

Forschungsbericht FZKA-BWPLUS

**Überströmbare Dämme - landschaftsverträgliche  
Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in  
Baden-Württemberg**

**Anlagenband**

von

Andreas Bieberstein

Universität Karlsruhe  
Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik

Förderkennzeichen: BWC 20005 + BWT 22004

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des  
Landes Baden-Württemberg gefördert

Juni 2004

# Anlagen/Anlagenverzeichnis

## **Anlage 1.....Untersuchungen in der Kipprinne an durchlässigen, selbsttragenden und kohärenten Deckwerken**

- Anlage 1.1..... Skizze des Modelles
- Anlagen 1.2..... Belastungsuntersuchungen an **Rasengittersteinen** auf Betongehwegplatten
  - Anlage 1.2a..... Rasengittersteine ungefüllt
  - Anlage 1.2b..... Rasengittersteine gefüllt mit oberflächenbündigen Füllsteinen
  - Anlage 1.2c..... Rasengittersteine gefüllt mit 3 cm überstehenden Füllsteinen
  - Anlage 1.2d..... Rasengittersteine gefüllt mit 10 cm überstehenden Füllsteinen
- Anlagen 1.3..... Belastungsuntersuchungen an **Mastix-Schotter** auf Geogewebe und Sandschicht
  - Anlagen 1.3.1a, b..... Fotodokumentation zum Bau
  - Anlage 1.3.2..... Untersuchung der Schereigenschaften (trocken, ohne hydraulische Belastung)
  - Anlage 1.3.3..... Ermittlung der Grenzbelastung bei einer Neigung von 1 : 3,5
  - Anlagen 1.3.4a, b..... Ermittlung der Grenzbelastung bei einer Neigung von 1 : 4,0
  - Anlagen 1.3.5a, b..... Ermittlung der Grenzbelastung bei einer Neigung von 1 : 4,5
  - Anlagen 1.3.6a, b..... Ermittlung der Grenzbelastung bei einer Neigung von 1:5,0 (V 1)
  - Anlagen 1.3.7a, b..... Ermittlung der Grenzbelastung bei einer Neigung von 1:5,0 (V 2)
- Anlagen 1.4 ..... Dimensionierung von Mastix-Schotter-Deckwerk:  
Grenzbelastung  $q_{\text{grenz}}$  bzw. max. mögliche Überströmungshöhe  $y$  in Abhängigkeit des
  - Anlagen 1.4a..... Böschungswinkels  $\beta$  und des Reibungswinkel  $\Phi'$
  - Anlagen 1.4b..... Böschungswinkels  $\beta$  und der Deckwerksstärke  $d_D$
  - Anlagen 1.4c..... Böschungswinkels  $\beta$  und des Strickler-Beiwertes  $k_{St}$

## **Anlage 2.....Untersuchungen am Halbdammodell mit Deckwerk aus Mastix-Schotter auf Geogewebe und Sandkörper**

- Anlage 2.1..... Skizze des Modelles
- Anlagen 2.2.1 bis 2.2.7... Fotodokumentation zum Bau des Modelles
- Anlagen 2.3..... Lasermessungen an der Oberfläche des Mastix-Schotters
  - Anlage 2.3.1..... Dammoberfläche im Längsschnitt
  - Anlage 2.3.2..... Dammoberfläche im oberen Querschnitt
  - Anlage 2.3.3..... Dammoberfläche im mittleren Querschnitt
  - Anlage 2.3.4..... Dammoberfläche im unteren Querschnitt
- Anlage 2.4..... Zusammenstellung der ermittelten Fließgeschwindigkeiten

- Anlagen 2.5.1a, b..... Halbdammodell nach Fertigstellung
- Anlagen 2.5.2a, b..... Belastungsuntersuchung bei  $q = 50 \text{ l/(sm)}$
- Anlagen 2.5.3a, b..... Belastungsuntersuchung bei  $q = 100 \text{ l/(sm)}$
- Anlagen 2.5.4a, b..... Belastungsuntersuchung bei  $q = 200 \text{ l/(sm)}$
- Anlagen 2.5.5a, b..... Belastungsuntersuchung bei  $q = 300 \text{ l/(sm)}$

### **Anlage 3.....Umsetzung des Mastix-Schotter-Deckwerkes in die Praxis beim HRB Mönchzell**

- Anlagen 3.1 bis 3.11 ..... Fotodokumentation zur Herstellung des Mastix-Schotter-Deckwerkes beim HRB Mönchzell

### **Anlage 4.....Verbundbauweisen – Untersuchungen am Treppenmodell**

- Anlagen 4.1.1 bis 4.1.6... Fotodokumentation zu den untersuchten Abflusszuständen
- Anlagen 4.2.1 bis 4.2.16. Ergebnisse der Druckmessungen an den Messstellen 1 bis 16

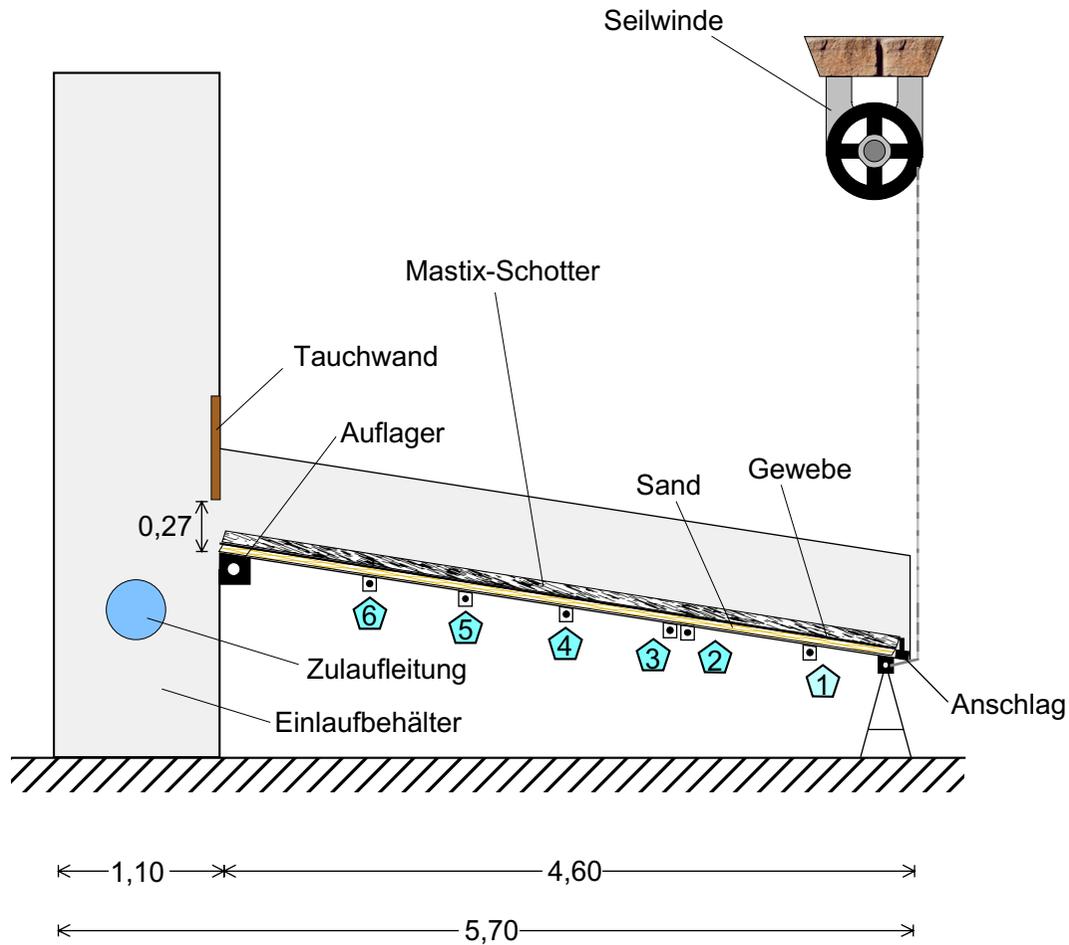
### **Anlage 5.....Schlaufenvariante – Untersuchung des Verformungsverhaltens**

- Anlagen 5.1..... Längsprofile vor, während und nach der Überströmung
- Anlage 5.1.1..... Längsprofile im Ausgangszustand
- Anlage 5.1.2..... Längsprofile nach unterschiedlicher Durchströmungsdauer
- Anlage 5.1.3..... Längsprofile nach Überströmung
- Anlage 5.1.4..... Vergleich der Profilform während und nach der Überströmung
- Anlage 5.1.5..... Längsprofile im Endzustand nach Abschluss der Versuchsreihe
- Anlage 5.1.6..... Längsprofile nach wiederholter Belastung mit geringerem Abfluss
- Anlage 5.2 ..... Verlauf der Wasserspiegellage bei  $q_N = 80 \text{ l/(sm)}$
- Anlagen 5.3..... Fotodokumentation
- Anlage 5.3.1..... Einbauzustand und nach Durchströmung
- Anlage 5.3.2..... Abfluss  $q_N = 80 \text{ l/(sm)}$  und  $q_N = 160 \text{ l/(sm)}$
- Anlage 5.3.3..... Abfluss  $q_N = 240 \text{ l/(sm)}$  und  $q_N = 400 \text{ l/(sm)}$
- Anlage 5.3.4..... Abfluss  $q_N = 550 \text{ l/(sm)}$  und  $q_N = 710 \text{ l/(sm)}$
- Anlage 5.3.5..... Rückbau des Versuchsstandes
- Anlagen 5.4..... Auswertung der Sieblinien nach der Versuchsdurchführung
- Anlage 5.4.1..... Sieblinie der oberen Schicht (oberen Schlaufe)
- Anlage 5.4.2..... Sieblinie der mittleren Schicht (mittleren Schlaufe)
- Anlage 5.4.3..... Sieblinie der unteren Schicht (unteren Schlaufe)

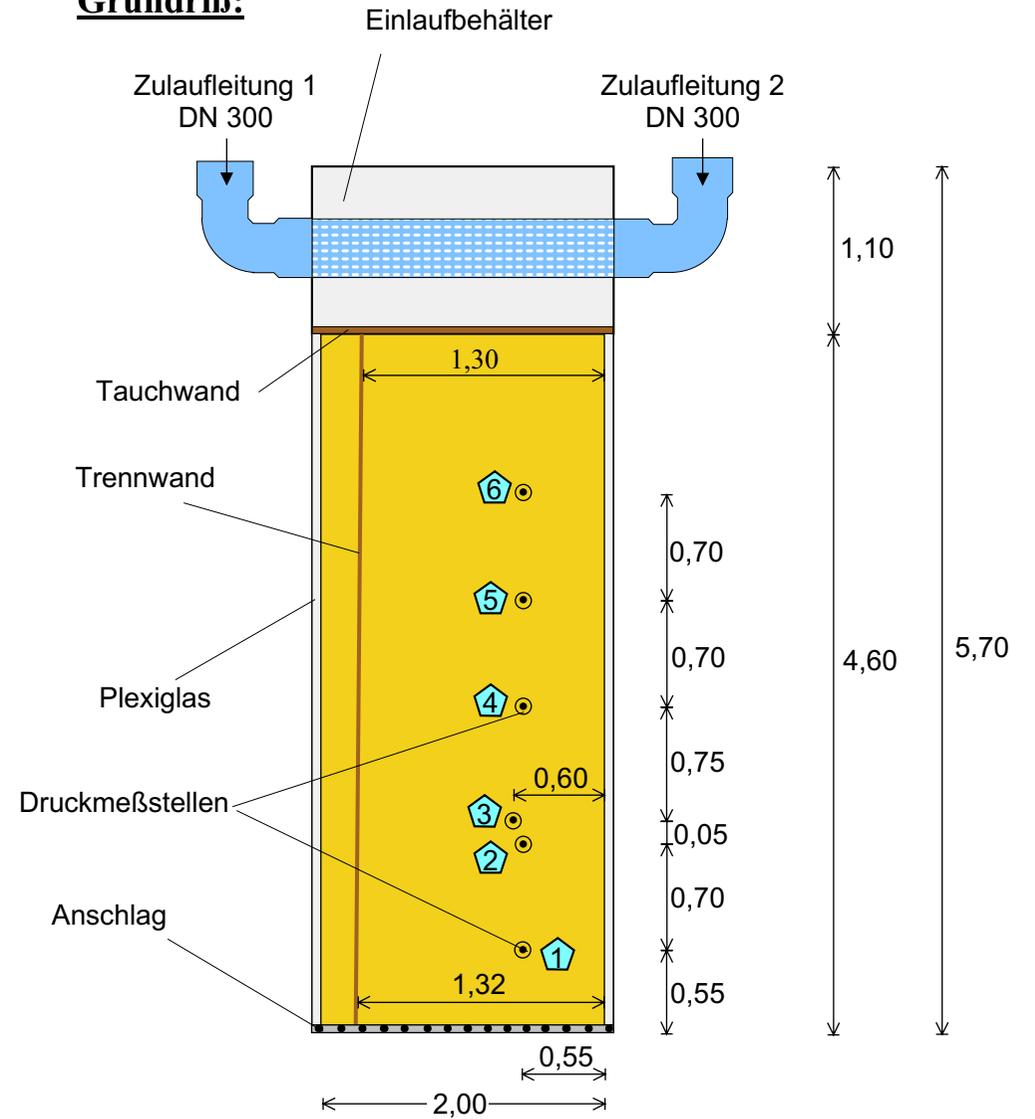
**Anlage 6.....Überströmungsversuch mit einer Geotube-Formation**

Anlagen 6.1a, b..... Fotodokumentation zum Überströmungsversuch mit einer  
Geotube-Formation

## Längsschnitt:



## Grundriß:



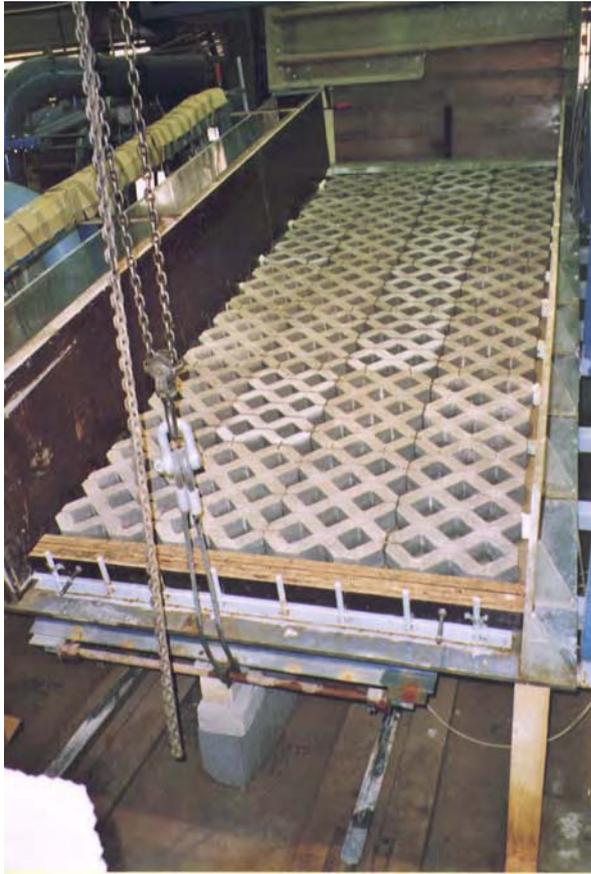
### Legende

- Druckmeßstelle
- Leitung der Druckmeßstelle
- ① Druckmeßstelle Nr. i

Maße in m

**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**

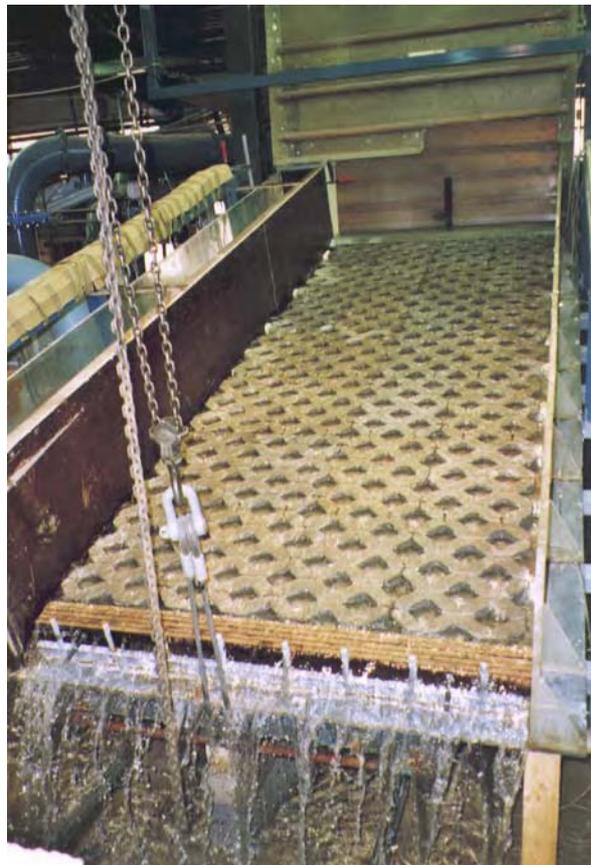
a) trocken



Deckwerk:  
Rasengittersteine (ungefüllt)  
auf Betongehwegplatten

Böschungsneigung: 1 : 4

b)  $q = 5 \text{ l/(sm)}$



c)  $q = 19 \text{ l/(sm)}$  (Grenzbelastung)



**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**

a)  $q = 6 \text{ l/(sm)}$



Deckwerk:

Rasengittersteine mit oberflächenbündigen  
Füllsteinen auf Betongehwegplatten

Böschungsneigung: 1 : 4

b)  $q = 10 \text{ l/(sm)}$



c)  $q = 40 \text{ l/(sm)}$  (Grenzbelastung)



**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**

a)  $q = 4 \text{ l/(sm)}$



Deckwerk:

Rasengittersteine mit 3 cm überstehenden  
Füllsteinen auf Betongehwegplatten

Böschungsneigung: 1 : 4

b)  $q = 6 \text{ l/(sm)}$

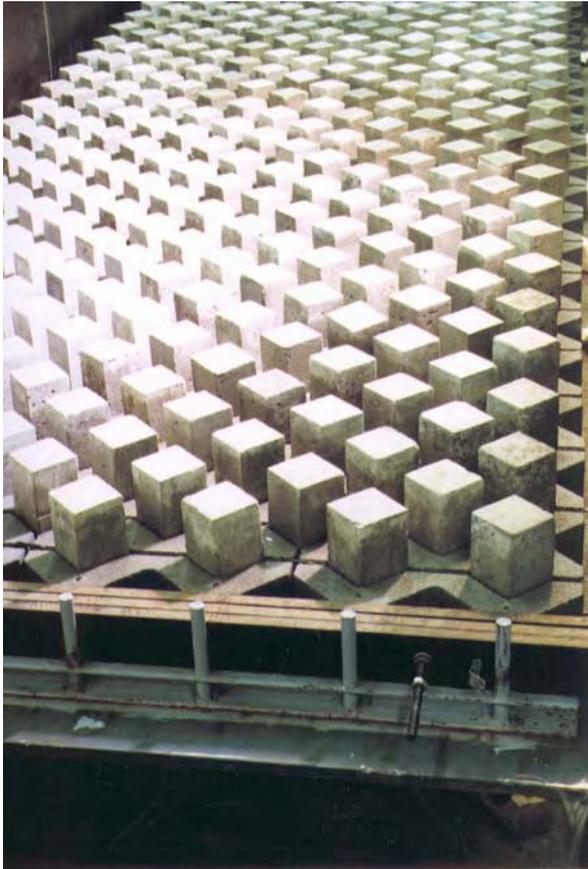


c)  $q = 31 \text{ l/(sm)}$  (Grenzbelastung)



**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**

a) trocken

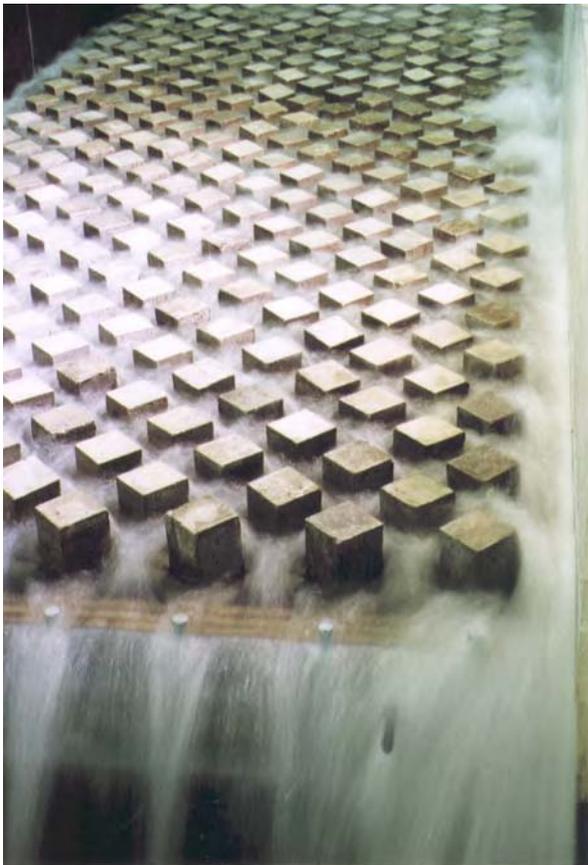


Deckwerk:

Rasengittersteine mit 10 cm überstehenden Füllsteinen auf Betongehwegplatten

Böschungsneigung: 1 : 6

b)  $q = 31 \text{ l/(sm)}$



c)  $q = 94 \text{ l/(sm)}$  (Grenzbelastung)



## Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk

### Kipprinne: Versuchsaufbau



Kipprinne ohne Einbauten (leer)



Sandschicht eingeschlagen in Geogewebe als untere Erosionsschutz-Hülle des Sandpolsters



Einlaufbereich: Geogewebe als untere Erosionsschutzumhüllung des Sandpolsters



Eingepackte Sandschicht: Edelstahl-Gewebe mittels Bitumen auf Geogewebe geklebt (unterer Erosionsschutz)

#### Anmerkung:

Die untere Einpackung (mit seitlichem Einschlag) in Geogewebe war erforderlich, um das Ausspülen des Sandes zu verhindern.



Randliche Trennlage aus Papier, um das Anhaften des Deckwerkes am Klebebitumen zu unterbinden.



Geogewebe als eigentlicher Filter auf Sandpaket mit seitlichen Abstellbrettern für Mastix-Schottereinbau



Mastix-Schotter-Deckwerk nach dem Einbau

## Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk



Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe  
und Sandschicht

Reibungstest  
(trocken, ohne hydraulische Belastung)

erreichte Neigung:  $31,3^\circ$



**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**



$q = 6,1 \text{ l/(sm)}$

Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe und  
Sandschicht

Böschungsneigung: 1 : 3,5



$q = 23 \text{ l/(sm)}$



$q = 30 \text{ l/(sm)}$  [Grenzbelastung = 27 l/(sm)]

**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**



$q = 7,6 \text{ l/(sm)}$

Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe und  
Sandschicht

Böschungsneigung: 1 : 4,0



$q = 23 \text{ l/(sm)}$



$q = 76 \text{ l/(sm)}$

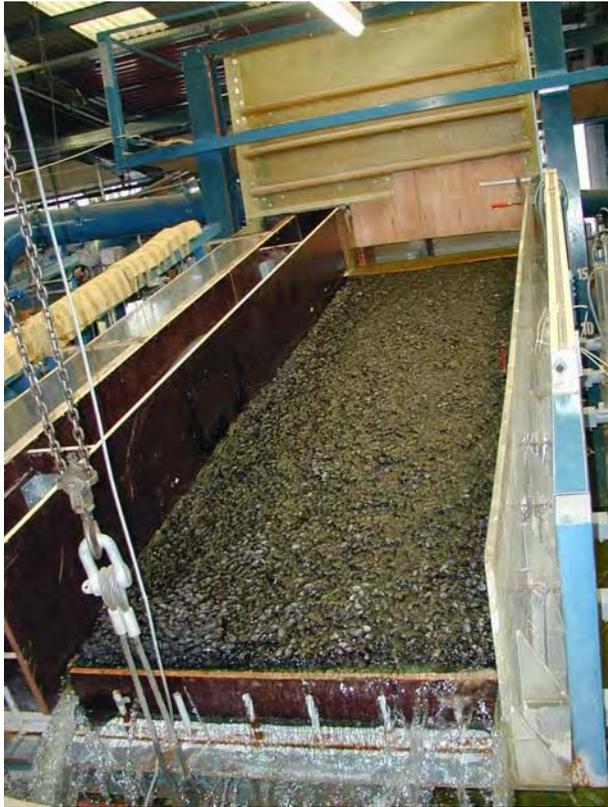


$q = 152 \text{ l/(sm)}$



$q = 213 \text{ l/(sm)}$  [Grenzbelastung =  $202 \text{ l/(sm)}$ ]

**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**



$q = 6,1 \text{ l/(sm)}$

Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe und  
Sandschicht

Böschungsneigung: 1 : 4,5



$q = 23 \text{ l/(sm)}$



$q = 76 \text{ l/(sm)}$



$q = 152 \text{ l/(sm)}$



$q = 228 \text{ l/(sm)}$



$q = 304 \text{ l/(sm)}$



$q = 319 \text{ l/(sm)}$  [Grenzbelastung =  $312 \text{ l/(sm)}$ ]

**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**



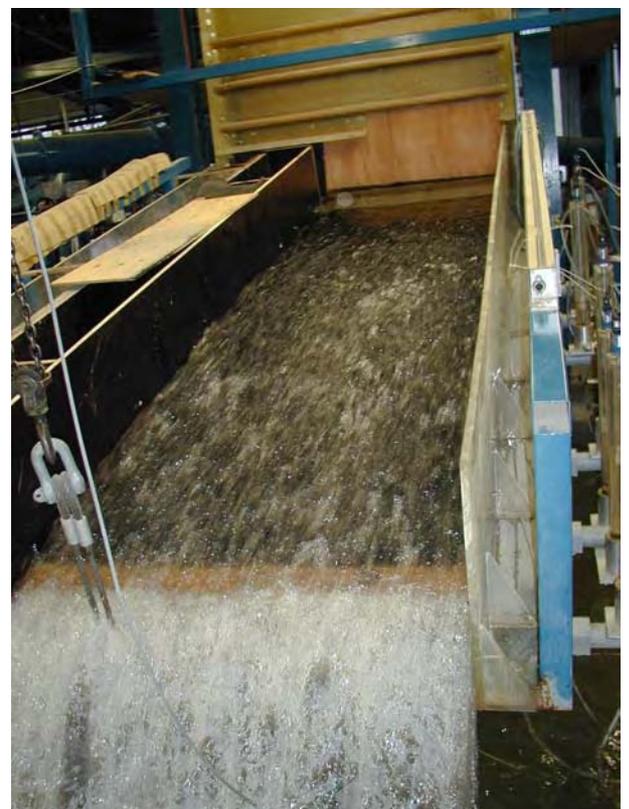
$q = 6,1 \text{ l/(sm)}$

Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe und  
Sandschicht

Böschungsneigung: 1 : 5,0 (erster Versuch)



$q = 23 \text{ l/(sm)}$



$q = 76 \text{ l/(sm)}$



$q = 152 \text{ l/(sm)}$



$q = 228 \text{ l/(sm)}$



$q = 304 \text{ l/(sm)}$



$q = 367 \text{ l/(sm)}$  [Grenzbelastung =  $323 \text{ l/(sm)}$ ]

**Belastungsuntersuchungen an durchlässigem, selbsttragendem und kohärentem Deckwerk**



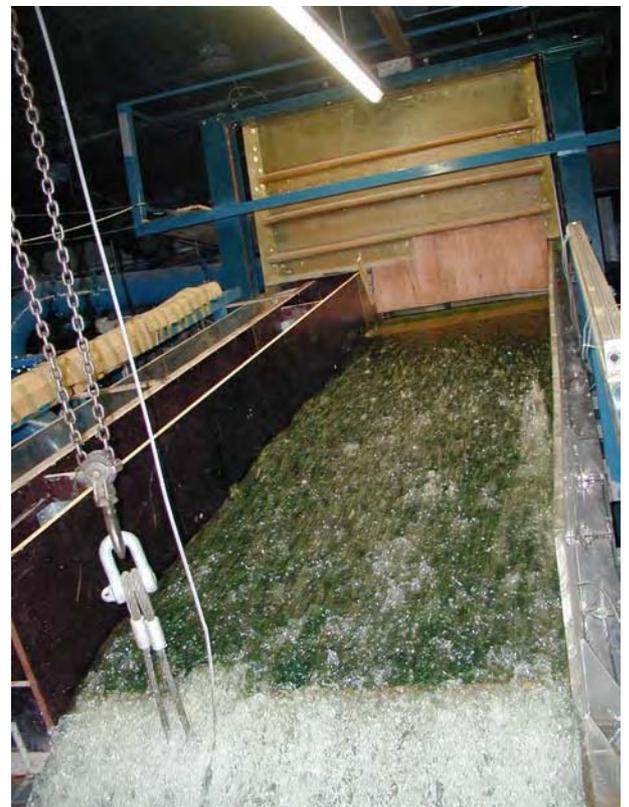
$q = 6,1 \text{ l/(sm)}$

Deckwerk:  
12 cm Mastix-Schotter auf Geogewebe und  
Sandschicht

Böschungsneigung: 1 : 5,0 (zweiter Versuch)



$q = 23 \text{ l/(sm)}$



$q = 76 \text{ l/(sm)}$



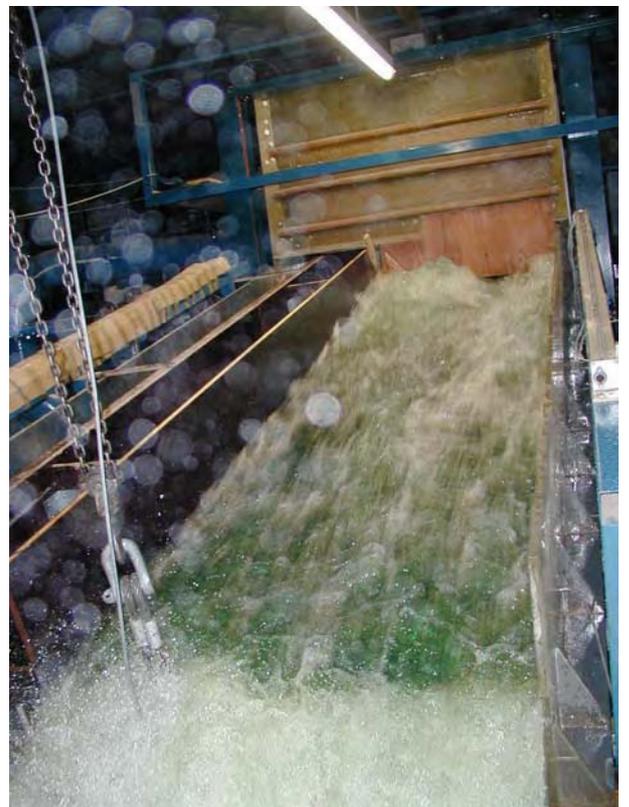
$q = 152 \text{ l/(sm)}$



$q = 228 \text{ l/(sm)}$



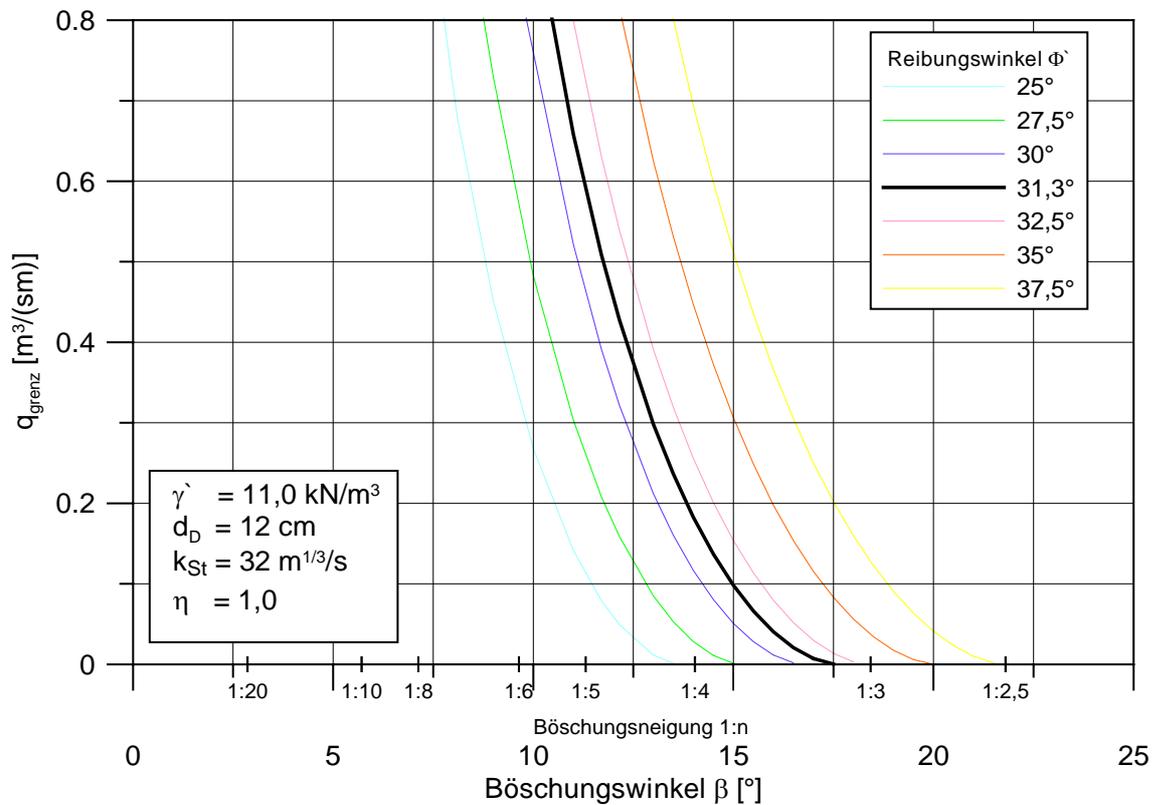
$q = 304 \text{ l/(sm)}$



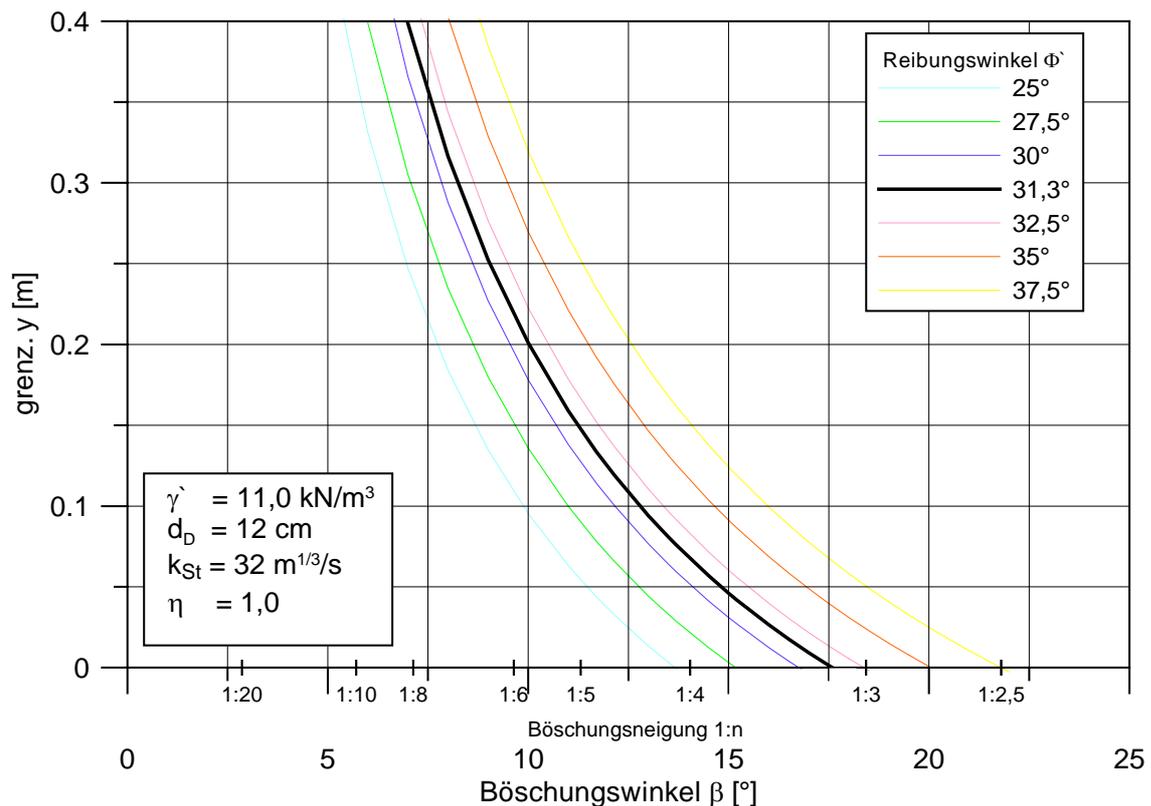
$q = 357 \text{ l/(sm)}$   
[Grenzbelastung nicht erreicht]

## Kohärentes, dränfähiges und selbsttragendes Deckwerk in der Kipprinne Dimensionierung von Mastix-Schotter-Deckwerk

- a) Grenzbelastung  $q_{\text{grenz}}$  in Abhängigkeit des Böschungswinkels  $\beta$  und des Reibungswinkels  $\Phi'$

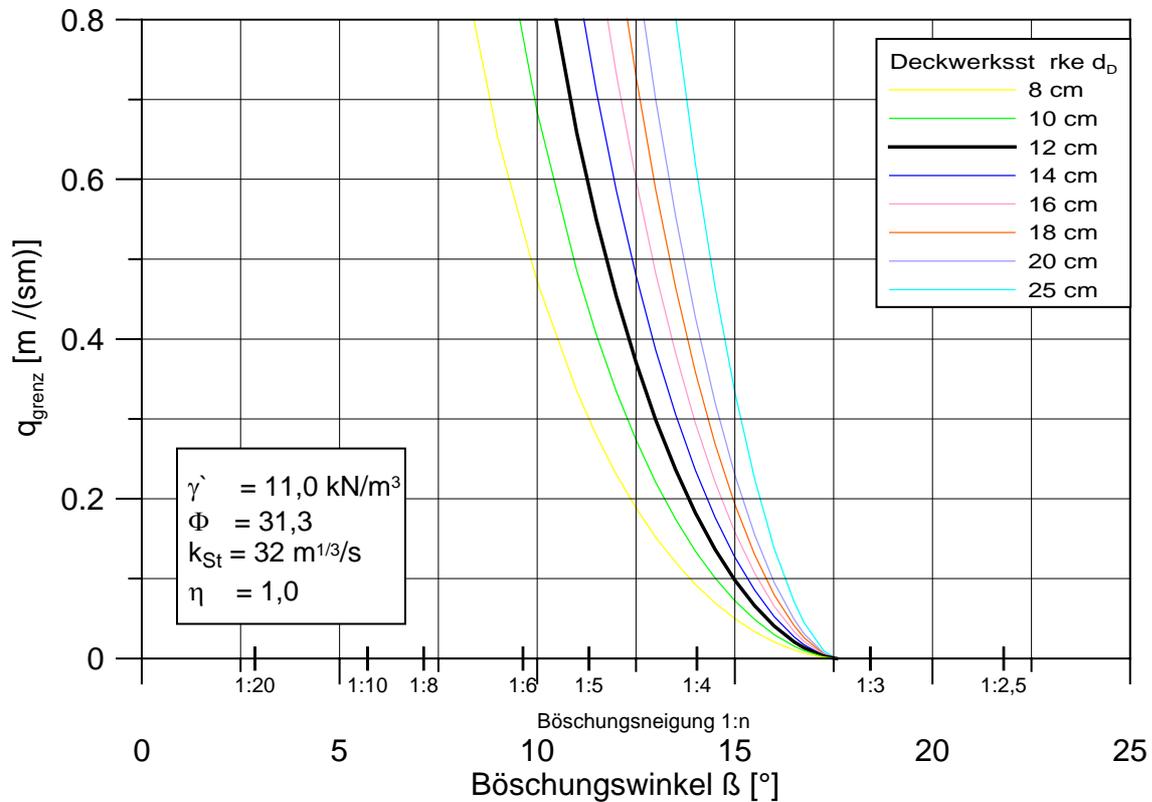


- b) Max. mögliche Überströmungshöhe grenz.  $y$  in Abhängigkeit des Böschungswinkels  $\beta$  und des Reibungswinkels  $\Phi'$

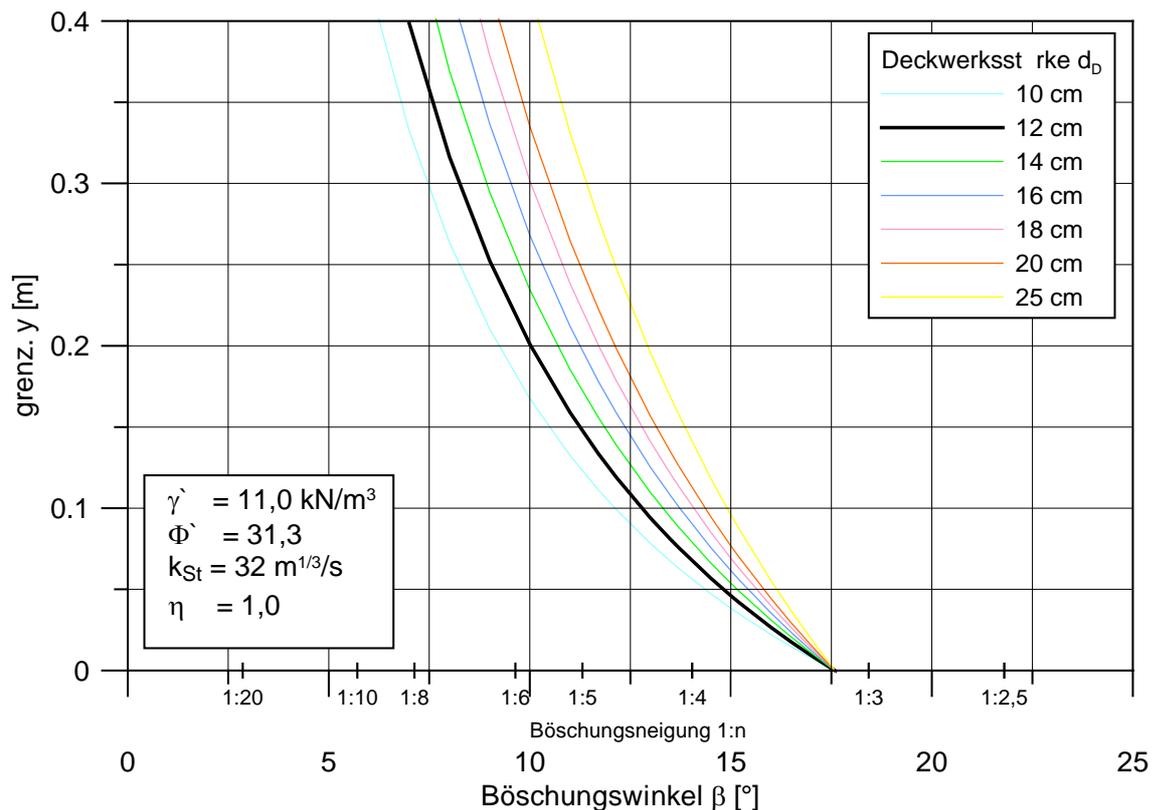


## Kohärentes, dränfähiges und selbsttragendes Deckwerk in der Kipprinne Dimensionierung von Mastix-Schotter-Deckwerk

- a) Grenzbelastung  $q_{\text{grenz}}$  in Abhängigkeit des Böschungswinkels  $\beta$  und der Deckwerksstärke  $d_D$

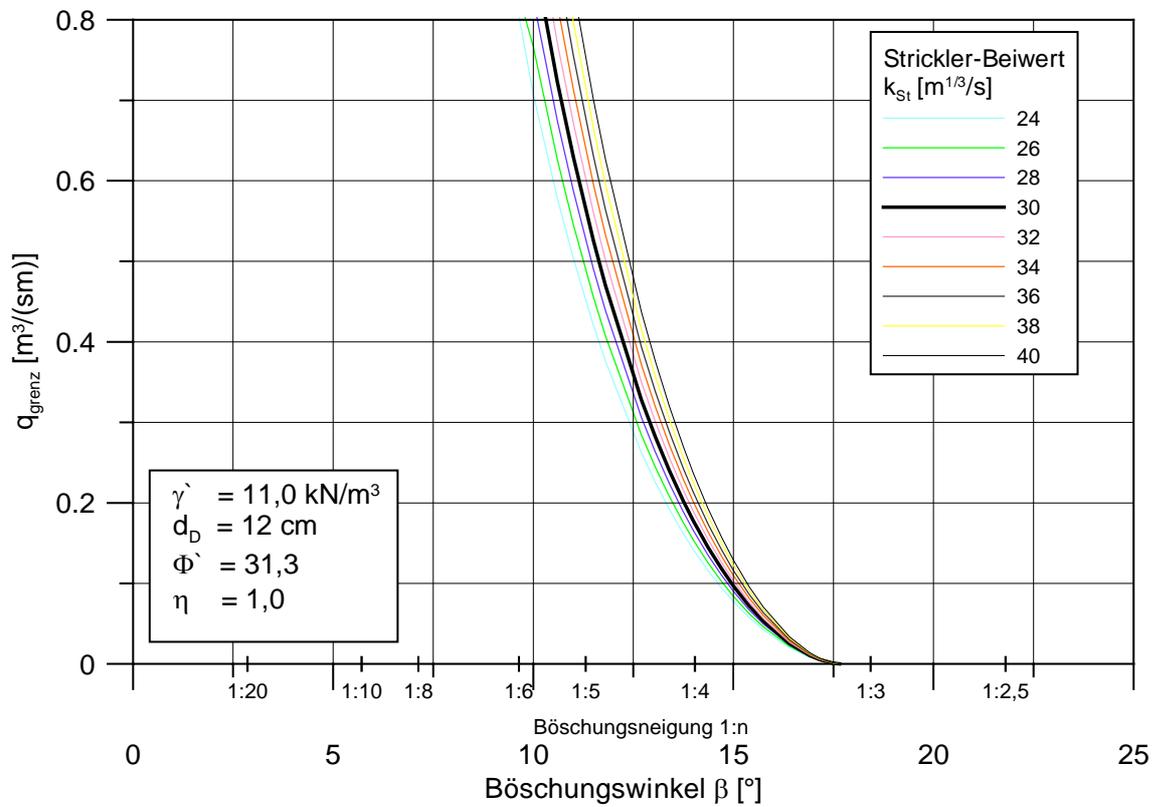


- b) Max. mögliche Überströmungshöhe grenz.  $y$  in Abhängigkeit des Böschungswinkels  $\beta$  und der Deckwerksstärke  $d_D$

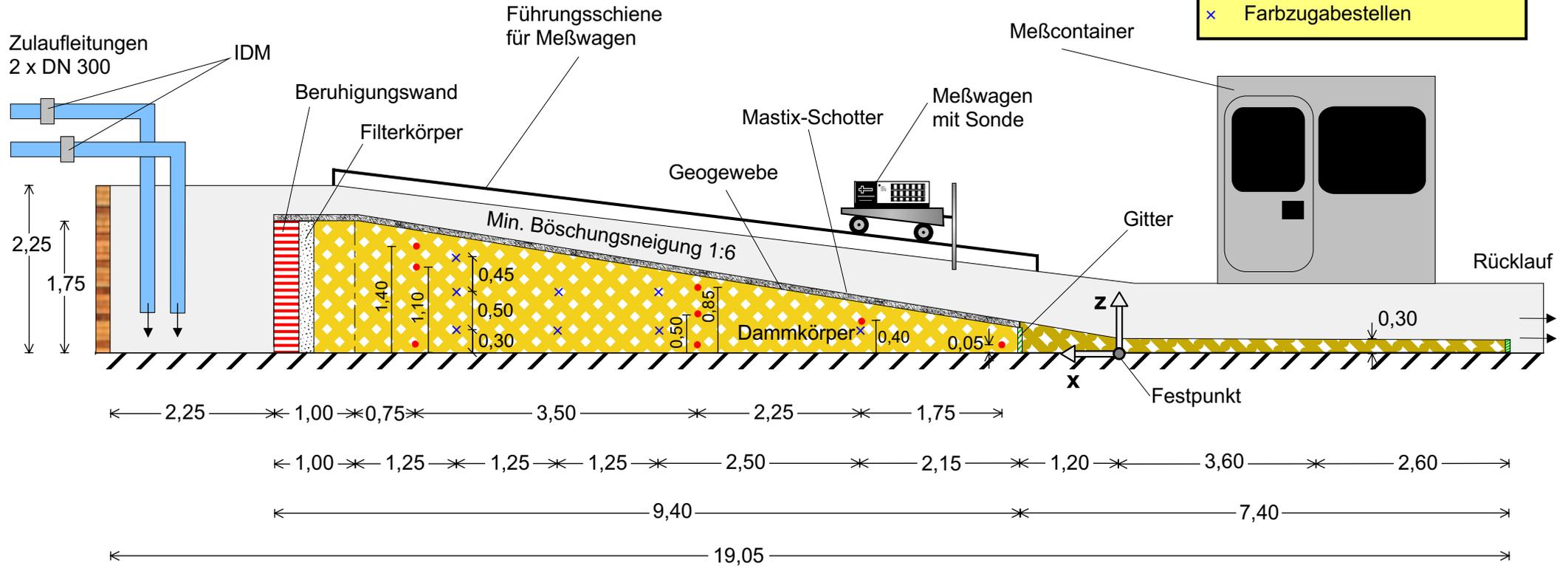


## Kohärentes, dränfähiges und selbsttragendes Deckwerk in der Kipp Rinne Dimensionierung von Mastix-Schotter-Deckwerk

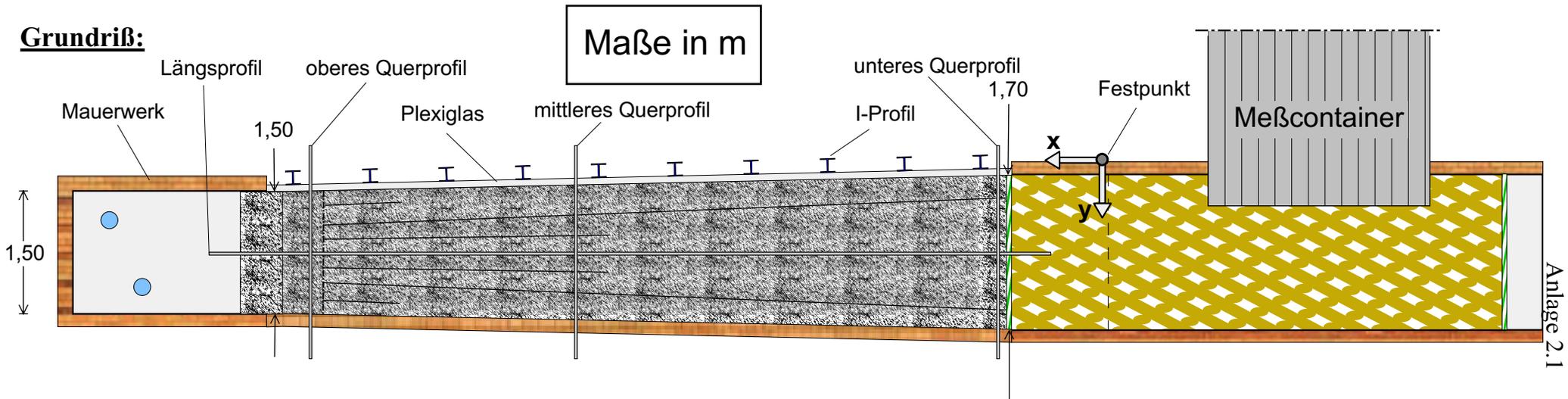
- a) Grenzbelastung  $q_{\text{grenz}}$  in Abhängigkeit des Böschungswinkels  $\beta$  und des Strickler-Beiwertes  $k_{\text{St}}$



**Längsschnitt:**



**Grundriß:**



**Fotodokumentation vom Bau des Halbdammodells**



**Foto 1** Ansicht des Halbdammodells ohne Böschungssicherung, Blick von unterstrom



**Foto 2** Blick auf die seitliche Plexiglaswand



**Foto 3** Beruhigungswand mit Filterkörper aus Kies (Blick auf den Kronenbereich)



**Foto 4** Stützung des Sandkörpers am Böschungsfuß



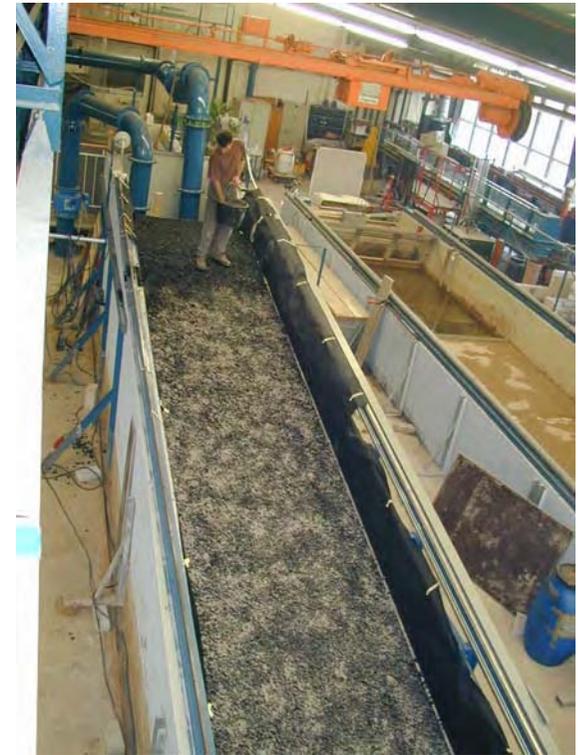
**Foto 5** Detailansicht der Fußstützung



**Foto 6** Auf der Sandoberfläche verlegtes Geogewebe zur Gewährleistung der Filterfestigkeit



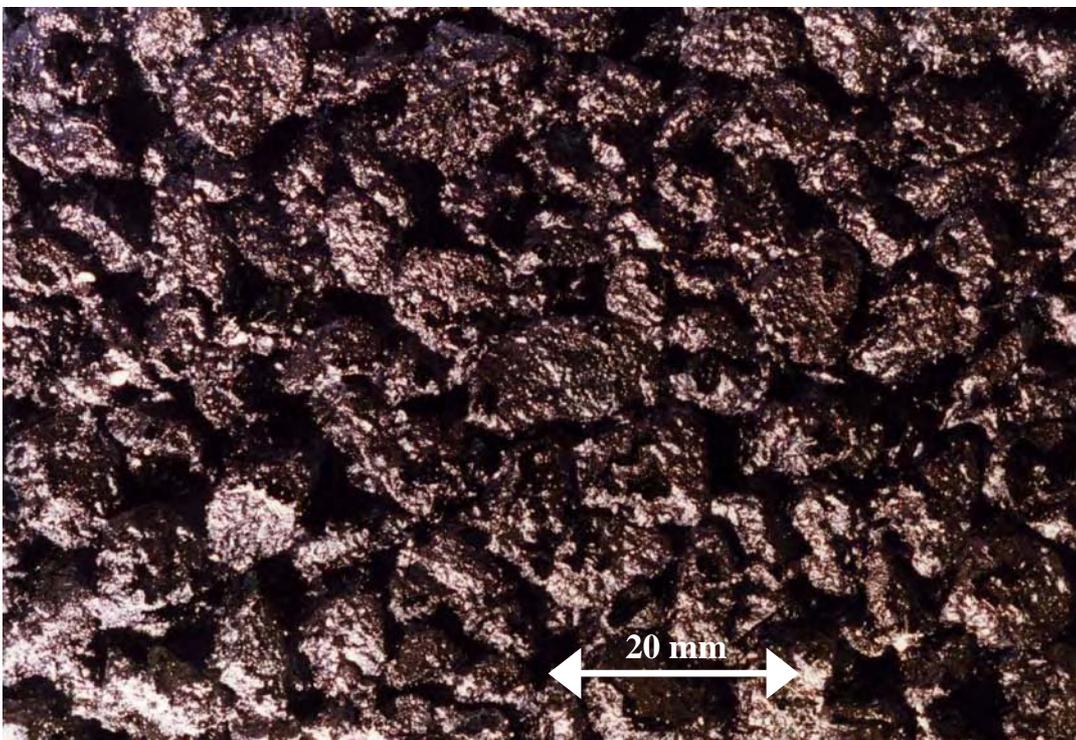
**Foto 7** Einbau des Mastix-Schotters auf das Geogewebe



**Foto 8** Bestreuen der frischen Oberfläche mit Sand zur Verbesserung des optischen Eindrucks



**Foto 9** Detailaufnahme des Mastix-Schotters: Einbauhöhe ca. 15 cm



**Foto 10** Detailaufnahme des Mastix-Schotters mit hoher Porosität



**Foto 11** Messwagen

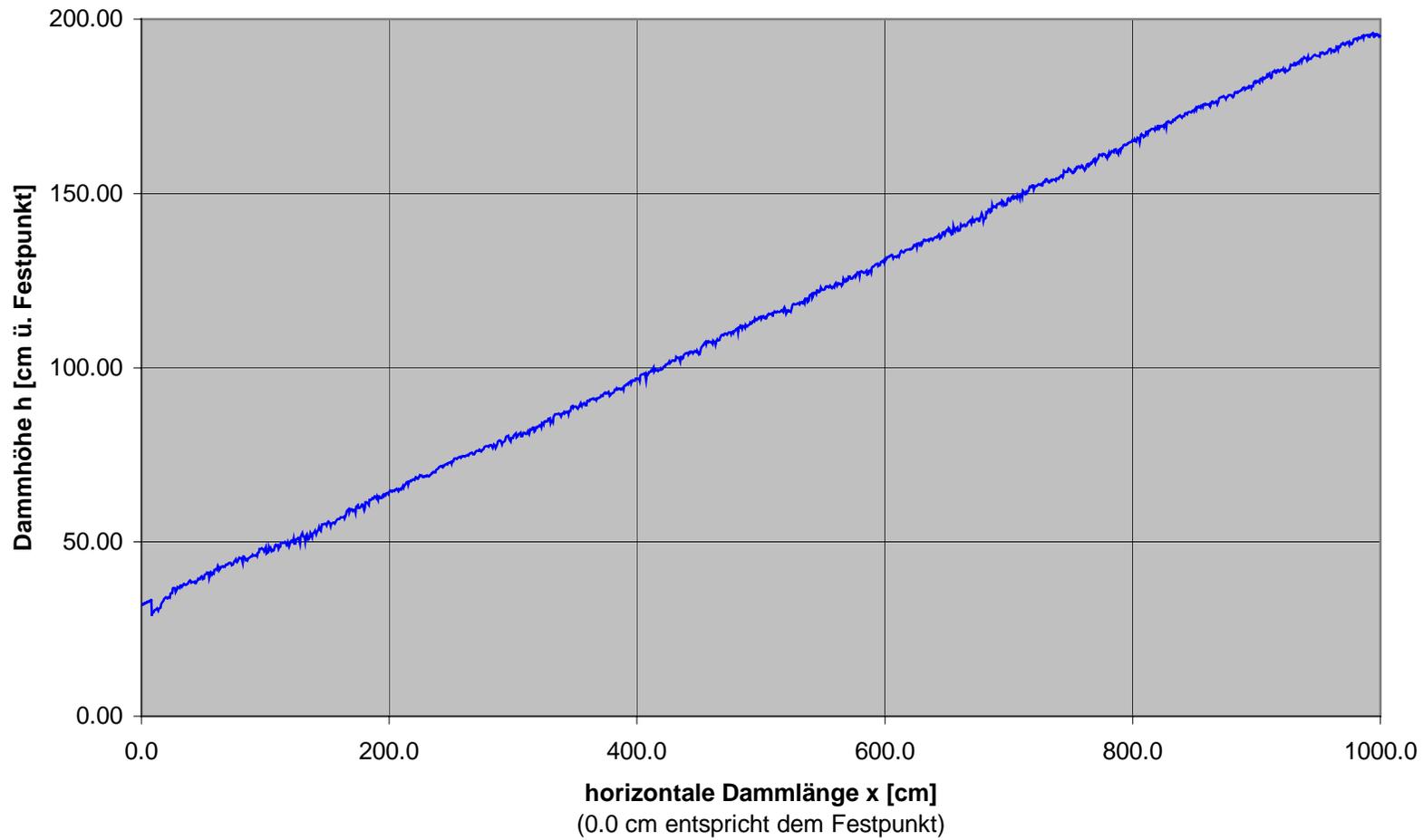


**Foto 12** Druckaufnehmer in der Plexiglaswand unterhalb des Deckwerkes aus Mastix-Schotter (hinter Geogewebe)



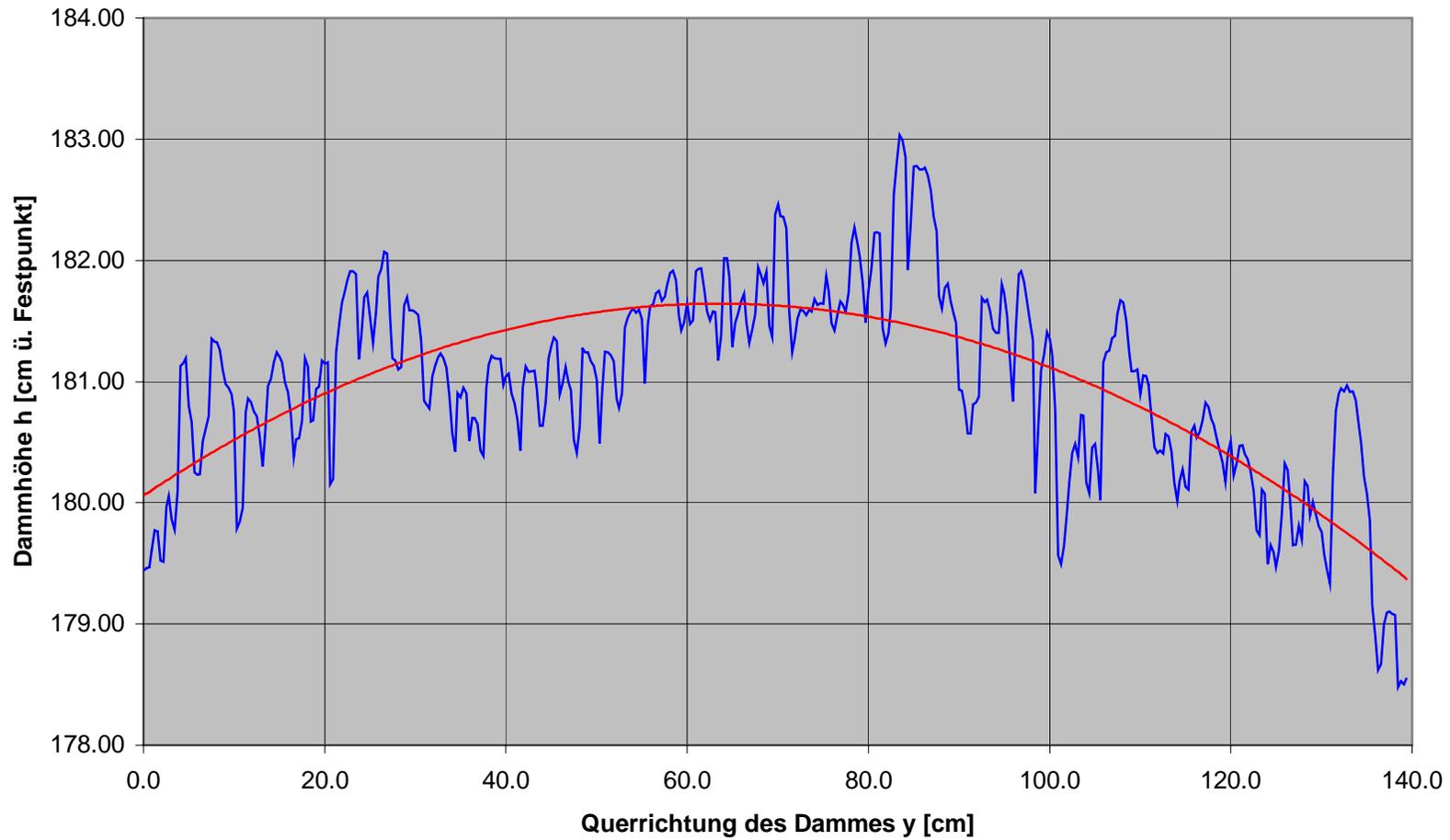
**Foto 13** Betriebsbereiter Versuchsstand (Halbdamm hinten, Auslaufstrecke vorn)

**Längsschnitt der Dammoberfläche (überhöhte Darstellung)**  
- Lasermessung in Dammmitte mit 10 Messwerten pro Sekunde -



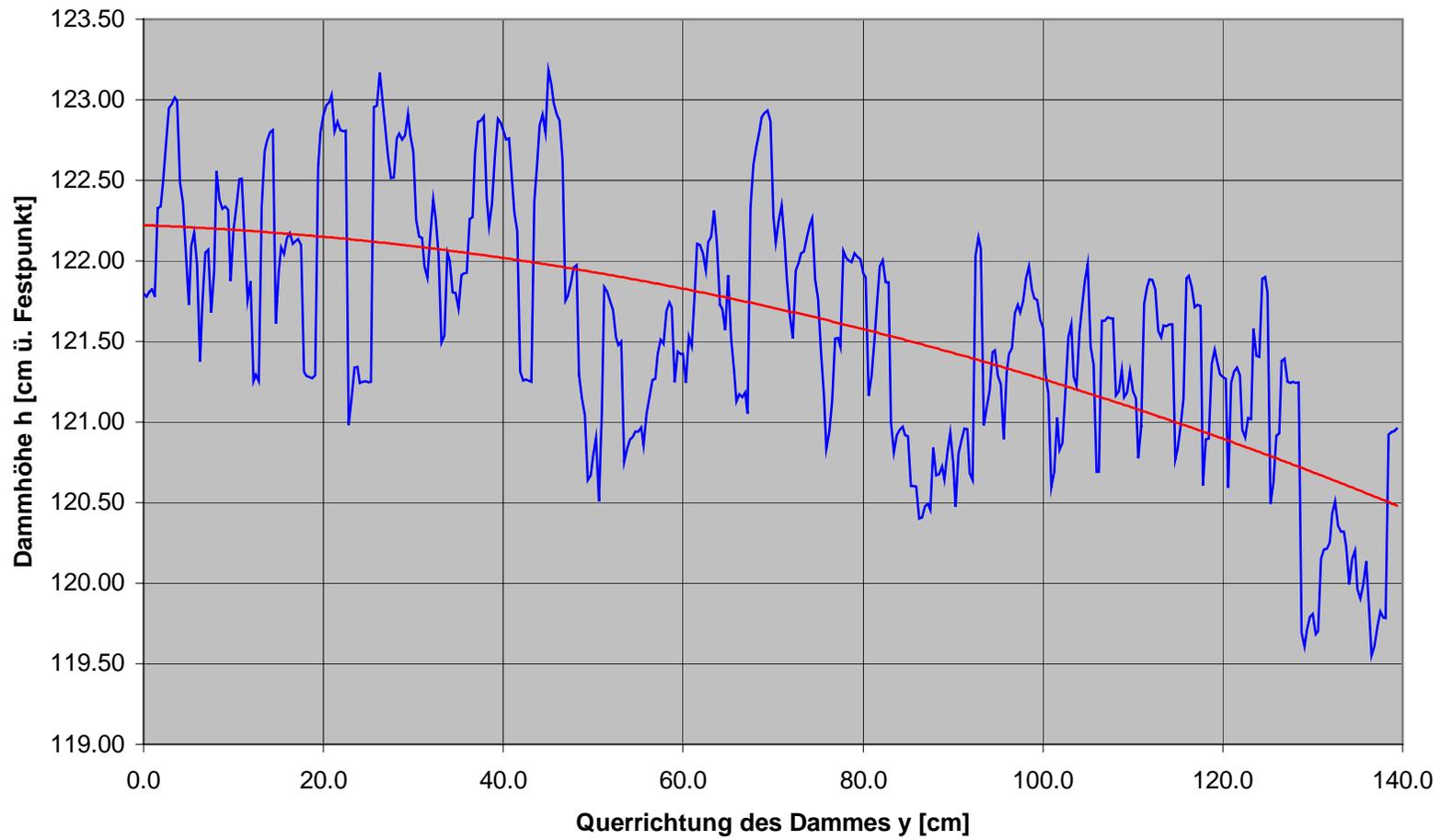
### Querschnitt der Dammoberfläche mit Trendlinie (überhöhte Darstellung)

- Lasermessung des oberen Querschnittes bei  $x_{\text{Messwagen}} = 865 \text{ cm}$  mit 10 Messwerten pro Sekunde -



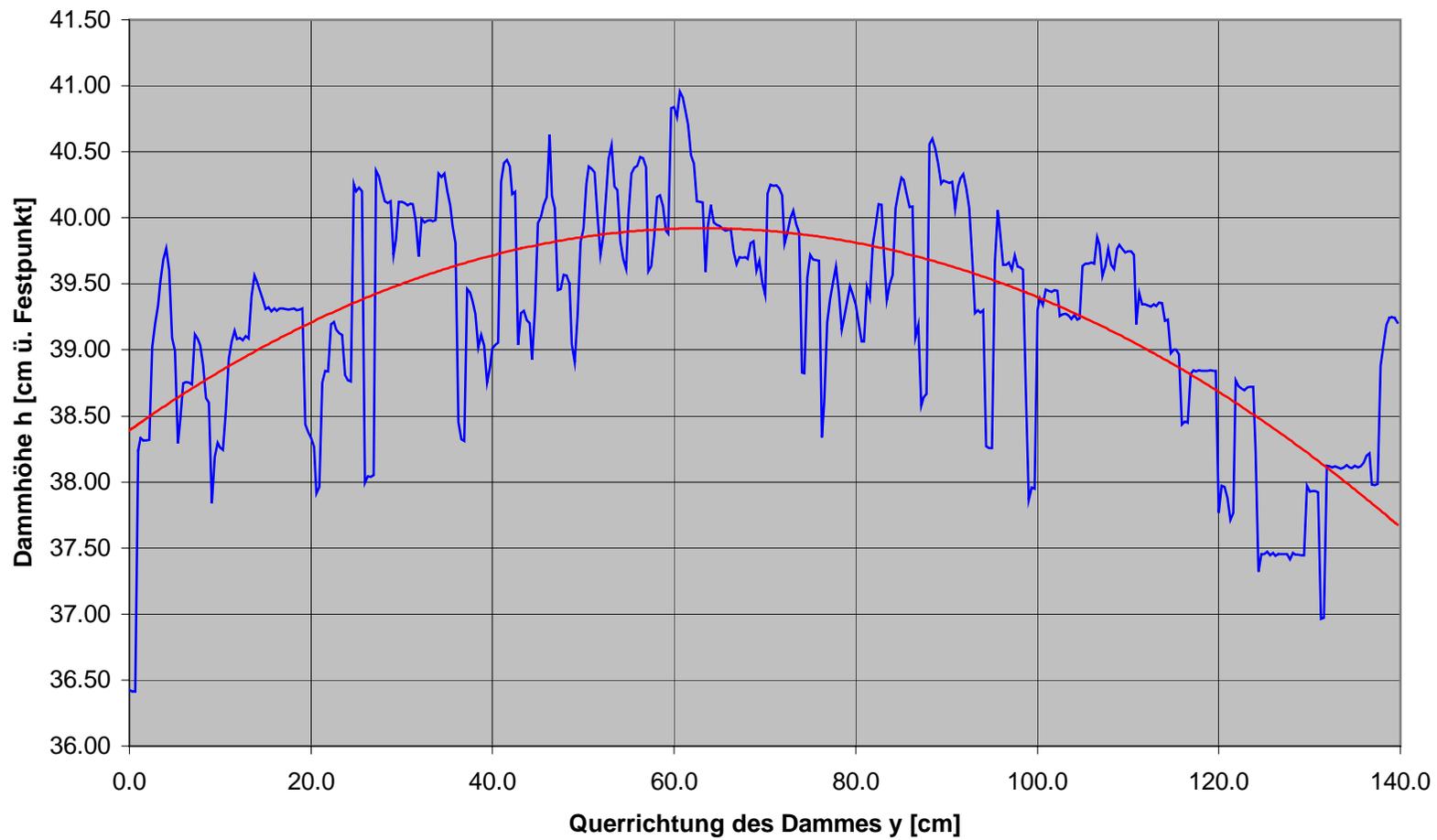
### Querschnitt der Dammoberfläche mit Trendlinie (überhöhte Darstellung)

- Lasermessung des mittleren Querschnittes bei  $x_{\text{Messwagen}} = 515 \text{ cm}$  mit 10 Messwerten pro Sekunde -



### Querschnitt der Dammoberfläche mit Trendlinie (überhöhte Darstellung)

- Lasermessung des unteren Querschnittes bei  $x_{\text{Messwagen}} = 15 \text{ cm}$  mit 10 Messwerten pro Sekunden -



## Geschwindigkeitsmessungen

		v [m/s]																
		Messungen auf mittlerem Längsprofil										Messungen auf äußerem Längsprofil						
q [l/sm]	x [m]	32	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	50	100	150	200	250	300
9,51		-	0,94	1,25	1,23	1,42	1,36	1,41	1,69	1,62	1,65	1,78	-		-	-	-	-
9,02		1,09	1,20	1,59	1,32	1,52	1,59	1,61	1,88	1,83	1,85	1,96	-		-	-	-	-
8,53		1,12	1,41	1,58	1,54	1,66	1,83	1,89	2,12	2,01	2,01	2,17	-		-	-	-	-
8,03		-	1,38	1,69	1,63	1,77	2,00	2,03	2,19	2,17	2,19	2,33	-		-	-	-	-
7,54		1,06	1,36	1,69	1,58	1,82	2,14	2,17	2,33	2,29	2,29	2,56	-		-	-	-	-
6,55		0,95	1,36	1,80	1,61	1,76	2,26	2,36	2,50	2,37	2,32	2,74	-		-	-	-	-
5,57		-	1,14	1,85	1,77	1,97	2,19	2,43	2,36	2,60	2,58	2,83	-		-	-	-	-
4,58		0,95	1,16	1,70	-	1,79	2,09	2,25	<b>2,76</b>	2,48	2,47	2,93	-		-	-	-	-
3,60		1,15	1,45	1,79	1,81	2,01	2,31	-	2,56	2,66	2,69	<b>3,07</b>	-		-	-	-	-
2,61		1,21	1,46	1,78	1,79	1,97	2,36	2,44	2,73	2,69	2,73	3,03	-		-	-	-	-
1,62		<b>1,24</b>	<b>1,52</b>	<b>1,88</b>	<b>1,87</b>	<b>2,05</b>	<b>2,51</b>	<b>2,62</b>	2,50	<b>2,81</b>	2,79	2,96	-		-	-	-	-
0,64		1,09	1,20	1,64	1,66	1,90	2,31	2,38	2,60	2,65	2,63	2,50	-		-	-	-	-
0,14		0,94	1,20	1,70	1,76	2,04	2,29	2,46	-	2,76	<b>2,84</b>	0,59	-		-	-	-	-
-0,35		0,92	0,49	1,23	0,64	0,82	0,60	0,64	-	1,47	1,80	-	-		-	-	-	-
- 1,80		-	<b>0,35</b>	-	0,49	-	<b>0,59</b>	-	<b>0,69</b>	-	<b>0,70</b>	0,97	0,54	0,76	0,87	<b>1,20</b>	<b>2,00</b>	0,51
- 2,30		-	0,33	-	<b>0,53</b>	-	0,54	-	0,65	-	0,68	0,99	<b>0,59</b>	<b>0,80</b>	<b>0,97</b>	1,15	1,53	0,72
- 2,80		-	0,31	-	0,46	-	0,51	-	0,59	-	0,65	<b>1,02</b>	0,53	0,74	0,89	1,11	1,59	0,93
- 3,80		-	0,26	-	0,39	-	0,49	-	0,52	-	0,45	0,81	0,48	0,72	0,87	1,08	1,54	<b>1,08</b>
- 5,30		-	0,16	-	0,36	-	0,47	-	0,50	-	0,28	0,66	0,45	0,63	0,83	0,99	1,28	1,01
- 5,80		-	0,09	-	0,27	-	0,32	-	0,30	-	0,54	0,32	0,44	0,57	0,85	0,92	1,29	0,95

fett: Maximalwerte

**Halbdamm-Modell nach Fertigstellung (Deckwerk: Mastix-Schotter)**



Gesamtansicht von unterstrom  
ohne Kolk



Gesamtansicht von unterstrom  
mit Kolk



Ansicht von oberstrom  
mit Kolk

**Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**

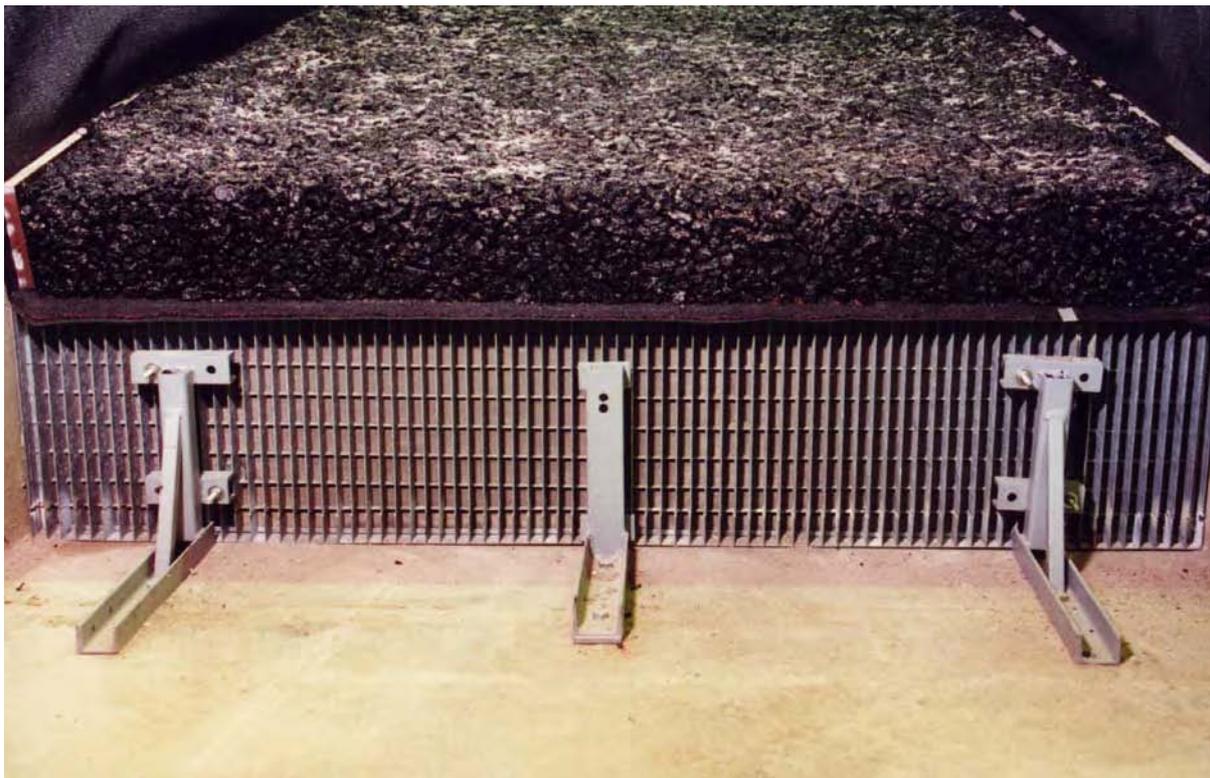


Kolkbereich am Böschungsfuß



Kolkbereich am Böschungsfuß

**Untersuchungen ohne Stützung des Deckwerkes am Böschungsfuß**

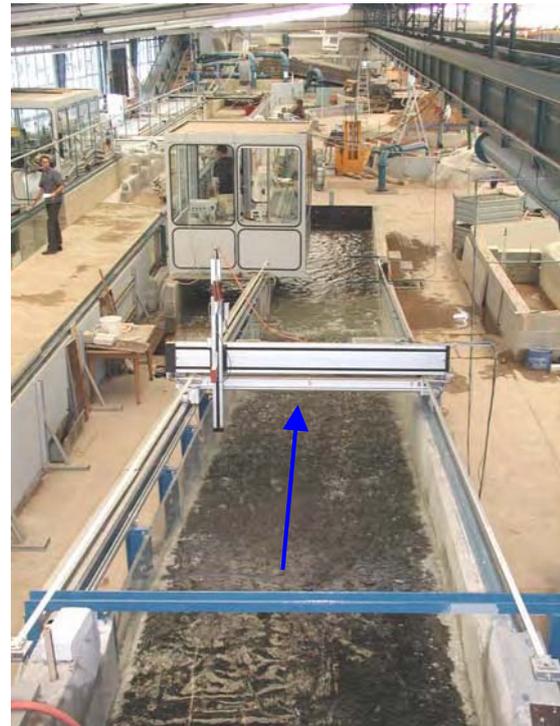


Absturz am Böschungsfuß  
(ungestütztes Deckwerk)

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 50 \text{ l/(sm)}$**



Gesamtansicht von unterstrom



Ansicht von oberstrom



Ansicht von unterstrom



Seitenansicht

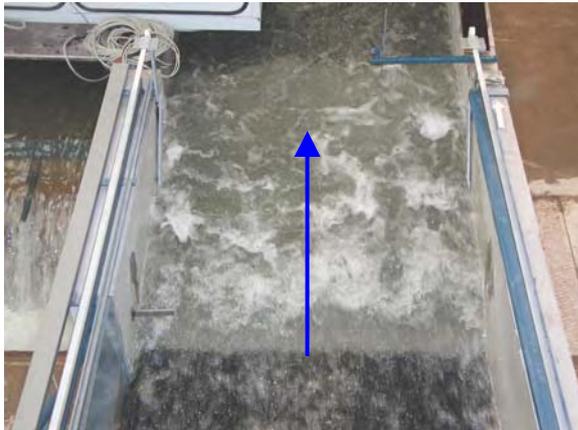


Beschleunigung an der Dammkrone



schießender Normalabfluss (Böschung)

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)  
 $q = 50 \text{ l/(sm)}$**



Wechselsprung von oberstrom



Wechselsprung von unterstrom

**Untersuchungen ohne Stützung am Böschungfuß**

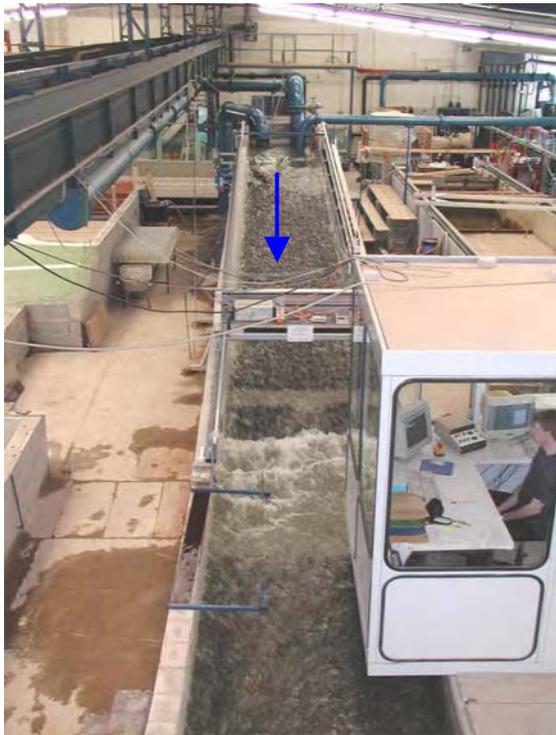


Gesamtansicht



Absturz am ungestützten Böschungfuß

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 100 \text{ l/(sm)}$**



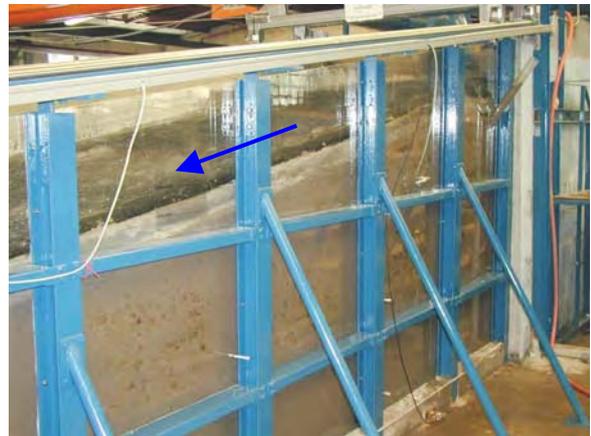
Gesamtansicht von unterstrom



Ansicht von oberstrom



Ansicht von unterstrom



Seitenansicht



Beschleunigung an der Dammkrone



schießender Normalabfluss (Böschung)

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 100 \text{ l/(sm)}$**



Wechselsprung von unterstrom

**Untersuchungen ohne Stützung am Böschungfuß**



Gesamtansicht



Absturz am ungestützten Böschungfuß

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 200 \text{ l/(sm)}$**



Gesamtansicht von unterstrom



Ansicht von oberstrom



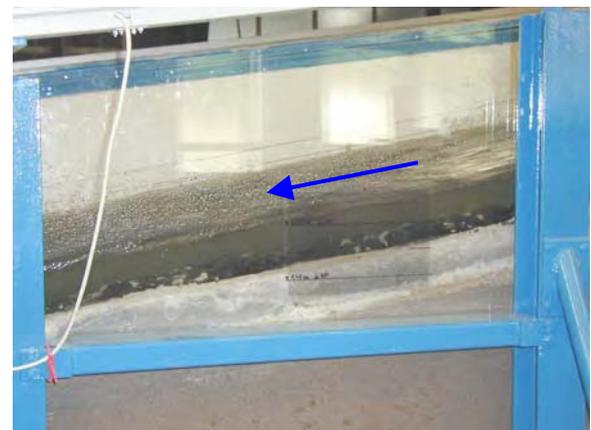
Ansicht von unterstrom



Seitenansicht



Beschleunigung an der Dammkrone



schießender Normalabfluss (Böschung)

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 $q = 200 \text{ l/(sm)}$



Wechselsprung von oberstrom



Wechselsprung von unterstrom

**Untersuchungen ohne Stützung am Böschungfuß**



Gesamtansicht

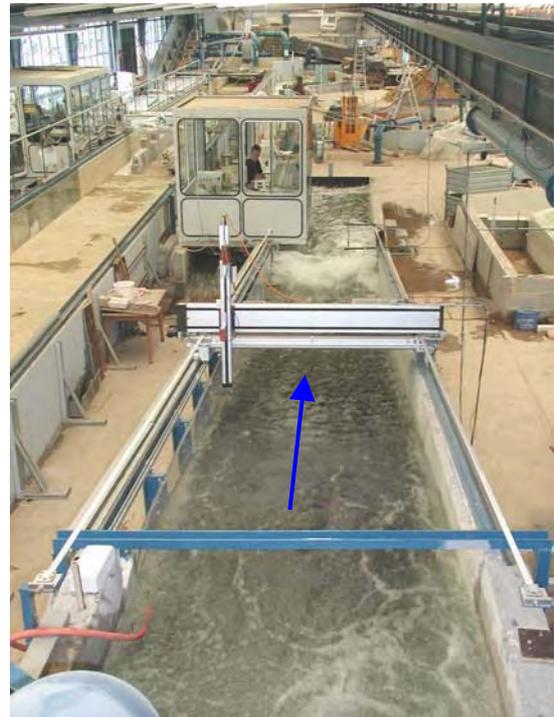


Absturz am ungestützten Böschungfuß

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 300 \text{ l/(sm)}$**



Gesamtansicht von unterstrom



Ansicht von oberstrom



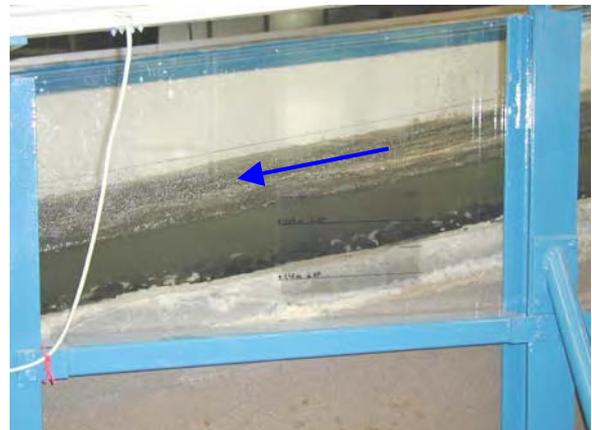
Ansicht von unterstrom



Seitenansicht



Beschleunigung an der Dammkrone



schießender Normalabfluss

**Belastungsuntersuchung am Halbdamm-Modell (Deckwerk: Mastix-Schotter)**  
 **$q = 300 \text{ l/(sm)}$**



Wechselsprung von oberstrom  
- mit gewelltem Abfluss -



Wechselsprung von unterstrom  
- mit gewelltem Abfluss -



Wechselsprung von oberstrom  
- Übergangsbereich -

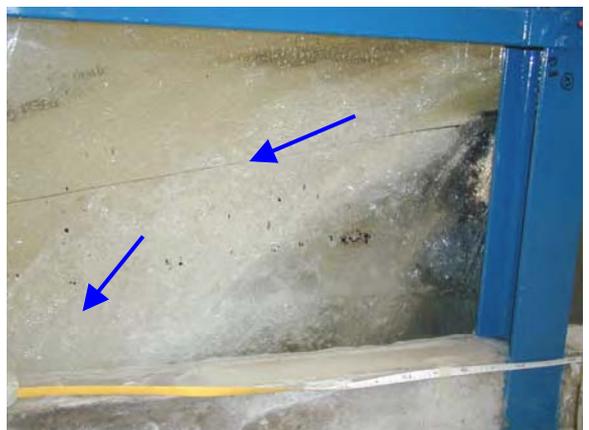


Wechselsprung von oberstrom  
- ohne gewellten Abfluss -

**Untersuchungen ohne Stützung am Böschungfuß**



Gesamtansicht



Absturz am ungestützten Böschungfuß

## Herstellung des Mastix-Schotter-Deckwerkes beim HRB Mönchzell



Blick auf die Dammkrone und die Mineralschotterschicht (als Unterbau für das Mastix-Schotter-Deckwerk)



Blick von unterstrom auf die fertiggestellte Mineralschotterschicht mit Ausformung des Kolkbereiches



Lastplattenversuch zur Verdichtungskontrolle der Mineralschotterschicht



Herstellung von Probemischungen zur Einstellung des Mischwerks vor Beginn der Bauarbeiten



Mastix-Schotter-Probemischung



Regelpult zur Einstellung der Mischung



Befüllung der LKW im Mischwerk



Abdeckung des Mastix-Schotters vor der Fahrt zur Baustelle



Das Geogewebe wird bahnenweise direkt vor dem Einbau des Mastix-Schotters ausgerollt



Das Material wird vom LKW auf das Geogewebe abgekippt



Holzrampen schützen das Geogewebe vor Beschädigungen bei der Befahrung



Mit einem Bagger mit schwenkbarem Grabenlöffel wird der Mastix-Schotter verteilt, glattgezogen und angedrückt



Durch Einstecken einer Eisenlehre wird die Einbaustärke kontrolliert



Die erforderliche Einbaustärke beträgt 20 cm



An der Überlaufschwelle wird das Geogewebe mit Klemmleisten fixiert



Durch eine Schlaufenlage im Geogewebe soll Materialaustrag bei etwaigen Verformungen am Anschlußbereich verhindert werden



Von Hand wird die Schlaufenlage fixiert und die Fuge an der Überlaufschwelle sicher geschlossen (Vermeidung von Hohllagen)



Die Ausformung des Kolkbereichs wird mit Hilfe des Baggers ausgeführt



Ansicht des Kolkbereiches



Beim Arbeitspausen über Nacht werden Kanthölzer an der Fuge ausgelegt; bei Wiederaufnahme der Arbeiten wird die Fuge mit Primer angesprüht und erwärmt



Die ersten Lieferungen des Mastix-Schotters enthielten zuviele Feinmaterialien



Eine Beschädigung im Geogewebe wurde großflächig mit einer zusätzlichen Lage überdeckt



Eine unter dem Damm verlaufende Entwässerungsleitung machte den Einbau eines Schachts notwendig; das Schachtrohr wird vollständig mit dem Geogewebe eingeschlagen



Nach Herstellung des Deckwerkes wird der Schachtring mit Beton verfüllt



Ein Strommast direkt am Dammfuß machte eine Umformung des Kolkbereiches erforderlich



Durch Flussbausteine auf dem Mastix-Schotter wird das anströmende Wasser umgeleitet



Blick auf das Mastix-Schotter-Deckwerk unmittelbar nach der Fertigstellung



2 Tage nach der Fertigstellung des Deckwerkes kann der Oberboden aufgetragen werden

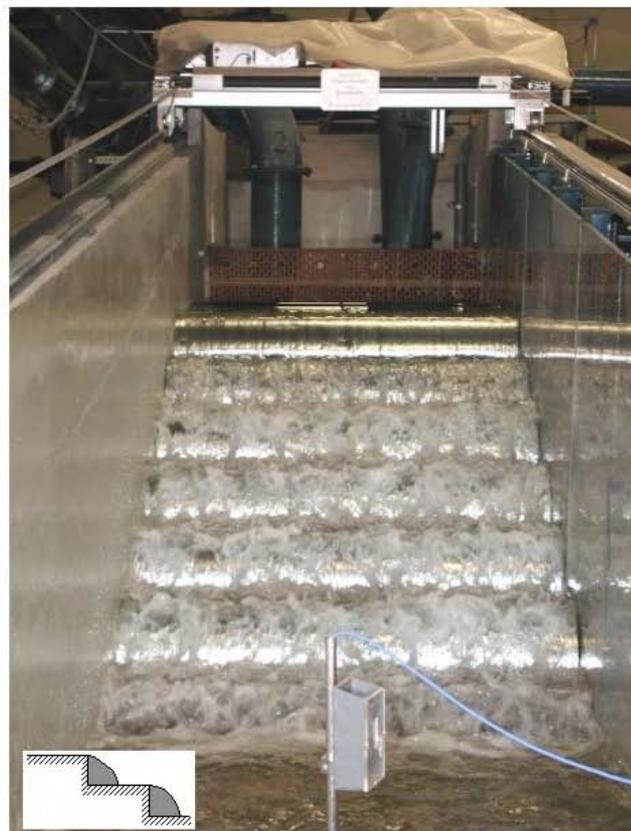
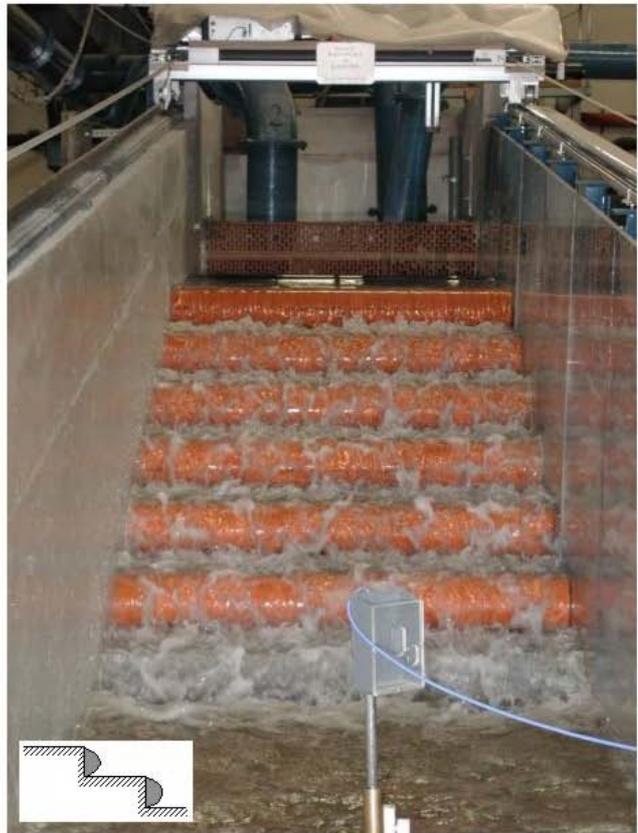


Die Überströmstrecke kann nach der Fertigstellung begrünt werden (hier wenige Wochen nach der Aussaat)



Blick auf die Überströmstrecke: Das Bauwerk gliedert sich in die Landschaft ein

$q_{\text{Modell}} = 20 \text{ l/(sm)}$   $\rightarrow$   $q_{\text{Natur}} = 80 \text{ l/(sm)}$



$q_{\text{Modell}} = 61 \text{ l/(sm)}$   $\rightarrow$   $q_{\text{Natur}} = 240 \text{ l/(sm)}$



$$q_{\text{Modell}} = 101 \text{ l/(sm)} \rightarrow q_{\text{Natur}} = 400 \text{ l/(sm)}$$



$$q_{\text{Modell}} = 152 \text{ l/(sm)} \rightarrow q_{\text{Natur}} = 600 \text{ l/(sm)}$$



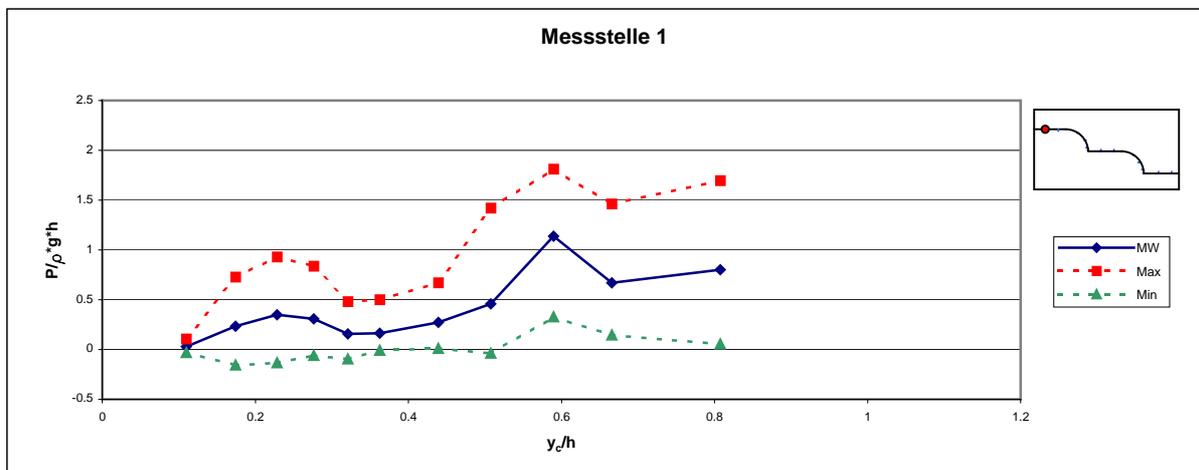
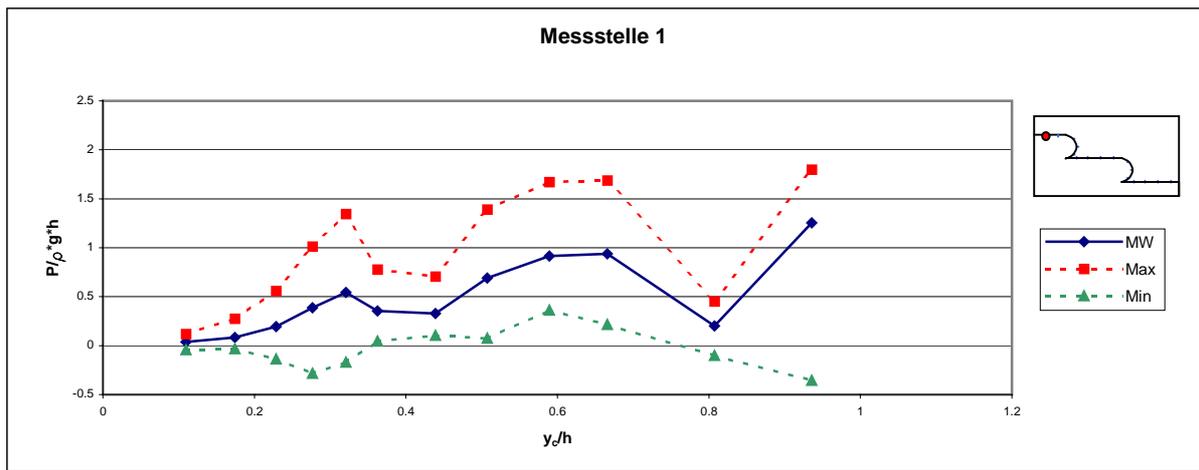
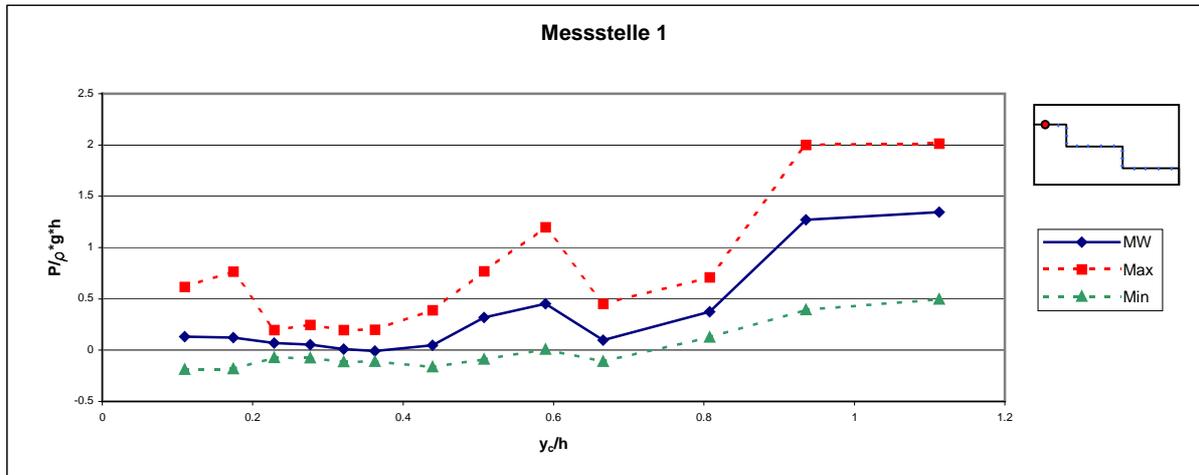
$$q_{\text{Modell}} = 202 \text{ l/(sm)} \rightarrow q_{\text{Natur}} = 800 \text{ l/(sm)}$$



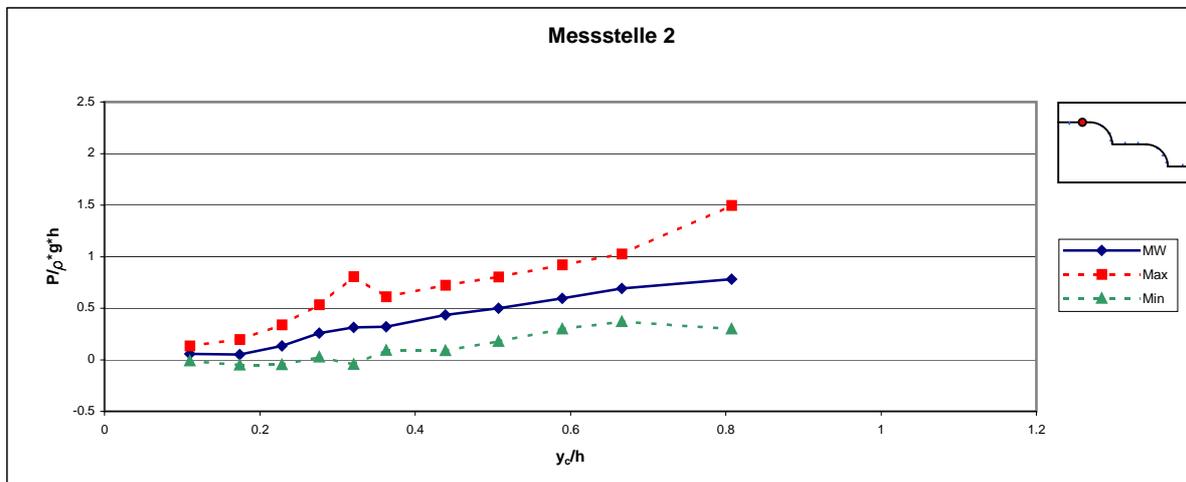
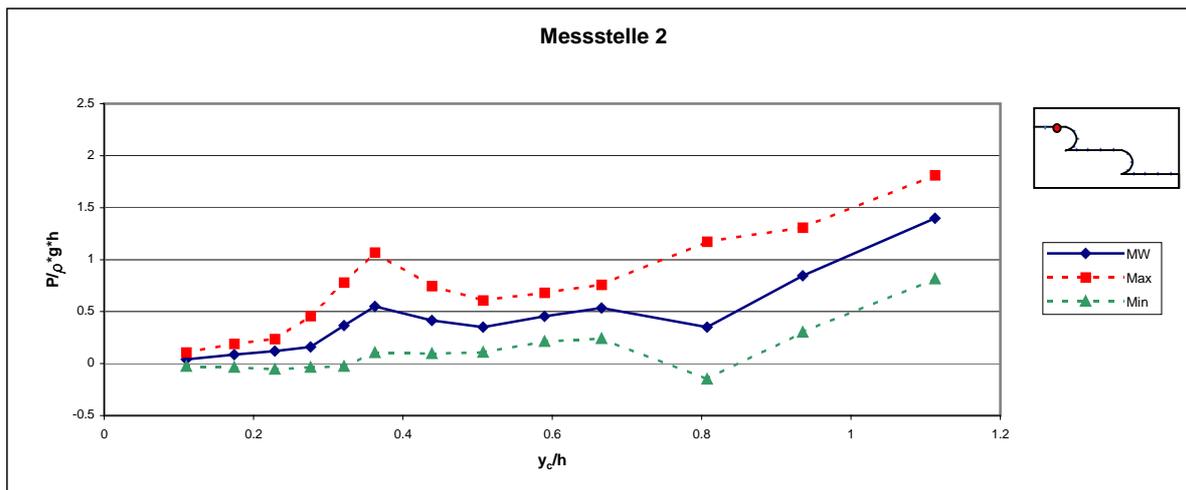
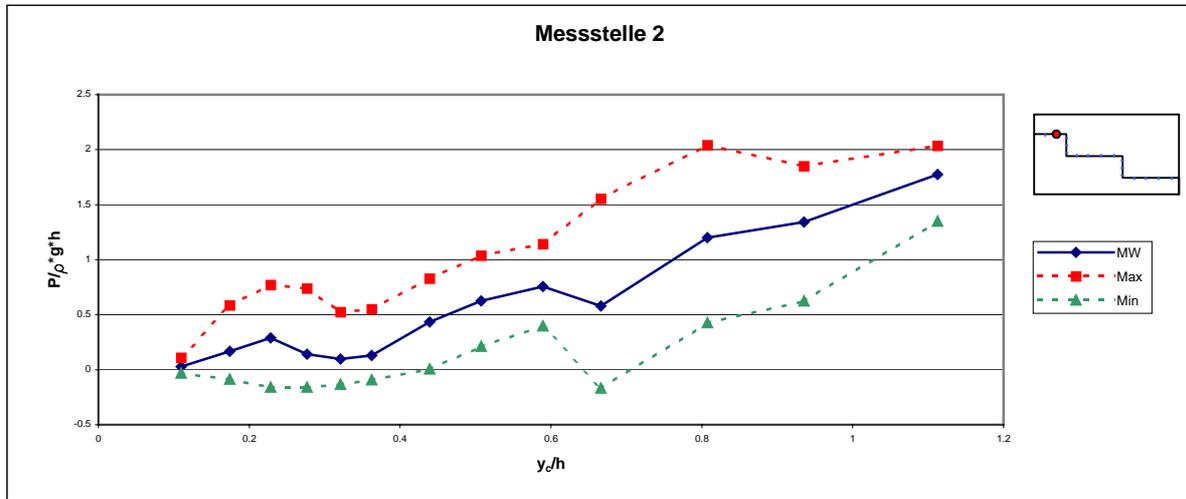
$$q_{\text{Modell}} \approx 320 \text{ l/(sm)} \rightarrow q_{\text{Natur}} \approx 1270 \text{ l/(sm)}$$



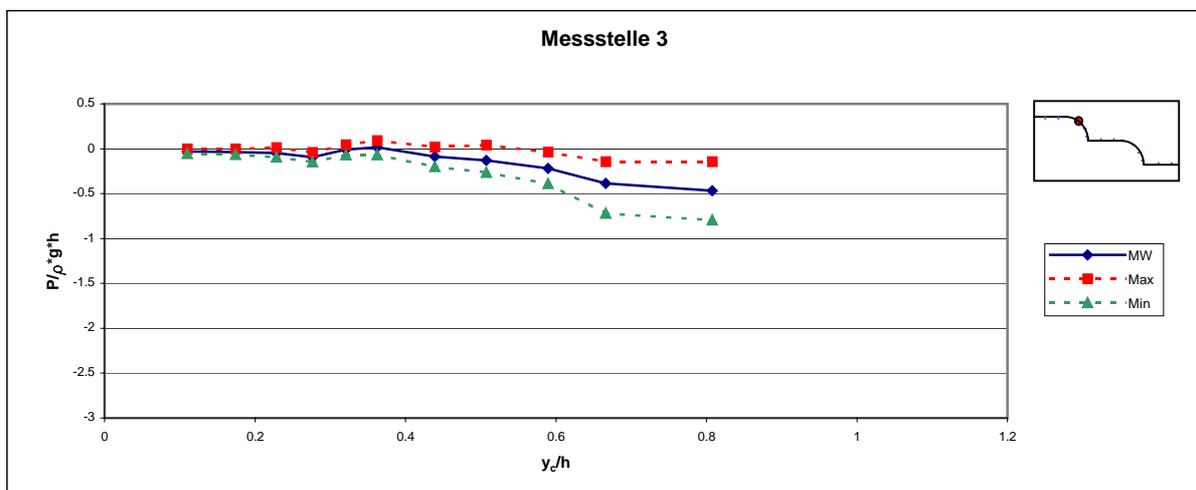
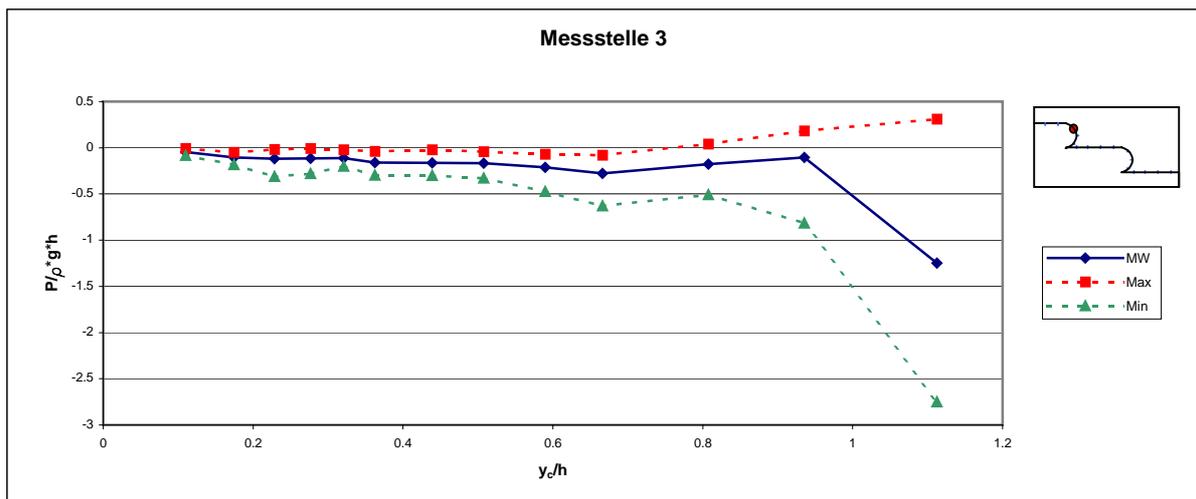
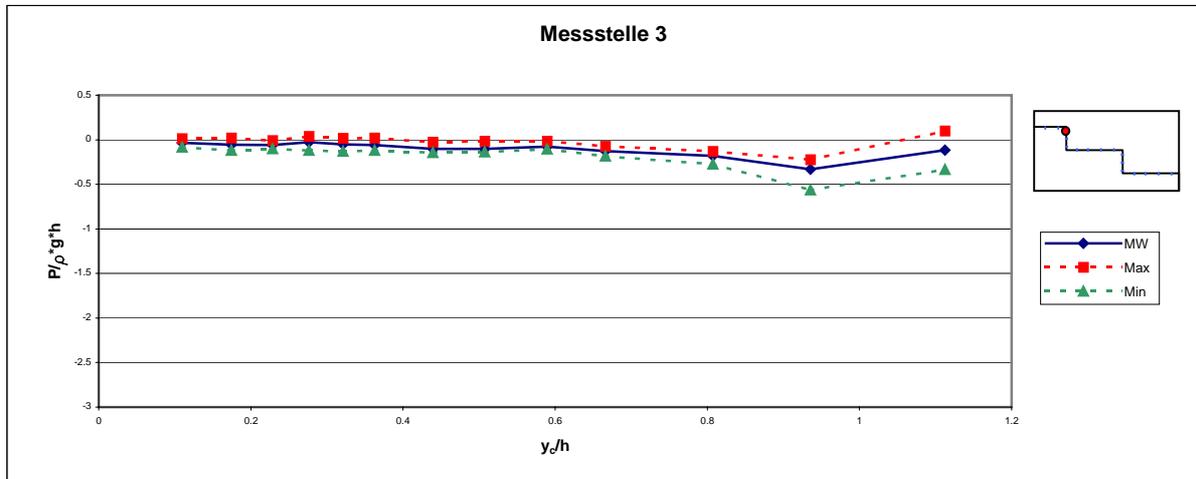
# Druckmessung Position 1



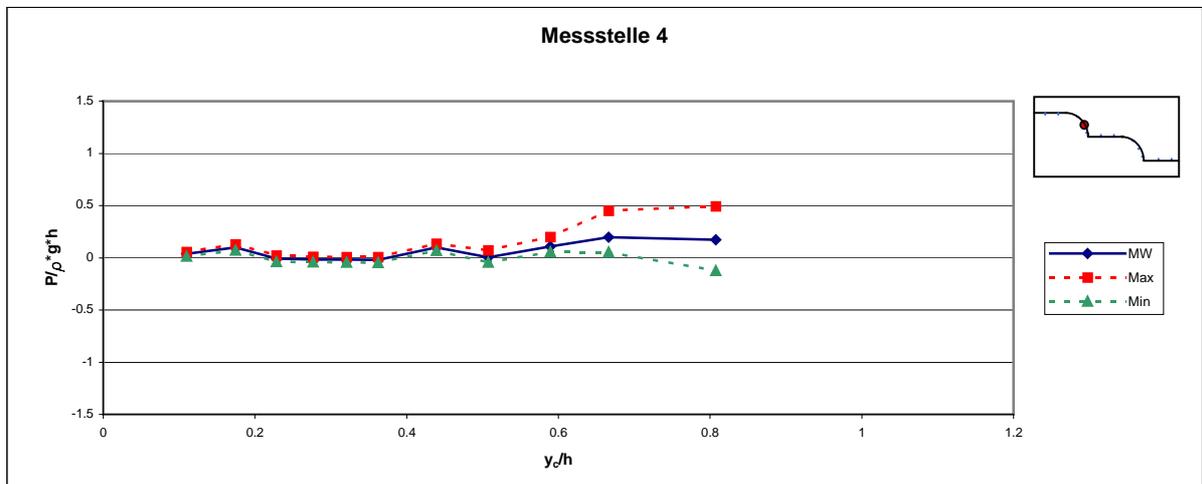
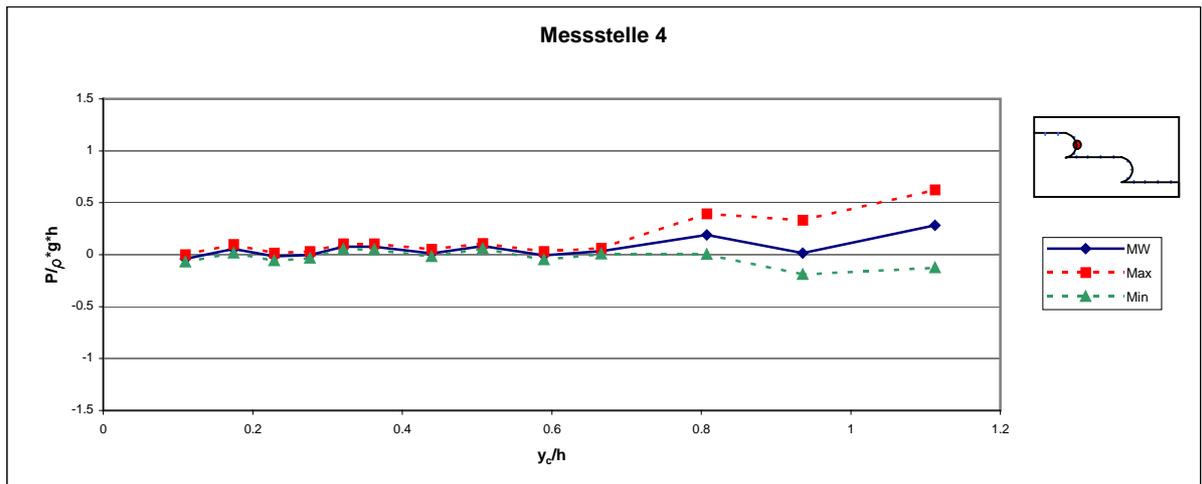
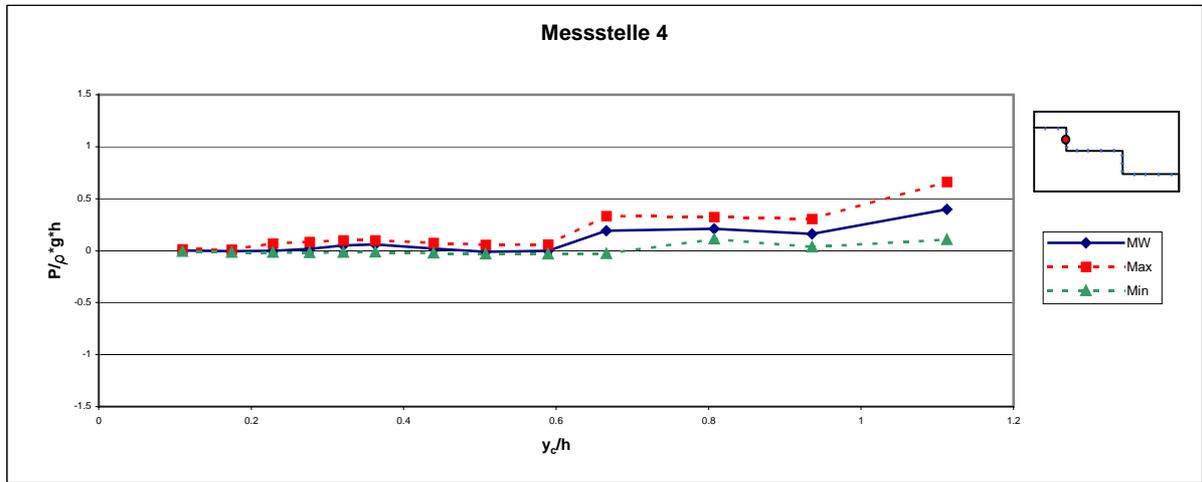
# Druckmessung Position 2



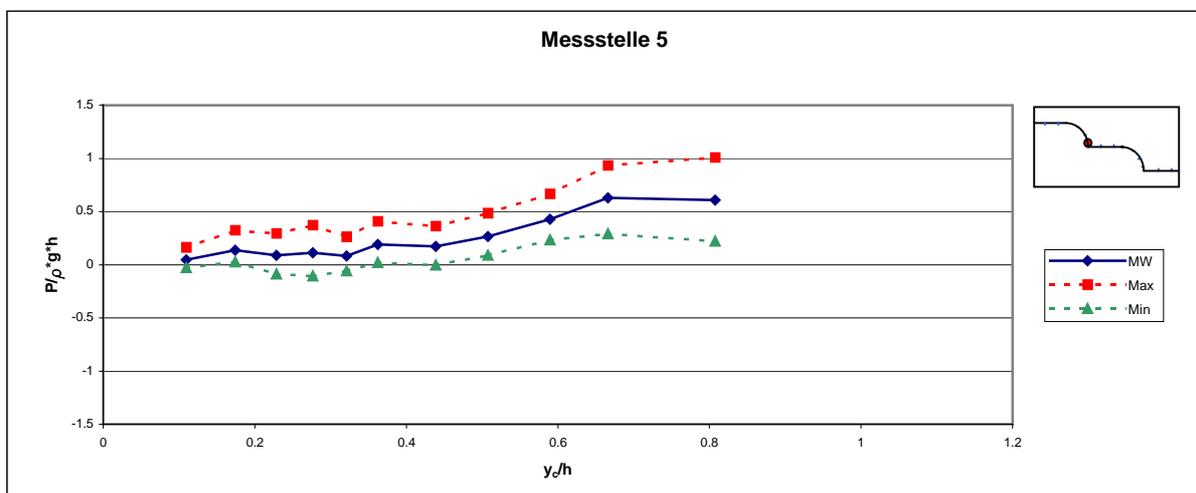
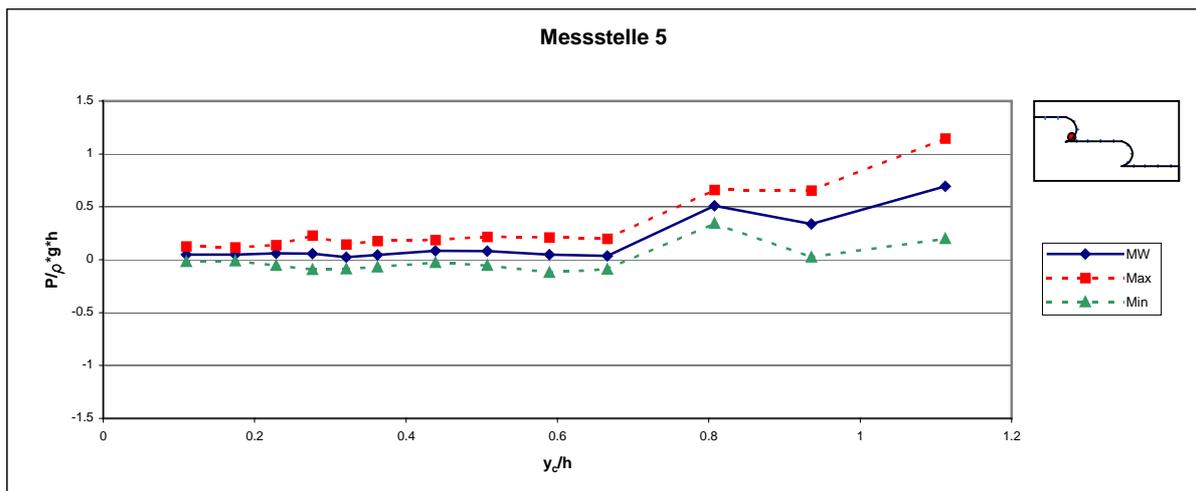
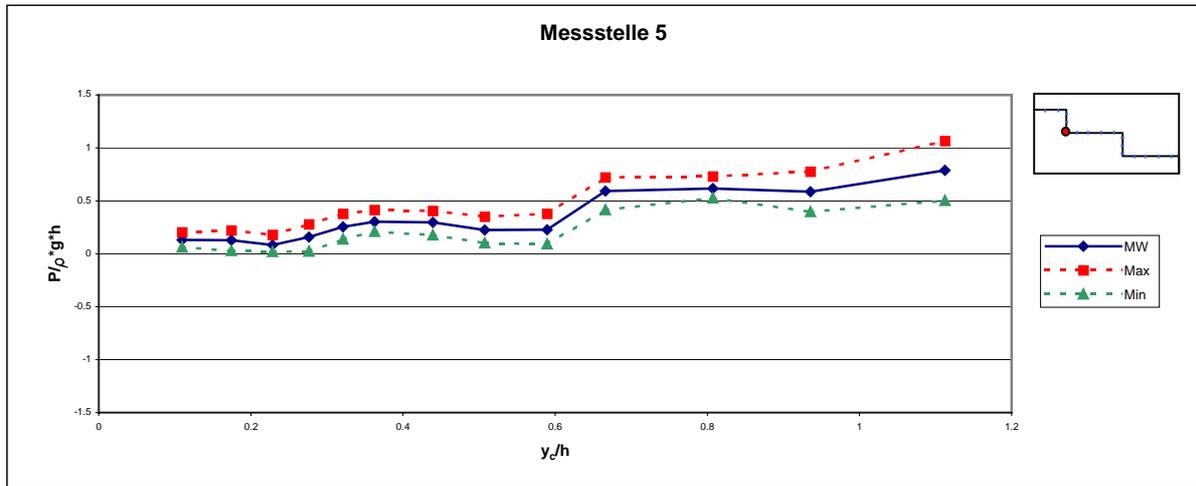
### Druckmessung Position 3



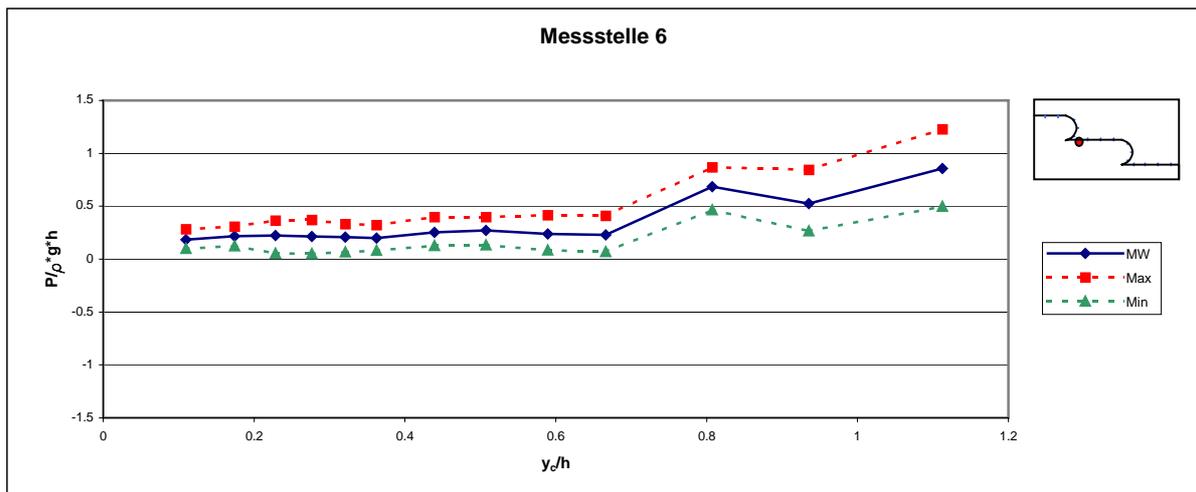
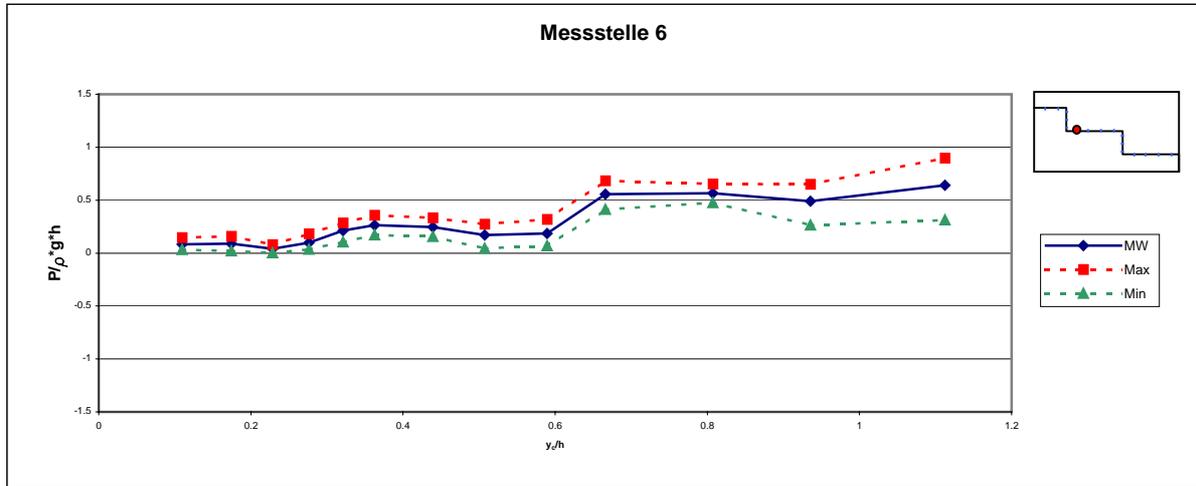
# Druckmessung Position 4



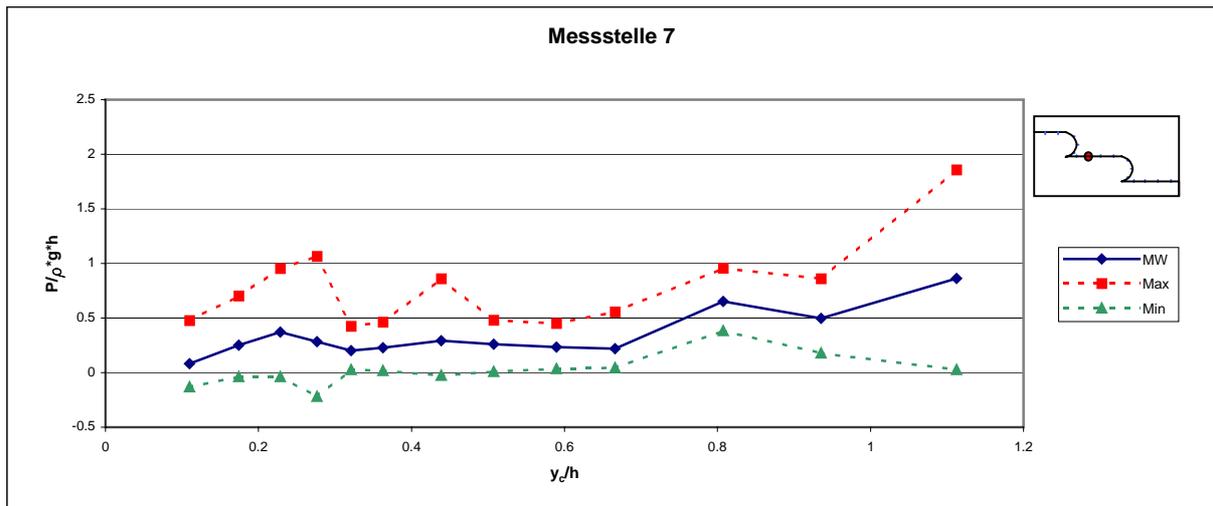
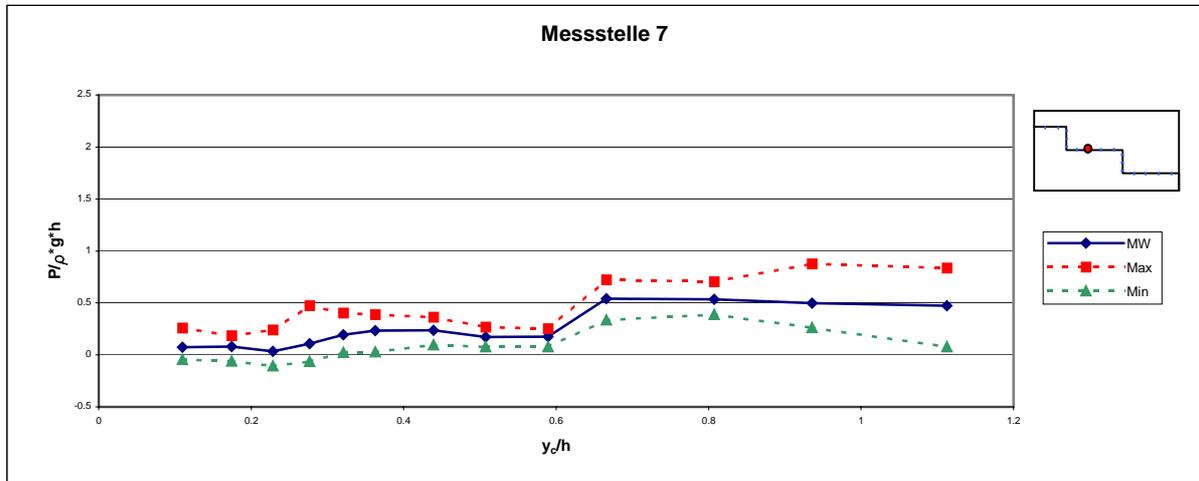
# Druckmessung Position 5



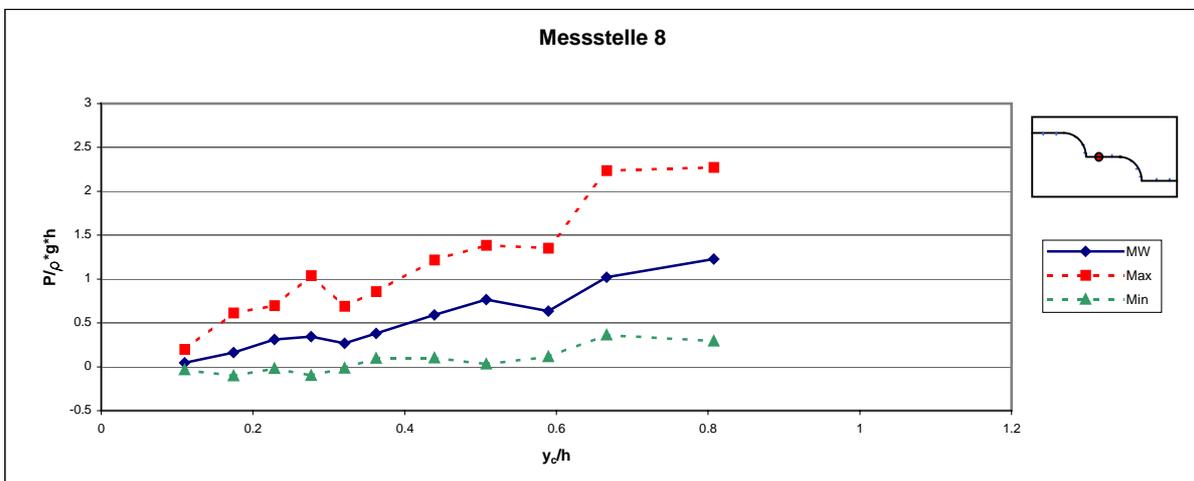
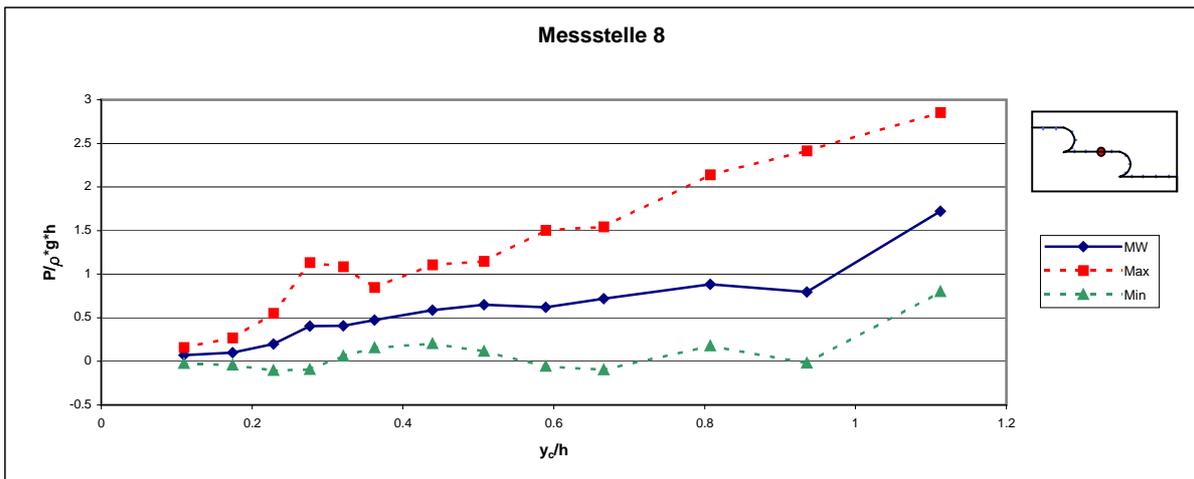
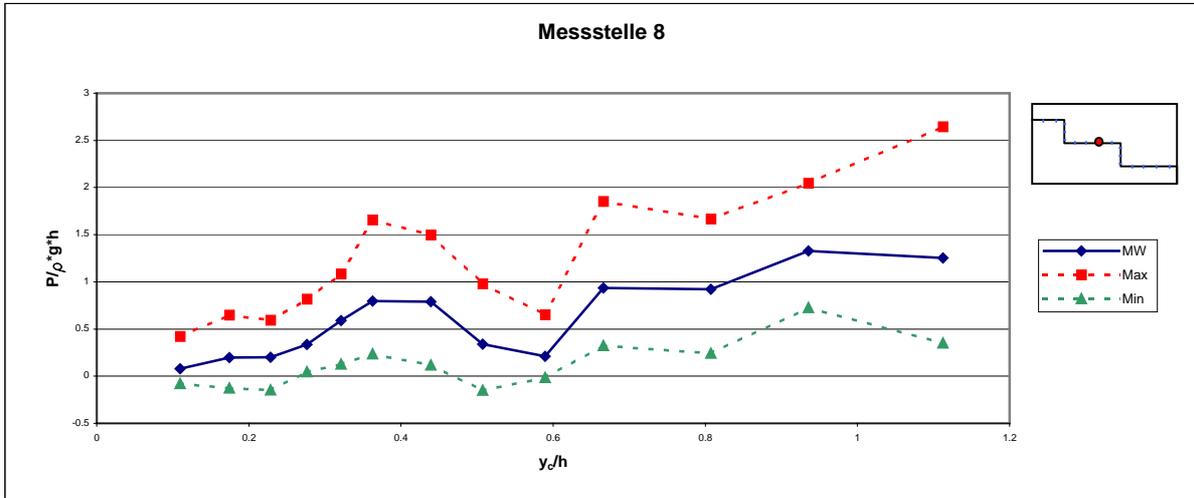
# Druckmessung Position 6



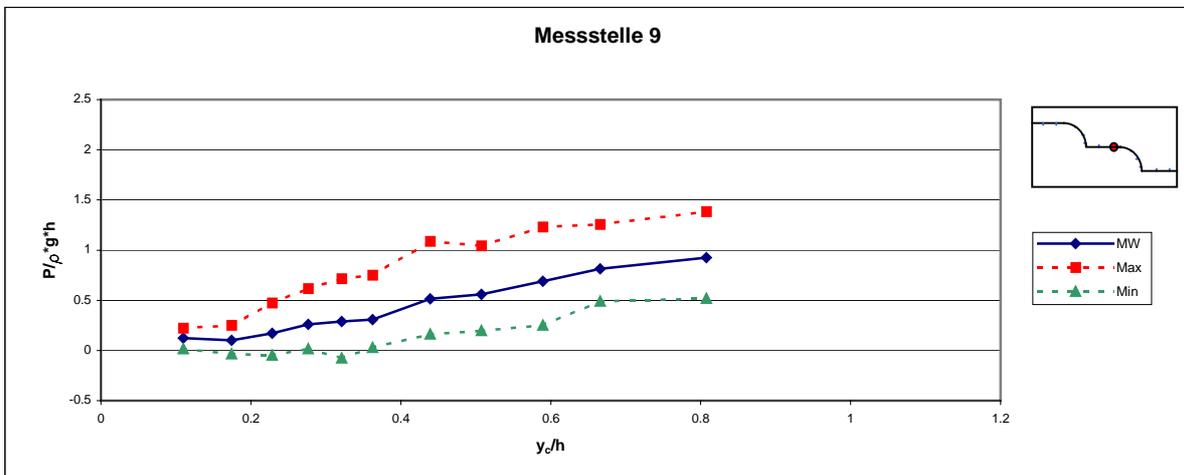
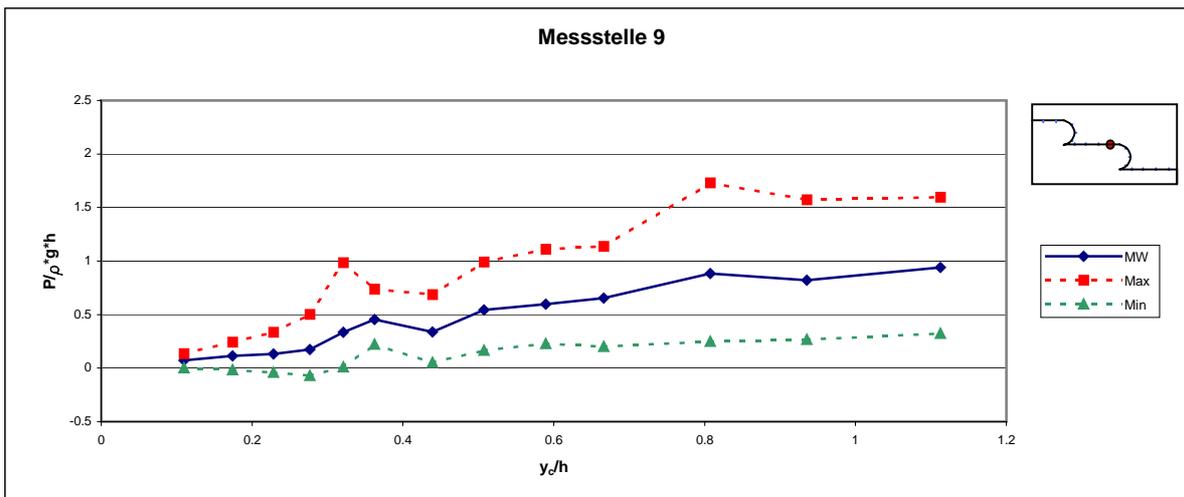
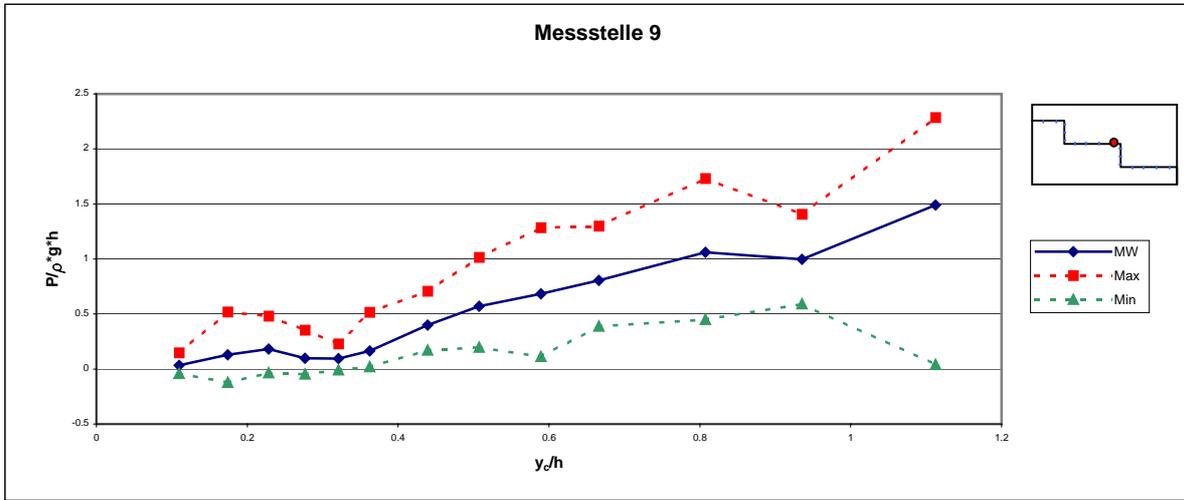
# Druckmessung Position 7



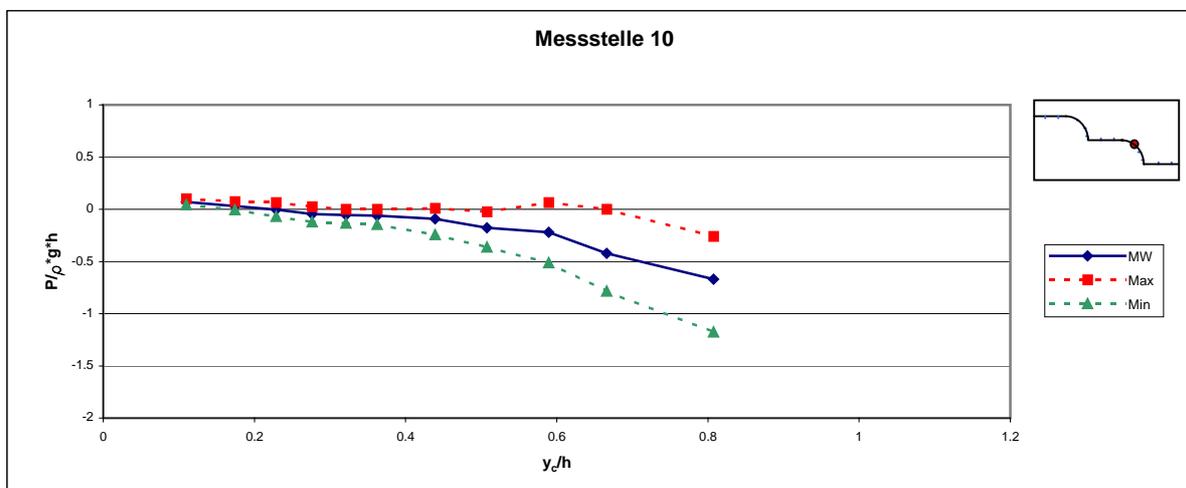
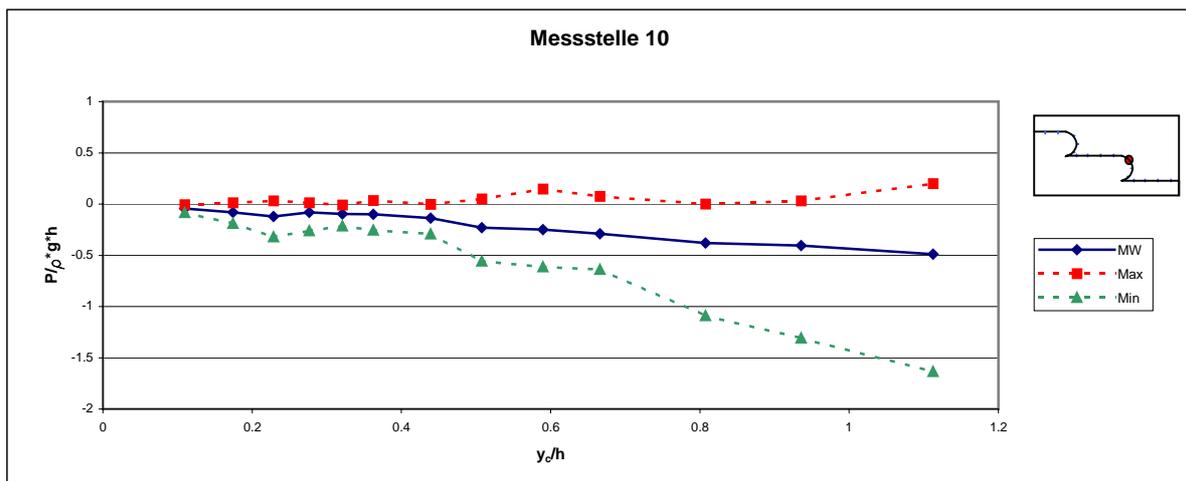
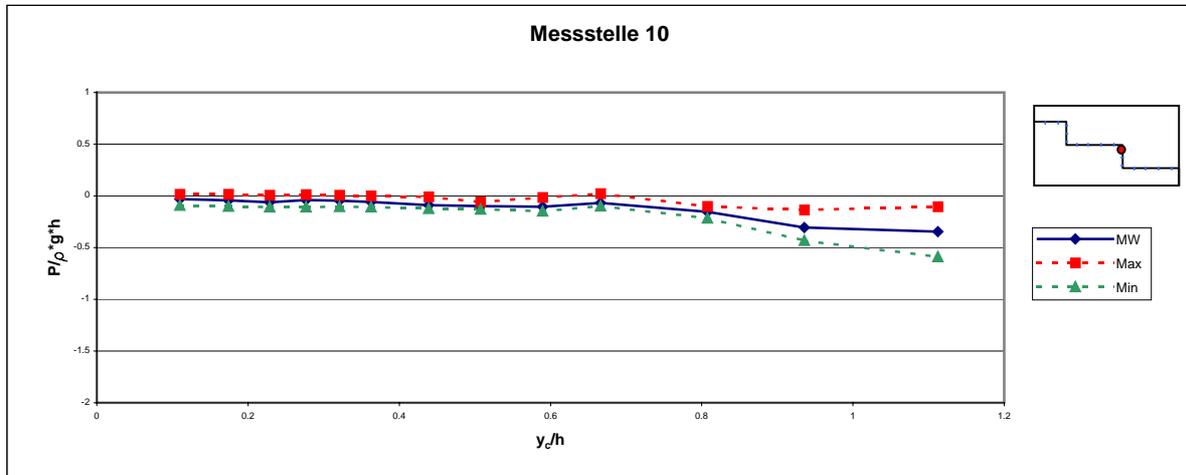
# Druckmessung Position 8



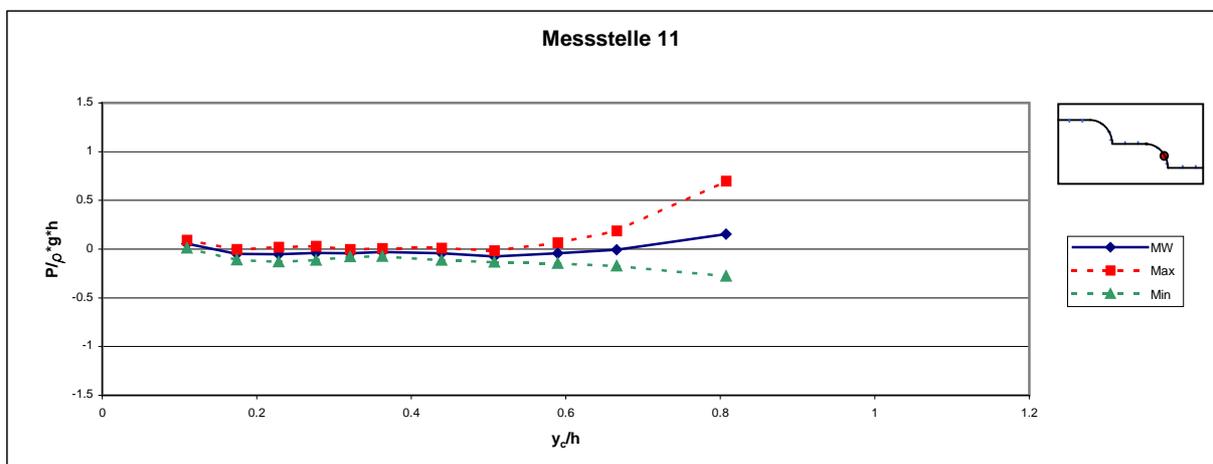
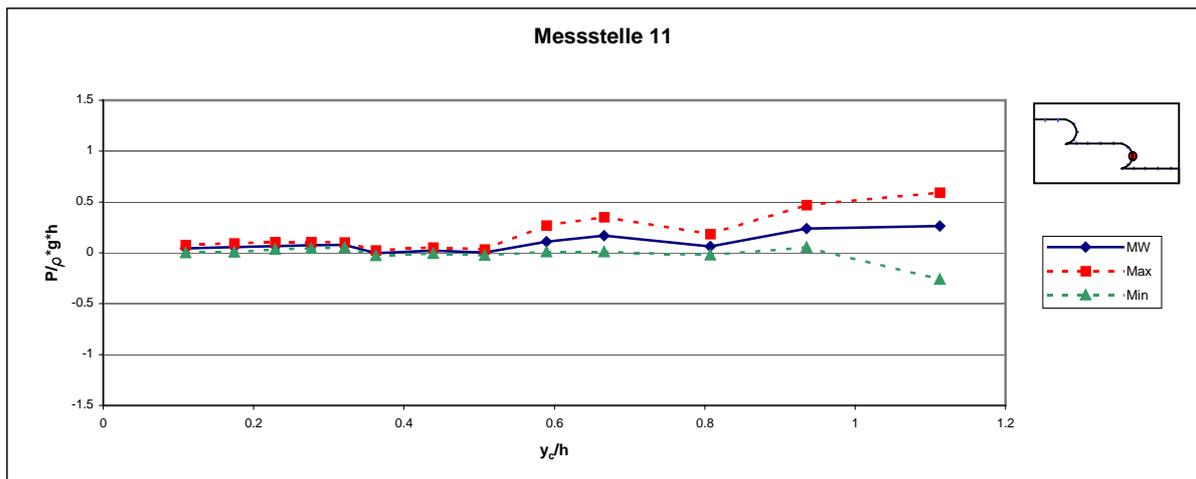
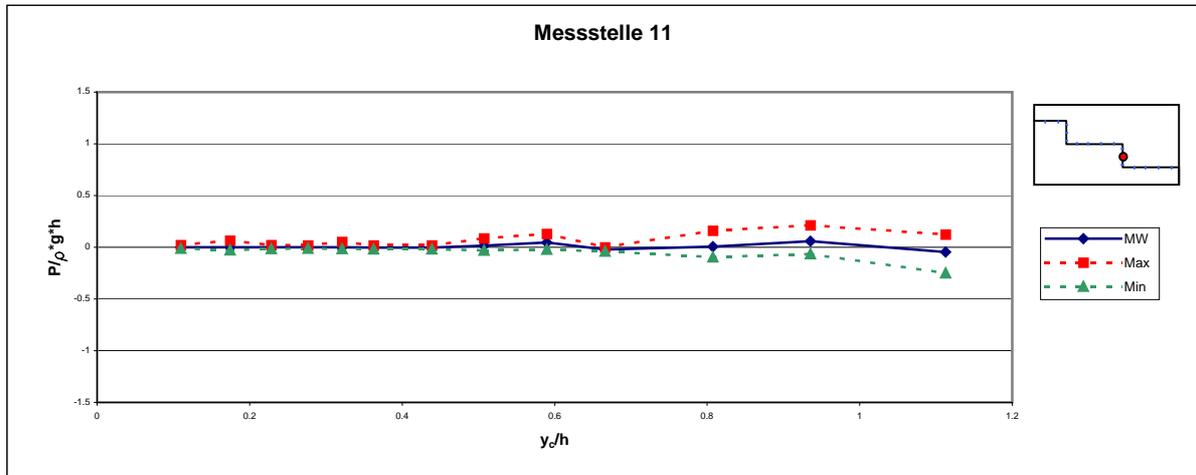
# Druckmessung Position 9



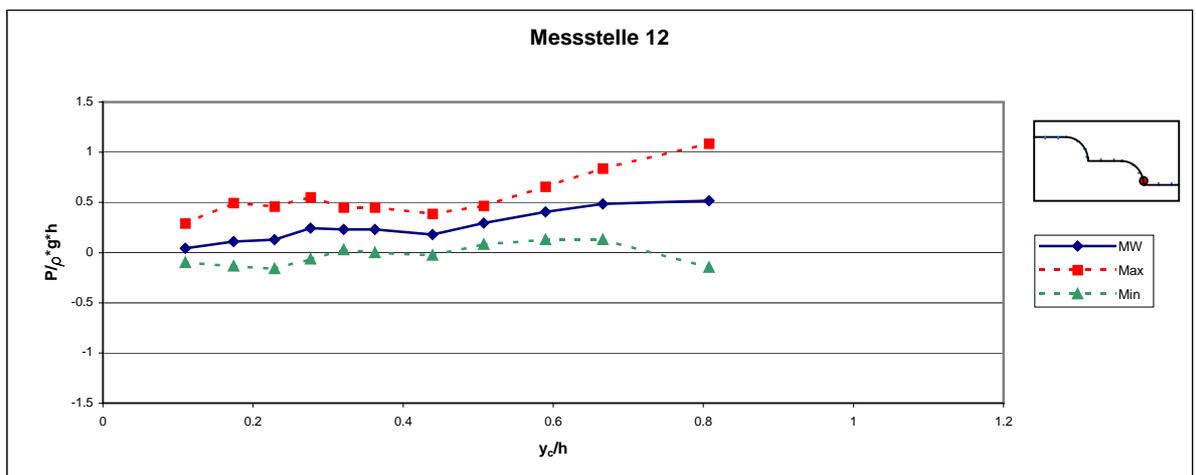
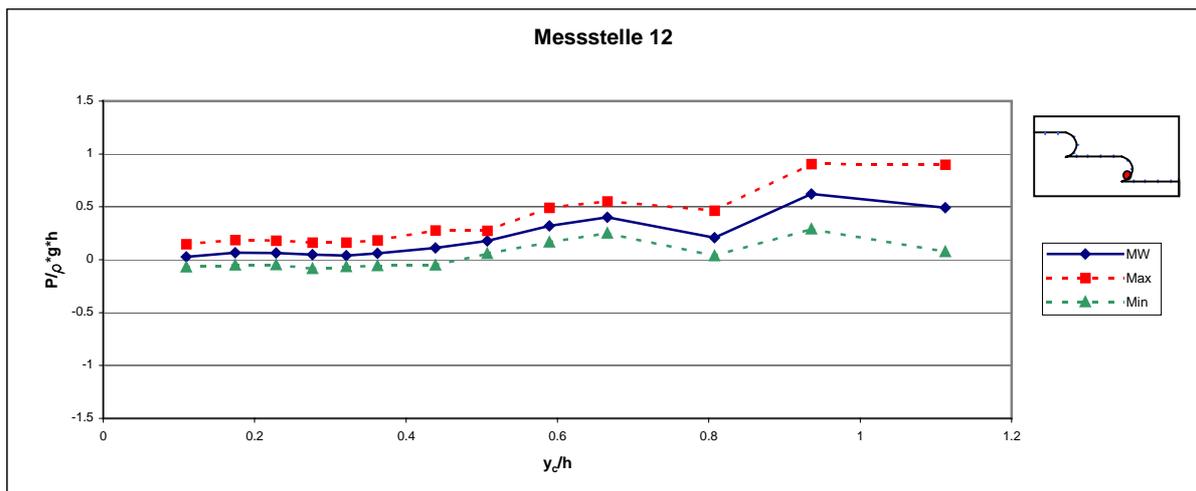
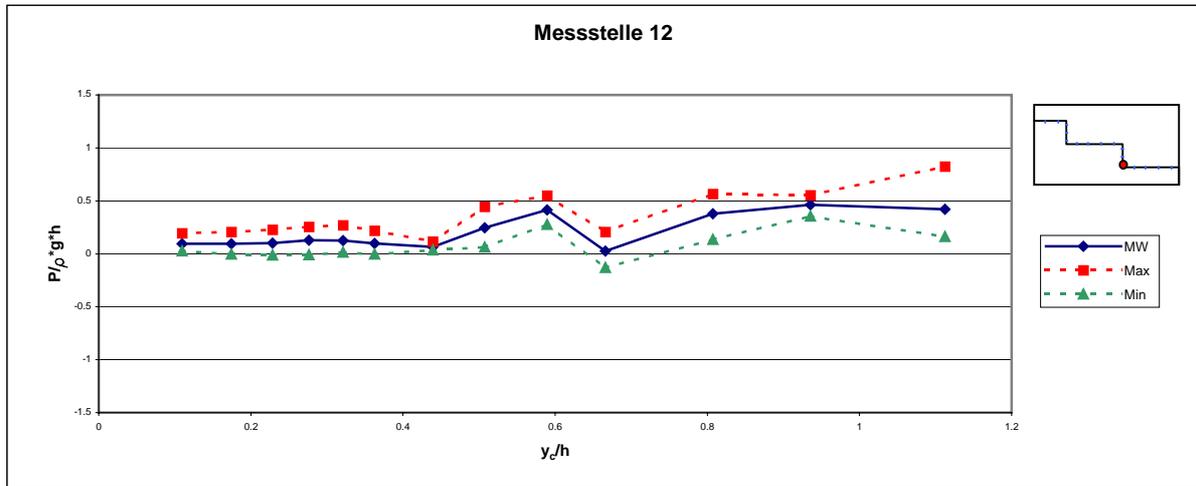
# Druckmessung Position 10



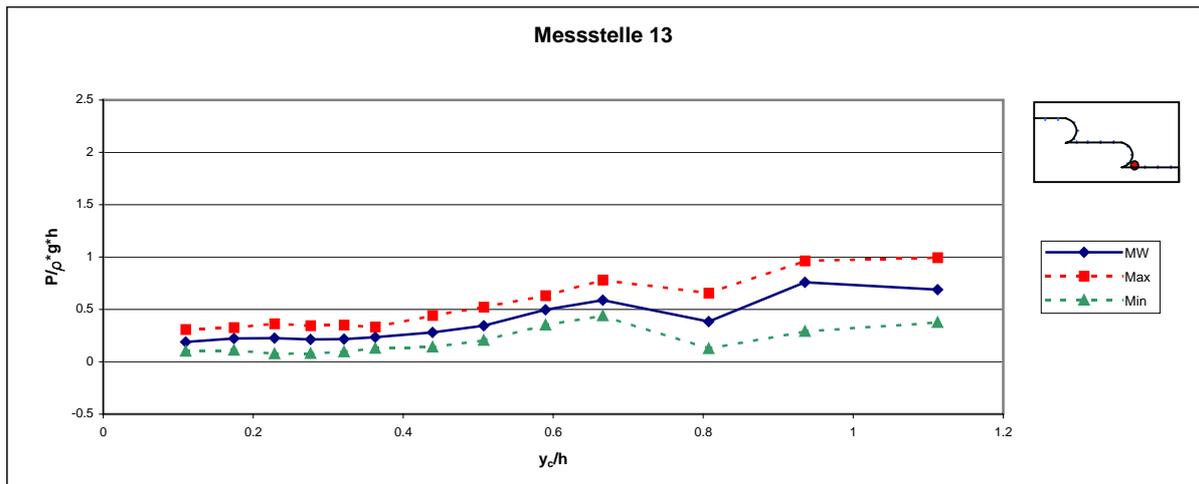
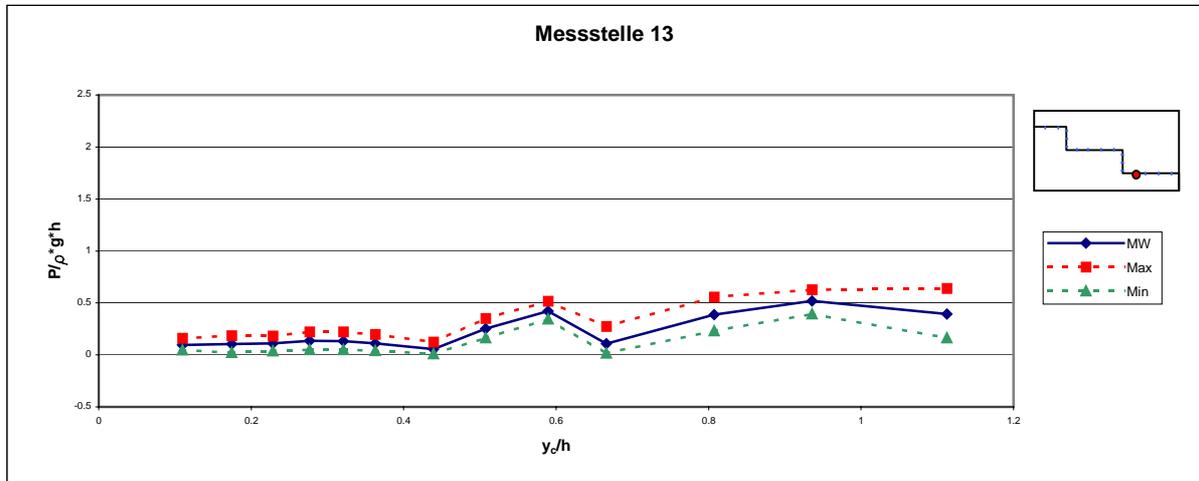
# Druckmessung Position 11



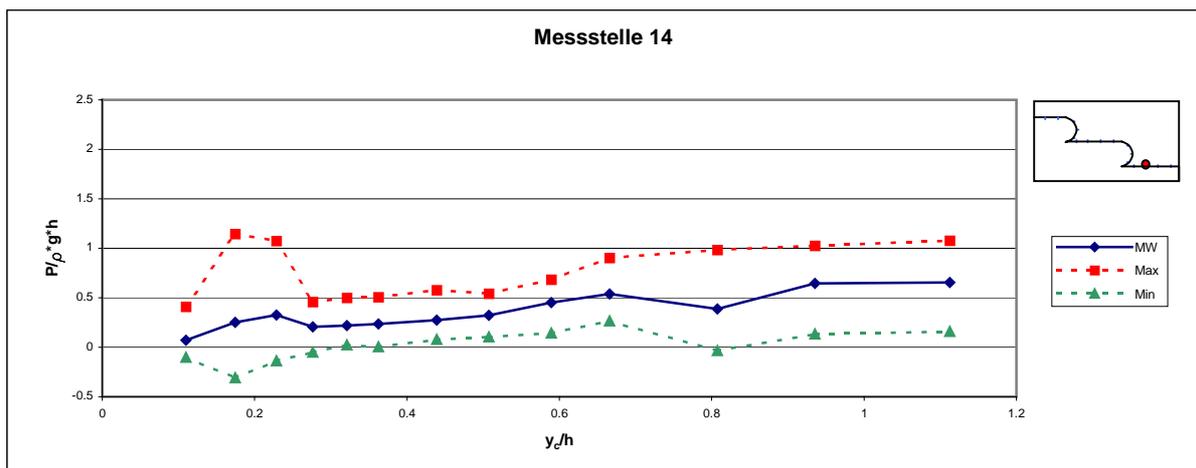
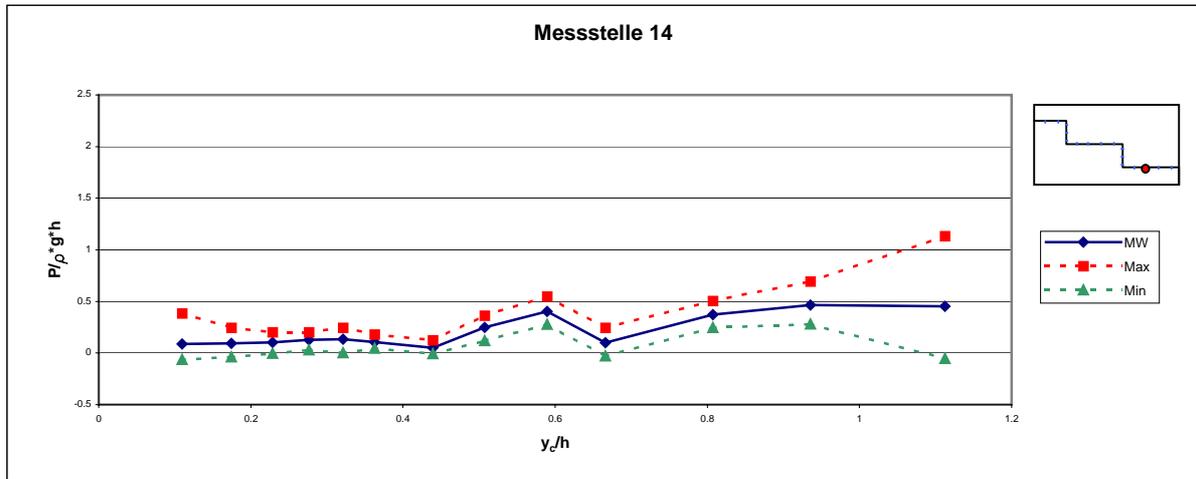
# Druckmessung Position 12



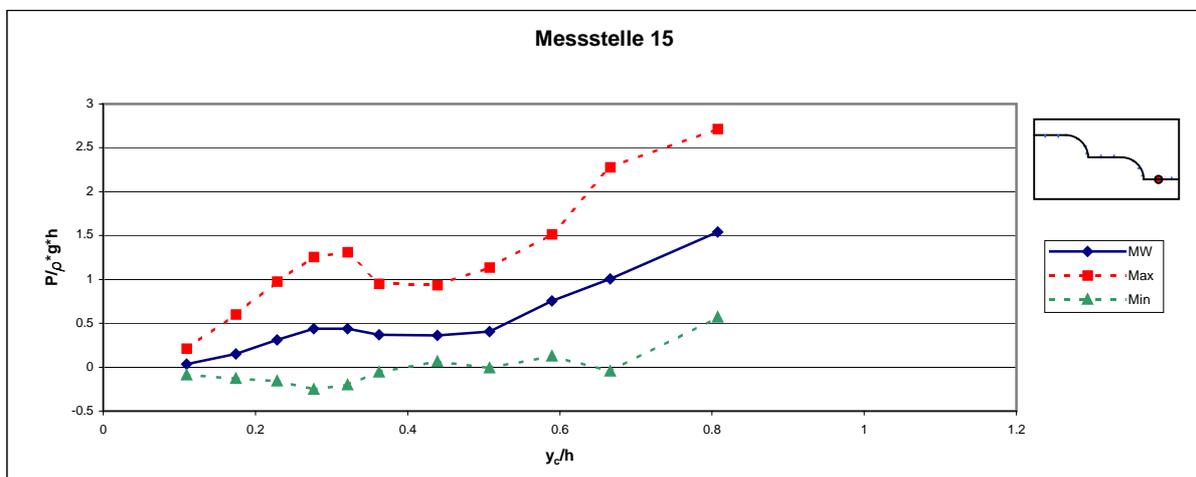
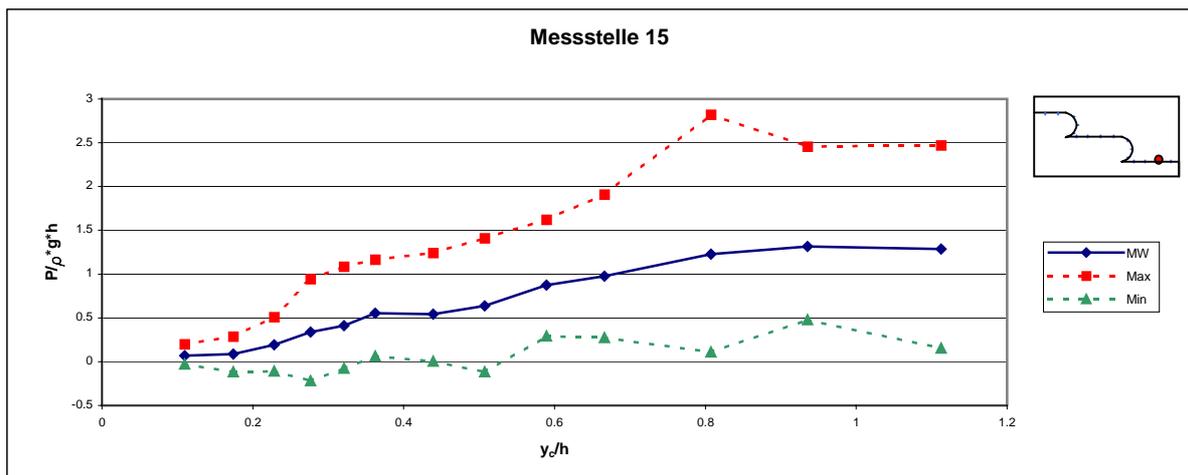
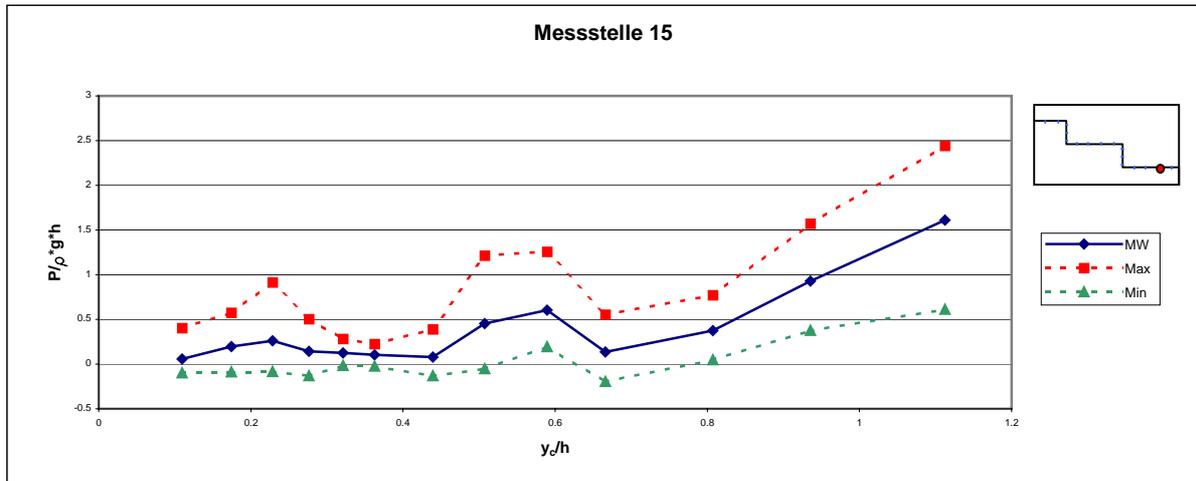
# Druckmessung Position 13



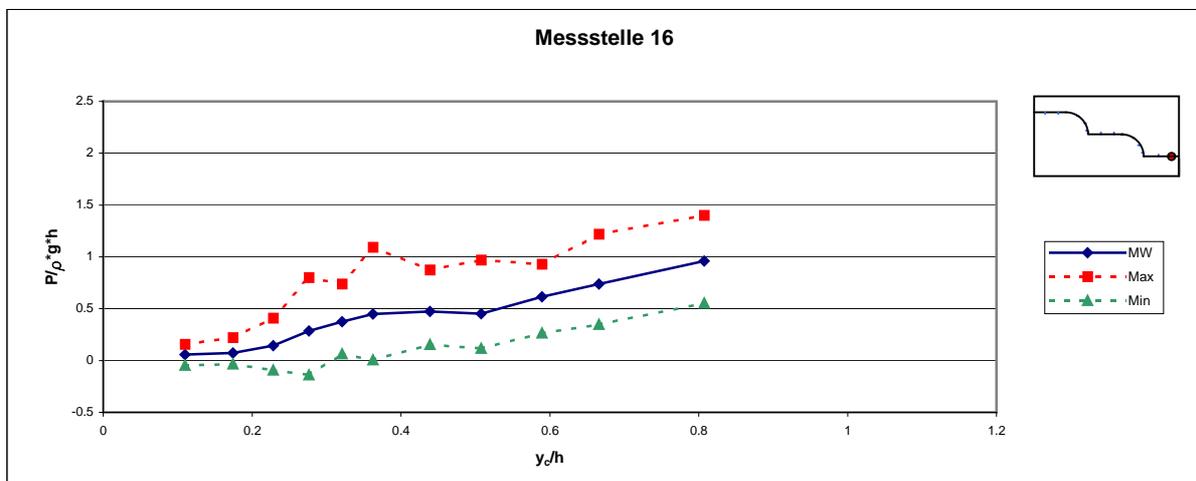
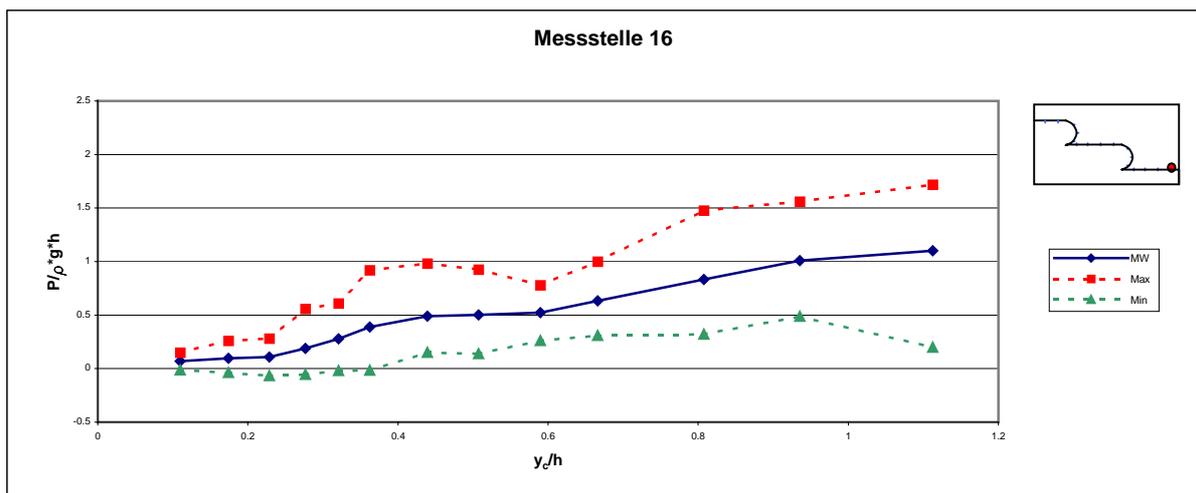
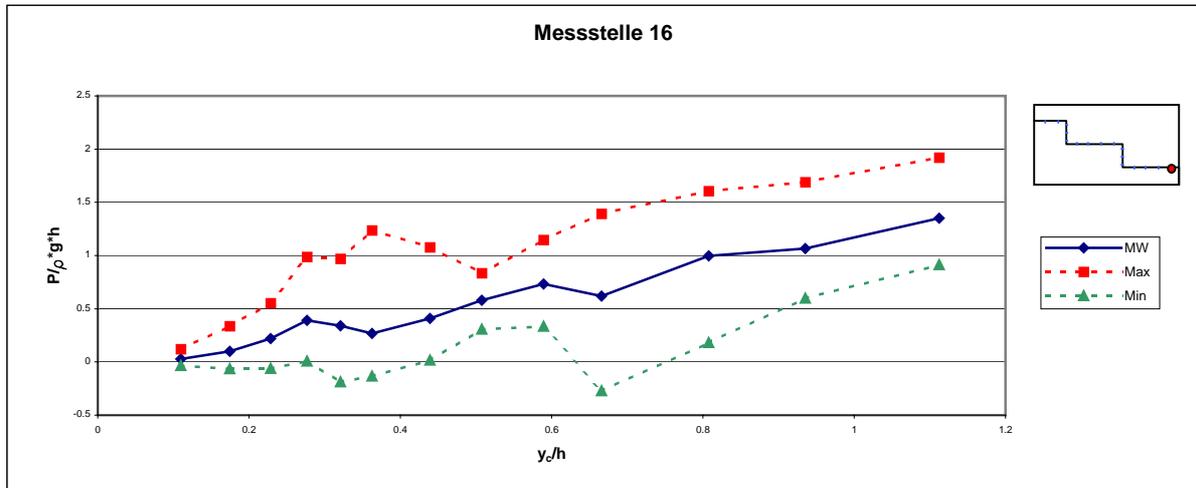
# Druckmessung Position 14



# Druckmessung Position 15

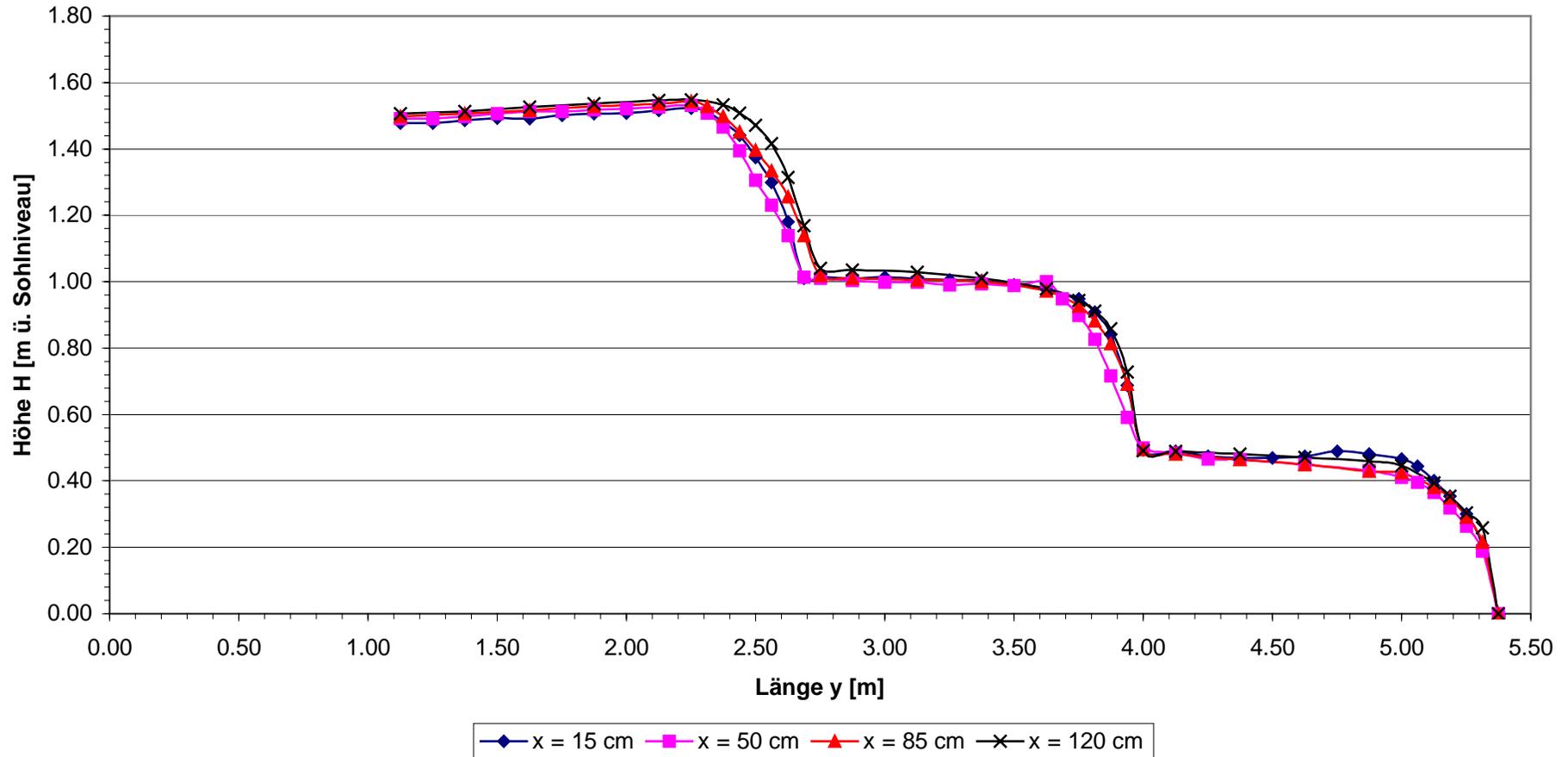


# Druckmessung Position 16

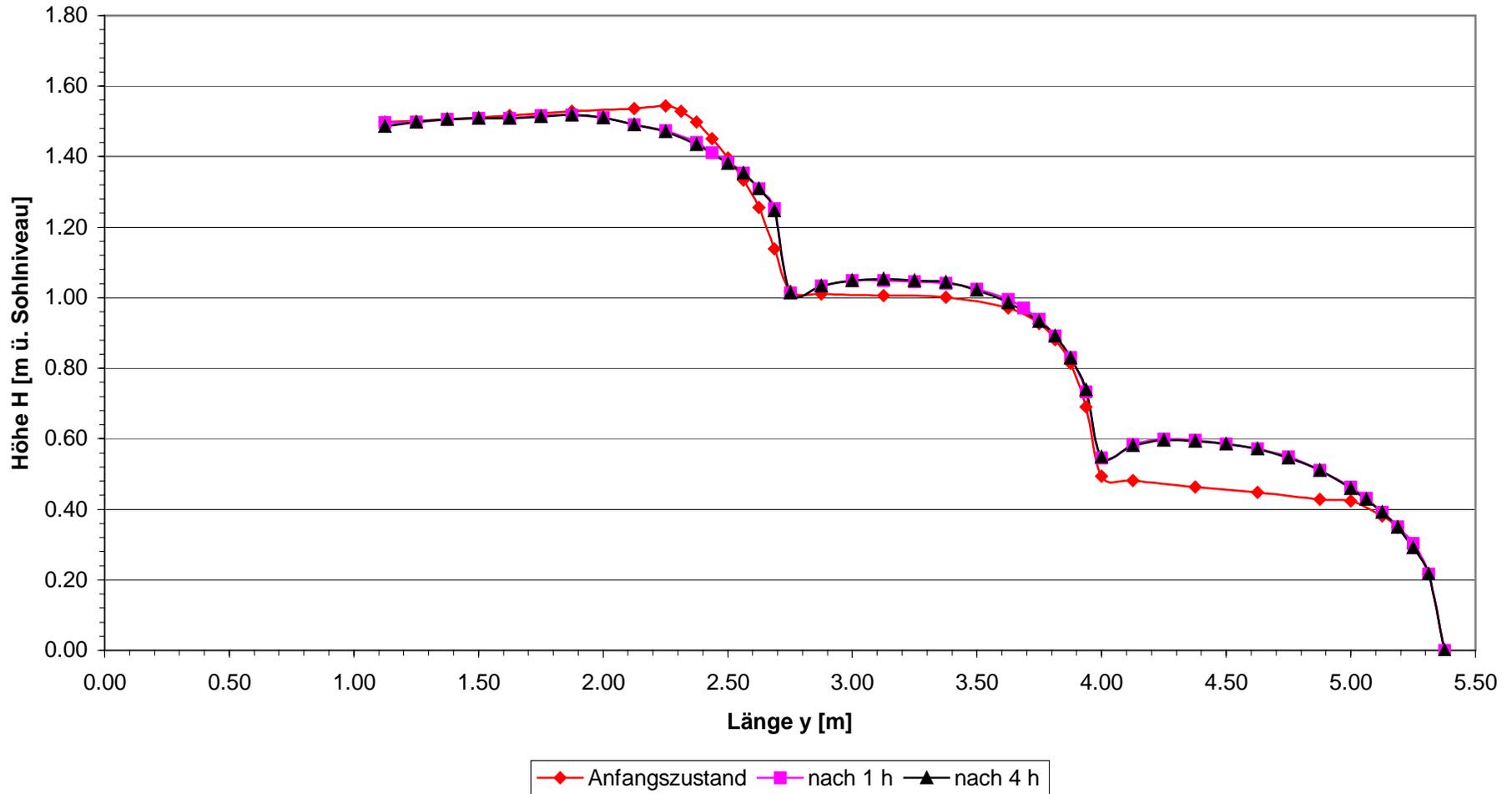


# LÄNGSPROFILE - Anfangszustand

- Naturmaße -

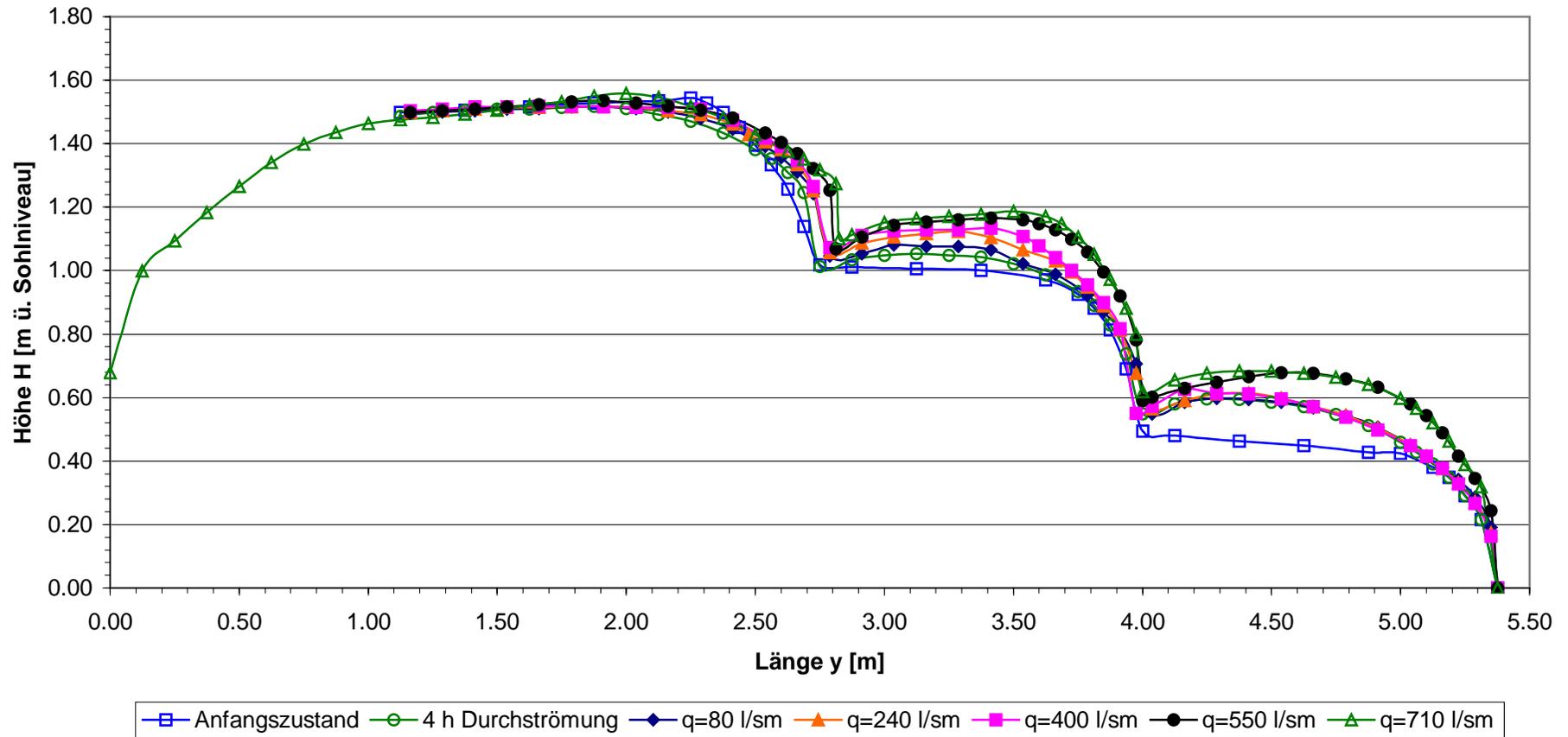


Längsprofile im Vergleich bei unterschiedlicher Durchströmungsdauer (x = 85 cm)  
- Naturmaße -

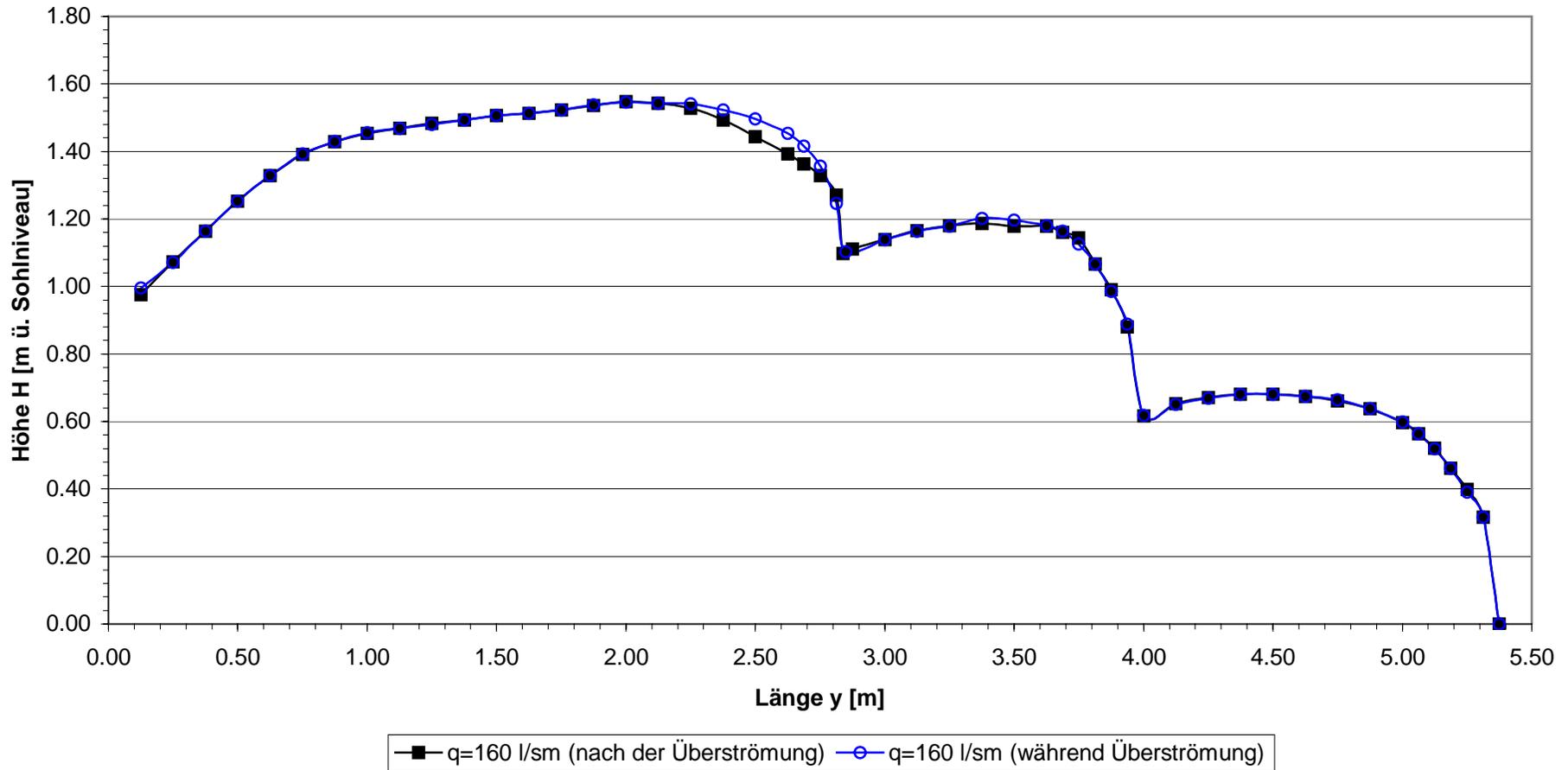


### Veränderung der Längsprofile bei Überströmung mit spez. Abfluss $q_{\text{Natur}}$ ( $x = 85 \text{ cm}$ )

- Naturmaße -

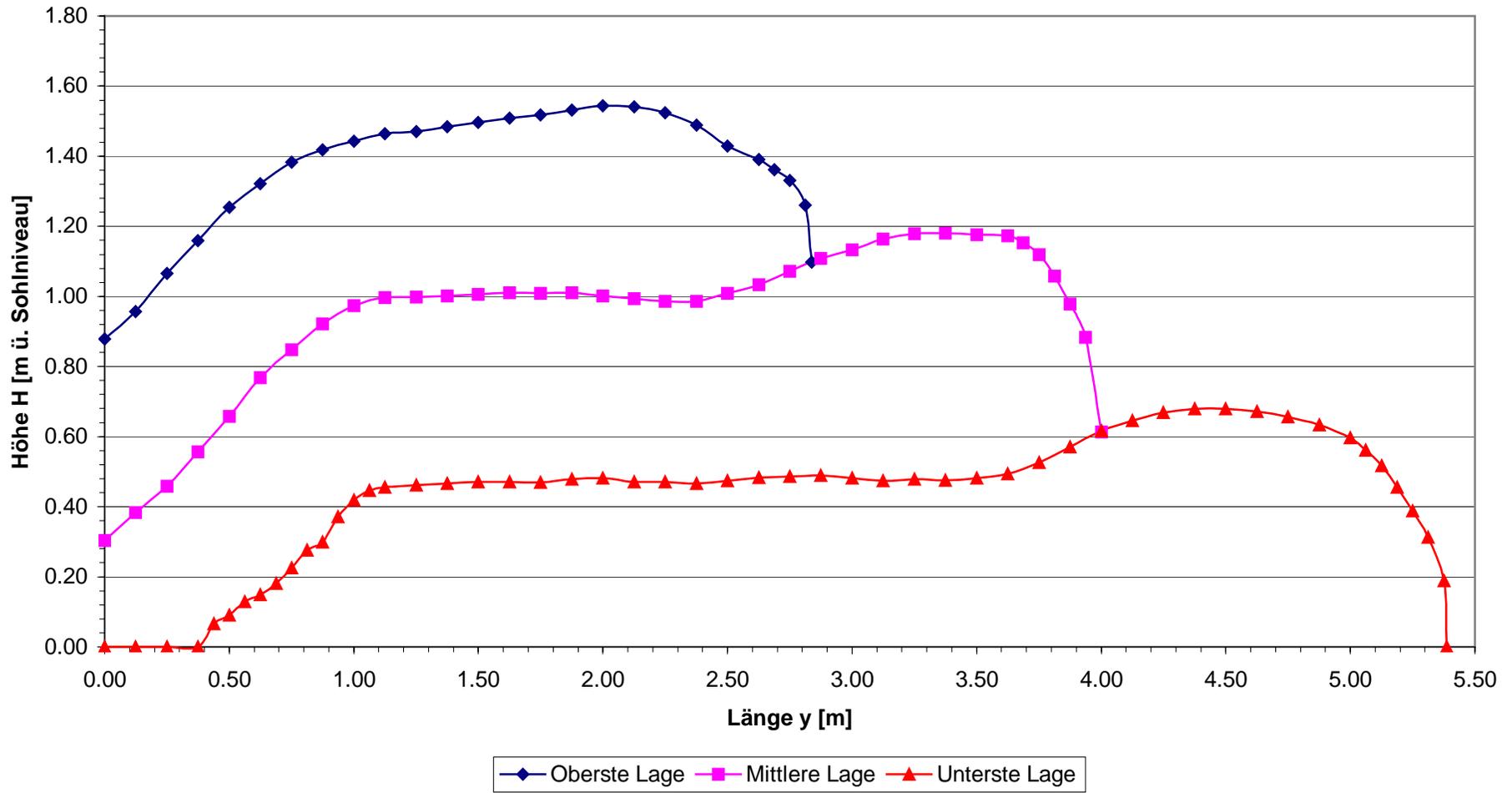


Längsprofil während und nach der Überströmung mit spez. Abfluss  $q_{\text{Natur}}$  ( $x=85 \text{ cm}$ )  
- Naturmaße -

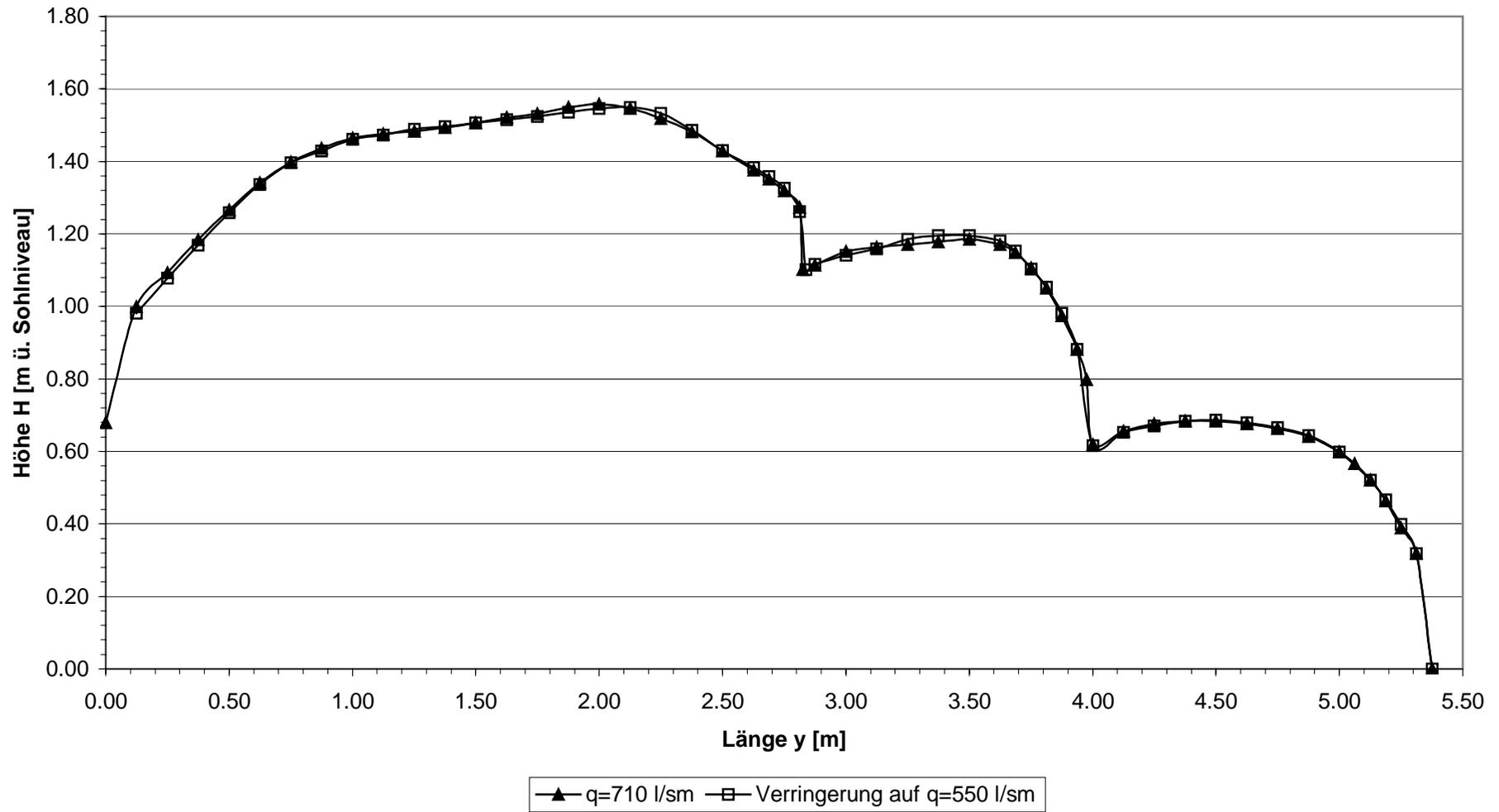


# LÄNGSPROFILE - Endzustand (x = 85 cm)

- Naturmaße -

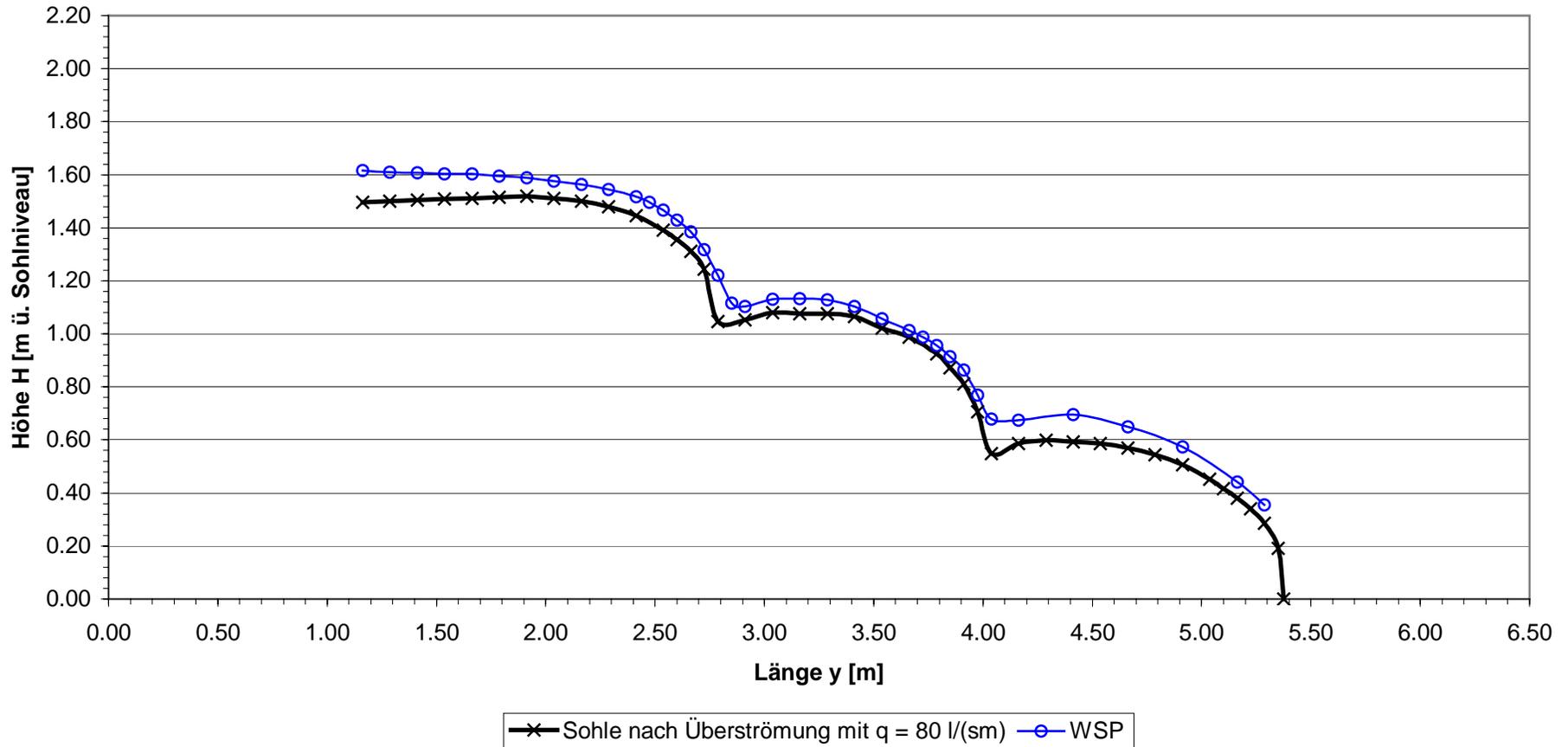


Längsprofile im Vergleich bei Verringerung des spez. Abflusses  $q_{\text{Natur}}$   
- Naturmaße -



### Wasserspiegelverlauf bei spez. Abfluss $q_{\text{Natur}} = 80 \text{ l/(sm)}$

- Naturmaße -



<p><b>Einbauzustand</b></p>	<p><b>nach 4h Durchströmung</b></p>
	
<p>nach Überströmung mit <math>q_M = 100 \text{ l/(sm)}</math> [<math>q_N = 400 \text{ l/(sm)}</math>]</p>	<p>nach Überströmung mit <math>q_M = 180 \text{ l/(sm)}</math> [<math>q_N = 710 \text{ l/(sm)}</math>]</p>
	
	
<p>Abflachung der mittleren und untersten Stufe infolge Impuls der unbelüfteten Strömung</p>	

$q_M = 20 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 80 \text{ l/(sm)}$ ]



$q_M = 40 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 160 \text{ l/(sm)}$ ]



$q_M = 60 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 240 \text{ l/(sm)}$ ]

$q_M = 100 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 400 \text{ l/(sm)}$ ]



$q_M = 140 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 550 \text{ l/(sm)}$ ]

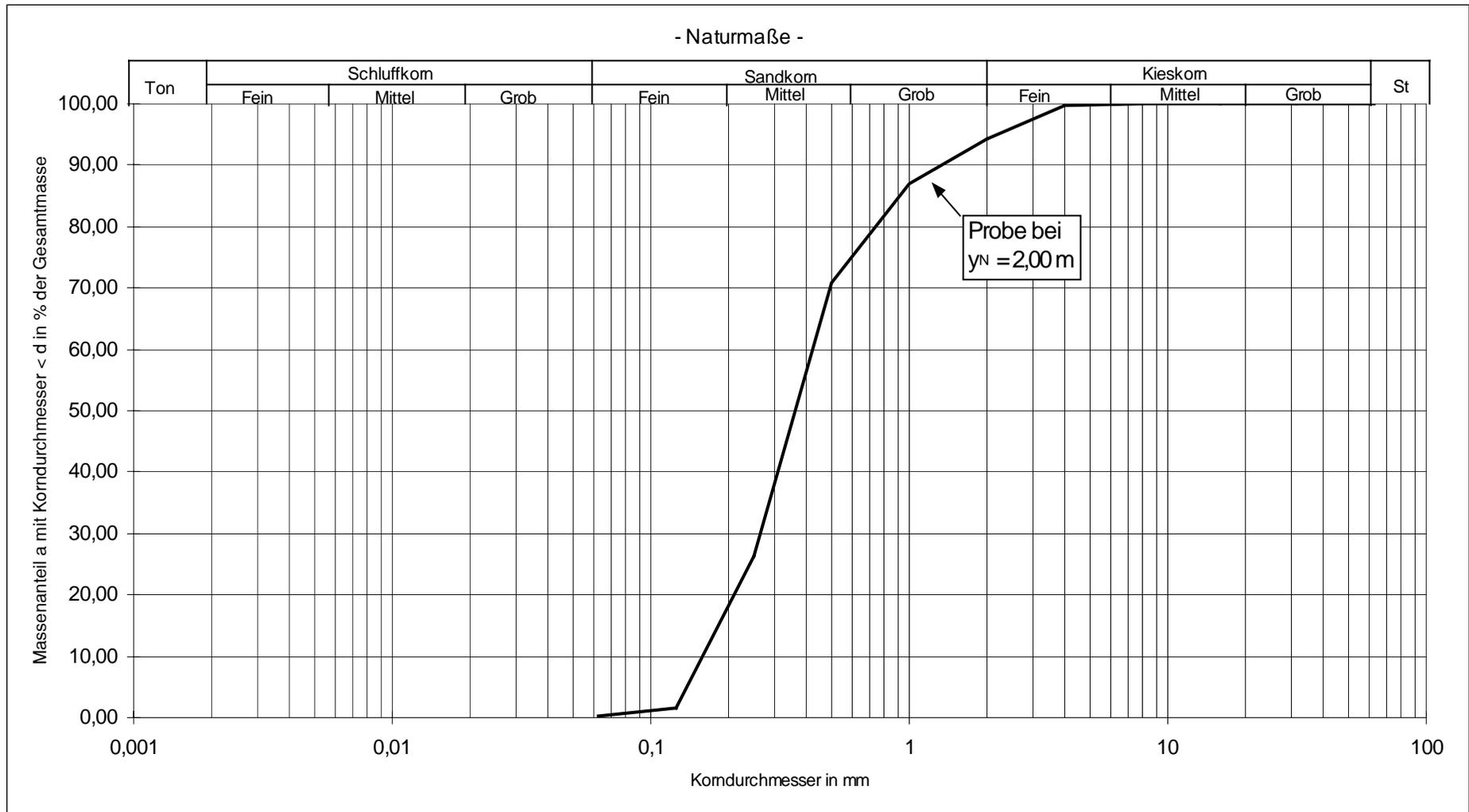


$q_M = 180 \text{ l/(sm)}$  [ $q_N = 710 \text{ l/(sm)}$ ]

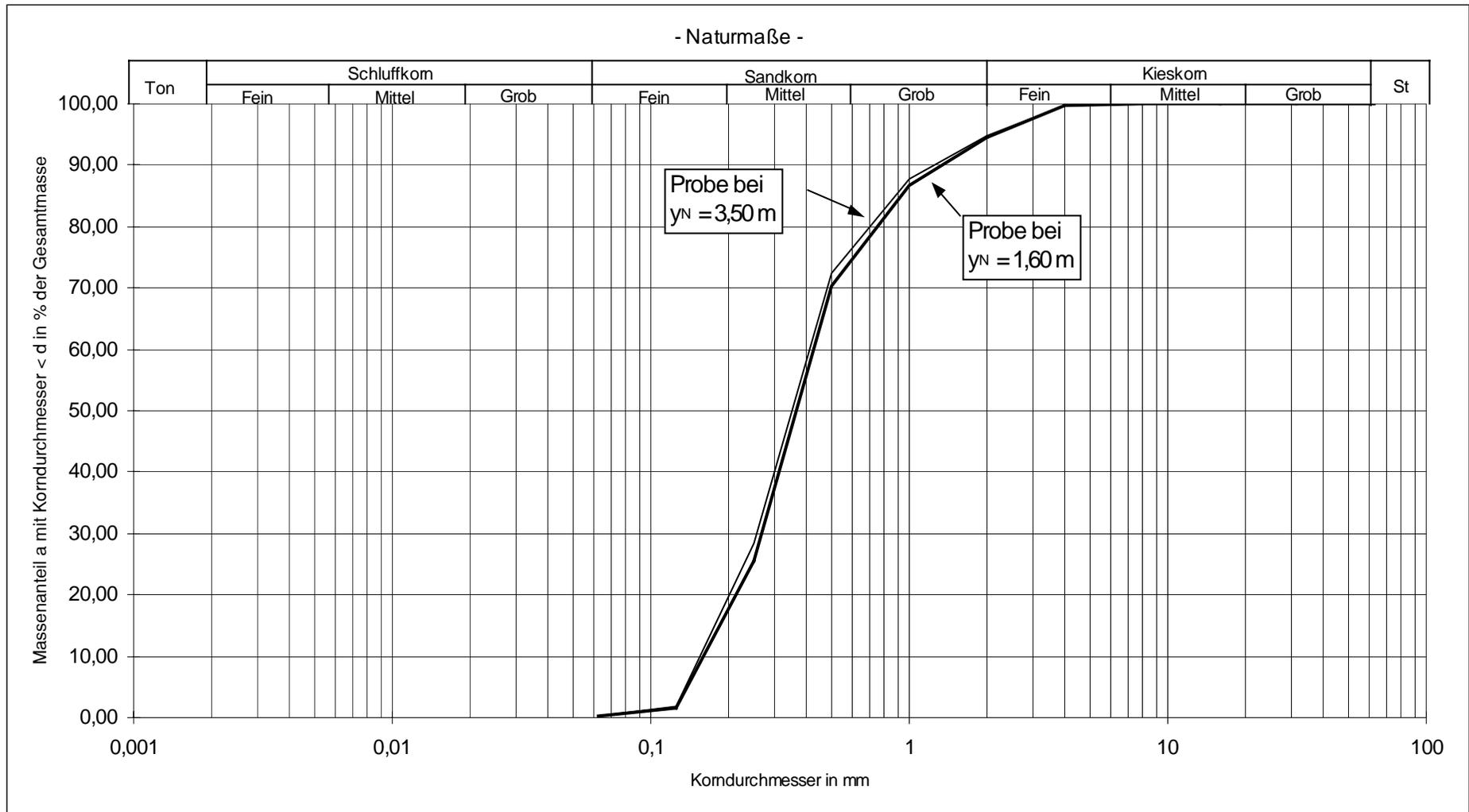


<p><b>Oberste Schicht nach Versuchen</b></p>	<p><b>Mittlere Schicht nach Versuchen</b></p>
	
<p><b>Unterste Schicht nach Versuchen</b></p>	
	
<p>Ablagerung von feinkörnigem Bodenmaterial im Bereich der Stufe</p>	<p>Abtransport von feinkörnigem Bodenmaterial an der Wasserseite der untersten Schicht und Verbleib von grobkörnigen Partikeln (u.a. Kies)</p>

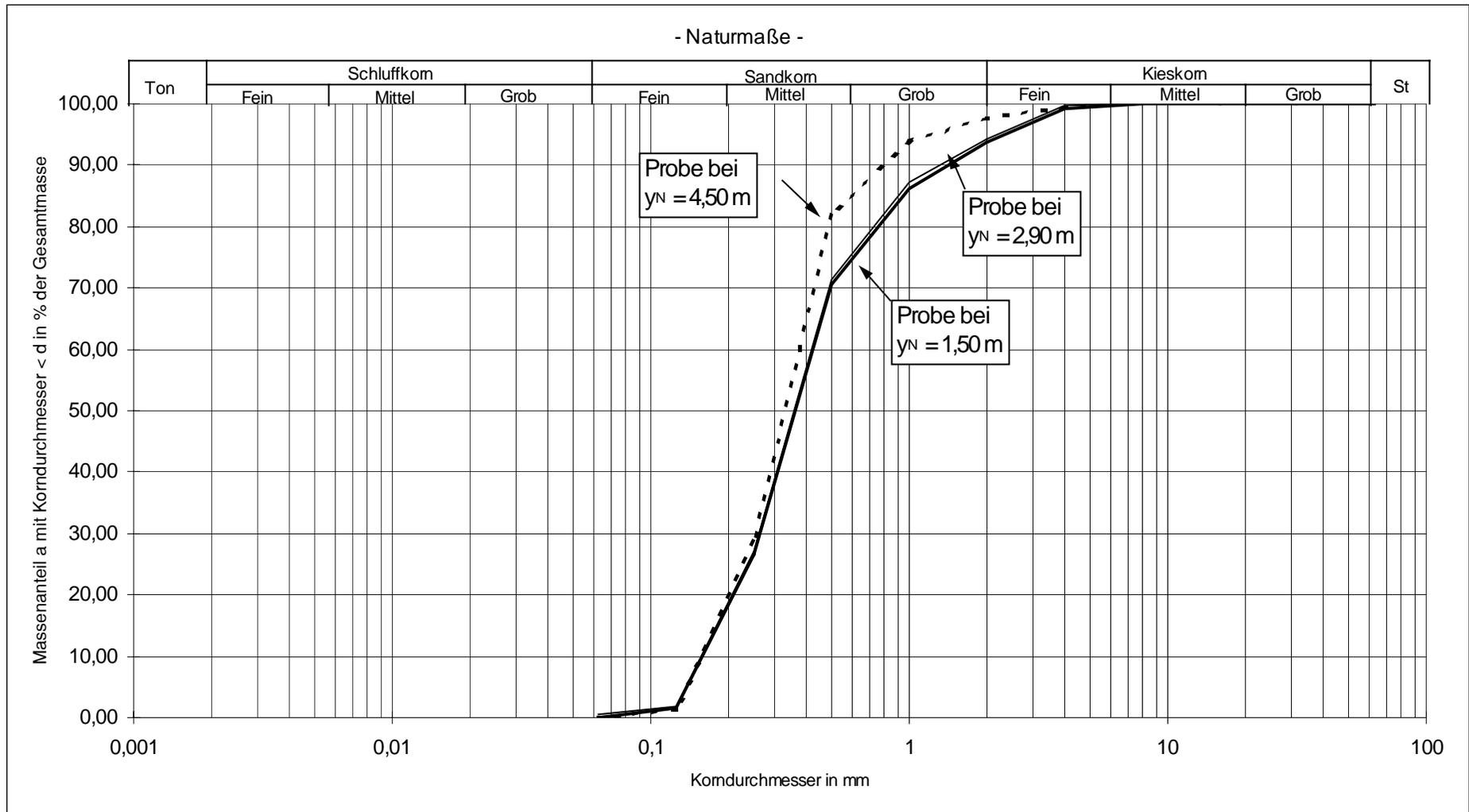
## Sieblinienvergleich (am Ende der Versuchsreihe) – Obere Schicht



## Sieblinienvergleich (am Ende der Versuchsreihe) – Mittlere Schicht



## Sieblinienvergleich (am Ende der Versuchsreihe) – Untere Schicht



## Überströmungsversuch mit einer Geotube-Formation



bordvoller Einstau:  $q = 4 \text{ l/(sm)}$



$q = 38 \text{ l/(sm)}$



$q = 54 \text{ l/(sm)}$



$q = 77 \text{ l/(sm)}$



$q = 92 \text{ l/(sm)}$

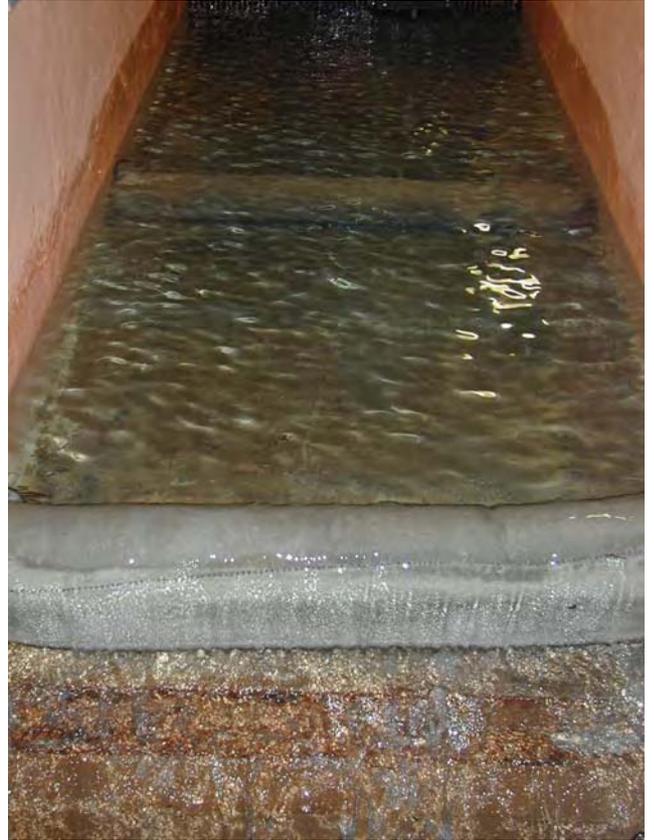


$q = 115 \text{ l/(sm)}$

## Überströmungsversuch mit einer Geotube-Formation



$q = 140 \text{ l/(sm)}$



nach Versuchsende