



Die Altdeponie Georgswerder ein Fallbeispiel für Bodenbelastung und Bodensanierung

G. Miehlich

Vortrag vor dem Arbeitskreis Umwelttechnik
e.V.

an der Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg

06.04.2006

Dies ist die Internet-Fassung eines Vortrags. Sie ist zur Information der Teilnehmer der Veranstaltung und anderer am Thema Interessierter bestimmt.

Die Weiterverwendung von Bildern des Autors (alle nicht zitierten Bilder) ist nur nach Rücksprache möglich (G.Miehlich@ifb.uni-hamburg.de).

Der Vortrag enthält Bilder aus Publikationen und von anderen Autoren, die gesondert zitiert sind.

Themen

- Chronik einer Altdeponie
- Aufbau der Altdeponie und ihres Untergrunds
- Gefährdungspotential und Sanierungskonzept
- Oberflächenabdichtung der Altdeponie
- Modellversuche zum Wasserhaushalt von Deponieabdichtungen
- Kosten der Sanierung
- Bodenkunde in Hamburg

Einführung



Lena Miehlich

Chronik einer Altlast

Chronik der Deponie Georgswerder I

(Quellen: Sanierung der Deponie Georgswerder, Umweltbehörde 1988; Gutachten IGB 1986; Sondermüll, Umweltschutzgruppe Geowissenschaften/Physik 1988; 2. Parlamentarischer Untersuchungsausschuß 1985)

1935 Müllkippe der Stadt Harburg-Wilhelmsburg

ab **1945** Deponie der Hamburger Stadtreinigung (Trümmerschutt, Bauschutt, Hausmüll, Sperrmüll)

1956 Das Hamburger Gewerbeaufsichtsamt weiß durch Fälle von Chlorakne, daß das hochgiftige 2,3,7,8 Tetrachlordibenzodioxin (TCDD) bei der FA Boehringer anfällt. Das Amt fragt sich nicht, wo das Dioxin bleibt.

1960 Das Wasserhaushaltsgesetz tritt in Kraft, mit dessen Hilfe ökologisch bedenkliche Deponien hätten verhindert werden können.

Chronik einer Altlast

- 1960** Das Wasserhaushaltsgesetz tritt in Kraft, mit dessen Hilfe ökologisch bedenkliche Deponien hätten verhindert werden können.
- ab 1967** Zulassung privater Betreiber auf der Deponie; zusätzliche Ablagerung von Sondermüllabfällen in vier Erdbecken, die im Hausmüll errichtet werden (der Hausmüll sollte die austretenden Flüssigkeiten "aufsaugen").
- 1968** Feststellung, daß private Betreiber gegen die "Allgemeinen Bedingungen für die Ablagerung von Industrieabfällen" verstoßen. Der 2. PUA 1985: "mangelnde Kooperationsbereitschaft und bewußtes Täuschen der Behörden". Dies blieb jedoch ohne Auswirkung auf die Ablagerungspraxis.
- ab 1970** Einlagerung von flüssigen und pastösen Industrieabfällen in sechs mit Kunststoff ausgekleidete Becken, Einrichtung von Faßlagern.

Chronik einer Altlast

1971-
1973

1. Parlamentarischer Untersuchungsausschuß: Er fordert zur Schadensabwehr bezüglich der Gefährdung durch die Deponie Georgswerder: Kontrolle der Anlieferung durch besonders geschulte Mitarbeiter, Untersuchung über mögliche Grundbrüche unter der Deponie, optimale Reinigung der Abwässer, laufende chemische und hygienische Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser. Der 2. PUA 1985 stellt fest, daß die Aufträge nicht oder nur unzureichend erfüllt wurden (z.B. Analyse der Wässer erst seit 1980). Er konstatiert "der erforderliche wissenschaftliche-technische Sachverstand war und ist in den zuständigen Behörden nicht vorhanden" und eine "eigenartige Inaktivität der Behörden und des Senats bezüglich des Sondermülls".

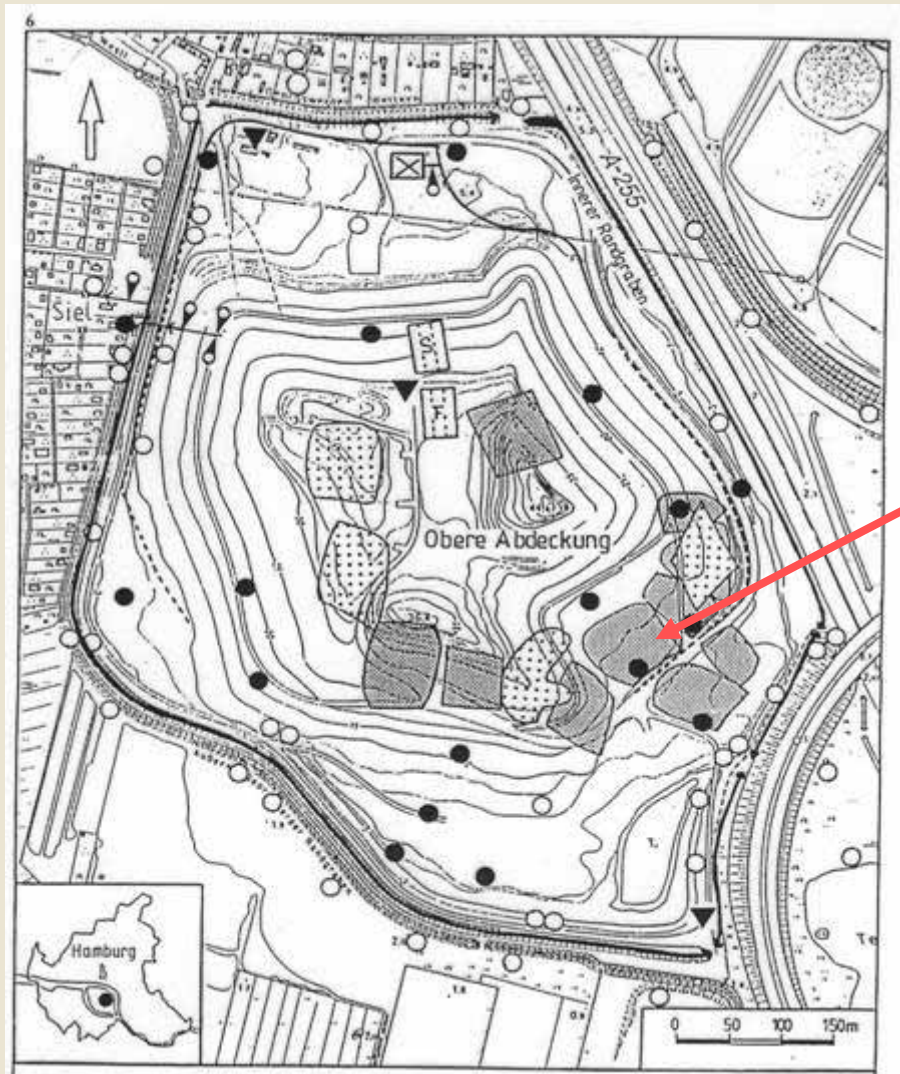
1974

Einlagerungsstop für Sonderabfälle. Es wurden mehr als 150.000m³ flüssige Abfälle und mehr als 100.000 Fässer abgelagert. Hauptanlieferer sind die Chemische und die Mineralölindustrie. Nach Auswertung der Anlieferungs- bzw. Begleitscheine wurden Abfälle verschiedenartigster Zusammensetzung deponiert, darunter von Boehringer 13-26 t Gesamtdioxin, die etwa 4,5 kg 2,3,7,8 TCDD enthielten. Der 2. PUA (1985) stellt fest, daß Boehringer auch TCDD-haltige Abfälle ohne Ablagerungsgenehmigung zusammen mit anderen genehmigten Abfällen "entsorgt" hat.

Chronik einer Altlast

- 1976** Giftgasalarm in Seveso, TCDD als Ursache festgestellt; die Behörden fragen sich immer noch nicht, wo das TCDD der FA Boehringer bleibt.
- 1979** Einlagerungsstop für übrige Abfälle. Es wurden insgesamt ca. 14 Mio m³ Abfall auf einer Fläche von ca. 44 ha abgelagert, der sich inzwischen durch biologischen Abbau und Verdichtung auf ca. 7 Mio m³ verringert hat.
- 1979** Beginn der Rekultivierung der Deponie und Gestaltung als Naherholungsgebiet.
- 1983** Nachweis von 2,3,7,8 TCDD in der öligen Phase der aus der Deponie austretenden Sickerflüssigkeit.
- 1984 - 1985** 2. Parlamentarischer Untersuchungsausschuß (vgl. mehrere Zitate oben).
- ab 1984** Entwicklung eines Sanierungskonzeptes.
- ab 1985** Maßnahmen zur Sanierung der Deponie.
- 1995** Abschluß der Sanierungsarbeiten
- 1995-?** Dauerüberwachung und Reparatur der Sicherungsanlagen

Aufbau der Altlast und ihres Untergrunds



Lage der Flüssigkeitsbecken
und Fasslager

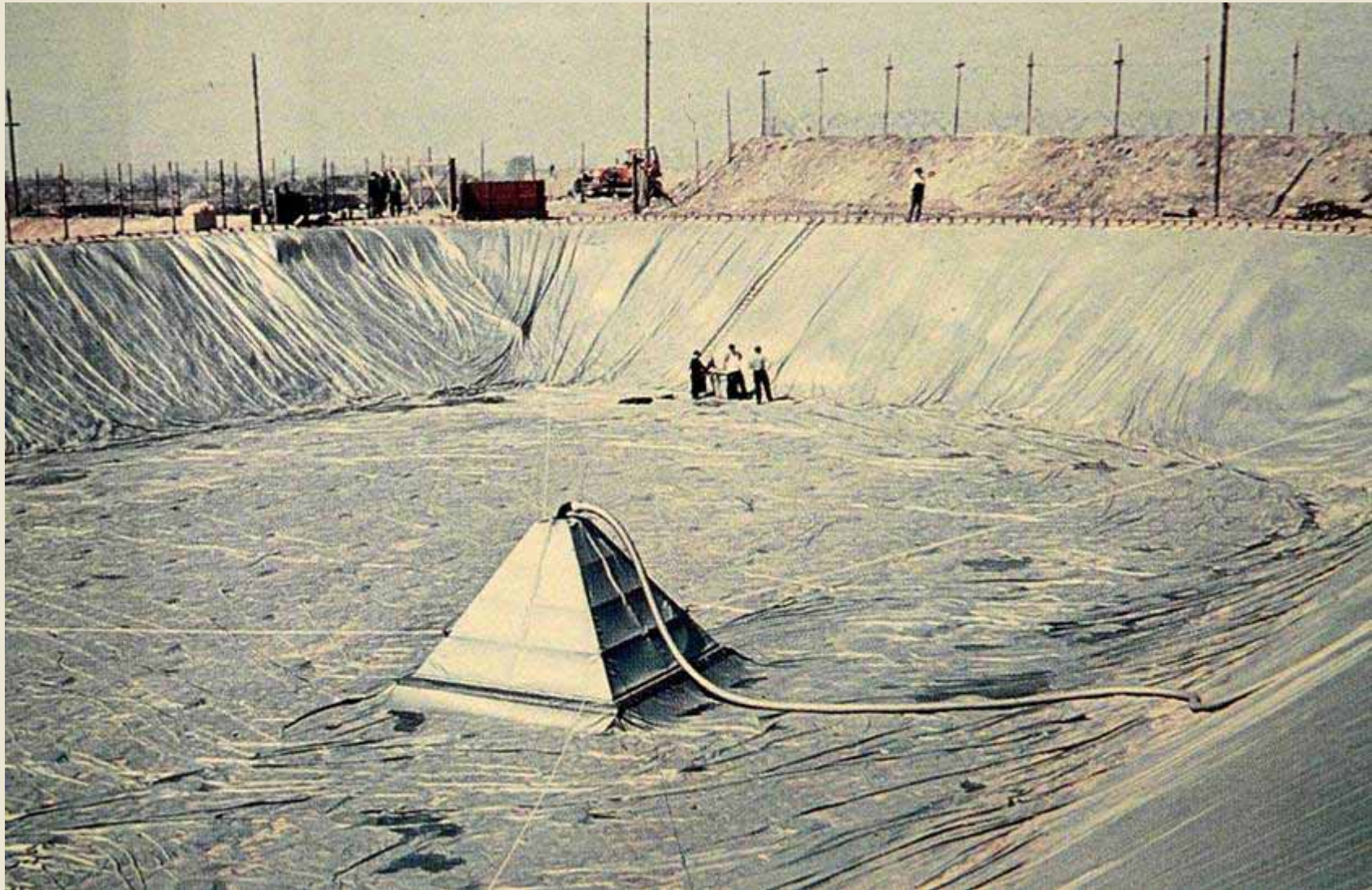
- ▼ Lage der Beobachtungsstellen für Niederschlag,
- Oberflächenabfluss, Stau-
- und Grundwasserstand

Gefährdungspotential und Sanierungskonzept



Fasslager

Gefährdungspotential und Sanierungskonzept



Mit Plastikplane ausgekleidetes Flüssigkeitsbecken

Umweltbehörde Hamburg o.J.

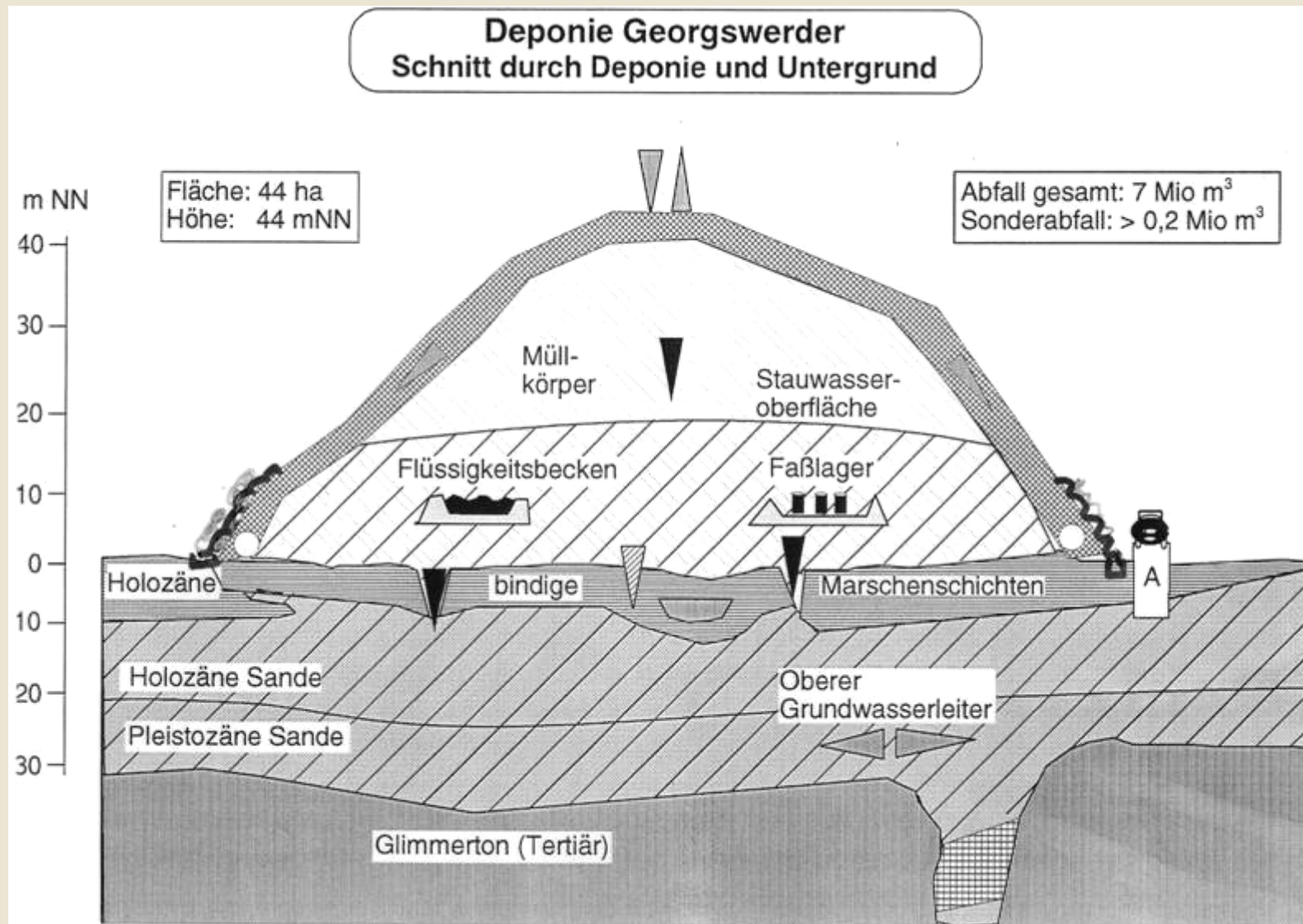
Gefährdungspotential und Sanierungskonzept



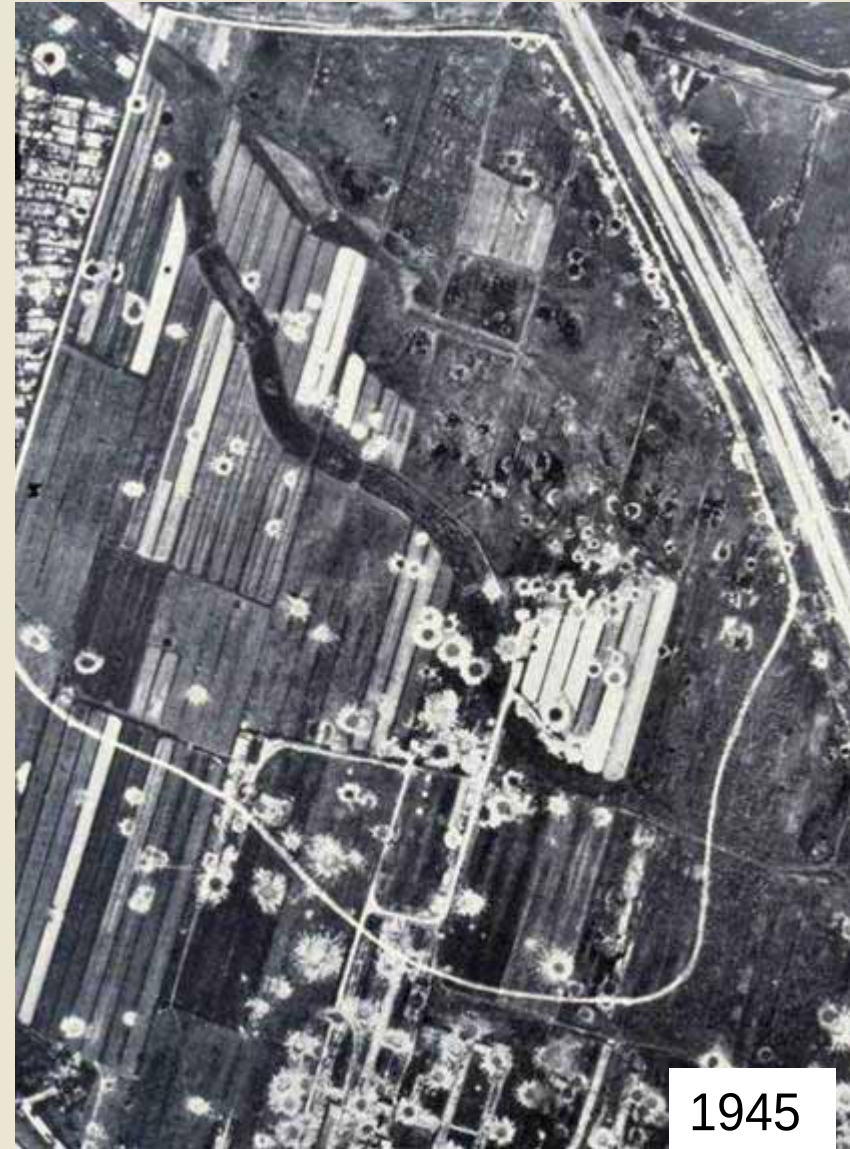
Befülltes Flüssigabfallbecken

Umweltbehörde Hamburg o.J.

Aufbau der Altlast und ihres Untergrunds

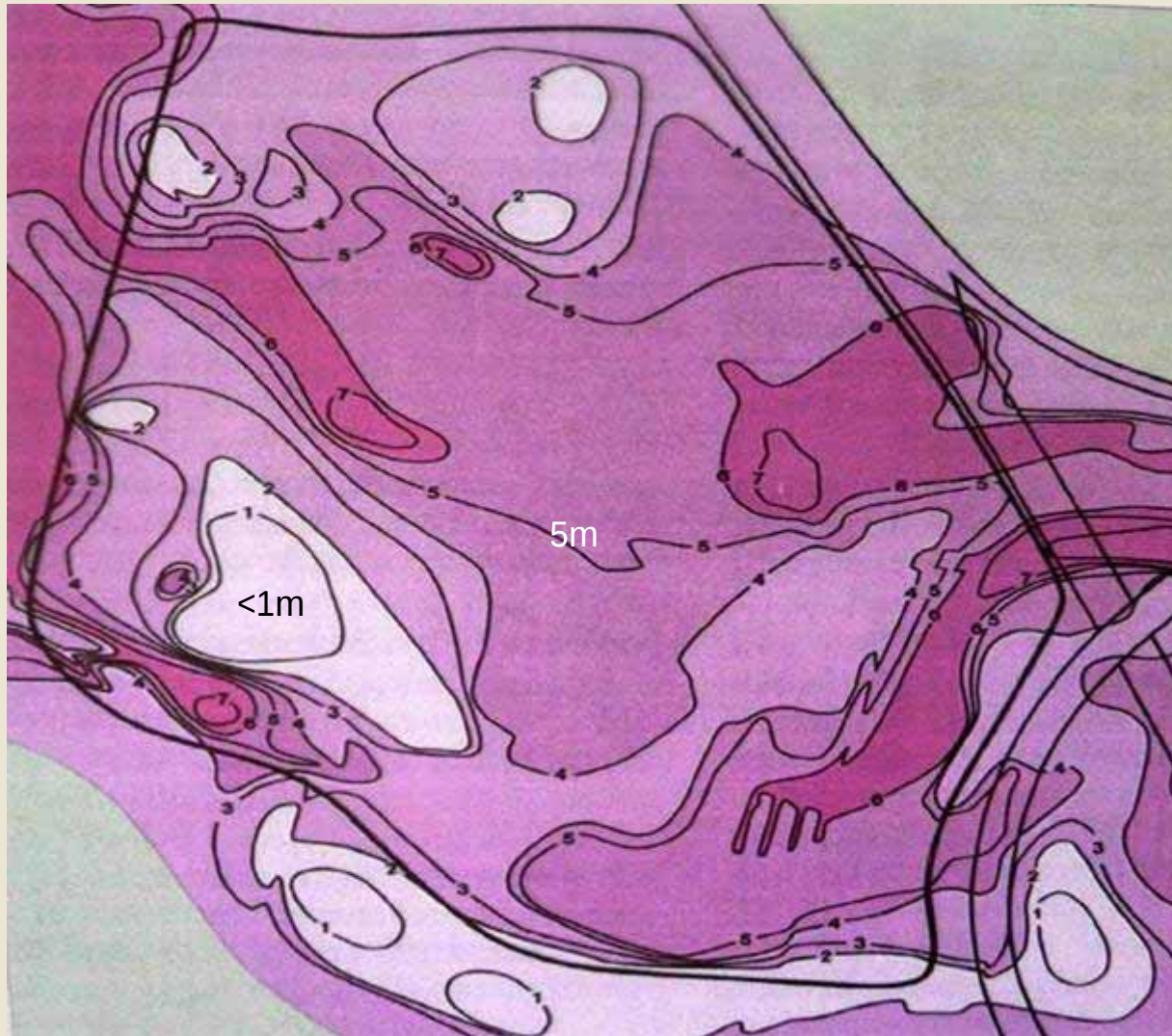


Aufbau der Altlast und ihres Untergrunds



1930: Marschenlandschaft, 1945 durch Kleiabbau und Bomben-Einschlags-trichter stark veränderter Untergrund.

Aufbau der Altlast und ihres Untergrunds



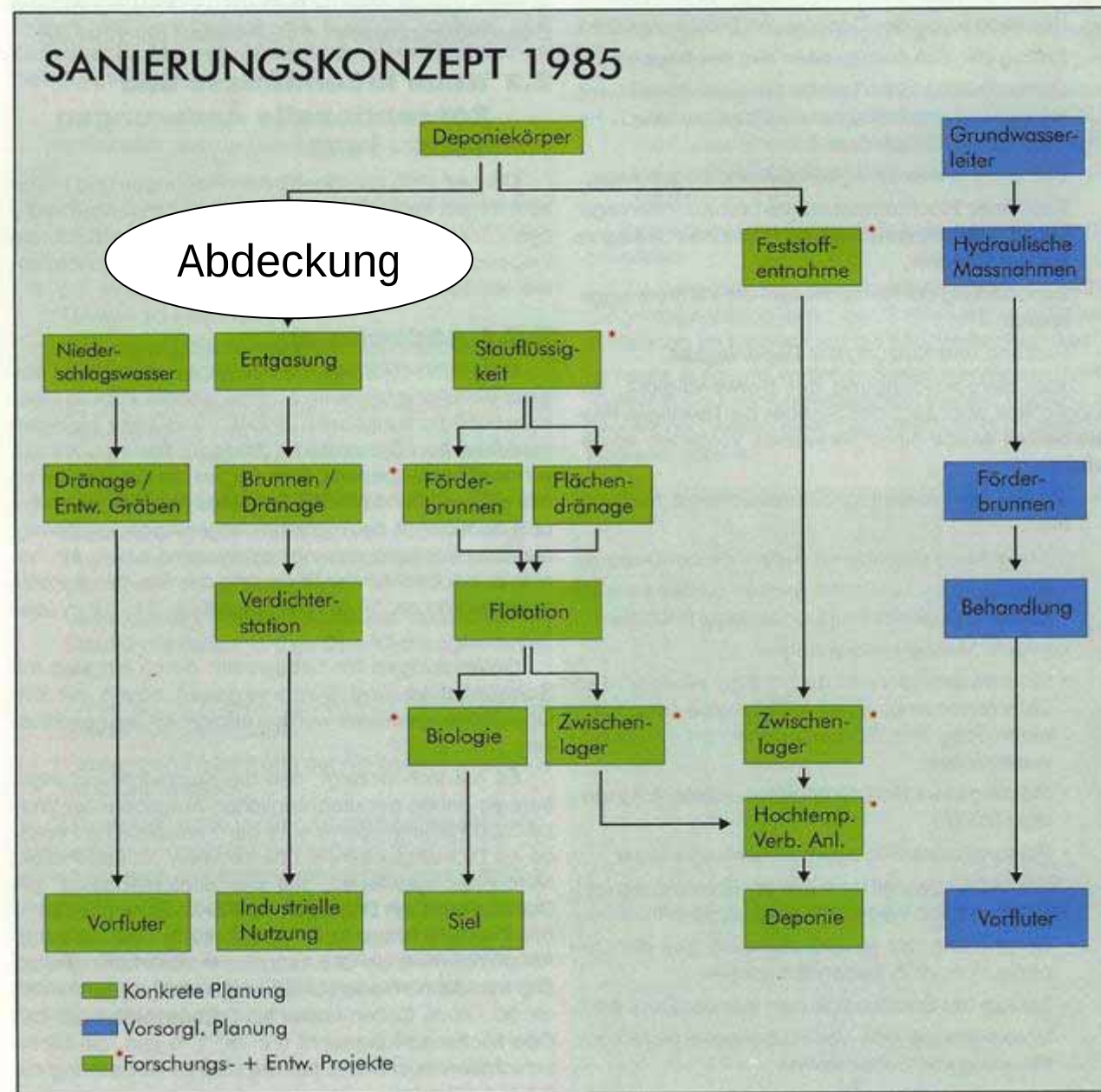
Durch Kleiabbau ist die Mächtigkeit der bindigen Schichten teilweise geringer als 1 Meter.

Umweltbehörde Hamburg 1988

Gefährdungspotential und Sanierungskonzept

- **Methode**
Abschätzung auf der Basis von Anlieferungs- und Begleitscheinen
- **Ergebnis**
Auf einer Fläche von ca. 44 ha wurden zwischen 1948 und 1979 ca. 14 Mio m³ Abfälle abgelagert, die sich durch Setzung und biologischen Abbau auf ca. 7 Mio m³ reduziert haben.
- **Hauptbestandteile**
Haus- und Sperrmüll; Bodenaushub, Bauschutt
- **Sonderabfälle**
insgesamt > 200.000 m³
10 Flüssigkeitsbecken (> 150.000 m³)
4 Faßlager (> 100.000 Fässer = 20.000 m³)
- **Sonderabfallarten**
Bitumöse Rückstände, diverse Ölabfälle, Industrieschlämme, Chlorkohlenwasserstoffe (CKW; Tri-, Perchlorethylen, Hexachlorcyclohexane HCH, 13 - 16t Gesamtdioxin, darunter 4,5 kg 2,3,7,8- Tetrachlordibenzodioxin TCDD, Chlorbenzole, Chlorphenole, polychlorierte Biphenyle PCB), Aromatische Lösungsmittel (Benzol, Toluol, Xylol), Polyaromatische Kohlenwasserstoffe PAK (Naphtalin)

Gefährdungspotential und Sanierungskonzept



Oberflächenabdichtung der Altdeponie

Funktionen:

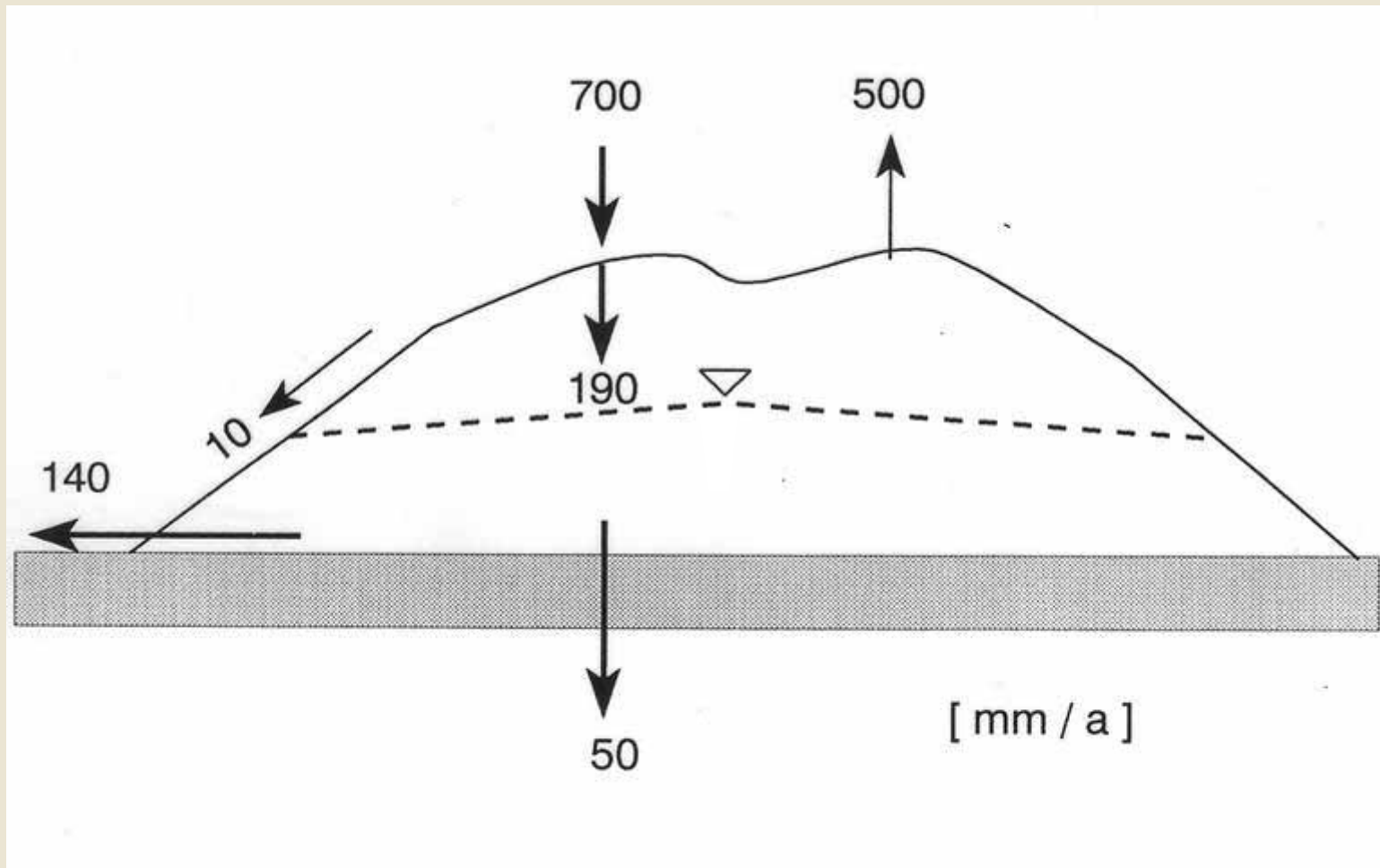
- o Minimierung der Einsickerung von Niederschlagswasser in die Deponie
- o Unterbindung des Kontakts zwischen den abgelagerten kontaminierten Stoffen und der Biosphäre
- o Verhinderung des Austritts von Deponie-Sickerwässern in die Oberflächengewässer
- o (meist) Standort für Vegetation

Anforderungen:

- o Langfristig stabil gegen Erosion, Temperaturveränderungen, (Beständigkeit der Abdeckung gegen Frost, und Austrocknung), Ausfällungen (Verockerung der Dränschichten, Ablagerung von Gaskondensat), Setzung, Durchwurzelung, wühlende Tiere, Sickerwasser
- o Einfach, sicher und schnell zu planen, zu bauen und zu überwachen
- o Kostengünstig zu erstellen und zu betreiben

Oberflächenabdichtung der Altdeponie

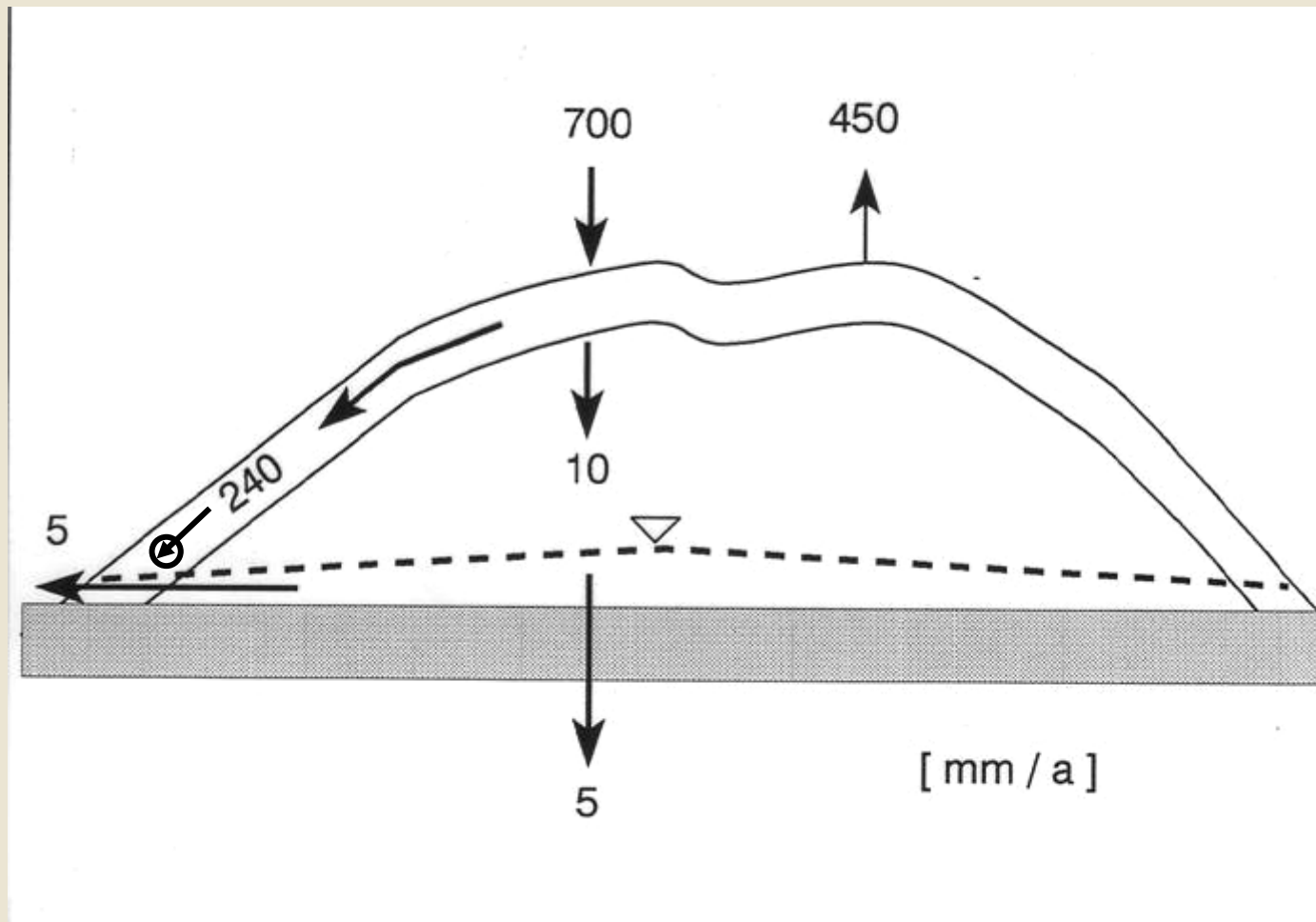
Abschätzung des Wasserhaushalts der Deponie vor der Sanierung



nach Bortz 1989

Oberflächenabdichtung der Altdeponie

Abschätzung des Wasserhaushalts der Deponie nach der Sanierung



nach Bortz 1989

Oberflächenabdichtung der Altdeponie

Altdeponie Hamburg-Georgswerder



Die obere
Abdeckschicht
wurde in zwei
Bauabschnitten
erstellt

Oberflächenabdichtung der Altdeponie

Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems



Vegetation

Rekultivierungsschicht

Geotextil

Entwässerungsschicht

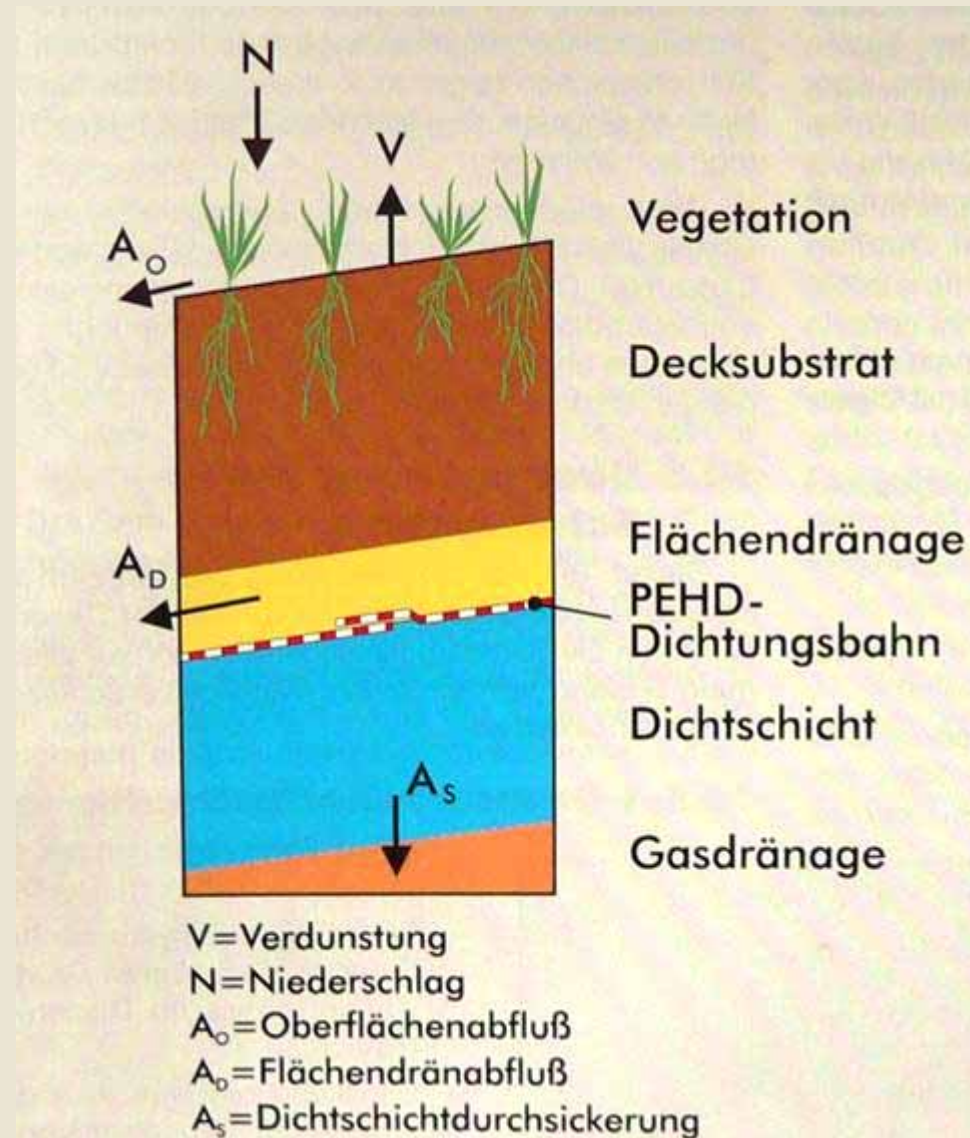
Kunststoffdichtungsbahn (KDB)

**Bindige mineralische Dichtung aus
Geschiebemergel**

**Dichtungsaufleger:
Ausgleichsschicht und Gasdränage**

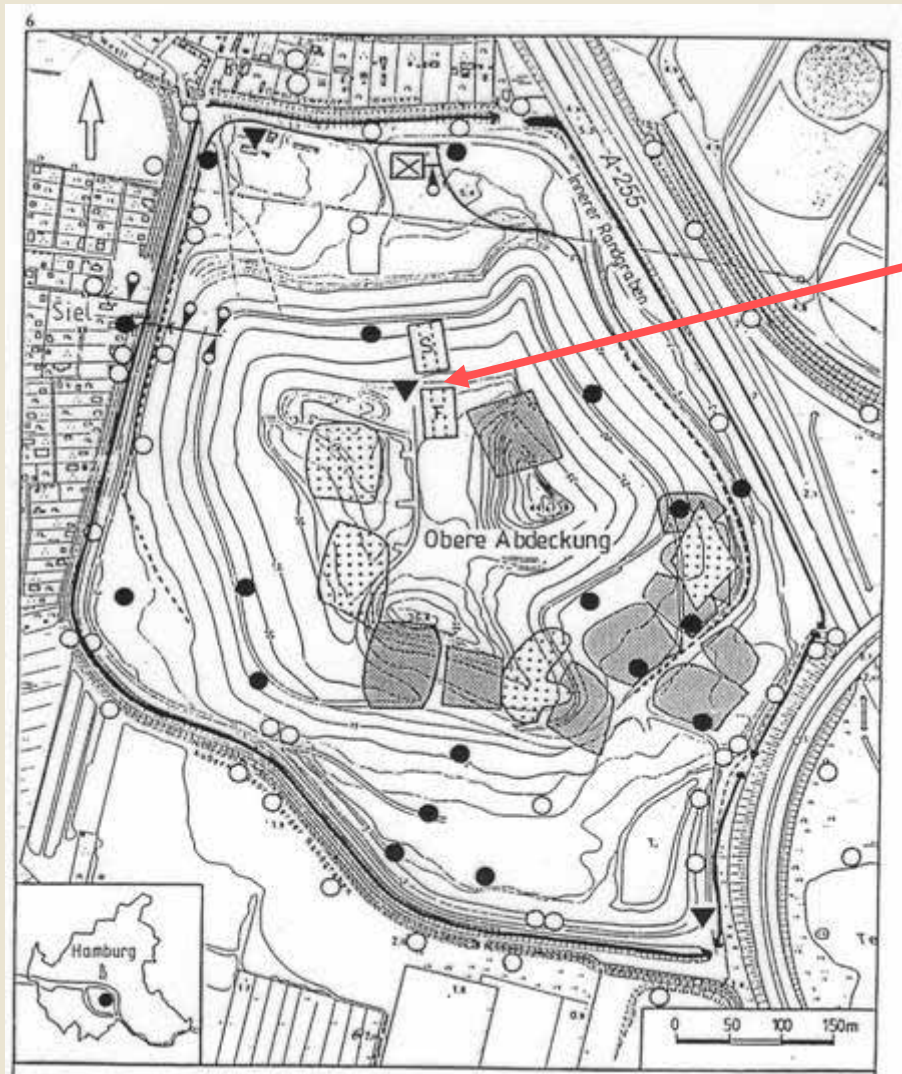
Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Forschungsschwerpunkt: Wasserhaushalt von Depnieabdicksystemen



Stefan Melchior 1993

Aufbau der Altlast und ihres Untergrunds



Lage der Testfelder

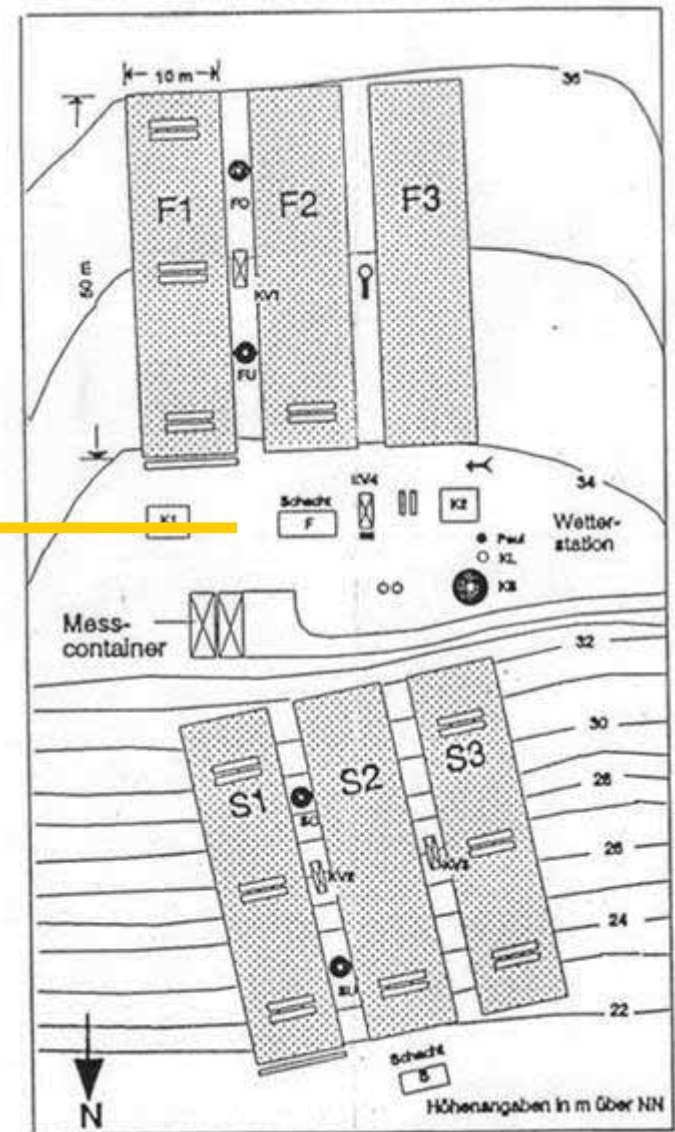
- ▼ Lage der
- 📍 Beobachtungsstellen für Niederschlag,
- Oberflächenabfluss, Stau-
- und Grundwasserstand

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfelder in der Deponie Hamburg-Georgswerder



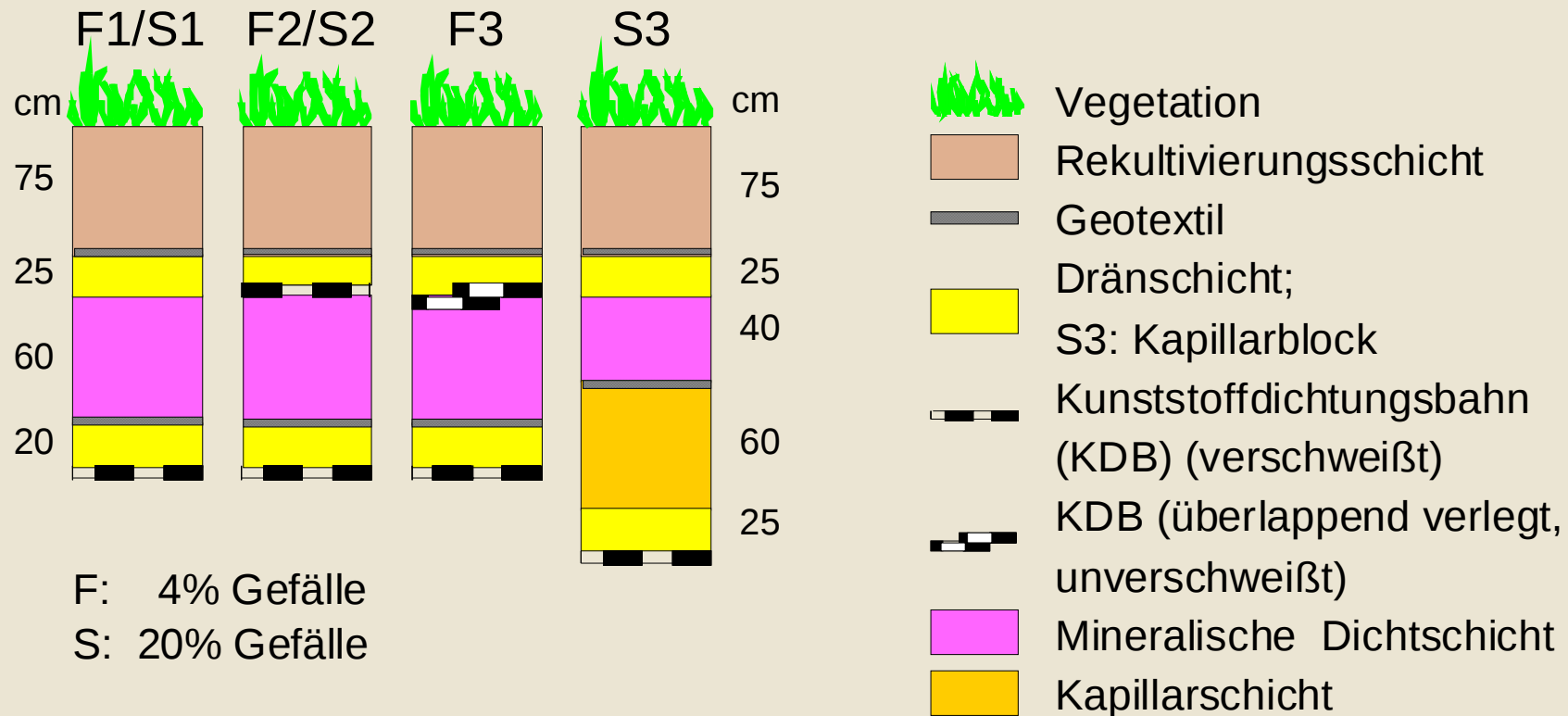
Umweltbehörde Hamburg o.J.



Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfeldvarianten



F1/S1

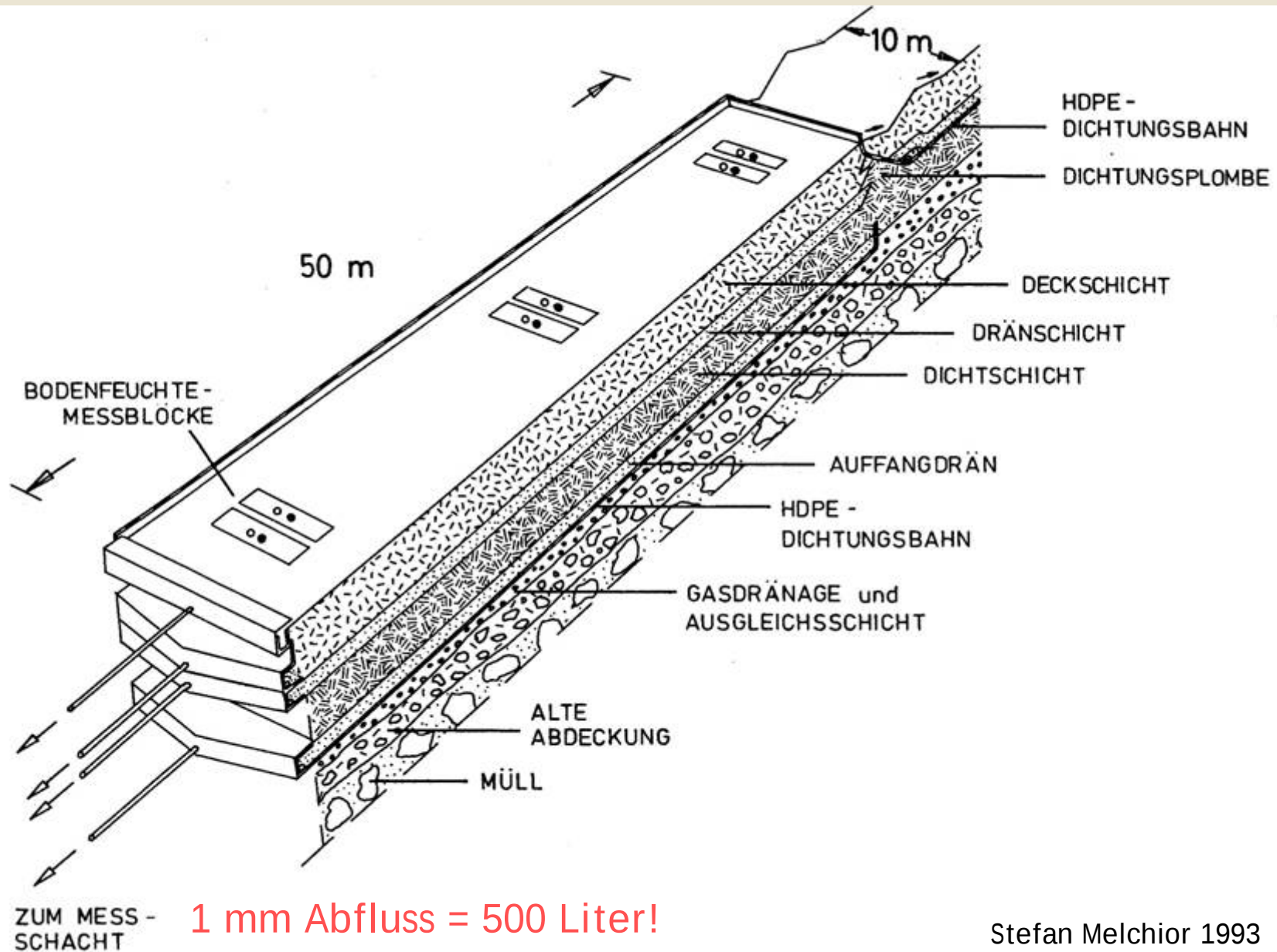
F2/S2, F3

etwa Anforderung Deponieklasse 1

etwa Anforderungen Deponieklasse 2, 3

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Aufbau der Testfelder auf der Deponie Georgswerder



Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfeldbau im technischen Maßstab



Foto: S. Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfeldbau im technischen Maßstab



Foto: S. Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfeldbau im technischen Maßstab



Foto: S. Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

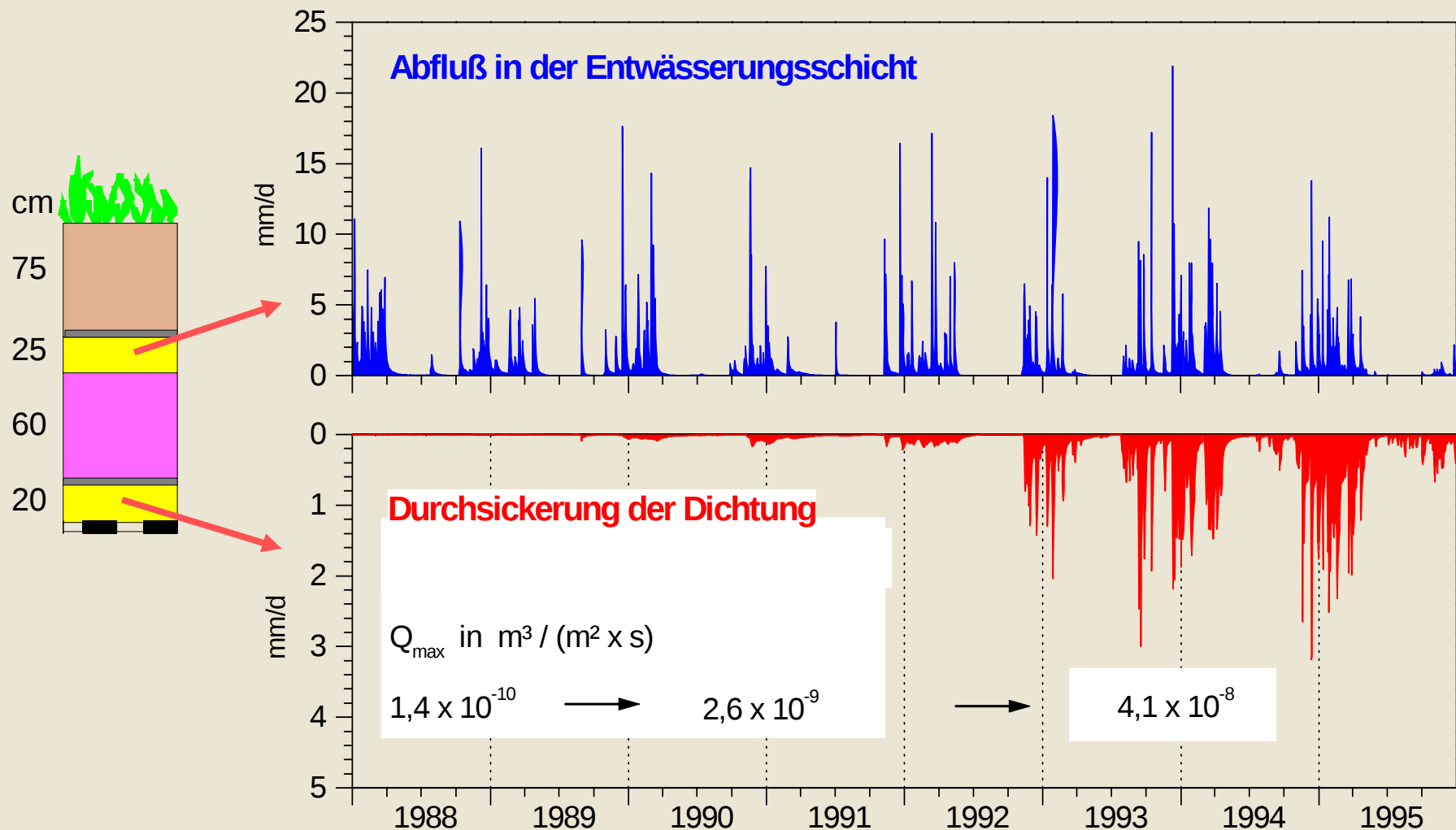
Testfeldbau im technischen Maßstab



Foto: S. Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

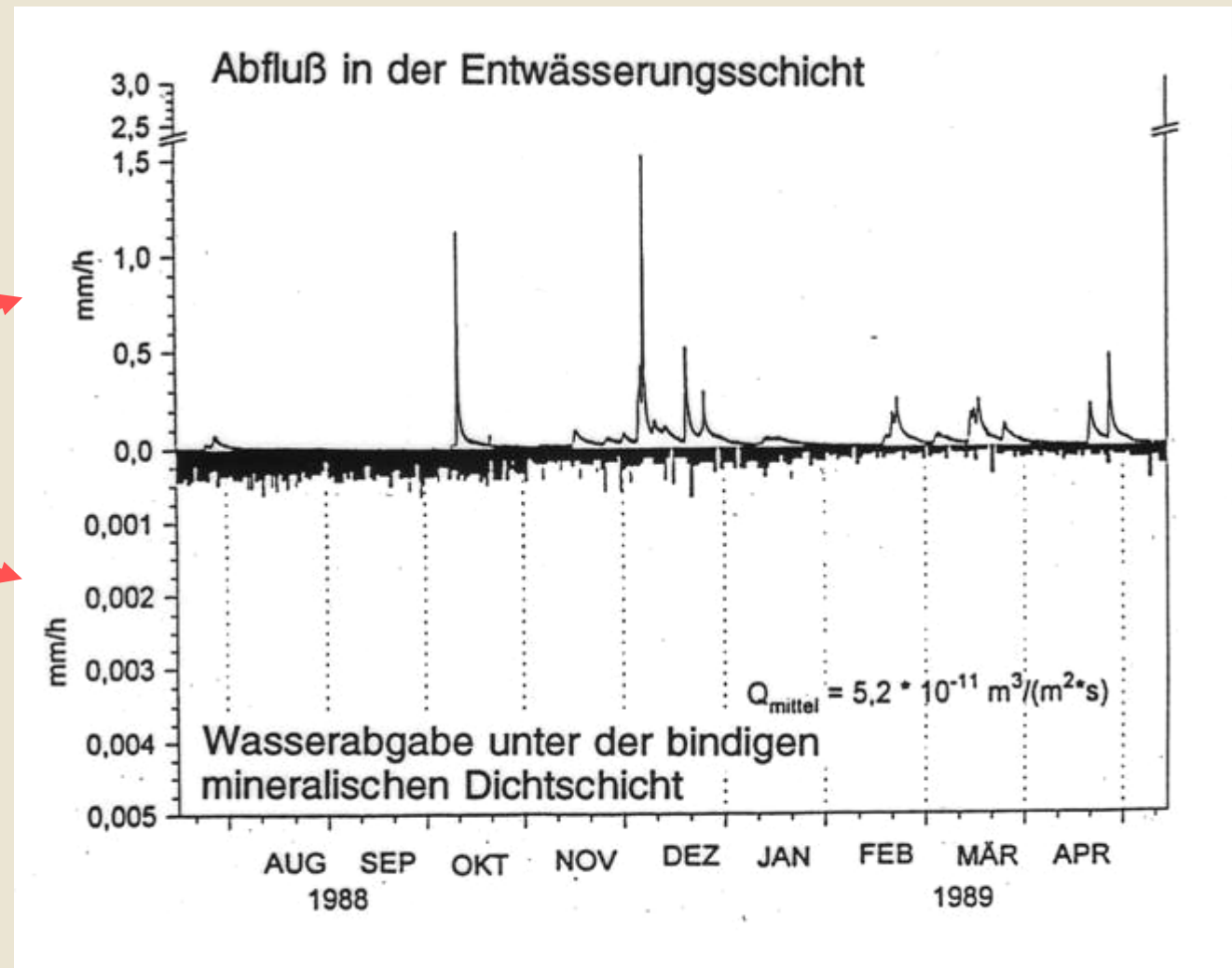
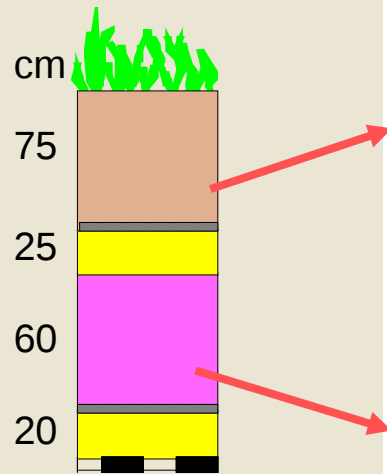
Deponie Georgswerder - Testfeld S1



Abflüsse aus der Entwässerungsschicht und
Durchsickerung der Dichtung: Übersicht

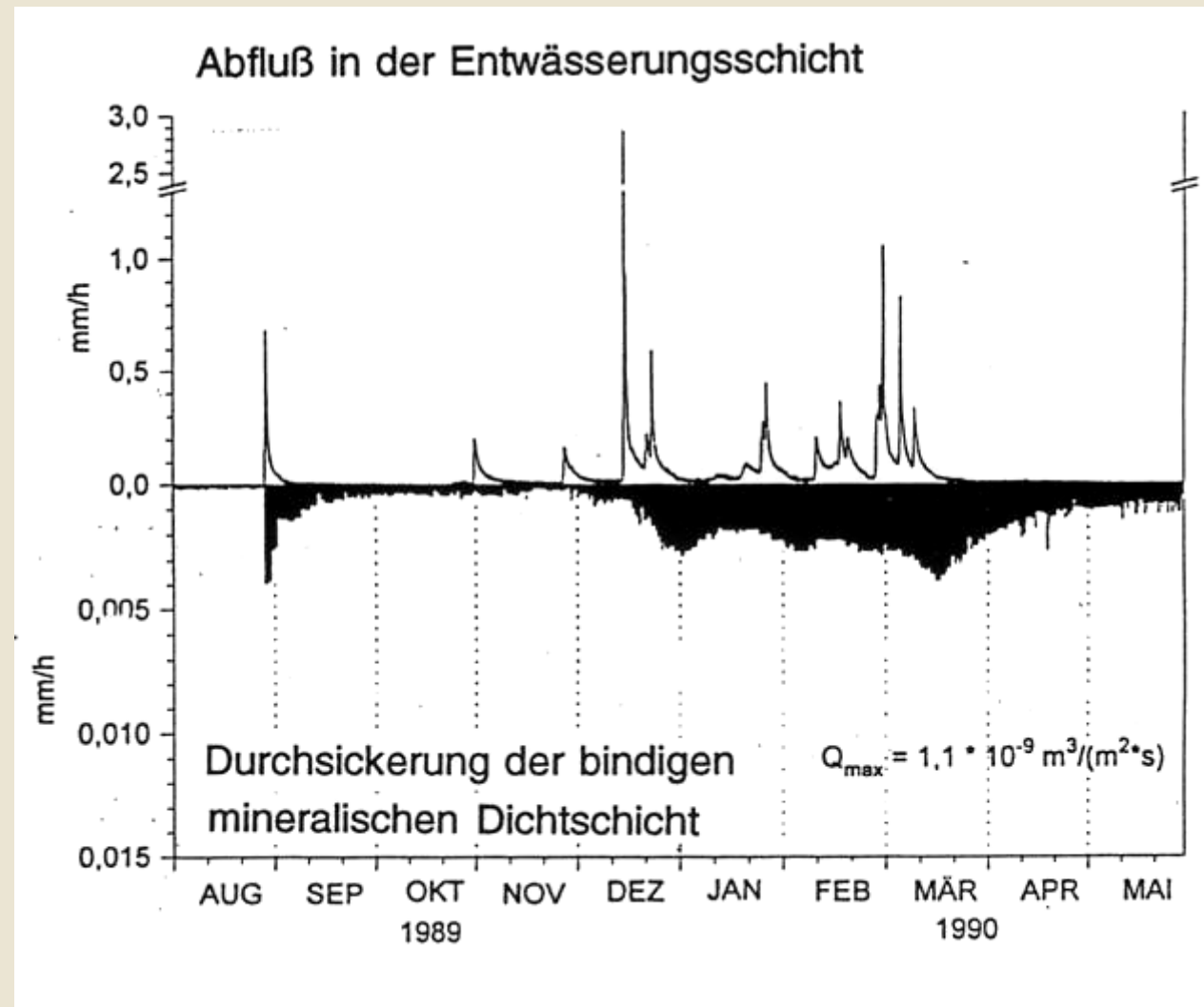
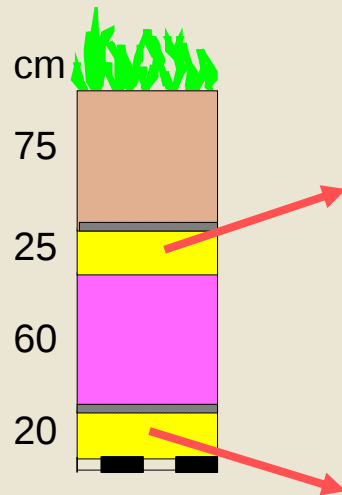
Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Durch die Auflast der oberhalb liegenden Rekultivierungsschicht wird zu Beginn des Versuchs aus der bindigen mineralischen Dichtschicht Porenwasser abgegeben. Beachten Sie die unterschiedlichen Maßstäbe

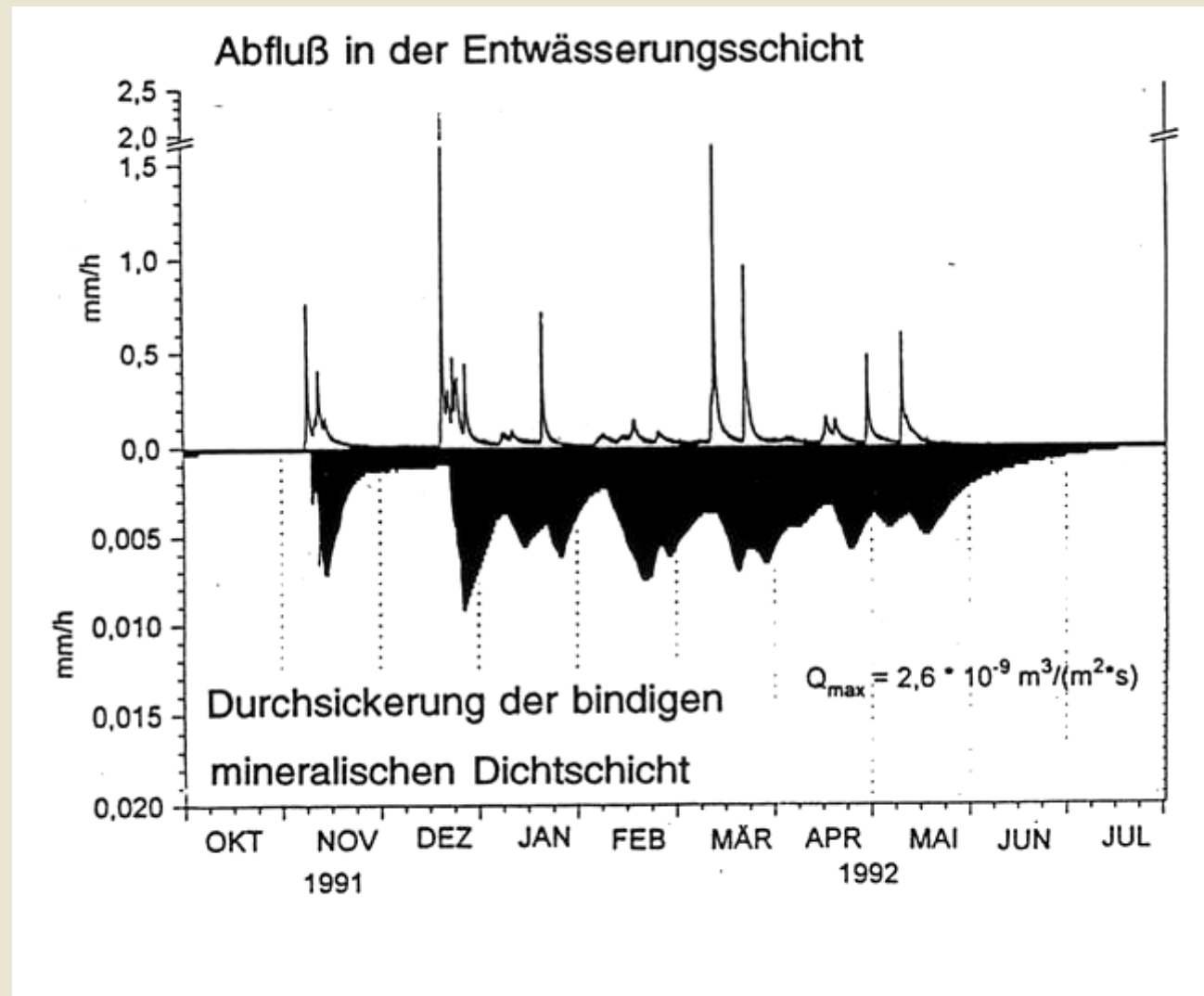
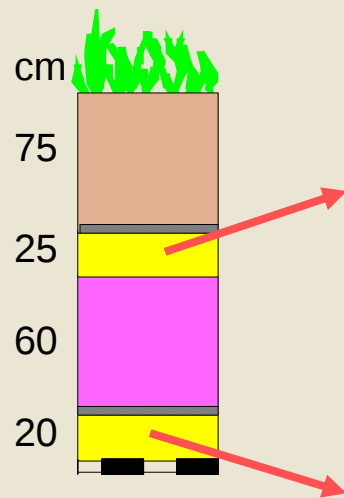
Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Beim ersten Starkregenerereignis nach einem sehr trockenen Sommer beginnt schlagartig die Durchsickerung der mineralischen Dichtschicht, die von da an verzögert jedem Niederschlagsereignis folgt.

Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

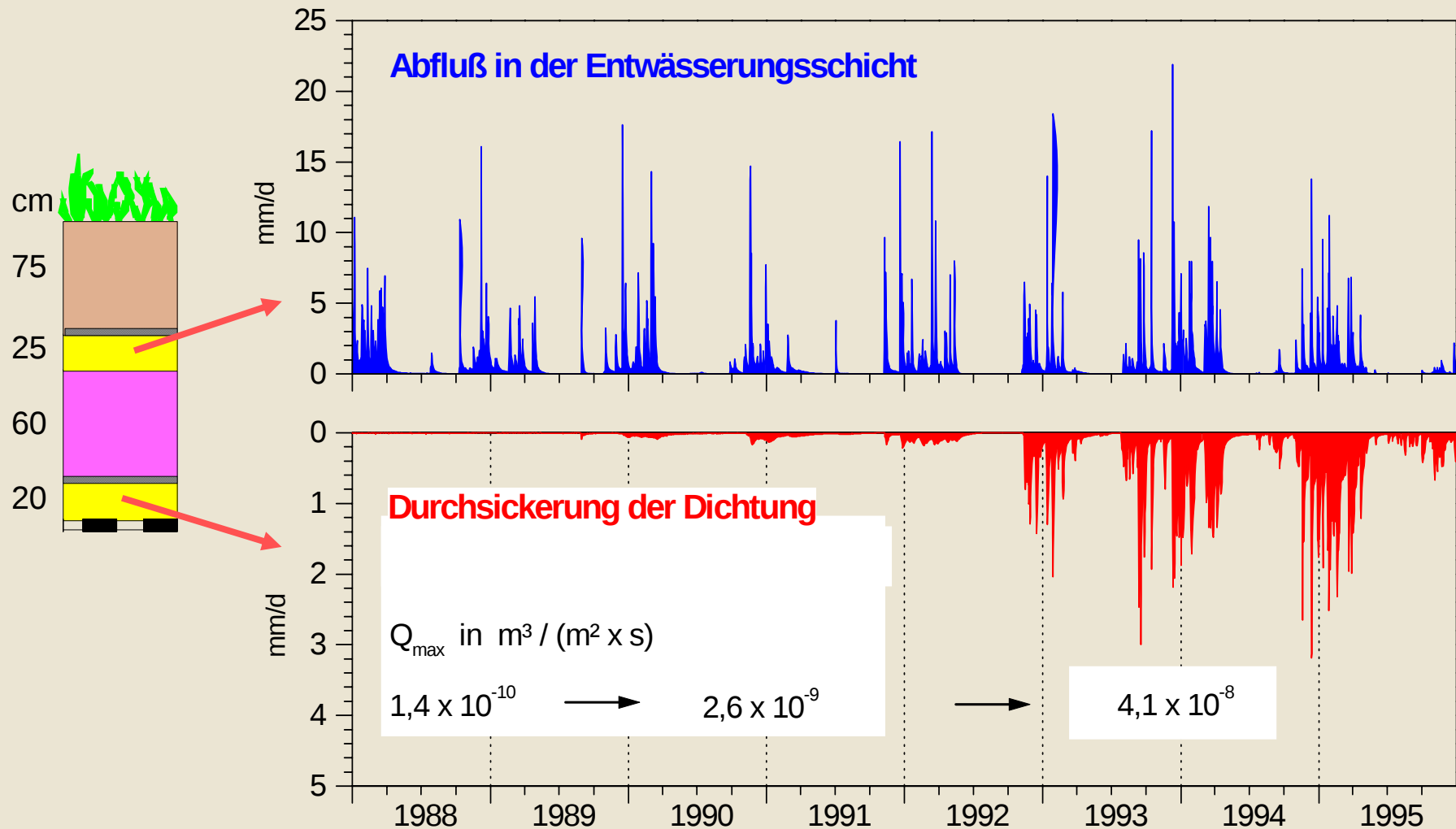


In den Folgejahren werden die Abstände zwischen Niederschlag und Versickerung immer kürzer

Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Deponie Georgswerder - Testfeld S1

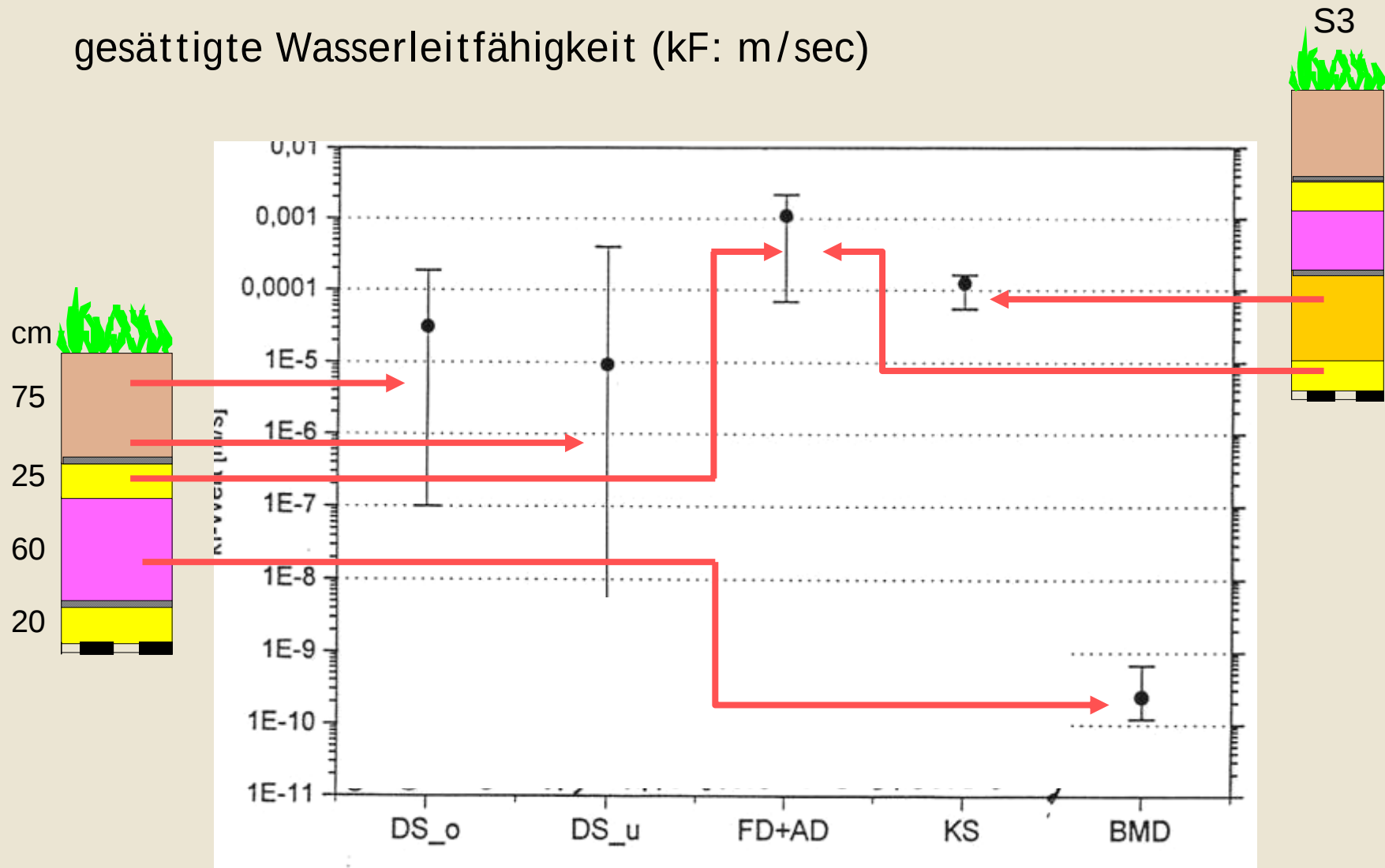


Nach fünf Jahren ist die mineralische Dichtung wirkungslos.

Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

gesättigte Wasserleitfähigkeit (k_F : m/sec)



Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Materialkennwerte Geschiebemergeldichtung

Bodenart: schwach kiesiger, stark sandiger Lehm

(17% T, 26% U, 52% S, 5% G)

Tonminerale: 50% Illit, 30% Smectit, 20% Kaolinit und Chlorit

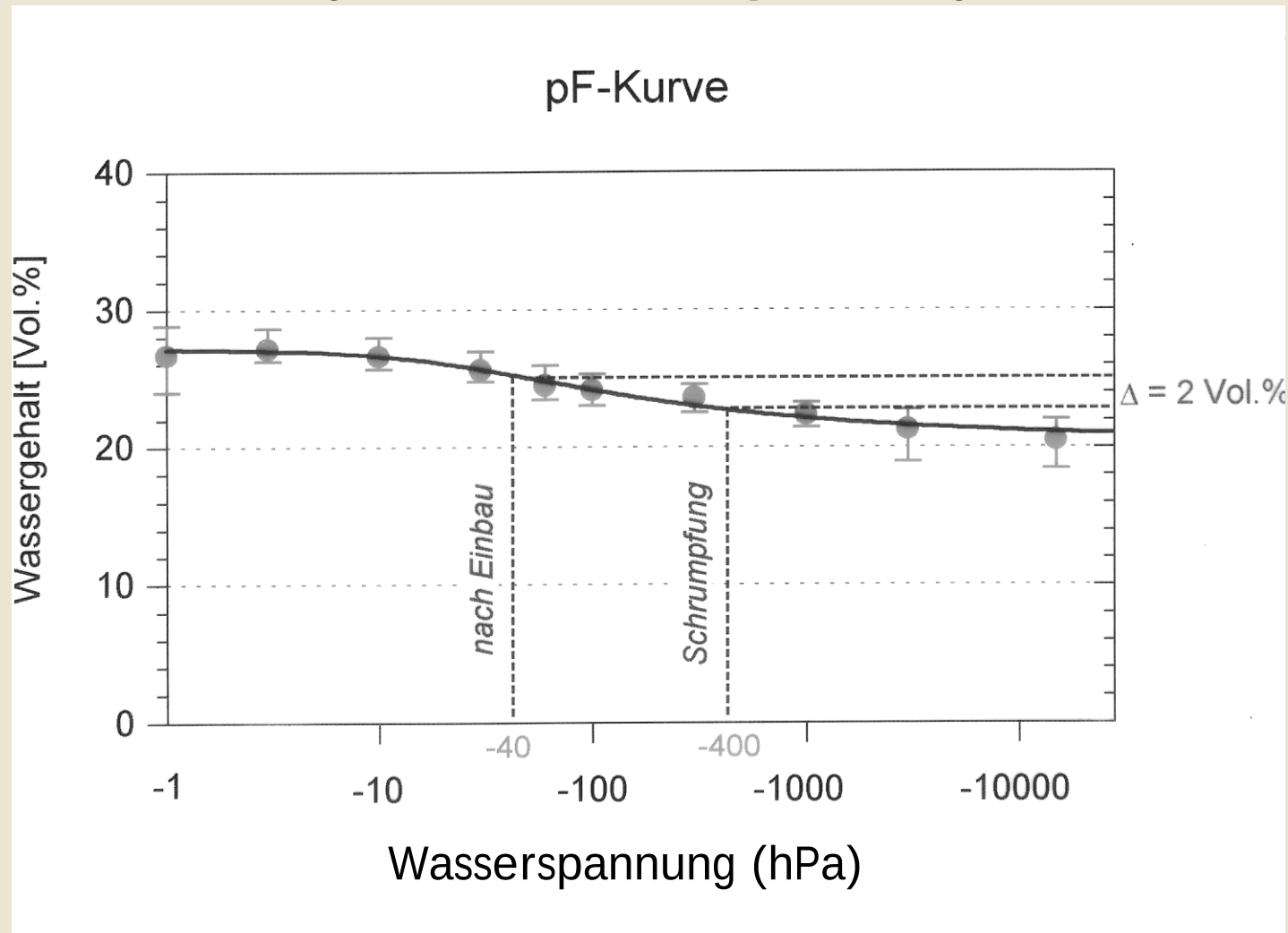
Porenvolumen: 27% Trockendichte: 1,95 g/cm³

Einbauwassergehalt: 24% Sättigungszahl: 0,87 [-]

kf-Wert: 2×10^{-10} m/s

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Wassergehalts/Wasserspannungskurve

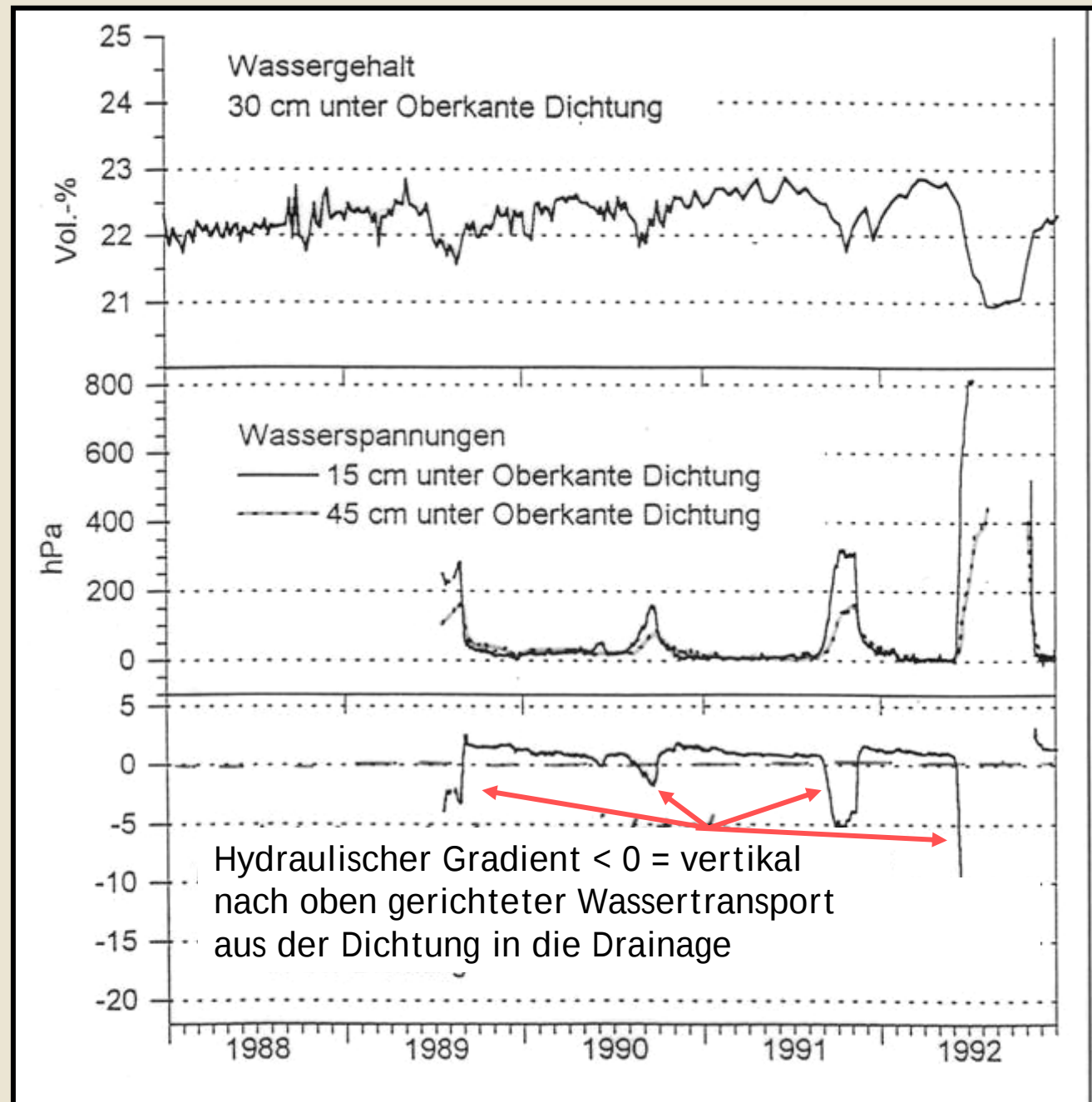


Die starke Verdichtung bewirkt, dass schon bei einer Austrocknung von 2 Vol. % beginnt die Schrumpfrissbildung beginnt.

Stefan Melchior 1993

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Der Verlauf von Wassergehalt, Wasserspannung und Hydraulischer Gradient in der mineralischen Dichtung zeigt, dass im Sommer kleine Mengen Wasser aus der Dichtschicht nach oben in die Entwässerungsschicht abgegeben werden.



Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Aufgrabung Testfeld F1 Oktober 1995

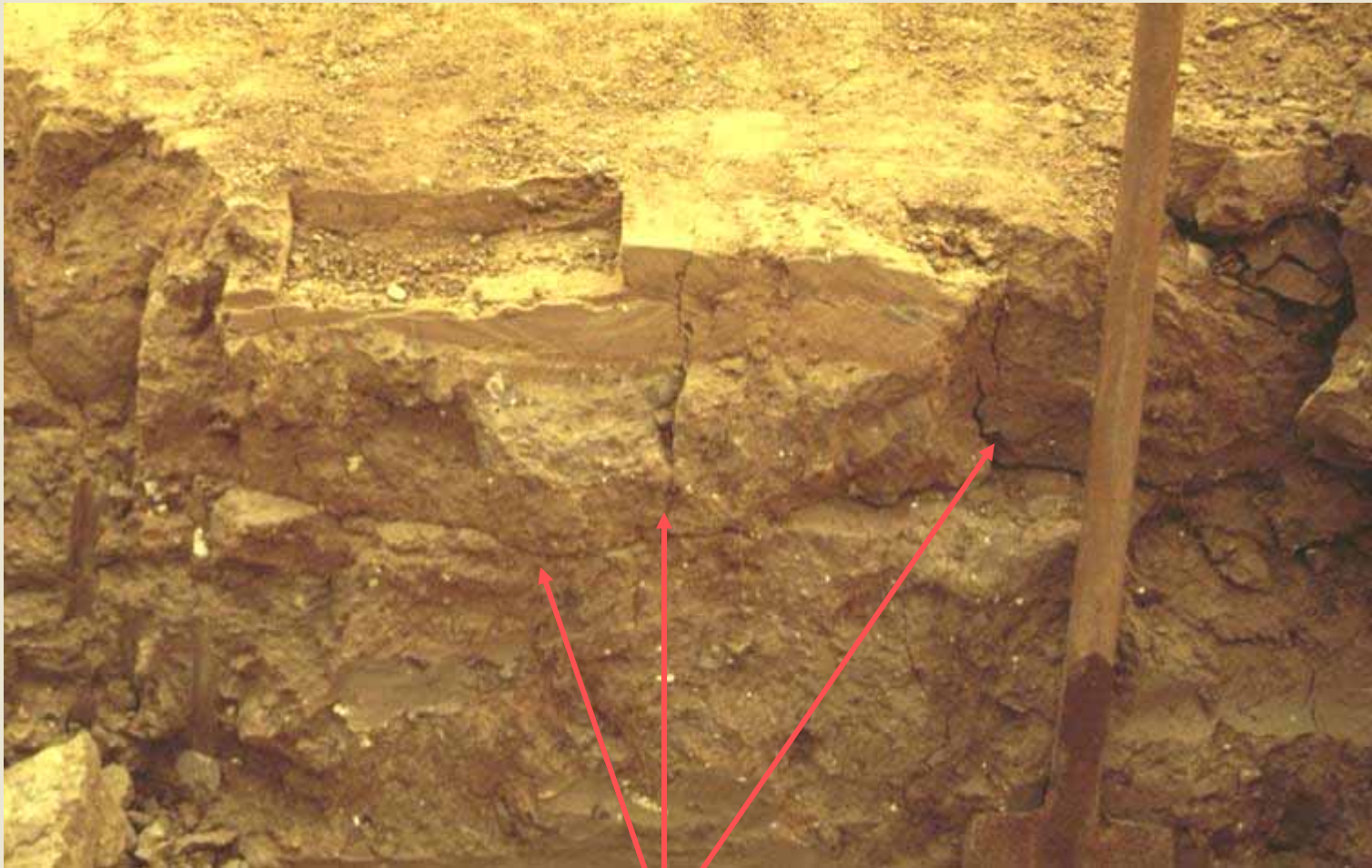


Stefan Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Aufgrabung Testfeld S1 im Oktober 1995

Schrumpfrisse im Profil



horizontale und vertikale Schrumpfrisse

Stefan Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

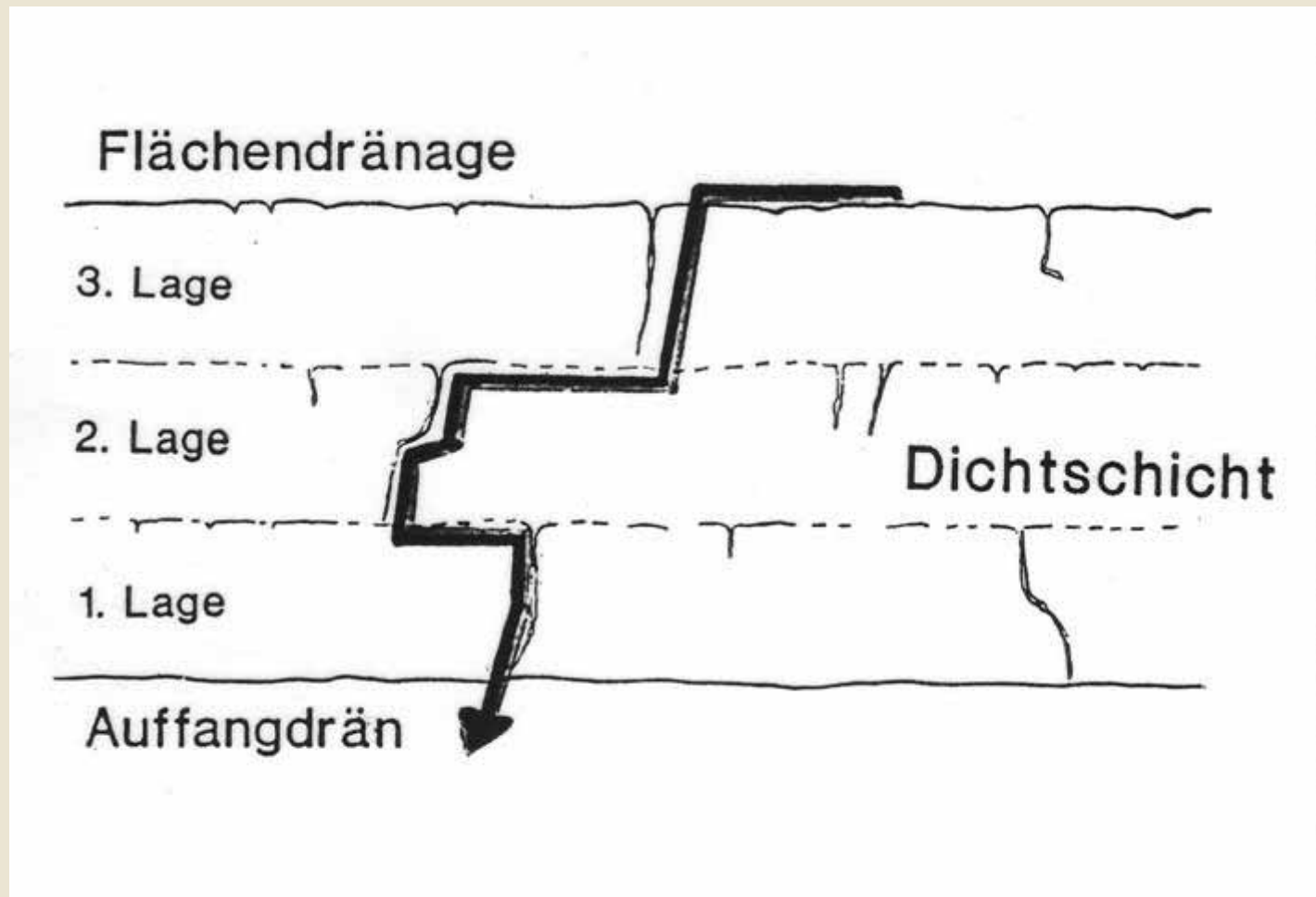
Aufgrabung Testfeld S1 im Oktober 1995

Schrumpfrisse in der Aufsicht auf die Dichtschicht



Stefan Melchior

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Schrumpfrisse nicht nur in Georgswerder:



Sondermüll-Deponie Billigheim, Baden-Württemberg

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Wurzeln in mineralischen Dichtungen (Testfeld S1)

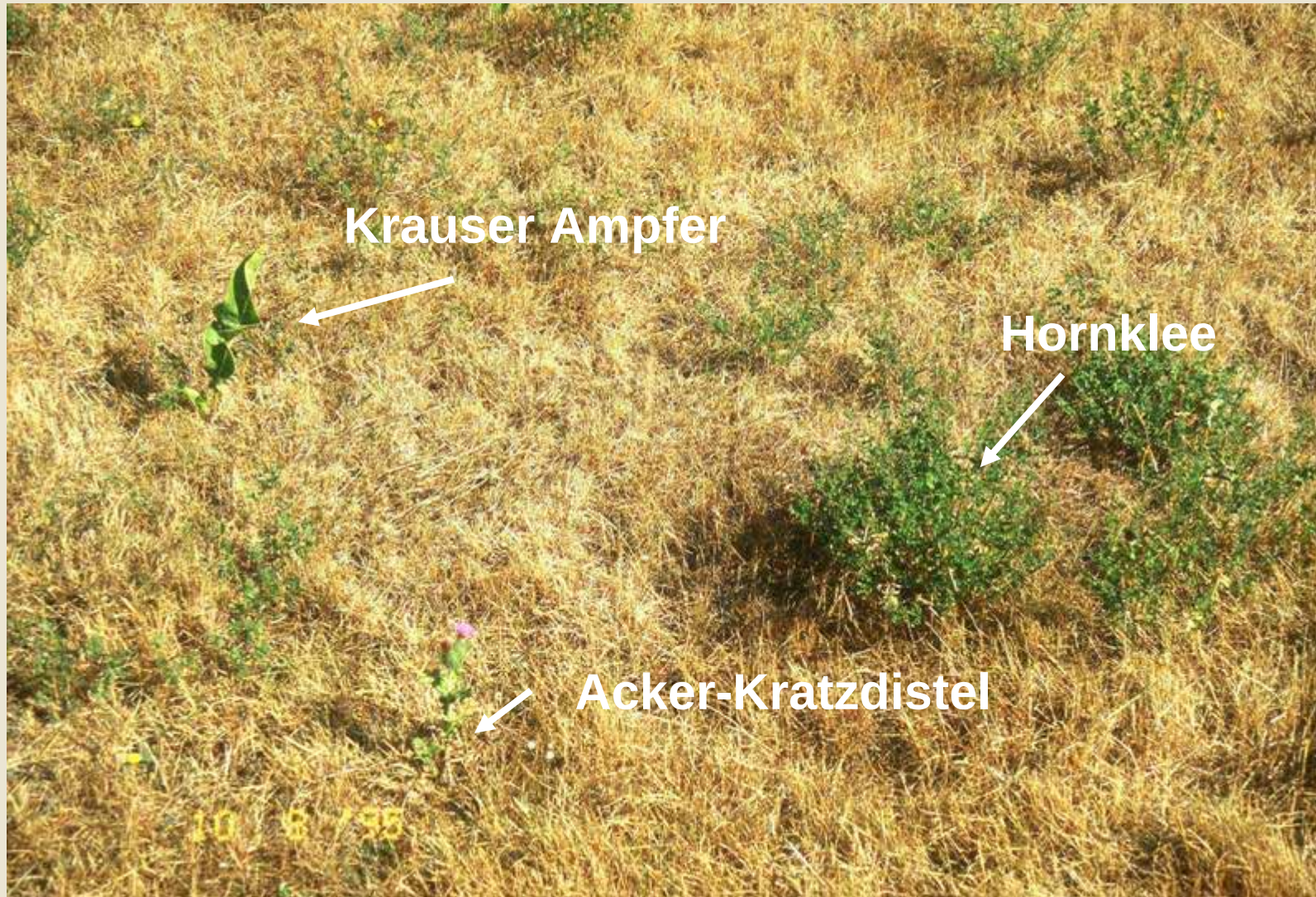


Stefan Melchior

Wurzeln entziehen dem Boden Wasser bis zu einer Wasserspannung von ca. 1,5 MPa

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Tiefwurzler auf Deponien



A. Seelig-Bracker

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

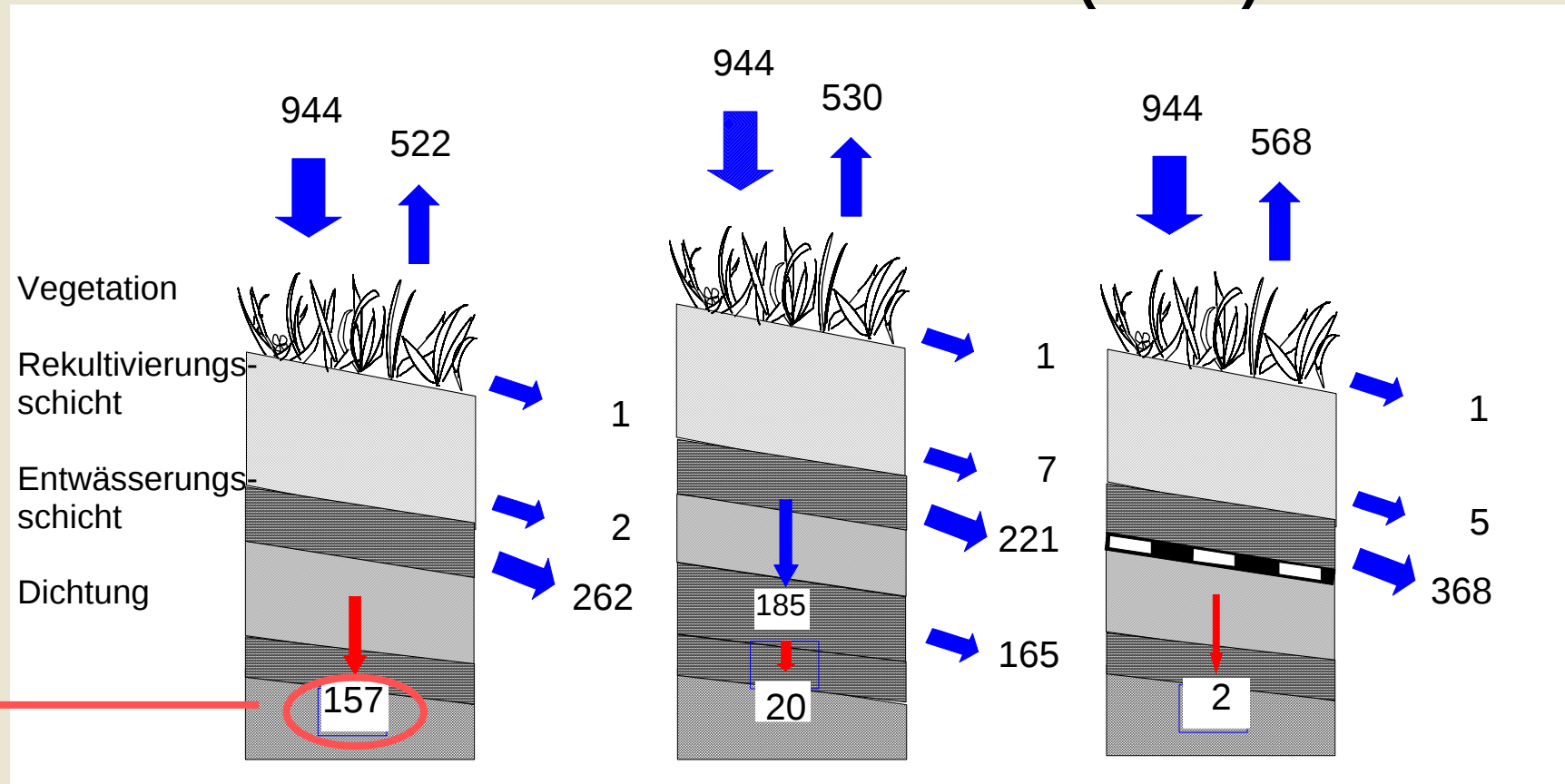
Tiefwurzler auf Deponien



Wurzel des Krausen Ampfers

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Testfelder Georgswerder: Mittlere Jahresbilanz des Wasserhaushalts 1993 – 1995 (mm/a)



Bindige mineralische Dichtung (S1 + F1)

Mineralische Dichtung über Kapillarsperre (S3)

Kombinationsdichtung aus PEHD Dichtung und mineralischer und Dichtschicht (S2, F2 + F3)

Die mineralische Dichtschicht hat nach wenigen Jahren ihre Wirksamkeit verloren.

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Was ist eine Kapillarsperre?

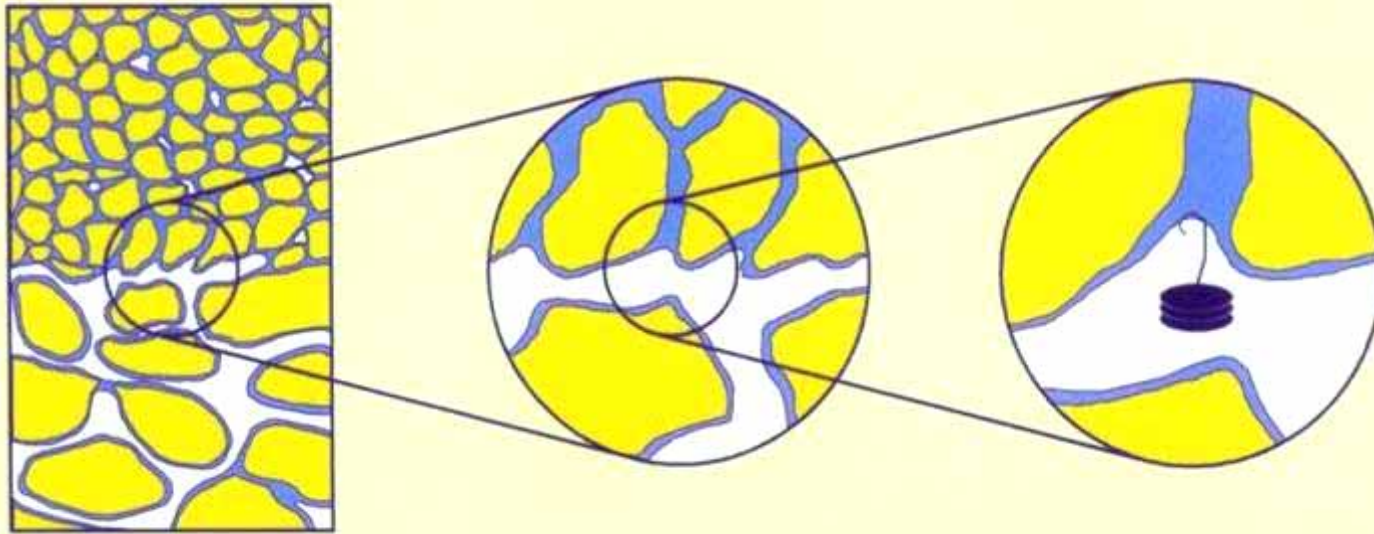


Bernd Steinert 1999

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

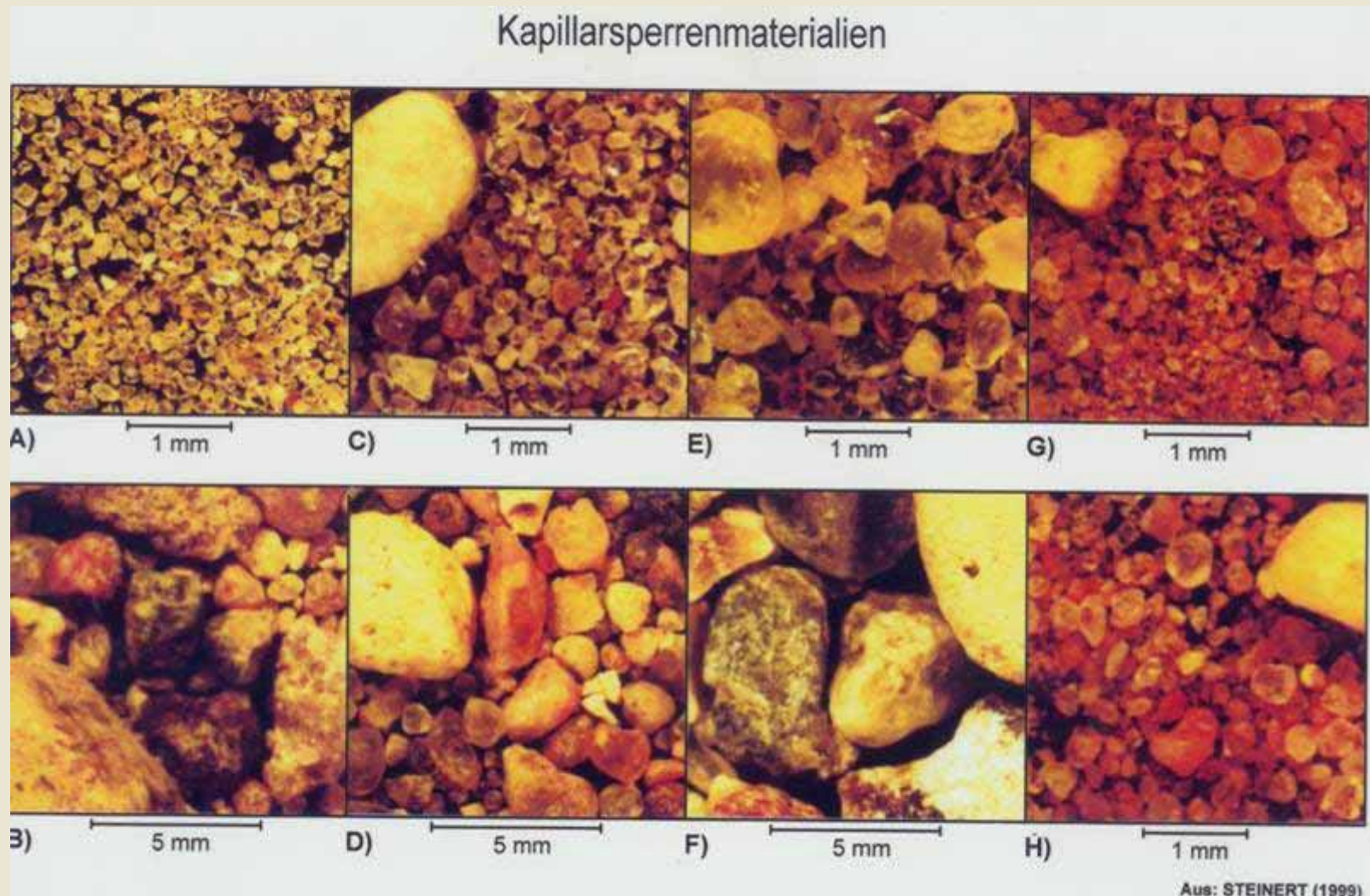
Prinzip der Kapillarsperre

Grenze zwischen Kapillarschicht und Kapillarblock



Solange die Schichten an einem Hang aufgebracht werden, lässt sich aus der Kombination von zwei wasserdurchlässigen Schichten (z.B. Sand über Kies) wirksame Deponieabdichtungssysteme entwickeln. Durch die vergleichsweise groben Poren der unteren Schicht, dem Kapillarblock, wird das Wasser gehindert, nach abwärts in den Deponiekörper einzudringen. Deshalb fließt das Wasser langsam in der oberen Schicht, der Kapillarschicht, langsam zum Hangfuß.

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

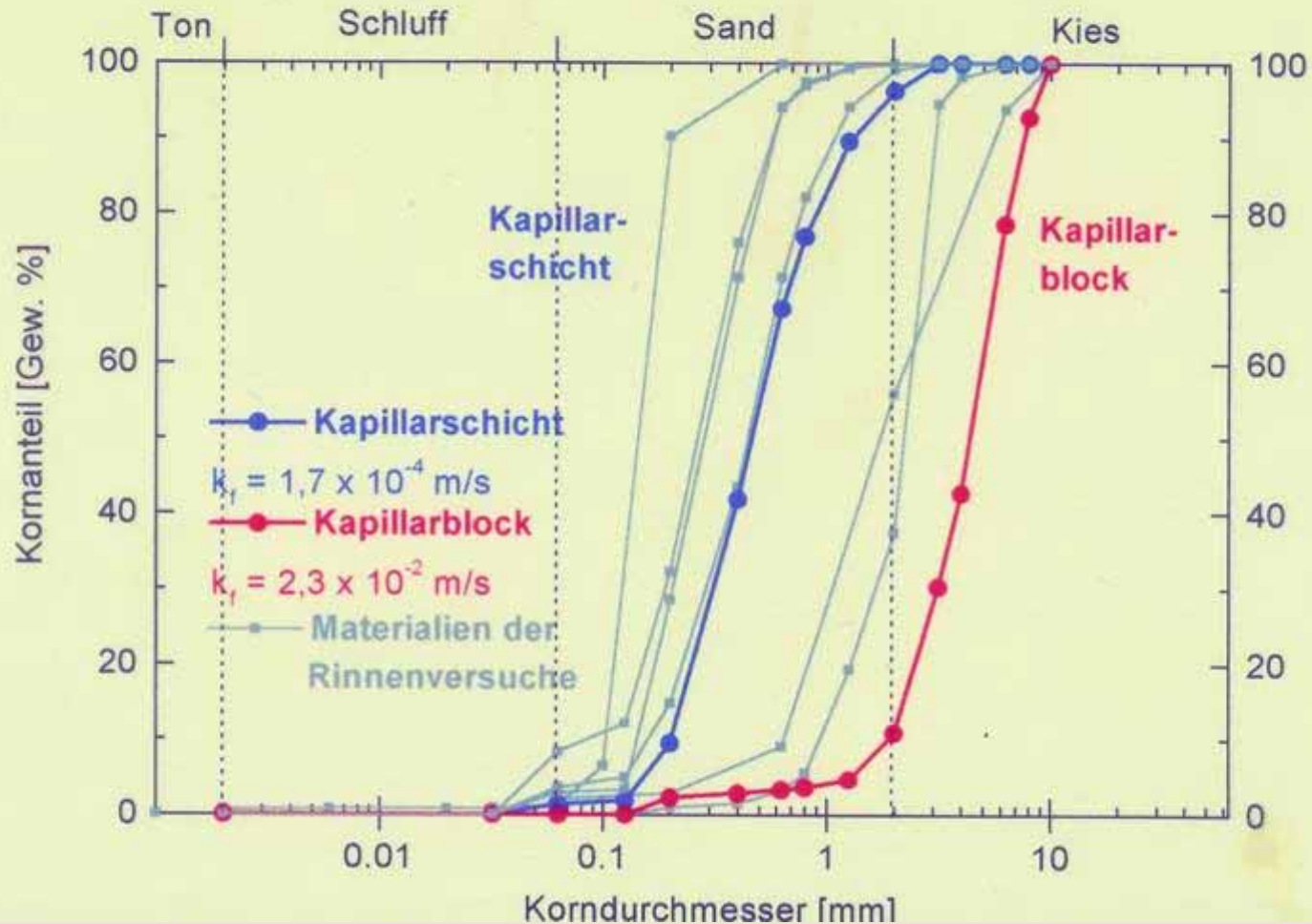


getestete Materialien

Bernd Steinert 1999

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

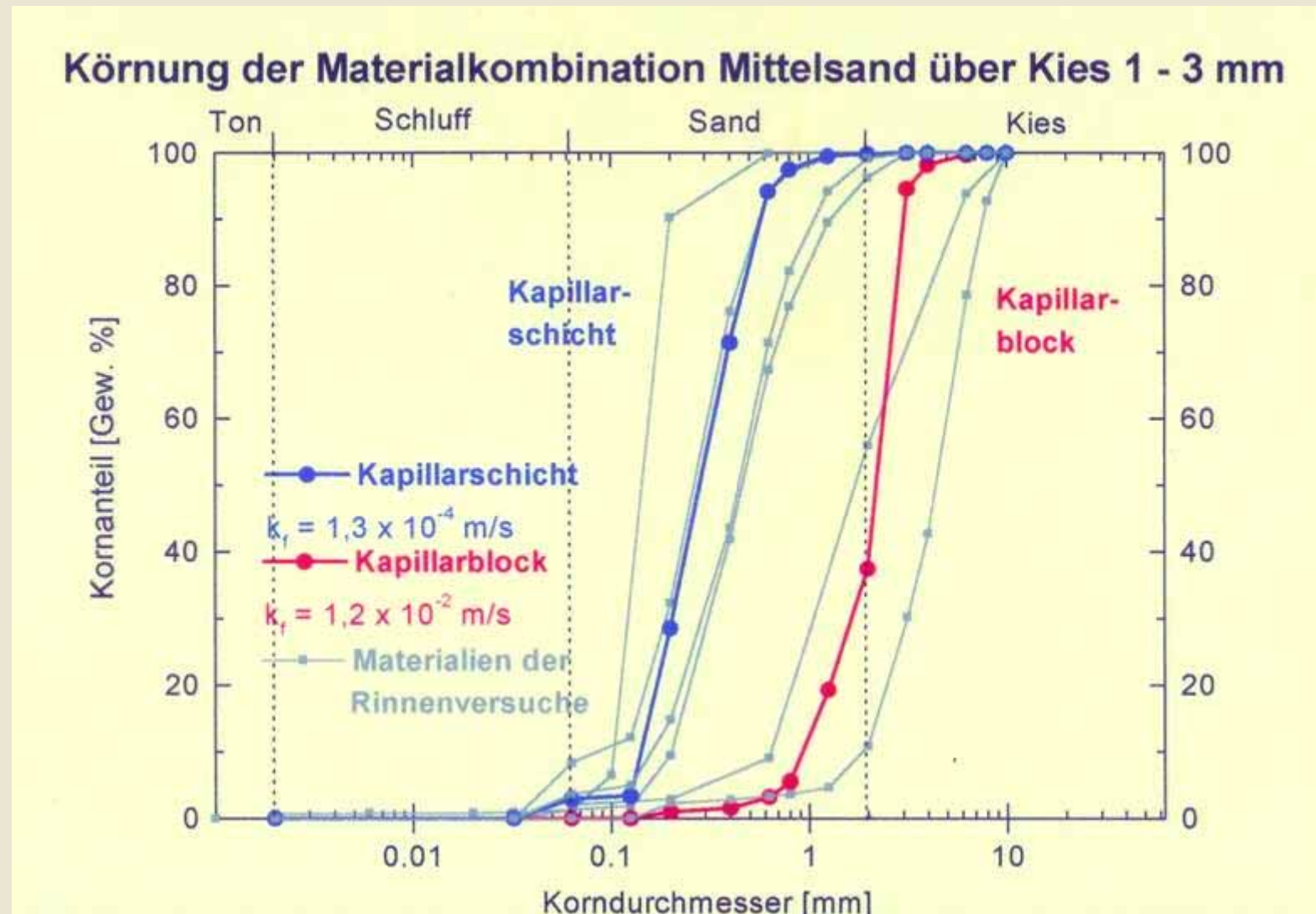
Körnung der Materialkombination Grobsand über Kies 2 - 8 mm



Korngrößenverteilung der Materialien

Bernd Steinert 1999

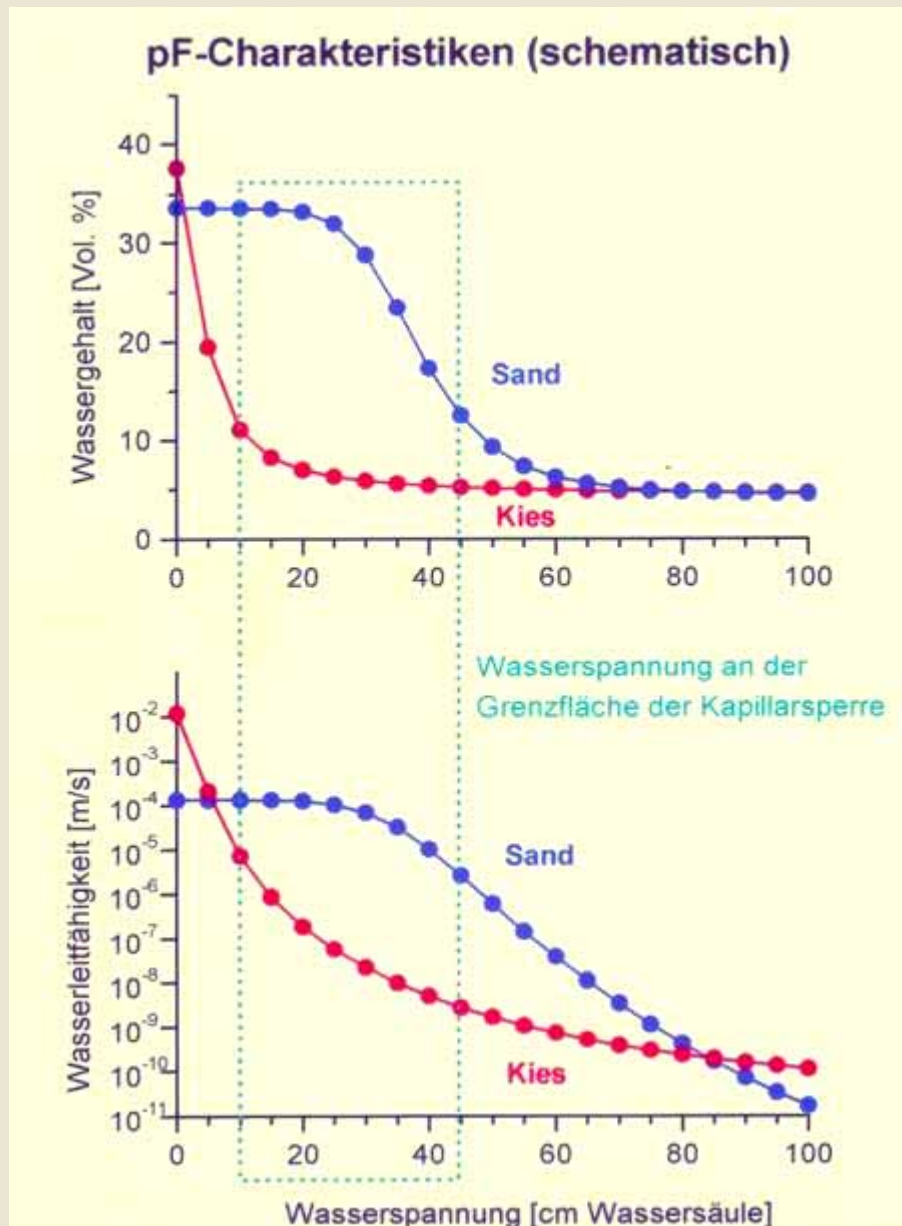
Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Korngrößenverteilung der Materialien

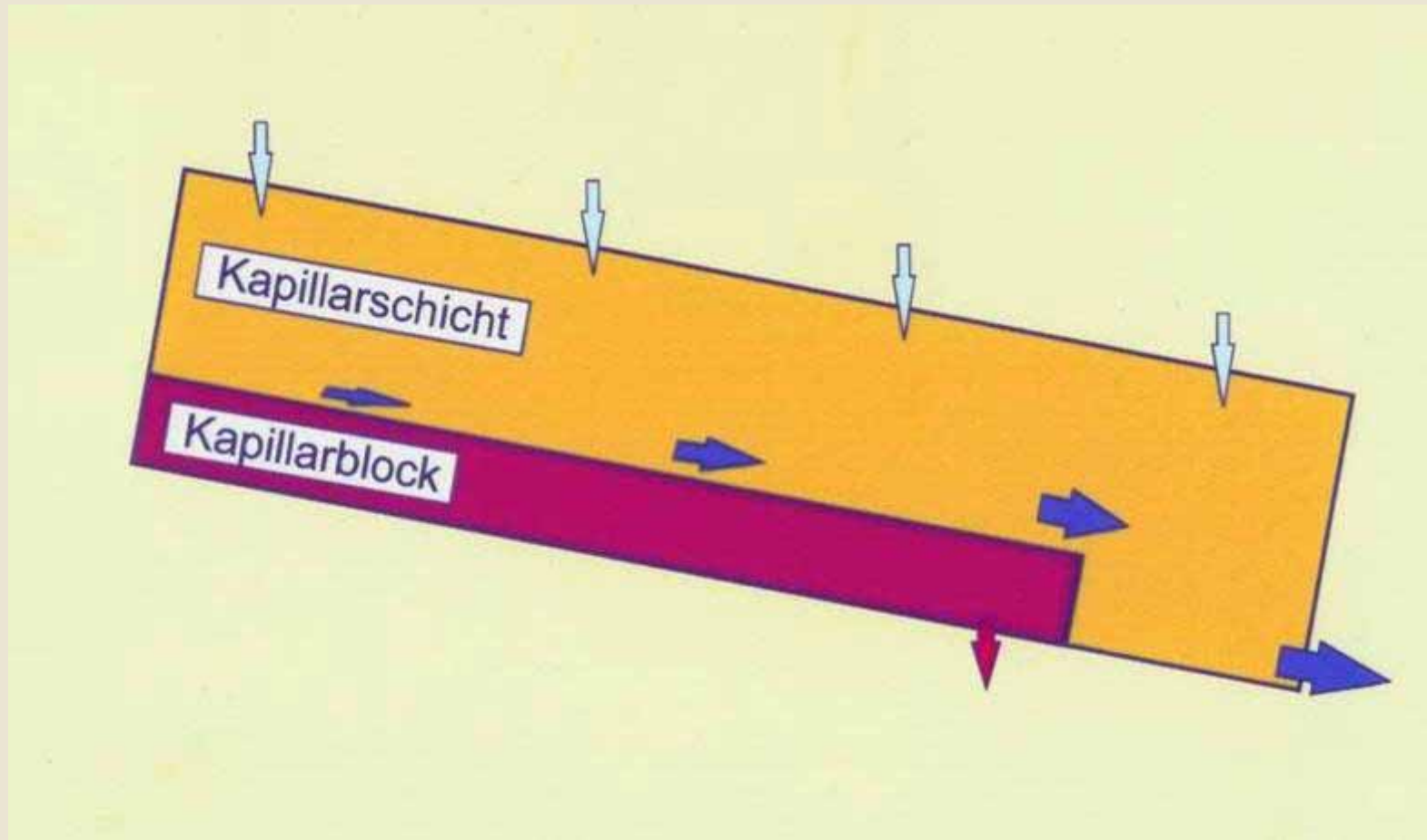
Bernd Steinert 1999

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Im grün umrandeten Bereich ist die ungesättigte Wasserleitfähigkeit von Sand mehrere Zehnerpotenzen größer als die Leitfähigkeit von Kies. Es war die Aufgabe die ideale Kombination dieser Materialien herauszufinden

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Prinzip einer Testrinne

Bernd Steinert 1999

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Demonstrationsversuch: mit Kanülen wird Farbstoff in die Kapillarschicht und den Kapillarblock gegeben. Zustand nach 2 Minuten.

Bernd Steinert 1999

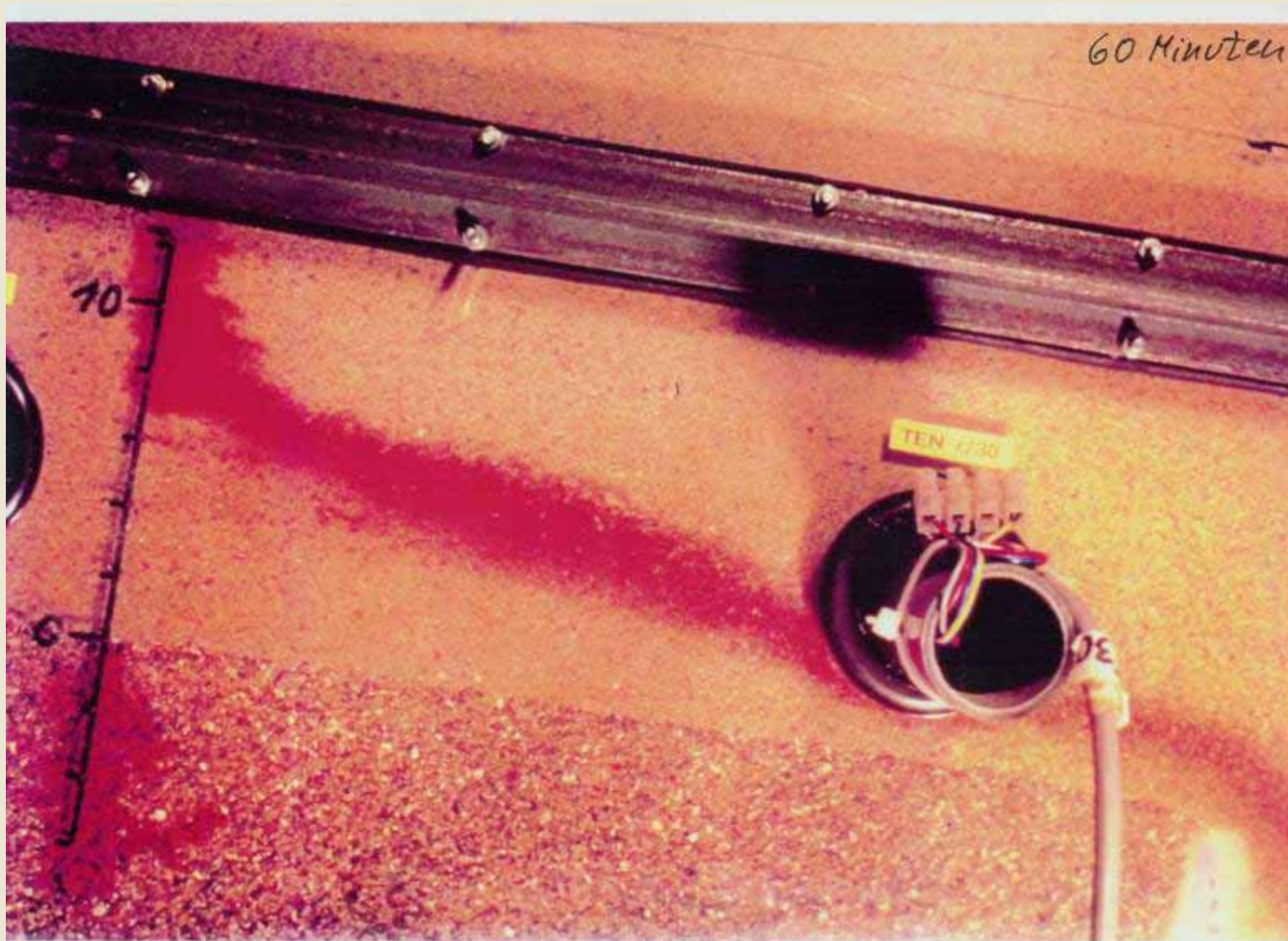
Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen



Nach 15 Minuten zeigt die Farbe, dass Wasser in der Kapillarschicht hangabwärts fließt, während sich die Farbe im Kapillarkblock diffus verteilt.

Bernd Steinert 1999

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

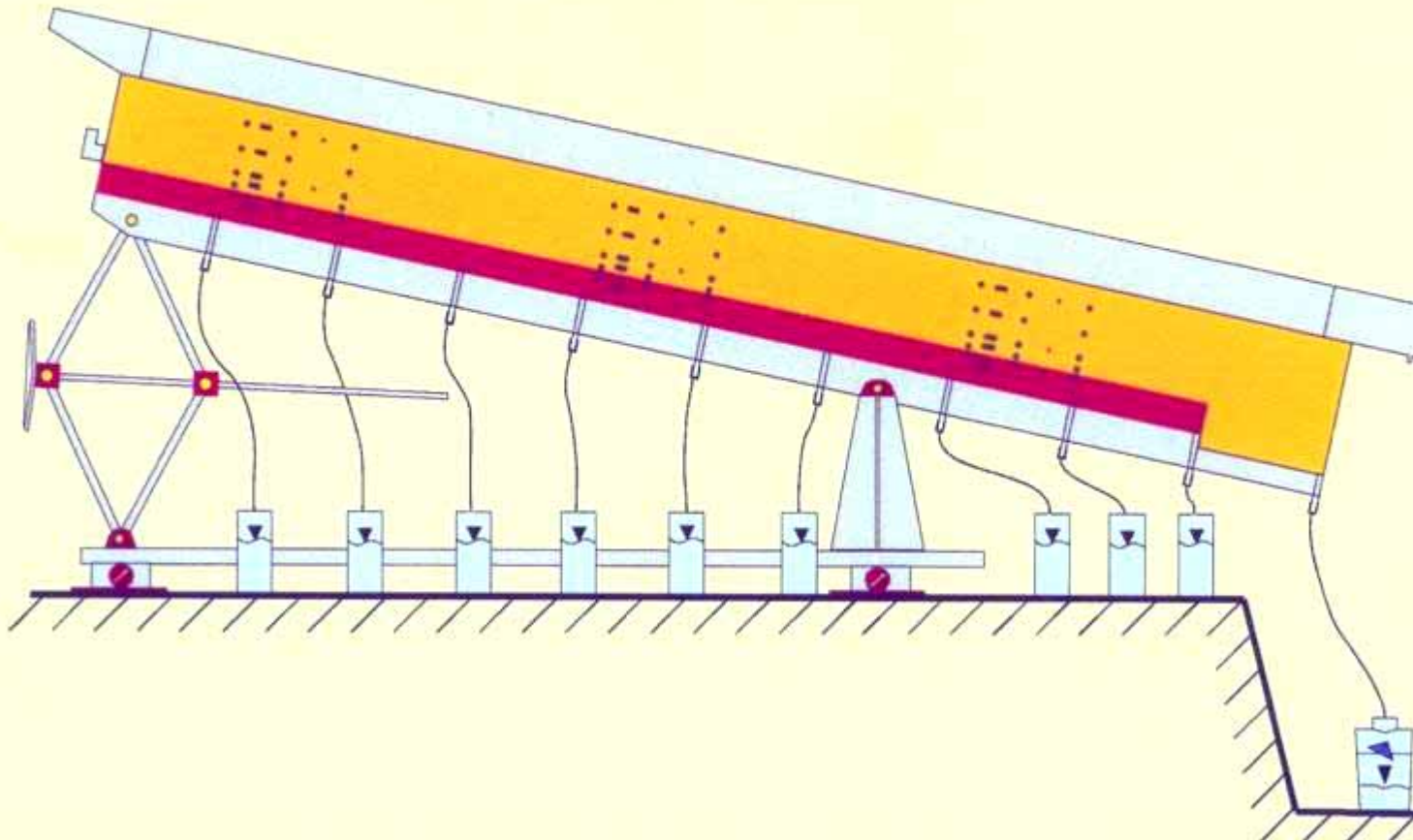


Zustand nach 60 Minuten: das Sickerwasser umfließt in der Kapillarschicht den Kapillarblock.

Bernd Steinert 1999

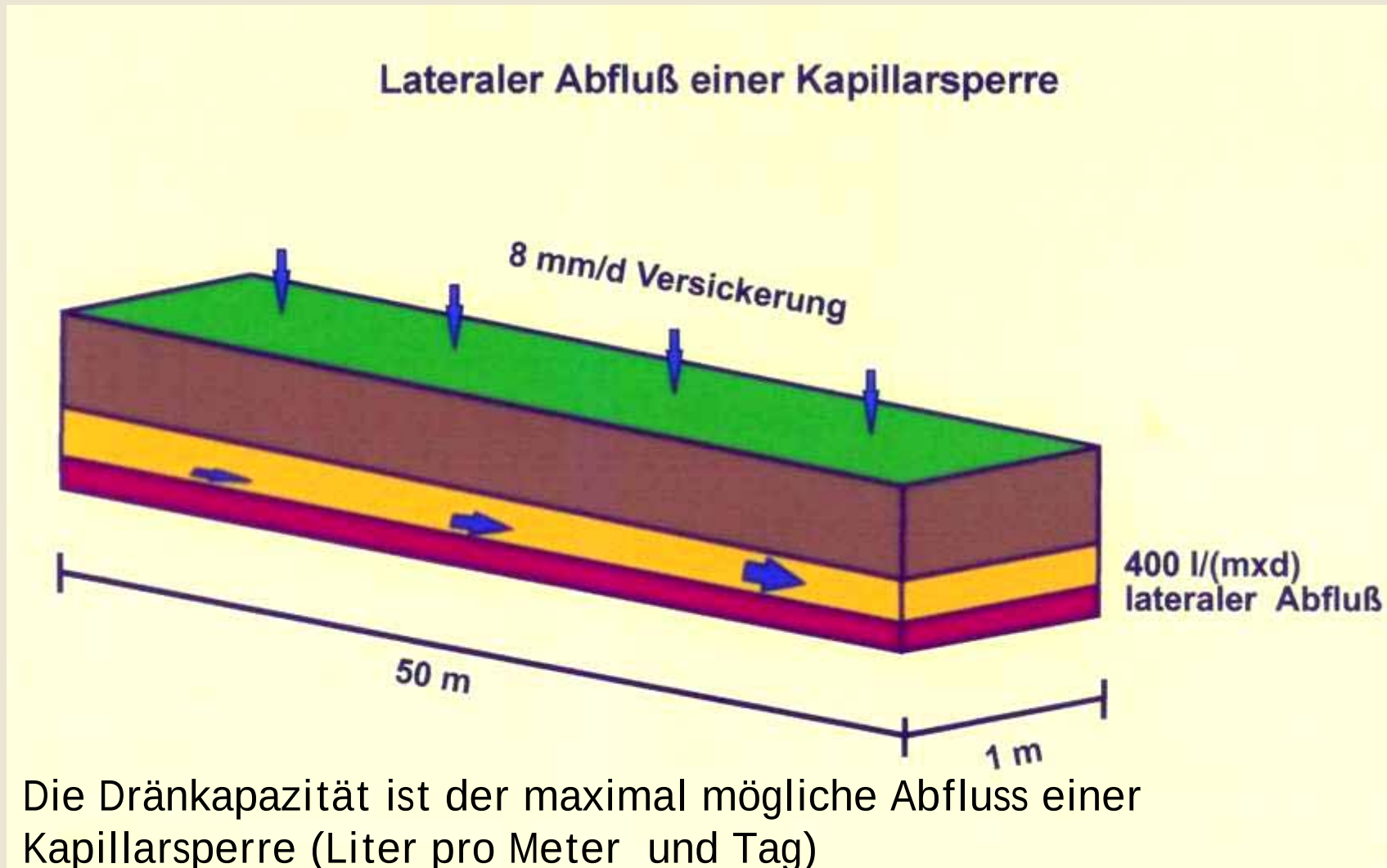
Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

Die 10-m-Kipprinne bei einer Neigung von 1 : 5



Bernd Steinert

Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

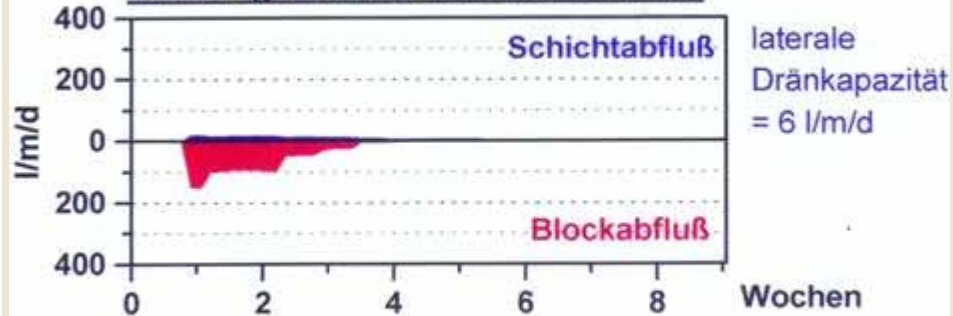


Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungen

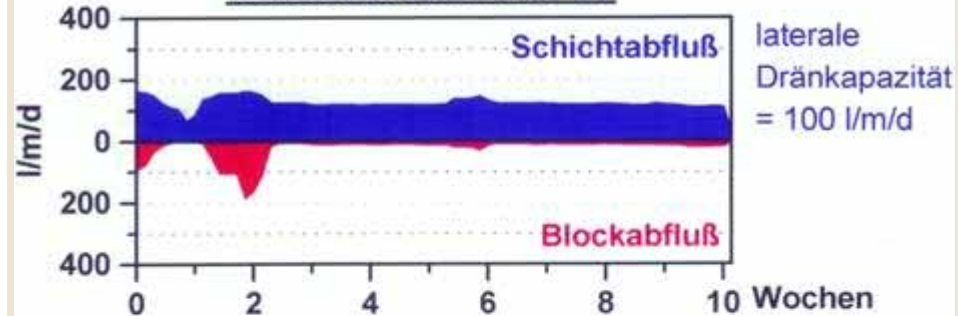
Vergleich von Kapillarschichten

(1-m-Rinne, Neigung 1 : 5)

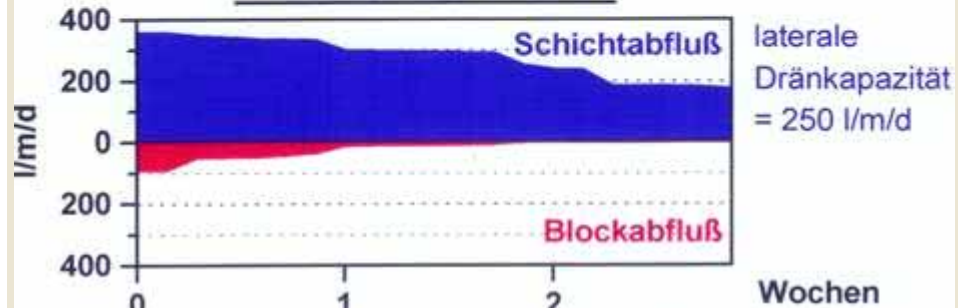
Schluffiger Mittelsand über Kies 1/3



Mittelsand über Kies 1/3



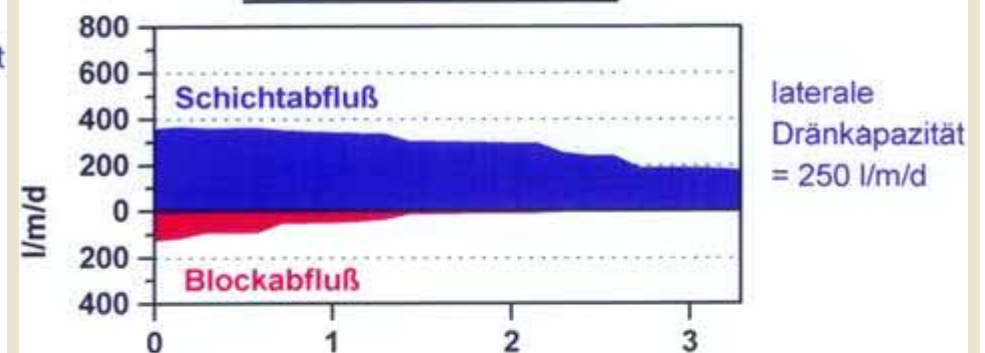
Grobsand über Kies 1/3



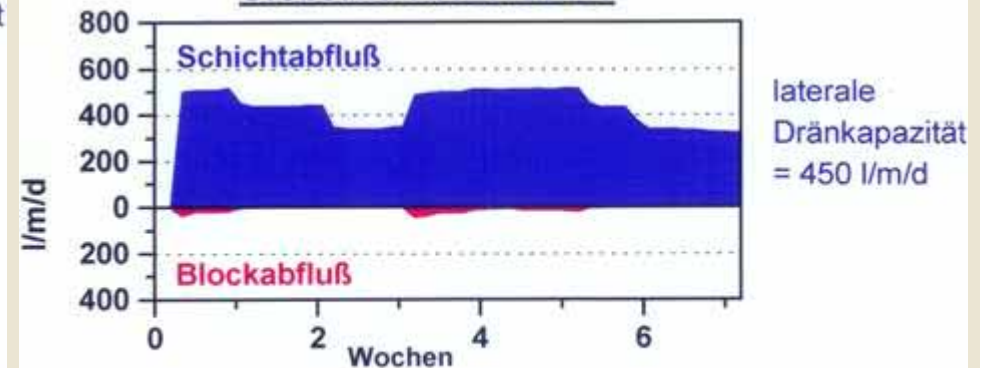
Vergleich von Kapillarblöcken

(1-m-Rinne, Neigung 1 : 5)

Grobsand über Kies 1/3



Grobsand über Kies 2/8



Grobsand über Kies 2/8 ist die beste Materialkombination (Bild rechts unten); der Sand der Kapillarschicht darf nicht mit Feinmaterial gemischt sein (Bild oben links).

Kosten der Sanierung von Georgswerder

und wie immer zum Schluss: was kostet der ganze Spaß?

Sanierung der Altdeponie Georgswerder

	Millionen €
Investitionskosten	ca. 92
Untersuchungen, Gutachten, Laborversuche, etc.	ca. 11
Forschungs- und Entwicklungsprojekte (HH + BMBF)	ca. 14
Betriebskosten (1984 - 1994)	ca. 7

	ca. 124

Kosten der Sanierung von Georgswerder

und wer bezahlt?

An 10 Hauptanlieferer wurden "Kostenheranziehungsbescheide" zugestellt.

Auf dem Vergleichswege bezahlten 7 Firmen.

In den übrigen Fällen unterlag die FHH in verwaltungsrechtlichen Verfahren (Im Klartext: Die anderen hätten auch nichts bezahlen müssen).

Millionen €

ca. 12

Der Steuerzahler hat bislang bezahlt:

ca. 112

und bezahlt für die Überwachung auf unbestimmte Zeit pro Jahr:

ca. 1,5

Zusammenfassung

Theorie trifft Praxis



Literatur

S. Bortz u.a. (1989): Hydrologie der Deponie Georgswerder. Die Geowissenschaften, **7**, Heft 7, 187-195.

S. Melchior (1993): Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundl. Arbeiten 22, 330 S.

S. Melchior (2006): Folienserie Testfelder Georgswerder (unpubliziert)

B. Steinert (1999): Kapillarsperren für die Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten 45, 250 S.

Umweltbehörde Hamburg (1988): Sanierung der Deponie Georgswerder. Broschüre

Umweltbehörde Hamburg (o.J.): Deponie Georgswerder Sanierung 1984-95. Broschüre