

Filterkiese beim Brunnenbau

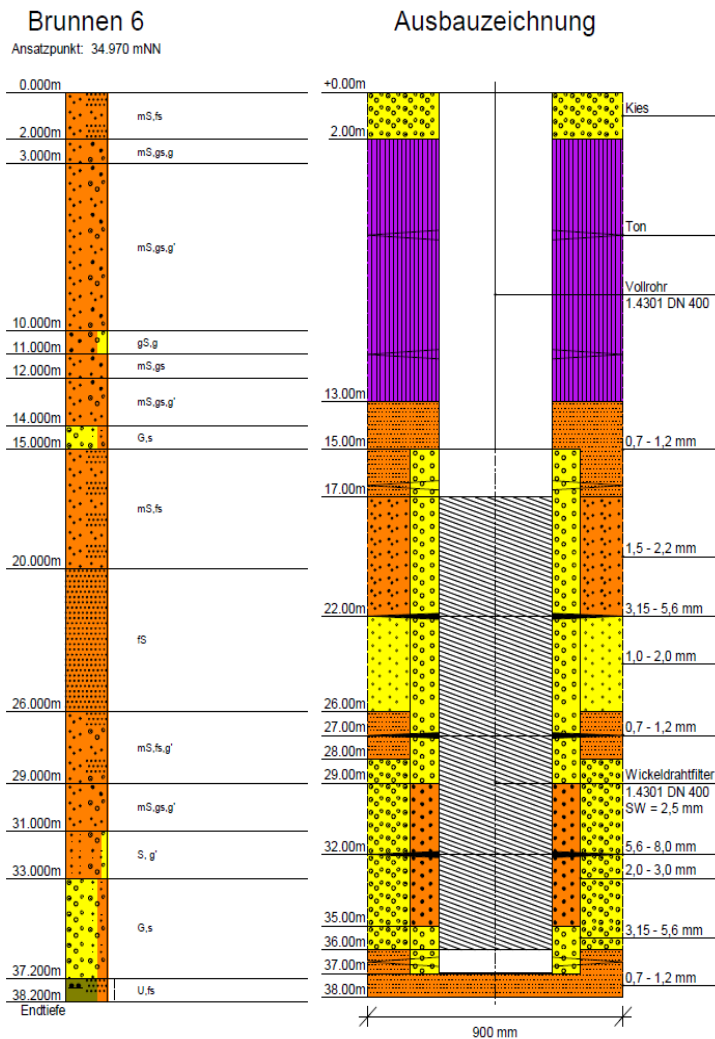
- Erfahrungen bei den Berliner Wasserbetrieben -

Brunnenbestand der BWB



- 9 Wasserwerke
- 44 Brunnengalerien
- rund 650 Brunnen (25 - 170 m tief)
 - Vertikalfilterbrunnen
 - 3 Horizontalfilterbrunnen
- Erneuerungsrate ca. 20 - 30 Br./a

Brunnenbau



Bauliche Standards

- verrohrte Trockenbohrung
- teleskopierter Bohr-Ø: 1.500 - 900 mm
- Bohrend-Ø: 900 mm
- Ausbau-Ø: DN 400 (V2A, WDF)
- zweifache Kiesschüttung (Schüttverrohrung DN 600)
- durchgehende Ringraumsperre im Vollrohrbereich




Filterkiesmaterial

Notwendige Eigenschaften

- mechanische Stabilität
(Transport, Einbau, Regenerierung)
- Gleichmäßigkeit
(Kornverteilung, Rundung)
- „bauliche Stabilität“
(setzungsstabiler Kieskörper)

„natürliche“
Eigenschaften

Filterkiesmaterial

DEUTSCHE NORM		Juli 2014
DIN 4924		
ICS 71.100.80; 91.100.15; 93.025		Ersatz für DIN 4924:1998-08
<p>Sande und Kiese für den Brunnenbau – Anforderungen und Prüfverfahren</p> <p>Sands and gravels for well construction – Requirements and testing</p> <p>Sables et graviers pour la construction de fontaine – Exigence et examination</p> <p>4 Prüfverfahren</p> <p>4.1 Probenahme</p> <p><i>Die Korngrößenverteilung muss an einer Probe bestimmt werden, die unmittelbar am Ort der Produktion entnommen wurde.</i></p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 10 Seiten</p> <p style="text-align: center;">Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN</p>		

Anforderungen:

- Korngrößenverteilung
- Abschlämbare Anteile
- Kornoberflächen
- Chemische Zusammensetzung
- Organische Stoffe
- Hygienische Eigenschaften
- Säurebeständigkeit

+ Nachweisverfahren bzw. Verweise auf entsprechende Normen

Filterkiesmaterial

geringer
mineralogischer
Nebenanteil

optisch engeres
Kornspektrum



höhere
mineralogischer
Nebenanteil („bunt“)

optisch breiteres
Kornspektrum

z.T. gebrochenes
Korn

jeweils Korngruppe 2,0 - 3,15 mm

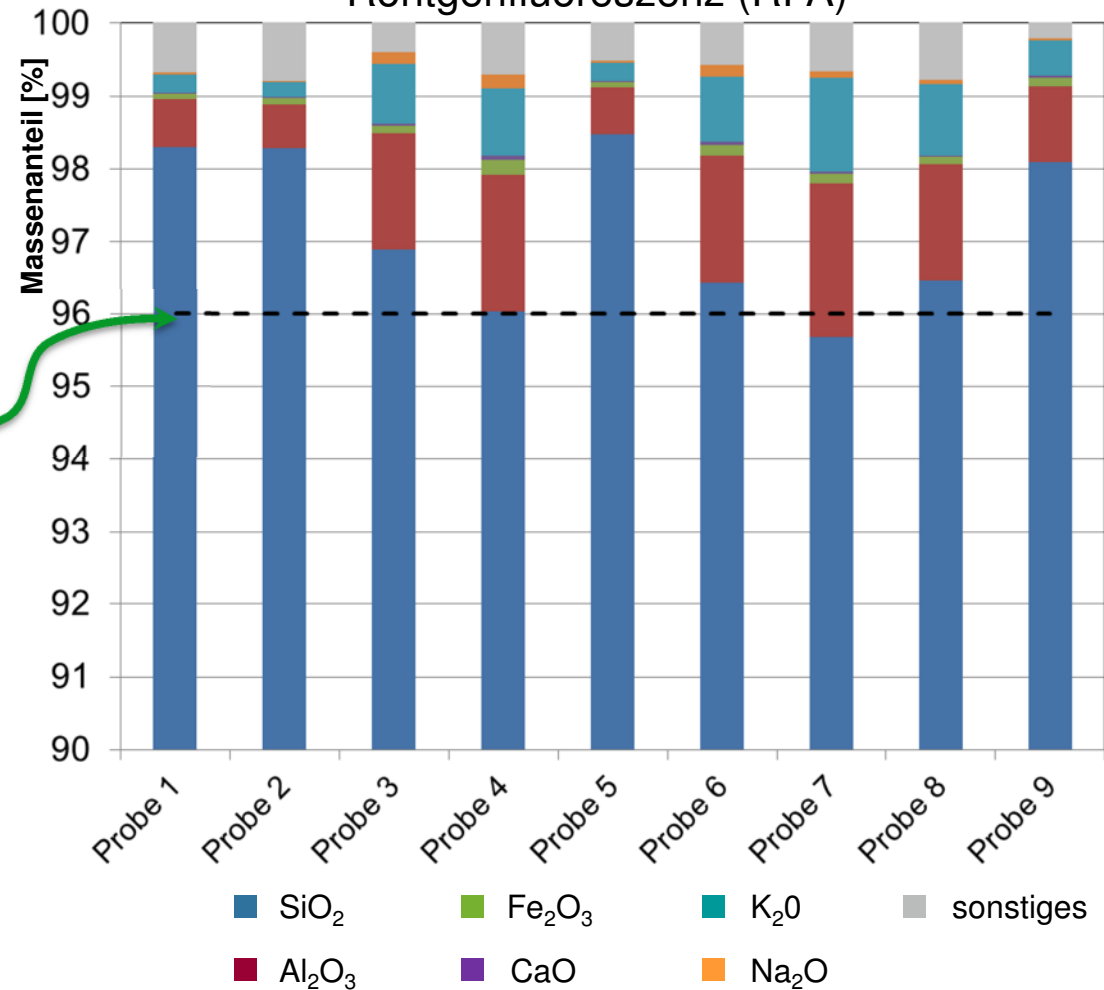
Filterkiesmaterial

Chemische Zusammensetzung
gem. DIN 4924

Bestandteil	Massenanteil
SiO ₂	≥ 96 %
Al ₂ O ₃	≤ 3 %
Fe ₂ O ₃	≤ 2 %
CaO	≤ 1,5 %
K ₂ O	≤ 2 %
Na ₂ O	≤ 1,5 %

Bestimmung der chem. Zusammensetzung
nach DIN 51001 oder DIN EN 12902

Röntgenfluoreszenz (RFA)



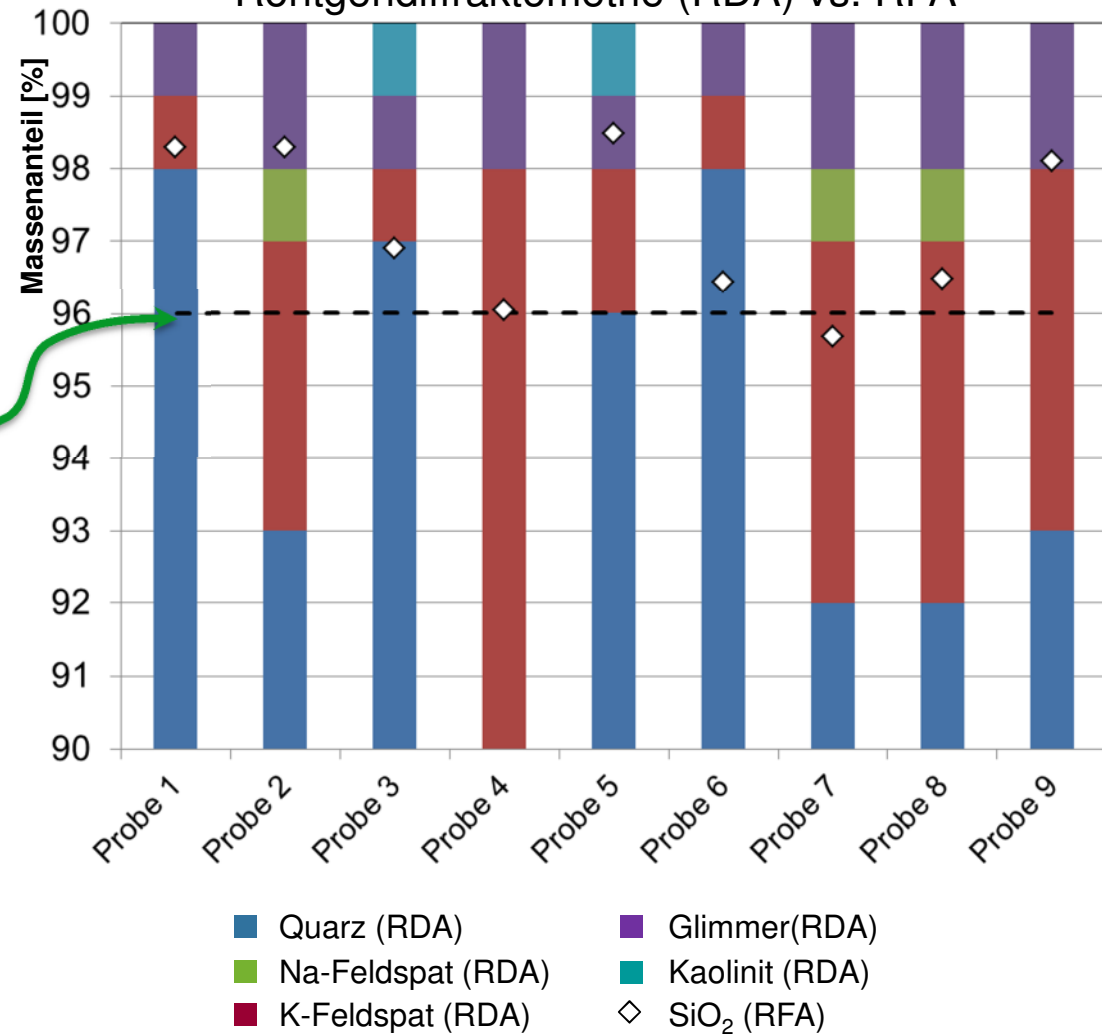
Filterkiesmaterial

Chemische Zusammensetzung
gem. DIN 4924

Bestandteil	Massenanteil
SiO ₂	≥ 96 %
Al ₂ O ₃	≤ 3 %
Fe ₂ O ₃	≤ 2 %
CaO	≤ 1,5 %
K ₂ O	≤ 2 %
Na ₂ O	≤ 1,5 %

Bestimmung der chem. Zusammensetzung
nach DIN 51001 oder DIN EN 12902

Röntgendiffraktometrie (RDA) vs. RFA



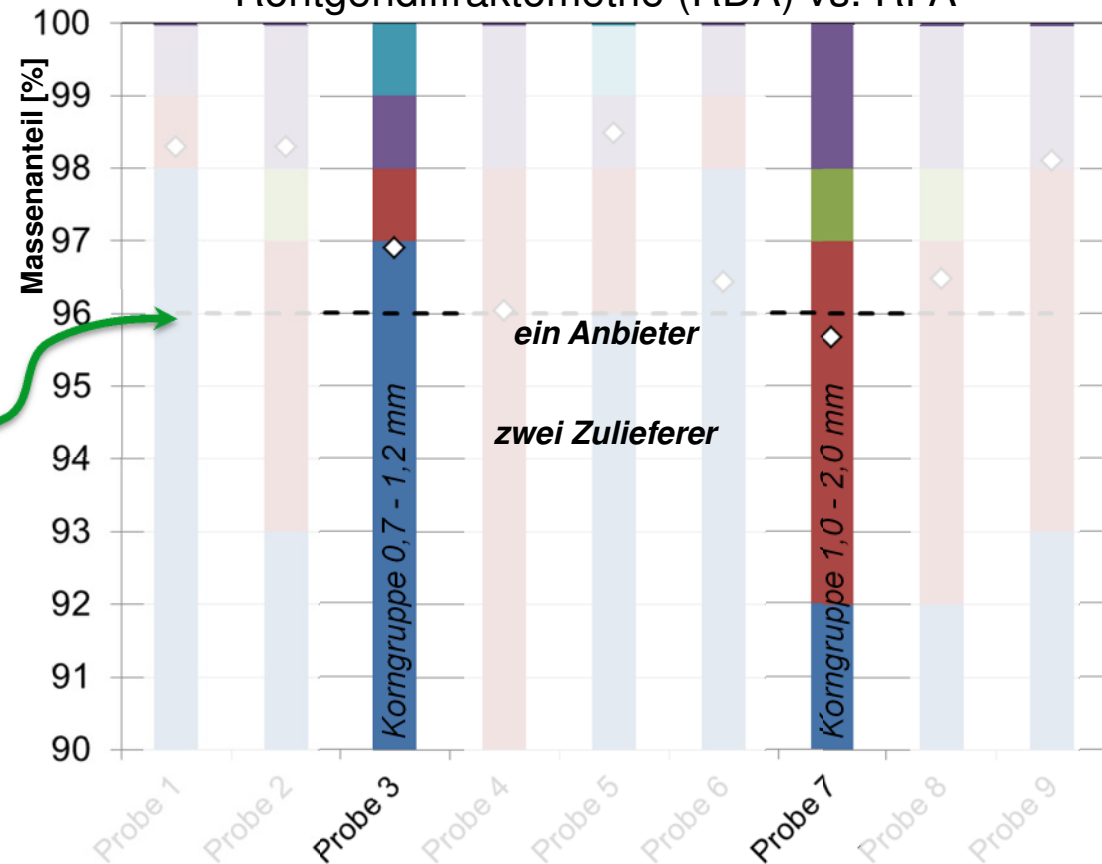
Filterkiesmaterial

Chemische Zusammensetzung
gem. DIN 4924

Bestandteil	Massenanteil
SiO ₂	≥ 96 %
Al ₂ O ₃	≤ 3 %
Fe ₂ O ₃	≤ 2 %
CaO	≤ 1,5 %
K ₂ O	≤ 2 %
Na ₂ O	≤ 1,5 %

Bestimmung der chem. Zusammensetzung
nach DIN 51001 oder DIN EN 12902

Röntgendiffraktometrie (RDA) vs. RFA



- Quarz (RDA)
- Na-Feldspat (RDA)
- K-Feldspat (RDA)
- Glimmer(RDA)
- Kaolinit (RDA)
- ◇ SiO₂ (RFA)

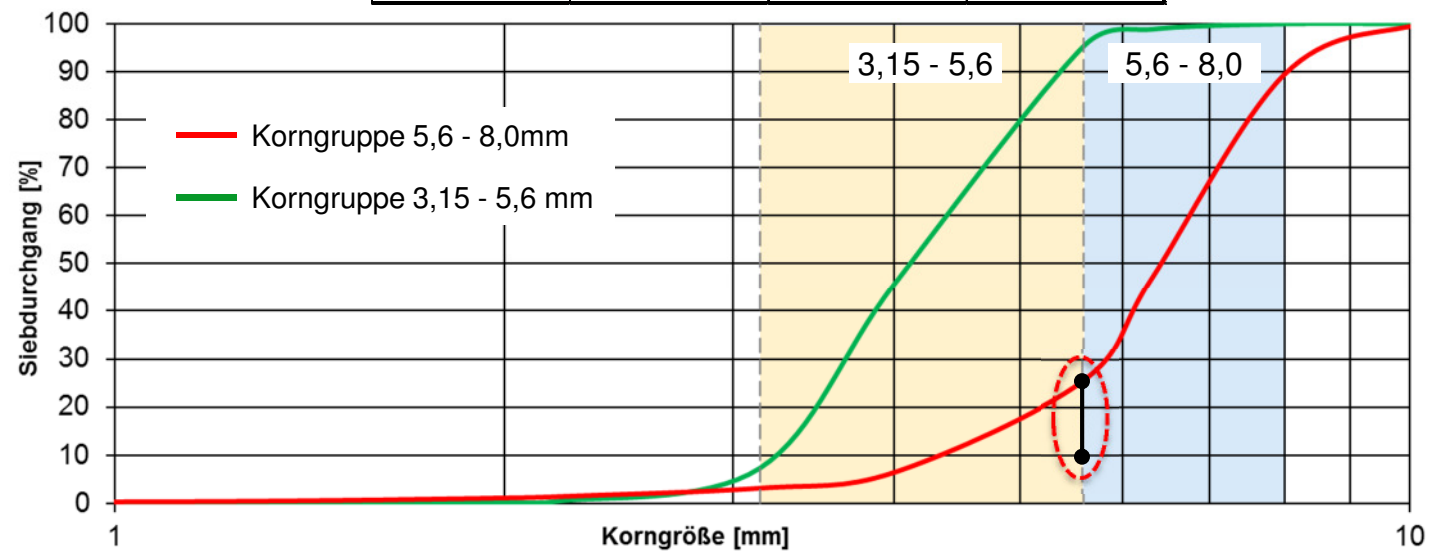
Filterkiesmaterial



Filterkiesmaterial

Zulässiger Massenanteil an
Unterkorn und Überkorn
gem. DIN 4924

Korngruppe (Korngröße in mm)		Zulässiger Massenanteil	
		%	
		Unterkorn	Überkorn
Quarzsand	0,4 bis 0,85		
	0,71 bis 1,25	5	5
	1,0 bis 1,6		
	1,0 bis 2,0		
	1,6 bis 2,5		
Quarzkies	2,0 bis 3,15	10	10
	3,15 bis 5,6		
	5,6 bis 8,0		
	8,0 bis 16,0		



Filterkiesmaterial



„ideales“ Korn



matrixgebundenes
Unterkorn



Unterkorn



Mechanische Beanspruchung

- Transport zur Baustelle
- Transport auf der Baustelle
- Schüttvorgang
- Impulseintrag

Schüttgutkonsolidierung

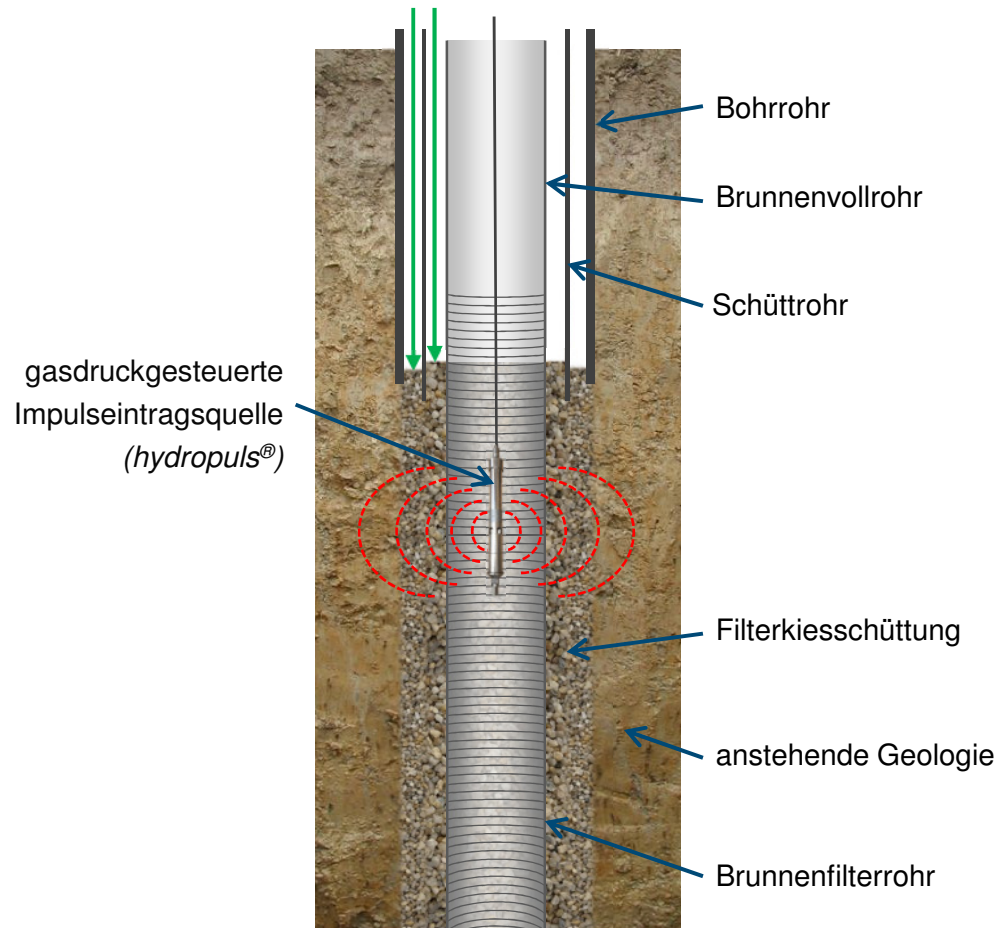
Ziel der Schüttgutkonsolidierung ist die Vermeidung sekundärer Setzungen durch Brunnenentwicklung, Brunnenbetrieb sowie Brunnenregenerierung.

Wie kann sich eine sekundäre Setzung im Filterkieskörper auswirken?

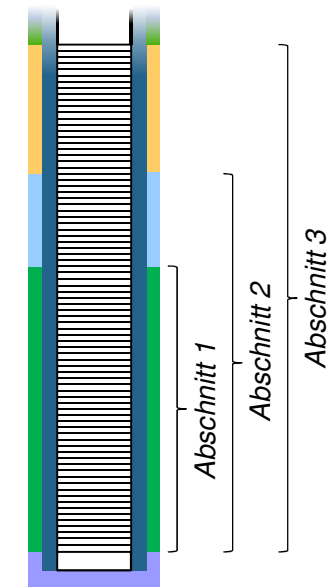
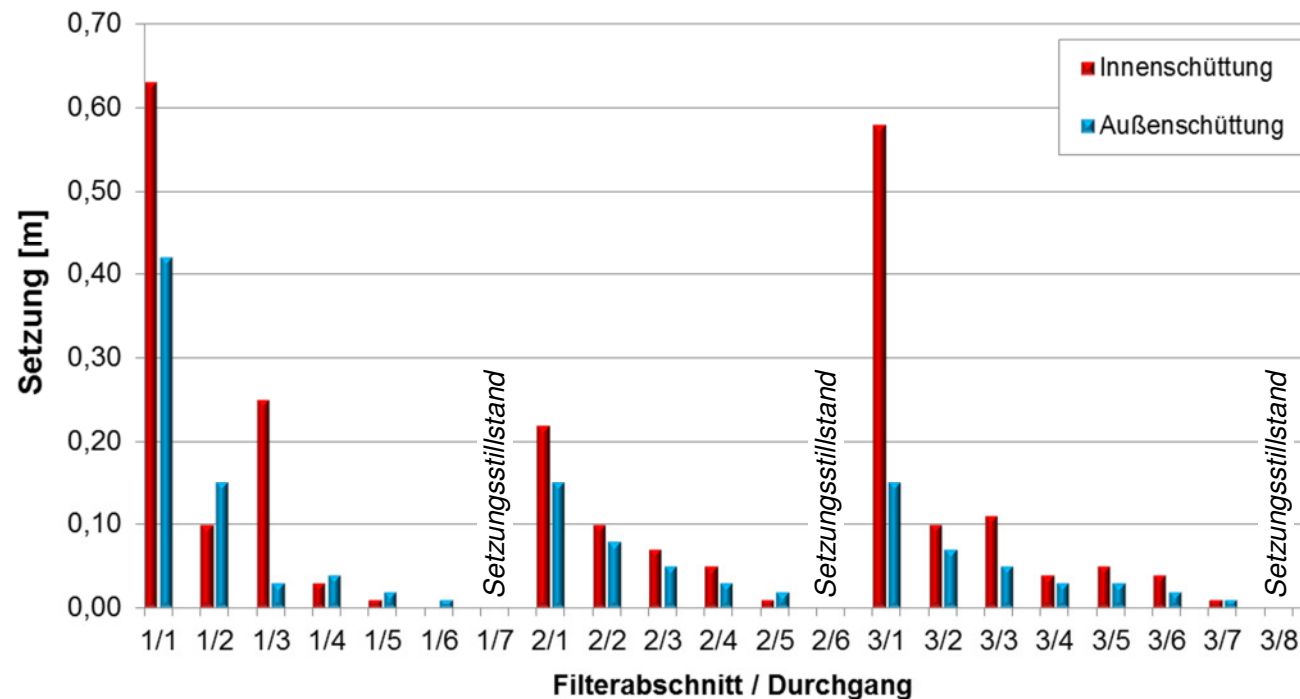
- Querschnittsverringering der Porenkanäle
(abnehmende Transportfähigkeit von Partikeln mit zunehmender Lagerungsdichte)
- Verschiebung der vertikalen Differenzierung im Schüttgut
(mögliche Aufhebung der korngößenmäßigen Anpassung an die anstehende Geologie des Grundwasserleiters)
- Verschiebung des Filterkieskörpers relativ zu einer Ringraumabdichtung im Vollrohrbereich
(mögliche Bildung von Wegsamkeiten insbesondere im Bereich der Filteroberkante)

Schüttgutkonsolidierung

direkte Tiefenlotung
(Innen-/Außenschüttung)



Schüttgutkonsolidierung



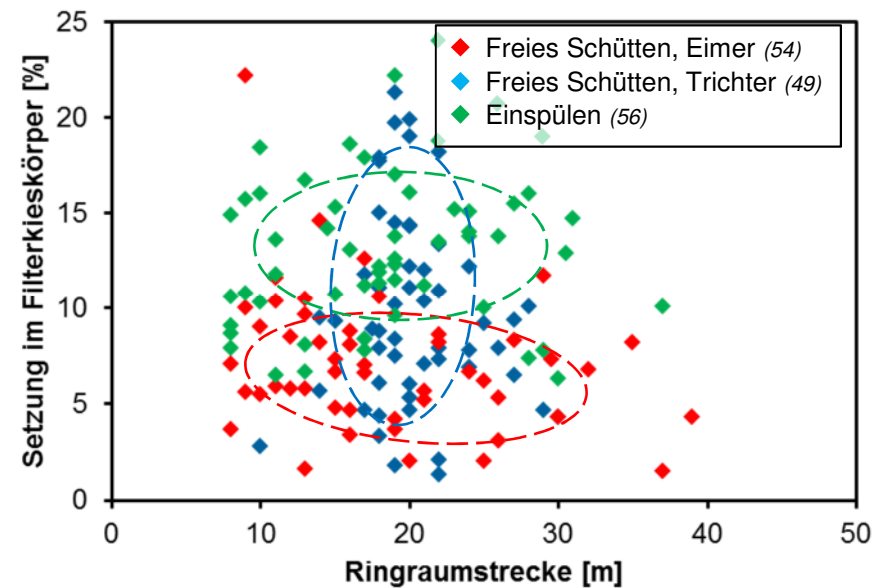
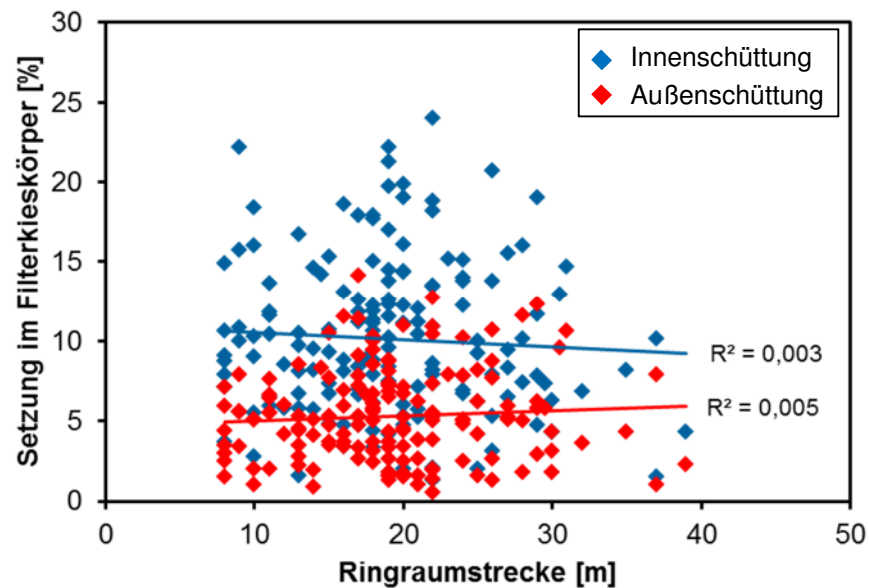
Was bewirkt die Schüttgutkonsolidierung?

- Herstellung einer setzungsstabilen Lagerung im Filterkieskörper
- Möglichkeit zur Brunnenentwicklung über geeignete Energieeinträge (z.B. Kolben, Hochdruck, Impulse) nach Abschluss der Bauarbeiten
- Qualitätskontrolle im direkten Neubauprozess

Schüttgutkonsolidierung

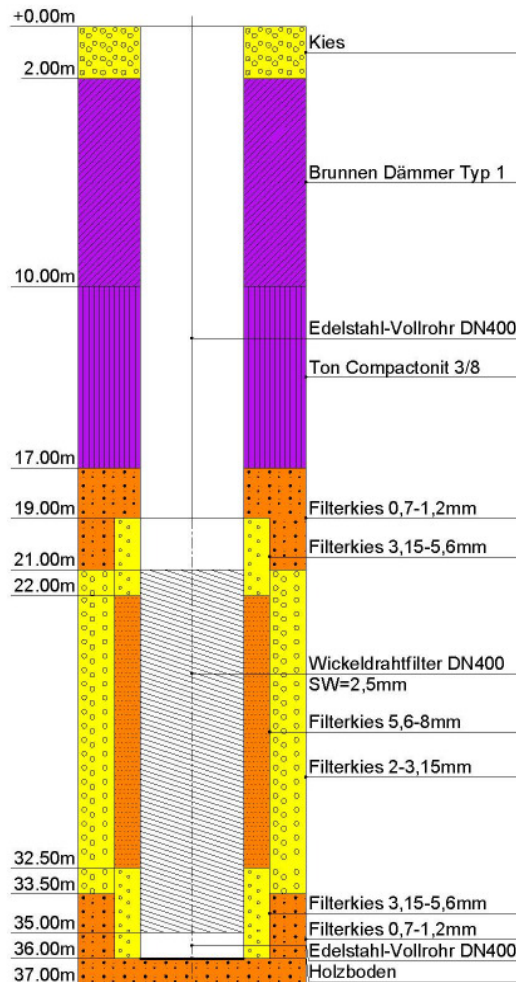
Die Auswertung von 159 Neubaubrunnen hat folgende Erkenntnisse ergeben:

- Setzung der Innenschüttung im Mittel 9,8%*
- Setzung der Außenschüttung im Mittel 5,0 %*
(*jeweils bezogen auf die kiesverfüllte Ringraumstrecke)
- scheinbar kein gerichteter Zusammenhang bzgl. Kieskorngroße oder Ringraumstrecke
- z.T. deutliche Unterschiede zwischen den Bohrfirmen bzw. der Art technischen Durchführung zur Ringraumverfüllung



Schüttgutkonsolidierung

Geophysikalische Untersuchungen im Neubauprozess:



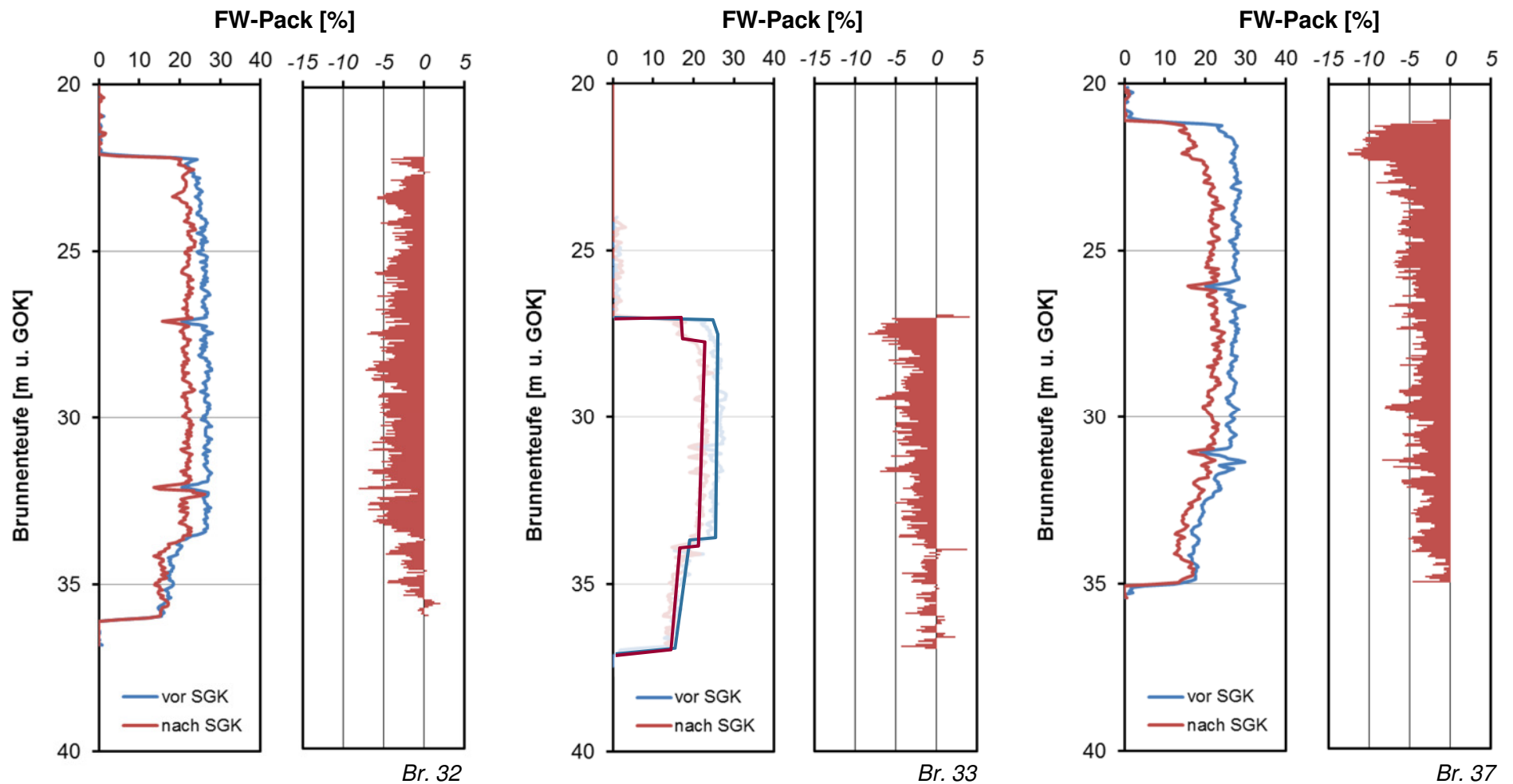
- drei Testbrunnen ohne abschnittsweise Wechsel der Kiesfraktion
- eingesetzte Messverfahren: SGL, NN, GG.D, FW, FLOW, PV, OPT
- Messzeitpunkte:
 1. nach vollständiger Ringraumschüttung bis OK der doppelten Kiesschüttung (vor SGK)
 2. nach Abschluss der Ringraumschüttung bis GOK (nach SGK)
 3. nach Abschluss der Brunnenentwicklung einschl. Leistungspumpversuch

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung hydraulischer/physikalischer Veränderungen (u.a. spezifische Ergiebigkeit, Lagerungsdichte, Zuflusscharakteristik).

Veränderungen an der Ausbauperipherie durch die Schüttgutkonsolidierung sind nicht erkennbar!

Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen (Packer-Flowmeter)



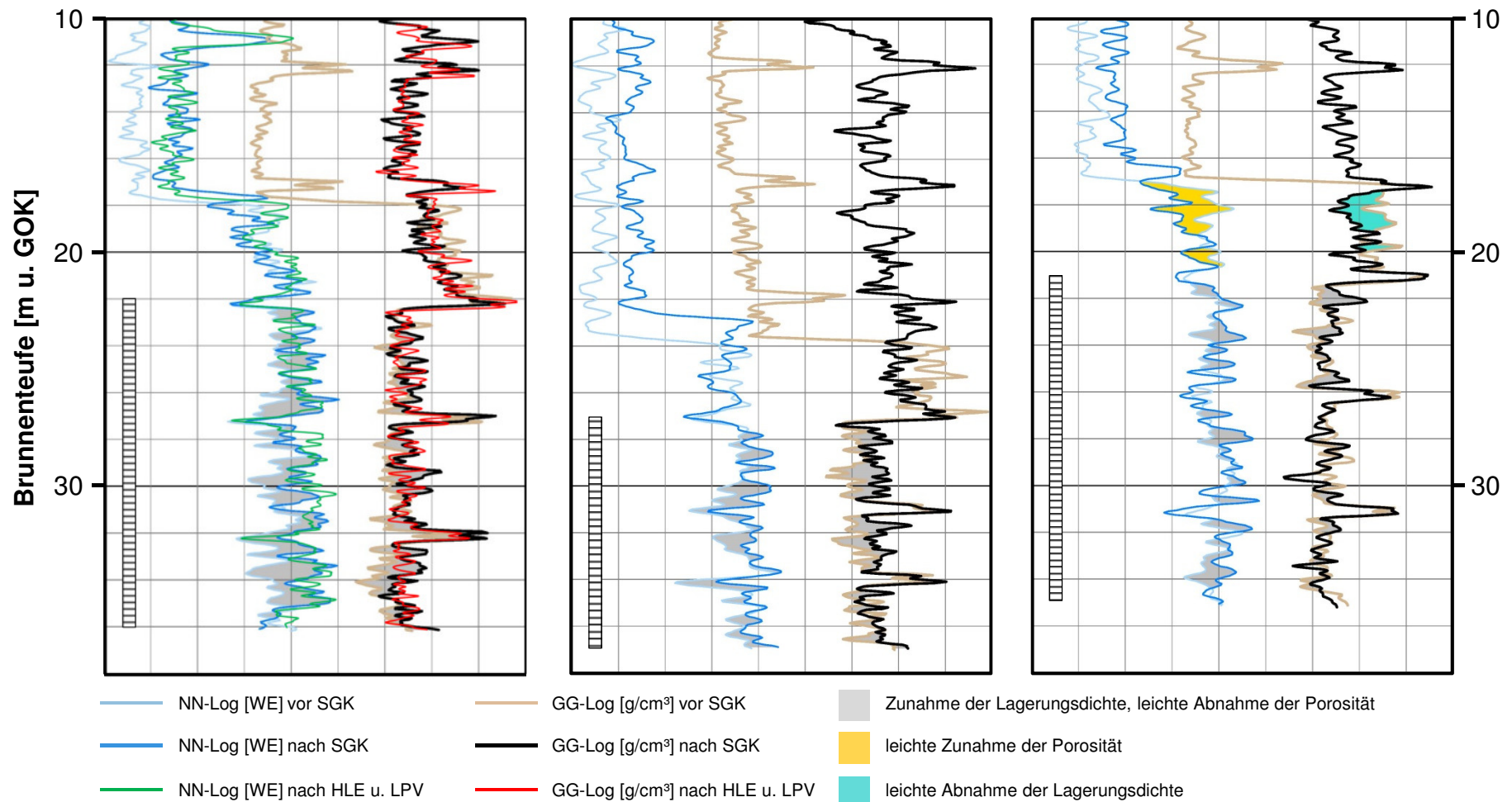
Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

- Veränderungen an der Ausbauperforierung durch die Schüttgutkonsolidierung (z.B. Materialbeschädigungen) sind nicht erkennbar.
- Die registrierten Setzungsbeträge bei der Schüttgutkonsolidierung sind direkt auf Setzungen im Filterkieskörper (also auf die Zunahme der Lagerungsdichte) zurückzuführen (FW-Pa).

Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen (NN-, GG-Log)



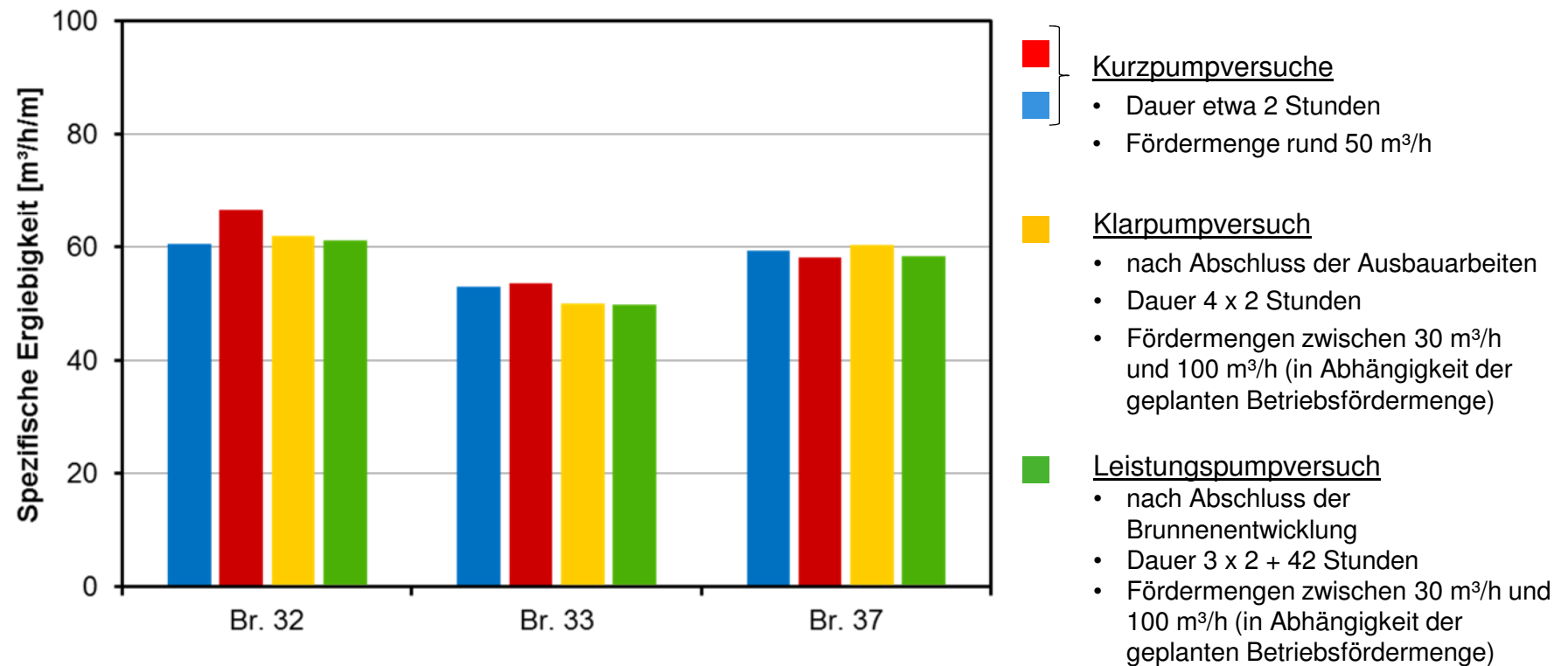
Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

- Veränderungen an der Ausbauperforierung durch die Schüttgutkonsolidierung (z.B. Materialbeschädigungen) sind nicht erkennbar.
- Die registrierten Setzungsbeträge bei der Schüttgutkonsolidierung sind somit direkt auf Setzungen im Filterkieskörper (also auf die Zunahme der Lagerungsdichte) (FW-Pa). *Kein quasi-duktilen Verhalten wie bei Glaskugeln*
- Durch die Schüttgutkonsolidierung ist im Allgemeinen eine Zunahme der Lagerungsdichte auf der gesamten Filterstrecke zu verzeichnen (GG.L.D-Log).
- Damit einhergehend erfolgt eine Porositätsabnahme auf der gesamten Filterstrecke (NN-Log).
- Durch die Brunnenentwicklung ist im Allgemeinen eine Homogenisierung bzgl. der Porosität sowie der Lagerungsdichte zu verzeichnen.

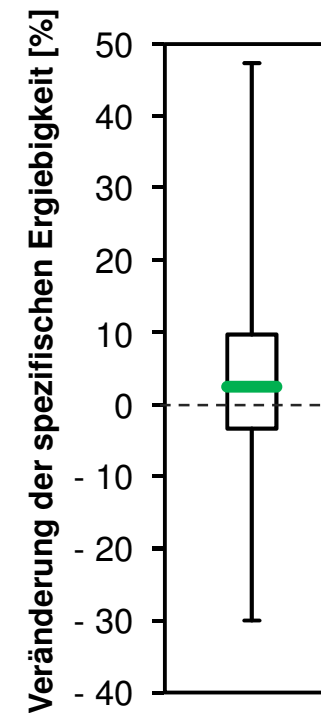
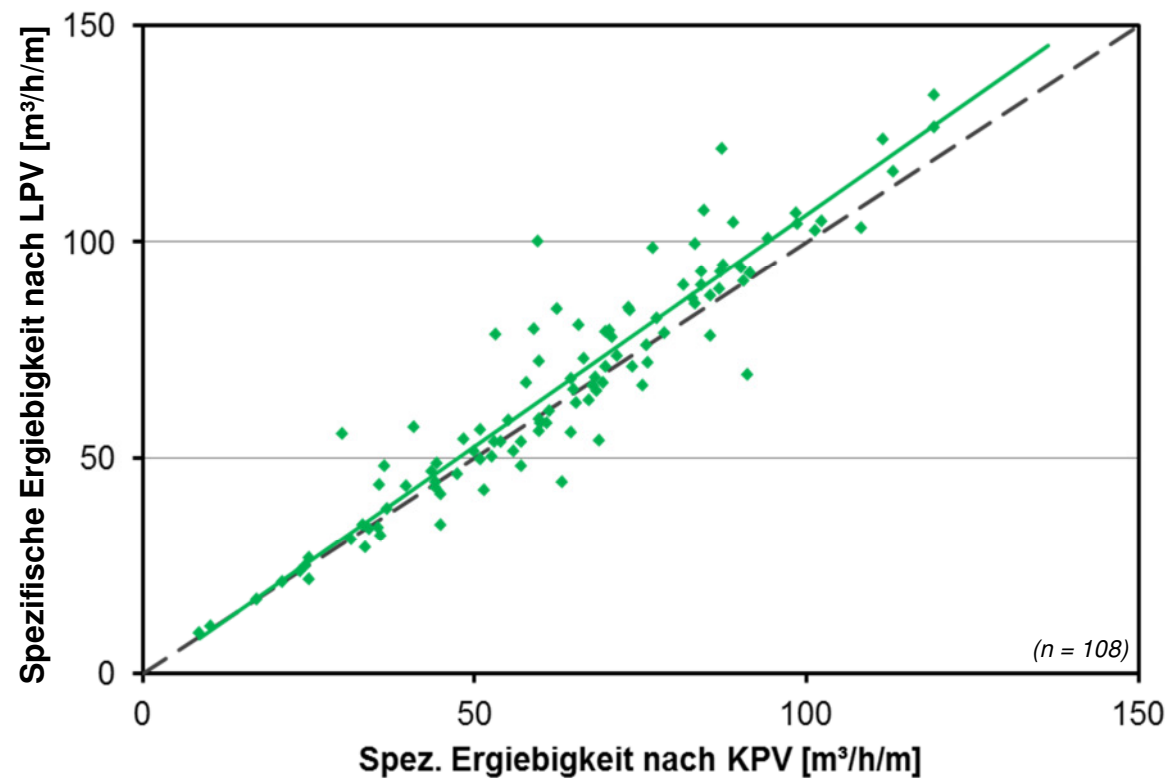
Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen (spez. Ergiebigkeit)



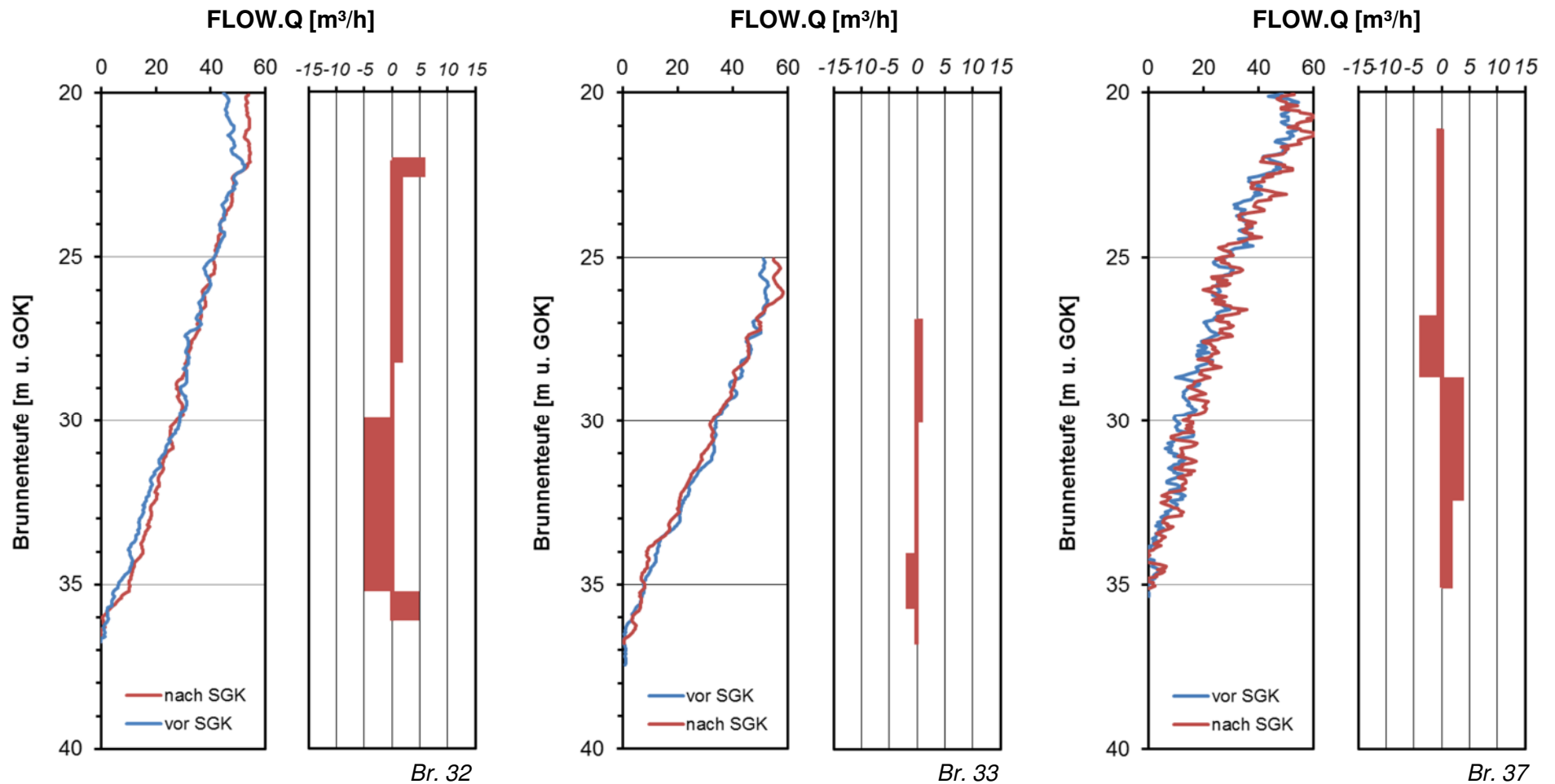
Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen (spez. Ergiebigkeit)



Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen (Flowmeter)



Schüttgutkonsolidierung

Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

- Veränderungen an der Ausbauperforierung durch die Schüttgutkonsolidierung (z.B. Materialbeschädigungen) sind nicht erkennbar.
- Durch die Schüttgutkonsolidierung erfolgt im Allgemeinen eine Zunahme der Lagerungsdichte auf der gesamten Filterstrecke zu verzeichnen (GG.L.D-Log).
- Damit einhergehend erfolgt eine Porositätsabnahme auf der gesamten Filterstrecke (NN-Log).
- Die registrierten Setzungsbeträge bei der Schüttgutkonsolidierung sind somit auf Setzungen im Filterkieskörper (also auf die Zunahme der Lagerungsdichte) (FW-Pa). *Kein quasi-duktilen Verhalten wie bei Glaskugeln*
- Die spezifische Ergiebigkeit der Brunnen wird durch die Schüttgutkonsolidierung nicht grundlegend beeinflusst (FLOW.Q, PV).
- Durch die Schüttgutkonsolidierung werden keine wesentlichen Veränderung der Zuflussverhältnisse verursacht (FLOW.Q).

Fazit

- Ein Brunnenneubau bedeutet eine hohe investigative Maßnahme.
- Ziel muss es daher u.a. sein, hinsichtlich Qualität, Einbau und Bearbeitung von Filterkiesen im Bau - und Entwicklungsprozess höchsten Ansprüchen (in Anlehnung bzw. Ergänzung an gültiges Regelwerk) zu genügen.
- Hierbei muss auch langjährigen Betriebs- und Regenerierungsanforderungen Rechnung getragen werden.

*Vielen Dank
für die Aufmerksamkeit*

