

**J Komi-Kapillar-Dichtungs-Systeme zur
Oberflächenabdichtung von Deponien
und Altlasten**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Wohnlich, Bochum

Kombi-Kapillar-Dichtungs-Systeme zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten

Prof. Dr. Stefan Wohnlich, Dipl.-Ing. Kathrin Bitomsky

Seit der Einführung der Technischen Anleitung Abfall müssen Deponien mit einer Oberflächenabdichtung versehen werden, um das Eindringen von Regenwasser und dessen Verschmutzung zu verhindern. Eine Alternative zu der Mineralischen Abdichtung oder einer Kunststoffdichtungsbahn bietet die Kapillarsperre. Die Wirkungsweise einer Kapillarsperre ist seit 1999 von der LAGA-Arbeitsgruppe, Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen, attestiert. Eine Kapillarsperre besteht aus einer oben liegenden Kapillarschicht KS, einem Sand, und dem darunter liegenden gröberen Kapillarblock KB, einem Grobsand bis Feinkies. In ungesättigten Verhältnissen ist die Durchlässigkeit des Sandes deutlich größer als die des gröberen Materials. An der Schichtgrenze herrscht die gleiche Saugspannung, allerdings ist der Wassergehalt unterschiedlich, in der KS größer als im KB. Aufgrund der Neigung des Systems fließt Wasser in der KS hangparallel ab, der Kapillarblock wird nur befeuchtet, größere Wassermengen brechen nicht durch.

Die Körner des Kapillarblocks dürfen keine Eigenporosität aufweisen und dürfen bei Belastung, z. B. durch Überfahren, nicht zerbrechen. Darüber wird die Kapillarschicht, ein Fein- bis Mittelsand mit möglichst steiler Siebkurve mit einer Schichtdicke von mindestens 30 cm eingebaut, die Filterstabilität zwischen beiden Materialien muss gegeben sein.

Die Leistungsfähigkeit einer Kapillarsperre ergibt sich aus dem Kapillarsprung und der geringsten Neigung des jeweils betrachteten Hanges. Es wird von der GDA Empfehlung E 2-33 eine minimale Hangneigung von 1:7 empfohlen, um ausreichenden lateralen Abfluss zu ermöglichen. Die maximale Hangneigung ergibt sich aus der Standsicherheit. Zur Dimensionierung einer Kapillarsperre wird die laterale Dränkapazität mit der Einheit Liter pro Tag je Meter Böschungsbreite genutzt. Diese ergibt sich aus der maximal abführbaren Wassermenge in der Kapillarschicht, bevor die Saugspannung überschritten wird. Die ungesättigte Durchlässigkeit des KB steigt über die der KS und es kommt zu einem Durchbruch in den Kapillarblock und somit in den Deponiekörper. Abhängig von der maßgebenden Niederschlagsmenge ergibt sich eine maximale Abschlagslänge, über die sich der Abfluss stetig erhöht.

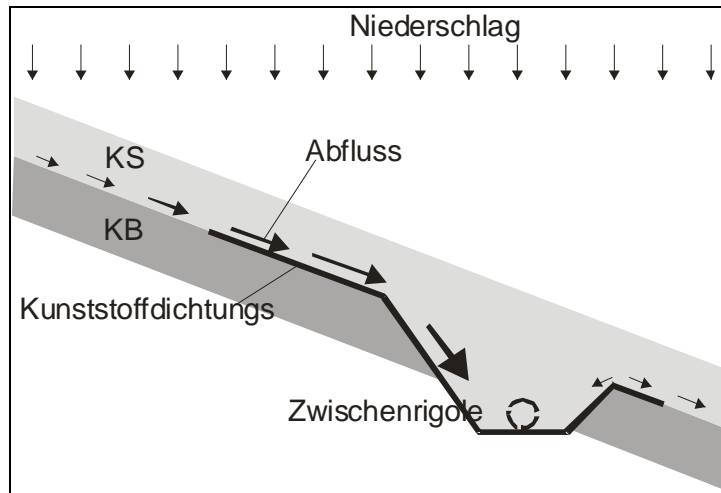


Abb. 1: Aufbau einer Kapillarsperre mit Zwischenrigole, erweitert nach GDA Empfehlung 2-33

Die Kombikapillarsperre verwendet den Aufbau im Bereich der Zwischenrigolen über die gesamte Hänglänge. Zwischen Kapillarschicht und Kapillarblock wird eine Kunststoffdichtungsbahn KDB eingelegt, dieses System wird dadurch zu einer der TASI entsprechenden Kombinationsdichtung mit zwei, unabhängig voneinander funktionierenden Abdichtungen.

Die Erstellung einer Kombikapillarsperre ist gegenüber einer Kapillarsperre stark vereinfacht, da die Gefahr einer Vermischung von KS und KB in der Trennfläche verhindert wird. Das Abdecken des KB mit der KDB erspart ansonsten notwendige Schutzmaßnahmen des Kapillarblocks vor Eintritt von Feinmaterial. Die Unempfindlichkeit von Kapillarsperren gegenüber Setzungen ist bei der Kombikapillarsperre noch deutlicher, es muss nur das in der Dimensionierung angesetzte Mindestgefälle bestehen bleiben. Aufgrund der Trennung der verwendeten rolligen Materialien durch eine KDB ist eine Vermischung in der Trennschicht verhindert. Eventuell kann auf eine temporäre Oberflächenabdichtung zu Beginn verzichtet werden.

Die Kombikapillarsperre benötigt im Vergleich zu anderen, TASI-konformen Kombinationsdichtungen, weniger einzubauende Schichten. Der KB kann zusätzlich als Trag- und Ausgleichschicht, bzw. als Gasdränschicht fungieren. Eine Schutzschicht zwischen der KDB und der Dränschicht entfällt, da aufgrund der Körngrößen von KS und KB keine Gefahr für die KDB ausgeht.

Vorteilhaft an einer Kombikapillarsperre gegenüber einer Kapillarsperre ist, dass sie aufgrund der zweifachen Dichtwirkung die Anforderungen der TASI nach einer Kombinationsdichtung erfüllt, ohne den Arbeitsaufwand deutlich zu erhöhen.

Literatur

BALZ, K., BAUER, E. & WOHNLICH, S. (1999): Die Funktion von Geotextilien in Kapillarsperren. - in: KRAJEWSKI, W.W. & WOHNLICH, S. [Hrsg.]: Die Kapillarsperre - Beiträge zum Stand der Technik. - 119-132, Heidelberg (Springer).

GARTUNG, E., NEFF, (2000): Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): E 2-33 Kapillarsperren als Oberflächenabdichtungssystem (Entwurf). – in: ERNST & SOHN Bautechnik 77 (2000) Heft 9. -629-634

JELINEK, D. (1999): Bau und Betrieb der Kapillarsperre auf der Altlast „Am Stempel“, Landkreis Marburg-Biedenkopf. - in: KRAJEWSKI, W.W. & WOHNLICH, S. [Hrsg.]: Die Kapillarsperre - Beiträge zum Stand der Technik. - 45-78, Heidelberg (Springer).

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): LAGA-Arbeitsgruppe Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtung und –abdeckung, Themenbereich Oberflächenabdichtung und –abdeckungen.- Temporäre Oberflächenabdichtungen, Februar 2000

SEHRBROCK, U., (2003):Kombi-Kapillardichtung ein alternatives, TASI konformes Deponie-Oberflächenabdichtungssystem. 10S., CDM BRP Consult GmbH, Braunschweig.

SEHRBROCK, U., (2005):Verbundsysteme aus Kapillarsperre, Dichtungsbahnen und Geotextilien für die Oberflächenabdichtung von Deponien. 13S., CDM, Braunschweig.

WOHNLICH, S., BAUER, E. (1999): Aufbau und Wirkungsweise der Kapillarsperre. - in: KRAJEWSKI, W.W. & WOHNLICH, S. [Hrsg.]: Die Kapillarsperre - Beiträge zum Stand der Technik. - 27-44, Heidelberg (Springer).

Kombi-Kapillar-Dichtungssysteme zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten

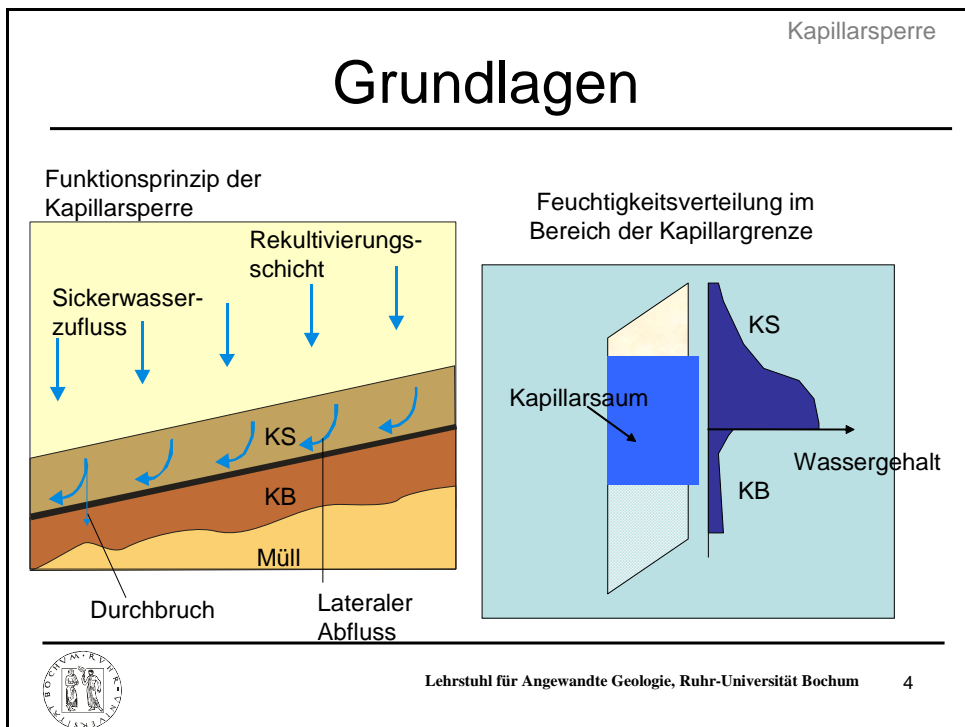
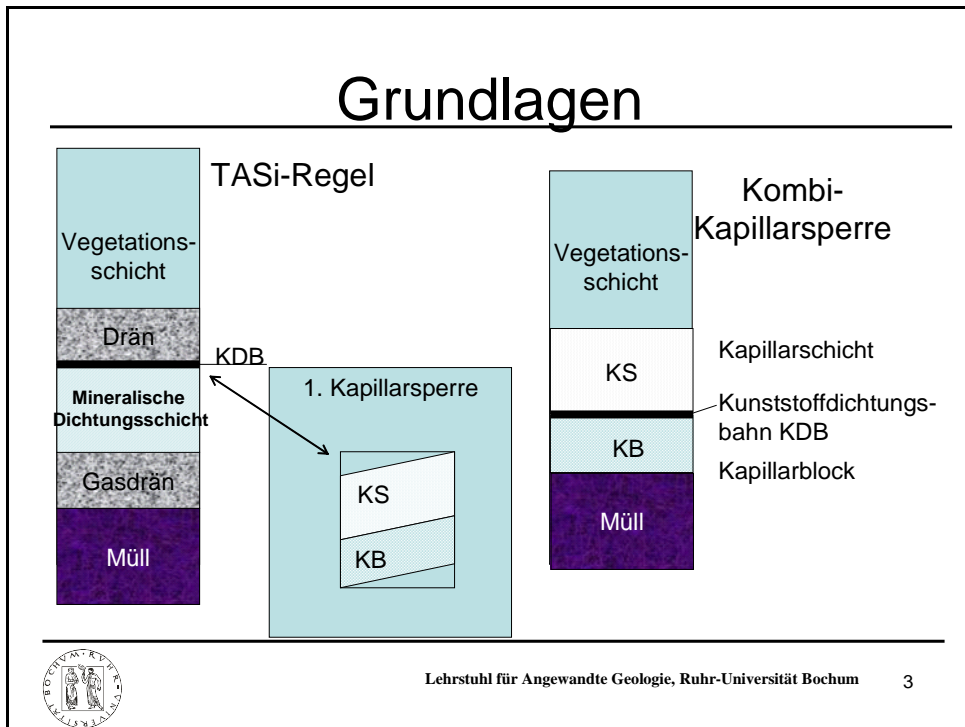
Prof. Dr. Stefan Wohnlich
Dipl.-Ing. Kathrin Bitomsky



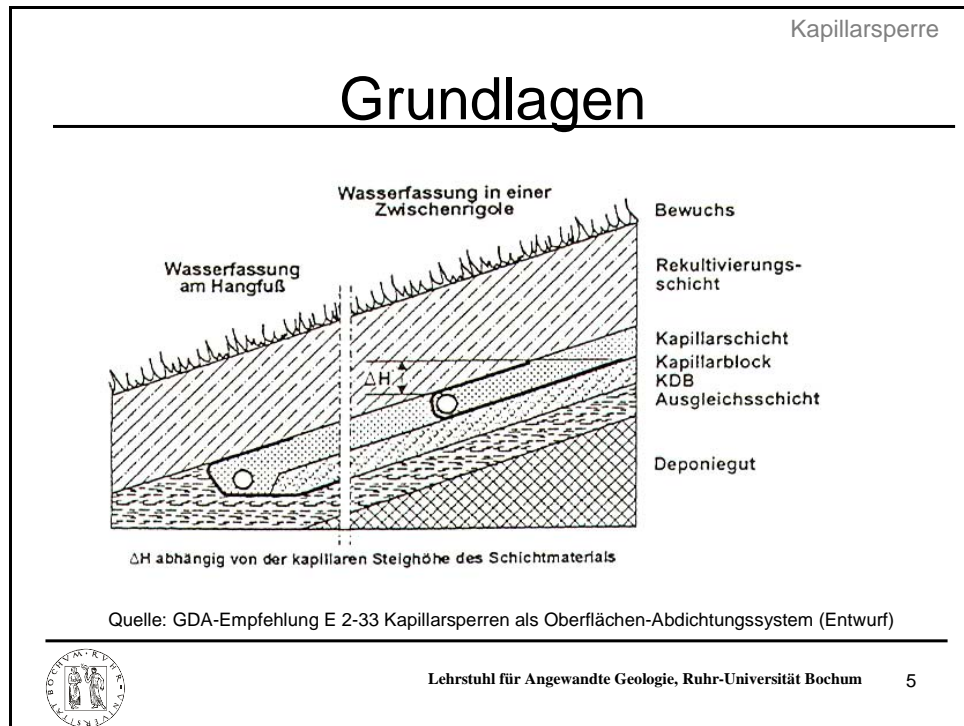
Übersicht

- Grundlagen
- Materialien und Voraussetzungen
- Einbau auf der Deponie
- Laborversuche Säule
- Laborversuche Großrinne
- Aktuelle Vorhaben





Die ungesättigte Durchlässigkeit der KS sowie ihr Wassergehalt sind deutlich größer als die des KB, daher fließt das Wasser hangparallel ab. Bei einer Überlastung der KS werden die Saugspannungen in beiden Schichten so gering, dass sie den Wasserdruck des in der KS gehaltenen Wassers nicht mehr tragen können. Wasser fließt dann in den ungesättigten Kapillarblock.



In den GDA-Empfehlungen sind mögliche Konstruktionen der Wasserfassung in Zwischenrigolen und am Hangfuß dargestellt. Die Kombi-Kapillarsperre funktioniert nach dem gleichem Prinzip. Zwischen KS und KB wird eine KDB eingelegt, dadurch entsteht eine TASI-konforme Kombinationsdichtung.

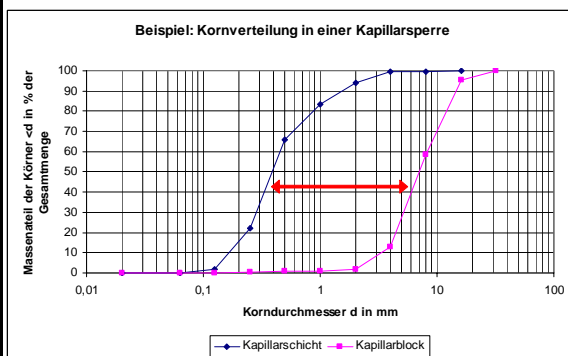
Materialien und Voraussetzungen

- **Kapillarschicht**
 - Sand der Körnung z.B. 0/1mm oder 0/2mm,
 - steile Kornverteilung,
 - wenig Feinstanteil,
 - keine quellfähigen Bestandteile
 - Schichtdicke mindestens 30cm
- **Kapillarblock**
 - Grobsand bis Feinkies z.B. 0,6/4mm, 2/5mm
 - keine Porosität der Körner
 - ausreichende Kornfestigkeit
 - Schichtdicke mindestens 20 cm
 - oder als Kapillarblockbahn in Gewebe, Dicke 2cm



Besonders wichtig für ein dauerhaftes Funktionieren der Kapillarsperre ist eine saubere Trennung zwischen KS und KB. Um bei Überlastung einen Eintrag der KS in den KB zu verhindern, müssen die verwendeten Materialien zueinander filterstabil sein.

Materialien und Voraussetzungen



- **Kunststoffdichtungsbahn**

- Dicke 2,5mm (TASi-konform)
- Strukturiert oder unstrukturiert
- Möglichst hydrophobe Eigenschaften

←→ Sprung von mindestens einer Dekade




Durch den Sprung der Korngrößen ergibt sich bei steiler Kornverteilung gleichzeitig ein Sprung in der Porengröße, welche zusammen mit der Wassersättigung die ungesättigte Durchlässigkeit beeinflussen.

Kombikapillarsperre

Materialien und Voraussetzung

- Hangneigung steiler 1:10
- Rekultivierungsschicht mit großer Speicherfähigkeit,
- Untersuchung in einem Großrinnenversuch
 - Materialkombination wählen
 - Minimale Hangneigung einstellen
 - ➔ Abschlagslänge wählen
 - ➔ Bestimmung der laterale Dränkapazität



Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Ruhr-Universität Bochum

8

Eine steilere Hangneigung hat eine größere laterale Dränkapazität zur Folge. Eine große Abschlagslänge spart den Einbau von vielen Zwischenrigolen und ist dadurch wirtschaftlicher.

Einbau auf der Deponie

- KB:
 - Einbau des Kapillarblocks (KB)
 - ggf. Verdichtung
 - Abziehen des KB auf Höhe und Glättung
- KDB:
 - Einbau der KDB auf KB, verschweißen der Nähte
- KS:
 - Einbau der KS bei steilen Hängen vor Kopf und von unten
 - ggf. Verdichtung und Glättung
 - Einbau der Rekultivierungsschicht



Die auf dem KB eingebaute KDB vereinfacht den Einbau der KS, da eine Durchmischung der Materialien nicht mehr möglich ist. Zusätzlich entfallen Schutzmaßnahmen des KB in Baupausen bevor die KS aufgebracht wird.

Einbau auf der Deponie



Deponie Heinersgrund,
Stadt Bayreuth




Baubeginn der Kapillarsperre war Frühjahr 1999. Auf dem Kapillarblock wird ein Geotextil eingebaut, um eine scharfe Trennung der Schichten zu vereinfachen. Auf der Deponie wurden zwei Großlysimeter mit einer Hanglänge von 30 m und einer Breite von 20 m gebaut. Die Hangneigung beträgt einmal 26°, beim anderen 10°.

Kombikapillarsperre

Laborversuche

- Säulenversuche
 - Bestimmung der kapillaren Steighöhe der KS
 - Wahl einer Materialkombination
 - Dauer: mehrere Tage
- Großrinnenversuche
 - Rinne Länge >5m
 - Untersuchung einer Materialkombination
 - Bestimmung der lateralen Dränkapazität
 - Dauer: mehrere Wochen

 Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Ruhr-Universität Bochum 11

Die Säulenversuche sind nicht in der Lage, die laterale Dränkapazität einer Materialkombination zu bestimmen, allerdings kann die generelle Eignung einer Kombination getestet werden. Der Arbeits- und Materialaufwand von Säulenversuchen ist deutlich geringer als bei Großrinnenversuchen.

Laborversuch Säule

- Abmessungen
 - Durchmesser z.B. 19cm, Höhe z.B. 70cm
- Versuchsablauf:
 - ca. 10cm mit KB füllen, verdichten,
 - ca. 50cm mit KS füllen, verdichten,
 - Füllen mit entlüftetem Wasser von unten,
 - Wasser ablaufen lassen,
 - Nach 3 bis 4 Tagen ausbauen,
 - Wassergehalt in Schichten von 2cm bestimmen

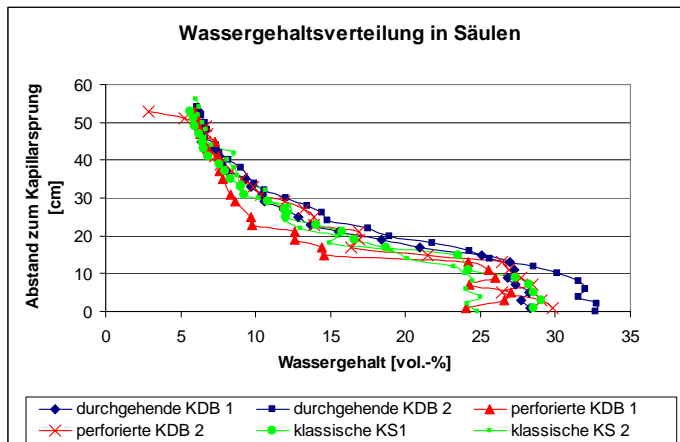


Laborversuch Säule



Der Einfluss einer KDB in der Trennschicht wurde anhand dieser Versuchsaufbauten getestet. Das Foto „durchgehende KDB“ soll eine fast intakte KDB mit kleinen Rissen darstellen, der offene Spalt am Rand hat eine Breite von 1 mm. Die „Perforierte KDB“ hat einen Randspalt von 1 mm und ist zusätzlich stark durchlöchert.

Laborversuch Säule



Ausbau der Kapillarschicht in Schichten von 2cm Dicke, Bestimmung des Wassergehalts



Die Wassergehalte der durchgehenden und der perforierten KDB liegen nicht unterhalb der Wassergehalte der klassischen KDB, weshalb die KDB keinen negativen Einfluss auf das kapillare Verhalten haben kann.

Laborversuch Großrinne



Befüllung der Großrinne in der Grundwasserhalle der Ruhr-Universität. Die Rinne ist zum Grundwassertag und der Einweihung der Grundwasserhalle am 29.9.2005 in die Universität umgezogen. Zuvor stand sie in der Firma CDM in Bochum.

Laborversuch Großrinne

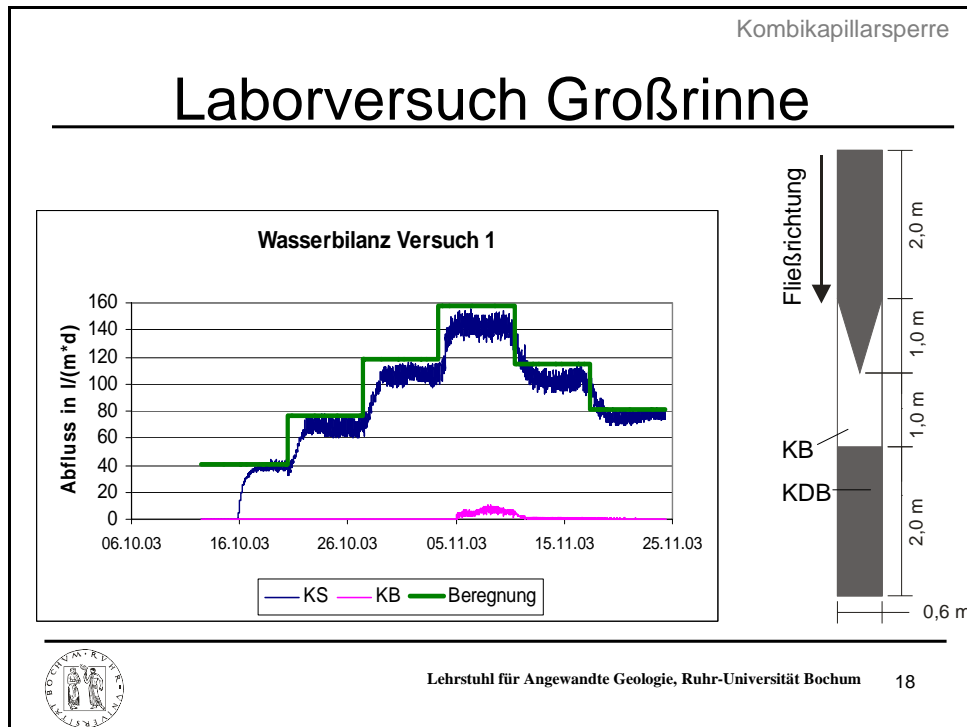
- Maße der Kipprinne
 - Länge 6,00 m, Breite 0,60m, Höhe 1,00m
- Beregnung
 - Tropfelemente von Gardena,
 - Konzentration der Tropfer im obersten Meter
 - 5m am Hangfuß mit natürlicher Beregnungsmenge



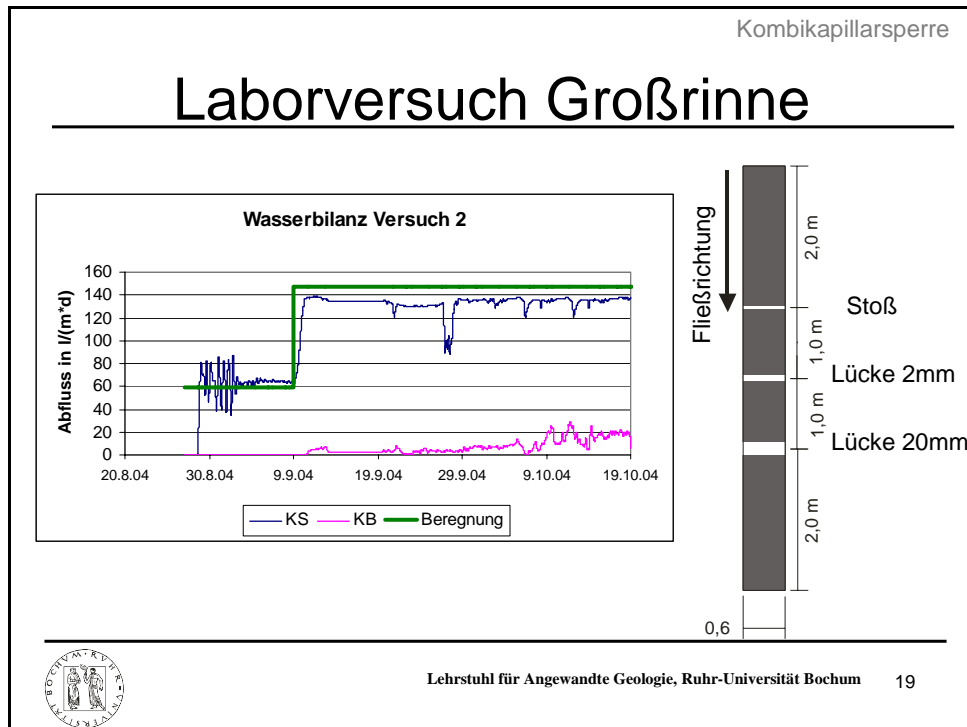
Laborversuch Großrinne

- Abflussmessung
 - KS und KB kontinuierlich über Wippwaagen
- Weitere Messgeräte
 - 6 Tensiometer, jeweils 2 übereinander in der KS,
 - 4 TDR-Sonden, jeweils 2 übereinander, eine in KS, eine in KB

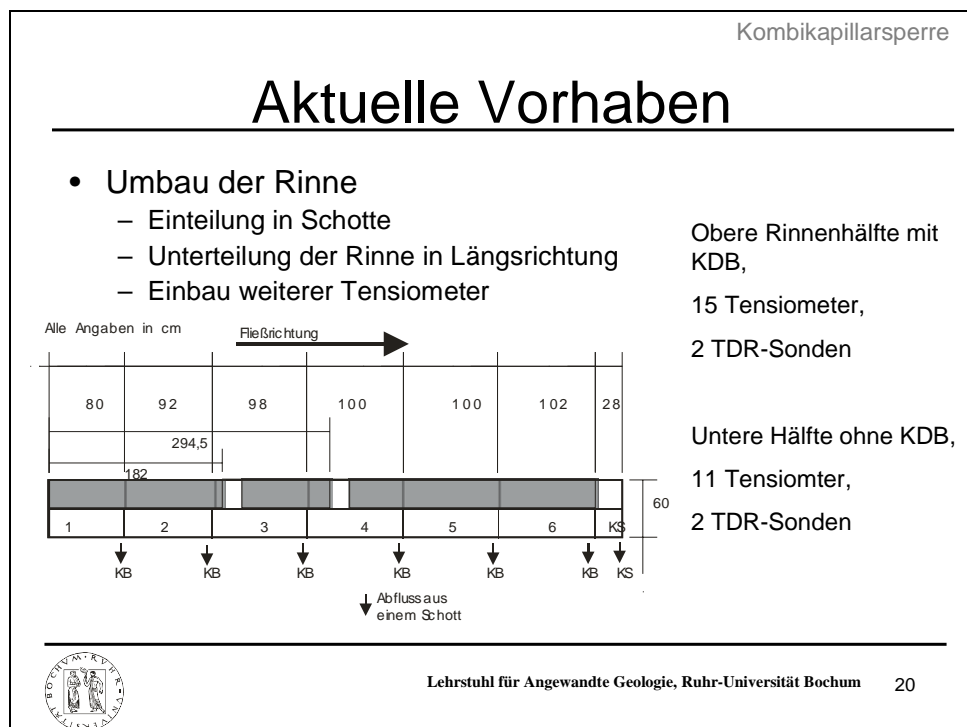




Erster Großrinnenversuch zur Eignung der Kombikapillarsperre. Es wurde eine keilförmig zugeschnittene KDB eingelegt, um ein verstärktes Abtropfen an der Spitze zu ermöglichen. Zusätzlich ist im unteren Rinnenbereich eine KDB eingelegt worden. Die ermittelte laterale Dränkapazität stimmt mit der aus einem vorherigen Versuch überein, der mit der gleichen Materialkombination und Hangneigung und einem in der Trennfläche eingelegten Geotextil durchgeführt wurde. Das Geotextil wies hydrophobe Eigenschaften auf.



Zweiter Großrinnenversuch, es soll der Einfluss der breite der Fehlstellen ermittelt werden. Es wurden Tracerversuche mit Salz durchgeführt und versucht, den Durchbruch an einer Fehlstelle zu lokalisieren. Die Durchbrüche am Stoß waren am geringsten.



Aktueller Versuchsaufbau, nach dem Umzug der Rinne in die Ruhr-Universität wurde sie erweitert. Es befindet sich jetzt dauerhaft eine Trennung der linken und rechten Rinnenhälfte im Kapillarblock. Zusätzlich ist der Kapillarblock in 6 Schotte eingeteilt. Ein Durchbruch kann dadurch besser lokalisiert werden. Die Anzahl der Messgeräte ist deutlich erhöht worden.