



Universität für Bodenkultur

**Institut für Alpine Naturgefahren
und Forstliches Ingenieurwesen**

Peter Jordan Str. 82
A-1190 WIEN

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390



WLS REPORT 76

Hochwasserschutz durch die Reaktivierung von Überflutungsräumen: Evaluierung des Systemverhaltens im Verbauungsprojekt „Pertisauer Wildbäche“

2. Zwischenbericht: Teileinzugsgebiet Dristenau / Bodenphysikalische
Erhebungen



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung,
GBL. Westliches Unterinntal**

Gesamtprojektleitung:

Leitung Teilprojekt „Bodenphysik“:

MitarbeiterInnen:

Hübl Johannes

Loiskandl Willibald

Feiersinger Regina

Gruber Harald

Kraus Dagmar

Pichler Andreas

Strauss-Sieberth Alexandra

Zott Fritz

Wien, März 2003

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	6
1 ANALYSE UND ERGEBNISSE ZUM AUSGANGSZUSTAND IM TEILEINZUGSGEBIETES DRISTENAU	7
1.1 LAGE DES TEILEINZUGSGEBIETES	7
1.2 HÖHENKLASSENVERTEILUNG	8
1.3 NEIGUNGSVERHÄLTNISSE	9
1.4 EXPOSITIONSANALYSE	10
1.5 LANDNUTZUNGSFORMEN	11
1.6 ÜBERSICHT ZUR GEPLANTEN MAßNAHMENSETZUNG	12
2 BODENPHYSIKALISCHE PARAMETERERHEBUNG DER AUSLEITUNGSFLÄCHEN	15
2.1 ZIELSETZUNG DER ERHEBUNG	15
2.2 ÜBERSICHT DER ANGEWANDTEN VERFAHREN	15
2.3 BESCHREIBUNG DER ANGEWANDTEN VERFAHREN	17
2.3.1 <i>Bodenkundliche Erhebungen</i>	17
2.3.2 <i>Profilgruben</i>	17
2.3.3 <i>Schlagstockbohrungen</i>	17
2.3.4 <i>Feldversuch</i>	17
2.3.5 <i>Laborversuche</i>	20
2.3.6 <i>Errichtung der Messstation</i>	23
2.4 STANDORTE DER BODENERHEBUNG UND DER MESSSTELLEN	23
2.4.1 <i>Auswahl der Standorte</i>	23
2.4.2 <i>Detailskizzen</i>	25
2.4.3 <i>Vertikalschnitt der Messstation D A1-1M</i>	25
2.4.4 <i>Vertikalschnitt der Messstation D A2-1M</i>	28

2.5	AUSWERTUNG DER BODENPARAMETER IN DER AUSLEITUNGSFLÄCHE – STANDORT D A1-1	29
2.5.1	<i>Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstock- bohrungen</i>	29
2.5.2	<i>Feldversuch</i>	29
2.5.3	<i>Laborversuche</i>	30
2.6	AUSWERTUNG DER BODENPARAMETER IN DER AUSLEITUNGSFLÄCHE STANDORT D A1-2	33
2.6.1	<i>Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstock- bohrungen</i>	33
2.6.2	<i>Laborversuche</i>	34
2.7	AUSWERTUNG DER BODENPARAMETER IN DER AUSLEITUNGSFLÄCHE STANDORT D A2-1	36
2.7.1	<i>Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstock- bohrungen</i>	36
2.7.2	<i>Feldversuch</i>	37
2.7.3	<i>Laborversuche</i>	37
2.7.4	<i>Zusammenfassung der Bodenparameter</i>	41
2.7.5	<i>Auswertung der Daten für die Messstation D A2-</i>	42
2.5.4	AUSWERTUNG DER DATEN FÜR DIE MESSSTATION (D A 1-1)	52
	<i>Messperiode 2003</i>	56
3	SIMULATION DER INFILTRATIONSLEISTUNG DER AUSLEITUNGSFLÄCHEN	61
3.1	BESCHREIBUNG DES SIMULATIONSPROGRAMMS HYDRUS 2 D	61
3.2	VORBEREITENDE ARBEITEN	63
	TABELLE ?? FUNKTIONSPARAMETER FÜR DIE BESCHREIBUNG DER WASSERSPANNUNGS- WASSERANTEILSBEZIEHUNG UND DES KAPILLAREN LEITVERMÖGENS NACH VAN GENUCHTEN.....	67
	ERGEBNISSE	68
	SCHLUSSFOLGERUNG.....	71

LITERATURVERZEICHNIS	72
-----------------------------------	-----------

AUSLEITUNGSFLÄCHE D A1	76
-------------------------------------	-----------

ANHANG:

ANHANG 1	PROFILGRUBEN
-----------------------	---------------------

ANHANG 2	SCHLAGSTOCKBOHRUNGEN
-----------------------	-----------------------------

ANHANG 3	SIEBLINIEN UND TEXTURDREIECKE
-----------------------	--------------------------------------

ANHANG 4	K_S - WERTE
-----------------------	---------------------------------

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ausbildung des Gerinnesystems im TEZG Dristenau, mit colorierter Darstellung der mittleren Gerinneneigungen der Gerinneabschnitte.....	8
Abbildung 2:	TEZG Dristenau in 3D mit Gerinnesystem. Farbbereiche geben, ausgehend von 940m üNN Höhenklassen im Abstand von 100 Meter wieder.	8
Abbildung 3:	Histogramm und Summenkurve des DHM Dristenau	9
Abbildung 4:	Neigungsverhältnisse im TEZG Dristenau. Rasterweite: 20 m. ...	10
Abbildung 5:	Expositionen der Geländetopografie im TEZG Dristenau. Rasterweite: 20 m.....	11
Abbildung 6:	Verteilung von Landnutzungsformen im TEZG Dristenau. Quelle: Bodenkartierung der Landesregierung Tirol; sowie Luftbildmaterial. Für die ausgesparten Bereiche (weiß) liegen keine Informationen vor.	12
Abbildung 7:	Übersicht zu den geplanten Maßnahmen	14
Abbildung 8:	Lage der Standorte zur Bodenprofilbeschreibung und Beprobung	24
Abbildung 9:	Grundriss-Skizze D A1-1	25
Abbildung 10:	Skizze Tiefenlage der Sensoren der Messstation D A1-1M.....	26
Abbildung 11:	Grundriss-Skizze D A2-1	27
Abbildung 12:	Skizze Tiefenlage der Sensoren der Messstation D A2-1M.....	28
Abbildung 13:	Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A1-1.....	29
Abbildung 14:	Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A1-2.....	34
Abbildung 15:	Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A2-1.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verteilung der Landnutzungsformen im TEZG Dristenau	11
Tabelle 2:	Zusammenstellung der angewandte Verfahren	16
Tabelle 3:	Zuordnung der Doppelringinfiltrometer	18
Tabelle 4:	Ergebnisse der k_s -Werte im Feld bei D A1-1M	29
Tabelle 5:	k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A1-1E.....	30
Tabelle 6:	Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A1-1	30
Tabelle 7:	Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil.....	31
Tabelle 8:	Gehalt der organischen Substanz im Boden	31
Tabelle 9:	Feinkornanteil und Bodenarten, nach AG Boden (1994)	32
Tabelle 10:	Bodenarten und Wasserdurchlässigkeit, nach AG Boden (1994)	32
Tabelle 11:	Gemengeanteilsklassen des Grobbodens aus AG Boden (1994) ...	33
Tabelle 12:	Bodenkennwerte bei D A1-1	33
Tabelle 13:	k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A1-2E.....	34
Tabelle 14:	Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A1-2.....	34
Tabelle 15:	Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil.....	35
Tabelle 16:	Feinkornanteil und Bodenarten nach AG Boden (1994)	35
Tabelle 17:	Gemengeanteilsklassen des Grobbodens aus AG Boden.....	35
Tabelle 18:	Ermittlung k_s -Wertes aus der Kornverteilung	36
Tabelle 19:	Ergebnisse der k_s -Werte im Feld bei D A2-1M	37
Tabelle 20:	k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A2-1E.....	37
Tabelle 21:	Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A2	38
Tabelle 22:	Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil.....	38
Tabelle 23:	Gehalt der organischen Substanz im Boden	39
Tabelle 24:	Feinkornanteil und Bodenarten nach AG Boden (1994)	39
Tabelle 25:	Bodenarten und Wasserdurchlässigkeit, nach AG Boden (1994)	40
Tabelle 26:	Gemengeanteilsklassen des Grobbodens aus AG Boden.....	40
Tabelle 27:	Ermittlung k_s -Wertes aus der Kornverteilung	41
Tabelle 28:	Gegenüberstellung der ermittelten k_s -Werte.....	41

1 Analyse und Ergebnisse zum Ausgangszustand im Teileinzugsgebietes Dristenau

1.1 Lage des Teileinzugsgebietes

Das Untersuchungsgebiet setzt sich aus den drei Teileinzugsgebieten des Pletzachbaches zusammen, welche eine Gesamtfläche von 52,49 km² umfassen.

Das Teileinzugsgebiet Dristenau ist das kleinste der drei Täler und erstreckt sich über eine Fläche von 9,97 km². Es hat einen gedrungenen, fächerförmigen Verlauf.

Das zentripetale, zum größten Teil einseitig verlaufende Gewässernetz des Teileinzugsgebietes Dristenau, mit z.T. parallel bis baumartiger Strukturierung, hat eine Gerinnedichte von 1,69 km/km² (auf Basis des digitalen Katasters). Die relativ geringe Gerinnedichte und die einseitige Ausrichtung des Gewässernetzes ist vermutlich auf die geologischen Verhältnisse bzw. einen tektonischen Störungsverlauf rückzuführen, die auch durch einen markanten Knick im oberen Gerinneverlauf augenscheinlich wird (vgl. Abbildung 1).

Der Dristenauer-Bach hat 9 Zubringer, wobei das Tribachl, der äußere und innere Hörndlgraben als orografisch rechte Zubringer als die größeren zu nennen sind (vgl. Abbildung 1). Der Dristenauer-Bach legt bei einer Länge des Hauptgerinnes von rund 5,3 km einen Höhenunterschied von 600 m zurück, was einer mittleren Neigung von 11,3 % entspricht. Die Zubringer weisen mittlere Neigungsverhältnisse von 33 % - 64 % auf. Teils treten auf den Fließstrecken der Zubringern auch Überhänge mit Wasserfällen in Erscheinung.

Bei hm 11,58 mündet der Dristenauerbach in den Vorfluter.

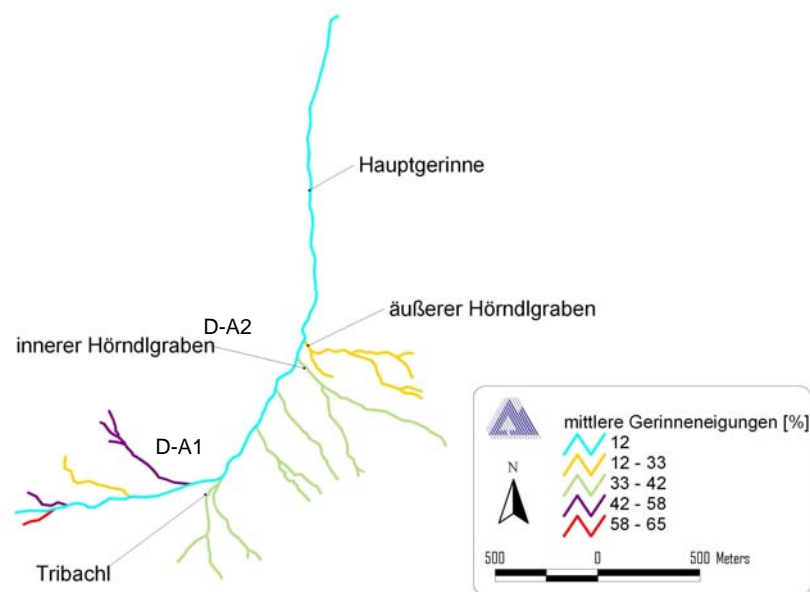


Abbildung 1: Ausbildung des Gerinnesystems im TEZG Dristenau, mit colorierter Darstellung der mittleren Gerinneneigungen der Gerinneabschnitte.

Figure 1: Formation of the river system in the subcatchment with coloured presentation of average inclinations of the of channel sections.

1.2 Höhenklassenverteilung

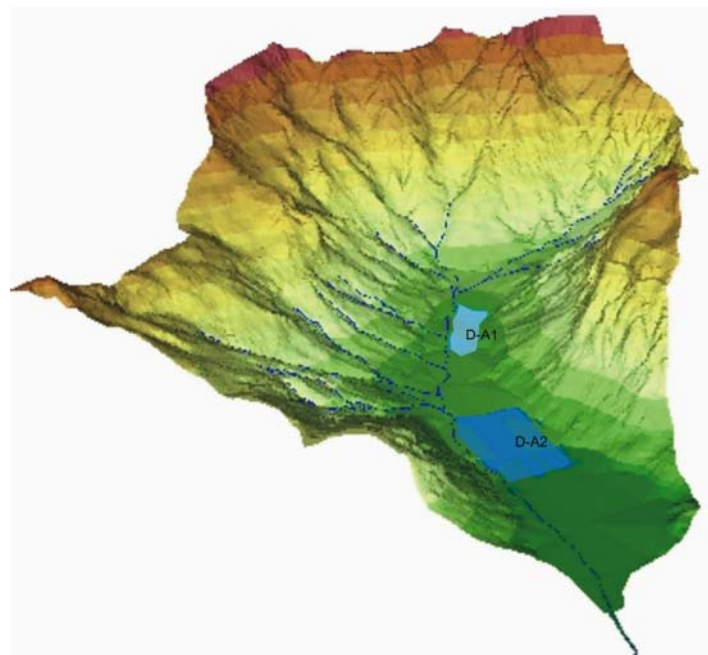


Abbildung 2: TEZG Dristenau in 3D mit Gerinnesystem. Farbbereiche geben, ausgehend von 940m üNN Höhenklassen im Abstand von 100 Meter wieder.

Figure 2: DEM of the subcatchment Dristenau

Das Einzugsgebiet (EZG) wird geprägt durch einen relativ breiten, nur mäßig ansteigenden Talraum, der als Folge der Schwemmkegelbildung anzusehen ist. Im Anschluss daran erheben sich als typisches Merkmal der Kalkalpen steile, stark strukturierte Bergflanken (vgl. [Abbildung 1](#) und [Abbildung 2](#)). Dies zeigt sich auch in [Abbildung 3](#) als Ausdruck einer nahezu linear ansteigenden Summenkurve der Höhenklassenverteilung. Mehr als 60 % der Einzugsgebietsfläche liegen über einer Höhenlage von 1200 m üNN, die in etwa die obere Höhererstreckung des Talraumes darstellt (von ~960 m – 1200 m üNN).

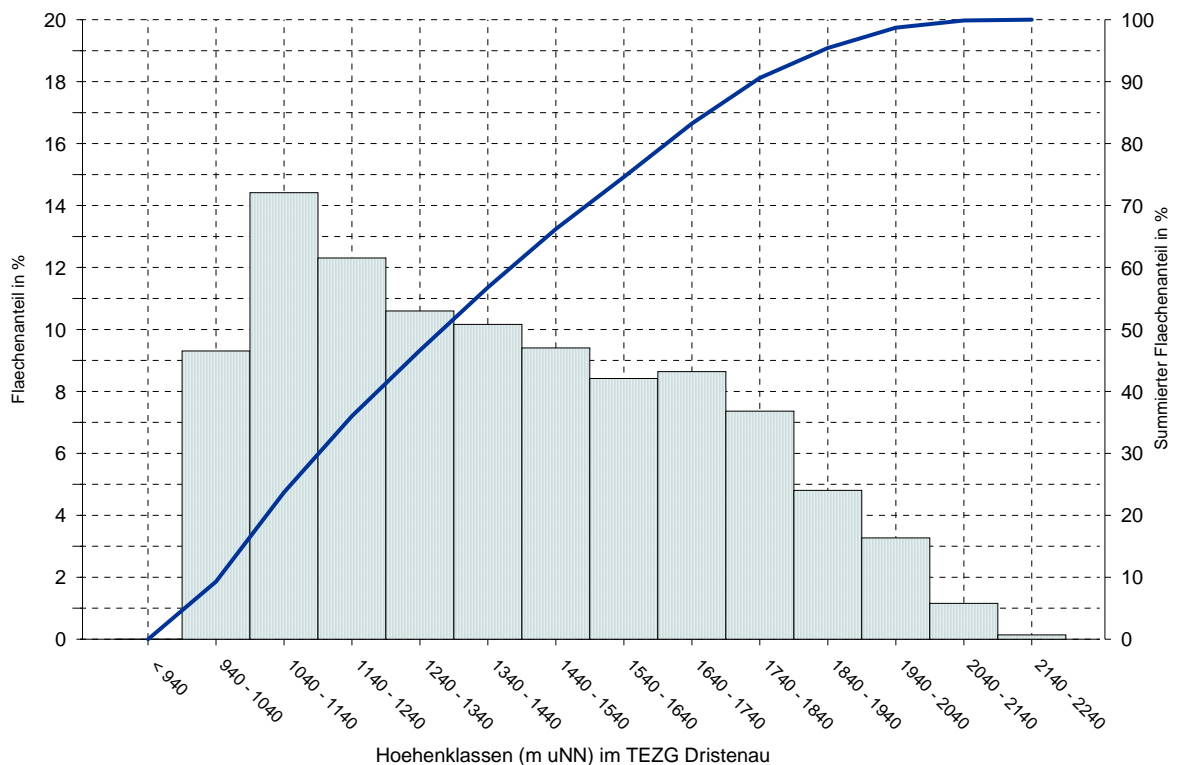


Abbildung 3: Histogramm und Summenkurve des DHM Dristenau

Figure 3: Histogram and cumulative graph of DEM Dristenau

1.3 Neigungsverhältnisse

Die Bandbreite der Neigungsverhältnisse im TEZG Dristenau reicht von 0° bis auf 77°, bei einer durchschnittlichen Neigung von ~30°. Ähnlich zur Verteilung der Höhenklassen lassen sich auch hier zwei dominante Bereiche herausfiltern, den von 0°-10° mäßig ansteigenden Talraum (~17 % der Fläche), und die übersteilten Einhänge und Bergflanken (vgl. [Abbildung 4](#)). Die Verteilung der Neigungsverhältnisse der Einhänge und Bergflanken ist zu beiden Seiten ähnlich ausgeprägt.

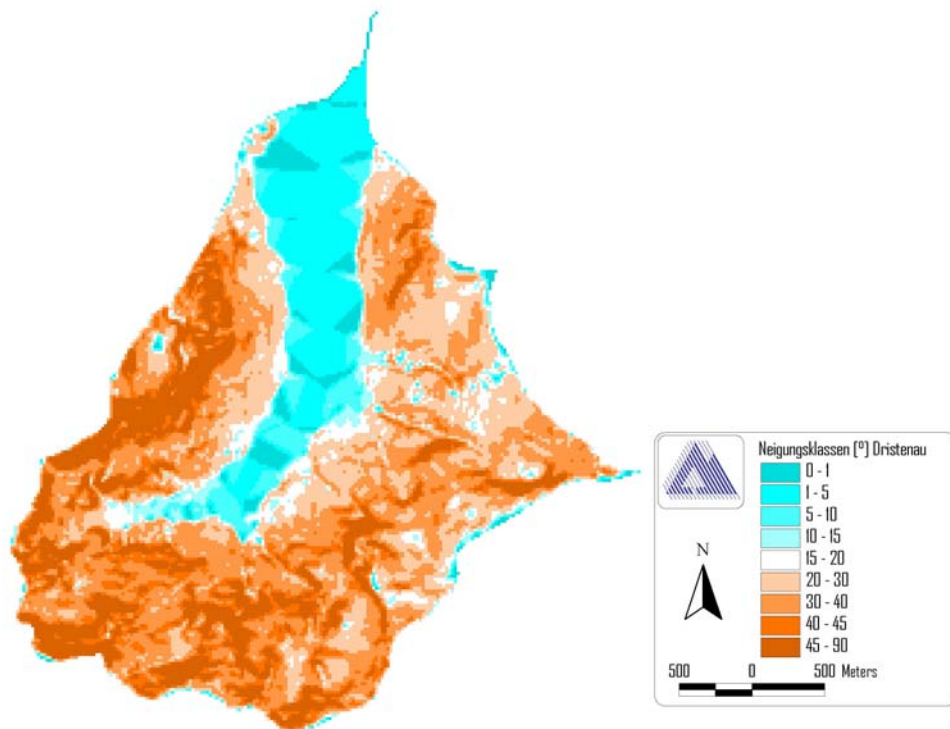


Abbildung 4: Neigungsverhältnisse im TEZG Dristenau. Rasterweite: 20 m.

Figure 4: Slope conditions in the subcatchment Dristenau. Screen ruling: 20 m.

1.4 Expositionsanalyse

Das im wesentlichen von S nach N verlaufende Dristenautal weist entsprechend seiner Ausrichtung hauptsächlich N-NW-Expositionen auf. Der Bereich der Ausleitungsflächen weist überwiegend N-NO Exposition auf. Die Exposition und damit verbunden die Intensität der Sonneneinstrahlung beeinflusst prinzipiell den Wasserhaushalt des Bodens. Angesichts der vorherrschenden Exposition und der teils dichten Bewaldung wird aber das Ausmaß der Verdunstung keine wesentliche Rolle spielen. Der Anteil an S-exponierten Flächen beträgt in etwa nur 5 – 10 %. Die Expositionsverhältnisse erklären auch die relativ lange Schneebedeckung im Dristenautal.

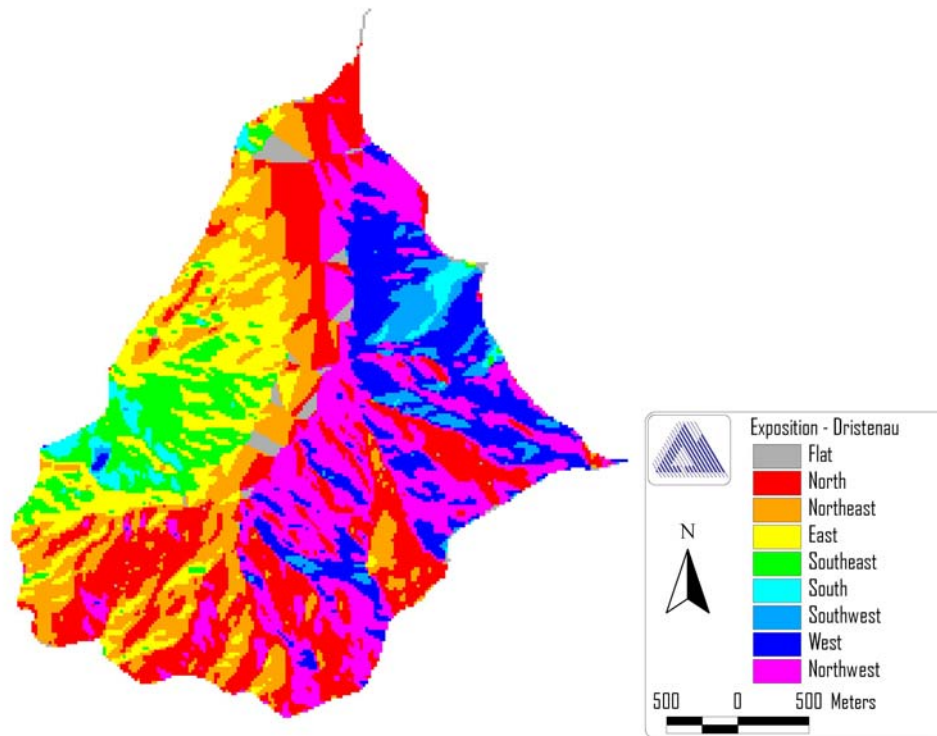


Abbildung 5: Expositionen der Geländetopografie im TEZG Dristenau. Rasterweite: 20 m.

Figure 5: Orientation of terrain topography in the subcatchment Dristenau. Screen ruling: 20 m.

1.5 Landnutzungsformen

Der Großteil der Fläche des TEZG Dristenau wird von Wald bedeckt (~ 56 %). Weitere 34 % sind vegetationsbedeckt; davon fallen die Bereiche in den höheren Lagen mit 20 % Fels/Felsvegetation stark ins Gewicht. Der Anteil intensiv landwirtschaftlich genutzter Flächen ist sehr gering. Eine strikte Trennung von forst- und landwirtschaftlichen Nutzungsformen im Talbereich ist jedoch aufgrund von Waldweiderechten nur bedingt möglich. Der Anteil an Siedlungsfläche und Infrastruktur bewegt sich unter 1 %. Für die restlichen 9 % des Teileinzugsgebietes können überhaupt keine Angaben gemacht werden.

Landnutzungsform	Wald	Wiese / Weide	Felsvegetation / Fels	Siedlung / Infrastruktur	Rest
Fläche [km ²]	5.58	2.69	0.70	0.1	0.90
Flächenanteil [%]	56	27	7	< 1	9

Tabelle 1: Verteilung der Landnutzungsformen im TEZG Dristenau

Table 1: Distribution of various land use forms within the subcatchment Dristenau

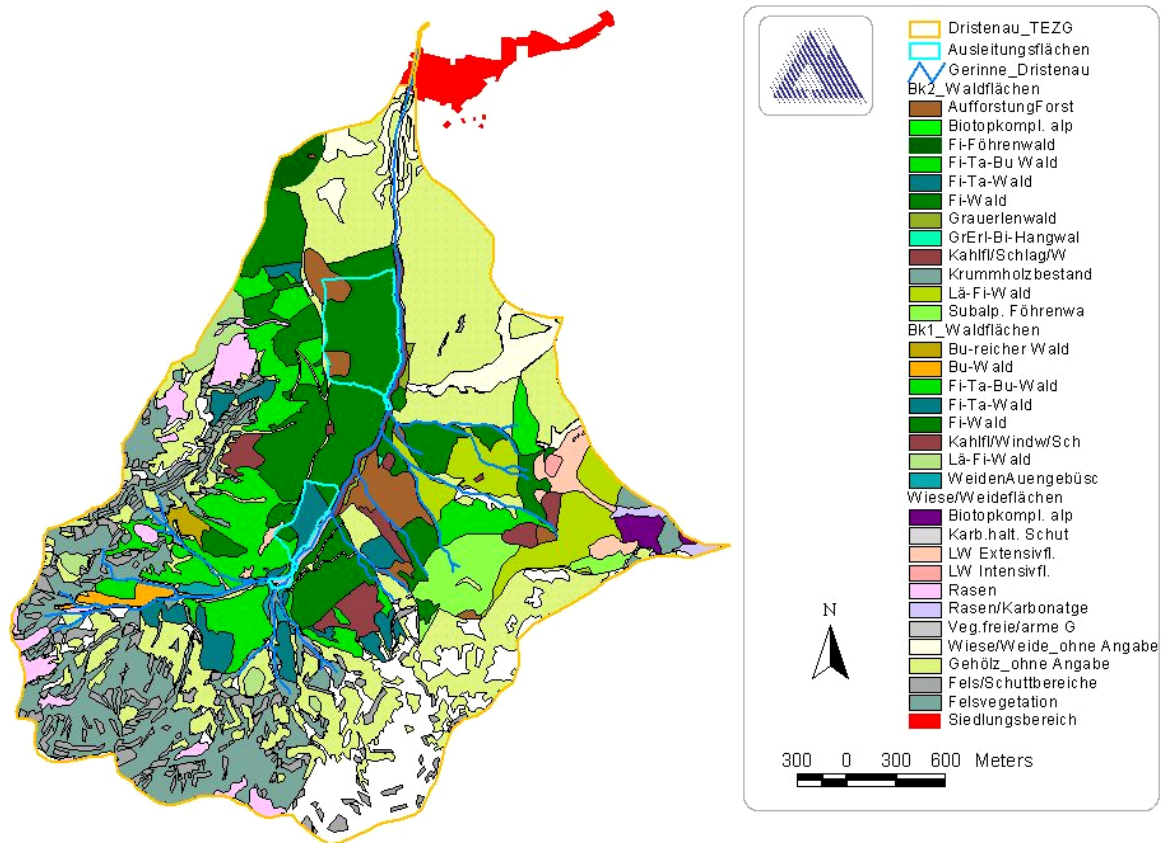


Abbildung 6: Verteilung von Landnutzungsformen im TEZG Dristenau. Quelle: Bodenkartierung der Landesregierung Tirol; sowie Luftbildmaterial. Für die ausgesparten Bereiche (weiß) liegen keine Informationen vor.

Figure 6: Distribution of various land use forms in the subcatchment Dristenau.

1.6 Übersicht zur geplanten Maßnahmensetzung

Im Talbereich sind zwei Überflutungsflächen geplant (D-A1, D-A2). Die Ausleitungsfläche D-A1 erstreckt sich auf der orografisch linken Seite ab hm 35,94 bis hm 30,75. Sie umfasst eine Fläche von 0,076 km².

Die Ausleitungsfläche D-A2 liegt im Bereich zwischen hm 24,04 und hm 16,14. Ihr Flächeninhalt beträgt 0,287 km². Sie befindet sich ebenfalls auf der orografisch linken Bachseite.

Eine planmäßige Überleitung in die jeweilige Fläche wird durch ein eigens errichtetes Ausleitungsbauwerk ermöglicht werden. Dieses soll sich jeweils am Beginn der Überflutungsfläche bei hm 35,94 und hm 24,04 befinden und als querwerkartiger Schüttdamm mit trogförmigem Schlitz ausgeführt werden.

Die derzeit vorhandene Geschieberückhaltesperre oberhalb von hm 36,00 wird saniert und in ihrer jetzigen Funktion erhalten.

Das bestehende Straßennetz soll durch Baustellenwege ergänzt werden. Durch die Zufahrtsmöglichkeit wird die Schotterentnahme und damit die Funktionstüchtigkeit der Geschieberückhaltesperre erhalten.

Durch die Errichtung von Dämmen soll die Funktionsfähigkeit der Überflutungsflächen gewährleistet werden. Sie dienen zum gezielten Aus- und Rückleiten der Wassermassen sowie als straßenseitige Begrenzungslinie zur Verhinderung von unkontrolliertem Abfluss. Die Dämme werden je nach Lage in unterschiedlichen Dimensionen ausgeführt. Für die Höhen von 0,2 m, 0,4 m und 0,8 m sind einheitliche Dammkronen von 0,5 m Breite und auch einheitliche Böschungsneigungen im Verhältnis 1:2 vorgesehen.

Im Anschluss an das Ausleitungsbauwerk wird eine künstlich geschaffene Flutmulde angelegt. Jeweils am Beginn der Flutmulde werden entlang der Schichtenlinie Dämme von 0,2 m Höhe errichtet. Für die Fläche D-A1 beträgt die Länge des 0,2 m hohen Dammes rund 204 m, für D-A2 rund 364 m.

Ein seitliches Ausbrechen in Richtung Straße soll bei beiden Flächen abschnittsweise durch einen 0,4 m hohen Damm verhindert werden. Dieser hat im Bereich der Ausleitungsfläche D-A1 eine Länge von ca. 145 m, im Bereich von D-A2 ist eine Länge von ca. 485 m vorgesehen.

Das Konzept sieht jeweils am Ende der Versickerungs- und Retentionsfläche eine Rückleitung in das Gerinne vor. Um dies gewährleisten zu können sollen Begrenzungsdämme von 0,4 m Höhe und 543 m Länge für D-A1 sowie 0,8 m Höhe und 203 m Länge für D-A2 errichtet werden.

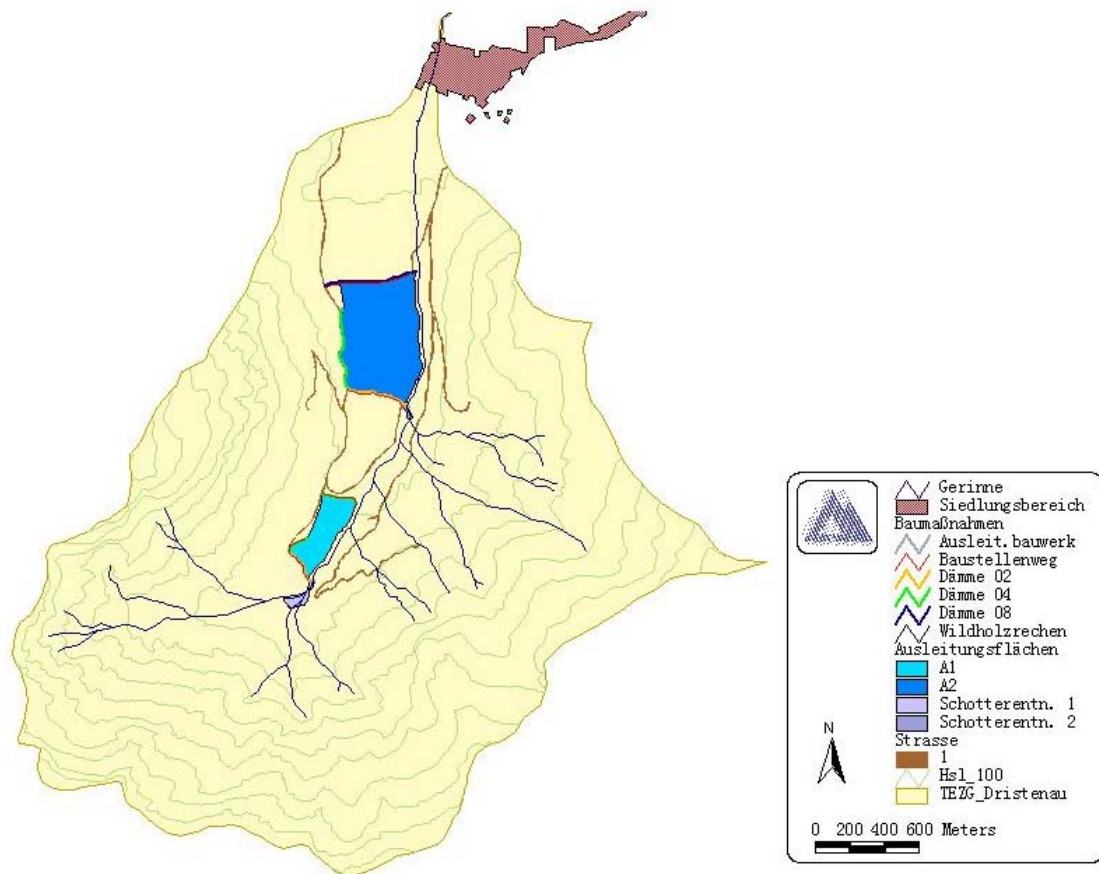


Abbildung 7: Übersicht zu den geplanten Maßnahmen

Figure 7: Planned measures

2 Bodenphysikalische Parametererhebung der Ausleitungsflächen

2.1 Zielsetzung der Erhebung

Die Zielsetzung ist die Erfassung der Bodenparameter durch Labor- und Feldversuche. Dazu ist es notwendig gestörte und ungestörte Bodenproben zu gewinnen. Bei der Entnahme der Bodenproben wurde gleichzeitig eine Bodenansprache durchgeführt. Die Erfassung der Bodenparameter stellt einen wichtigen Schritt bei der Beurteilung der Versickerungsfähigkeit der Ausleitungsflächen dar. Die ermittelten Bodenparameter sind unverzichtbare Daten für die Simulationen.

2.2 Übersicht der angewandten Verfahren

Zur raschen Übersicht über die durchgeführten Verfahren wurden diese tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 2). Profilgruben (grau) wurden zur Probennahme (E) gegraben und für den Einbau der Sensoren (M). Um die bodenkundliche Standortbeschreibung abzurunden, wurden Schlagstockbohrungen abgeteuft. Des weiteren wurden in-situ Feldversuche zur oberflächennahen Bestimmung der Durchlässigkeit durchgeführt.

Bodenphysikalische Parametererhebung der Ausleitungsflächen

Standort			Profilgrube	Schlagstockbohrungen (Bezeichnung)	Feldversuch (Bezeichnung)	Proben		
						Ungestörte (Bezeichnung)	Gestörte (Bezeichnung)	
D A1	D A1-1	E	ja	1		309	TI 2	
				2		288		
				3		512	TI 3	
				4		539		
				WV1		TI 4		
				148				
		M	ja	1a		V IC		IC
				1b				
	2a			V ID		ID		
	2b							
	D A1-2	E	ja	1		10	TM 2	
				2				
				3				
				4		WB3	TM 3	
5								
D A2	D A2-1	E	ja	1		44	TU 1	
				2		378	TU 3	
				3		24	TU 4	
				4		253	Pertisau	
		M	ja	PM		V IA		IA
				P1				
				P2				
				P3				
	P4			V IB		IB		
	P5							
	P6							
	P7							
		G	ja					
D A2-2	E	ja						
Soll Aussagen ermöglichen über:			<ul style="list-style-type: none"> Bodenprofil Ungestörte Bodenproben 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenprofil Gestörte Bodenproben 	<ul style="list-style-type: none"> <i>ks</i>-Wert <i>in situ</i> 	<ul style="list-style-type: none"> <i>k_s</i>-Wert im Labor 	<ul style="list-style-type: none"> Kornverteilung <i>k_s</i>-Wert (Schätzung) 	

E.....Entnahmestelle

M.....Messstelle

G.....Erdungsgraben

Tabelle 2: Zusammenstellung der angewandte Verfahren

Table 2: Overview of the applied methods

2.3 Beschreibung der angewandten Verfahren

2.3.1 Bodenkundliche Erhebungen

Die feldbodenkundliche Ansprache der freigelegten Profile (inklusive Erfassung der effektiven Durchwurzelungszone) erfolgte in Anlehnung an die bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODENKUNDE, 1982). Des Weiteren erfolgte eine Bodenansprache beim Einbau der Sensoren für die Messstation.

2.3.2 Profilgruben

Der Standort D A1-1 befindet sich am NW-Rand einer kleinen Lichtung auf 1122 m NN. Das Kleinrelief im Nahbereich der Aufnahmefläche ist für die örtlichen Verhältnisse relativ eben.

Im Bereich der unteren Ausleitungsfläche wurde eine vollständige (D A2-1) und eine geringer mächtige Aufnahme (D A2-2) durchgeführt. Die Bodengegebenheiten erlaubten kein Graben in größere Tiefen. Die Profilaufnahme (D A2-2) wurde an zwei benachbarten Orten, innerhalb einer Vernässungsstelle (leichte Mulde) angelegt.

2.3.3 Schlagstockbohrungen

Zusätzlich zur Ansprache der Profilgrube wurden zur Abschätzung der Heterogenität der Überflutungsfläche, im Nahbereich der Profilgruben im Umkreis von 3 - 4 m, Schlagstockbohrungen aufgenommen. Ausgehend von der Messstelle D A2-1M wurde weiters ein Transekt angelegt. Dabei wurden auch zusätzliche gestörte Bodenproben für die Laboranalysen gewonnen. Die Schlagstockbohrungen wurden als Zusatzleistung, außerhalb der vom Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft angebotenen Leistungen, erbracht.

2.3.4 Feldversuch

2.3.4.1 *Infiltrationsversuche in situ*

Diese Methode dient zur Bestimmung des vertikalen k_s -Wertes, wenn kein Grundwasserspiegel vorhanden ist oder in großer Tiefe ansteht.

An der Geländeoberfläche werden zwei konzentrische Zylinder aufgestellt, mit Wasser gefüllt und der Boden durch Konstanthalten des Wasserspiegels aufgesättigt, bis ein annähernd stationäres Strömungsverhalten erreicht wird.

Es wurden zwei Messreihen durchgeführt, bei denen der Verlauf der Sinkgeschwindigkeit mit der Zeit erfasst wurde. Der durch diesen Versuch ermittelte k_s -Wert ist vom Makroporenfluss dominiert.

Die Infiltrationsversuche wurden im Bereich der beiden Messstationen durchgeführt.

Doppelringinfiltrrometer			
Aussen - Ø	Innen - Ø	Messstelle	Versuchsbezeichnung
55 cm	30 cm	D A1-1M	V IC
		D A2-1M	V IA
57 cm	32 cm	D A1-1M	V ID
		D A2-1M	V IB

Tabelle 3: Zuordnung der Doppelringinfiltrrometer

Table 3: Marking of the measuring instrument for the infiltration process

Anmerkungen

- Im Bereich der Messstation D A1-1M mussten die Versuche etwas weiter von der Monitoringstelle abgerückt werden. Die Messstelle befindet sich am Rande des bewaldeten Bereiches und ein Einbringen der Zylinder war aufgrund der stärkeren Durchwurzelung unmöglich. Obwohl der äußere Infiltrometerring, wie in der Versuchsdurchführung angegeben, mehr als 5 cm eingebracht wurde, traten nach ca. drei Stunden beim Infiltrationsversuch V ID Vernässungen auf.
- Im Bereich der Messstation D A2-1M (Infiltrationsversuche V IA, V IB) konnte am ersten Versuchstag (22.8.2002) keine Veränderung des Wasserspiegels bei den beiden parallelen Versuchen gemessen werden. Die Infiltrationsrate ist für die Fragestellung als vernachlässigbar anzusehen. Jedoch kann auf Grund der zugeführten Wassermenge am Ende des Infiltrationsversuches eine Abschätzung der Durchlässigkeit durchgeführt werden.



Foto 1: Doppelringinfiltrometer Messstelle D A1-1M Infiltrationsversuch V ID

Ergebnisse

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte in Anlehnung an die neueste Ausgabe der „Methods of Soil Analysis“. Durch die Anordnung des Infiltrationsversuches als Doppelringinfiltration war eine bevorzugt vertikale Bewegung gewährleistet. Die unterhalb liegende durchlässigere Bodenschicht lässt die Annahme eines Einheitsgradienten zu. Daher kann die versickerte Menge beziehungsweise die Filtergeschwindigkeit annähernd dem Durchlässigkeitsbeiwert gleichgesetzt werden.

$$\text{Darcy} \quad v_f = k_s \cdot i = \frac{Q}{A} \rightarrow i = 1$$

v_f = [cm/s] Filtergeschwindigkeit

k_s = [cm/s] Durchlässigkeitsbeiwert bei Sättigung

i = Gradient

Q = [cm³/s] Zeitpunkt der zweiten Ablesung (ab Beginn der Messung)

A = [cm²] Zeitpunkt der ersten Ablesung (ab Beginn der Messung)

Diese k_s -Werte sind den oberflächennahen Bodenschichten zuzuordnen.

2.3.5 Laborversuche

Mit den entnommenen gestörten und ungestörten Bodenproben aus den Probegruben wurden die Laboranalysen durchgeführt. Die ungestörten, vertikal gewonnenen Stechzylinderproben dienen zur Bestimmung der Durchlässigkeit im Labor. Mit den gestörten Bodenproben wurde die Kornverteilung ermittelt. Bei Einzelkorngefüge kann man die Durchlässigkeit direkt über die Korngrößenanalyse abschätzen; bei Aggregatgefüge erlaubt die Bestimmung der Bodentextur immerhin die Angabe von Richtwerten für den k_s -Wert.

2.3.5.1 k_s -Wert-Bestimmung mit aufsteigendem Wasserspiegel

Die Durchlässigkeit wurde im Labor nach der Methode mit aufsteigendem Wasserspiegel bestimmt.

Bei dem Verfahren mit aufsteigendem Wasserspiegel wird kein konstanter Gradient eingehalten. Das Messprotokoll sämtlicher Labormessungen nach der Methode mit aufsteigendem Wasserspiegel ist im Anhang 4 zu finden.

Zu erwähnen ist, dass die Stechzylinderproben ein begrenztes Volumen aufweisen und der sich daraus ergebende k_s -Wert demnach ein Mittelwert für ein relativ kleines Volumen ist. Vorhandene Bodeninhomogenitäten, die diesen Maßstab übersteigen, führen automatisch zu starken Unterschieden in den k_s -Werten einzelner Stechzylinderproben.

Darüber hinaus werden durch Stechzylinderproben eventuelle Makroporen, Risse und andere Bodenstrukturen im Mesomassstab zumeist absichtlich nicht erfasst (würde beispielsweise von zwei Stechzylindern einer genau auf einer Makropore positioniert, ergäbe sich im allgemeinen ein viel schlechterer Mittelwert aus beiden, als wenn beide keine enthalten). Die Durchlässigkeiten der Stechzylinderproben sind demnach häufig wesentlich kleiner als die aus in-situ-Versuchen gewonnenen.

2.3.5.2 Korngrößenanalyse

Neben den ungestörten Stechzylinderproben wurden gestörte Bodenproben entnommen, die zur Bestimmung der Kornverteilung im Labor dienen sollen. Es wurden $13 \times 2 = 26$ Proben analysiert. Sämtliche Korngrößenanalysen (Feinkornanteil) wurden mit jeweils einer Wiederholung durchgeführt.

Die Korngrößenanalyse wurde in Anlehnung an die ÖNORM L 1061 durchgeführt. Der Grobbodenanteil (Äquivalentdurchmesser > 2,0 mm) wurde durch Nasssiebung abgetrennt, die Fraktionen des Feinbodens bis 0,063 mm Teilchendurchmesser durch Nasssiebung und < 0,063 mm durch Schlämmanalyse (Sedimentationsverfahren nach KUBIENA) bestimmt.

Die Resultate sämtlicher Korngrößenanalysen sind im Anhang 3 dargestellt. Die Kornverteilung mit den durchgezogenen Linien kennzeichnen die Resultate des Grunddurchgangs, jene mit strichlierten Linien in derselben Farbe jene der Wiederholung.

Es ist festzustellen, dass der Grunddurchgang und die Wiederholungen eine gute Übereinstimmung zeigen.

Die Bodenart wurde nach dem Texturdreieck laut ÖNORM L1050 bestimmt (Anhang 3). Die Blatt- und die Farbzuordnung der einzelnen Proben (Grunddurchgang und Wiederholung) in den Texturdreiecken der Blätter A, B und C stimmen mit denen der Kornverteilungslinien überein. Die kreisförmigen Symbole kennzeichnen die Ergebnisse des Grunddurchganges, die dreiecksförmigen in derselben Farbe die Wiederholung.

2.3.5.3 Bodenart

Mit der Bodenart wird die Korngrößenzusammensetzung des mineralischen Bodenmaterials gekennzeichnet.

Bei der Kennzeichnung der Bodenart wird zwischen den Kornfraktionen des Feinbodens (<2 mm) und des Grobbodens (>2 mm) unterschieden.

Bei den Proben, die aus tieferliegenden Schichten entnommen wurden, dominiert der Grobkornanteil (Kies). Dies steht auch im Einklang mit den Tiefbohrungen der Fa. ETSCHER und MEYER (2001), die ab einer Tiefe von 10 cm Kies mit unterschiedlichen Beimengungen und variabler Dichte angeben.

Die Probe TU 4 (30 – 40 cm Tiefe) und Pertisau (20 cm Tiefe) weisen einen höheren Feinkornanteil auf als die restlichen Proben bei dieser Tiefe, dies ist auf immer wieder vorhandene dichtere Zwischenlagen zurückzuführen.

Bodenarten des Feinbodens

Bei Böden mit Aggregatgefüge ist die Durchlässigkeit nur in geringem Maße von der Korngrößenverteilung abhängig. Die Anwendung von Berechnungsverfahren, die auf den wirksamen Korndurchmesser beruhen, ist bei Proben mit hohem Feinkornanteil nicht sinnvoll. Hingegen existierenden Erfahrungswerte für die Durchlässigkeit verschiedener Bodenarten in Abhängigkeit von der effektiven Lagerungsdichte. Solche Werte finden sich u.a. in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN, 1996), Seite 305, Tabelle 62.

Da weder die effektive Lagerungsdichte noch die Trockendichte bekannt bzw. ermittelt wurde, kann die Abschätzung der Durchlässigkeit aus der Bodenart nur einen Richtwert ergeben.

Bodenarten des Grobbodens

Bei Böden mit Einzelkorngefüge kann die Porenstruktur ausreichend genau durch die Kornverteilung beschrieben werden. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Durchlässigkeit und Kornverteilung. In der Literatur existiert eine Vielzahl an Verfahren zur Berechnung der Durchlässigkeit aus der Kornverteilung.

Der Formel von Beyer wurde für natürlich gelagerte, durch den Glazialdruck verfestigte deutsche Sandböden entwickelt und validiert. Im Gegensatz zu anderen Formeln geht hier die Ungleichförmigkeit ein. Die Abhängigkeit des k_s -Wertes vom Porenanteil ist sicher stärker als die von der Ungleichkörnigkeit, doch besteht auch ein enger Zusammenhang zwischen der Ungleichkörnigkeit und dem Porenanteil, sodass in den Fällen, bei denen der Porenanteil nicht bekannt ist, die aus der Kornverteilung ermittelbare Ungleichkörnigkeit ein guter Ersatz ist.

$$k_s = C_B d_e^2$$

k_s = [m/s] Durchlässigkeitsbeiwert

d_e = [mm] Effektiver Korndurchmesser; zumeist wird $d_e = d_{10}$ gesetzt

C_B = Empirischer Koeffizient; hängt nach BEYER streng von der Ungleichkörnigkeitszahl U ab. Diese Abhängigkeit wurde von BEYER in einem Nomogramm dargestellt und kann durch die Beziehung $C_B = 4,5 \times 10^{-3} \times \log(500/U)$ genähert werden.

Als Gültigkeitsbereich wird für die Beyer-Formel

$0,06 \text{ mm} < d_e < 3 \text{ mm}$ und $1 < U < 20$ angegeben.

2.3.6 Errichtung der Messstation

Die Errichtung der zwei Messstationen auf den Ausleitungsflächen D A1 und D A2 erfolgte in gleicher Weise. Es wurde jeweils eine Grube von ca. 40 cm x 80 cm x 60 cm händisch ausgehoben. Der Einbau der Sensoren erfolgte horizontal an den Breitseiten der Grube in den ungestörten Bodenbereich. Zusätzlich wurden die Sensoren in der Vertikalen versetzt angeordnet. Die oberirdischen Einrichtungen der Messeinheit bestehen im wesentlichen aus einem Datenlogger, den Kabelsträngen zwischen Sensoren und Aufzeichngerät sowie einem Solarpaneel zur Energieversorgung. Um Beschädigungen durch Wild, Vieh oder Bodentiere vorzubeugen sind die Kabel der Sensoren in einzelnen PE Schläuchen geführt.



Foto 2: Messstation D A2-1

2.4 Standorte der Bodenerhebung und der Messstellen

2.4.1 Auswahl der Standorte

Die geplanten Ausleitungsflächen befinden sich im Talbereich des Dristenautals. Die Lage der Entnahmestellen (D A1-1E, D A1-2E, D A2-1E, D A2-2E) ist der Abbildung 8 zu entnehmen.

Im Bereich der Standorte D A1-1 und D A2-1 wurden die automatischen Messstationen zur Erfassung des Bodenwasserstatus eingerichtet (siehe Übersicht in Abbildung 8, Details in Abbildung 9 und Abbildung 11, sowie die zugehörigen Vertikalschnitte in Abbildung 10 und Abbildung 12).

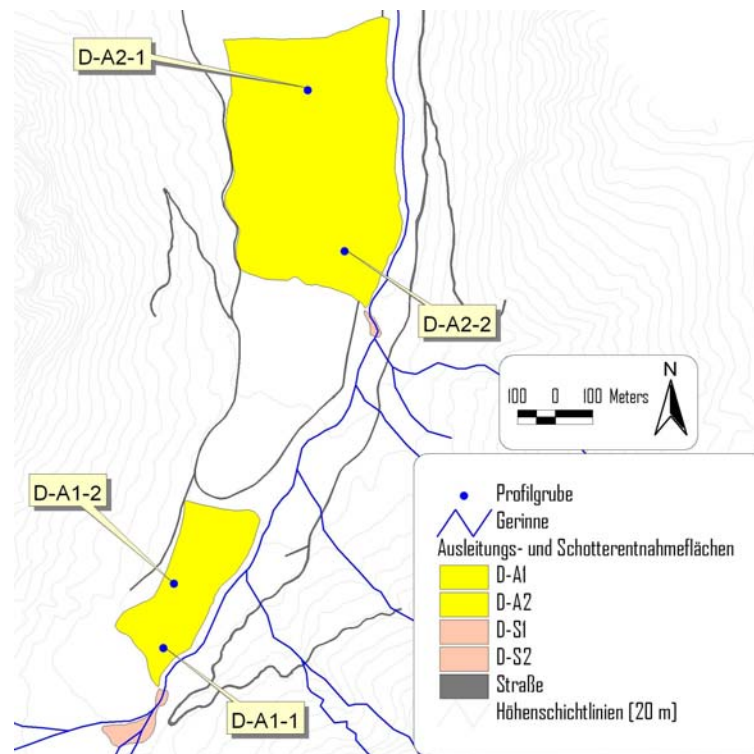


Abbildung 8: Lage der Standorte zur Bodenprofilbeschreibung und Beprobung

Figure 8: Location for soil profile analysis and soil sample extractions

2.4.2 Detailskizzen

In den unten angeführten Skizzen (Abbildung 9 und Abbildung 11) sind die Lage der Entnahmestellen für die Bodenproben (Profilgruben), der Infiltrationsversuche (Doppelringinfiltrrometer), der Schlagstockbohrungen und die Standorte der Messstationen dargestellt.

D A1-1

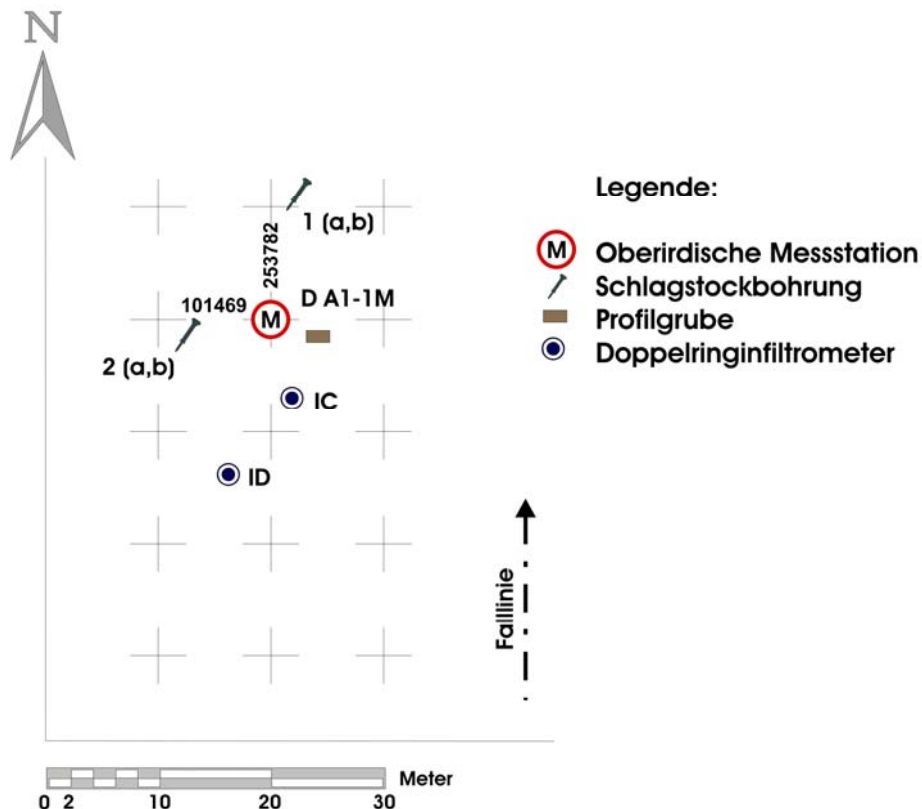


Abbildung 9: Grundriss-Skizze D A1-1

Figure 9: Plan of D A1-1

2.4.3 Vertikalschnitt der Messstation D A1-1M

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anordnung der Watermarks und Vitelsonden der Messstation D A1-1M. Die Profilgrube ist durch die beiden strichlierten Linien begrenzt. An jeder Breitseite wurde jeweils ein Wasserspannungssensor (Watermark) und ein Wassergehaltssensor (Vitel) in den Tiefen von 10, 30 und 50 cm eingebaut. Im Horizont 0,10 m sind die Watermarks 1;5/3;6 und die Vitelsonden 4;1/1;4 angeordnet. In der Tiefe von 0,40 m befinden sich die

Watermarks 2;8/4;A, sowie die Vitelsonden 2;2/5;5. In 0,50 m Tiefe ist die Vitelsonde 3;3 und leicht versetzt auf 0,48 m die Vitelsonde 6;6 eingebaut. Abweichungen in den Einbautiefen sind bedingt durch Steine oder Wurzeln, diese sind im Vertikalschnitt erläutert.

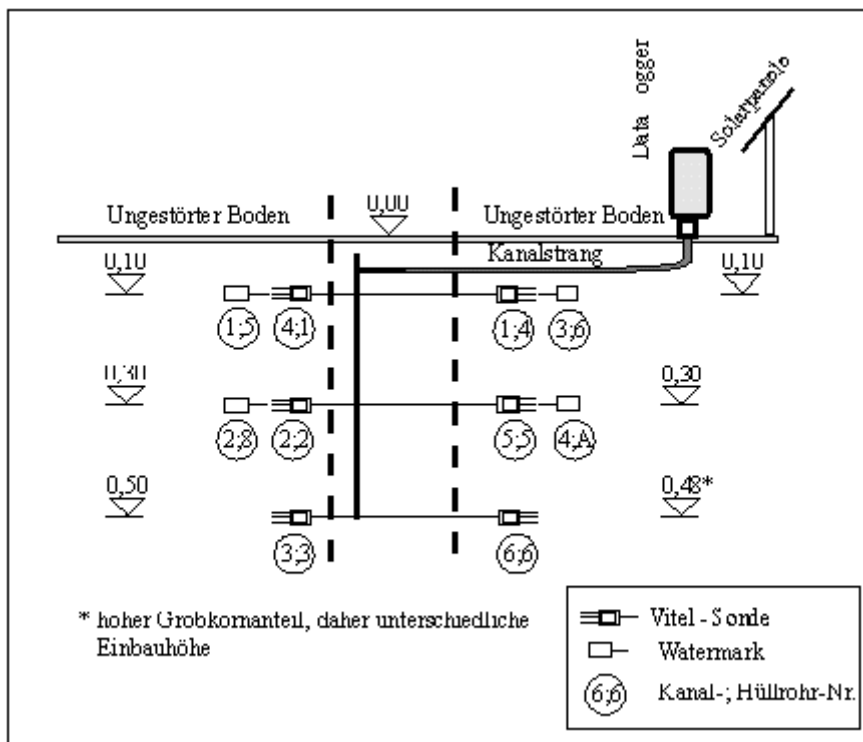


Abbildung 10: Skizze Tiefenlage der Sensoren der Messstation D A1-1M

Figure 10: Vertical plan of sensors at D A1-1M

D A1-2

In der halben Distanz zwischen D A1 und D A2 befindet sich D A1-2. Da dieser Standort nur der Entnahme für Bodenproben diente, wurde auf eine detailliertere zeichnerische Darstellungen verzichtet.

D A2-1

An der Position der Entnahmestelle D A2-1E war ursprünglich die Errichtung der Messstation geplant. Um eine ausreichende Sonnenbestrahlung der Solar-Paneele zu erreichen, wurde die Messstation D A2-1M um 50 m nach Norden verlegt.

Im Bereich der Messstation D A2-1M wurde neben der Profilgrube auch ein 20 cm tiefer, ca. 10 m langer Graben zur Verlegung der Erdung für die Messstation

ausgehoben, dadurch konnte auch ein Eindruck der oberen Bodenschichten über eine längere Strecke gewonnen werden. Die Umgebung der Messstation weist sehr starke Spuren von Viehtritt und Vernässungserscheinungen auf. Um diesen Bereich besser zu erfassen wurde ein Transekt mit acht Messpunkten (PM, P1 – P7) in Falllinie bis in den oberhalb der Messstation liegenden bewaldeten Bereich gelegt.

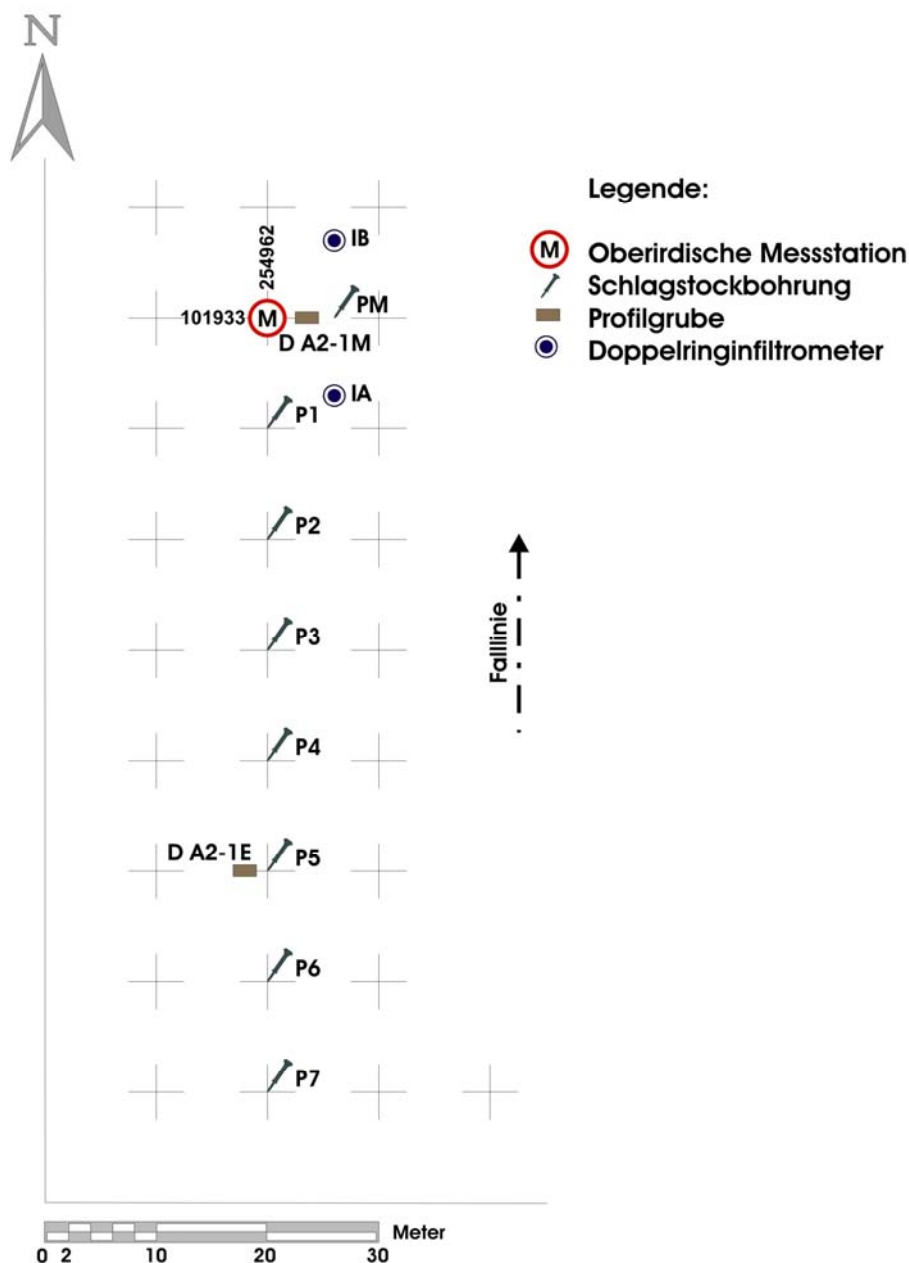


Abbildung 11: Grundriss-Skizze D A2-1

Figure 11: Plan of D A2-1

2.4.4 Vertikalschnitt der Messstation D A2-1M

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anordnung der Watermarks und Vitelsonden der Messstation D A2-1M. Die Profilgrube ist durch die beiden strichlierten Linien begrenzt. An jeder Breitseite wurde jeweils ein Wasserspannungssensor (Watermark) und ein Wassergehaltssensor (Vitel) in den Tiefen von 10, 30 und 50 cm eingebaut. Im Horizont 0,10 m sind die Watermarks 4;III/1;I und die Vitelsonden 4;1/1;4 angeordnet. In einer Tiefe von 0,22 m befinden sich die Watermarks 3;III/2;II, sowie die Vitelsonden 4;4/2;2. In 0,50 m Tiefe wurde die Vitelsonde 5;5 und leicht versetzt auf 0,45 m die Vitelsonde 1;1 eingebaut.

Abweichungen in den Einbautiefen sind bedingt durch Steine oder Wurzeln, diese sind im Vertikalschnitt erläutert.

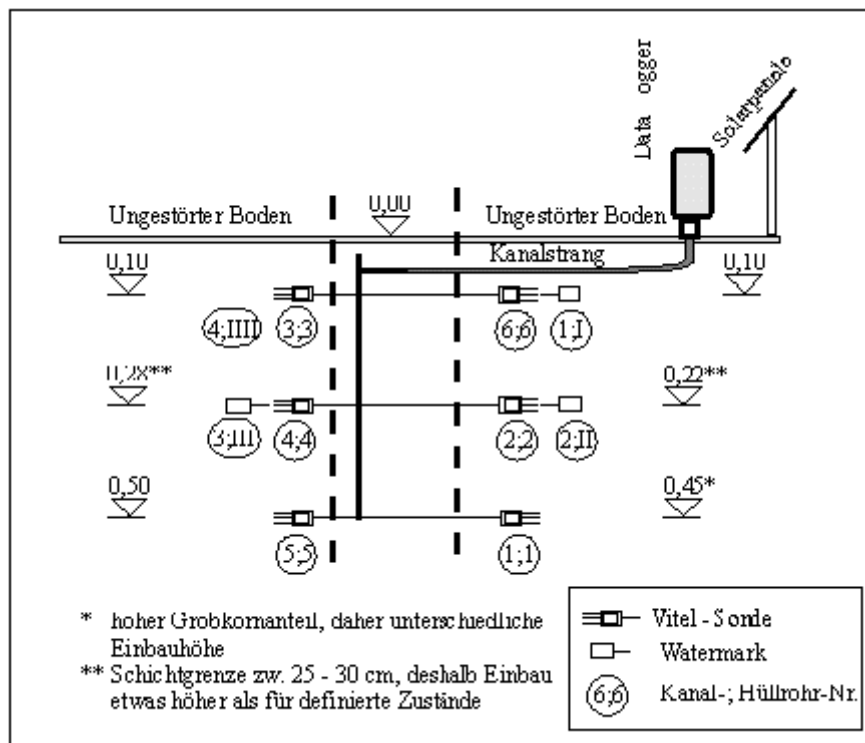


Abbildung 12: Skizze Tiefenlage der Sensoren der Messstation D A2-1M

Figure 12: Vertical plan of sensors at D A2-1M

2.5 Auswertung der Bodenparameter in der Ausleitungsfläche – Standort D A1-1

2.5.1 Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstockbohrungen

Die Gegenüberstellung der einzelnen Profile erlaubt einen guten Einblick über den Bodenaufbau in der Ausleitungsfläche.

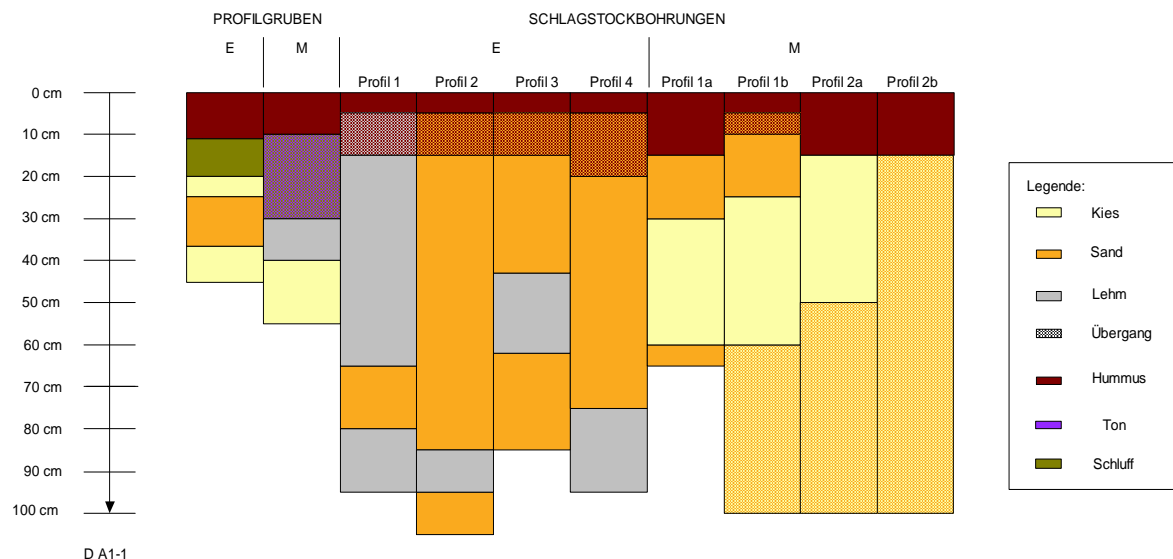


Abbildung 13: Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A1-1

Figure 13: Comparison of different soil profiles at position D A1-1

2.5.2 Feldversuch

2.5.2.1 Infiltrationsversuche in situ

Die Ergebnisse des Infiltrationsversuches in der Ausleitungsfläche D A1-1M sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Feldversuch, August 2002		
Messstelle	Ringinfiltrometer	k_s -Wert [m/s]*
D A1-1M	V IC	$2,0 \cdot 10^{-6}$
	V ID	$5,0 \cdot 10^{-7}$

* Diese k_s -Werte sind den oberflächennahen Bodenschichten zuzuordnen.

Tabelle 4: Ergebnisse der k_s -Werte im Feld bei D A1-1M

Table 4: k_s -values from field study at D A1-1M

2.5.3 Laborversuche

2.5.3.1 k_s -Wert-Bestimmung mit aufsteigendem Wasserspiegel

In 3 verschiedenen Tiefen wurden jeweils 2 Stechzylinder gewonnen (Tabelle 5), dadurch ist jeweils eine Wiederholung garantiert.

Entnahmestelle	Entnahmetiefe unter GOK [cm]	Stechzylinder Nr.	k_s -Wert [m/s]
D A1-1E	5 - 10	309	$2,5 \cdot 10^{-7}$
		288	$6,0 \cdot 10^{-6}$
	25 - 30	512	$4,5 \cdot 10^{-3}$
		539	$3,6 \cdot 10^{-3}$
	45 - 50	Warth WV1	$4,1 \cdot 10^{-4}$
		148	$1,4 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 5: k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A1-1E

Table 5: Analysis of k_s -values from extraction point D A1-1E

Auffallend ist, dass die obere Schicht einen deutlich geringere Durchlässigkeit als die darunter liegenden aufweist. Die Korngrößenanalyse ergab für diese Schicht einen hohen Feinkornanteil, welcher die geringere Durchlässigkeit erklärt. Auch die Feldversuche (Doppelringinfiltrometer) ergaben für diesen Bereich eine geringe Durchlässigkeit.

2.5.3.2 Korngrößenanalyse

In der nachfolgenden Tabelle sind die zur Laboranalyse notwendigen Bodenproben, deren Bezeichnung, sowie deren Entnahmetiefe zusammengestellt.

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [cm]	KV im Anhang
Entnahmestelle D A1-1E, Nov 2001		Blatt A
TI 2	25 - 35	
TI 3	50 - 55	
TI 4	10 - 20	
Messstelle D A1-1M, August 2002		
IC	5 - 10	
ID	5 - 10	

Tabelle 6: Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A1-1

Table 6: Composition of unstructured soil samples of different soil layers at D A1

2.5.3.3 Bodenart

Bei der Kennzeichnung der Bodenart muss zwischen den Kornfraktionen des Feinbodens (<2 mm) und des Grobbodens (>2 mm) unterschieden werden, siehe Tabelle 7.

Entnahme	Nr.	Entnahme-Tiefe [cm]	Anhang Blatt	Grobkorn-Anteil [%]	Feinkorn-Anteil [%]
Entnahmestelle D A1-1E Nov. 2001	TI 2	25 - 35	A	67,2	32,8
	TI 3	50 - 55		65,2	34,8
	TI 4	10 - 20		7,1	92,9
Messstelle D A1-1M Aug. 2002	IC	5 - 10		44,1	55,9
	ID	5 - 10		0,0	100,0

Tabelle 7: Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil

Table 7: Distribution of coarse and fine sediment

Gehalt des organischen Anteiles im Boden

Für die Probe ID mit ca. 100 % Feinkornanteil wurde im Labor der Gehalt an organischer Substanz im Boden ermittelt (Tabelle 8).

Proben	Labor Glühverlust %	Kurzzeichen	Bezeichnung*
ID	7,4	h4	stark humos

* Kurzzeichen und Bezeichnung sind aus AG Boden, Bodenkundlichen Kartieranleitung Tabelle 10 entnommen worden.

Tabelle 8: Gehalt der organischen Substanz im Boden

Table 8: Content of organic soil components

Bodenarten des Feinbodens

Für den Feinkornanteil wurden die Bodenproben nach ÖNORM L1050 analysiert. Die Spalten Ton (T), Schluff (U) und Sand (S) geben die Fraktionsanteile des Feinbodens in % an; diese wurden grob aus beiden Proben unter starker Betonung des Grunddurchganges gemittelt.

Nr.	Entnahme	Entn.-Tiefe [cm]	Bl.	Ton T [%]	Schl. U [%]	Sand S [%]	Bezeichnung der Bodenart nach AG BODEN (1996)
schluffiger Sand uS							
TI 2	D A1-1E	25 - 35	A	4,4	45,3	50,3	stark schluffiger Sand
TI 3	D A1-1E	50 - 55	A	4,4	38,6	57	mittel schluffiger Sand
Schluff U							
TI 4	D A1-1E	10 - 20	A	4,6	84,0	11,4	reiner Schluff
sandiger Schluff sU							
IC	D A1-1M	5 - 10	A	6,7	62,3	31,0	sandiger Schluff
ID	D A1-1M	5 - 10	A	5,7	76,3	18,0	sandiger Schluff

Tabelle 9: Feinkornanteil und Bodenarten, nach AG Boden (1994)

Table 9: Share of fine sediment and soil texture according to AG Boden (1994)

Geschätzte k_s -Wert aus den Feinbodenanteil

In der Tabelle 10 wurden die k_s -Werte nur für die dafür geeigneten Proben mit einem einem hohen Feinkornanteil zusammengestellt.

Die laut Bodenkundlicher Kartieranleitung resultierenden Größenbereiche für die Durchlässigkeit, gebildet aus dem k_s -Wert für eine hohe bis sehr hohe effektive Lagerungsdichte und dem für eine sehr geringe bis geringe effektive Lagerungsdichte sind in Spalte 6 eingetragen. Der in der letzten Spalte vermerkte Wert für k_s kennzeichnet den Durchschnittswert aller von der AG BODEN (1996) analysierten Bodenproben der entsprechenden deutschen Bodenart (beliebiger Lagerungsdichte).

Nr.	Entnahme	Entn.-tiefe [cm]	Bl.	Bezeichnung der Bodenart nach AG BODEN (1996)	k_s [m/d]	k_s [m/d]
Schluff U						
TI 4	D A1-1E	10 - 20	A	reiner Schluff	0 - 0,16	0,13
sandiger Schluff Us						
IC	D A1-1M	5 - 10	A	sandiger Schluff	0 - 0,22	0,16
ID	D A1-1M	5 - 10	A	sandiger Schluff	0 - 0,22	0,16

Tabelle 10: Bodenarten und Wasserdurchlässigkeit, nach AG Boden (1994)

Table 10: Soil textures and hydraulic conductivity according to AG Boden (1994)

Bodenarten des Grobbodens

Es wurden sowohl die Bodenartenuntergruppen des Feinbodens als auch die des Grobbodens ermittelt. Der Feinbodenanteil wird stets zuerst genannt, der Grobbodenanteil in der Reihenfolge ihrer Anteile siehe Tabelle 11.

Nr.	Entnahme	Entnahmetiefe [cm]	% des Bodenvolumens	Klasse	Bezeichnung
schwach kiesig					
TI 4	D A1-1E	10 - 20	7,1	2	uU,mG2
sehr stark kiesig					
TI 2	D A1-1E	25 - 35	65,2	5	uS,gG5
TI 3	D A1-1E	50 - 55	67,2	5	uS,gG5

Tabelle 11: Gemengeanteilklassen des Grobbodens aus AG Boden (1994)

Table 11: Share of coarse sediment according to AG Boden (1994)

Errechnete k_s -Wert aus dem Grobbodenanteil

Beide Proben liegen nicht im Gültigkeitsbereich der Formel nach Beyer.

Entnahme	Nr.	d_e	U
Entnahmestelle D A1-1E Nov. 2001	TI 2	0,015	633
	TI 3	0,016	1188

Tabelle 12: Bodenkennwerte bei D A1-1

Table 12: Soil characteristics at D A1-1

2.6 Auswertung der Bodenparameter in der Ausleitungsfläche

Standort D A1-2

2.6.1 Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstockbohrungen

Die Gegenüberstellung der einzelnen Profile erlaubt einen guten Einblick über den Bodenaufbau in der Ausleitungsfläche.

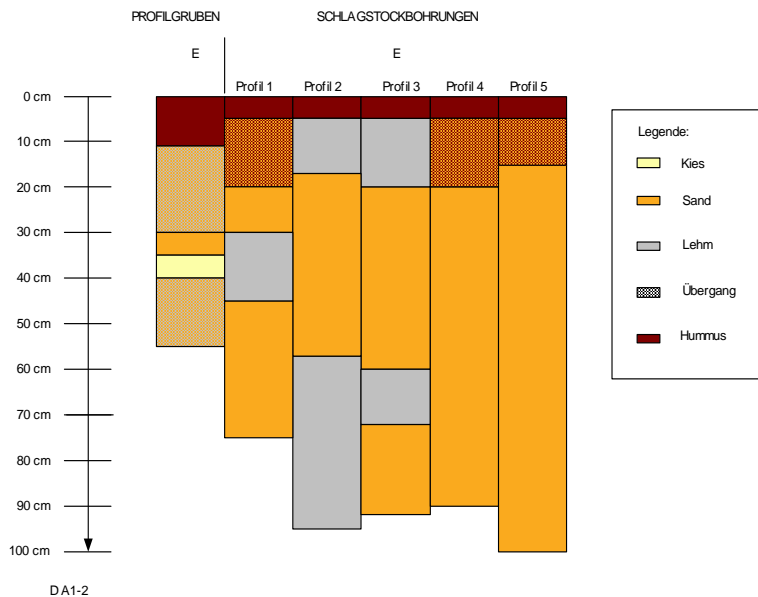


Abbildung 14: Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A1-2

Figure 14: Comparison of different soil profiles at position D A1-2

2.6.2 Laborversuche

2.6.2.1 k_s -Wert-Bestimmung mit aufsteigendem Wasserspiegel

Am Standort D A1–2 konnten wegen des hohen Grobkornanteiles nur in der oberen Schicht Stechzylinder entnommen werden (Tabelle 13).

Entnahmestelle	Entnahmetiefe unter GOK [cm]	Stechzylinder Nr.	k_s -Wert [m/s]
D A1-2E	5 - 10	10	$2,0 \cdot 10^{-5}$
		Warth WB3	$2,1 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 13: k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A1-2E

Table 13: Analysis of k_s - values from extraction point D A1-2E

2.6.2.2 Korngrößenanalyse

In der nachfolgenden Tabelle sind die zur Laboranalyse notwendigen Bodenproben, deren Bezeichnung, sowie deren Entnahmetiefe zusammengestellt.

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [cm]	KV im Anhang
Entnahmestelle D A1-2E, Nov 2001		Blatt B
TM 2	25 - 35	
TM 3	50 - 55	

Tabelle 14: Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A1-2

Table 14: Composition of unstructured soil samples of different soil layers at D A1-2

2.6.2.3 Bodenart

Bei der Kennzeichnung der Bodenart muss zwischen den Kornfraktionen des Feinbodens (<2 mm) und des Grobbodens (>2 mm) unterschieden werden.

Entnahme	Nr.	Entnahme-Tiefe [cm]	Anhang Blatt	Grobkorn-Anteil [%]	Feinkorn-Anteil [%]
Entnahmestelle D A1-2E Nov. 2001	TM 2	25 - 35	B	76,5	23,5
	TM 3	50 - 55		71,0	29,0

Tabelle 15: Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil

Table 15: Distribution of coarse and fine sediment

Bodenarten des Feinbodens

Für den Feinkornanteil wurden die Bodenproben nach ÖNORM L1050 bestimmt. Die Spalten Ton (T), Schluff (U) und Sand (S) geben die Fraktionsanteile des Feinbodens in % an; diese wurden grob aus beiden Proben unter starker Betonung des Grunddurchganges gemittelt.

Nr.	Entnahme	Entn.-Tiefe [cm]	Bl.	Ton T [%]	Schl. U [%]	Sand S [%]	Bezeichnung der Bodenart nach AG BODEN (1996)
lehmiger Sand IS							
TM 2	D A1-2E	25 - 35	B	8,1	18,5	73,4	mittel lehmiger Sand
TM 3	D A1-2E	50 - 55	B	5,0	26	69,0	schwach lehmiger Sand

Tabelle 16: Feinkornanteil und Bodenarten nach AG Boden (1994)

Table 16: Share of fine sediment and soil texture according to AG Boden (1994)

Bodenarten des Grobbodens

Es wurden sowohl die Bodenartenuntergruppen des Feinbodens als auch die des Grobbodens bestimmt. Der Feinbodenanteil wird stets zuerst genannt, der Grobbodenanteil in der Reihenfolge ihrer Anteile siehe Tabelle 17.

Nr.	Entnahme	Entnahmetiefe [cm]	% des Bodenvolumens	Klasse	Bezeichnung
sehr stark kiesig					
TM 3	D A1-2E	50 - 55	71,0	5	IS,gG5
Kies					
TM 2	D A1-2E	25 - 35	76,5	6	IS,gG6

Tabelle 17: Gemengeanteilsklassen des Grobbodens aus AG Boden (1994)

Table 17: Share of coarse sediment according to AG Boden (1994)

Errechnete k_s -Wert aus dem Grobbodenanteil

Da die beiden Bodenproben einen hohen Grobkornanteil (Tabelle 15) aufweisen, wurde der k_s -Werte aus der Kornverteilung ermittelt.

Entnahme	Nr.	d_e	U	C_B	k_s (m/s)
Entnahmestelle D A1-2E Nov. 2001	TM 2	0,25	5,3	0,008888	$0,56 \cdot 10^{-3}$
	TM 3	0,06	5,2	0,008939	$3,55 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 18: Ermittlung k_s -Wertes aus der Kornverteilung

Table 18: Soil characteristics at D A1-1, including the k_s -values from the particle-size distribution

2.7 Auswertung der Bodenparameter in der Ausleitungsfläche
Standort D A2-1

2.7.1 Darstellung des Bodenaufbaus der Profilgruben und Schlagstockbohrungen

Die Gegenüberstellung der einzelnen Profile erlaubt einen guten Einblick über den Bodenaufbau in der Ausleitungsfläche.

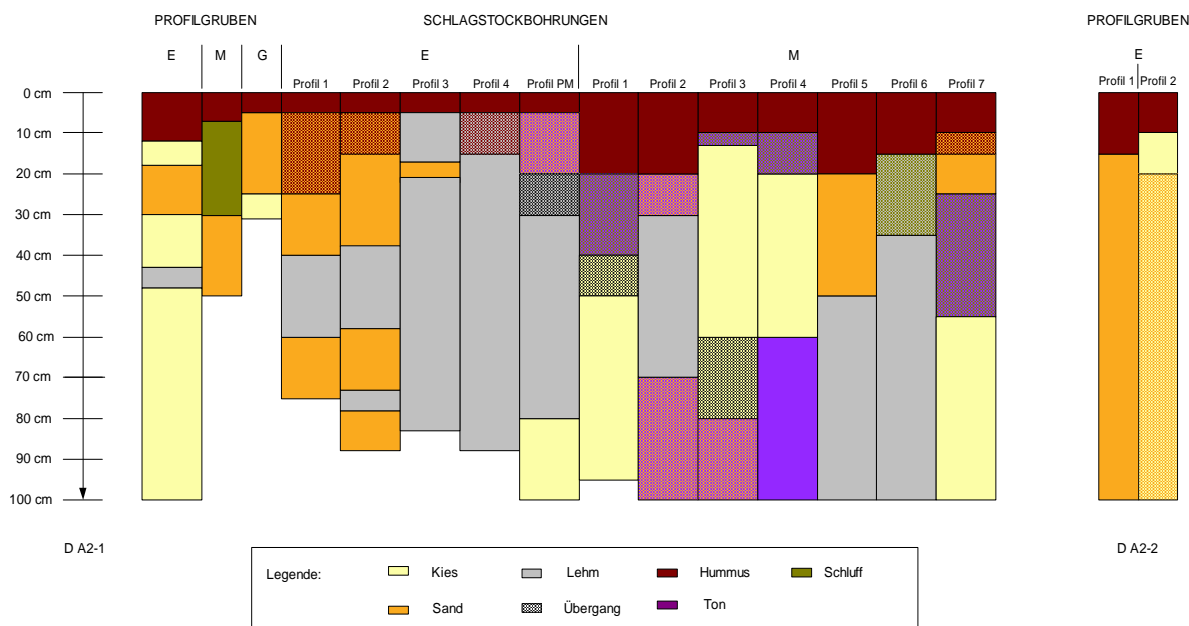


Abbildung 15: Gegenüberstellung Bodenaufbau an Erhebungsstandorten auf D A2-1

Figure 15: Comparison of different soil profiles at position D A2-1

2.7.2 Feldversuch

2.7.2.1 Infiltrationsversuche in situ

Die Ergebnisse des Infiltrationsversuches an der Ausleitungsfläche D A2-1M sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Feldversuch, August 2002		
Messstelle	Ringinfiltrometer	k_s -Wert [m/s]
D A2-1M	IA	$3,6 \cdot 10^{-5}$
	IB	$8,7 \cdot 10^{-6}$

Tabelle 19: Ergebnisse der k_s -Werte im Feld bei D A2-1M

Table 19: k_s -values from field study at D A2-1M

Diese k_s -Werte sind den oberflächennahen Bodenschichten zuzuordnen.

2.7.3 Laborversuche

2.7.3.1 k_s -Wert-Bestimmung mit aufsteigendem Wasserspiegel

Die Auswertung der k_s -Werte für die einzelnen Entnahmestellen ist im folgenden in tabellarischer Form zusammengefasst:

An diesem Standort konnten in einer Tiefe von 5 - 10 cm und 40 – 45 cm Stechzylinder entnommen werden (Tabelle 20).

Entnahmestelle	Entnahmetiefe unter GOK [cm]	Stechzylinder Nr.	k_s -Wert [m/s]
D A2-1E	5 - 10	44	$8,1 \cdot 10^{-4}$
		378	$1,0 \cdot 10^{-5}$
D A2-1E	40 - 45	24	$1,1 \cdot 10^{-3}$
		253	$6,3 \cdot 10^{-6}$

Tabelle 20: k_s -Wert Auswertung für Entnahmestelle D A2-1E

Table 20: Analysis of k_s -values from extraction point D A2-1E

Die auf der Ausleitungsfläche D A2 gewonnenen Proben deuten auf eine höhere Durchlässigkeit hin. Der Ausreißer in D A2-1E ist auf immer wieder vorhandene, dichtere Zwischenlagen zurückzuführen, da für die Zylinderentnahme, wie bereits vorher ausgeführt, bewusst augenscheinliches Grobkorn vermieden werden muss. Weiters ist anzumerken, dass auch die Korngrößenanalyse im Bereich von 30 – 40 cm einen im Vergleich zu den restlichen Proben einen höheren Feinkornanteil aufweist.

2.7.3.2 Korngrößenanalyse

In der nachfolgenden Tabelle sind die zur Laboranalyse notwendigen Bodenproben, deren Bezeichnung, sowie deren Entnahmetiefe zusammengestellt.

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [cm]	KV im Anhang
Entnahmestelle D A2-1E, Nov 2001		Blatt C
TU 1	20 - 30	
TU 3	50 - 60	
TU 4	30 - 40	
Entnahmestelle D A2-1E, Juli 2002		
Pertisau	20	
Messstelle D A2-1M, August 2002		
IA	5 - 10	
IB	5 - 10	

Tabelle 21: Zusammenstellung der gestörten Proben bei D A2

Table 21: Composition of unstructured soil samples of different soil layers at D A2

2.7.3.3 Bodenart

Bei der Kennzeichnung der Bodenart muss zwischen den Kornfraktionen des Feinbodens (<2 mm) und des Grobbodens (>2 mm) unterschieden werden.

Entnahme	Nr.	Entnahme-Tiefe [cm]	Anhang Blatt	Grobkorn-Anteil [%]	Feinkorn-Anteil [%]
Entnahmestelle D A2-1E Nov. 2001	TU 1	20 - 30	C	83,8	16,2
	TU 3	50 - 60		70,5	29,5
	TU 4	30 - 40		14,1	85,9
Entnahmestelle D A2-1E Aug. 2002	Pert	20		0,0	100,0
Messstelle D A2-1M Aug. 2002	IA	5 - 10		0,0	100,0
	IB	5 - 10		0,0	100,0

Tabelle 22: Verteilung Grobkornanteil/ Feinkornanteil

Table 22: Distribution of coarse and fine sediment

Gehalt des organischen Anteiles im Boden

Für die Proben IA, IB mit ca. 100 % Feinkornanteil wurde im Labor der Gehalt an organischer Substanz im Boden ermittelt (Tabelle 23).

Bodenphysikalische Parametererhebung der Ausleitungsflächen

Proben	Labor Glühverlust %	Kurzzeichen	Bezeichnung*
IA	9,9	h5	sehr stark humos
IB	5,2	h4	stark humos

* Kurzzeichen und Bezeichnung sind aus AG Boden, Bodenkundlichen Kartieranleitung Tabelle 10 entnommen worden.

Tabelle 23: Gehalt der organischen Substanz im Boden

Table 23: Content of organic soil components

Bodenarten des Feinbodens

Für den Feinkornanteil wurden die Bodenproben nach ÖNORM L1050 bestimmt. Die Spalten Ton (T), Schluff (U) und Sand (S) geben die Fraktionsanteile des Feinbodens in % an; diese wurden grob aus beiden Proben unter starker Betonung des Grunddurchganges gemittelt.

Nr.	Entnahme	Entn.-Tiefe [cm]	Bl.	Ton T [%]	Schl. U [%]	Sand S [%]	Bezeichnung der Bodenart nach AG BODEN (1996)
schluffiger Sand uS							
TU 1	D A2-1E	20 - 30	C	3,9	36,9	59,2	mittel schluffiger Sand
TU 3	D A2-1E	50 - 60	C	4,7	46,6	48,7	stark schluffiger Sand
Schluff U							
IB	D A2-1M	5 - 10	C	6,7	86,8	6,5	reiner Schluff
toniger Schluff tU							
Pert	D A2-1M	20	C	11,2	77,4	11,4	schwach toniger Schluff
sandiger Schluff sU							
TU 4	D A2-1E	30 - 40	C	5,2	65,8	29,0	sandiger Schluff
IA	D A2-1M	5 - 10	C	8,2	65,8	26,0	sandiger Schluff

Tabelle 24: Feinkornanteil und Bodenarten nach AG Boden (1994)

Table 24: Share of fine sediment and soil texture according to AG Boden (1994)

Geschätzte k_s -Wert aus den Feinbodenanteil

In der Tabelle 25 sind die k_s -Werte nur für die dafür geeigneten Proben mit einem hohen Feinkornanteil zusammengestellt.

Die laut Bodenkundlicher Kartieranleitung resultierenden Größenbereiche für die Durchlässigkeit, gebildet aus dem k_s -Wert für eine hohe bis sehr hohe effektive Lagerungsdichte und dem für eine sehr geringe bis geringe effektive Lagerungsdichte sind in Spalte 6 eingetragen. Der in der letzten Spalte vermerkte Wert für k_s kennzeichnet den Durchschnittswert aller von der AG BODEN (1996)

analysierten Bodenproben der entsprechenden deutschen Bodenart (beliebiger Lagerungsdichte).

Nr.	Entnahme	Entn.-tiefe [cm]	Bl.	Bezeichnung der Bodenart nach AG BODEN (1996)	ks [m/d]	ks [m/d]
Schluff U						
IB	D A2-1M	5 - 10	C	reiner Schluff	0 - 0,16	0,13
toniger Schluff tU						
Pert	D A2-1M	20	C	schwach toniger Schluff	0,04 - 0,30	0,13
sandiger Schluff sU						
TU 4	D A2-1E	30 - 40	C	sandiger Schluff	0 - 0,22	0,16
IA	D A2-1M	5 - 10	C	sandiger Schluff	0 - 0,22	0,16

Tabelle 25: Bodenarten und Wasserdurchlässigkeit, nach AG Boden (1994)

Table 25: Soil textures and hydraulic conductivity according to AG Boden (1994)

Bodenarten des Grobbodens

Es wurden sowohl die Bodenartenuntergruppen des Feinbodens als auch die des Grobbodens ermittelt. Der Feinbodenanteil wird stets zuerst genannt, der Grobbodenanteil in der Reihenfolge ihrer Anteile siehe Tabelle 26.

Nr.	Entnahme	Entnahmetiefe [cm]	% des Bodenvolumens	Klasse	Bezeichnung
mittel kiesig					
TU 4	D A2-1E	30 - 40	14,1	3	sU,mG3
stark kiesig					
IC	D A2-1M	5 - 10	44,1	4	sU,mG4
sehr stark kiesig					
TU 3	D A2-1E	50 - 60	70,5	5	uS ,gG5
Kies					
TU 1	D A2-1E	20 - 30	83,8	6	uS,gG6

Tabelle 26: Gemengeanteilsklassen des Grobbodens aus AG Boden

Table 26: Share of coarse sediment according to AG Boden (1994)

Errechnete ks-Wert aus dem Grobbodenanteil

In der folgenden Tabelle wurden die Bodenproben mit hohem Grobkornanteil (Tabelle 27) der k_s -Werte aus der Kornverteilung ermittelt.

Entnahme	Nr.	d_e	U	C_B	k_s (m/s)
Entnahmestelle D A2-1E Nov. 2001	TU 1	0,3	3	0,010053	$0,90 \cdot 10^{-3}$
	TU 3	0,01	5,16	-	-

Tabelle 27: Ermittlung k_s -Wertes aus der Kornverteilung

Table 27: Soil characteristics at D A1-1, including the k_s -values from the particle-size distribution

Die Probe TU 3 liegt nicht im Gültigkeitsbereich von der Formel nach Beyer.

2.7.4 Zusammenfassung der Bodenparameter

Ein wesentlicher Parameter für die Beschreibung der Infiltration ist der k_s -Wert, deshalb wurden die Versuchsergebnisse der Ausleitungsflächen in eine charakteristische Beschreibung übergeführt (Tabelle 28).

Tiefe [cm]	D A1-1 k_s [m/s]	D A1-2 k_s [m/s]	D A2-1 k_s [m/s]
5-20	$1,3 \cdot 10^{-6}$ - $3,1 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$ - $1,7 \cdot 10^{-6}$
20-40	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^{-3}$
40-60	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$

Tabelle 28: Zusammenstellung der charakteristischen k_s -Werte

Table 28: Comparison of the characteristic k_s -values

Die Tabelle 28 wurde in 3 charakteristische Schichten aufgeteilt - obere, mittlere und untere Bodenschicht. Die Laboranalysen stellen einen ersten Schritt zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit dar. Die entnommenen Bodenproben weisen auf kein ausgeprägtes Stauverhalten hin, wobei lokale Unterschiede Stauplächen im Gebiet bedingen. Dies könnte eventuell mit einer Vegetationskartierung veranschaulicht werden.

Von entscheidender Bedeutung für die Versickerungsleistung in den Ausleitungsflächen ist als limitierender Faktor die oberste Bodenschicht anzusehen, die generell die kleinsten k_s -Werte aufweist (siehe Tabelle 28). In tieferen Schichten treten jedoch immer wieder feine Einlagerungen auf.

Durch die abschließende Bewertung der Bodenparameter in Verbindung mit einer Geländeaufnahme in Hinblick auf bevorzugte Fließwege (Gräben, etc.) und Vernässungsstellen können Richtwerte für die Versickerungsleistung der Ausleitungsflächen bei gesättigtem Boden ermittelt werden. Diese stellen einen unverzichtbaren Teil der Simulation des Abflussgeschehens dar.

2.7.5 Auswertung der Daten für die Messstation D A2-

Mit der Messstation D A2-1 wurde in den Jahren 2002 und 2003 in der Periode von Juni bis Ende Oktober der Bodenwasserstatus erfasst. Zur Bestimmung des Bodenwasseranteils wurden, wie in Band 2 Punkt 4.3.6 beschrieben, Wassergehaltssensoren (Vitel) und zur Erfassung der Bodenwasserspannung Watermark Sensoren verwendet. Es wurden je Messtiefe jeweils 2 Sensoren gleichen Typs eingebaut, die im Folgenden mit Ost und West bezeichnet sind (Tabelle 1). Sie dienen zur gegenseitigen Kontrolle der Messergebnisse.

Messstation	Sensor	Tiefe (m) Ost	Tiefe (m) West
D A 2-1	Vitel	0,10	0,10
	Watermark		
	Vitel	0,22*	0,23*
	Watermark		
	Vitel	0,45**	0,50**
* Schichtgrenze zw. 25 - 30 cm, deshalb Einbau unterschiedlich			
** hoher Grobkornanteil, daher unterschiedliche Einbauhöhe			

Tabelle 1: Tiefenangaben der Sensoren, Messstation D A 2-1

Messperiode 2002

Die Messreihe im Jahr 2002 beginnt am 10. Juli und endet am 5. November. In der Zeit vom 16. 8. 2002 bis zum 3. 9. 2002 fielen 2 Watermarksensoren, verursacht durch einen Viehbiss an der Stromversorgung, aus. Entgegen der Vereinbarung, wurde kein Zaun errichtet. Betroffen waren die Sensoren Ost in 22 cm Tiefe und West in 23 cm Tiefe. Damit ist auch die Lücke in der Messwertaufzeichnung der Wasserspannung zu erklären.

Wie in den Diagrammen (siehe Anhang) zu sehen ist, ändert sich der Wasseranteil im Laufe der Messperiode 2002 in den oberen Schichten nur geringfügig. Sowohl in 10 cm (Ost, West) als auch in 22 cm (Ost) bzw. 23 cm (West) Tiefe bleibt der Wasseranteil auf einem Wert von ca. 0,40 m³/m³. Zu erklären ist dieser Umstand durch starke Niederschläge und deren gleichmäßige

Verteilung im Beobachtungszeitraum. Die Bodentextur, die in einer geringere Durchlässigkeit des oberen Bereichen des Messprofils resultiert (siehe 2. Zwischenbericht, Seite 40, Tab. 28), ist ein weiterer Faktor. Dadurch ist auch der höhere Wassergehalt und die nicht zu erkennende Schwankung, die normalerweise durch ein Regenereignis verursacht wird, zu erklären. Wohingegen die Schwankungen des Wasseranteils in 45 cm (Ost) bzw. 50 cm (West) Profiltiefe deutlich sichtbar sind. Diese Änderung korreliert sehr gut mit den Niederschlagsereignissen. Der unterste Messpunkt liegt über einer stark kiesigen Schicht, wodurch die Entwässerung gewährleistet ist. Das bei Niederschlag in den Boden eindringende Sickerwasser kann auf Grund der Infiltration nahe der Sättigung von den oberen Sensoren nicht erfasst werden. Bemerkbar wird eine Feuchtefront deshalb erst in der tiefergelegenen Schicht (untere Sensoren). So ist beispielsweise eine längere Regenperiode von Anfang August bis zu einem größeren Regenereignis am 11. 08. 02, eine darauffolgende regenfreie Periode von 5 Tagen und danach wieder einsetzender Niederschlag in der zeitversetzten Wasseranteilsschwankung (Vitelsonde) im Diagramm 1 gut zu erkennen. Die Aufzeichnung des Niederschlags ist in Diagramm 2 zusehen. Die einzige wesentliche Änderung des Wasseranteils in den oberen Schichten könnte durch die Abnahme infolge von Verdunstung verursacht werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Messperiode 2002 durch einen hohen Anteil an Niederschlagstagen und einen eher geringen Teil an niederschlagsfreien Tagen gekennzeichnet ist, kommt dieser Aspekt in der Messwertaufzeichnung kaum zum Tragen. Im Vergleich fielen in derselben Periode des Jahres 2002 in Summe 1150mm und im Vergleichszeitraum des Folgejahres 2003 850 mm Niederschlag.

Betrachtet man nun die Aufzeichnung der Wasserspannung (Watermark) die in 10 cm (Ost, West) bzw. 22 cm (Ost) und 23 cm (West) Tiefe gemessen wurde, so sind kaum maßgebliche Veränderungen zu erkennen. Dieser Aspekt stimmt mit der oben beschriebenen Tatsache überein, dass sich der Bodenwasseranteil in dieser Zone des Bodenprofils kaum wesentlich verändert hat.

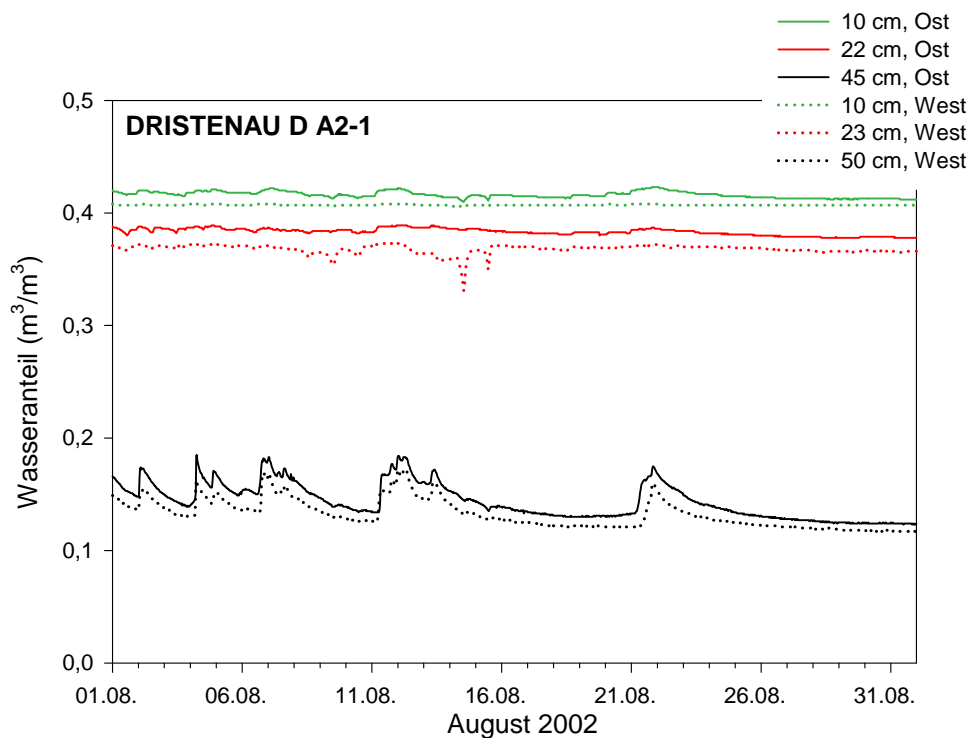


Diagramm 1: Verlauf des Wasseranteils der Messtation Dristenau D A2-1 im August 2002

In Diagramm 2 ist weiters der Ausfall zweier Messsonden in 22 cm (Ost) bzw. 23 cm (West) Tiefe am 16.8.02 durch Viehbiss an der Stromversorgung zuerkennen.

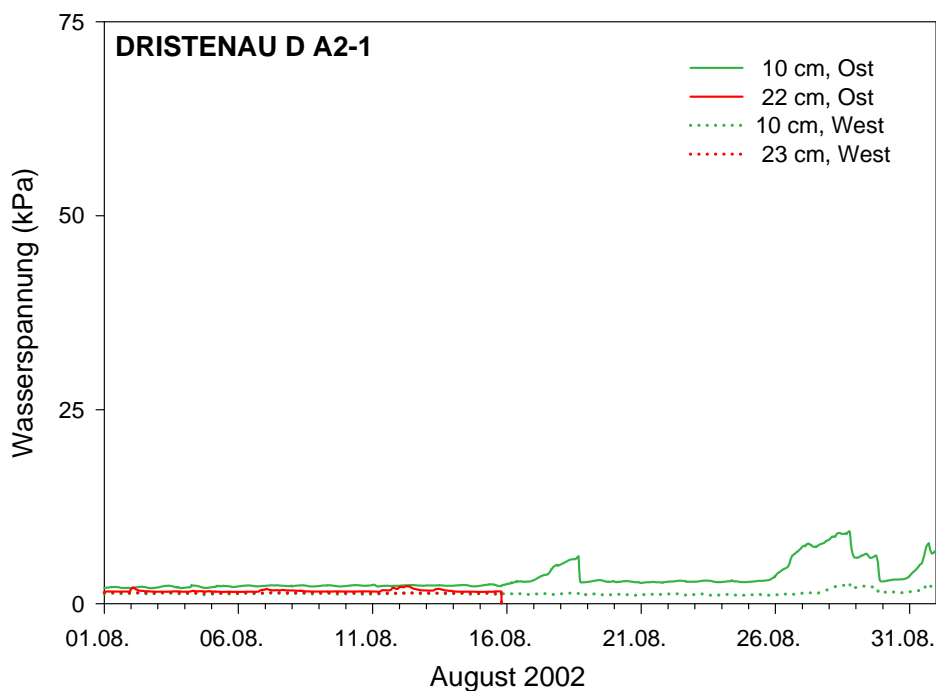


Diagramm 2: Verlauf der Wasserspannung bei der Messtation Dristenau D A2-1 im Zeitraum August 2002

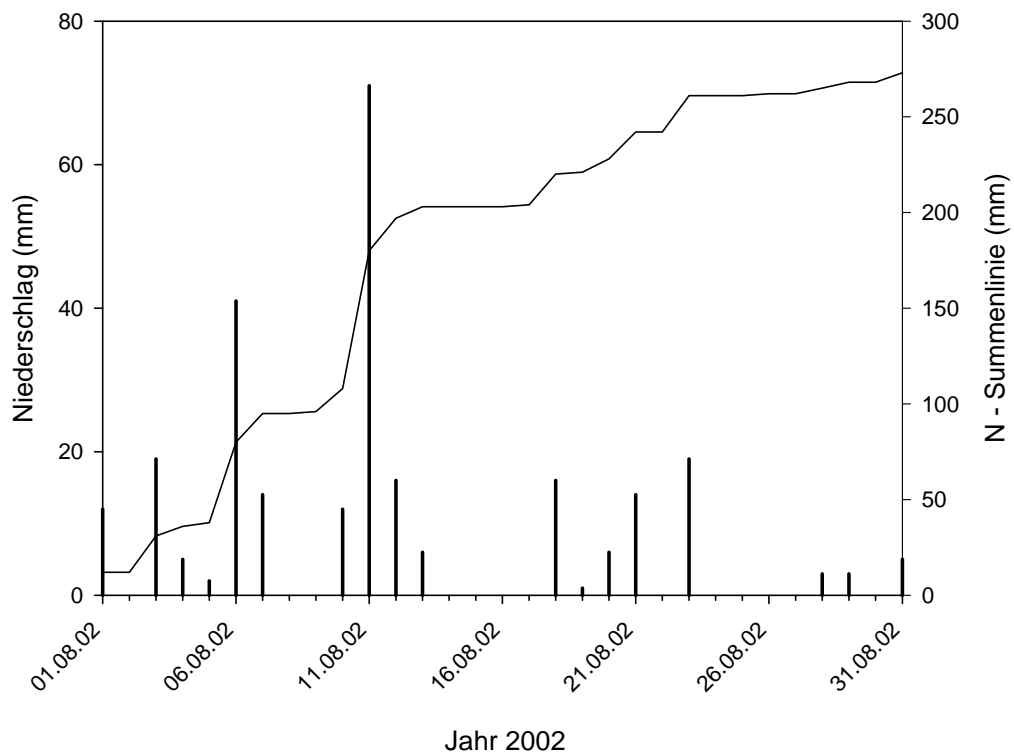


Diagramm 3: Darstellung des Niederschlags im Zeitraum August 2002

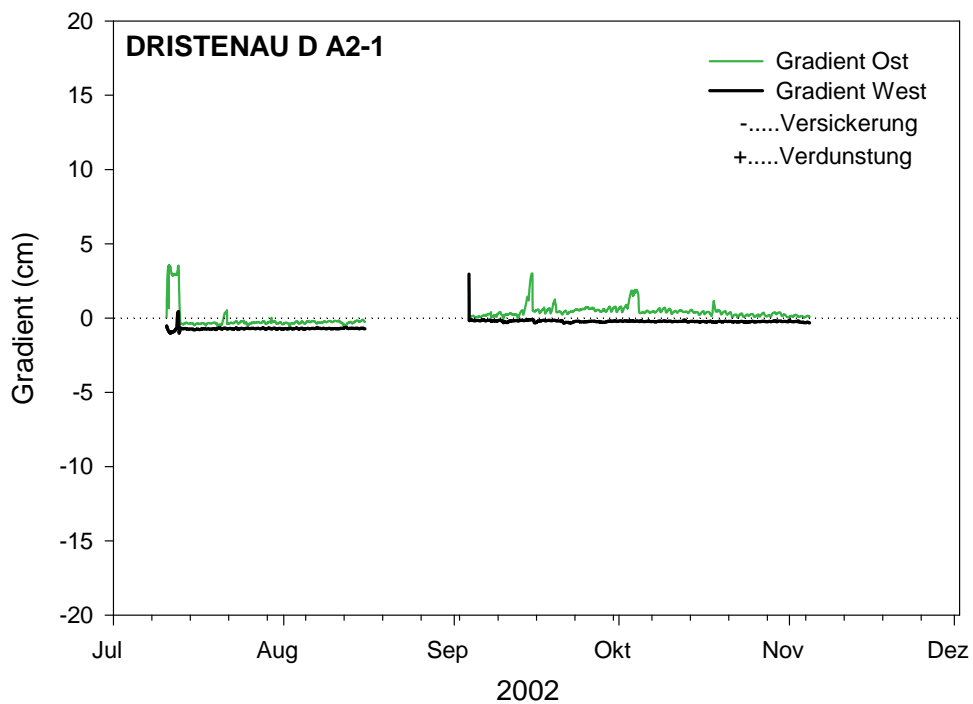


Diagramm 4: Darstellung des Gradienten der Messtation Dristenau D A2-1 im Jahr 2002

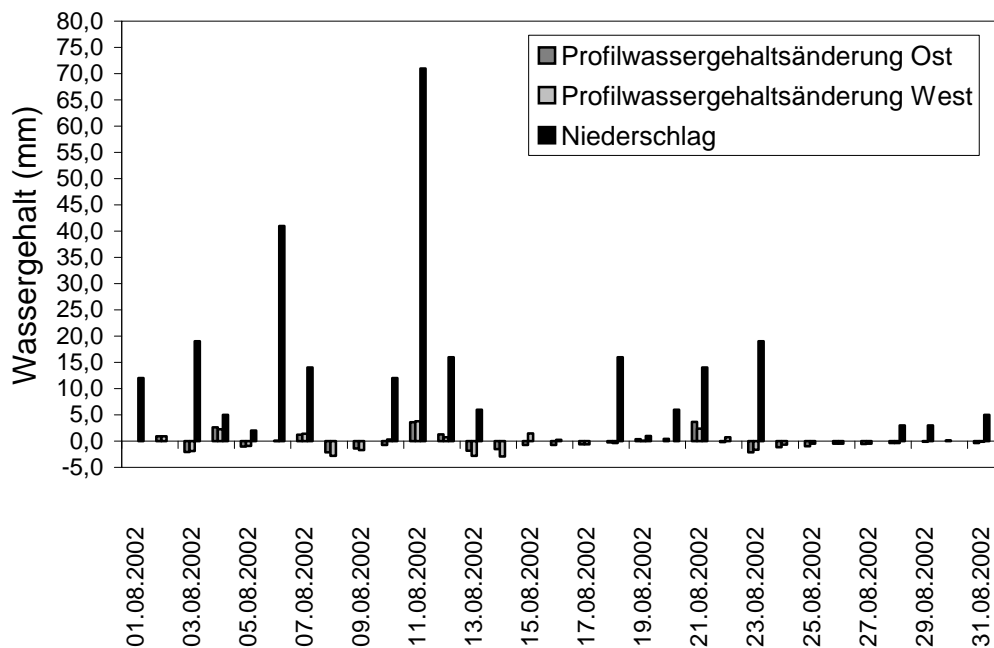


Diagramm 5: Darstellung der Profilwassergehaltsänderung und des Niederschlags der Messstation Dristenau D A2-1 im Zeitraum August 2002

In Diagramm 4 ist der Gradient für die Station Ost und West dargestellt. Dieser wurde aus den Ergebnissen der Wasserspannungsmessungen in 10 cm (Ost, West) und 22 cm (Ost) bzw. 23 cm (West) Tiefe ermittelt. Es ist zuerkennen, dass sich aufgrund der hohen Wassersättigung dieser Profilschichten keinen erkennbaren Änderungen des Gradienten ergeben und sie sowohl für die Station Ost als auch für West bei nahezu Null liegen. Zu erklären ist dieser Umstand wie zuvor beschrieben durch die starke Niederschläge und deren gleichmäßige Verteilung im Beobachtungszeitraum und die Bodentextur. Im Diagramm 5 lässt sich sehr gut die Beeinflussung der Niederschläge auf die Profilwassergehaltsänderung erkennen. Dargestellt ist der Verlauf im August des Jahres 2002. Bei einem Regenereignis nimmt der Profilwassergehalt sowohl bei der Station Ost als auch West zu und nimmt im Gegenzug während regenfreier Tage ab.

Messperiode 2003

Die Messperiode im Jahr 2003 beginnt am 2.06.03 und endet am 6.11.03.

Zu Beginn der Messperiode im Jahr 2003 sind nach einem Blitzschlag am 11.06.03 alle Wasseranteilmesssensoren (Vitel) ausgefallen. 4 Stück Sonden wurden ausgegraben und durch neue Sensoren ersetzt. Ab dem 6.08.03 wurde wieder mit der Aufzeichnung der Wasseranteilmessungen begonnen. Wie leider festgestellt werden musste, konnte die Sonde/West nicht derart ersetzt werden, dass die Messung brauchbare Werte lieferte. Diese Werte wurden daher als fehlerhaft ausgeschieden.

Die Watermark Sensoren waren durch den Blitzschlag nicht beeinflusst und lieferten lückenlose Messwerte (Diagramm 6).

Der Verlauf der Wassergehaltsaufzeichnung zeigt ähnliche Tendenzen, wie im Messjahr 2002. Auch hier ist der Wasseranteil im oberen Bereich des Bodenprofils höher als im unteren Messbereich. Er liegt wiederum bei $0,40 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Im unteren Profilbereich liegt der Schwankungsbereich zwischen $0,15$ und $0,20 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

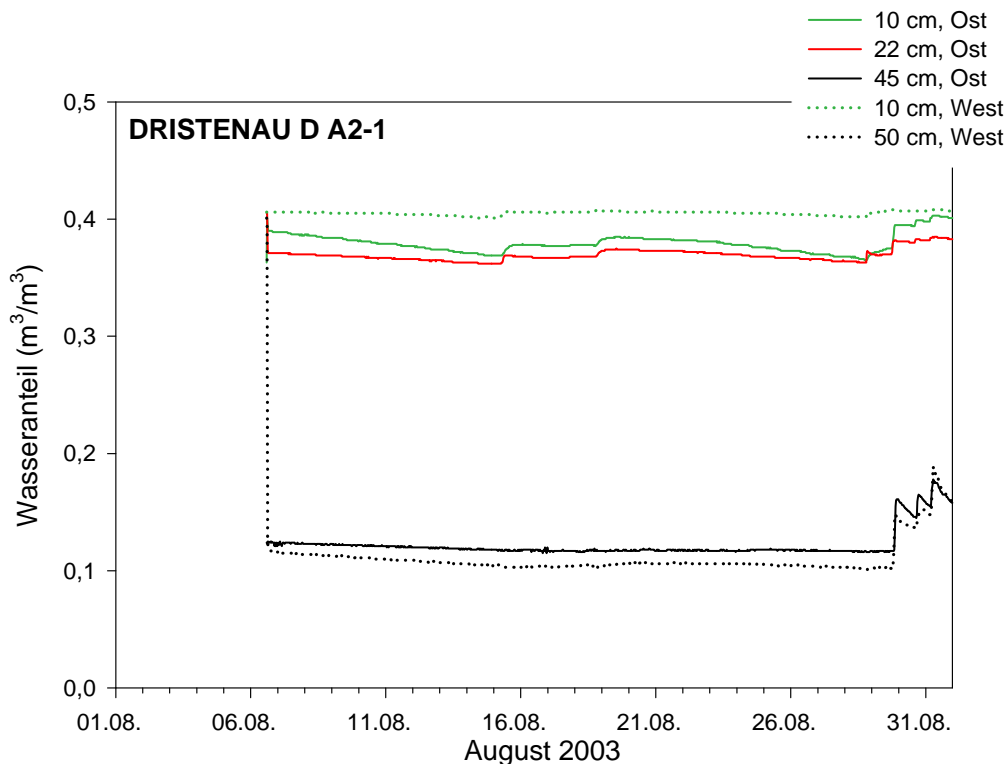


Diagramm 6: Verlauf des Wasseranteil bei der Messstation Dristenau D A2-1 im Zeitraum August 2003

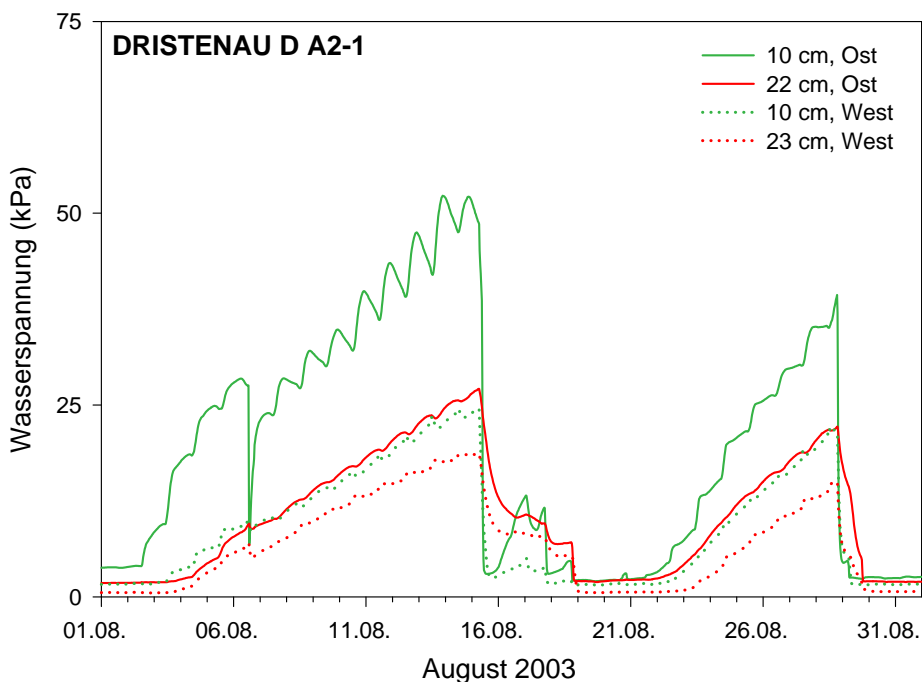


Diagramm 7: Verlauf der Wasserspannung bei der Messstation Dristenau D A2-1 im Zeitraum August 2003

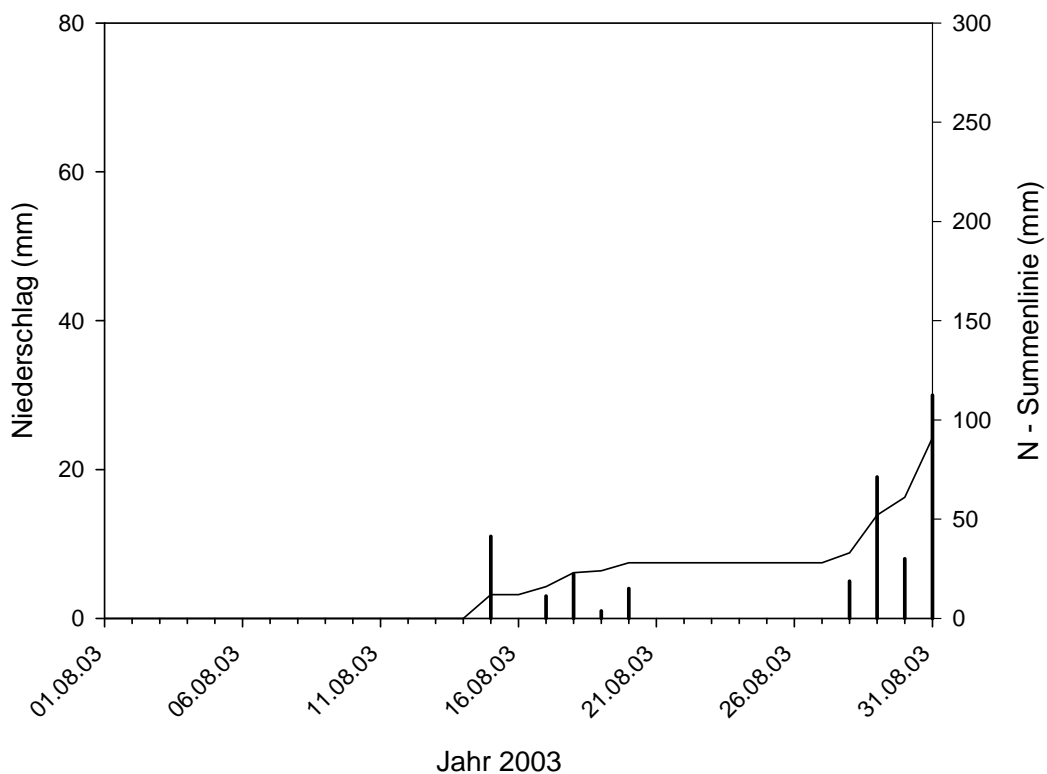


Diagramm 8: Darstellung des Niederschlags im Zeitraum August 2003

Wie aus dem Diagramm 8 für Niederschlag für den Monat August ersichtlich ist, war in diesem Jahr die Häufigkeit und damit auch die Gesamtsumme geringer als im Jahr 2002. Daraus ergeben sich auch die stärkeren Schwankungen des Wasseranteils in den oberen Profilmereichen. Durch die längeren niederschlagsfreien Perioden kam es zur Verringerung des Wasseranteils in diesen Bereichen. Der Wechsel zwischen niederschlagsfreien und Perioden mit Niederschlag ist somit, wenn auch schwach, an den Messwerten der im oberen Profilmereich eingebauten Sensoren, erkennbar. Stärker ausgeprägt sind sie, wie schon für das Jahr 2002 beschrieben, bei den Messwerten der in 45 cm (Ost) bzw. 50 cm (West) eingebauten Sonden. Hier ist wieder die gute Korrelation der Wasseranteilmessungen (Vitel) mit den Niederschlagswerten zu erkennen. Dargestellt ist diese zuvor beschriebene Veränderung im Bodenwasserhaushalt für den Monat August im Diagramm 4. Darin ist auch die Wiederaufnahme der Messung nach dem Ausfall (Blitzschlag) der Sonden am 6.08.03 ersichtlich.

Noch deutlicher sind die trockenen Perioden in der Darstellung des Verlaufs der Wasserspannungsmessungen (Watermark) am Beispiel des Monats August zu erkennen. Im Diagramm 7 ist die Veränderung der Wasserspannung an diesen Tagen im August vor allem im obersten Bodenbereich von einem niedrigen Niveau von knapp 5 kPa auf fast 50 kPa dargestellt. Einerseits zeigt dieser niedrigere Messwert den hohen Sättigungsgrad der obersten Profilmereiche an und andererseits geht aus dem Anstieg hervor, dass es zu einer Wasserverlagerung kommt. Die Ermittlung des Gradienten der Wasserspannung aus den Messungen in den Tiefen 10 cm (Ost) bzw. 22 cm (West) folgt für den August eine nach oben gerichtete Wasserbewegung, d.h. eine Evapotranspiration ist ersichtlich. Eine Zusammenstellung aller Messdaten erfolgt im Anhang.

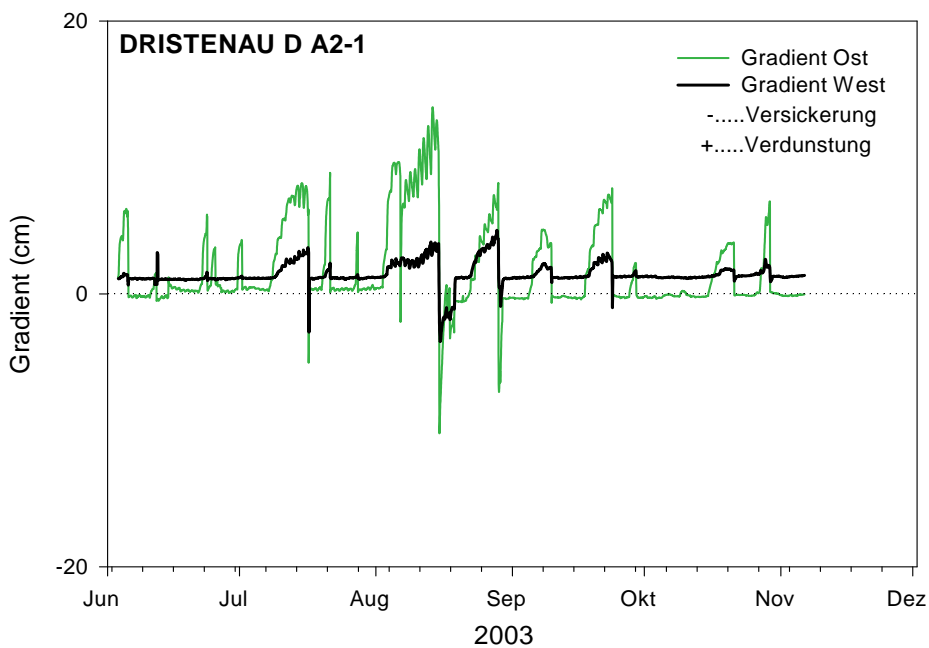


Diagramm 9: Darstellung des Gradienten der Messtation Dristenau D A2-1 im Jahr 2003

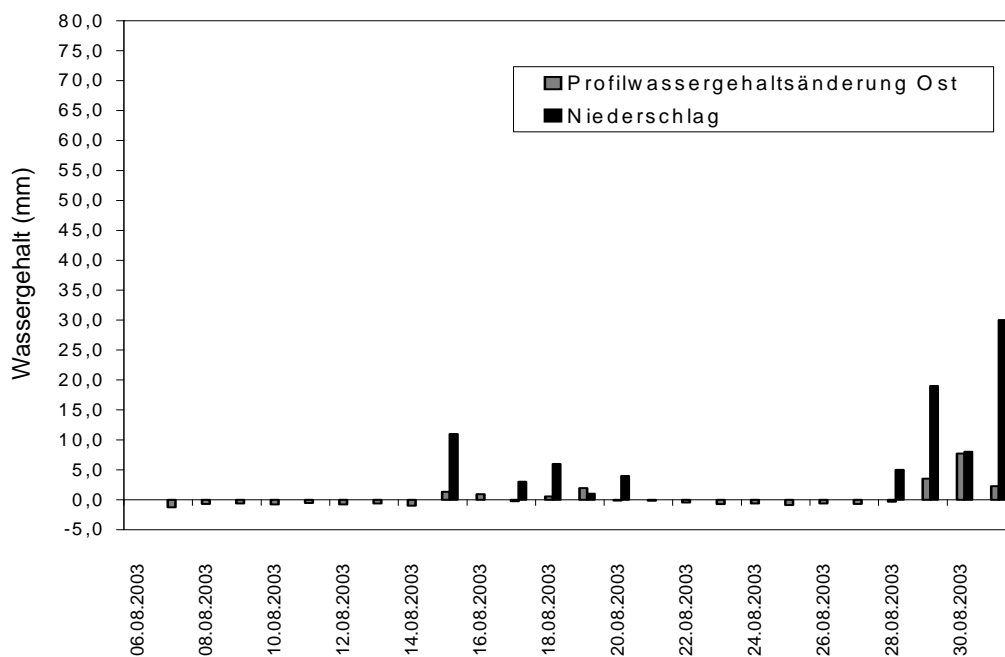


Diagramm 10: Darstellung der Profilwassergehaltsänderung und des Niederschlags der Messtation Dristenau D A2-1 im Zeitraum August 2003

Der im Diagramm 9 dargestellte Gradient zeigt eine deutlich andere Tendenz als der im Jahr 2002 beschrieben. Dieser wurde aus den Messungen der Wasserspannung in 10 cm (Ost, West) und 22 cm (Ost) und 23 cm (West) Tiefe ermittelt. Es sind weit aus größere Schwankungen zu erkennen, die an niederschlagsreichen Tagen einen Wert von $-10,00$ cm und an niederschlagsfreien Tagen einen Wert über $10,00$ cm erreichen. Es herrschen überwiegend Verdunstungsvorgängen vor, die durch die wesentlich geringeren Niederschläge im Jahr 2003 bedingt sind. Der Unterschied des Gradienten der Station Ost und West lässt sich durch die Tatsache erklären, dass die Station West durch Bäume stärker beschattet wird. Die durch die Sonneneinstrahlung bedingten Verdunstungsvorgänge werden daher stark reduziert. Gut zu erkennen ist das trockenere Jahr 2003 im Diagramm 10. Durch die fehlenden Niederschläge ist die Profilwassergehaltsänderung im Monat August zumeist negativ.

2.5.4 Auswertung der Daten für die Messstation (D A 1-1)

Mit der Messstation D A2-1 wurde in den Jahren 2002 und 2003 in der Periode von Juni bis Ende Oktober der Bodenwasserstatus erfasst. Zur Bestimmung des Bodenwasseranteils wurden, wie in Band 2 Punkt 4.3.6 beschrieben, der Wassergehaltssensoren (Vitel) und zur Erfassung der Bodenwasserspannung Watermark Messsensoren verwendet. Es wurden je Messtiefe jeweils 2 Sensoren gleichen Typs eingebaut, die im Folgenden mit Ost und West bezeichnet sind (Tabelle 2). Sie dienen zur gegenseitigen Kontrolle der Messergebnisse.

Messstation	Sensor	Tiefe (m) Ost	Tiefe (m) West
D A 1-1	Vitel	0,10	0,10
	Watermark		
	Vitel	0,30	0,30
	Watermark		
	Vitel	0,48*	0,50*
* hoher Grobkornanteil, daher unterschiedliche Einbauhöhe			

Tabelle 2: Tiefenangaben der Sensoren, Messstation D A 1-1

Messperiode 2002

Die Messreihe im Jahr 2002 beginnt am 10.07 und endet am 5.11.

Wie aus der Aufzeichnung der Messdaten des Wasseranteils (Vitel) zu sehen ist, bewegen sich nur die Messwerte des Sensors Ost in 48 cm Tiefe in einer größeren Schwankungsbreite von 0,10 bis 0,20 m³/m³. Alle anderen Messwerte unterliegen nur geringen Veränderungen. Sie liegen in einem Bereich von 0,40 m³/m³. Zu erklären ist dieser Umstand durch die starken Niederschläge und deren gleichmäßige Verteilung im Beobachtungszeitraum. Die Bodentextur, die in einer geringeren Durchlässigkeit des oberen Bereiches des Messprofils resultiert (siehe 2. Zwischenbericht Tab. 28, S.40), ist ein weiterer Faktor. Dadurch ist auch der höhere Wassergehalt und die daher nicht zu erkennende Schwankung der oberen Bodenschichten, die normalerweise durch ein Regenereignis verursacht wird, zu erklären. Wohingegen die Schwankungen des Wasseranteils in 48 cm (Ost) bzw.

50 cm (West) Profiltiefe deutlich sichtbar sind. Diese Änderungen korreliert sehr gut mit den Niederschlagsereignissen. Der unterste Messpunkt liegt über einer stark kiesigen Schicht, wodurch die Entwässerung gewährleistet ist. Das bei Niederschlag in den Boden eindringende Sickerwasser kann aufgrund der Infiltration nahe der Sättigung von den oberen Sensoren nicht erfasst werden. Bemerkbar wird eine Feuchtfrent deshalb erst in der tieferliegenden Schicht (untere Sensoren) So lassen sich beispielsweise im Diagramm 11 zwischen dem 11.08.02 und dem 1.09.02 zwei regenreichere Tage, zwischen denen mehrere regenfreie Tage liegen, gut im Verlauf der Wasseranteilmessung erkennen. Zwischen den Peaks sinkt der Wasseranteil auf knapp $0,10 \text{ m}^3/\text{m}^3$ kontinuierlich ab, was auf eine Verlagerung des Bodenwassers in tiefere Schichten schließen lässt.

Aus den Aufzeichnung ist zu erkennen, dass im Gegensatz zum Messwert der Sonde Ost in 50 cm, die Sonde West in 48 cm ähnliche Werte anzeigt, wie die Sonden die in den oberen Profildbereichen eingebaut sind. Eine Erklärung dafür ist die inhomogene Horizontierung des Bodenprofils. Die Messsonde liegt vermutlich in einem Bodenbereich der einen ähnlichen Feinkornanteil aufweist wie die oberen Bodenschichten. Damit erklären sich die vergleichbaren Messergebnisse .

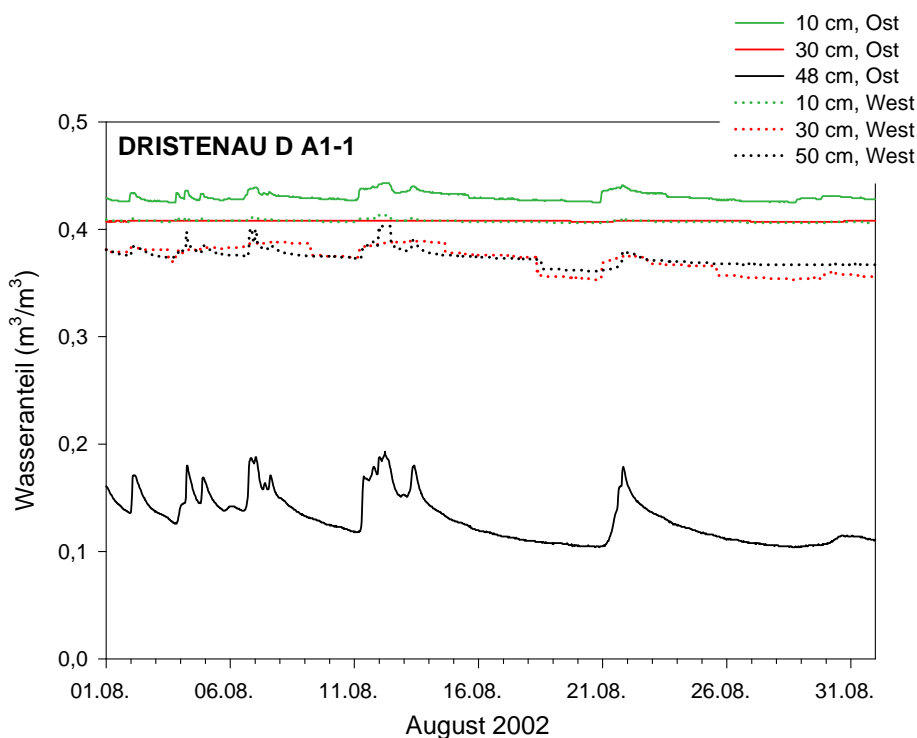


Diagramm 11: Verlauf des Wasseranteils bei der Messstation Dristenau D A1-1 im Zeitraum August 2002

Betrachtet man die Aufzeichnung der Wasserspannung (siehe Diagramm 12), die in 10 cm (Ost, West) bzw. 30 cm (Ost, West) Tiefe gemessen wurde, so sind kaum maßgebliche Veränderungen zu erkennen. Dies stimmt mit der oben beschriebenen Tatsache überein, dass sich der Bodenwasseranteil in dieser Zone des Bodenprofils kaum wesentlich verändert hat. Der Wert der Wasserspannung liegt im Bereich von 1,0 bis 8,0 kPa.

Geringe Veränderungen ergaben sich nur im zuvor beschriebenen Zeitraum vom 11.08.02 bis zum 1.09.02. aufgrund der niederschlagsfreien Periode die von 2 regenreicheren Tagen unterbrochen wird. In der regenfreien Zeit erhöhte sich die Bodenwasserspannung. Diese Erhöhung geht mit der zuvor beschriebenen Verringerung des Wasseranteils einher. Es ist zu beachten, dass nicht alle Sensoren bei Änderung der Wasserspannung an den regenfreien Tagen anspringen und somit keine brauchbaren Ergebnisse liefern. Beispielsweise zeigt die Watermarksonde West in 10 cm Tiefe in der Messperiode 17.08.02 bis 21.08.02 keinen Messwert an, obwohl sich der Wasseranteil des Bodens verringert hat und sich somit auch die Wasserspannung ändert.

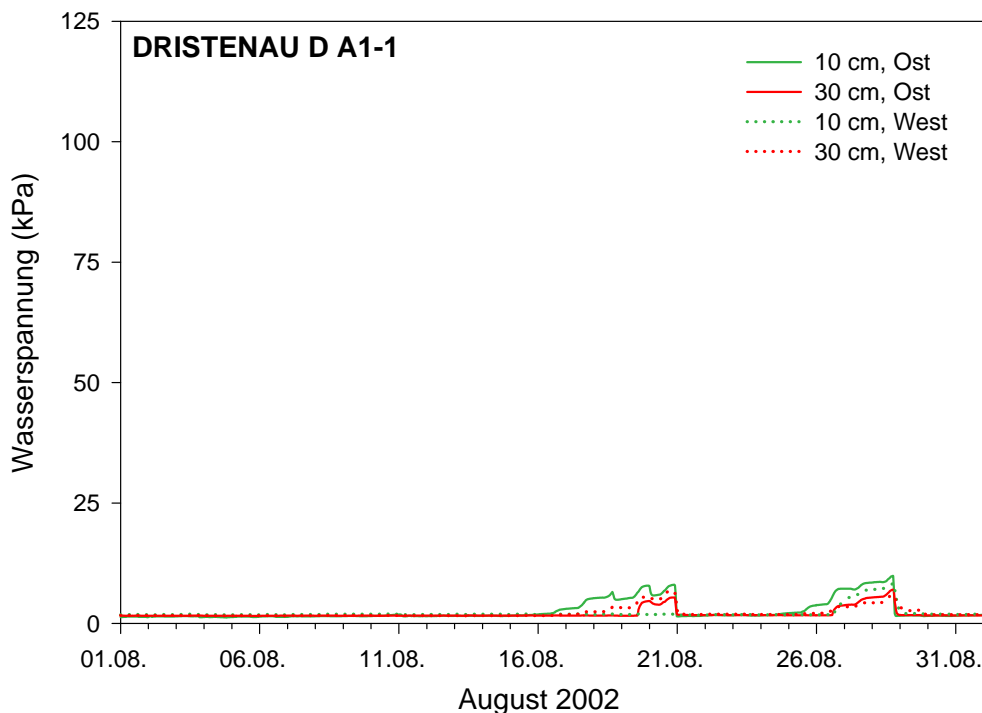


Diagramm 12: Verlauf der Wasserspannung bei der Messstation Dristenau D A1-1 im Zeitraum August 2002

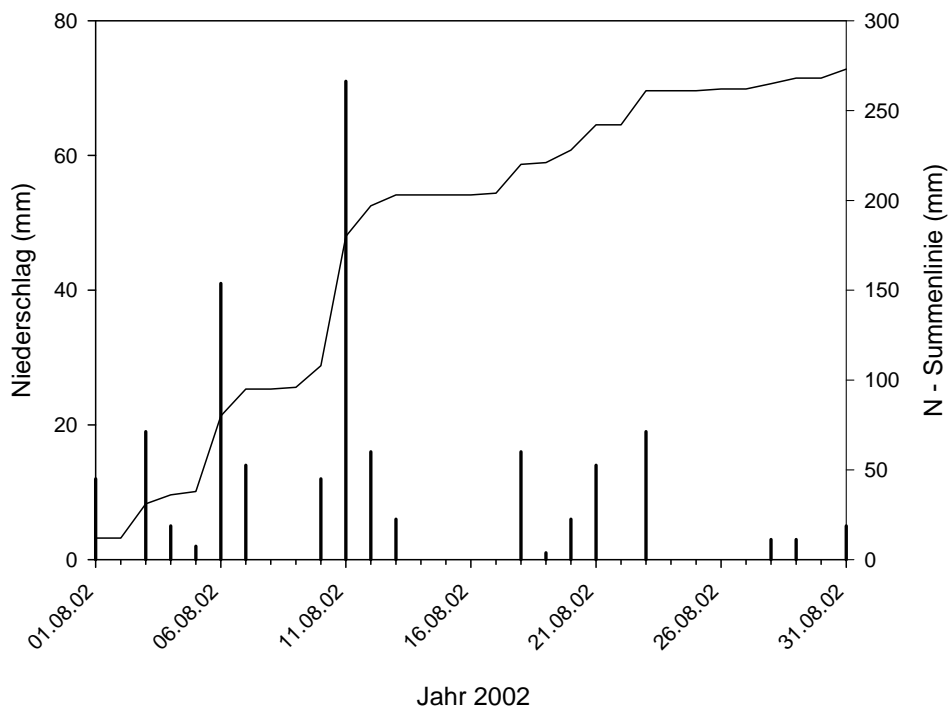


Diagramm 13: Darstellung des Niederschlags im Zeitraum August 2002

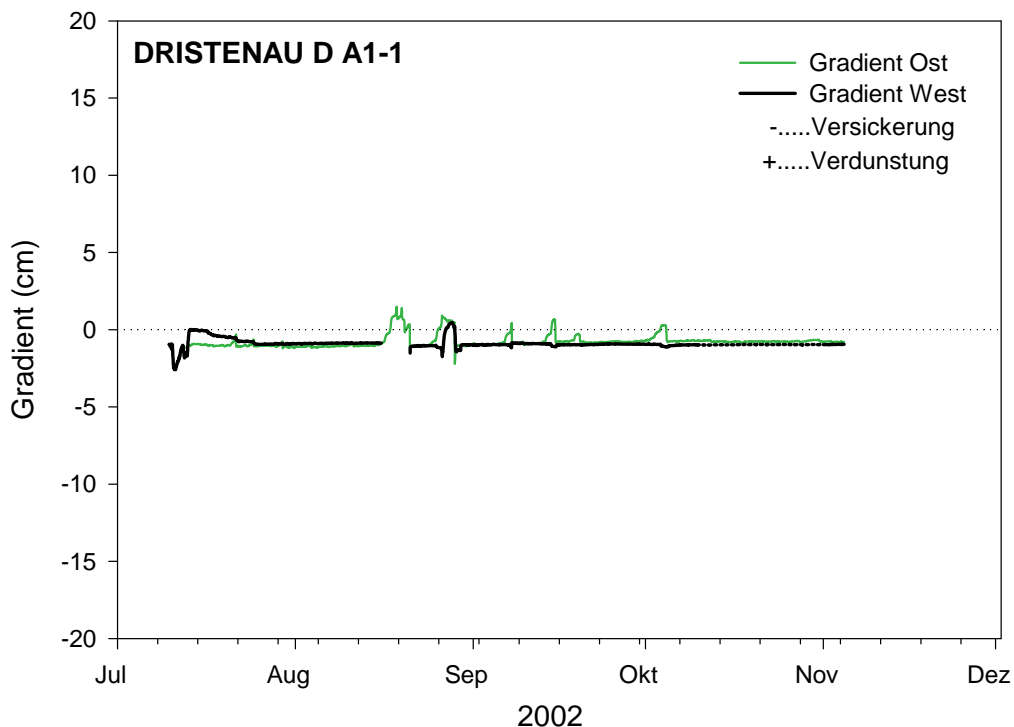


Diagramm 14: Darstellung des Gradienten der Messtation Dristenau D A1-1 im Jahr 2002

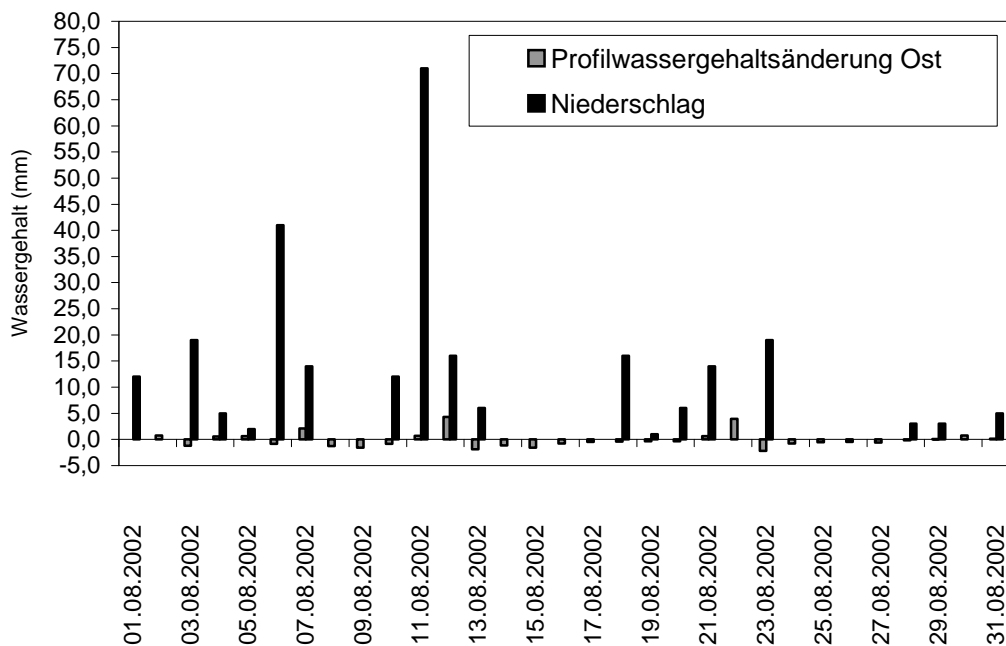


Diagramm 15: Darstellung der Profilwassergehaltsänderung und des Niederschlags der Messstation Dristenau D A1-1 im Zeitraum August 2002

Der in Diagramm 14 dargestellte Gradient für die Stationen Ost und West liegt zwischen dem Werten -0,50 cm und -1,00 cm. Dieser wurde aus den Messungen der Wasserspannung in 10 cm (Ost, West) und 30 cm (Ost, West) ermittelt. Die Werte entsprechen dem Einheitsgradienten, welcher Versickerungsvorgänge anzeigt, die allein durch das gravimetrische Potential bedingt sind. Eine Ursache dafür ist die im oberen Profilbereich höhere Bodendichte und die hohe Wassersättigung dieser Bodenschichten, die bei ca. $0,40 \text{ m}^3/\text{m}^3$ liegt. Im Monat August wird dieser Versickerungsvorgang durch kurze Verdunstungsperioden unterbrochen. Diese kurzen regenfreien Perioden sind auch im Diagramm 15 zu erkennen in denen die Profilwassergehaltsänderung negativ ist.

Messperiode 2003

Die Messperiode im Jahr 2003 beginnt am 2.06.03 und endet am 6.11.03. Diese Periode ist deutlich trockener als die vergleichbare Periode des Vorjahres. Deutlich ist dieser Aspekt in der Darstellung des Wasseranteils zu erkennen. Wie im Diagramm 10 zu sehen ist, sinkt vor allem im August der Wasseranteil in allen Messtiefen signifikant ab. Dieser Umstand ist auf die vom 1.08.03 bis zum 17.08.03 dauernden regenfreien Zeit zurückzuführen. Die Niederschlagsmenge für August ist im Diagramm 16 dargestellt. In Summe fallen bis einschließlich

30.08.03 nur ca. 60 mm. Erst durch ein größeres Niederschlagsereignis Ende August steigt der Wasseranteil über das gesamte Bodenprofil wieder an.

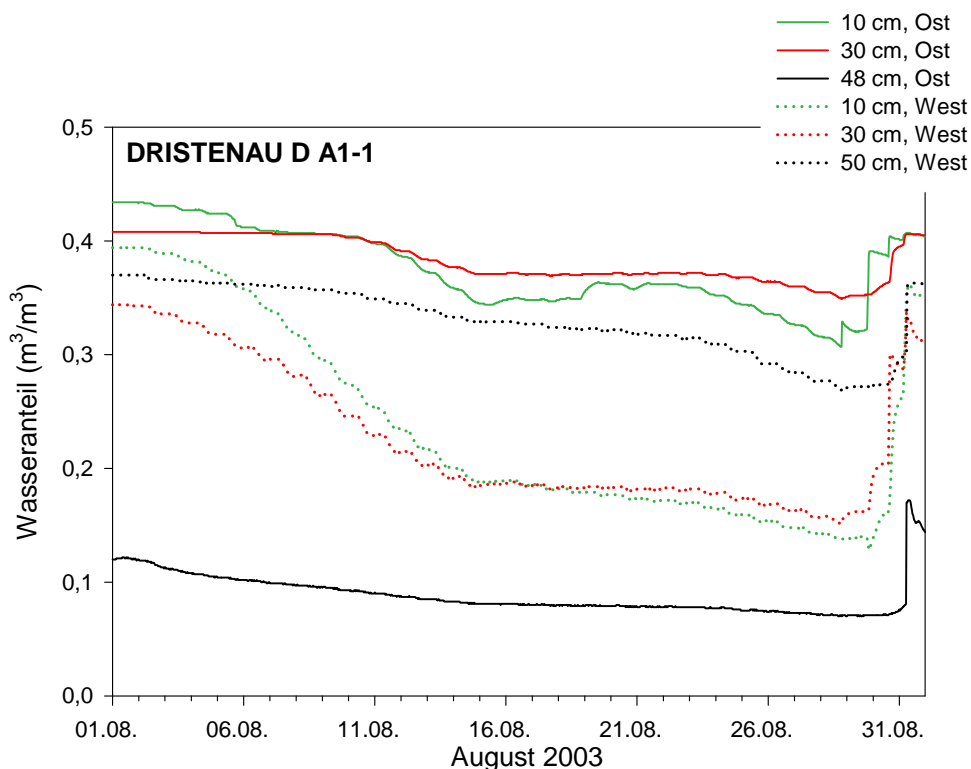


Diagramm 16: Verlauf des Wasseranteils bei der Messstation Dristenau D A1-1 im Zeitraum August 2003

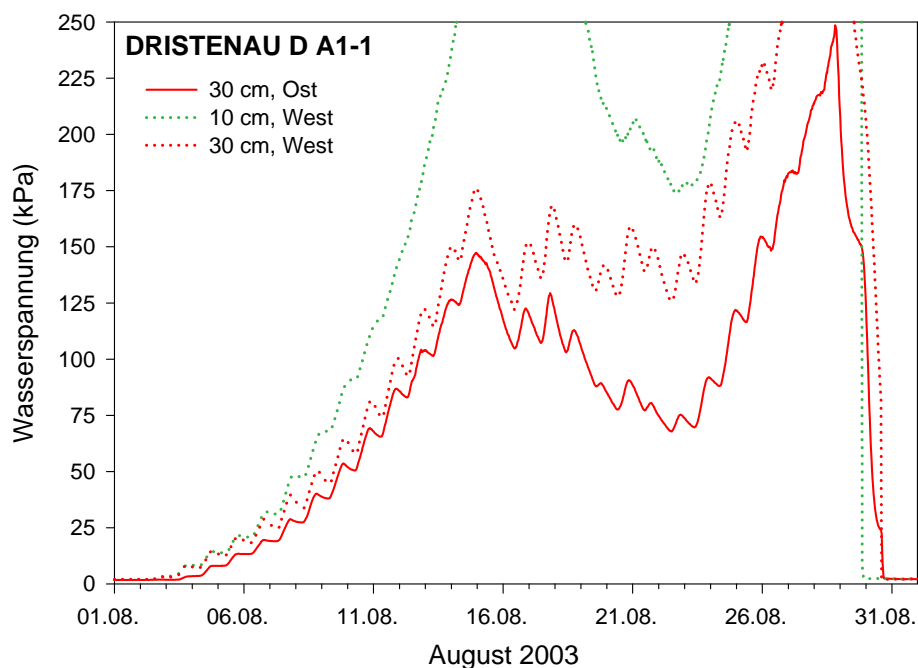


Diagramm 17: Verlauf der Wasserspannung bei der Messstation Dristenau D A1-1 im Zeitraum August 2003

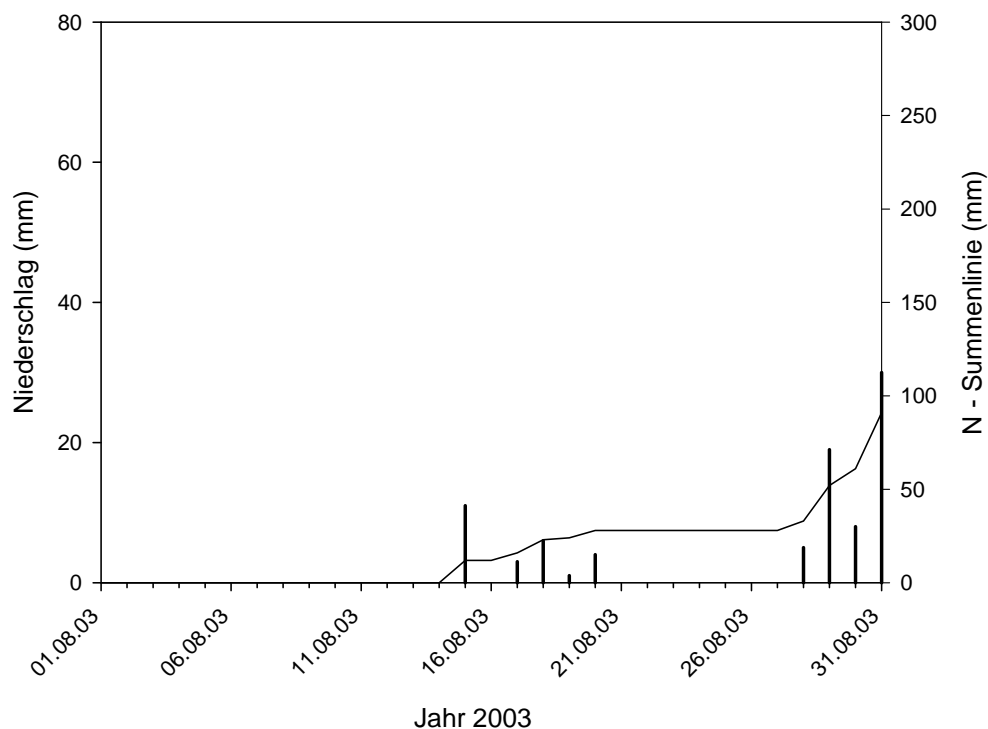


Diagramm 18: Darstellung des Niederschlags im Zeitraum August 2003

In der Darstellung der Wasserspannung ist diese Periode ebenfalls gut ersichtlich. In der Messtiefe 30 cm (Ost) erhöht sich die Wasserspannung beträchtlich von ca. 1,7 kPa auf ca. 250 kPa und in der Messtiefe 10 cm (West) auf über 500 kPa. Wie in Diagramm 17 zu sehen ist, wurde die Darstellung der Messwerte der Messsonde Ost in 10 cm Tiefe aus dem Diagramm herausgenommen. Grund dafür ist ein offensichtlicher Fehler in der Messwertaufzeichnung des Watermarksensors. In den Rohdaten ist ein abruptes Ausscheren aus dem tendenziellen Messwertverlauf zu erkennen. Durch die Aufbereitung der Rohdaten durch Temperaturkompensation und durch die Form der Kalibrierkurve kommt es zu noch extremeren Kurvenausformungen. Eine weitere Ursache für die starke Zunahme der Wasserspannung liegt in der erkennbaren Abkühlung, die auch im Temperaturverlauf gut zu erkennen ist. Ebenfalls wurde die Messreihe für die Vitelsonde Ost in 48 cm Tiefe, wie schon im Jahr 2002, herausgenommen.

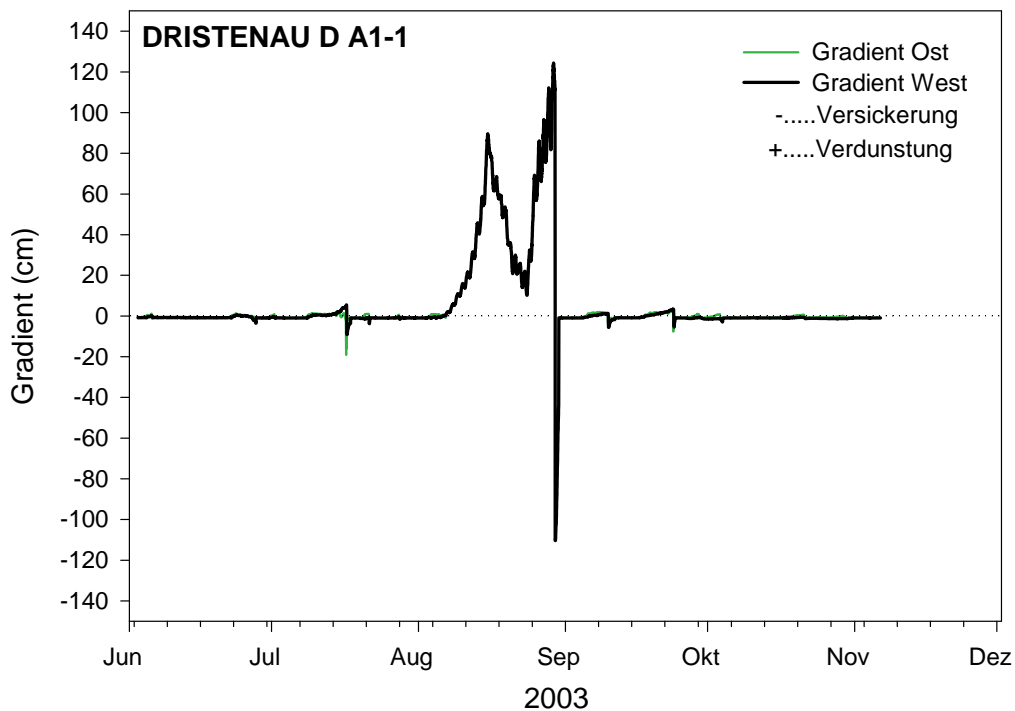


Diagramm 19: Darstellung des Gradienten der Messtation Dristenau D A1-1 im Jahr 2003

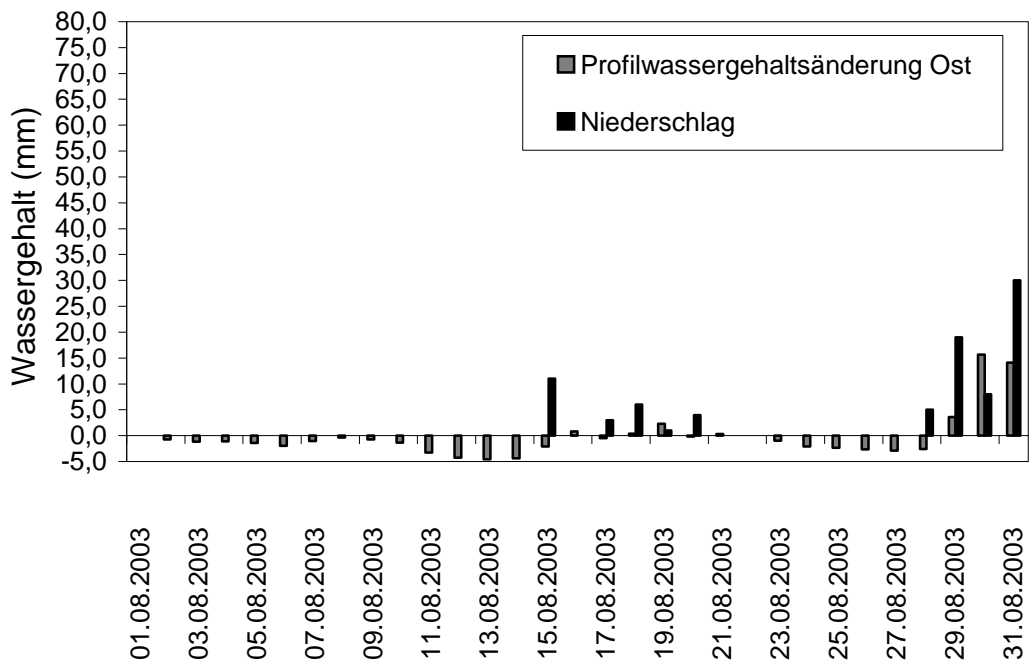


Diagramm 20: Darstellung der Profilwassergehaltsänderung und des Niederschlags der Messtation Dristenau D A1-1 im Zeitraum

August 2003

Sowohl im Diagramm 19 als auch 20 ist die im Monat August niederschlagsfrei Periode deutlich zu sehen. Mit einem höchst Wert von über 120,00 cm zeigt der Gradient die, durch Verdunstung bedingte, aufwärts gerichtete Wasserbewegung an. Der Gradient wurde aus den Messungen der Wasserspannung in 10 cm (Ost, West) und 30 cm (Ost, West) ermittelt. Durch ein Regenereignis am 15. August sinkt dieser kurzzeitig auf 20,00 cm ab und steigt abermals auf den Höchstwert an. Durch die Niederschläge Ende August fällt der Gradient auf einen Wert von ca. -110,00 cm um sich danach auf einen Wert um +/- 0 einzupendeln. Im Diagramm 20 sind diese verstärkten Verdunstungsvorgänge dieser Periode, durch die negativen Profilwassergehaltsänderungen gekennzeichnet.

3 Simulation der Infiltrationsleistung der Ausleitungsflächen

Mit Hilfe einer eigenen bodenphysikalischen Simulation wurde die Infiltrationsleistung der Ausleitungsflächen abgeschätzt. Damit kann eine Zuordnung der Versickerungsleistungen unterschiedlicher Standorte getroffen werden und als zweites können realistische Eingabedaten für die hydraulische Simulation bereitgestellt werden. Als Programm für die Simulation des Infiltrationsvorgangs wurde Hydrus -2D ausgewählt. Als Startwert standen Werte einer automatischen Bodenwasserzustandserfassung zur Verfügung. Die Aufzeichnung der Änderungen des Bodenwasserstatus lieferten erste Anhaltspunkte über das Infiltrationsverhalten. Die Änderung des Wasservolumens ist ein Hinweis über die Speicherkapazität und der Potentialgradient legt die Bewegungsrichtung fest. Die Messungen erlauben zusätzlich auch eine Kalibrierung und Verifizierung der berechneten Ergebnisse. Die Simulationen andererseits ermöglichen auf einfache und rasche Weise eine Beschreibung unterschiedlicher Szenarien, d.h. Änderung einzelner Parameter,

3.1 Beschreibung des Simulationsprogramms Hydrus 2 D

Das Programmpaket wurde von Simunek, J., Sejna, M., and M. Th. van Genuchten zur Simulation 2-dimensionaler Bewegung von Wasser, Wärme und für mehrere gelöste Stoffe in gesättigten und ungesättigten Medien am U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California., entwickelt. Zur Verfügung stand die HYDRUS_2D Software Version 2.0 (1999).

HYDRUS-2D löst numerisch die Richards' Gleichung für gesättigte und ungesättigte Strömungsprozesse und für Wärme- und Stofftransportprozesse die Konvektions-Dispersion Gleichung. HYDRUS-2D kann Strömungsbereiche, die durch die übliche Randbedingungen begrenzt werden bearbeiten. Strömungs- und Transportprobleme können für einen Vertikalschnitt, in einer horizontalen oder rotationssymmetrischen (quasi dreidimensional) Betrachtung berechnet werden.

Ein wesentlicher Parameter für die Berechnung sind die Retentionskurven oder auch als Bewässerungskurven bezeichnet. Diese stellen eine Beziehung zwischen

der Wasserspannung und dem Wasseranteil her. Diese Beziehungen bilden auch die Grundlage für die Beschreibung des kapillaren Leitvermögens. Für die Umrechnung in absolute Werte ist das gesättigte Wasserleitvermögen oder der Durchlässigkeitsbeiwert notwendig. Die für die unterschiedlichen Standorte notwendigen Bodenparameter wurden aus den Feld- und Laborversuchen gewonnen. In Hydrus-2D sind 3 verschiedene analytische Modelle zur Beschreibung der Retentionskurven vorgesehen:

1. Brooks and Corey [1964]:

Verwendet einen Ansatz (Gleichung 1) der zwei Bereiche unterscheidet. Poren werden erst bei Überschreiten des sogenannten Lufteintrittspunkts entwässert und sind daher bis zu diesem Wasserspannungswert gesättigt, der k-Wert entspricht dem entsprechenden Durchlässigkeitsbeiwert.

$$S_e = \begin{cases} \alpha |h|^{-n} & h < -1/\alpha \\ 1 & h \geq -1/\alpha \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{and } K = K_s \cdot S_e^{2/n+1+2} \quad (2)$$

$$\text{mit } S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

- K_s gesättigte hydraulische Leitfähigkeit
- α Kehrwert des Lufteintrittspunktwertes
- n Faktor der Porengrößenverteilung
- l Parameter der Porenverbindung; $l = 2$
- S_e effektiver Wasseranteil
- θ Wasseranteil
- θ_s Sättigungswasseranteil
- θ_r Restwasseranteil

2. Van Genuchten [1980]

Ausgehend von einem Model der statistischen Porengrößenverteilung nach Mualem wurde eine kontinuierliche Funktion entwickelt (Gleichung 3).

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + |\alpha h|^n\right]^m} & h < 0 \\ \theta_s & h \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{und } K(h) = K_s \cdot S_e \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m}\right)^m\right]^2 \quad (4)$$

- K_s gesättigte hydraulische Leitfähigkeit
- α Parameter für die Form der Kurve
- n Faktor der Porengrößenverteilung
- l Parameter der Porenverbindung; $l = 0,5$ (Mualem, 1976; durchschnittlich für viele Böden)
- m abhängiger Parameter; $m = 1-1/n$, $n > 1$
- S_e wie vorher

3. Vogel and Cislérova [1988]:

Verwendet modifizierte Gleichungen von Van Genuchten, um eine flexible Beschreibung der hydraulic properties nahe der Sättigung zu ermöglichen. Dafür wurden noch zusätzliche Parameter hinzugefügt :

- K_k hydraulische Leitfähigkeit bei $\theta_k \leq \theta_s$
- θ_m θ_s wird ersetzt durch ein fiktives extrapoliertes $\theta_m > \theta_s$
- θ_a θ_r wird ersetzt durch ein fiktives extrapoliertes $\theta_a \leq \theta_r$

3.2 Vorbereitende Arbeiten

Um die Heterogenität des Untersuchungsgeländes bestmöglich zu erfassen, wurden Bodenprofile für die Simulation gewählt, die die Streubreite der Versickerungsvorgänge in den Boden abdecken können. Für die Simulation des Infiltrationsvorgangs wurden demzufolge 4 Profile, gemäß den bodenphysikalischen Untersuchungen, mit unterschiedlichen Eigenschaften erstellt. Aufgrund der häufig vorkommenden Wechsel zwischen Bodenschichten mit bis zu 100 % Feinkornanteil und Schichte mit hohem Kiesanteil wurden zu Beginn, zur Feststellung der Stabilität des Programms auf die hohe Bodenvariabilität, Testsimulationen mit Hydrus-2D gerechnet. Die Ergebnisse ergaben teilweise nicht tolerierbare Massenbilanzfehler bei Simulationen, bei denen die k_s -Wertunterschiede zu groß waren, oder auch Systemabstürze. Deshalb wurde der Profilaufbau auf die systembeschreibenden Schichten (2-Schichten) reduziert. Weitere Simulationen ergaben, in Übereinstimmung mit den Felderhebungen, dass die bodenhydraulischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der obersten Bodenschicht das Infiltrationsverhalten des Bodens maßgeblich beeinflussen. Die unteren Bodenschichten wirken als Entwässerungsschicht, dementsprechend ist die Wahl der unteren

Randbedingung von großer Wichtigkeit. Basierend auf diese Erkenntnisse und aufgrund der bodenphysikalischen Untersuchungen (2. Zwischenbericht: Teileinzugsgebiet Dristenau/Bodenphysikalische Erhebungen) wurden 4 verschiedene Bodenprofile ausgewählt (siehe **Tabelle**).

Beschreibung der Bodenprofile für die Simulation

Die Wahl der Bodenprofile erfolgte nach dem Gesichtspunkt, dass die hydraulisch/hydrologischen Eigenschaften möglichst gut abgebildet werden. Mit jedem Bodenprofil wurden 2 Simulationen mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen bezüglich der Bodenwasserspannung durchgeführt. Der Wert der Wasserspannung betrug 0,02 bzw. 0,08 bar. Im Folgenden sind diese Simulationen mit dem Zusatz 20 oder 80 versehen. Die Profile A1-1M und A2-1M entsprechen im Bodenaufbau und in den bodenphysikalischen Eigenschaften den jeweiligen Messstellen in den Ausleitungsflächen D A1 und D A2. Die Profile A1-1 und A2-1Mb wurden nach der Tabelle 28 auf Seite 40 des 2. Zwischenberichts: Teileinzugsgebiet Dristenau/Bodenphysikalische Erhebungen gewählt.

Profil	Schichten [cm]	Bodenart	k_s -Wert [cm/s]
A1-1M	0-10 ID	sU	$5,0 \times 10^{-5}$
	10-30 TI4	U	$1,5 \times 10^{-5}$
	30-40 Rosetta	sT	$4,4 \times 10^{-4}$
A1-1 (Tab.28)	0-20 ID	sU	$2,0 \times 10^{-4}$
	20-40 Rosetta	tS	$4,1 \times 10^{-1}$
	40-60 Rosetta	S	$2,9 \times 10^{-2}$
A2-1M	0-20 IA	sU	$3,6 \times 10^{-3}$
	20-50 Rosetta	tS	$4,1 \times 10^{-3}$
A2-1Mb (Tab.28)	0-20 IA	sU	$3,6 \times 10^{-3}$
	20-50 Rosetta	tS	$1,0 \times 10^{-1}$

Tab: Bodenprofile für die Simulation

¹⁾ k-Werte wurden aus der Kornverteilungslinie mit dem Programm Rosetta Lite v.1.0 (February 1999) ermittelt, alle anderen Werte sind aus Labor oder Feldversuchen.

Beschreibung der Simulation

Die einzelnen Schichten wurden als erster Schritt in der Programmeingabe eingespeichert. Als Beispiel ist der Schichtenaufbau des Bodenprofils A1-1M in **Abbildung** wiedergegeben.

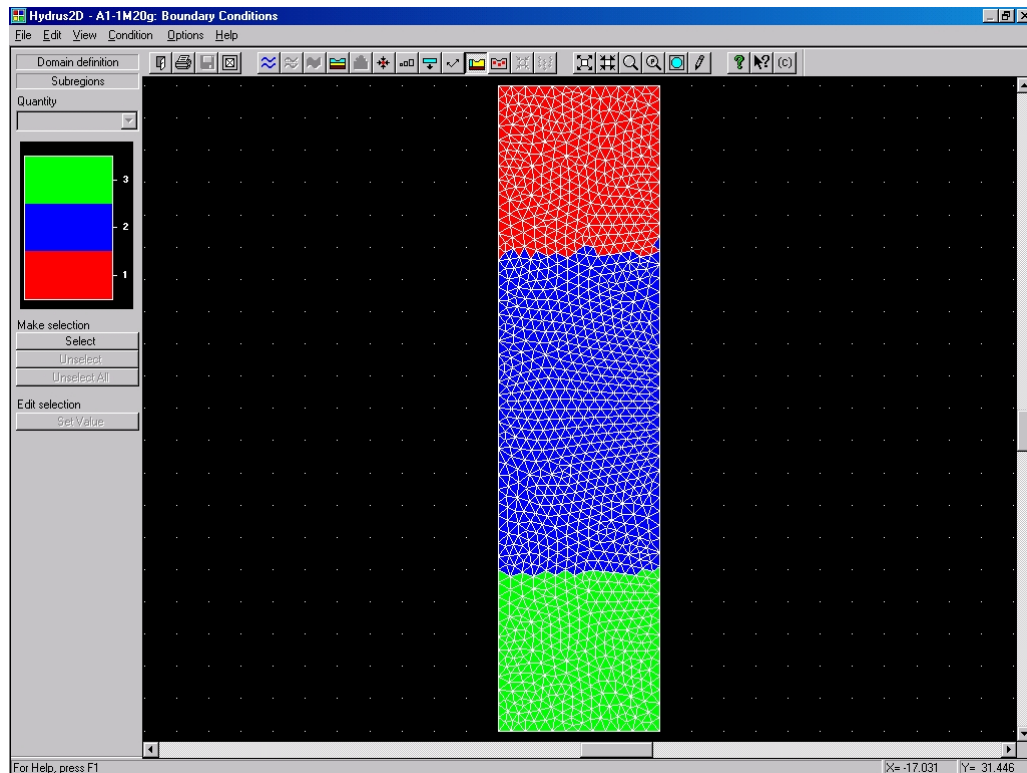


Abb.: Schichtenaufbau und Diskretisierung Bodenprofil A1-1M

Beschreibung der Simulation:

Die Simulationszeit war mit einer Stunde vorgegeben, dies entspricht der angenommenen Dotationszeit. Die Menge die in dieser Zeit zu Versickerung gelangen kann wurde für das jeweilige Profil ermittelt. Für die Durchführung einer instationären Simulation sind sowohl entsprechende Anfangs- als auch Randbedingungen notwendig. Aus den Feldmessungen ergab sich eine relativ geringe Dynamik der Änderungen der Wasseranteile bzw. des Wasserspannungspotentials daher konnte eine einfache Annahme einer konstanten Wasserspannung getroffen werden (**Abbildung**). Als Randbedingungen wurden angenommen:

- a) seitlich undurchlässige Begrenzungen, damit wurde eine vertikale Strömungsrichtung festgelegt,
- b) ein maximaler Überstau war mit 100 mm angegeben und wurde als obere Randbedingung als konstanter Druck realisiert.

c) Als untere Randbedingung wurde eine freie Entwässerung angesetzt. Auf Grund der kurzen Ereignisdauer ist ein konstanter Überstau als ausreichend anzusehen. Die freie Entwässerung ist ein Ergebnis der Interpretation der Messdaten der Bodenwasserstaterhebungen.

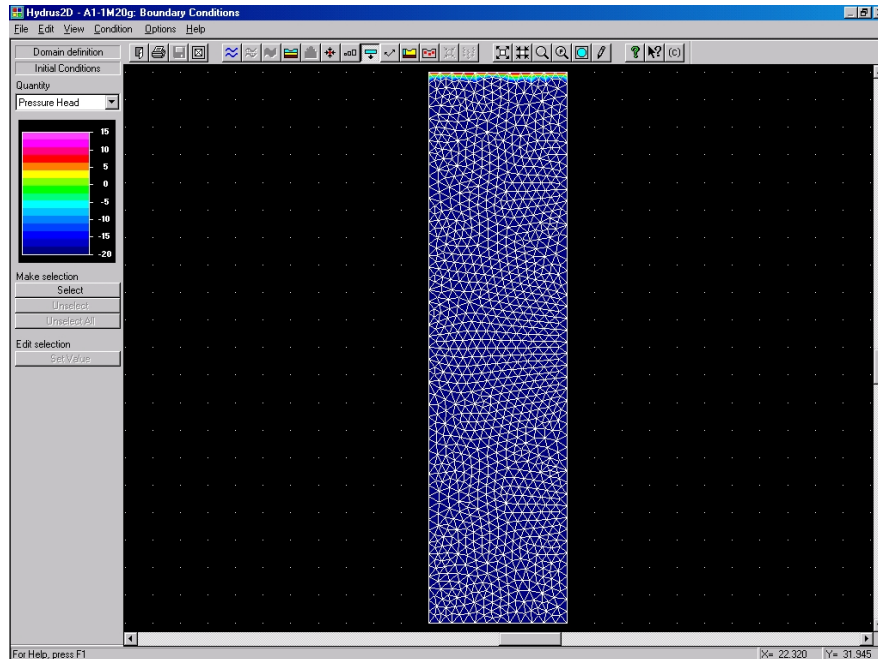


Abb.: Anfangsbedingung des Profils A1-1M

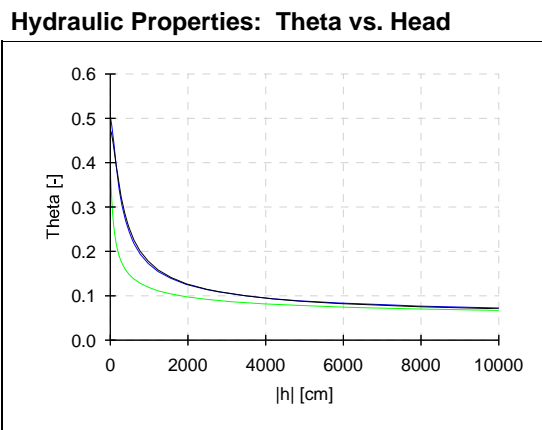
Auf die Wichtigkeit der k-Werte wurde bereits hingewiesen. **Abbildung ??** gibt die Eingabestruktur der Funktionsparameter für die van Genuchten -Beziehung wieder.

	Qr	Qs	Alpha	n	Ks	l
1	0,0455	0,4728	0,005	1,7213	5E-005	0,5
2	0,0465	0,5023	0,0064	1,6899	1,5E-005	0,5
3	0,0387	0,387	0,0267	1,4484	0,000442708	0,5

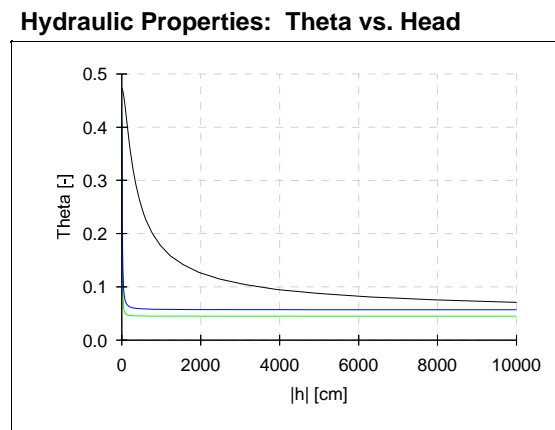
Soil Catalog: Neural Network Prediction: Temperature Dependence:

Buttons: OK, Cancel, Help, Next..., Previous...

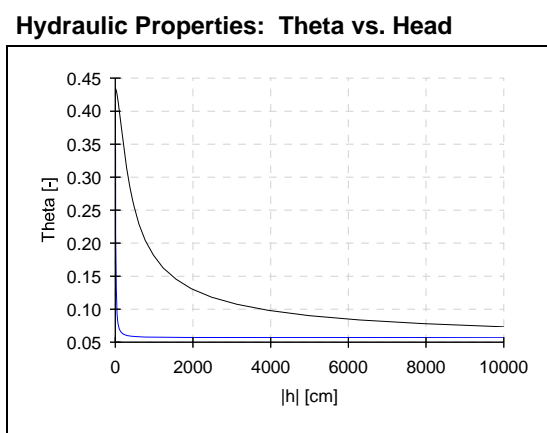
Abb.: Funktionsparameter van Genuchten – Beziehung für Profil A1-1M20
Alle Parameter für die Wasserspannung- Wasseranteilsbeziehung finden sich in **Tabell ??** und der **Abbildung ??**.



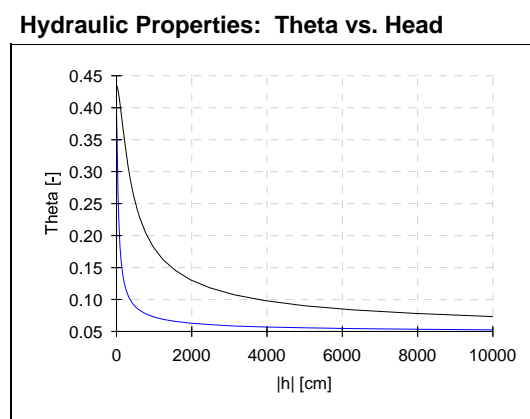
A1-1M



A1-1



A2-1M



A2-1Mb

Abbildung. Funktionsverläufe der Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehungen für die einzelnen Bodenschichten

Profil	Qr	Qs	Alpha	n	k _s -Wert [cm/s]	l
A1-1M	0,0455	0,4728	0,005	1,7213	5,0x10 ⁻⁵	0,5
	0,0465	0,5023	0,0064	1,6899	1,5x10 ⁻⁵	0,5
	0,0387	0,387	0,0267	1,4484	4,4x10 ⁻⁴	0,5
A1-1	0,0455	0,473	0,005	1,721	2,0x10 ⁻⁴	0,5
	0,057	0,41	0,124	2,28	4,1x10 ⁻¹	0,5
	0,045	0,43	0,145	2,68	2,9x10 ⁻²	0,5
A2-1M	0,0475	0,4346	0,0042	1,7221	3,6x10 ⁻³	0,5
	0,057	0,41	0,124	2,28	4,1x10 ⁻³	0,5
A2-1Mb	0,0475	0,4346	0,0042	1,7221	3,6x10 ⁻³	0,5
	0,0485	0,3904	0,0347	1,7466	1,0x10 ⁻¹	0,5

Tabelle ?? Funktionsparameter für die Beschreibung der Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung und des kapillaren Leitvermögens nach van Genuchten.

Ergebnisse

Aus den durchgeführten Simulationen wurden die acht charakteristischsten zur Beschreibung des Infiltrationsverhaltens der Ausleitungsflächen ausgewählt. Die Simulationen A1-1M und A2-1M entsprechen im Schichtaufbau und bezogen auf die bodenphysikalischen Eigenschaften den Bodenprofilen bei den jeweiligen Messstationen in den Ausleitungsflächen A1 und A2. A1-1M wurde als ungünstigster Fall gewählt. Alle 3 Schichten des Bodenprofils weisen einen geringen k_s -Wert von maximal $4,4 \times 10^{-4}$ cm/s auf und der Feinkornanteil der Textur liegt bei über 90%. Für Simulation A1-1 und A2-1Mb wurden Untergrundverhältnisse und k_s -Werte gemäß der Tabelle 28 (S.40) gewählt. A1-1 besteht aus einem 3-schicht Profil und A2-1Mb ist aus 2 Schichten aufgebaut. Diese entsprechen charakteristischen Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Der k_s -Wert der obersten Schicht beträgt bei A1-1 $2,0 \times 10^{-4}$ und bei A1-1Mb $3,6 \times 10^{-3}$ cm/s. Die Durchlässigkeiten der unteren Schichten sind wesentlich höher und liegen bei $4,1 \times 10^{-1}$ bzw. $1,0 \times 10^{-1}$ cm/s. A2-1M stellt wiederum einen günstigeren Fall dar. Das Profil besteht aus 2 Schichten, wobei der k_s -Wert der oberen Schicht $3,6 \times 10^{-3}$ cm/s beträgt.

Für jedes Profil wurden bezüglich der Anfangsbedingung 2 unterschiedliche Wasserspannungssituationen verwendet. Die Wasserspannungsdaten wurden gemäß der Watermarksensor-Messungen mit 0,02 und 0,08 bar gewählt. Diese Werte entsprechen dem kleinsten bzw. größten gemessenen Wert nach Regen- bzw. Trockenperioden. Wie aus den Ergebnissen zu erkennen ist, ergeben sich allerdings keine wesentlichen Unterschiede im Infiltrationsverhalten des Bodens bezogen auf die unterschiedlich gewählten Bodenwasserspannungen (beiliegende Tab.).

Bodenphysikalische Parametererhebung der Ausleitungsflächen

Wasserspannung [bar]			0,02 bar		0,08 bar	
Profil	Schichten [cm] Bodenbezeichnung	ks-Wert [cm/s]	Kum. Infiltration in 1 h [cm]	Kum. Infiltration in 10 Minuten-schritten [cm]	Kum. Infiltration in 1 h [cm]	Kum. Infiltration in 10 Minuten-schritten [cm]
A1-1M 20/80	0-10 sU; ID	$5,0 \times 10^{-5}$	0,2	0,076 0,107 0,133 0,156 0,179 0,2	0,7	0,31 0,43 0,51 0,58 0,63 0,7
	10-30 U; TI4	$1,5 \times 10^{-5}$				
	30-40 sT; Rosetta	$4,4 \times 10^{-4}$				
A1-1 20/80	0-20 sU; ID	$2,0 \times 10^{-4}$	1,67	0,3 0,58 0,85 1,12 1,4 1,67	2,04	0,64 0,94 1,2 1,5 1,77 2,04
	20-40 tS; Rosetta	$4,1 \times 10^{-1}$				
	40-60 S; Rosetta	$2,9 \times 10^{-2}$				
A2-1M 20/80	0-20 sU; IA	$3,6 \times 10^{-3}$	16,2	3,3 6,3 8,9 11,4 13,8 16,2	17,1	3,7 6,75 9,68 12,25 14,7 17,1
	20-50 tS; Rosetta	$4,1 \times 10^{-3}$				
A2-1Mb 20/80	0-20 sU: IA	$3,6 \times 10^{-3}$	30,5	5,1 10,2 15,3 20,36 25,45 30,5	31,05	5,6 10,7 15,8 20,9 26,0 31,05
	20-50 tS; Rosetta	$1,0 \times 10^{-1}$				

Tabelle Kumulative Infiltration, für die gebietsbeschreibenden Simulationen

Die kumulative Infiltration variiert zwischen 0,2 cm/h im Profil A1-1M und 31 cm/h im Profil A2-1Mb. Verglichen mit den ks-Werten der obersten Schichten der Profile, zeigt sich eine signifikante Übereinstimmung. Daraus lässt sich schließen,

dass die oberste Bodenschicht den größten Einfluss auf den Infiltrationsvorgang hat. Aufgrund der großen Variabilität der Infiltrationsraten und der Heterogenität der Bodenschichten des Untersuchungsgebiets, muss eine prozentuelle Zuordnung der Simulationsprofile an der gesamten Ausleitfläche ermittelt werden, um eine Aussage über die durchschnittliche Infiltrationsleistung des Gebiets treffen zu können.

Weiteres ist zu erkennen, dass die Infiltrationsrate bei den Profilen A1-1, A2-1M und A2-1Mb linear über die Simulationsperiode von 60 Minuten verläuft. Einzig beim Profil A1-1M ist die Infiltrationsrate in den ersten 10 Minuten höher um danach abzunehmen und linear weiterzuverlaufen (Abbildungen ??).

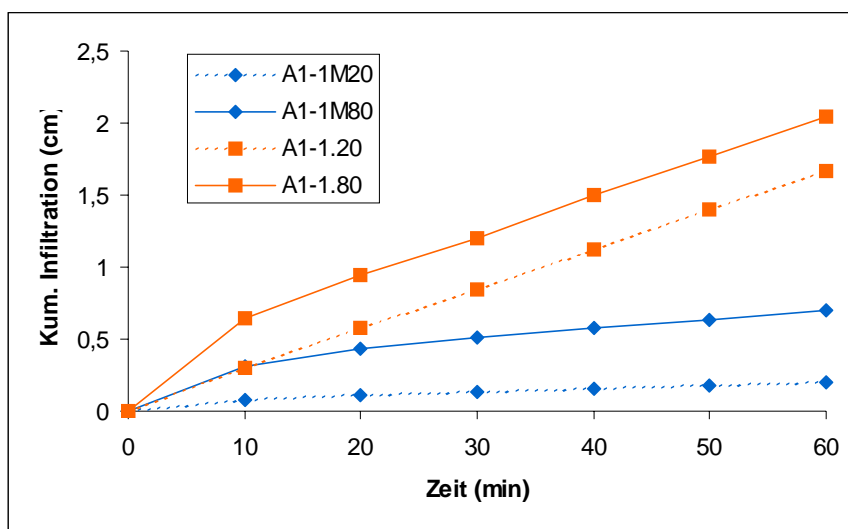


Abb.: Infiltrationsverlauf für Profilen A 1-1M und A 1-1; Simulationsdauer 1 Stunde

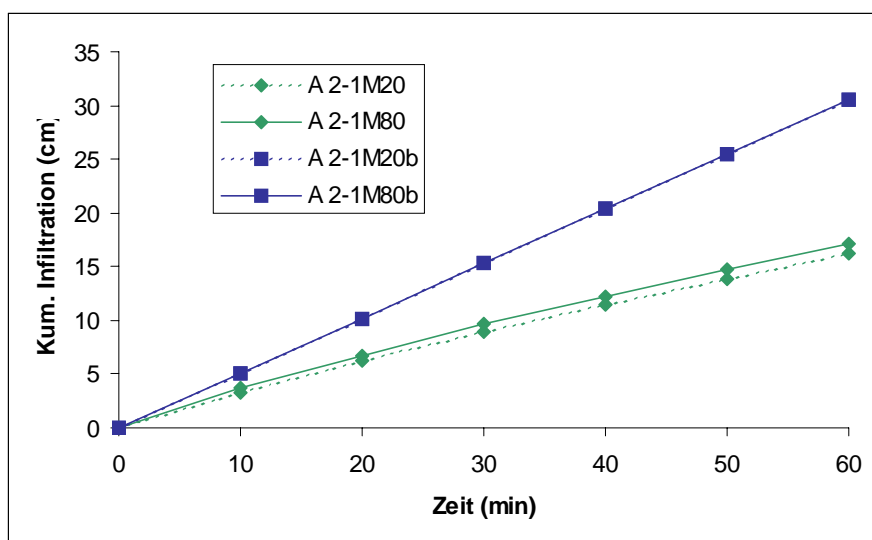


Abb.: Infiltrationsverlauf für Profilen A 2-1M und A 2-1Mb; Simulationsdauer 1 Stunde

Schlussfolgerung

Aus den Feldmessungen und den Laborversuchen konnten genügend Daten für eine erfolgreiche Simulation zur Verfügung gestellt werden. Die unterschiedlichen Szenarien sollen typische Standorteigenschaften in den Ausleitungsflächen wiedergeben. Kleine Infiltrationsraten repräsentieren die auch im Gelände wahrnehmbaren Vernässungsflächen. Das andere extrem sind Stellen mit relativ hoher Infiltrationskapazität. Die Simulation ergab, bei einer Gleichgewichtung der den Profilen zugeordneten Flächen für die Ausleitungsfläche A1 eine Infiltrationsleistung von ca. 1 cm/h und für die Infiltrationsfläche A2 einen Wert von ca. 25 cm/h. Die Vernässungsstellen sind allerdings nicht für die halbe Ausleitungsfläche repräsentativ. Das Gleiche gilt für die Flächen mit sehr hoher Kapazität. Außerdem können die der Simulation zu Grunde gelegten Profile auch auf den beiden Standorten vertreten sein. Für die erfolgreiche Abminderung der Hochwasserspitze ist auch nicht die punktuelle Versickerung maßgebend, sondern die potentielle Versickerungsleistung der Gesamtflächen die zur Ausleitung herangezogen werden. Weiters ist für die hydraulische Simulation ein repräsentativer Wert als Eingabeparameter gefragt.

Die Ausleitungsfläche D-A1 umfasst eine Fläche von 0,076 km² und die Ausleitungsfläche D-A2 beträgt 0,287 km². Beide Flächen befinden sich auf der orografisch linken Bachseite. Nimmt man die Größe der Fläche als Gewichtungsmaß so folgt ein durchschnittlicher Wert von 20 cm/h. Mit einem gewissen Sicherheitsabminderung (80% der Fläche nehmen am Strömungsgeschehen teil), der durch eine genaue Flächenzuordnung verbessert werden kann ist für die hydraulische Berechnung eine Infiltrationsleistung in der Größenordnung von 16 cm/h anzusetzen.

Durch die Simulation in Verbindung mit der Erfassung des Bodenwasserstatus konnte gezeigt werden, dass in fast allen Bereichen der Ausleitungsflächen eine obere die Infiltration begrenzende Schicht vorhanden ist. In tieferen Schichten ist eine gute Entwässerung gegeben. Die Anfangsbedingungen spielten eine untergeordnete Rolle, die Infiltration erreichte sehr rasch den Wert, der gesättigten Bedingungen entspricht.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass durch die umfangreichen bodenphysikalischen Erhebungen in Verbindung mit der Simulation der Infiltration ein guter Einblick in die Bodenwasserdynamik gewonnen und realistische Annahmen für die hydraulische Simulation bereitgestellt werden konnten.

Literaturverzeichnis

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Hannover 1
- AMOOZEGAR, A. & WARRICK, A.W. (1986): Hydraulic Conductivity of Saturated Soils: Field Methods, S.735 - 768, in A. KLUTE, Editor: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, Second Edition, American Society of Agronomy, Inc.; Soil Science Society of America, Inc.; Madison, Wisconsin USA;
- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- BECHTELER, W. & HARTMANN, S. & OTTO, A. J. (1993): Coupling of 2D- and 1D-models and integration into geographic information systems. Advances in Hydro-Science and -Engineering, Volume I.
- BEFFA, C. (2002): Integration ein- und zweidimensionaler Modelle zur hydrodynamischen Simulation von Gewässersystemen. Beitrag zum Int. Symposium 'Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau'. 7.-9. Oktober 2002, VAW ETH Zürich.
- BOLLRICH, G. (2000): Technische Hydromechanik: 1. Grundlagen. 5., veränd. Aufl., Verl. Bauwesen, Berlin.
- FEHR, R. (1987): Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen – Umrechnung und Vergleich von verschiedenen Analyseverfahren. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 92, ETH-Zürich.
- FTD f. WLW, GBL. WESTL. UNTERINNTAL (2001): Technischer Bericht zum Pletzbach: Verbauungsprojekt 2001.
- HABERSACK, H. (1995): Praktische Anwendung der HEC-Software. ÖWAV „Seminar Mathematische Modellierung offener Gerinne“. Bd. 17, Konstruktiver-Landschaftswasserbau, TU-Wien.
- HEY, R.D. (1979): Flow resistance in gravel-bed rivers. Journal of the Hydraulics Division, 105, No. HY4: 365 – 379.
- IHRINGER, J. & BEELITZ, W.-D. & GÜNTHER, Ch. & KRON, W. (1988): IHW. Softwarepaket für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Anwenderhandbuch,

- Bd. 1: Hochwasseranalyse. Inst. Für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Univ. Karlsruhe (TH), Karlsruhe.
- JARRETT, R.D. (1984): Hydraulics of high-gradient streams. Proc. Of the Am. Soc. Of Civil Eng., Journal of the Hydraulics Division, 110, Nr. 11: 1519 – 1539.
- KELLERHALS, R. & BRAY, D.I. (1971): Sampling procedures for coarse fluvial sediments. Proc. of the Am. Soc. of Civil Eng., Journal of the Hydraulics Division, Nr. 8: 1165 – 1180.
- LEOPOLD, L.B. (1970): An improved method for size distribution of stream bed gravel. Water Resources Research, 6, Nr. 5: 1357 – 1365.
- LINDNER, H. & BRAUER, H. & LEHMANN, C. (1998): Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik. 7., völlig neu bearb. Aufl., 109 Tab.; Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, München, Wien.
- MEYER-PETER, E. & MÜLLER, R. (1948): Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebes. Mitt. aus der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau, Nr. 16, ETH-Zürich.
- NOLL, H.-H. & KRAMER, C. (1996): Umweltberichterstattung und Umweltindikatoren. In: Diekmann, A. & C.C. Jaeger (Hrsg.): Umweltsoziologie. Kölner Zeitschrift für Soziologie und soziale Psychologie, SH 36, Westdt. Verlag, Köln: 516-547.
- ÖNORM L 1061 (1993): Physikalische Bodenuntersuchungen. Bestimmung der Korngrößenverteilung des mineralischen Feinbodens. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM L 1050. 1988. Boden als Pflanzenstandort – Begriffsbestimmungen, Untersuchungsverfahren, Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- ÖNORM L 1066. 1988. Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Versickerungsintensität mittels Doppelzylinder-Infiltrometer, Wien: Österreichisches Normungsinstitut
- PROFFITT, G.T. (1980): Selective transport and armoring of non-uniform alluvial sediments. Univ. of Canterbury, Dep. of Civil Eng. Christchurch, New Zealand; Research Report 80/22, Dissertation.
- RENNINGS, K. (1994): Indikatoren für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Materialien zur Umweltforschung 24, Metzler-Pöschel.
-

- RUDOLF-MIKLAU, F. (2001): Untersuchungen an kohäsionslosen Sedimenten in kalkalpinen Wildbächen der Steiermark (Österreich): Beiträge zur Untersuchung der Fazies und des Kornspektrums von Wildbachsedimenten für ingenieurpraktische Fragestellungen am Beispiel von Einzugsgebieten der steirischen Kalkalpen. Diss. am Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, Univ. Bodenkultur, Wien.
- SCHRÖDER, R.C.M. (1990): Hydraulische Methoden zur Erfassung von Rauheiten – Bestimmung von Rauheiten. DVWK, Schriften 92; Verlag Pauley, Hamburg, Berlin.
- SKOLAUT, C. (2002): e-mail vom 22.05.2002.
- SUZUKI, K. & HANO, A. (1992): Grain Size Change of Bed Surface Layer and Sediment Discharge of an Equilibrium River Bed. Proc. of the Int. Grain Sorting Seminar, Ascona. Mitt. Nr. 117 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zürich: 151 – 156.
- TOPP, G.C. (1980): Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines. Water Resources Research. Vol 16: 574-582.
- VITEL (1994): Hydra Soil Moisture Probe User's Manual. 1-22. Vitel, Inc. 14100 Parke Long CT., Chantilly, VA 22021.
- ZELLER, J. (1996): Der k_{st} -Koeffizient in der Geschwindigkeitsgleichung von Strickler und dessen Problematik. Internationales Symposium Interpraevent 1996, Tagungspublikation, Bd. 4, Garmisch-Partenkirchen: 63 – 74.
- ZELLER, J. & TRÜMPLER, J. (1984): Rutschungsentwässerungen – Hinweise zur Bemessung steiler Entwässerungsgräben. Eidgenöss. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

Planunterlagen

- Fa. ETSCHER und MEYER, (2001): Tiefbohrungen – Brunnenbau, Pegel D1/01 und D2/01, Wasserversorgung, Gemeinde Eben am Achensee

Digital zur Verfügung gestellte Daten


- BODENKARTIERUNG der LANDESREGIERUNG TIROL: Waldzustandserhebung und Biotopkartierung der Abteilung Umweltschutz (TIRIS)


ANHANG 1

Profilgruben

Ausleitungsfläche D A1

Profilgruben D A1-1E, D A1-1M

Entnahmestelle D A1-1E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	0 - 11 cm	Oberboden, humose Schicht
	11 - 20 cm	Schluff
	20 - 25 cm	feiner Kies
	25 - 37 cm	lehmiger Sand / schluffiger Sand
	37 - 45 cm	Kieslagen mit Feinmaterialeinschlüsse
	ab 45 cm	mittel bis grober Kies

Messstelle D A1-1M, Juli 2002	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	0 - 10 cm	Oberboden, humose Schicht
	10 - 30 cm	schluffiger Ton / toniger Schluff
	30 - 40 cm	sandiger Lehm
	40 - 55 cm	sandiger / lehmiger Kies


Anhang 1

Profilgrube D A1-2E

Entnahmestelle D A1-2E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	0 - 11 cm	Oberboden, humose Schicht
	11 - 30 cm	lehmiger Sand / sandiger Lehm
	30 - 35 cm	lehmiger Sand mit humosen Einschlüssen
	35 - 40 cm	feiner Kies
	40 - 55 cm	lehmiger Sand / sandiger Lehm


AUSLEITUNGSFLÄCHE D A2

Profilgruben D A2-1E, D A2-1M, D A2-1G

Entnahmestelle D A2-1E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	0 - 12 cm	A _{hb} , Oberboden, humose Schicht
	12 - 18 cm	mittlerer Kies
	18 - 30 cm	Feinmaterial
	30 - 43 cm	Grobmaterial
	43 - 48 cm	leicht fallende Schicht mit schluffigem Lehm
	ab 48 cm	kiesiges Material

Messstelle D A2-1M, Juli 2002	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profilgrube	0 - 6 cm	Oberboden, humose Schicht
	6 - 30 cm	lehmiger Schluff
	30 - 50 cm	lehmiger Sand

Anhang 1

Messstelle D A2-1G, Juli 2002	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 25 cm	schluffiger/lehmiger Sand
	25 - 30 cm	lehmiger Kies
	Anm.: Graben für Erdungsband	

Profilgrube D A2-2E

Entnahmestelle D A2-2E, Nov 2001	Profil	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
	Profil 1	0 - 15 cm	Oberboden, humose Schicht
		ab 15 cm	sandiges Feinmaterial
	Profil 2	0 - 10 cm	Oberboden, humose Schicht
		10 - 20 cm	B _v , toniges- oder / und schluffiges Feinmaterial
		ab 20 cm	sandig kiesiges Material

ANHANG 2

Schlagstockbohrungen

DRISTENAU D A1-1
Schlagstockbohrungen D A1-1E, D A1-1M

Entnahmestelle D A1-1E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profil 1	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	15 - 65 cm	sandiger Lehm
	65 - 80 cm	lehmiger Sand
	80 - 95 cm	toniger Lehm
Profil 2	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	15 - 85 cm	lehmiger Sand
	85 - 95 cm	sandiger Lehm
	95 -105 cm	lehmiger Sand
Profil 3	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	15 - 32 cm	lehmiger Sand
	32 - 44 cm	anlehmiger Sand
	44 - 62 cm	sandiger Lehm
	62 - 85 cm	lehmiger Sand
Profil 4	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 20 cm	Übergang
	20 - 75 cm	lehmiger Sand
	75 - 95 cm	sandiger Lehm

Anhang 2

Messstelle D A1-1M, Juli 2002	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profil 1a	0 - 15 cm	Oberboden, humose Schicht
	15 - 30 cm	toniges/schluffiges Feinmaterial
	30 - 60 cm	lehmiger Kies
	60 - 65 cm	lehmiger Sand
Profil 1b	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 10 cm	Übergang
	10 - 25 cm	toniges/schluffiges Feinmaterial
	25 - 60 cm	lehmiger Kies
	60 -100 cm	lehmiger/schluffiger Sand/Kies
Profil 2a	0 - 15 cm	Oberboden, humose Schicht
	15 - 50 cm	lehmiger Kies
	50 -100 cm	lehmiger/toniger Sand/Kies
Profil 2b	0 - 15 cm	Oberboden, humose Schicht, starker Viehtritt
	15 -100 cm	Sand, Kies mit Lehmschichten

DRISTENAU D A1-2**Schlagstockbohrungen D A1-2E**

Entnahmestelle D A1-2E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profil 1	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 20 cm	Übergang
	20 - 30 cm	lehmiger Sand
	30 - 45 cm	sandiger Lehm
	45 - 75 cm	lehmiger Sand
Profil 2	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 17 cm	sandiger Lehm
	17 - 57 cm	lehmiger Sand
	unterhalb 95 cm	sandiger Lehm
Profil 3	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 20 cm	sandiger Lehm
	20 - 60 cm	lehmiger Sand
	60 - 72 cm	sandiger Lehm
	72 - 92 cm	lehmiger Sand
Profil 4	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 20 cm	Übergang
	20 - 90 cm	lehmiger Sand
Profil 5	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	unterhalb 15 cm	lehmiger Sand

DRISTENAU D A2-1
Schlagstockbohrungen D A2-1E, D A2-1M

Entnahmestelle D A2-1E, Nov 2001	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profil 1	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 25 cm	Übergang
	25 - 40 cm	lehmiger Sand
	40 - 60 cm	sandiger Lehm
	60 - 75 cm	lehmiger Sand
Profil 2	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	15 - 23 cm	Lehmiger Sand
	23 - 38 cm	Sand
	38 - 58 cm	sandiger Lehm
	58 - 73 cm	lehmiger Sand
	73 - 78 cm	sandiger Lehm
	78 - 88 cm	Sand
Profil 3	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 17 cm	sandiger Lehm
	17 - 22 cm	lehmiger Sand
	22 - 84 cm	sandiger Lehm
Profil 4	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 15 cm	Übergang
	15 - 88 cm	sandiger Lehm

Anhang 2

Messstelle D A2-1M, Juli 2002	Schicht- mächtigkeit	Bodenart
Profil PM	0 - 5 cm	Oberboden, humose Schicht
	5 - 20 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff, Ockerflecken
	20 - 30 cm	Übergang
	30 - 80 cm	sandiger Lehm
	80 -100 cm	lehmgiger Kies
	Anm.: rund 5 m östlich der Messstelle	
Profil P1	0 - 20 cm	Oberboden, humose Schicht
	20 - 40 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
	40 - 50 cm	unscharfer Übergang
	50 - 95 cm	sandiger Kies
Profil P2	0 - 20 cm	Oberboden, humose Schicht
	20 - 30 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
	30 - 70 cm	sandiger Lehm und tonig/schluffige Lagen abwechselnd
	70 -100 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
Profil P3	0 - 10 cm	Oberboden, humose Schicht, starker Viehtritt
	10 - 13 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
	13 - 60 cm	sandiger, lehmiger Kies
	60 - 80 cm	unscharfer Übergang
	80 -100 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
Profil P4	0 - 10 cm	Oberboden, humose Schicht
	10 - 20 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
	20 - 60 cm	Kies mit Lehm durchsetzt, Verockerung
	60 -100 cm	Ton
Profil P5	0 - 20 cm	sandiger Oberboden
	Dünne Schlufflage als Übergang	
	20 - 50 cm	lehmgiger Sand
	50 -100 cm	schluffig Lehm
	Anm.: leichter Waldbestand	
Profil P6	0 - 15 cm	Oberboden, humose Schicht
	15 - 35 cm	lehmgiger Schluff/ schluffiger Lehm
	35 - 90 cm	kiesiger / schluffiger Lehm mit tonig / schluffigen Zwischenlagen
	90 -100 cm	schluffiger Lehm
	Anm.: leichter Waldbestand	

Anhang 2

Profil P7	0 - 10 cm	Oberboden, humose Schicht
	10 - 15 cm	Übergang
	15 - 25 cm	lehmiger Sand
	25 - 55 cm	schluffiger Ton/ toniger Schluff
	55 - 80 cm	lehmiger Kies
	80 - 90 cm	lehmiger/schluffiger Feinkies
	90 -100 cm	kiesiges Material
	Anm.: leichter Waldbestand	

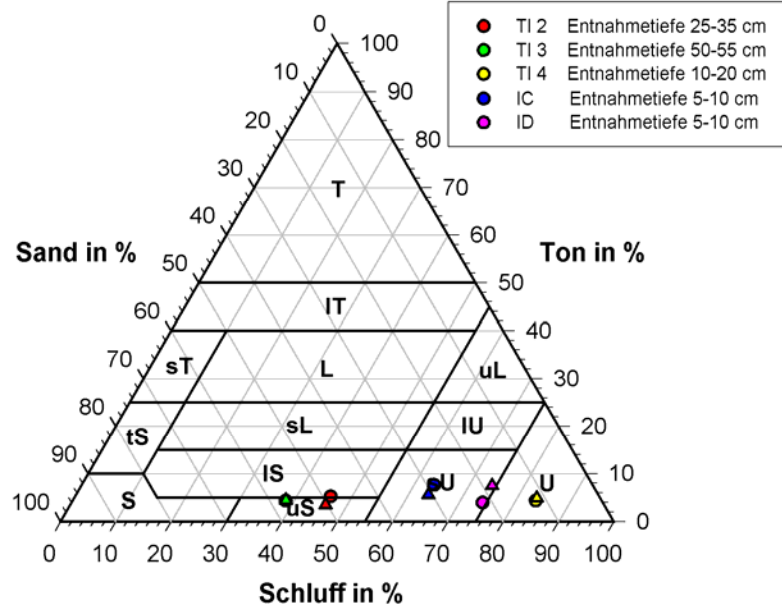
ANHANG 3

Sieblinien und Texturdreiecke

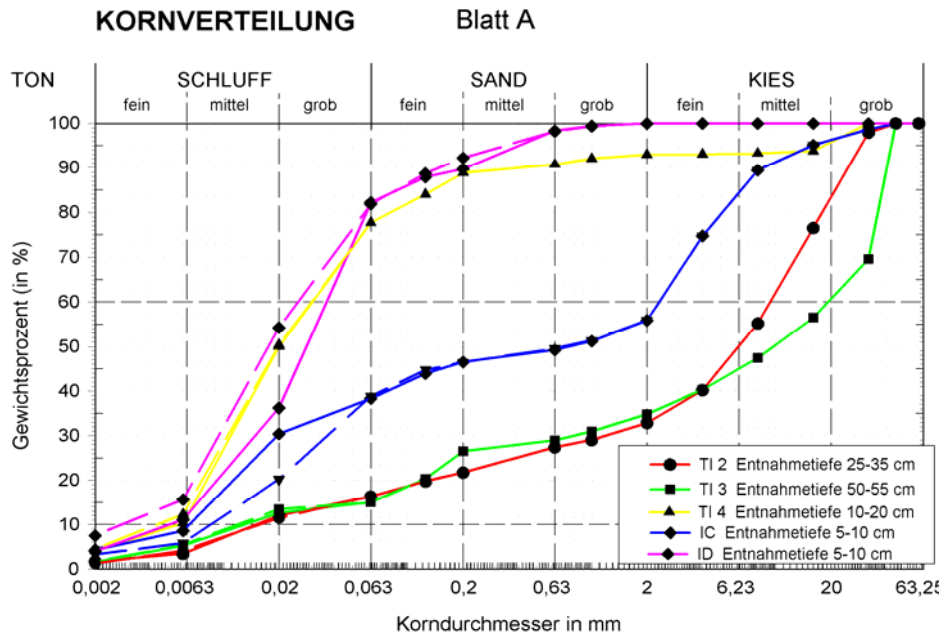
DRISTENAU D A1-1

Blatt A

Probe: Blatt A



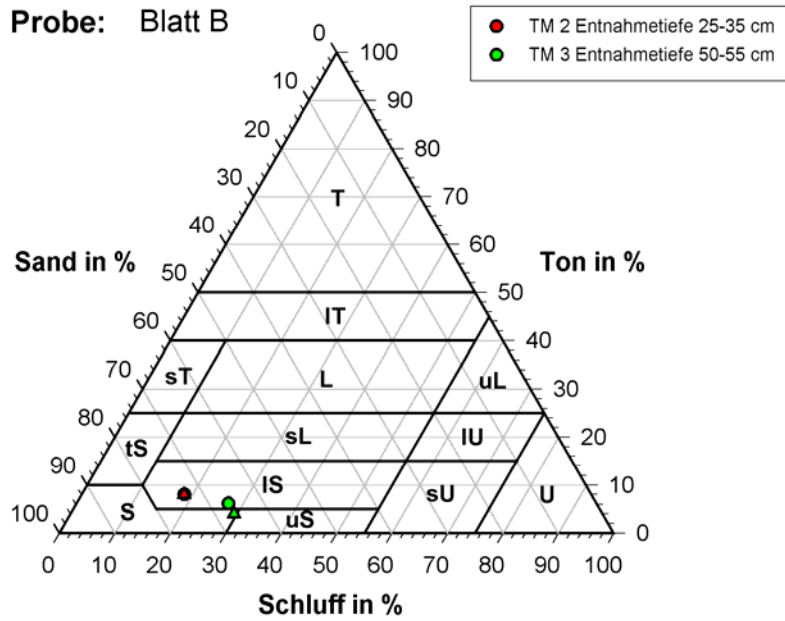
Österreichisches Texturdreieck nach ÖNORM L 1050



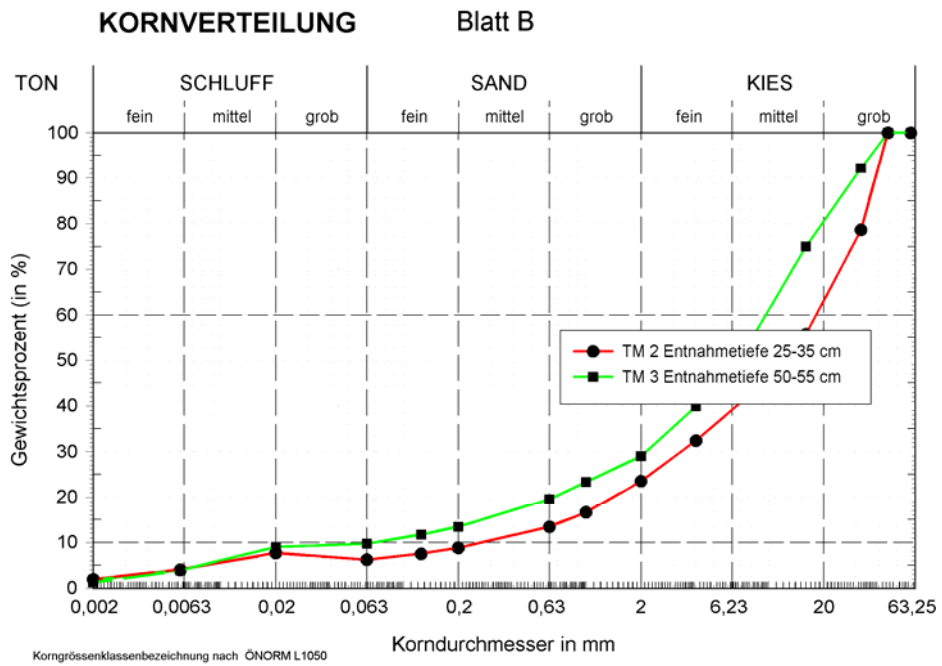
Korngrößenklassenbezeichnung nach ÖNORM L1050

DRISTENAU D A1-2

Blatt B



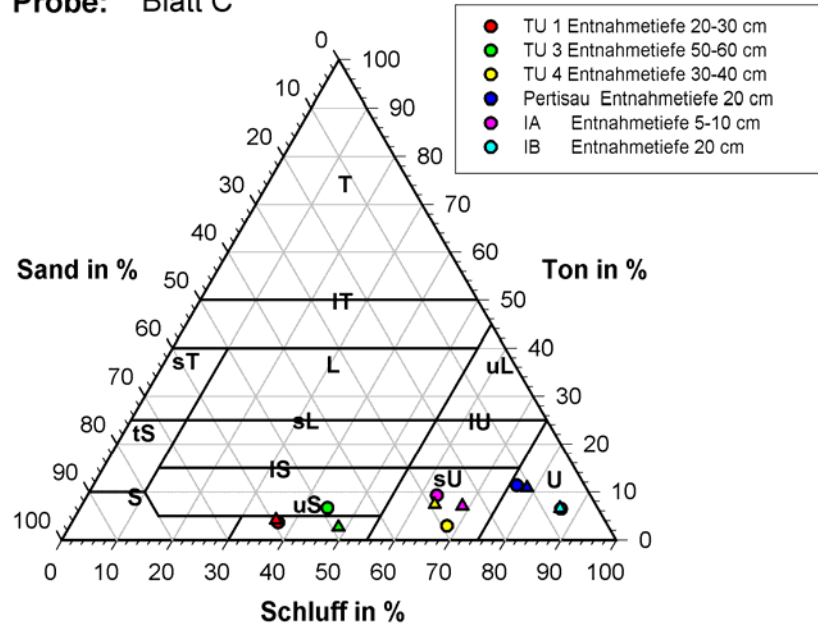
Österreichisches Texturdreieck nach ÖNORM L 1050



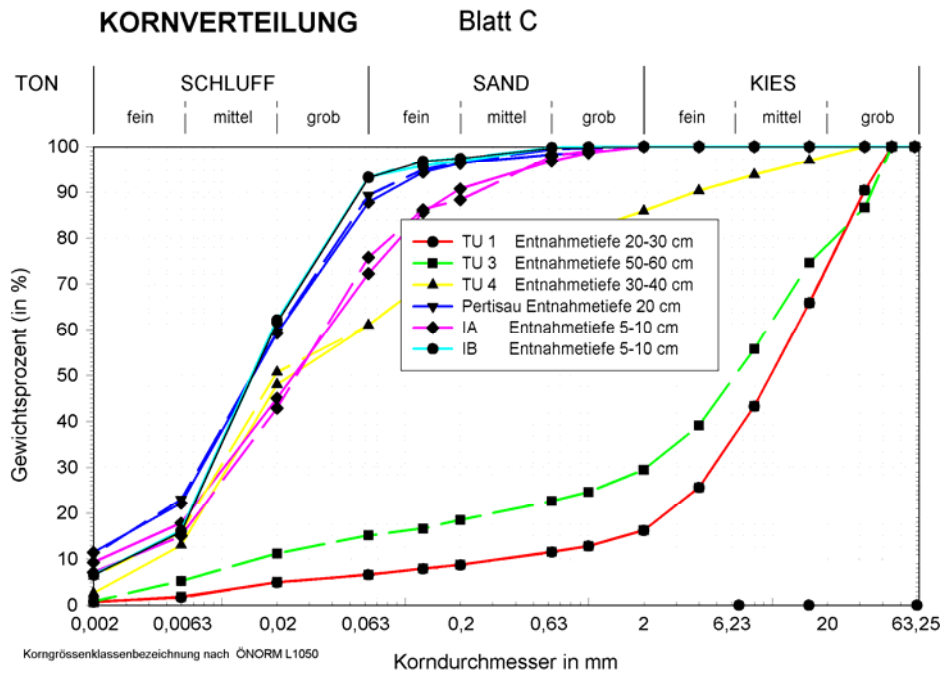
DRISTENAU D A2-1

Blatt C

Probe: Blatt C



Österreichisches Texturdreieck nach ÖNORM L 1050



ANHANG 4

K_s – Werte

Anhang 4

Messprotokoll K_s - Werte

Nadelkopf					
1	2	3	4	5	6
67	67	67	67	67	67
57,5	60	57,5	57,8	58,9	59
50,8	53	51,9	51,5	52,4	51,84
44,7	46,6	46	44,2	45,5	45,03
37,6	40	37,7	36,9	38,2	36,86
32	31,5	32	32	32	31,83

Probenhöhe L in mm: 50

Formel: $k=L/(t1-t2)*Ln((h1-ho)/(h2-ho))$

Zeit (sec.)					
Zylinder 24	512	288	539	253	44
0,3	0,3	327,1	0,3	1,1	0,3
0,7	3,9	2278,1	3,1	3992,8	13,5
11,8	11,3	3823,9	6,9	7307,2	29,3
23,1	14,5	5827,5	11,4	10020,9	48
42,2	18,8	9216,9	19	12212	79,2
72,3	27,4	13495,5	32,3	14428,5	127

Pegelstand bei Kontakt (mm)					
2,53E+01	2,87E+01	2,30E+01	2,70E+01	2,32E+01	2,63E+01

Mittelwert

k-Werte					
24	512	288	539	253	44
3,2E-02	2,8E-03	6,2E-06	4,7E-03	2,6E-06	8,3E-04
1,1E-03	1,7E-03	5,7E-06	3,0E-03	3,0E-06	7,8E-04
1,2E-03	4,8E-03	5,7E-06	3,9E-03	5,0E-06	8,3E-04
1,2E-03	5,3E-03	6,6E-06	3,6E-03	9,0E-06	9,2E-04
1,0E-03	8,1E-03	5,7E-06	2,6E-03	1,2E-05	6,7E-04
1,1E-03	4,5E-03	6,0E-06	3,6E-03	6,3E-06	8,1E-04

Mittelwert

Zeit (sec.)					
Zylinder WAV	378	309	148	10	WV1
26,8	115,1	7407,3	30,4	1,1	37,8
86	770,6	47804,6	136,1	387,9	66,1
135,8	1618,3	81640,7	210,4	809,1	94,7
197	2727,3	125826	317,9	1437,3	127,1
294,2	4192,6	209526,6	465	2509,7	186,5
449,9	7946,1	ne	616,2	4362,3	248,8

Pegelstand bei Kontakt (mm)					
2,42E+01	2,07E+01	2,10E+01	2,41E+01	2,17E+01	2,45E+01

Mittelwert

k-Werte					
WAV	378	309	148	10	WV1
2,1E-04	1,3E-05	2,9E-07	1,1E-04	2,5E-05	3,7E-04
2,3E-04	1,2E-05	2,5E-07	1,4E-04	2,3E-05	4,1E-04
2,1E-04	1,0E-05	2,4E-07	1,4E-04	2,0E-05	4,4E-04
2,2E-04	1,0E-05	2,4E-07	1,5E-04	1,7E-05	4,3E-04
1,7E-04	7,7E-06	#WERT!	1,6E-04	1,3E-05	4,2E-04
2,1E-04	1,0E-05	2,5E-07	1,4E-04	2,0E-05	4,1E-04

Mittelwert