck



Berichtsnummer:

6272AF-35a/Pt/Dö

Datum:

18.09.2018

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Karsten Dörendahl

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	3
2. Unterlagen	4
3. Erdbaumaßnahmen auf dem IKEA-Grundstück	6
3.1 Erdbauliche Maßnahmen zur Profilierung des Urgeländes	6
3.2 Entwässerungsanlagen	7
4. Beobachtungen und pH-Wert-Messungen	9
4.1 Beobachtungen im Rahmen der Kamerabefahrung der Drainageschächte	9
4.2 Messungen der pH-Werte durch das Büro Dieter Liebert	10
4.3 Messungen der pH-Werte in den Drainageschächten	14
5. Eigene Erkundungen und Laborversuche an mit Mischbindemittel verbessertem Boden	15
5.1 Untersuchungsprogramm	15
5.2 Entnahme von Bodenproben	16
5.3 Ergebnisse der Laborversuche	17
5.3.1 Ergebnisse der Carbonat-Schnelltests	17
5.3.2 Ergebnisse der chemischen Analysen	17
5.3.3 Ergebnisse der Durchströmungsversuche	19
6. Abschätzung des pH-Wert-erhöhenden Potentials im Boden und dessen Entwicklung	26
7. Ersteinschätzung der Sanierungsoptionen	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 Verfahrensunterscheidungen	28
7.3 Vergleich der projektbezogen sinnvollen Sanierungsoptionen	29
8. Zusammenfassung und Empfehlung zum weiteren Vorgehen	33

1. Veranlassung

Auf dem Gelände südlich der Autobahn A 46 bzw. östlich der Anschlussstelle Wuppertal-Oberbarmen wurde im Zeitraum Oktober 2015 bis September 2016 der Neubau eines IKEA-Einrichtungshauses von ca. 190 m * 120 m Grundfläche mit großem Kundenparkplatz realisiert.

Bei den im Zuge der Baumaßnahmen erforderlichen umfangreichen Erdarbeiten wurden im südlichen Baufeldbereich u.a. die in weiten Teilen anstehenden Lehme von weicher bzw. breiiger Konsistenz unter definierter Zugabe eines Kalk-Zement-Mischbindemittels (Fabrikat nach Vorschlag der Fa. Köster als Auftragnehmer: Geo-Sol 50) wieder eingebaut.

Nach Fertigstellung des Neubaus und der Außenanlagen wurden im Februar 2017 stärkere Verunreinigungen des an der Südgrenze im Bereich der Gabionenwand gesammelten Sickerwassers und damit auch des unterhalb bestehenden Bachbettes der Meine festgestellt, wobei pH-Wert-Verschiebungen ins basische Milieu hervorzuheben sind.

Die seit Februar 2017 in regelmäßigen Abständen durchgeführten pH-Wert-Messungen des im Bereich der Gabionenwand ankommenden Sickerwassers schwanken zwischen ca. 9,5 und 12, so dass das Sickerwasser nicht unbehandelt in die Meine eingeleitet werden darf, sondern aktuell über das nebenan errichtete Regenrückhaltebecken der WSW in das städtische Kanalnetz eingeleitet werden muss.

Es ist zu vermuten, dass die pH-Wert-Erhöhung des Sickerwassers auf eine nicht ausreichende hydraulische Abbindereaktion des für die Bodenverbesserung eingesetzten Mischbindemittels zurückzuführen ist.

Unser Büro wurde beauftragt, dieser Vermutung nachzugehen und hierauf basierend eine gutachterliche Stellungnahme mit Erfassung und Erstbewertung des ggf. noch im Boden befindlichen Schadstoffpotentials zu erstellen, auf Basis der bisherigen Erkenntnisse und eigener erster orientierender Erkundungen. Im Hinblick auf diese

spezielle Aufgabenstellung wurde für die Bestimmung und Bewertung des Schadstoffpotentials im Boden zentral der Anteil von nicht gelöschtem Freikalk im Boden berücksichtigt, durch den ein Einfluss auf die festgestellte pH-Wert-Erhöhung des Sickerwassers zu vermuten ist.

Ferner werden im Sinne einer orientierenden Ersteinschätzung grundsätzliche Sanierungsoptionen im Hinblick auf die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit aufgezeigt und diskutiert.

2. Unterlagen

Der vorliegenden Geotechnischen Stellungnahme liegen insbesondere die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zugrunde:

- [U 1] „Hydrogeologisches Gutachten zu Quellen im Bereich und direkten Umfeld des geplanten Neubaus eines Einrichtungshauses in Wuppertal – Oberbarmen“, erstattet durch das Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme, Bielefeld mit Datum vom 24.11.2014

- [U 2] „Geotechnischer Bericht zum Neubau eines IKEA-Einrichtungshauses im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens 1202“, Bericht Nr. 6272AD, erstattet durch unser Büro mit Datum vom 03.12.2014

- [U 3] „Bodenmanagement-Konzept zum Neubau eines IKEA-Einrichtungshauses im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens 1202“, Bericht Nr. 6272AE, erstattet durch unser Büro mit Datum vom 14.08.2015

- [U 4] „Untersuchungskonzept für eine Gefährdungsabschätzung in Bezug auf die festgestellte pH-Wert-Erhöhung von Sickerwasser an der südlichen Grundstücksgrenze / Meinebach“, Bericht Nr. 6272AF-34a, erstattet durch unser Büro mit Datum vom 13.11.2017

- [U 5] Berichte zur Geotechnischen Beratung und zu erdbautechnischen Kontrollen im Rahmen der Bauarbeiten zum Neubau des IKEA-Einrichtungshauses, Berichte Nr. 6272AF-01 bis 6272AF-33, erstattet durch unser Büro im Zeitraum Oktober 2015 bis Juli 2016

- [U 6] Produktdatenblätter und Sicherheitsdatenblätter „Dorosol C“, „GeoSol“ und „GeoSol RD“, erstellt durch die GHT GmbH & Co. KG, Dortmund, Stand: Dez. 2017 bis Febr. 2018

- [U 7] „Zusammenfassende wasserhygienische Beurteilung unter Berücksichtigung der Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“, erstellt durch das Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen, jeweils für das Produkt „Dorosol C 50“ mit Datum 02.03.2016 und für das Produkt „GeoSol 50 RD“ mit Datum 03.05.2016

- [U 8] Liste der Lieferscheine Geosol 50 und Geosol 50 RD, aufgestellt durch Fa. Köster GmbH, Datum unbekannt

- [U 9] Ergebnisse der Kamerabefahrung der Drainageschächte auf dem IKEA-Grundstück im Zeitraum 24.-26.04.2017, aufgenommen durch Fa. Camburger Kanalservice, Naumburg

- [U 10] Ergebnisse von pH-Wert-Messungen und Ablesungen einer Wasseruhr für das Sickerwasser an ausgewählten Punkten des IKEA-Grundstücks im Zeitraum Februar 2017 bis April 2018, erhoben und dokumentiert durch D. Liebert, Büro für Freiraumplanung, Alsdorf, zuletzt aktualisiert am 31.05.2018

Des Weiteren wird insbesondere auf folgende umweltrechtliche Regelungen und Empfehlungen Bezug genommen:

- [R 1] BBodSchV, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999, zuletzt geändert am 27. September 2017

- [R 2] BBodSchG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten vom 17. März 1998 zuletzt geändert am 03.10.2017

- [R 3] LBodSchG, Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen vom 09. Mai 2000, zuletzt geändert am 27.09.2016

- [R 4] LAGA EW 98, „Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich, Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten, Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 33, Stand September 2017

- [R 5] Maßnahmen zum Bodenschutz - Umgang mit schädlichen Bodenveränderungen, herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1. Auflage, 2001

3. Erdbaumaßnahmen auf dem IKEA-Grundstück

3.1 Erdtechnische Maßnahmen zur Profilierung des Urgeländes

Aufgrund des nach Südwesten hin abfallenden Urgeländes waren für die Herstellung eines ebenen Gebäude- und Verkehrsflächenbereichs umfangreiche Erdbewegungen erforderlich. Hierbei wurde der vorhandene, auch infolge der damaligen Witterungseinflüsse oberflächennah größtenteils weiche bis breiige Lehmboden mit einem hydraulischen Mischbindemittel (50 % Kalk / 50% Zement) im Verhältnis von ca. 3 bis 5 Gew.-%, bezogen auf die Feuchtmasse verbessert.

Ausgeschrieben und in unserem Bodengutachten [U 2] empfohlen wurde als Mischbindemittel das Produkt *Dorosol C 50* der Firma Holcim, Dotternhausen. Aufgrund eines Sondervorschlags der bauausführenden Firma Köster GmbH wurde zunächst das Produkt *GeoSol 50* bzw. ab Februar 2016 das Produkt *GeoSol 50 RD* der Firma GHT, Dortmund eingesetzt.

Gemäß Herstellerangaben [U 6] handelt es sich bei den Produkten *GeoSol 50* bzw. *GeoSol 50 RD* um Spezialbindemittel zur Verbesserung und Verfestigung von bindigen Böden, welche sich aus „genormtem Kalk nach DIN EN 459-1, genormtem Zement nach DIN EN 197-1 und genormtem Tragschichtbinder nach DIN EN 13282 sowie deren Haupt- und Nebenbestandteilen“ zusammensetzen. Nach Rückfrage beim Hersteller unterscheiden sich die Produkte *GeoSol 50 RD* und *GeoSol 50* in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht voneinander. Das Produkt *GeoSol 50 RD* (RD = „reduced dust“) wurde „speziell behandelt“, um eine geringere Staubentwicklung während des Einbauverfahrens zu gewährleisten. Wie genau diese „spezielle Behandlung“ aussieht, wird vom Hersteller nicht bekannt gegeben.

In Bezug auf die Umweltverträglichkeit des Produktes *GeoSol 50 RD* wird vom Hersteller Bezug genommen auf eine Untersuchung des Hygieneinstituts des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen [U 7]. Dieses Dokument weist die Ergebnisse von Versuchen zum Auslaugverhalten im Trog-Versuch nach LAGA EW 98 T [R 4]

an einem aus reinem Mischbindemittel und Wasser hergestellten Probekörper nach einer Aushärtephase von 28 Tagen aus. Demnach werden mit der dort gewählten Untersuchungsmethode einheitlich die Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfades **Boden - Grundwasser** der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [R 1] unterschritten.

Im anliegenden Lageplan (Anlage 1) ist der Bereich, in dem diese Bodenverbesserungsmaßnahmen ausgeführt wurden, mit aufgenommen und schraffiert dargestellt.

3.2 Entwässerungsanlagen

Die Entwässerungsanlagen für die Verkehrsflächen auf dem IKEA-Grundstück wurden wie folgt ausgeführt:

1. Die Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers auf den befestigten Parkplatzflächen erfolgt über ein gesondertes Regenwasserkanalsystem (in Anlage 1 dunkelblau dargestellt), welches direkt an das südlich gelegene RKB / RRB angeschlossen ist.
2. Für die Fassung und Ableitung von Sickerwasser und von aus Richtung der BAB A 46 zusitzendem Stauwasser wurden ringförmig am Rand des Parkplatzes und parallel versetzt zu dem v.g. Kanalsystem durch die Parkplatzfläche laufende, ergänzende Drainageleitungen (in Anlage 1 hellblau und orange dargestellt) verlegt, die in einem oberhalb der Gabionenwand gelegenen Drainageschacht DN 1000 mm zusammengeführt sind, von wo das Sickerwasser dem unterhalb der Gabionenwand befindlichen offenen Gerinne und damit der Meise zugeleitet werden sollte.
3. Zur Fassung tieferer Schichten- und Sickerwässer wurde ein Teil der unter 1. genannten Kanalgräben mit Kies verfüllt. Diese drainieren in eine entlang der Südgrenze des Parkplatzes gelegene, ca. 1 m dicke und mit Geotextil ummantelte Kiesschicht (in Anlage 1 grün-grau dargestellt), die wiederum in die unter 2. genannte Ringleitung und damit in den Drainageschacht DN 1000 mm entwässert.

Durch die anhaltende Problematik eines erhöhten pH-Werts des für die Meinebach-Einleitung vorgesehenen Sickerwassers wurde vorerst ein fester baulicher Anschluss der Sickerwasserleitung an das RRB und damit an das Kanalsystem der Stadt Wuppertal erforderlich. Die dahingehenden Arbeiten wurden im März 2018 abgeschlossen (s. Abb. 1a und Abb. 1b).



Abb. 1a: Fertig gestellter Anschluss des Sickerwassers an das RBB
(Foto aus [U 10])



Abb. 1b: Fertig gestellter Anschluss des Sickerwassers an das RBB
(Foto aus [U 10])

4. Beobachtungen und pH-Wert-Messungen

4.1 Beobachtungen im Rahmen der Kamerabefahrung der Drainageschächte

Im Zeitraum 24. – 26.04.2018 wurde durch die Fa. Camburger Kanalservice, Naumburg im Auftrag der Fa. Köster GmbH, Osnabrück eine Kamerabefahrung der ca. 61 Drainageschächte und der insgesamt ca. 1.667 m langen Drainageleitungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in [U 9] dokumentiert.

Da die Leitungen und Schächte – zur Gewährleistung der Befahrbarkeit – vor Beginn der Kamerabefahrung mit einem Hochdruckwasserstrahl gespült wurden, sind die in den Videofilmen dokumentierten Ergebnisse nur begrenzt aussagefähig. Zwar sind in den Dokumentationen einige Bereiche zu erkennen, in denen noch Ablagerungen vorhanden sind (siehe auch Abb. 2), dieses schließt jedoch nicht aus, dass sich auch in den übrigen Bereichen vor der Reinigung Ablagerungen befanden, die durch die Reinigung entfernt wurden bzw. möglicherweise die Reinigung an den auffälligen Bereichen ggf. nicht in der gleichen Intensität stattgefunden hat wie in den übrigen Bereichen.

Für die v.g. Bereiche der sichtbaren Ablagerungen lässt sich keine Systematik in Bezug auf die Lage auf dem Grundstück erkennen. Sowohl in der Fläche als auch am Rand des Grundstücks treten Bereiche mit und ohne Ablagerungen in unregelmäßigen Abständen auf.



Abb. 2: Auszug aus der Kamerabefahrung der Drainageleitungen [U 6]

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden die Randbereiche bei der Wahl der Erkundungspunkte (siehe Kap. 5.1) mit berücksichtigt.

4.2 Messungen der pH-Werte durch das Büro Dieter Liebert

Im Auftrag der Firma IKEA werden durch das Büro D. Liebert, Büro für Freiraumplanung, Alsdorf seit März 2017 wöchentlich die pH-Werte des Sickerwassers an folgenden Messpunkten des südlichen Grundstücksrands kontrolliert:

- Mulde parallel zur Zufahrt Spedition / Tankstelle
- Auslauf Gabionenwand (nur bis März 2018 messbar)
- Sammelschacht

Die nachfolgende Tab. 1 fasst die Lage und Bezeichnungen der Messstellen zusammen.

Tab. 1: Lage und Bezeichnung der Messstellen gemäß [U 10]

Foto gem. [U 10]	Bezeichnung gem. [U 10]	Bezeichnung in Abb. 3
	<p>M5 (März bis Sept. 2017) bzw. M1 (ab Sept. 2017)</p>	<p>M5_alt bzw. M1_neu</p>
	<p>M2 (Sept. 2017 bis März 2018)</p>	<p>M2_neu</p>
	<p>M2 (März bis Sept. 2017) bzw. M3 (ab Sept. 2017)</p>	<p>M2_alt bzw. M3_neu</p>

Die nachfolgende Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der v.g. pH-Werte des Sickerwassers im Zeitraum März 2017 bis Juni 2018. Zudem sind in der Grafik die bis September 2017 gemessenen pH-Werte des Teichs und die Niederschlagswerte eingetragen.

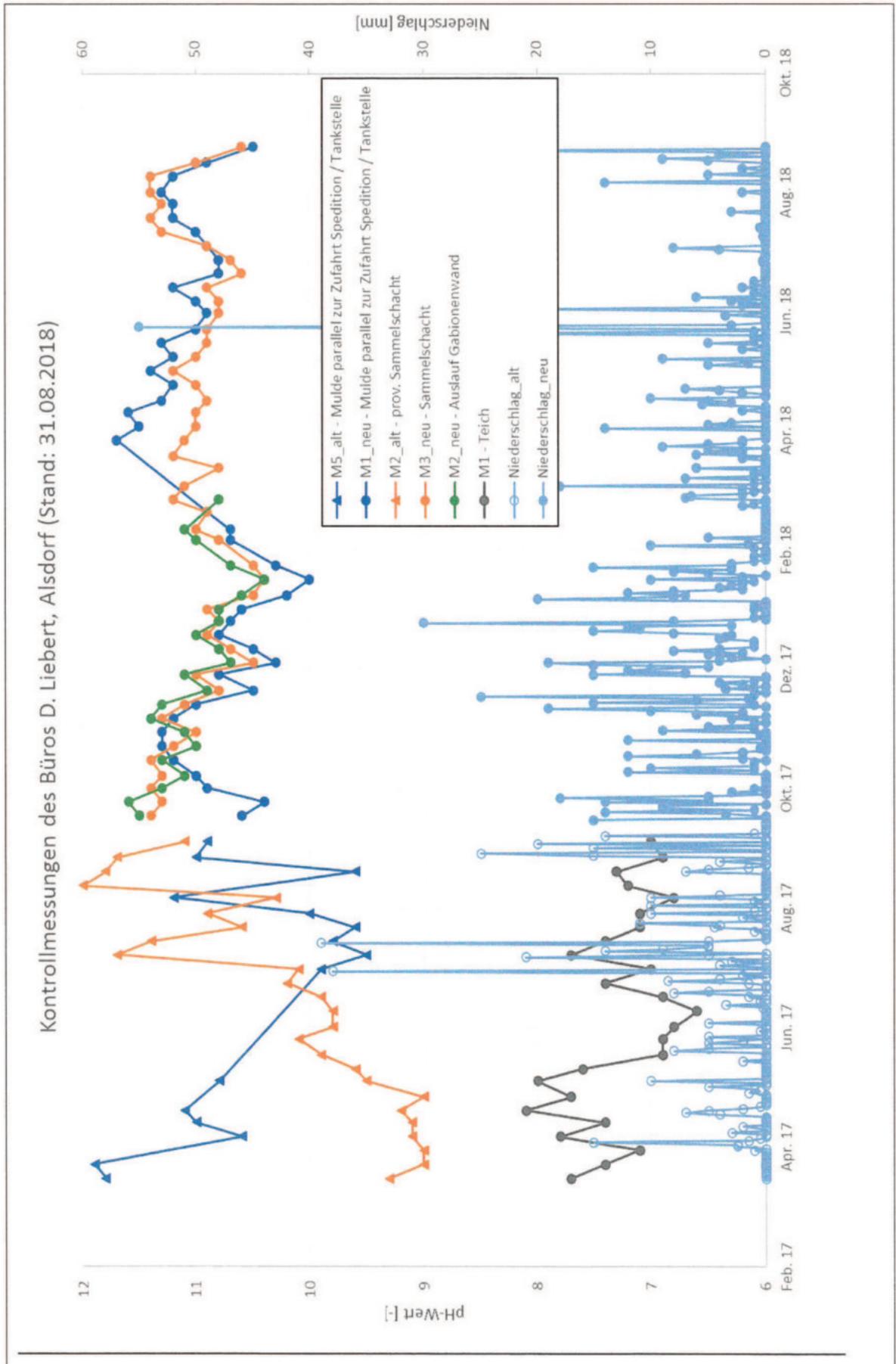


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der in [U 10] dokumentierten Messwerte (eigene Grafik)

Die gemessenen pH-Werte des Sickerwassers in der parallel zur Zufahrt der benachbarten Spedition verlaufenden Entwässerungsmulde („M5_alt“ bzw. „M1_neu“) fallen im Zeitraum Februar bis August 2017 zwar zunächst von einem pH-Wert von ca. 12 leicht ab auf einen pH-Wert von ca. 10, ab August 2017 steigt dieser jedoch wieder an und ab September 2017 schwankt der pH-Wert kontinuierlich im Bereich $10,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 11,5$.

Auch im Sickerwasser am Fuß der Gabionenwand („M2_neu“) schwankt der pH-Wert im Zeitraum Sept. 2017 bis März 2018 im Bereich $10,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 11,5$. Wie in Kap. 3.2 beschrieben, wurde im März 2018 der feste bauliche Anschluss der Sickerwasserleitung an das RRB fertig gestellt, so dass der pH-Wert hier seither nicht mehr messbar ist.

Im südlich der Gabionenwand liegenden Sammelschacht („M2_alt“ bzw. „M3_neu“) stieg der pH-Wert im Zeitraum März 2017 bis September 2017 zunächst von einem pH-Wert von ca. 9 auf einen pH-Wert von ca. 12 an, ab September 2017 schwankte der pH-Wert – wie die übrigen – ebenfalls kontinuierlich im Bereich $10,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 11,5$.

Die im Zeitraum März 2017 bis September 2017 im Teich oberhalb des Parkplatzes gemessenen pH-Werte schwankten im üblichen schwach basischen Bereich von $ca. 7 \leq \text{pH-Wert} \leq 8$. Gegenüber den im Hydrogeologischen Gutachten [U 1] dokumentierten pH-Werten vor Beginn der Baumaßnahme ist dort demnach keine Erhöhung des pH-Werts festzustellen.

Wird die Intensität der Niederschläge bei der Auswertung mit herangezogen, so lässt sich hiermit tendenziell die Schwankung der pH-Werte im Sickerwasser erklären. In Zeiten mit geringeren Niederschlägen wird das Sickerwasser offenbar etwas weniger verdünnt, so dass sich etwas höhere pH-Werte ergeben. Genauere Rückschlüsse lassen sich jedoch auf Basis der bisherigen Datenlage (Messzeitraum = ca. 14 Monate) noch nicht ziehen.

Insgesamt muss festgehalten werden, dass die pH-Werte des Sickerwassers im gemessenen Zeitraum März 2017 bis Mai 2018 zwar jahreszeitlich schwanken,

jedoch im für den Meinebach kritischen Bereich von $10,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 11,5$ bleiben. Ein systematischer „Auswaschungseffekt“, also ein kontinuierliches Absinken des pH-Werts durch ein Auswaschen der pH-Wert-erhöhenden Bestandteile im Boden ist im bisherigen Messzeitraum noch nicht erkennbar.

4.3 Messungen der pH-Werte in den Drainageschächten

Am 02.06.2018 wurden durch unser Büro stichprobenhaft in den Drainageschächten die pH-Werte des Sickerwassers bestimmt, mit folgendem Ergebnis:

<u>Bezeichnung des Drainageschachts (s. Anlage 1)</u>	<u>pH-Wert</u>
D 53	11,4
D 50	11,5
D 30	10,3
D 61	10,5
D 58	9,5
D 56	11,4
D 55	9,8
D 10	9,5
D 8	9,8
D 7	9,5
D 6	9,4
D 5	9,3
D 3	8,5
D 18	8,7
D 17	8,4

Demnach weisen die Sickerwässer in den zentralen Drainageschächten deutlich erhöhte pH-Werte auf. Lediglich in den an der nordwestlichen (D17, D18) bzw. an der östlichen (D3) Grundstücksgrenze liegenden Drainageschächte wurden pH-Werte < 9 gemessen. Die dort erfassten Sickerwässer werden offenbar zum Großteil von Einzugsgebieten außerhalb des IKEA-Grundstücks gespeist.

5. Eigene Erkundungen und Laborversuche an mit Mischbindemittel verbessertem Boden

5.1 Untersuchungsprogramm

Auf Basis der Vermutung, dass die pH-Wert-Erhöhung des Sickerwassers auf eine nicht ausreichende hydraulische Abbindereaktion des für die Bodenverbesserung eingesetzten Mischbindemittels zurückzuführen ist, wurde folgendes Untersuchungsprogramm entworfen und mit dem Umweltamt der Stadt Wuppertal abgestimmt:

1. Entnahme von Bodenproben mittels Rammkernsondierungen und Aufschlussbohrungen im Bereich der künstlichen Bodenanschüttungen unterhalb der Verkehrsflächen.
2. Carbonat-Schnelltest (mit 10%iger Salzsäure) an den gewonnenen Bodenproben, um eine Aussage darüber zu bekommen, ob grundsätzlich Kalk als Calciumoxid CaO (Freikalk) bzw. als Calciumcarbonat CaCO₃ darin enthalten sind.
3. Herstellung von Zylinderproben aus ausgesuchten Bodenproben und Durchströmung mit Wasser (Versuchsaufbau vglb. DIN 18130). Bestimmung der Durchflussmengen zur Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwerts und Bestimmung der pH-Werte des durchströmten Wassers.

<u>Bezeichnung</u>	<u>Bodenprobe aus Erkundungspunkt</u>
B 1 - RKS 12	Rammkernsondierung RKS 12
B 2 - RKS 9	Rammkernsondierung RKS 9
B 3 - RKS 5	Rammkernsondierung RKS 5
B 10 - B RKS 12 (2)	Aufschlussbohrung B 12

4. Bestimmung des Anteils von Freikalk an ausgesuchten erbohrten Bodenproben im chemischen Labor SEWA, Essen.

5. Herstellung von künstlichen Probekörpern aus unbehandeltem Lehm mit jeweils 3 / 5 / 7 % Mischbindemittel unterschiedlicher Typen in zwei Serien (Serie 1 mit *GeoSol 50 RD* / Serie 2 mit *Dorosol C 50*). Nach einer Abbindezeitdauer von 28 Tagen Bestimmung der Durchflussmengen zur Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwerts und Bestimmung der pH-Werte des durchströmten Wassers.

<u>Bezeichnung</u>	<u>Sorte Mischbindemittel</u>	<u>Menge Mischbindemittel</u>
B 4 (D-3.1)	Dorosol C 50	3 Gew.-%
B 5 (G-3.1)	GeoSol 50 RD	3 Gew.-%
B 6 (D-5.1)	Dorosol C 50	5 Gew.-%
B 7 (G-5.1)	GeoSol 50 RD	5 Gew.-%
B 8 (D-7.1)	Dorosol C 50	7 Gew.-%
B 9 (G-7.1)	GeoSol 50 RD	7 Gew.-%

6. Bestimmung des Anteils von Freikalk an den vglb. lt. 5. künstlich hergestellten Bodenproben im chemischen Labor SEWA, Essen.

<u>Bezeichnung</u>	<u>Sorte Mischbindemittel</u>	<u>Menge Mischbindemittel</u>
D-3.2	Dorosol C 50	3 Gew.-%
G-3.2	GeoSol 50 RD	3 Gew.-%
D-5.2	Dorosol C 50	5 Gew.-%
G-5.2	GeoSol 50 RD	5 Gew.-%
D-7.2	Dorosol C 50	7 Gew.-%
G-7.2	GeoSol 50 RD	7 Gew.-%

5.2 Entnahme von Bodenproben

Für die Entnahme der Bodenproben wurden im Bereich der künstlichen Bodenanschüttungen unterhalb der Verkehrsflächen im Zeitraum 12. - 14.02.2018 insgesamt 16 Rammkernsondierungen Ø 60 mm („RKS“) abgeteuft.

Da mit den Rammkernsondierungen infolge hoher Festigkeit des verbesserten Bodens in vielen Fällen nicht die erforderliche Endtiefe erreicht werden konnte, wurden im Zeitraum 03. - 09.04.2018 an zwei Stellen ergänzende Aufschlussbohrungen Ø 178 mm („B“) bis in eine Tiefe von 8,0 m ausgeführt.

Die Erkundungsbohrungen wurden nach der Lage in der Örtlichkeit sowie durch Ingenieurnivellement nach der Höhe (m NHN) eingemessen. Im Lageplan Anlage 1 sind die Erkundungspunkte in Zuordnung zu den Drainageanlagen der Verkehrsflächen auf dem IKEA-Grundstück eingetragen. Anlage 2 zeigt die Erkundungsergebnisse in Form von Bodenprofilen.

Wasserstände im Sinne eines freien Grundwasserspiegels wurden an den Erkundungspunkten nicht festgestellt. In vielen Fällen war jedoch aufgestautes Sickerwasser in der Schotter-Tragschicht oberhalb des verbesserten Bodens festzustellen.

5.3 Ergebnisse der Laborversuche

5.3.1 Ergebnisse der Carbonat-Schnelltests

Die Ergebnisse der Carbonat-Schnelltest sind in den Bezeichnungen der Bohrprofile in Anlage 2 wiedergegeben. Als Bewertungskriterium wurden hierbei folgende Reaktionen des Bodens unterschieden:

<u>Reaktion des Bodens</u>	<u>vermuteter Kalkanteil</u>	<u>Bezeichnung im Bohrprofil</u>
kein sichtbares oder hörbares Brausen	kein Kalkanteil	k ^o - kalkfrei
schwaches, nicht anhaltendes Brausen	geringer Kalkanteil	k ['] - schwach kalkhaltig
deutliches, nicht anhaltendes Brausen	mittlerer Kalkanteil	k - kalkhaltig
starkes, lang anhaltendes Brausen	hoher Kalkanteil	k ⁺ - stark kalkhaltig

5.3.2 Ergebnisse der chemischen Analysen

Von denjenigen Bodenproben, bei denen der Carbonat-Schnelltest auf einen hohen Kalkgehalt hinwies, wurden an ausgesuchten Proben im zertifizierten chemischen Labor SEWA, Essen der pH-Wert im Eluat und der Anteil an Freikalk in der Trockenmasse bestimmt. Die Untersuchungsergebnisse sind als An-

lage 3 dem vorliegenden Bericht beigefügt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Analyse-Ergebnisse im Ausgangszustand

Bezeichnung	Bodenprobe	Entnahmetiefe [m]	pH-Wert	Anteil Freikalk [g/kg]
RKS 1.1	RKS 1	0,9 – 1,35	11,4	10,0
RKS 3.1	RKS 3	1,2 – 2,0	12,3	23,0
RKS 5.1	RKS 5	1,0 – 2,0	12,2	20,0
RKS 6.1	RKS 6	1,0 – 3,0	12,5	23,0
RKS 7a.1	RKS 7a	1,0 – 4,0	11,9	11,0
RKS 9.1	RKS 9	1,3 – 4,3	11,9	13,0
RKS 10.1	RKS 10	0,5 – 3,5	11,3	6,8
RKS 11.1	RKS 11	1,0 – 5,8	12,2	18,0
RKS 12.1	RKS 12	0,8 – 3,1	12,1	16,0
RKS 15.1	RKS 15	0,18 – 2,20	10,4	5,7
RKS 16.1	RKS 16	0,24 – 1,7	11,6	11,0
B 12.1	B12	1,00 – 5,50	11,1	52,0
D-3.2	Lehm + 3 Gew.-% Dorosol C 50		12,3	26,0
G-3.2	Lehm + 3 Gew.-% GeoSol 50 RD		12,5	24,0
D-5.2	Lehm + 5 Gew.-% Dorosol C 50		12,4	38,0
G-5.2	Lehm + 5 Gew.-% GeoSol 50 RD		12,4	27,0
D-7.2	Lehm + 7 Gew.-% Dorosol C 50		12,5	59,0
G-7.2	Lehm + 7 Gew.-% GeoSol 50 RD		12,5	73,0

Für die aus dem Gelände gewonnenen Bodenproben ergeben sich für die Gewichtsanteile von (ungelöschtem) Freikalk CaO , also von Kalk, der noch nicht mit Wasser H_2O zu Kalkhydrat $Ca(OH)_2$ reagiert hat, demnach Werte von 0,6 bis 5,2 % der Trockenmasse. Bei Annahme eines natürlichen Wassergehalts des Lehms von $w = ca. 20\%$ gem. [U 2] zum Zeitpunkt des Vermischens während der Bauarbeiten können hiermit Freikalk-Anteile von ca. **0,5 bis 4,2 % der Feuchtmasse zum Zeitpunkt der Herstellung** zurückgerechnet werden.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit dem zum Zeitpunkt der Herstellung planmäßigem Anteil an Mischbindemittel von 3 – 5 Gew.-% der Feuchtmasse, so ist zu vermuten, dass entweder ein deutlich höherer Anteil an Mischbindemittel eingebaut wurde oder in weiten Bereichen des verbesserten Bodens das Mischbindemittel noch nicht in ausreichendem Kontakt zu dem freien Porenwasser stand, um mit diesem zu reagieren. Aufgrund der Tatsache, dass die Eindring-

widerstände der Rammkernsonde bei den Untergrunderkundungen sehr hoch waren, ist zu vermuten, dass der Zementanteil im Mischbindemittel in ausreichendem Maß mit dem Porenwasser reagieren konnte, was eher die erste Vermutung unterstützt.

Für die künstlich hergestellten Bodenproben ergeben sich Freikalk-Anteile von **2,4 bis 7,3 %** der Trockenmasse. Bei Annahme eines natürlichen Wassergehalts des Lehms von $w = \text{ca. } 20\%$ können hiermit Freikalk-Anteile von **ca. 1,9 bis 5,8 % der Feuchtmasse zum Zeitpunkt der Herstellung** zurückgerechnet werden.

Auch hier zeigt sich also, dass auch nach 28 Tagen Aushärtedauer noch große Anteile des im Mischbindemittel vorhandenen Freikalks nicht mit Wasser reagiert haben und damit in der Probe verfügbar sind.

5.3.3 Ergebnisse der Durchströmungsversuche

Wie in Kap. 5.1 beschrieben, wurden an folgenden Proben Versuche zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts mit täglicher Messung des pH-Werts des durchgeströmten Wassers durchgeführt:

<u>Bezeichnung</u>	<u>Bodenprobe aus</u>
B 1 - RKS 12	Rammkernsondierung RKS 12
B 2 - RKS 9	Rammkernsondierung RKS 9
B 3 - RKS 5	Rammkernsondierung RKS 5
B 4 (D-3.1)	Lehm + 3 Gew.-% Dorosol C 50
B 5 (G-3.1)	Lehm + 3 Gew.-% GeoSol 50 RD
B 6 (D-5.1)	Lehm + 5 Gew.-% Dorosol C 50
B 7 (G-5.1)	Lehm + 5 Gew.-% GeoSol 50 RD
B 8 (D-7.1)	Lehm + 7 Gew.-% Dorosol C 50
B 9 (G-7.1)	Lehm + 7 Gew.-% GeoSol 50 RD
B 10 - RKS 12 (2)	Bohrung B 12

Die Untersuchungsergebnisse sind als Anlage 4 dem vorliegenden Bericht beigefügt.

Die nachfolgenden Abbildungen stellen die rückgerechneten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) und die gemessenen pH-Werte des durchströmten Wassers jeweils über die Zeit d [Tage] und über die Gesamtdurchflussmenge Q [Liter] grafisch dar. Die Auftragung der Ergebnisse über die Gesamtdurchflussmenge ist insofern sinnvoll, als dass hiermit besser untersucht werden kann, ob ein „Ausspülungseffekt“ zu beobachten ist, also ein „Ausspülen“ der kalkhaltigen Bestandteile der Bodenproben.

Um einen höheren Durchfluss zu generieren und damit den vermuteten Auswaschungseffekt zu beschleunigen, wurden die Probekörper B5 bis B9 nach ca. 84 bzw. 105 Tagen in der Höhe reduziert und damit der hydraulische Gradient in den Durchströmungsversuchen erhöht. Zudem wurden nach 84 Tagen die PVC-Ummantelungen an den Proben B5, B6, B7 und B9 entfernt.

1) Entwicklung der Labor-Messwerte für die im Gelände gewonnenen Bodenproben:

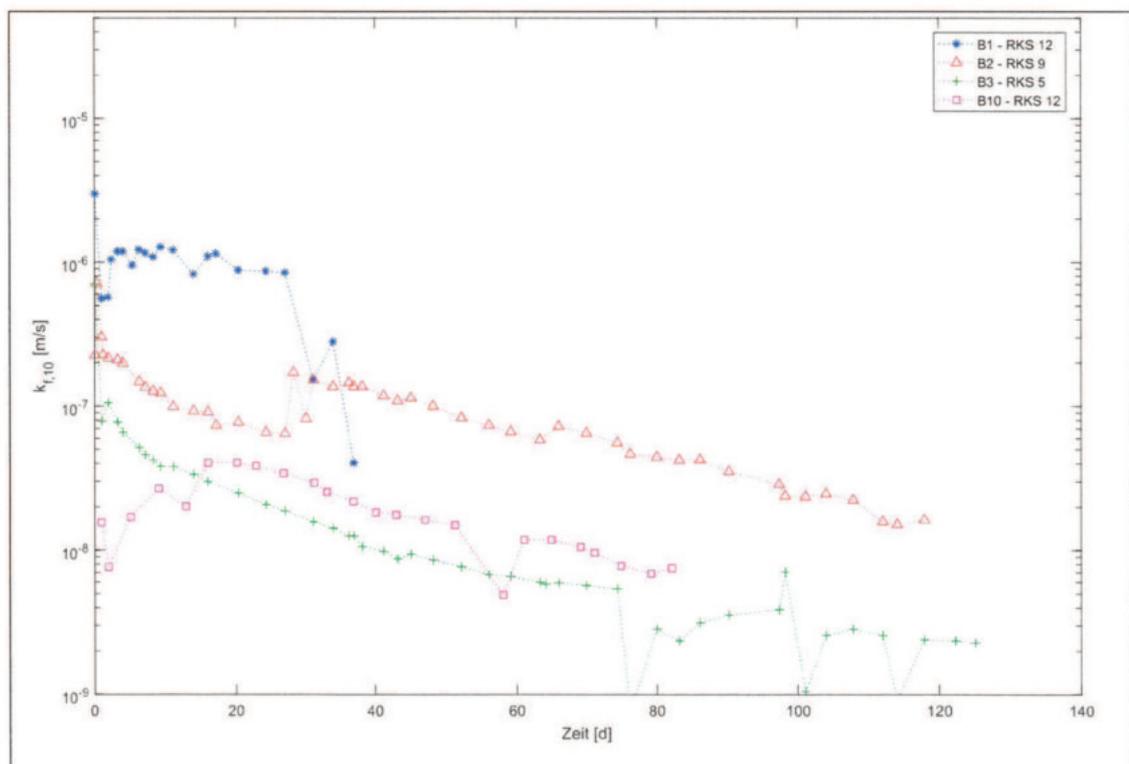


Abb. 4a: Entwicklung der k_f -Werte der im Gelände gewonnenen Bodenproben über die Zeit

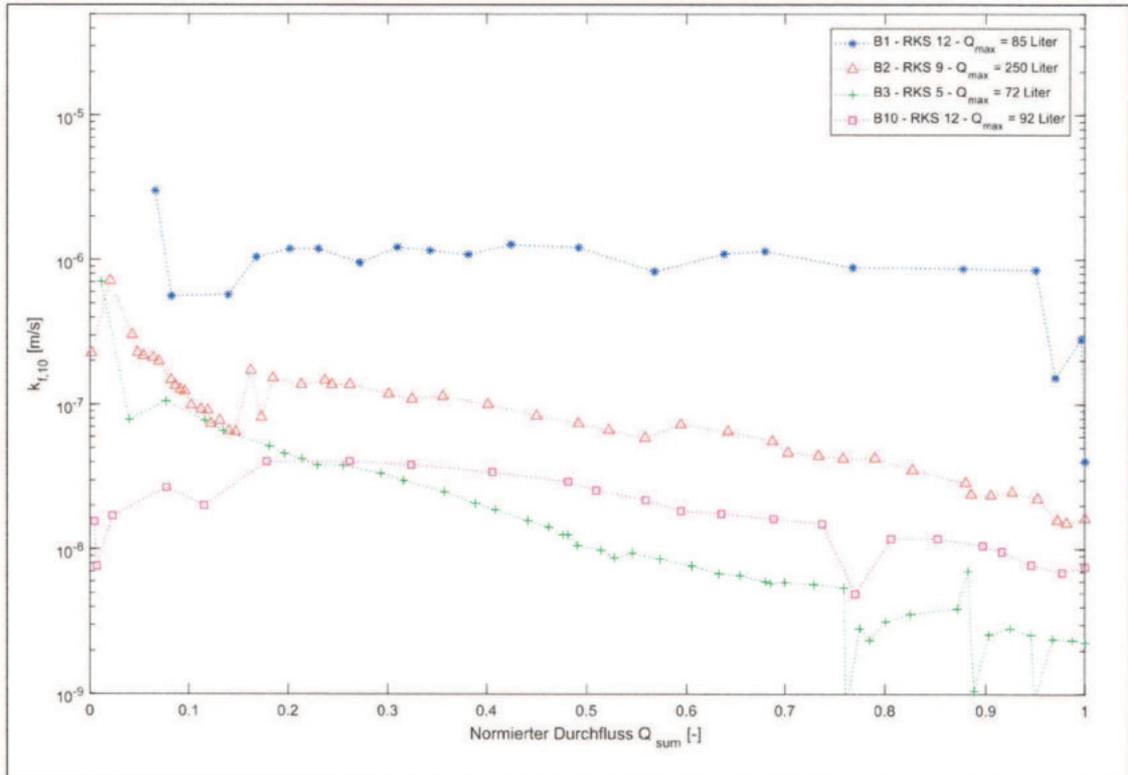


Abb. 4b: Entwicklung der k_f -Werte der im Gelände gewonnenen Bodenproben über den normierten Durchfluss

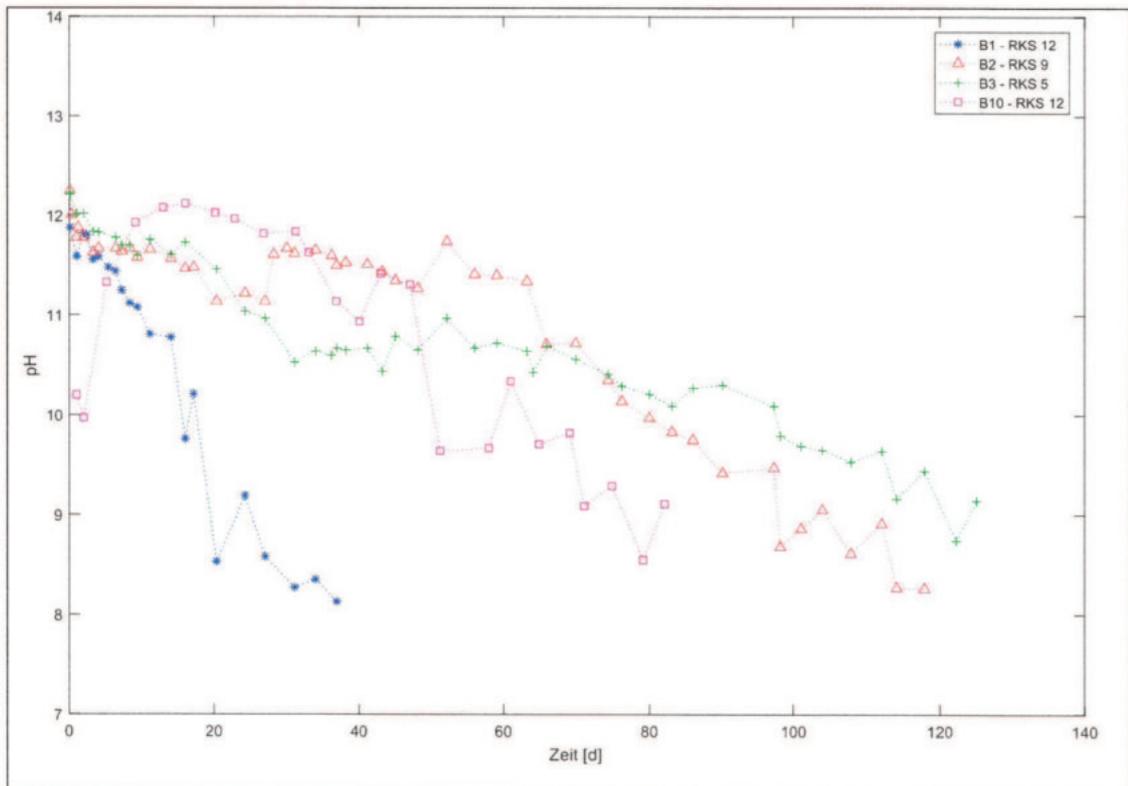


Abb. 5a: Entwicklung der pH-Werte der im Gelände gewonnenen Bodenproben über die Zeit

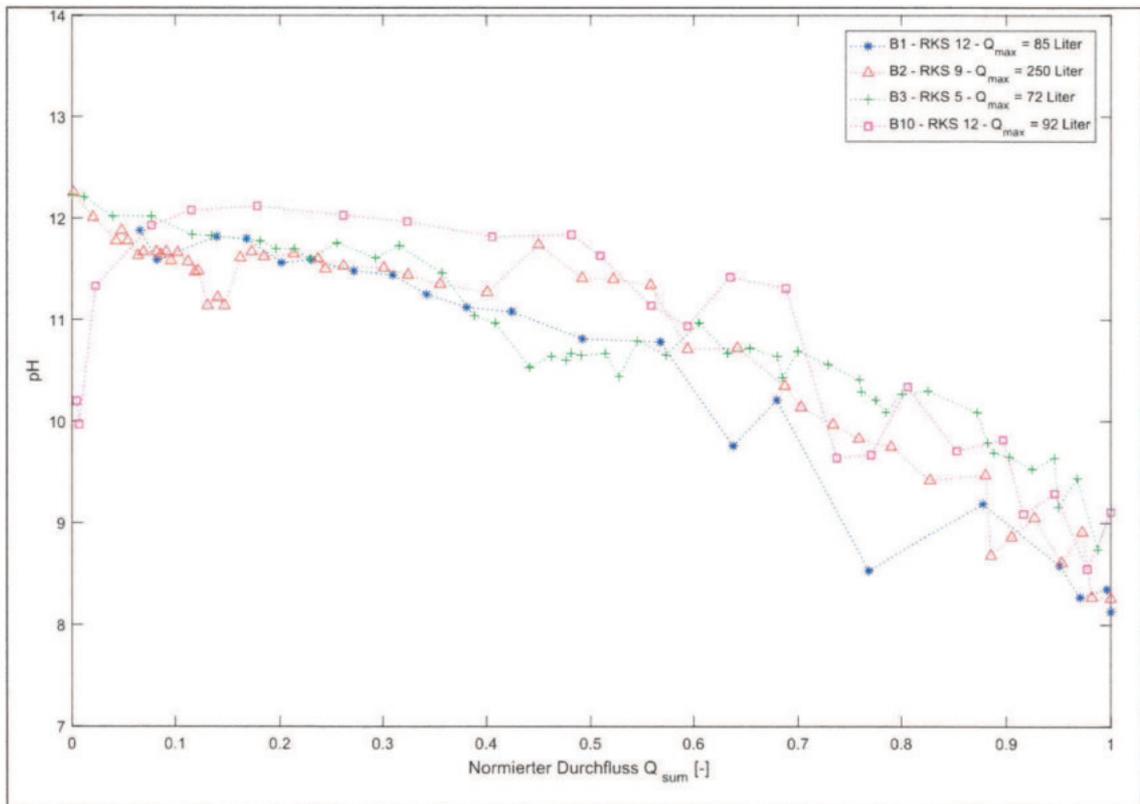


Abb. 5b: Entwicklung der pH-Werte der im Gelände gewonnenen Bodenproben über den normierten Durchfluss

Die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) der **im Gelände gewonnenen** Bodenproben (Abb. 4a und Abb. 4b) bleiben erwartungsgemäß in allen Fällen über die Zeit bzw. die Durchflussmenge relativ konstant bzw. sinken sogar geringfügig ab. Die k_f -Werte liegen im Bereich $1 \cdot 10^{-8} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s und zeigen damit nur eine sehr geringe bis geringe Wasserdurchlässigkeit an; eine Zunahme durch Ausspülungen ist nicht zu erkennen.

Die gemessenen pH-Werte der im Gelände gewonnenen Bodenproben (Abb. 5a und Abb. 5b) liegen zu Beginn der Versuche in allen Proben bei ca. 12 und fallen über die Versuchsdauer langsam auf einen Wert zwischen 8 und 9,5.

Die Probe B1 - RKS 12 mit der insgesamt höchsten Durchlässigkeit zeigt auch ein relativ schnelles Absinken auf einen pH-Wert von ca. 8 nach einer Versuchsdauer von ca. 30 Tagen, wobei diese Probe die höchste Durchlässigkeit und damit auch die stärkste Durchflussrate aufweist.

Betrachtet man die Entwicklung der pH-Werte über den normierten Durchfluss, so zeigen alle vier Einzelproben eine vergleichbare Tendenz der Abnahme der pH-Werts über den normierten Durchfluss.

Insgesamt ist festzuhalten, dass bei einer Durchströmung der entnommenen Bodenproben nach einer Versuchsdauer von ca. 4 Monaten die pH-Werte aller Proben kontinuierlich von ca. 12 auf ca. 8 bis 9,5 gefallen sind. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, würde der pH-Wert jeder Probe nach weiteren ca. 2 Monaten auch einen Wert von ca. 8,0 erreichen. Diese Annahme ist jedoch noch durch eine weitere Fortführung der Versuche zu verifizieren.

II) Entwicklung der Labor-Messwerte für die **künstlich hergestellten** Bodenproben:

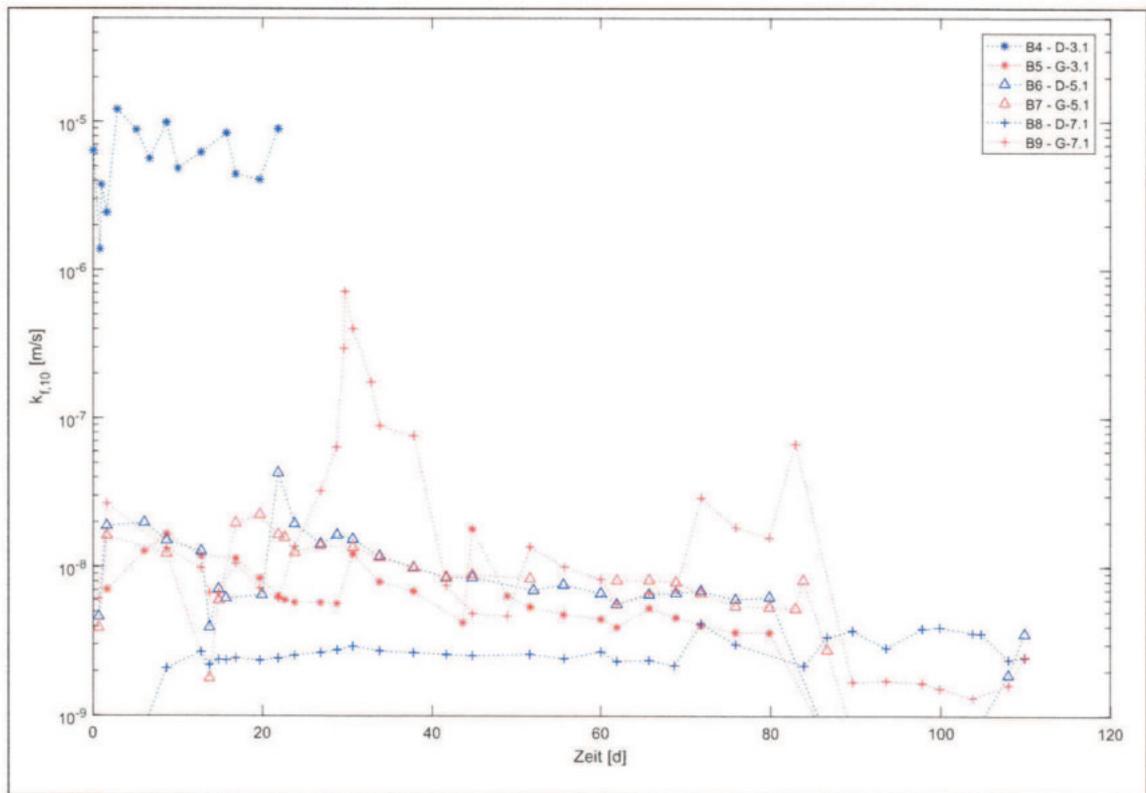


Abb. 6a: Entwicklung der k_r -Werte der künstlichen Bodenproben über die Zeit

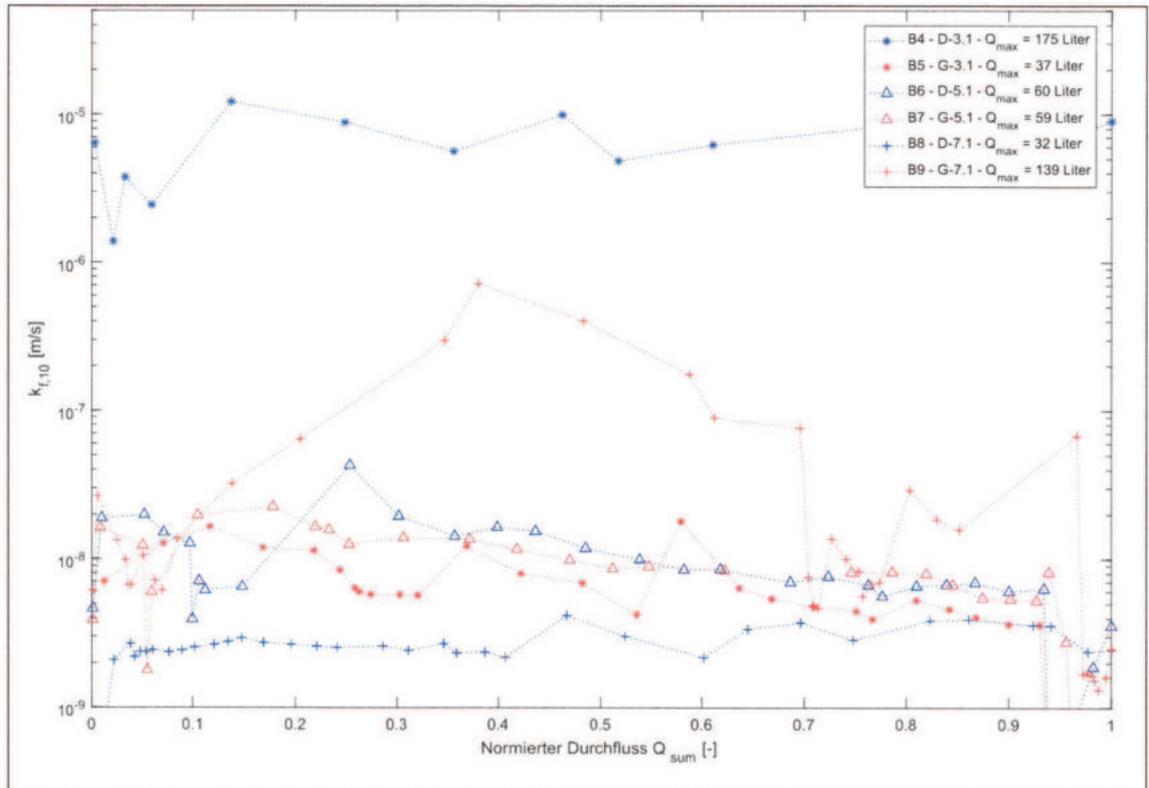


Abb. 6b: Entwicklung der k_f -Werte der künstlichen Bodenproben über den normierten Durchfluss

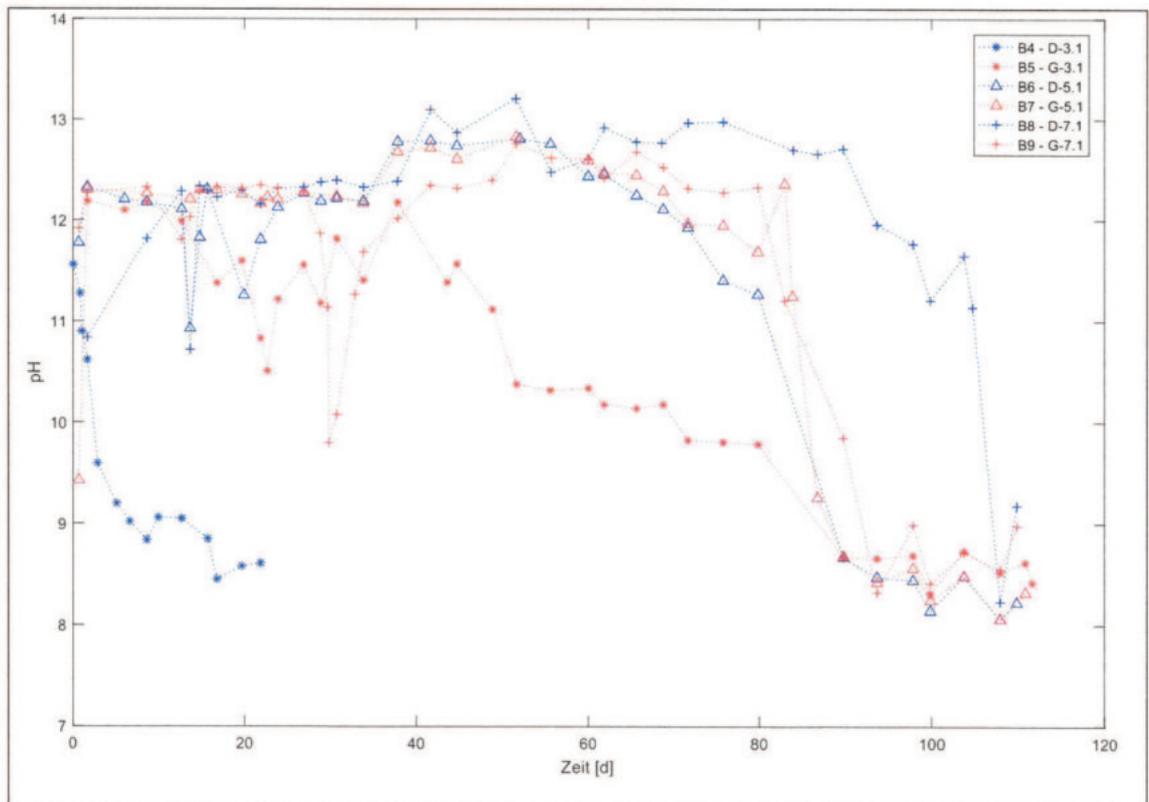


Abb. 7a: Entwicklung der pH-Werte der künstlichen Bodenproben über die Zeit

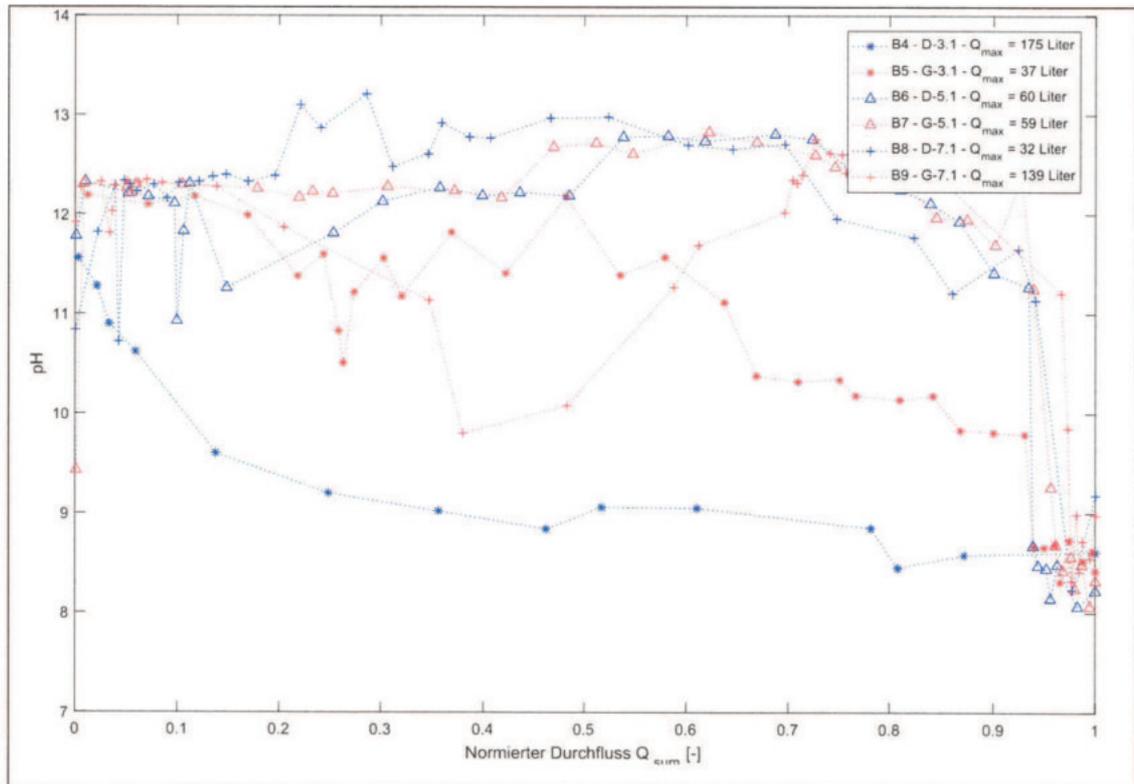


Abb. 7b: Entwicklung der pH-Werte der künstlichen Bodenproben über den normierten Durchfluss

Die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) der **künstlich hergestellten** Bodenproben (Abb. 6a und Abb. 6b) bleiben über die Zeit bzw. die Durchflussmenge relativ konstant bzw. sinken nur geringfügig ab. Sie liegen fast alle im Bereich $1 \cdot 10^{-9} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Lediglich die Probe B4 - D-3.1 weist einen deutlich höheren Durchlässigkeitsbeiwert von $1 \cdot 10^{-6} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s auf, vermutlich, weil sie nicht optimal verdichtet wurde.

Die gemessenen pH-Werte am Eluat aus den künstlich hergestellten Bodenproben (Abb. 7a und Abb. 7b) liegen zu Beginn der Versuche in allen Proben ebenfalls bei ca. 12. Über die Versuchsdauer von 110 Tagen fallen die pH-Werte aller Proben auf einen Wert zwischen 8 und 9 ab.

Insgesamt ist für die künstlich hergestellten Bodenproben festzuhalten, dass bei einer Durchströmung der Proben nach einer Versuchsdauer von ca. 110 Tagen die pH-Werte aller Proben kontinuierlich von ca. 12 auf ca. 8 bis 9 gefallen sind. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, würde der pH-Wert jeder Probe nach weite-

ren ca. 2 Monaten auch einen Wert von ca. 8,0 erreichen. Diese Annahme ist jedoch noch durch eine weitere Fortführung der Versuche zu verifizieren.

6. Abschätzung des pH-Wert-erhöhenden Potentials im Boden und dessen Entwicklung

Aus den Auflistungen der Lieferscheine zu den LV-Positionen für das eingebaute Spezialbindemittel [U 8] geht hervor, dass im Zeitraum Oktober 2015 bis Februar 2016 ca. 12.937 to *GeoSol 50* und im Zeitraum Februar 2016 bis Juli 2016 ca. 1.753 to *GeoSol 50 RD*, also insgesamt ca. 14.690 to Mischbindemittel eingebaut worden sind.

Bei Ansatz der Gesamtkubatur für den mit Mischbindemittel behandelten Bodenbereich von ca. 117.000 m³ und einer Feuchtwichte des Bodens von ca. 2,1 to/m³ ergibt sich eine Gesamtmasse des Auftragsbereichs von ca. 245.700 to und damit ein theoretisches rückgerechnetes Mischungsverhältnis Mischbindemittel / Boden von 14.690 to / (245.700 – 14.690) to = 0,064 = ca. 6,4 %.

Man muss davon ausgehen, dass die Ursache für diesen hohen Anteil an Mischbindemittel im Boden in der Tatsache liegt, dass infolge der sehr schlechten Witterungsverhältnisse während der Erdbauarbeiten im Winter 2015/16 sehr viele Flächen von der Firma Köster mehrfach behandelt werden mussten, da sie entweder wieder aufgeweicht oder durch baubetriebliche Zwänge zu einem frühen Zeitpunkt - noch vor dem Abbinden - wieder durch Baustellenverkehr belastet wurden.

Fasst man die in Kap. 4 beschriebenen In Situ-Messungen der pH-Werte und die in Kap. 5 beschriebenen Ergebnisse der Laborversuche zusammen, so ist festzustellen, dass sich zum Zeitpunkt der Probennahme im Februar 2018, also ca. 19 Monate nach Beendigung der Erdbauarbeiten im Juli 2016, über das gesamte Grundstück noch große Mengen an Freikalk im Boden befanden, deren zeitlich verzögerter Einfluss auf den pH-Wert im Sickerwasser auf Basis der vorliegenden Versuche nicht

abschließend abgeschätzt werden kann, vor allem, weil die effektive Sickerwassermenge kaum quantifizierbar ist.

Die Ergebnisse der im Labor gemessenen pH-Werte zeigen jedoch sowohl für die im Gelände gewonnenen Bodenproben als auch für die mit einem Mischbindemittelanteil von 3% bis 7% künstlich hergestellten Proben eine einheitliche und deutliche Tendenz zur Abnahme des pH-Werts über die Zeit an.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Laborversuche zeigen die im Sickerwasser der Drainageschächte auf dem IKEA-Grundstück gemessenen pH-Werte bis dato noch keine Tendenz zur Abnahme an. Dieses liegt darin begründet, dass die Durchströmungsbedingungen für die Versuche im Labor nur stark vereinfacht abgebildet werden können. So wird im Labor der Probekörper im kompletten Querschnitt und dauerhaft durchströmt, während der Boden im Gelände infolge der teilweise vorhandenen Oberflächenversiegelung nur in bestimmten Bereichen und auch nur zu bestimmten Zeiten durchströmt wird. Zudem konzentriert sich der Sickerwasserstrom vermutlich auf Zonen mit etwas höherer Wasserdurchlässigkeit.

Insgesamt kann daher erwartet werden, dass sich der pH-Wert-erhöhende Anteil an Freikalk im Boden unter dem IKEA-Parkplatz durch „natürliche Auswaschung“ mit der Zeit reduzieren wird. Eine Prognose für den Zeitraum bis zum Erreichen eines pH-Werts von ca. 7 bis 8 kann aus den Laborversuchen aber aus v.g. Gründen nicht abgeleitet werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieses noch eine längere Zeit (eher „Jahre“ als „Monate“) in Anspruch nehmen wird.

7. Ersteinschätzung von Sanierungsoptionen

7.1 Allgemeines

Da – wie in Kap. 6 beschrieben – auch in naher Zukunft nicht damit gerechnet werden kann, dass sich der pH-Wert des Sickerwassers auf natürliche Weise ausreichend reduziert, sind – zur Begrenzung des Einflusses auf die Umwelt – Maßnahmen zur Handhabung des Schadstoffpotentials bzw. zur Behandlung des Sickerwassers erforderlich.

Nachfolgend werden mögliche Sanierungsoptionen in einem ersten Schritt qualitativ bewertet. Nach Identifikation der technisch und wirtschaftlich zu bevorzugenden Varianten kann in einem zweiten Schritt eine quantitative Bewertung der Sanierungsoptionen stattfinden, die dann die Basis für eine quantitative Kosten-Nutzen-Analyse bildet.

7.2 Verfahrensunterscheidungen

Grundsätzlich unterscheidet das Bundesbodenschutzgesetz [R 2] bei den Sanierungsmaßnahmen die sog. *Dekontaminationsverfahren* (also die Verfahren der Bodenbehandlung) von den *Sicherungsverfahren*, also den Verfahren zur Sicherung von Schadstoffbereichen einschl. Behandlung der beeinflussten Sickerwässer. Ziel der Sicherungsverfahren ist es, die weitere Ausbreitung einer Kontamination zu verhindern, und damit der Belastung von Oberflächen- bzw. Grundwasser, Luft und Nahrungsmitteln zu begegnen. Im hier vorliegenden Fall ist der Freikalk im Boden jedoch von sich aus nicht mobil, so dass sich die Sicherungsmaßnahmen auf eine geführte Fassung und Ableitung des pH-Wert-erhöhten Sickerwassers beschränken können.

Im Leitfaden „*Maßnahmen zum Bodenschutz - Umgang mit schädlichen Bodenveränderungen*“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [R 5] sind die grundsätzlich dafür denkbaren Varianten zusammengestellt. Demnach können bei den Dekontaminationsverfahren die *in-Situ*-Verfahren, also die Verfahren, bei denen der Boden in der ursprünglichen Lage verbleibt, unterschieden werden von den *ex-Situ*-Verfahren, bei denen der Boden ausge-

baut, vor Ort behandelt und wieder eingebaut wird. Die eigentliche Behandlung des Bodens kann dann in *biologischer*, *chemischer* oder *physikalischer* Form erfolgen.

In Bezug auf die dem vorliegenden Bericht zu Grunde liegende Problemstellung der pH-Wert-Erhöhung des Sickerwassers reduzieren sich die möglichen Sanierungsoptionen deutlich auf diejenigen Dekontaminationsmaßnahmen, bei denen entweder der noch ungelöschte Anteil an Freikalk im Boden mit ausreichend Wasser in Kontakt gebracht wird, um die pH-Wert-erhöhende Reaktion mit dem Wasser gezielt herbeizuführen oder der betroffene Boden wird ausgebaut und entsorgt bzw. wieder aufbereitet auf einer anderen Baustelle wieder eingesetzt.

7.3 Vergleich der projektbezogen sinnvollen Sanierungsoptionen

Die nachfolgende Tabelle 3 fasst die wesentlichen Informationen der für die vorliegende Problemstellung in Frage kommenden Sanierungsoptionen zusammen und gibt einen ersten, orientierenden Vergleich der Varianten im Hinblick auf die Umweltrelevanz und die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit der Maßnahmen.

1. Dekontaminationsverfahren	
1.1 Bodenwäsche – in situ	
Verfahrensbeschreibung	Das Ziel der Bodenwäsche <i>in situ</i> ist das Herbeiführen der pH-Wert-erhöhenden Reaktion des Wassers mit dem noch im Boden befindlichen Freikalk. Dabei werden in einem gleichmäßigen Raster Lanzen in den Boden eingebracht durch die in unterschiedlichen Höhenlagen Wasser eingespült wird.
Anwendungsgrenzen	Grundsätzlich technisch und wirtschaftlich nur sinnvoll, wenn der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens bei ca. $k_f > 5 \cdot 10^{-4}$ m/s liegt, da sonst der Abstand der Lanzen zu gering wird
Nutzenbeurteilung	<p style="text-align: center;">-</p> <p>Durch den schwankenden Durchlässigkeitsbeiwert im Boden ist nicht sichergestellt, dass das durchströmende Wasser jeden Bereich des Bodens erreicht, da sich in den Bereichen mit höheren Durchlässigkeiten vorgegebene Fließwege einstellen. Eine Kontrolle des Erfolgs der Maßnahme in allen Bodenbereichen ist nur mit sehr hohem Aufwand möglich.</p>
Projekteignung	<p style="text-align: center;">- - -</p> <p>Nicht geeignet, da der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens zwar sehr schwankt, sich aber zumeist im Bereich von ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s befindet und damit erheblich zu klein ist.</p>
Kostenbeurteilung	<p style="text-align: center;">€ € € €</p> <p>Durch den größtenteils sehr geringen Durchlässigkeitsbeiwert im Boden ist eine sehr enge Anordnung des Lanzenrasters erforderlich, zudem sind hierdurch für die Durchströmung sehr lange Zeiträume (ggf. mehrere Jahre) anzusetzen.</p>
Geschäftsbetrieb IKEA	<p style="text-align: center;">- -</p> <p>Bei abschnittsweise Aufbereitung ist der Weiterbetrieb nur mit großen Einschränkungen (insbesondere im Hinblick auf die Parkmöglichkeiten) möglich.</p>

1. Dekontaminationsverfahren	
1.2 Bodenwäsche – ex situ (bzw. Bodenaustausch)	
Verfahrensbeschreibung	<p>Das Ziel der Bodenwäsche <i>ex situ</i> ist das Freisetzen der im Ausgangsmaterial enthaltenen Schadstoffteilchen und das Abtrennen des Schadstoffes vom Boden. Dabei soll der Schadstoff in einer im Vergleich zum gereinigten Boden massenmäßig geringen Fraktion konzentriert werden.</p> <p>Der ausgekofferte Boden wird in der Waschanlage (mechanische Klassier- und Sortiereinrichtung) mit der Waschflüssigkeit (zumeist: Wasser) gemischt. Die Korngrößen werden üblicherweise fraktioniert und der nicht wieder einbaubare Feinkornanteil vom wieder einbaubaren Grobkornanteil getrennt.</p> <p>Die Bodenwäsche kann als physikalisches Verfahren weder einen Schadstoff vernichten noch in eine ökologisch unbedenkliche Form umwandeln.</p> <p>Besonders für grobkörnige, also sandige Böden geeignet, da die Separierung von stark feinkörnige Böden nur mit einem technisch sehr hohen Aufwand möglich ist und die separierten Feinkornanteile ohne weitere Maßnahmen erdbautechnisch auch nicht wieder einbaubar sind</p> <p>Beim Waschen werden auch nicht schädliche Bestandteile (Minerale, organische Substanz) entfernt</p>
Anwendungsgrenzen	<p>Die Bodenwäsche <i>ex-situ</i> gewährleistet grundsätzlich eine im Vergleich zur Bodenwäsche <i>in-situ</i> gleichmäßigere Behandlung des Bodens. Der Nutzen in Bezug auf eine Minimierung der Umweltbelastungen wird jedoch insbesondere durch die hohen Schadstoffemissionen, die im Rahmen der hierfür erforderlichen umfangreichen Erdbau und -transportmaßnahmen entstehen, ins Negative gekehrt.</p>
Nutzenbeurteilung	<p style="text-align: center;"> / </p>
Projekteignung	<p style="text-align: center;"> </p>
Kostenbeurteilung	<p style="text-align: center;">  </p>
Geschäftsbetrieb IKEA	<p style="text-align: center;"> </p>

2. Behandlung des Sickerwassers	
2.1 Einsatz einer Neutralisationsanlage	
Verfahrensbeschreibung	Um den pH-Wert des Sickerwassers auf einen für die Umwelt verträglichen Wert von ca. 7 - 8 zu reduzieren, kann das Sickerwasser durch eine Neutralisationsanlage geführt werden. Hierbei wird das Wasser in einem Behälter mit Kohlendioxid-Gas (CO ₂) versetzt, welches den Kalkanteil als Calciumhydrogencarbonat Ca(HCO ₃) ₂ bindet. Ggf. ist auch die Anordnung eines vorgeschalteten Absetzbeckens erforderlich.
Anwendungsgrenzen	keine
Nutzenbeurteilung	 Der Freikalk verbleibt im Boden, das Sickerwasser wird durch die vorhandenen Drainageanlagen bereits jetzt sehr gut gefasst, so dass der Umwelteinfluss des Sickerwassers sehr gering ist.
Projekteignung	 /  Grundsätzlich geeignet, um den pH-Wert des Sickerwassers zu reduzieren. Da die technische Anlage jedoch nicht frei von Störungen laufen wird, verbleibt ein Restrisiko für Einleitung von pH-Wert-erhöhtem Sickerwasser in den Meinebach.
Kostenbeurteilung	 € € € Kosten entstehen durch den Bau und Betrieb der Neutralisations-Anlage
Geschäftsbetrieb IKEA	  Beim Bau der Anlage entstehen ggf. geringe Einschränkungen für den Geschäftsbetrieb.
2. Behandlung des Sickerwassers	
2.2 Ableitung des Sickerwassers in das Kanalnetz der Stadt Wuppertal	
Verfahrensbeschreibung	Bereits jetzt wird das im Süden des Grundstücks gefasste Sickerwasser in das Kanalnetz der Stadt Wuppertal eingeleitet. Die hierfür erforderlichen festen baulichen Anlagen wurden im Februar 2018 fertiggestellt.
Anwendungsgrenzen	keine
Nutzenbeurteilung	  Der Freikalk verbleibt im Boden, das Sickerwasser wird durch die vorhandenen Drainageanlagen bereits jetzt sehr gut gefasst, so dass der Umwelteinfluss des Sickerwassers sehr gering ist.
Projekteignung	   Sehr gut geeignet, da Anlagen bereits vorhanden und Abstimmung mit den WSW bereits erfolgt
Kostenbeurteilung	 € Kosten entstanden bereits durch den baulichen Anschluss an das Kanalnetz. Weitere Kosten entstehen durch Wartung dieser Anlagen und die Einleitgebühren an die WSW.
Geschäftsbetrieb IKEA	   Es entstehen keine Einschränkungen für den Geschäftsbetrieb.

8. Zusammenfassung und Empfehlung zum weiteren Vorgehen

Die im vorliegenden Bericht dokumentierten In Situ-Messungen der pH-Werte und die Ergebnisse der Laborversuche an Bodenproben aus dem IKEA-Grundstück im Vergleich zu im Labor mit den Mischbindemitteln hergestellten Bodenproben zeigen, dass sich auch ca. 22 Monate nach Beendigung der Erdbauarbeiten mit hydraulischem Mischbinder über das gesamte Grundstück offenbar noch große Mengen an Freikalk im Boden befinden.

Die bisherigen regelmäßigen Messungen der pH-Werte des Sickerwassers in der Dränage zeigen bisher noch keine starke Tendenz zur Abnahme über die Zeit. Die Ergebnisse der Durchströmungsversuche im Labor weisen jedoch an allen Proben eine mehr oder weniger kontinuierliche Abnahme des pH-Werts sowohl an den im Gelände gewonnenen Bodenproben als auch an den künstlich hergestellten Bodenproben nach. Basierend auf den bisherigen Laborergebnissen ist das Erreichen eines pH-Werts von ca. 8,0 in den Durchströmungsversuchen bei einer Gesamtversuchsdauer von ca. 6 Monaten zu erwarten, wobei zu beachten ist, dass im Labor eine erheblich größere Wassermenge durch die Proben gedrückt wird als dieses im Gelände der Fall ist.

Ein quantitativer Rückschluss auf die *in situ* zu erwartende Zeitdauer für die Abnahme des pH-Werts des Sickerwassers auf ein für den Meinebach unschädliches Niveau von unter 8,0 ist aus den v.g. Laborergebnissen nicht ableitbar. Es ist jedoch zu vermuten, dass hierfür noch ca. 2 – 3 Jahre erforderlich sein könnten. Bis dahin sind Maßnahmen zu treffen (bzw. die bisher getroffenen Maßnahmen fortzuführen), die den Einfluss eines erhöhten pH-Wertes des Sickerwassers auf den Meine-Bach auch weiterhin gering halten.

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse und unter Berücksichtigung der projektspezifischen Problemstellung werden im vorliegenden Bericht die technisch und wirtschaftlich realisierbaren Sanierungsvarianten diskutiert. Hierbei stellt sich heraus, dass Dekontaminationsmaßnahmen, also Maßnahmen, bei denen der belastete Boden *in situ*

(also im Boden verbleibend) oder *ex situ* (also nach Bodenaushub) behandelt wird, nicht bzw. nur sehr begrenzt erfolgversprechend sind und teilweise sogar sehr hohe zusätzliche Umweltbelastungen, z.B. infolge Schadstoffemissionen durch Baumaschinen und LKW-Verkehr mit sich bringen würden. Zugleich ist bei diesen Maßnahmen der sehr erhebliche Zeit- und Platzbedarf so dominant, dass eine Weiterführung des Geschäftsbetriebs des IKEA-Möbelhauses in Frage gestellt würde.

Als diejenige Sanierungsmaßnahme, die in der Gesamtbetrachtung die geringste Umweltbelastung verursacht, stellt sich aus Sicht der Unterzeichner die Weiterführung der bisher umgesetzten, geleiteten Fassung der Sickerwässer und Einleitung in das öffentliche Schmutzwasser-Kanalnetz der WSW dar.

Der Vollständigkeit halber wird abschließend darauf hingewiesen, dass der vorliegende Bericht sich ausschließlich mit der Ursachensuche für den erhöhten pH-Wert des Sickerwassers des IKEA-Grundstücks befasst; die Beurteilung der Auswirkungen der pH-Wert-Erhöhung des Sickerwassers und der damit verbundenen Maßnahmen auf die Wasserspende für den Meine-Bach bzw. der ggf. dafür sinnvollen Ersatzmaßnahmen (z.B. ein gezieltes Umleiten von unbelastetem Wasser aus dem oberhalb des Parkplatzes liegenden Teich oder von Dachflächen) sind nicht Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

(Prof. Dr.-Ing. M. Pulsfort)
- Geschäftsführer -

(Dr.-Ing. K. Dörendahl)
- Sachbearbeiter -

Anlagen:	1	Lageplan Erkundungen
	2	Bodenprofile
	3	Ergebnisse der chemischen Analysen der SEWA
	3.1	Versuche an im Gelände gewonnenen Bodenproben
	3.2	Versuche an künstlich hergestellten Bodenproben
	4	Ergebnisse der Durchströmungsversuche
	4.1	Versuche an im Gelände gewonnenen Bodenproben
	4.2	Versuche an künstlich hergestellten Bodenproben

Anlage 1

Lageplan Erkundungen



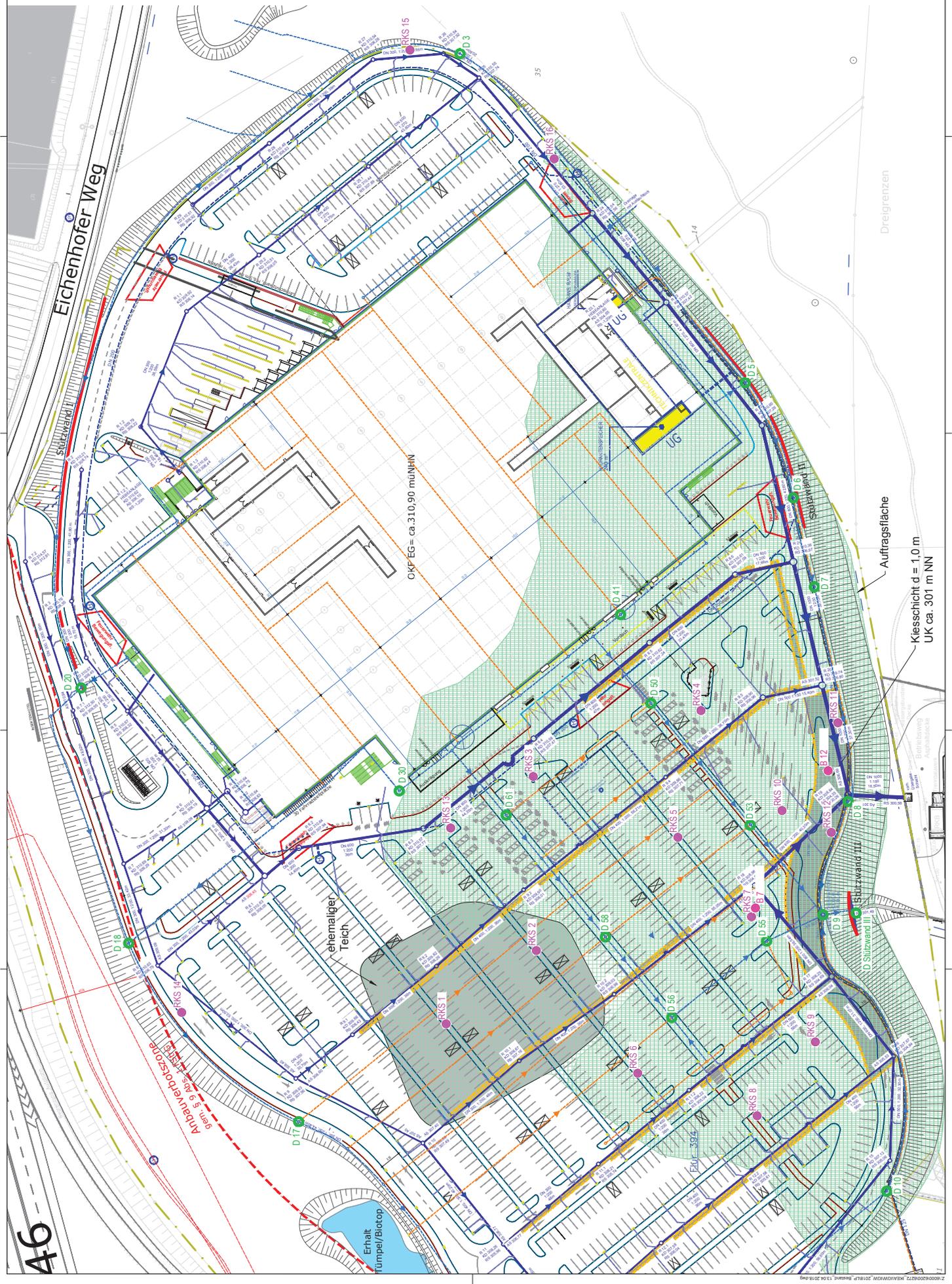
Bodenauftragsbereich
gemäß Planung

Bohrung, 04.2018
Rammerkondition, 03.2018
Wasserproben, 03.2018

B
PKS
D

IGW
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Wasserbau und
Umweltbau mbH · 42699 Solingen · Telefon: 0212 4401-0

WUPPERTAL - NACHSTEBECK
IKEA - Einrichtungshaus
Lageplan Erkundungen
Maßstab
1 : 500
Wuppertal, den 13.04.2018



A6

Eichenhofer Weg

OKFEG= ca.310,90 müNN

ehemaliger Teich

Anbieterzone
gem. § 9 Abs. 1 Nr. 1

Erhalt
Tümpel/Biotop

Auftragsfläche

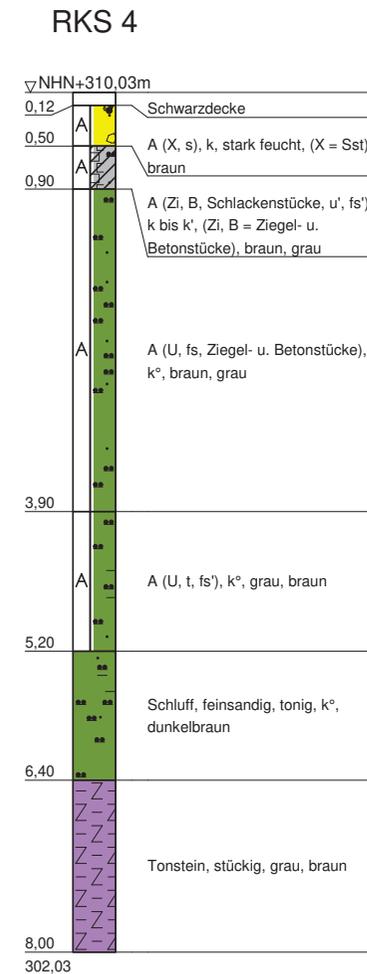
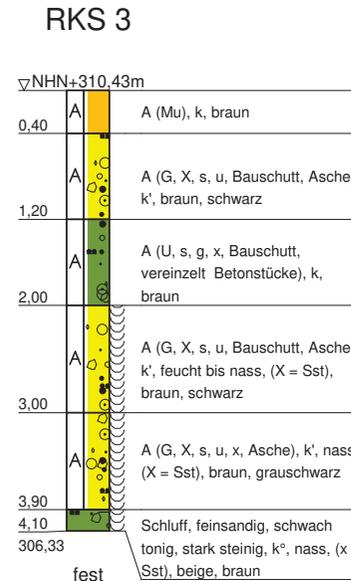
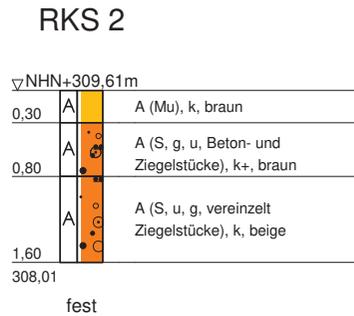
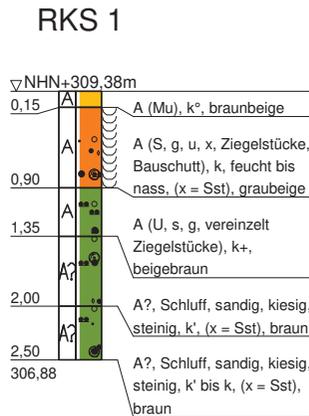
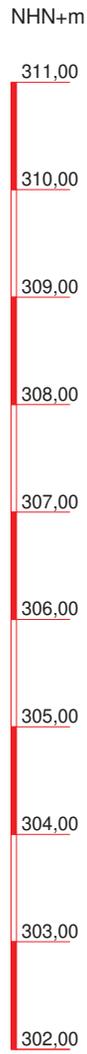
Kiessschicht d = 1,0 m
UK ca. 301 m NN

Dreigrenzen

Stützwall II
Stützwall III
Stützwall IV

Anlage 2

Bohrprofile



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

● RKS Rammkernsondierung

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

▼ Ruhewasserstand

BODENARTEN

- Auffüllung
- Auffüllung?
- Beton
- Kies kiesig
- Mutterboden
- Sand sandig
- Schluff schluffig
- Steine steinig
- Ton tonig
- Ziegel

A	A
A?	A?
B	B
G g	G g
Mu	Mu
S s	S s
U u	U u
X x	X x
T t	T t
Zi	Zi

FELSARTEN

Tonstein Tst

KORNGRÖßENBEREICH

- f fein
- m mittel
- g grob

NEBENANTEILE

- ' schwach (< 15 %)
- stark (ca. 30-40 %)
- " sehr schwach; " sehr stark

KALKGEHALT

- k° kalkfrei
- k kalkhaltig
- k+ stark kalkhaltig
- k' schwach kalkhaltig

FEUCHTIGKEIT

- f feucht
- f̄ stark feucht
- f̄̄ nass

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
Pulsfort, Waldhoff und Partner
Lilienthal 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

IGW

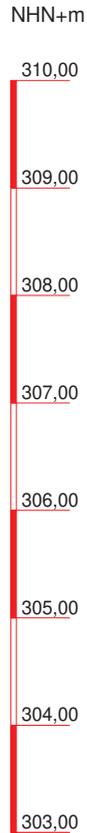
WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

IKEA - Einrichtungshaus

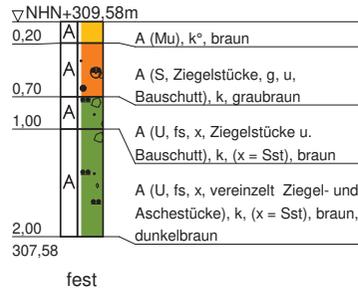
Bodenprofile

Maßstab 1 : 50

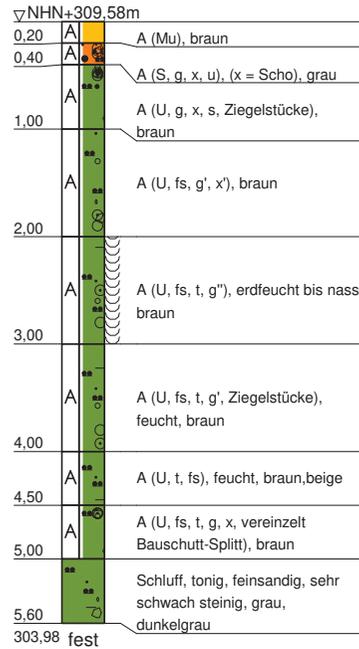
Wuppertal, den 13.04.2018



RKS 5



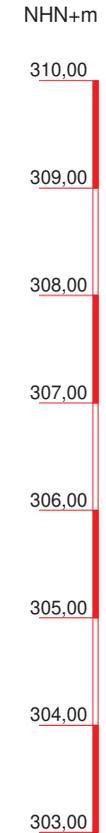
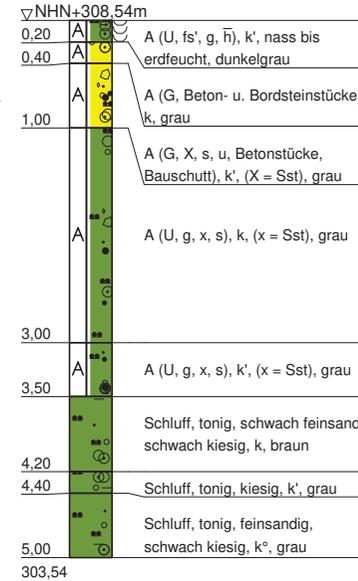
RKS 5a



▼ 1.25 GW

▼ 0.75 GW

RKS 6



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

● RKS Rammkernsondierung

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

▼ Ruhewasserstand

BODENARTEN

Auffüllung
 Kies kiesig
 Mutterboden
 Sand sandig
 Schluff schluffig
 Steine steinig
 Ton tonig
 Torf humos

A		
G g		
Mu		
S s		
U u		
X x		
T t		
H h		

KORNGRÖßENBEREICH

f fein
 m mittel
 g grob

NEBENANTEILE

' schwach (< 15%)
 - stark (ca. 30-40%)
 " sehr schwach; " sehr stark

KALKGEHALT

k° kalkfrei
 k kalkhaltig
 k' schwach kalkhaltig

FEUCHTIGKEIT

f feucht
 f' nass
 ef erdfeucht

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
 Pulsfort, Waldhoff und Partner
 Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

IGW

WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

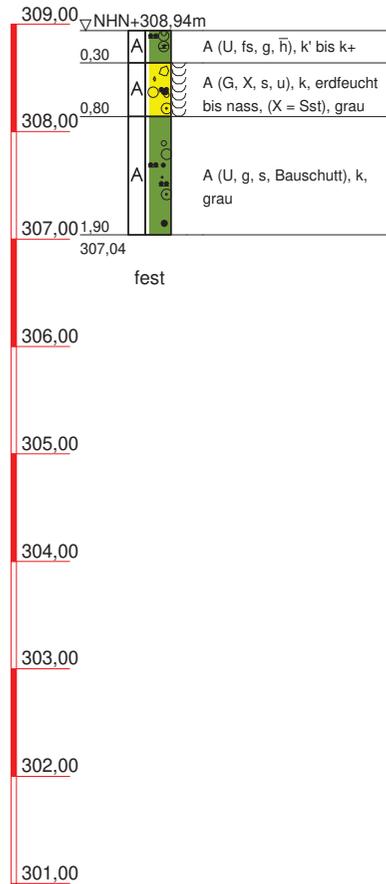
IKEA - Einrichtungshaus

Bodenprofile

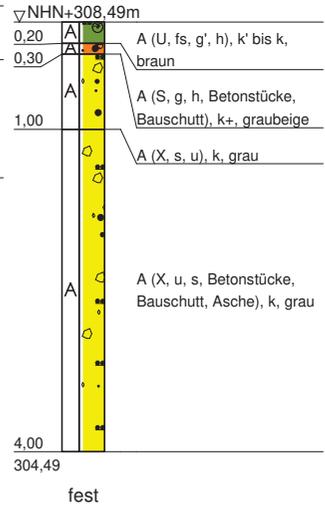
Maßstab 1 : 50

Wuppertal, den 13.04.2018

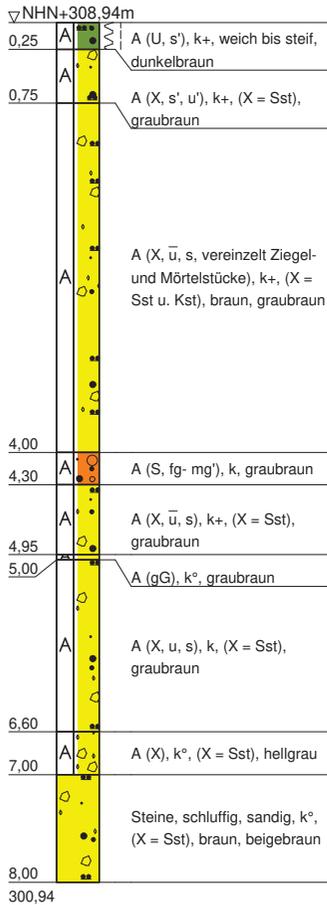
NHN+m RKS 7



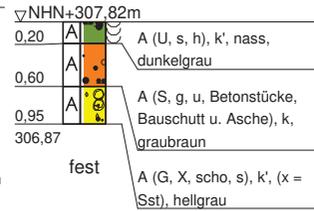
RKS 7a



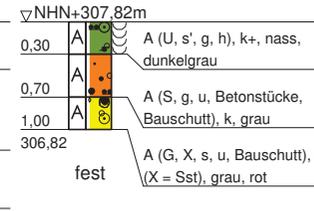
B 7



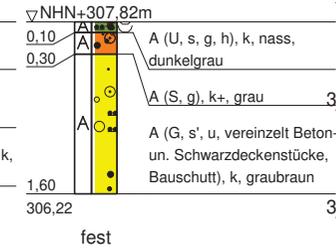
RKS 8



RKS 8a



RKS 8b



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

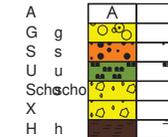
UNTERSUCHUNGSSTELLEN

- B Bohrung
- RKS Rammkernsondierung

BODENARTEN

- Auffüllung
- Kies
- Sand
- Schluff
- Schotter
- Steine
- Torf

- kiesig
- sandig
- schluffig
- schotterig
- humos



KORNGRÖßENBEREICH

- f fein
- m mittel
- g grob

KALKGEHALT

- k° kalkfrei
- k kalkhaltig
- k+ stark kalkhaltig
- k' schwach kalkhaltig

KONSISTENZ

- wch wch
- z weich
- stf stf
- stf | steif

NEBENANTEILE

- schwach (< 15%)
- stark (ca. 30-40%)
- sehr schwach; · sehr stark

FEUCHTIGKEIT

- f = nass
- ef = erdfeucht

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
Pulsfort, Waldhoff und Partner
Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0



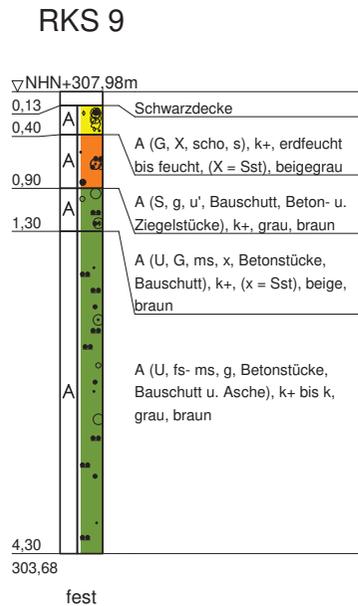
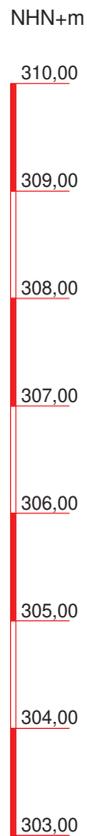
WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

IKEA - Einrichtungshaus

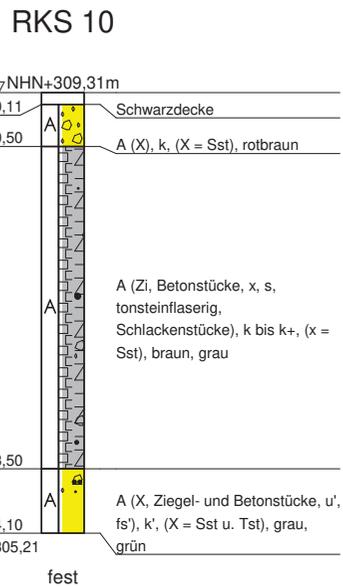
Bodenprofile

Maßstab 1 : 50

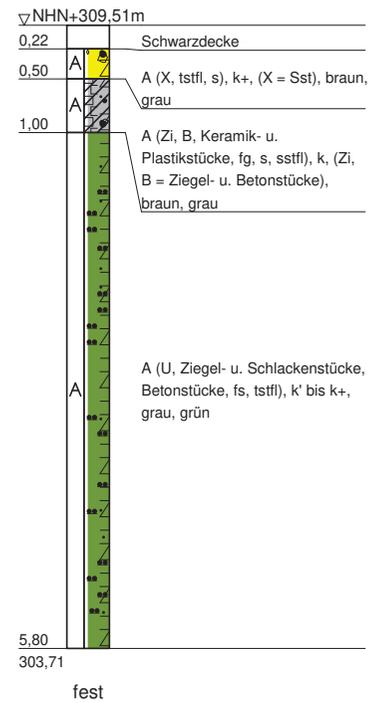
Wuppertal, den 13.04.2018



▼ 3,14 GW



RKS 11



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

● RKS Rammkernsondierung

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

▼ Ruhewasserstand

BODENARTEN

- Auffüllung
- Beton
- Kies kiesig
- Sand sandig
- Sandstein sandsteinflaserig
- Schluff schluffig
- Schotter schotterig
- Steine steinig
- Tonstein tonsteinflaserig
- Ziegel

A	
B	
G g	
S s	
Sst sstfl	
U u	
Scho scho	
X x	
Tst tsfl	
Zi	

KORNGRÖßENBEREICH

- f fein
- m mittel
- g grob

NEBENANTEILE

- ' schwach (< 15 %)
- stark (ca. 30-40 %)
- " sehr schwach; * sehr stark

KALKGEHALT

- k kalkhaltig
- k+ stark kalkhaltig
- k' schwach kalkhaltig

FEUCHTIGKEIT

- f feucht
- ef erdfeucht

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
Pulsfort, Waldhoff und Partner

Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

IGW

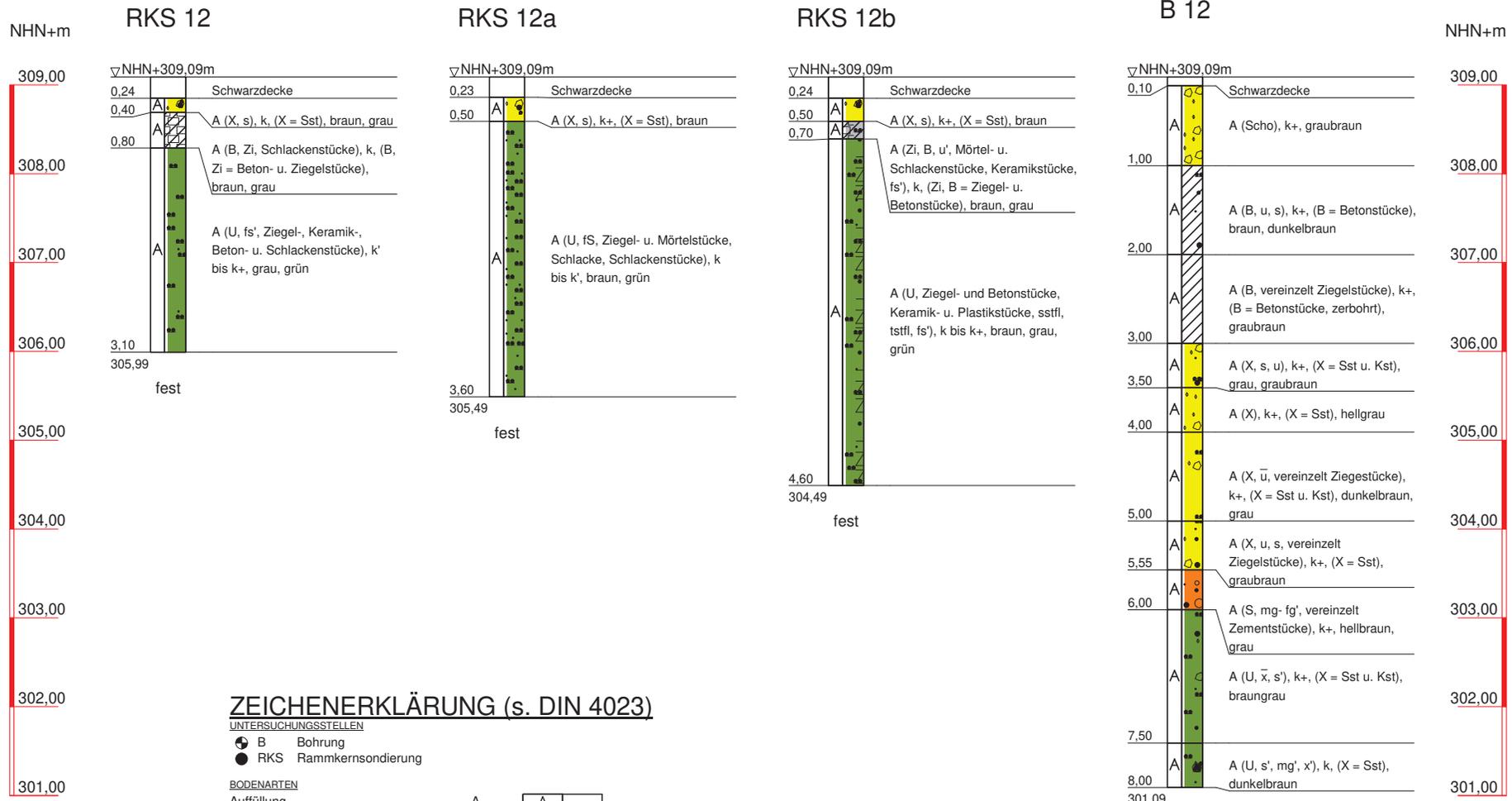
WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

IKEA - Einrichtungshaus

Bodenprofile

Maßstab 1 : 50

Wuppertal, den 13.04.2018



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

- UNTERSUCHUNGSSTELLEN**
 B Bohrung
 RKS Rammkernsondierung

BODENARTEN

A	Auffüllung
B	Beton
G g	Kies
S s	Sand
Sst sstfl	Sandstein
U u	Schluff
Scho	Schötter
X x	Steine
Tst tstfl	Tonstein
Zi	Ziegel

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
-	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach; - sehr stark

KALKGEHALT

k	kalkhaltig
k+	stark kalkhaltig
k'	schwach kalkhaltig

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
 Pulsfort, Waldhoff und Partner
 Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

IGW

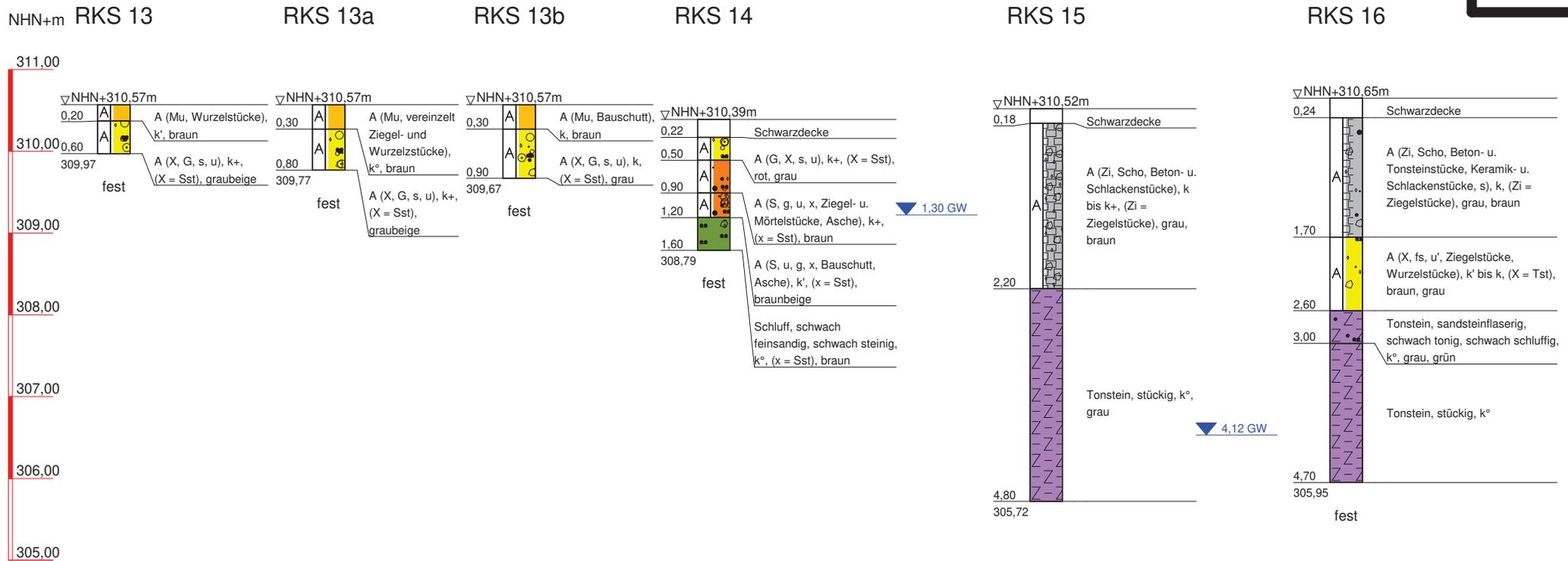
WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

IKEA - Einrichtungshaus

Bodenprofile

Maßstab 1 : 50

Wuppertal, den 13.04.2018



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

<u>UNTERSUCHUNGSSTELLEN</u>		<u>PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER</u>	
● RKS	Rammkernsondierung	▼	Ruhewasserstand
<u>BODENARTEN</u>		<u>FELSARTEN</u>	
Auffüllung		A	Tonstein
Kies	kiesig	G g	Tst
Mutterboden		Mu	
Sand	sandig	S s	
Sandstein	sandsteinfaserig	Sst sstfl	
Schluff	schluffig	U u	
Schotter		Scho	
Steine	steinig	X x	
Ton	tonig	T t	
Ziegel		Zi	
<u>KORNGRÖßENBEREICH</u>		<u>NEBENANTEILE</u>	
f	fein	'	schwach (< 15 %)
m	mittel	-	stark (ca. 30-40 %)
g	grob	"	sehr schwach; " sehr stark
<u>KALKGEHALT</u>			
k°	kalkfrei		
k	kalkhaltig		
k+	stark kalkhaltig		
k'	schwach kalkhaltig		

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH
 Pulsfort, Waldhoff und Partner
 Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

IGW

WUPPERTAL - NÄCHSTEBRECK

IKEA - Einrichtungshaus

Bodenprofile

Maßstab 1 : 50

Wuppertal, den 13.04.2018

Anlage 3

Ergebnisse der chemischen Analysen der SEWA

Anlage 3.1

Ergebnisse der chemischen Analysen
an im Gelände gewonnenen Bodenproben



Untersuchungsbericht

Untersuchungsstelle: **SEWA GmbH**
Laborbetriebsgesellschaft m.b.H
Lichtstr. 3
45127 Essen
Tel. (0201) 847363-0 Fax (0201) 847363-332

Berichtsnummer: AU61771
Berichtsdatum: 27.03.2018
Projekt: 6272; Wuppertal, IKEA

Auftraggeber: IGW Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik GmbH
Uellendahl 70
42109 Wuppertal

Auftrag: 16.03.2018
Probeneingang: 16.03.2018
Untersuchungszeitraum: 16.03.2018 — 27.03.2018
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 11 Feststoffproben

Andreas Görner
Laborleitung

Die Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf die eingegangenen Proben. Die auszugsweise Vervielfältigung des Untersuchungsberichtes ist ohne die schriftliche Genehmigung der SEWA GmbH nicht gestattet.

Untersuchungsergebnisse



Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
61771 - 1	RKS 1.1				
61771 - 2	RKS 3.1				
61771 - 3	RKS 5.1				
61771 - 4	RKS 6.1				
		61771 - 1	61771 - 2	61771 - 3	61771 - 4

● Untersuchungen im Feststoff

Freikalk	mg/kg	10000	23000	20000	23000

● Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	11,4	12,3	12,2	12,5
Säurekapazität pH 4.3	mmol/l	5,0	21	13	31
Säurekapazität pH 8.2	mmol/l	4,1	20	12	30
Metalle					
Calcium	mg/l	87	410	200	560

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal BFA
 Untersuchungsbericht: LAB61771 vom 27.05.2016

Untersuchungsergebnisse



Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
61771 - 5	RKS 7a.I				
61771 - 6	RKS 9.I				
61771 - 7	RKS 10.I				
61771 - 8	RKS 11.I				
		61771 - 5	61771 - 6	61771 - 7	61771 - 8
● Untersuchungen im Feststoff					
Freikalk	mg/kg	11000	13000	6800	18000
● Untersuchungen im Eluat					
pH-Wert	ohne	11,9	11,9	11,3	12,2
Säurekapazität pH 4.3	mmol/l	6,2	6,7	2,5	13
Säurekapazität pH 8.2	mmol/l	5,7	6,0	2,0	12
Metalle					
Calcium	mg/l	110	110	62	200

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal IKEA
Umweltgutachten, LAB61771 vom 27.03.2018

Untersuchungsergebnisse



Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme		
61771 - 9	RKS 12.1			
61771 - 10	RKS 15.1			
61771 - 11	RKS 16.1			
		61771 - 9	61771 - 10	61771 - 11
● Untersuchungen im Feststoff				
Freikalk	mg/kg	16000	5700	11000
● Untersuchungen im Eluat				
pH-Wert	ohne	12,1	10,4	11,6
Säurekapazität pH 4.3	mmol/l	10	1,0	5,0
Säurekapazität pH 8.2	mmol/l	9,9	0,58	4,5
Metalle				
Calcium	mg/l	190	40	100

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal IKEA
 Untersuchungsbericht LAB61771 vom 27.05.2016

Untersuchungsmethoden



- Untersuchungen im Feststoff

Freikalk TP Mir-SiB Teil 4.7.1.1

- Untersuchungen im Eluat

DEV S4 Eluat DIN EN 12457

Säurekapazität pH 4.3 DIN 38409 B17-1-1.2

Säurekapazität pH 8.2 DIN 38409 B17-1-1.2

pH-Wert DIN EN ISO 10523

Calcium DIN EN ISO 11885



Untersuchungsbericht

Untersuchungsstelle: **SEWA GmbH**
Laborbetriebsgesellschaft m.b.H
Lichtstr. 3
45127 Essen
Tel. (0201) 847363-0 Fax (0201) 847363-332

Berichtsnummer: AU62157
Berichtsdatum: 25.04.2018

Projekt: 6272; Wuppertal, IKEA

Auftraggeber: IGW Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik GmbH
Uellendahl 70
42109 Wuppertal

Auftrag: 19.04.2018
Probeneingang: 19.04.2018
Untersuchungszeitraum: 19.04.2018 — 25.04.2018
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 1 Feststoffprobe

Andreas Görner
Laborleitung

Die Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf die eingegangenen Proben. Die auszugsweise Vervielfältigung des Untersuchungsberichtes ist ohne die schriftliche Genehmigung der SEWA GmbH nicht gestattet.

Untersuchungsergebnisse



Labornummer 62157 - 1	Ihre Probenbezeichnung B RKS 12.1	Teufe 1 00-5 55 m
---------------------------------	---	-----------------------------

62157 - 1

● Untersuchungen im Feststoff

Freikalk	mg/kg	52000
----------	-------	-------

● Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	11,1
---------	------	------

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal IKEA
UfZ-Antragssachen: LAB62157 vom 29.04.2018

Untersuchungsmethoden



- Untersuchungen im Feststoff

Frickalk TP Min-StB Teil 4.7.1.1

- Untersuchungen im Eluat

DEV S4 Eluat DIN EN 12457
pH-Wert DIN EN ISO 10523

Anlage 3.2

Ergebnisse der chemischen Analysen
an künstlich hergestellten Bodenproben



Untersuchungsbericht

Untersuchungsstelle: **SEWA GmbH**
Laborbetriebsgesellschaft m.b.H
Lichtstr. 3
45127 Essen
Tel. (0201) 847363-0 Fax (0201) 847363-332

Berichtsnummer: AU61966
Berichtsdatum: 10.04.2018

Projekt: 6272; Wuppertal, IKEA

Auftraggeber: IGW Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik GmbH
Uellendahl 70
42109 Wuppertal

Auftrag: 03.04.2018
Probeneingang: 03.04.2018
Untersuchungszeitraum: 03.04.2018 — 10.04.2018
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 6 Feststoffproben

Andreas Görner
Laborleitung

Die Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf die eingegangenen Proben. Die auszugsweise Vervielfältigung des Untersuchungsberichtes ist ohne die schriftliche Genehmigung der SEWA GmbH nicht gestattet.

Untersuchungsergebnisse



Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
61966 - 1	D3.2				
61966 - 2	D5.2				
61966 - 3	D7.2				
61966 - 4	G3.2				
		61966 - 1	61966 - 2	61966 - 3	61966 - 4
● Untersuchungen im Feststoff					
Freikalk	mg/kg	26000	38000	59000	24000
● Untersuchungen im Eluat					
pH-Wert	ohne	12,3	12,4	12,5	12,5

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal IKEA
 Untersuchungsbericht LAB51966 vom 10.04.2018

Untersuchungsergebnisse



Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme	
61966 - 5	G5.2		
61966 - 6	G7.2		
		61966 - 5	61966 - 6
● Untersuchungen im Feststoff			
Freikalk	mg/kg	27000	73000
● Untersuchungen im Eluat			
pH-Wert	ohne	12,4	12,5

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Projekt 6272 Wuppertal BICA
Untersuchungsbericht LAB01966 vom 10.04.2016

Untersuchungsmethoden



- Untersuchungen im Feststoff

Frütkalk TP Min-StB Teil 4 7.1.1

- Untersuchungen im Eluat

DEV S4 Eluat DEN EN 12457

pH-Wert DEN EN ISO 10523

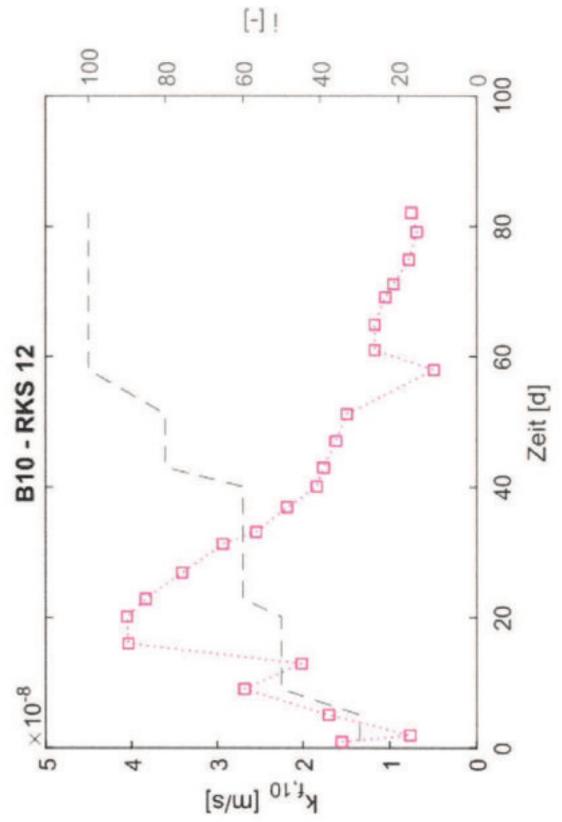
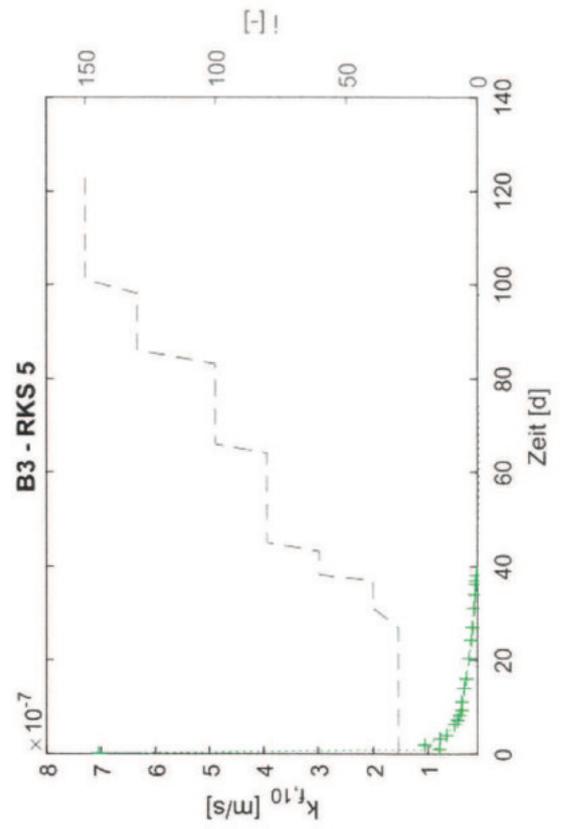
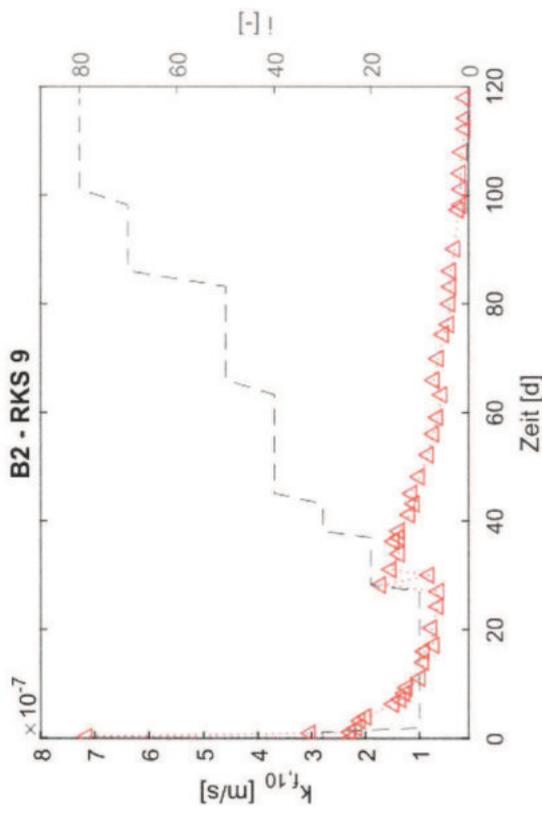
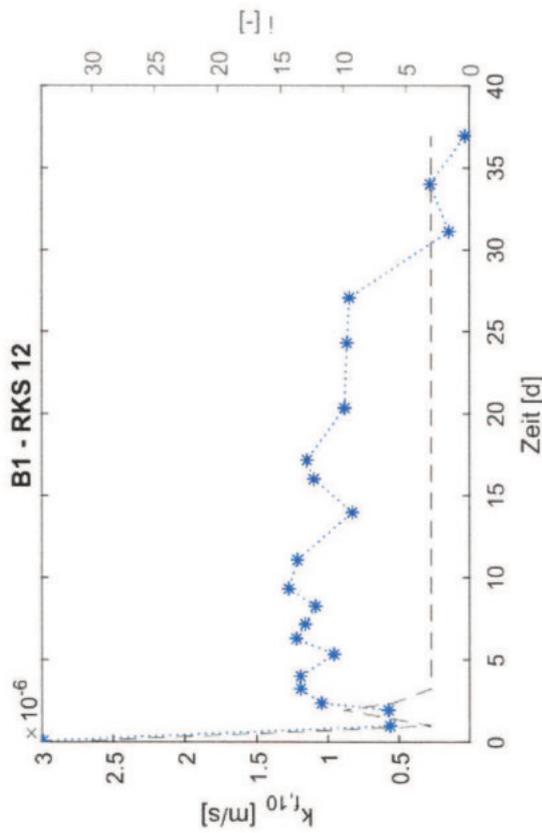
Anlage 4

Ergebnisse der Durchströmungsversuche

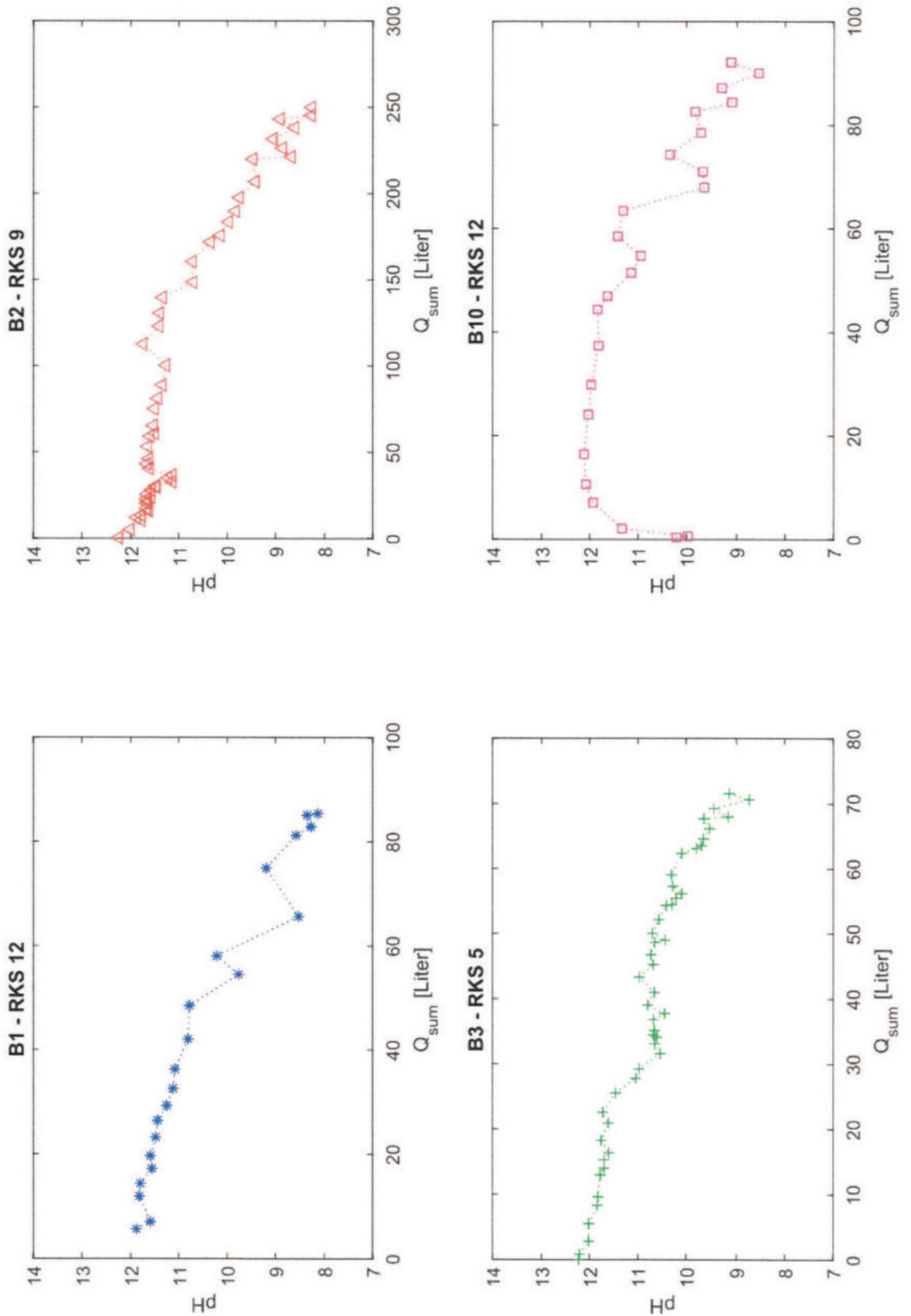
Anlage 4.1

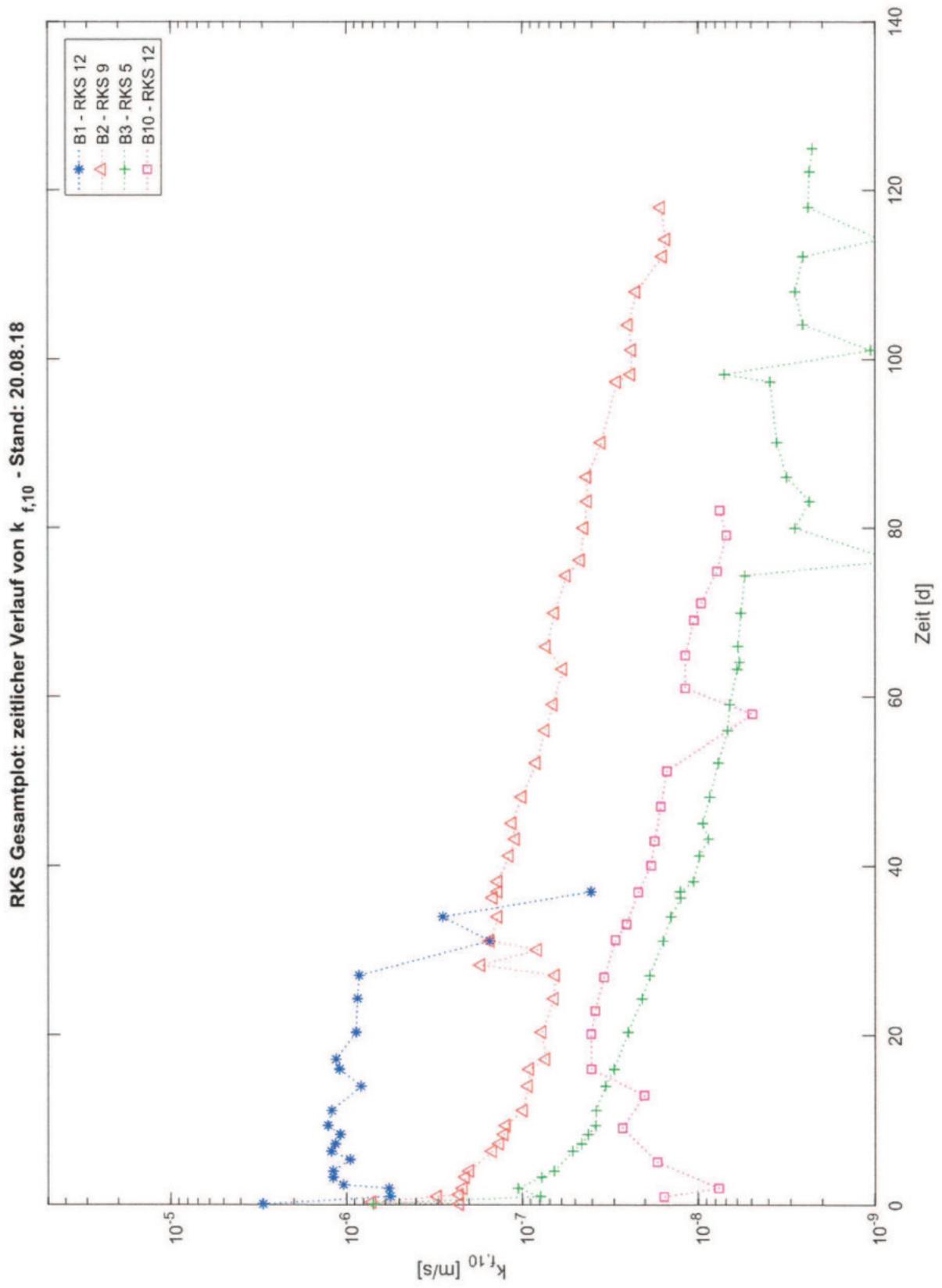
Ergebnisse der Durchströmungsversuche
an im Gelände gewonnenen Bodenproben

RKS Einzelplots: zeitlicher Verlauf $k_{f,10}$ und i - Stand: 20.08.18

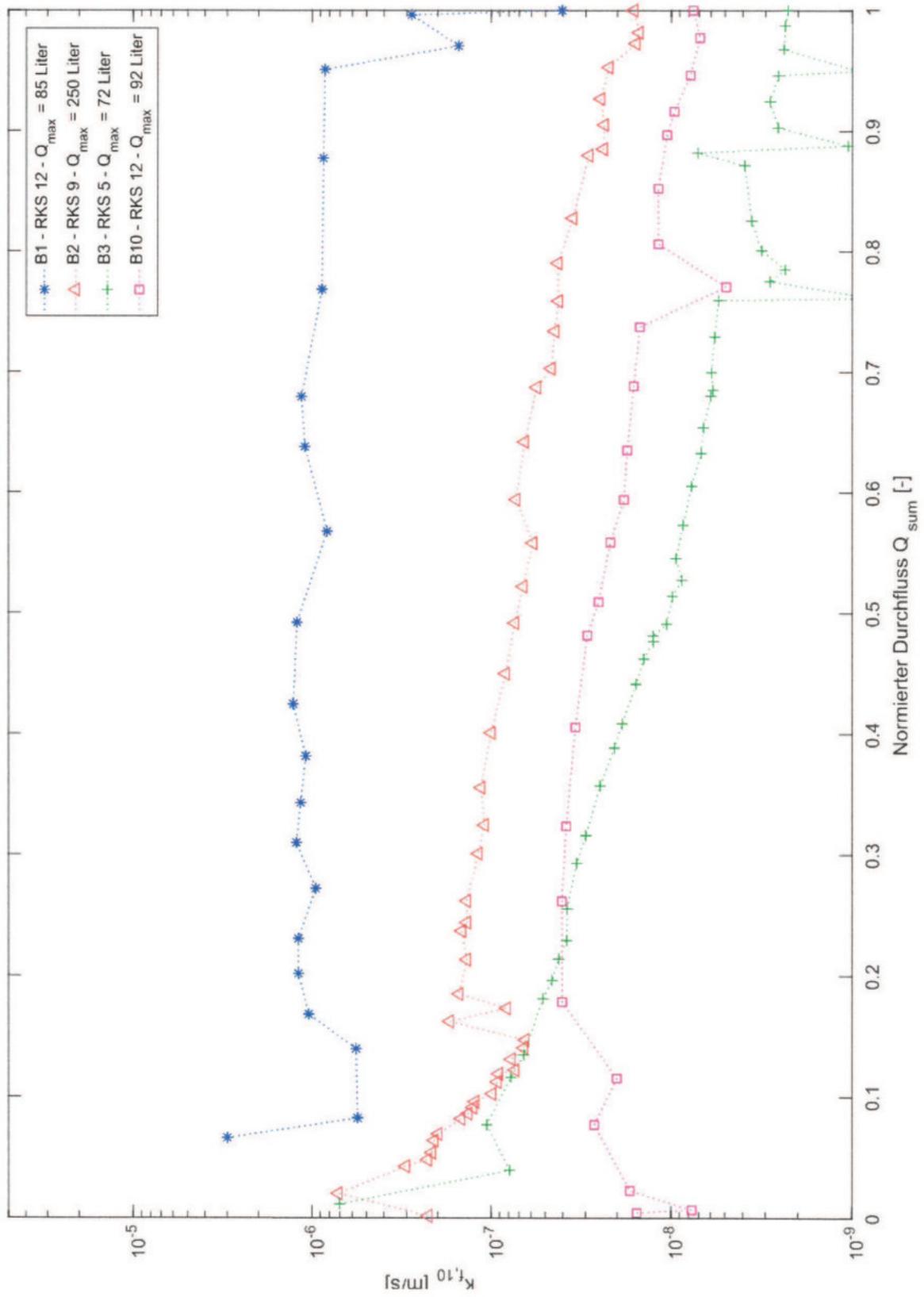


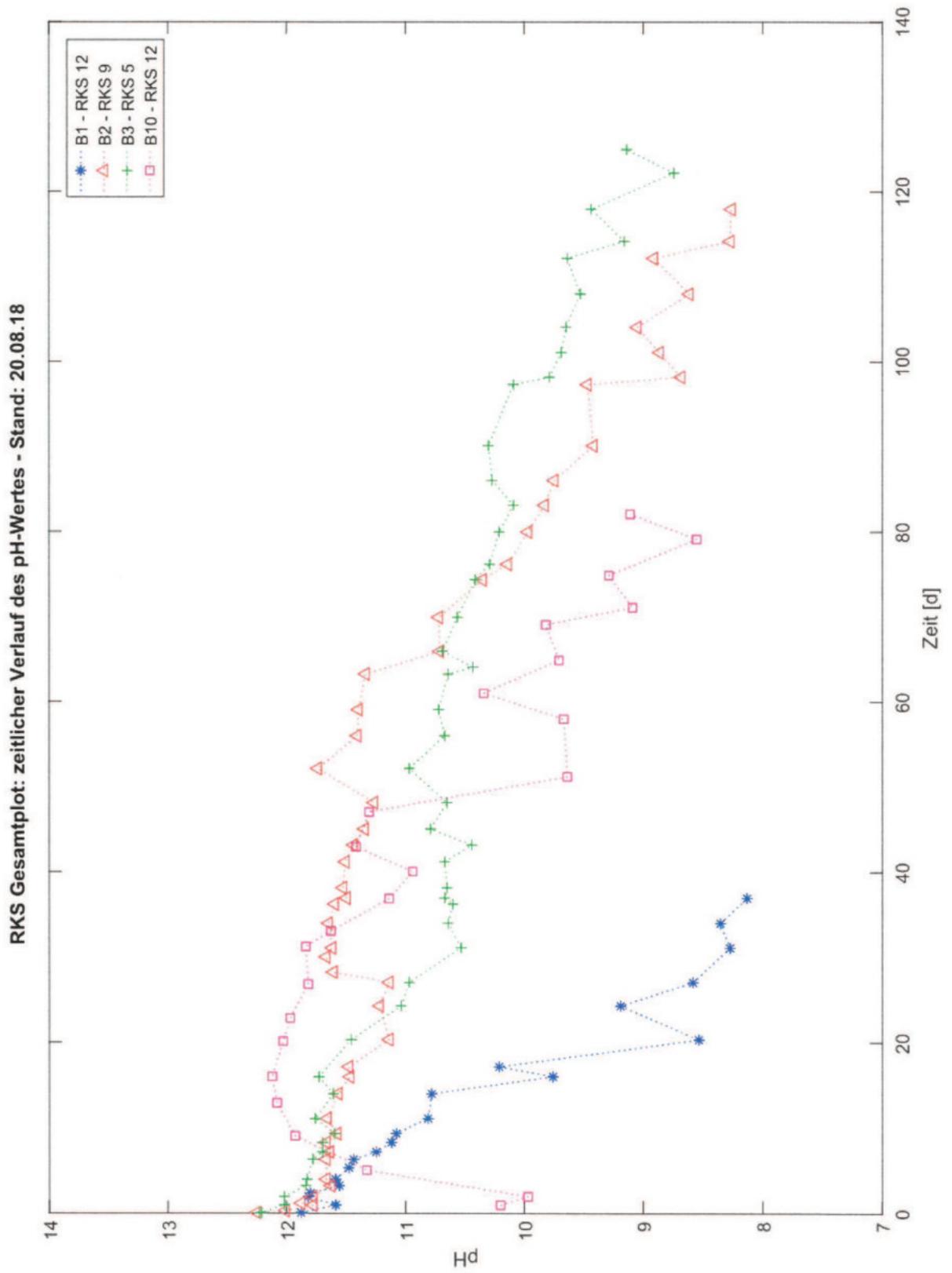
RKS Einzelplots: Verlauf des pH-Wertes über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18



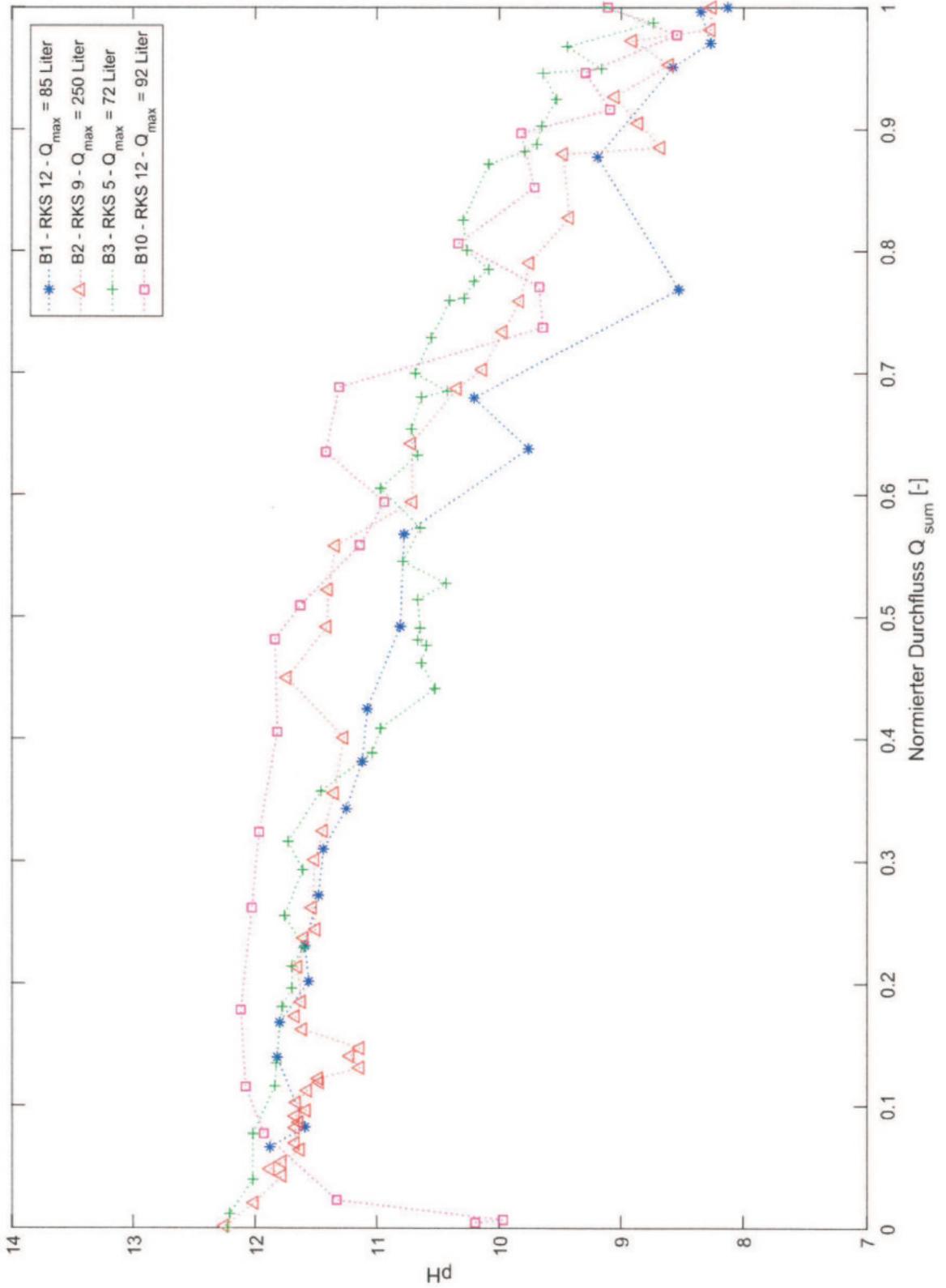


RKS Gesamtpplot: Verlauf von $k_{f,10}$ über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18





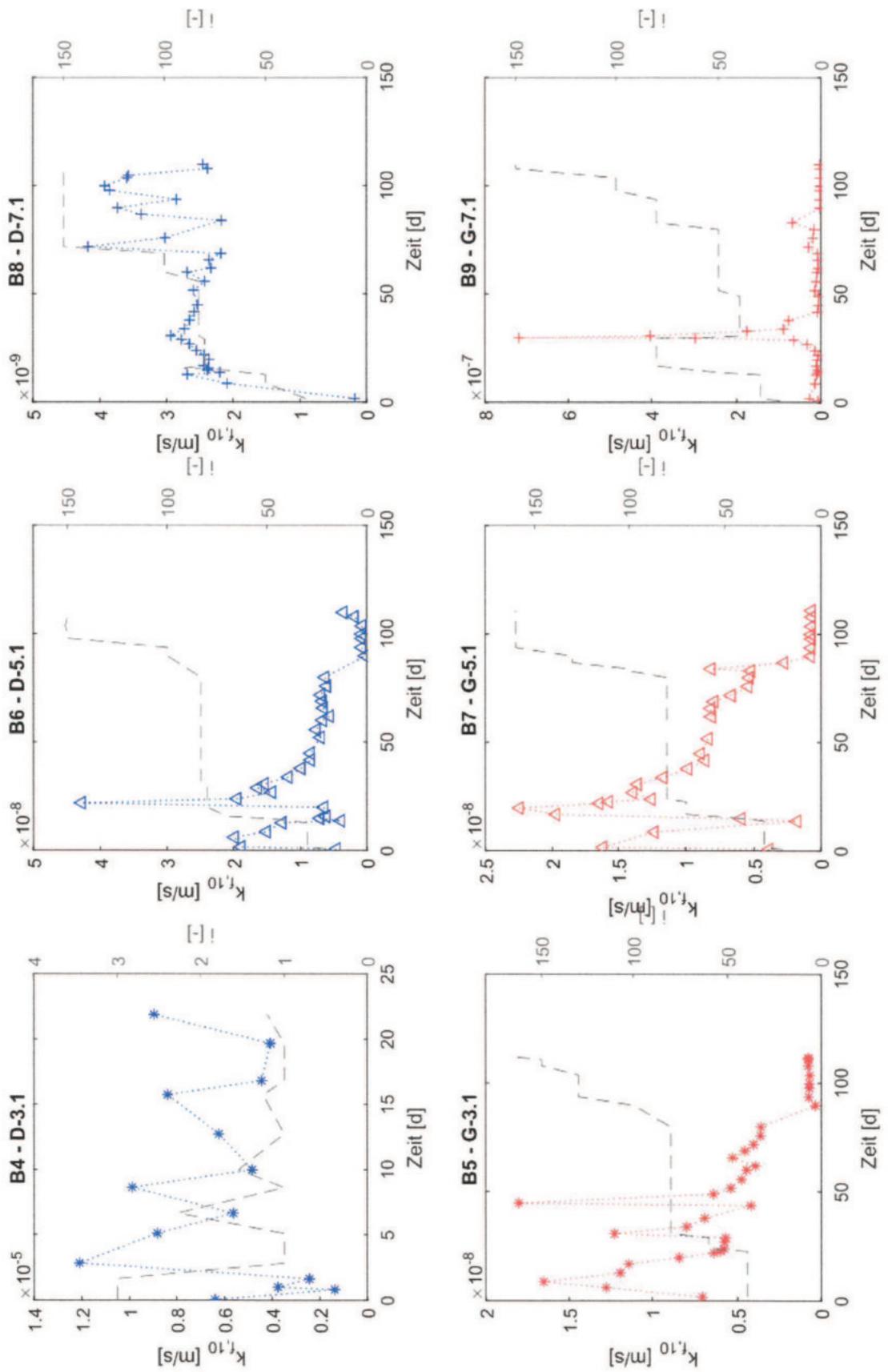
RKS Gesamtplot: Verlauf des pH-Wertes über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18



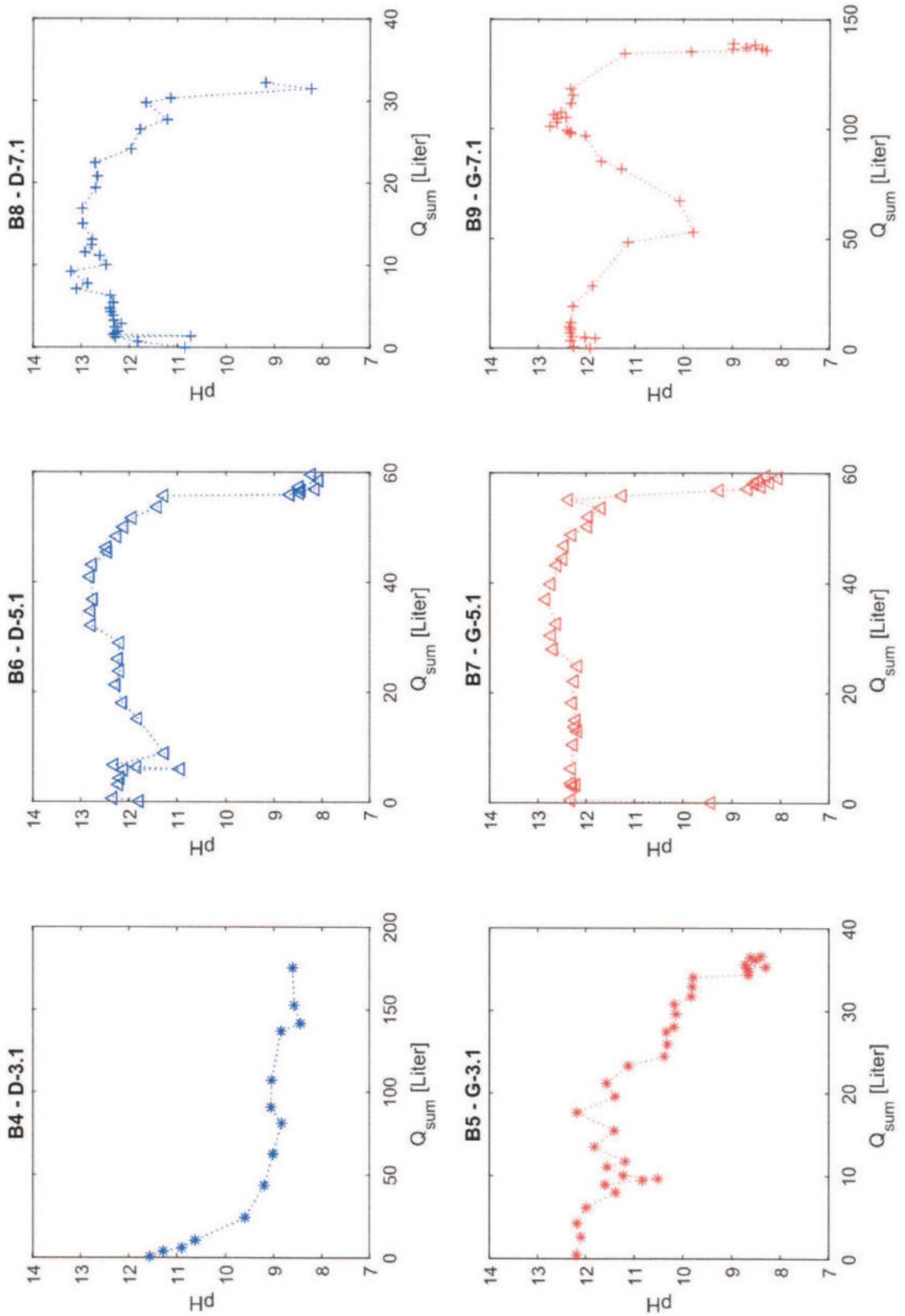
Anlage 4.2

Ergebnisse der Durchströmungsversuche an künstlich hergestellten Bodenproben

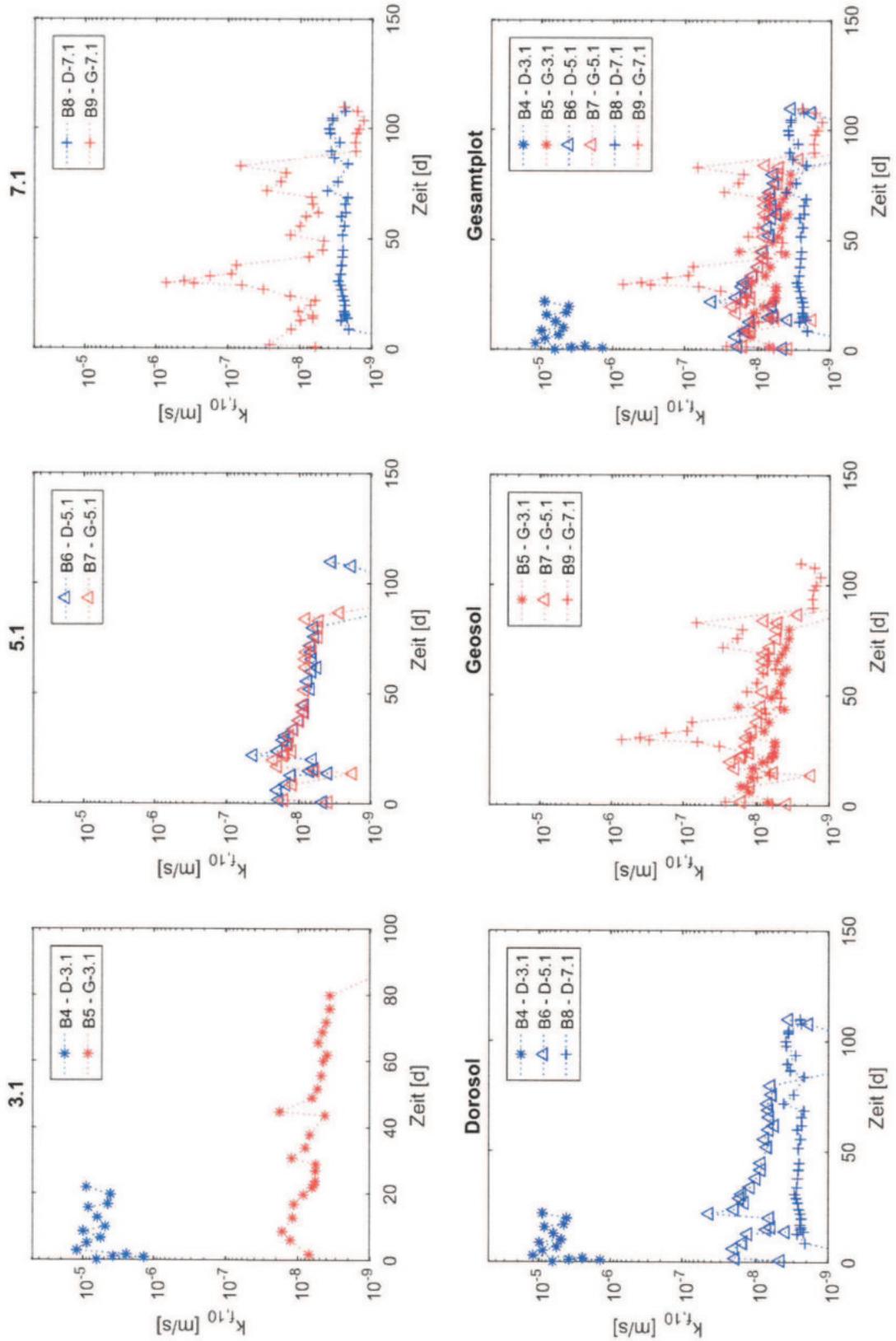
B4-B9 Einzelplots: zeitlicher Verlauf $k_{f,10}$ und i - Stand: 20.08.18



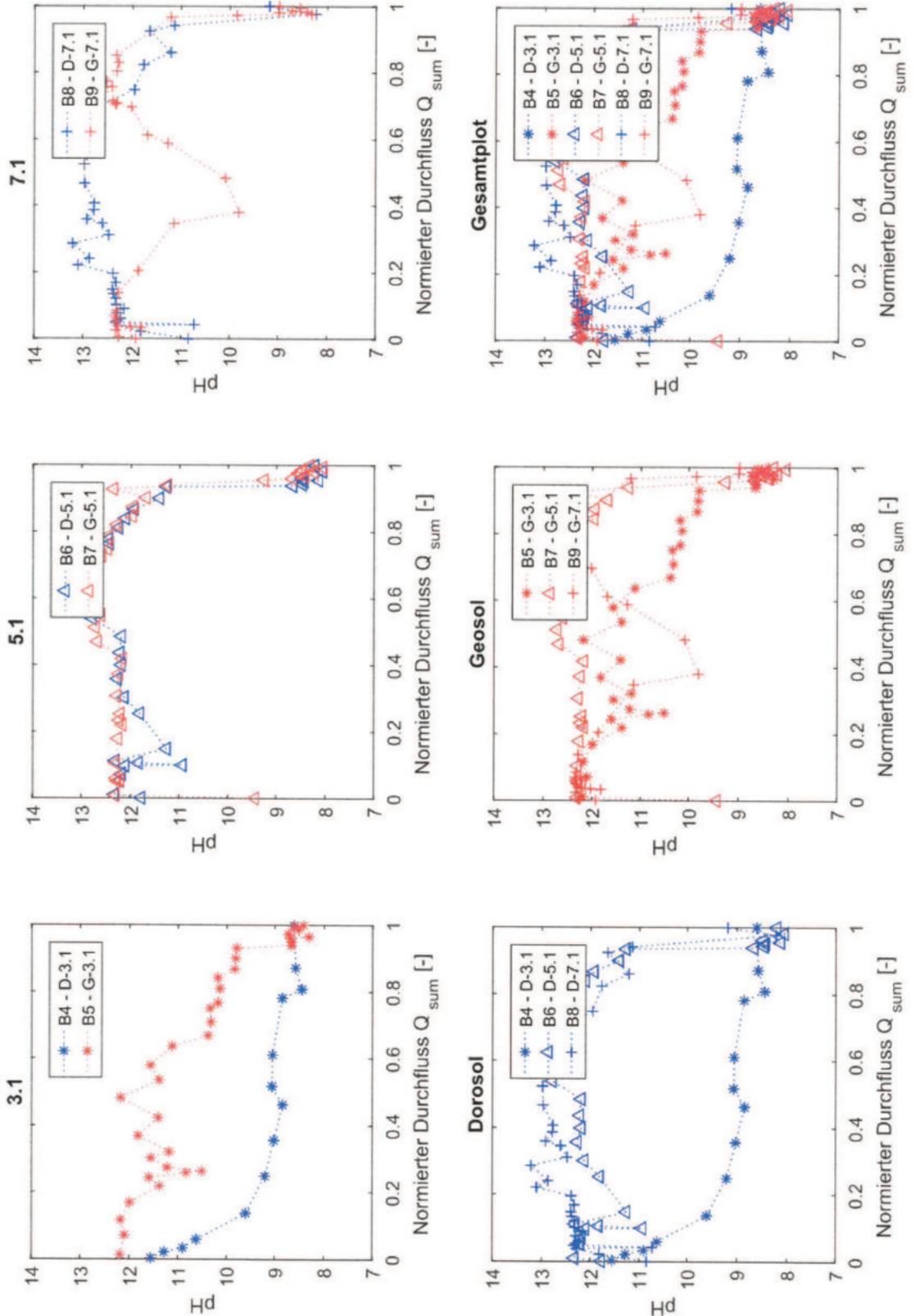
B4-B9 Einzelplots: Verlauf des pH-Wertes über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18

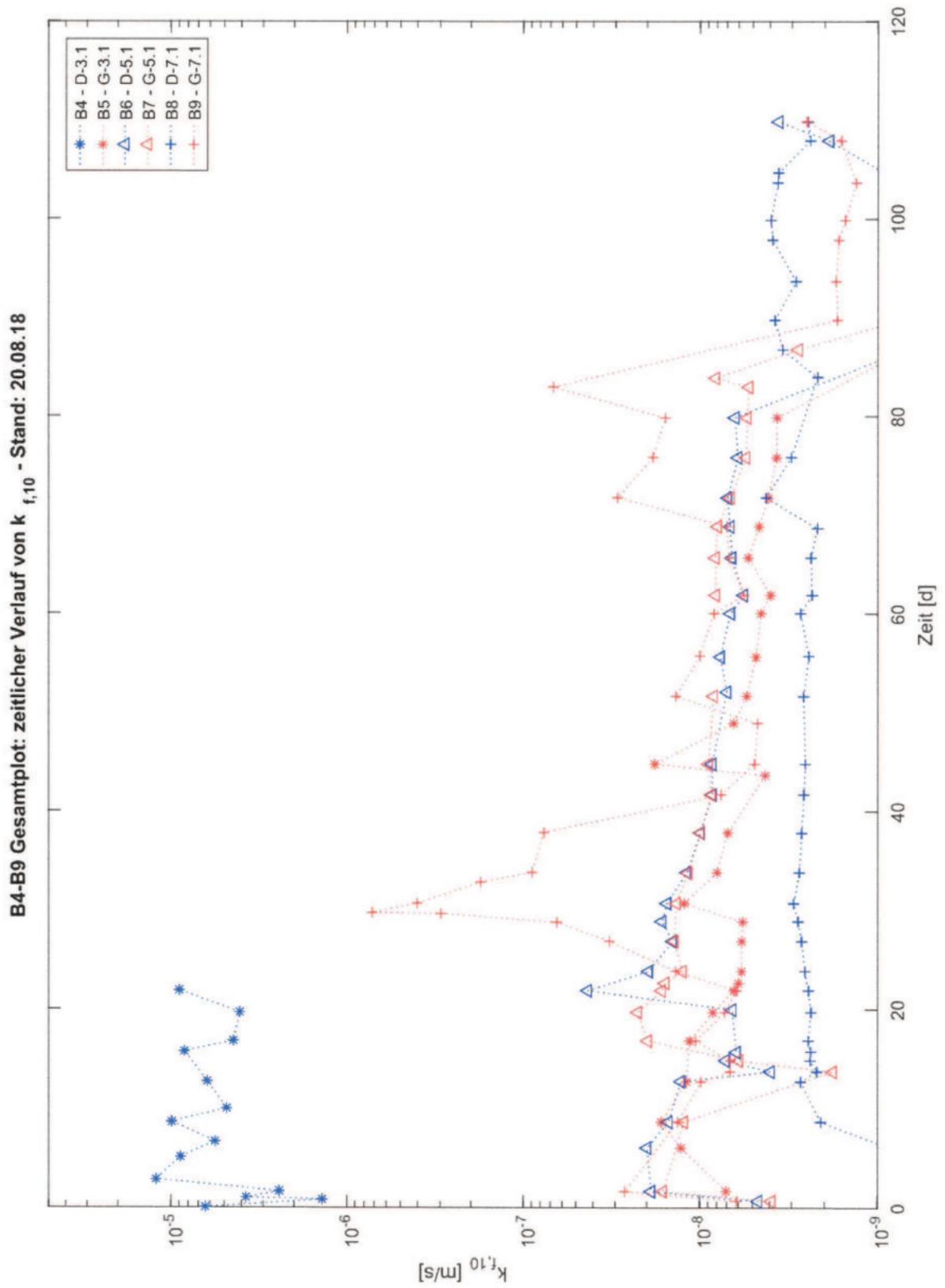


B4-B9 Vergleichsplots: zeitlicher Verlauf $k_{f,10}$ - Stand: 20.08.18

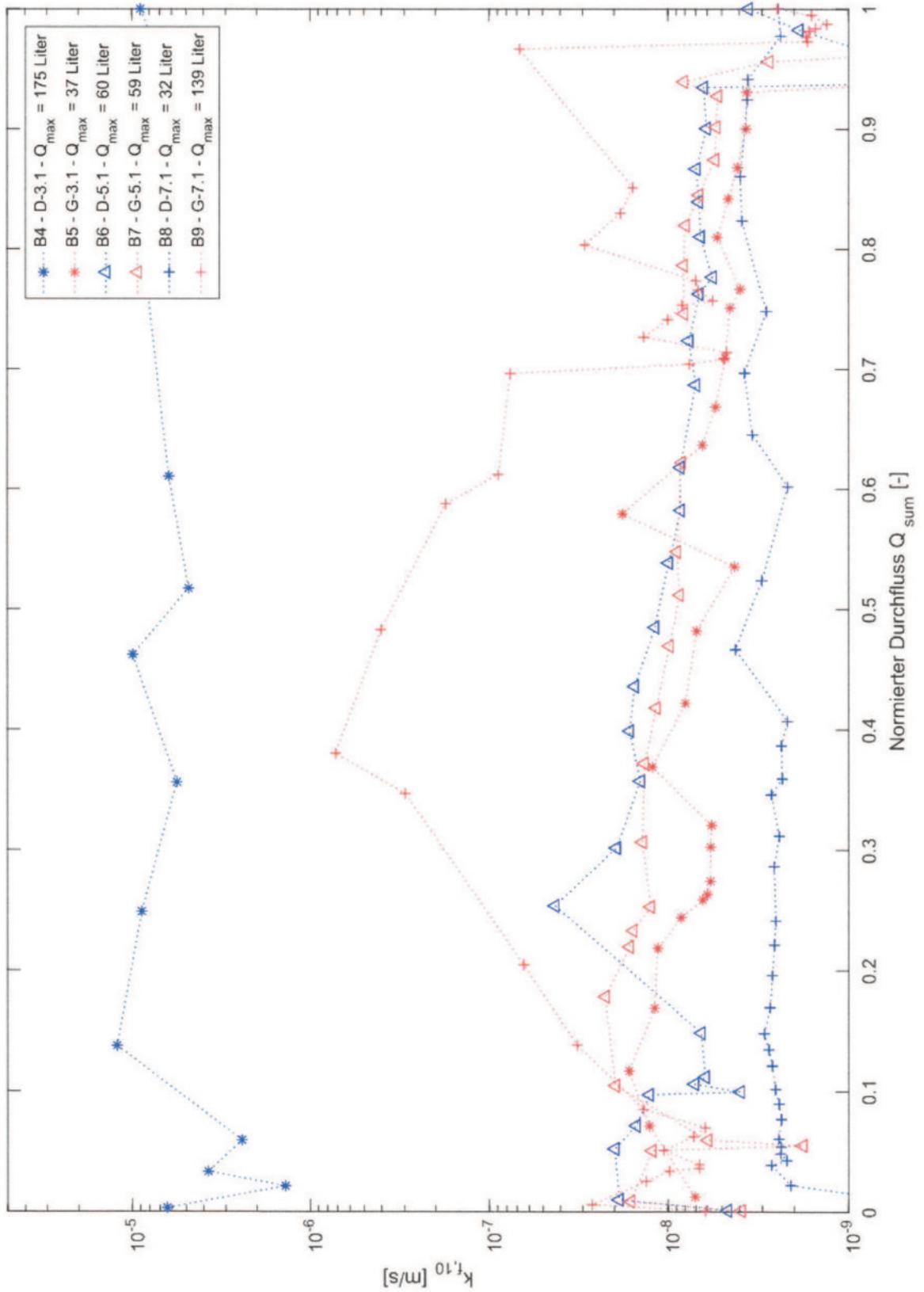


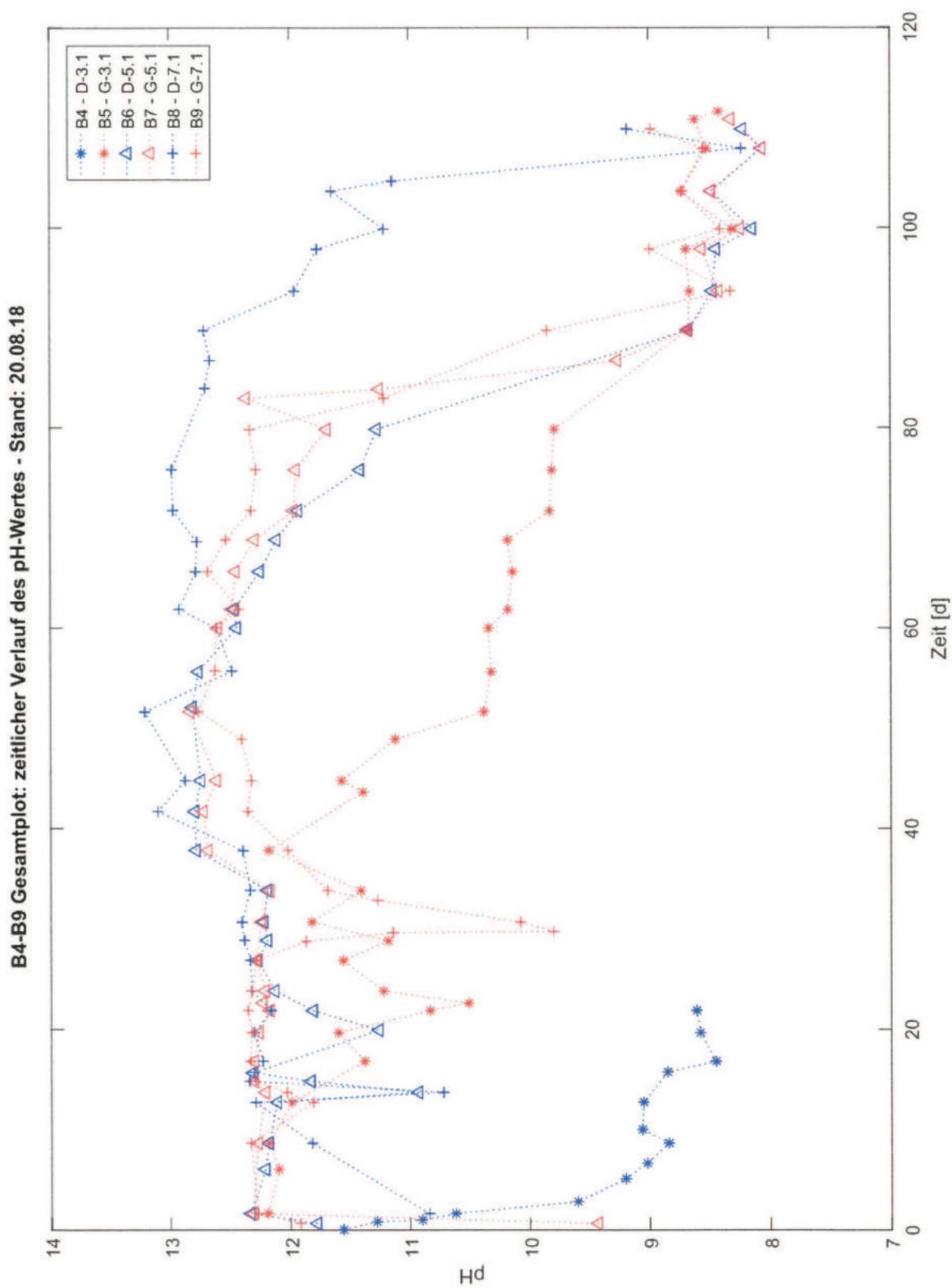
B4-B9 Vergleichsplots: Verlauf des pH-Wertes über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18





B4-B9 Gesamtplot: Verlauf von $k_{f,10}$ über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18





B4-B9 Gesamtplot: Verlauf des pH-Wertes über die Durchflussmenge - Stand: 20.08.18

