



# MASTERARBEIT

## Geostatistische Analyse der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Bodenwassergehaltes eines Bewässerungsversuches im Weinbau

Verfasser

**Bakk. techn. Georg Müller**

Angestrebter akademischer Grad

**Diplom Ingenieur (Dipl. -Ing.)**

Eingereicht am Department für Wasser-Umwelt-Atmosphäre, Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien

Studienkennzahl: 432  
Studienrichtung: Wasserwirtschaft und Umwelt  
Betreuer: Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.nat.techn. Willibald Loiskandl  
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.Peter Cepuder  
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Fuchs  
Dipl. Ing. Reinhard Nolz  
Dipl. Ing. Stefan Strohmeier

Wien, im Oktober 2011

## **Danksagung**

Mein Dank gilt in erster Linie meiner Mutter, Reska Müller, welche nie aufgegeben hat, mir den Weg zu zeigen und mir zu vermitteln was eigentlich das Wichtige und Richtige im Leben ist. Weiterst natürlich meiner ganzen Familie und allen Freunden die mich nie vergessen haben. Speziell möchte ich auch noch meiner Freundin danken für die Geduld die Sie mit mir hatte. Nicht nur der Universität auch allen ihren Mitarbeitern, die ich immer als Kolleginnen und Kollegen gesehen habe, schulde ich meinen Dank, dass ich die Möglichkeit hatte zu studieren. Dies ist keine Selbstverständlichkeit in dieser Welt, aber wird hoffentlich eines Tages eine Selbstverständlichkeit für alle sein.

Danke euch allen!

## Vorwort

*Ja, mach nur einen Plan!  
Sei nur ein großes Licht!  
Und mach dann noch 'nen zweiten Plan  
Gehn tun sie beide nicht.  
Denn für dieses Leben  
Ist der Mensch nicht schlecht genug.  
Doch sein höheres Streben  
Ist ein schöner Zug*

*Ballade von der Unzulänglichkeit menschlichen Planens (Brecht, 1928)*

Das Gedicht zeigt die Grundidee der vorliegenden Arbeit sehr gut auf. Der Versuch, Vorgänge in der Natur durch Datenerfassung und Datenbearbeitung zu interpretieren und zu verstehen. Dass es natürlich keine ganze Wahrheit geben kann dürfte klar sein. Aber man kann versuchen sich an die Wahrheit anzunähern und ich glaube, dass ist es was eigentlich die Wissenschaft und auch den Menschen ausmacht. Das Streben nach Höherem, und das ist wirklich ein schöner Zug. In diesem Streben nach Höherem würden wir sehr schnell fallen wenn wir nicht Menschen hätten, die uns stützen und ermöglichen solche Arbeiten zu verfassen. Daher ist ein solches Streben immer eine gesellschaftliche Leistung und keine einzelne.

## **Kurzfassung**

Gegenstand der hier vorgestellten Arbeit ist die Untersuchung eines Bewässerungsversuches im Weinbau. Die Versuchsfläche liegt in Andau im Burgenland, nur wenige Kilometer entfernt von der ungarischen Grenze. Bewässerungen in dieser Region sind natürlich nichts Neues und essenziell für die qualitative und quantitative Absicherung der Erträge. Das Neue an dem in Andau angewandten Bewässerungssystem ist der Bodenzusatzstoff Betasoil. Dieser Bodenzusatzstoff, welcher gemeinsam mit der Unterflurbewässerung in einem einzigen Arbeitsschritt in den Boden eingebaut wird, soll die Speicherung und Verteilung des Bodenwassers verbessern. Betasoil soll eine Verbesserung der herkömmlichen Unterflurbewässerung erzielen und dadurch energetisch besser und effizienter im Wasserverbrauch sein. Ebenfalls in einer mit Flüssigdünger ausgestatteten Variante sollte der Betasoil Vorteile bieten, weil die zugegebenen Nährstoffe durch eine Einschränkung der Tiefenperkolatation an der Wurzel der Anbaukultur gehalten werden sollen.

Um diesen und andere Sachverhalte zu klären wurde ein Probenraster über das zu untersuchende Feld gelegt. An drei unterschiedlichen Terminen wurde jeweils über eine Profiltiefe von 0,05 bis 0,85 m verteilt (in 0,10 m Schritten unterteilt), mit Hilfe von Bohrstöcken ein Bodenprofil entnommen und auf Bodenwassergehalt (gravimetrisch) untersucht.

Mit Hilfe dieser Daten, wurde durch ein Interpolationsverfahren, dem ein statistisches Modell zu Grunde liegt, eine Oberfläche erzeugt. Durch die Darstellung dieser Oberfläche in unterschiedlichen Profilebenen (über die Tiefe verteilt) ist es möglich, relativ einfach und schnell Tendenzen zu erkennen und bei Auffälligkeiten diese gegebenenfalls auch genauer zu untersuchen.

Durch die Anwendung von geostatistischen Methoden wurde der Einfluss von Betasoil auf die Bodenwassergehaltsverteilung im Boden und gleichzeitig die Beschaffenheit des Versuchsfeldes bezüglich der Bodenwassergehaltsverteilung untersucht.

### Schlüsselwörter:

Unterflurbewässerung, Betasoil, Bodenzusatzstoff, Interpolationsverfahren, Geostatistik

## **Abstract**

Subject of the work presented here is one of the study irrigation Opportunities in viticulture. The test site is located in Andau in Burgenland, only a few kilometers away from the Hungarian border. Irrigation in this region are of course nothing new and essential for the qualitative and quantitative coverage of yield. The novelty of the irrigation system used in Andau is a soil additive called Betasoil. This soil additive, which together with the subsurface irrigation is incorporated into the soil in a single step, should improve the storage ability and distribution of ground water. Betasoil is supposed to achieve an improvement of conventional subsurface irrigation, and thus better and more efficient in energy consumption water consumption. Also in a version equipped with a liquid fertilizer should Betasoil offer advantages, because the added nutrients will be kept in the root zone of the crop by limiting deep percolation.

To clarify these and other issues, a sample grid was placed over the examined field in which, at three different dates, considering a profile depth of 0.05 to 0.85 m (divided into 0.10 m increments) using a drilling gear. The removed soil was researched on soil water content (gravimetric).

Using these data, an interpolation process was started, which is founded on a statistical model, a surface could be generated. Through the presentation of this surface at different profile levels, it is possible to detect trends and abnormalities easily and quickly.

With the statistics, a closer look at the quality of the collected data has been taken, to detect any significant inhomogeneities and inhomogeneities in e.g. the mean and variance.

Geostatistical methods were used to assess the impact of Betasoil and also the nature of the test field with respect to investigate the soil water content distribution.

### Keywords:

Subsurface irrigation, Betasoil, soil additive, interpolation, geostatistics

# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>ii</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>iii</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>vi</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>viii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>xi</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1 Einführung und Fragestellung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Versuchsbeschreibung .....	1
1.2 Hypothesen und Fragestellungen .....	4
<b>2 Bodenphysikalische Grundlagen und Definitionen</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definition Boden .....	5
2.2 Definition Bodenwasser .....	7
2.3 Wasserbewegung im Boden .....	9
<b>3 Methoden</b> .....	<b>17</b>
3.1 Arbeitsmethode.....	17
3.2 Probenraster .....	17
3.3 Korngrößenverteilung.....	27
3.4 Geostatistische Interpolationsmethoden .....	29
<b>4 Datengrundlage</b> .....	<b>52</b>
4.1 Klimadaten .....	52
4.2 Bodendaten .....	55
<b>5 Darstellung und Visualisierung</b> .....	<b>63</b>
5.1 Räumliche – horizontale Verteilung des Bodenwassergehalts.....	63

5.2	Räumliche – vertikale Verteilung des Bodenwassergehalts.....	72
5.3	Zeitlicher Zusammenhang .....	76
<b>6</b>	<b>Statistische Analyse .....</b>	<b>78</b>
6.1	<i>t</i> -Test und <i>Levene</i> -Test .....	79
6.2	Räumlicher Zusammenhang der Daten – Variogramme .....	89
<b>7</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>91</b>
7.1	Probleme an der Versuchsanordnung und Durchführung .....	91
7.2	Interpretation der geostatistischen Interpolation .....	93
7.3	Interpretation der <i>t</i> -Tests für Profilebenen_02_03_04 .....	93
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>95</b>
	<b>Anhang A: Bodenwassergehalte .....</b>	<b>98</b>
	<b>Anhang B: Kornverteilungen .....</b>	<b>100</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
	<b>Erklärung .....</b>	<b>143</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Andau Versuchsfläche.....	2
Abbildung 1-2: Profile der Versuchsfläche mit den Einbautiefen des Bewässerungsschlauches (links mit Betasoil und rechts ohne) .....	2
Abbildung 1-3: Einbau der Unterflurbewässerung und Zugabe des Betasoil in einem Arbeitsgang .....	3
Abbildung 2-1: Formen des Makrogefüges (nach Finnern et al., 1996).....	7
Abbildung 2-2: Schematische Darstellung einer Pfefferschen Zelle (Wikipedia, 2011) .....	13
Abbildung 2-3: SWC Beziehung für Sand, toniger Lehm, Ton .....	15
Abbildung 3-1: Lageplan der Sensorik.....	18
Abbildung 3-2: Skizze des Probenrasters mit Nummerierung für den Termin_03 .....	19
Abbildung 3-3: Eingebautes Sensorenset im Profil mit Bewässerungsschlauch beim Sensorenset 1.....	20
Abbildung 3-4: EnviroSCAN-Sonde mit Sensoren und Felddausbreitung .....	21
Abbildung 3-5: Messstellen im Querprofil mit den spezifischen Abständen von 0,40 m und 0,60 m .....	22
Abbildung 3-6: Einschlagen eines Bohrstockes .....	24
Abbildung 3-7: Einteilung der Profiltiefen am Bohrstock.....	25
Abbildung 3-8: Mischprobenskizze.....	26
Abbildung 3-9: Attribute Tabel im ArcGis; Eingegebene Bodenwassergehalte .....	31
Abbildung 3-10: Bodenwassergehaltsverteilung auf gesamter Versuchsfläche der Profilebene_01_Termin_01 .....	32
Abbildung 3-11: Semivariogramm für Profil_01_Termin_01.....	33
Abbildung 3-12: Bodenwassergehaltsdarstellung in der Profilebene_01_Termin_01 .....	34
Abbildung 3-13: Semivariogramm von Profilebene_01_Termin_01 .....	35
Abbildung 3-14: BWG Darstellung der Profilebene_04_Termin_01 (0,45-0,55 m) mit Inverse Distance Weighting .....	36
Abbildung 3-15: Kriging Interpolation für die Varianten getrennt durchgeführt.....	37
Abbildung 3-16: Überlagerung der Extrapolation des Streifens rechts (ohne Betasoil) und Vergleich mit Streifen links (mit Betasoil).....	38
Abbildung 3-17: Basis-Kern-Funktionen laut Surfer .....	41
Abbildung 3-18: Vergleich mit und ohne Glättungsfaktor.....	43
Abbildung 3-19: Kontrolle der Anisotropie im Fenster "Radial Basis Advanced Options" .....	44
Abbildung 3-20: In the oceanographic survey described here, the contour lines cluster around the data points when an anisotropy ratio is not	

employed. In the bottom contour map, an anisotropy ratio results in contour lines that are a more accurate representation of the data .....	45
Abbildung 3-21: Vergleich einer RBF Analyse (multiquadric) mit einer eingegebenen Anisotropie und ohne .....	46
Abbildung 3-22: Q-Q Plot der Profileben_02_Termin_03 .....	48
Abbildung 3-23: Variogramm-Modell demonstriert die Variogramm Parameter (Golden Software, 2010).....	50
Abbildung 4-1: Messstation auf der Versuchsfläche in Andau mit Solarpanel und RTU.....	52
Abbildung 4-2: Klimadiagramm Andau .....	53
Abbildung 4-3: Regenverteilung über Probezeitraum in mm/Monat .....	54
Abbildung 4-4: Bodenformen aus der Bodenkarte (eBod).....	56
Abbildung 4-5: Bodenprofil von Weinbaufläche in Andau.....	57
Abbildung 4-6: Gründigkeit der Bodenformen aus der Bodenkarte (eBod) .....	58
Abbildung 4-7: Gründigkeiten von Böden (Skriptum der Vorlesung Bewässerungswirtschaft, P.Cepuder).....	59
Abbildung 4-8: Texturdreieck Andau .....	61
Abbildung 4-9: Verteilung der Trockendichte im Bodenprofil .....	62
Abbildung 5-1: Vergleich der Profileben_03 zu allen drei Terminen .....	64
Abbildung 5-2: Bodenwassergehalt der Profilebene_03, gebildet aus den Mittelwerten aller drei Termine .....	65
Abbildung 5-3: Vergleich der Profileben_04 bei allen 3 Terminen .....	66
Abbildung 5-4: Bodenwassergehalt der Profilebene_04, gebildet aus dem Mittelwert aller 3 Termine .....	67
Abbildung 5-5: Vergleich der Profileben_02 bei allen drei Terminen .....	68
Abbildung 5-6: Bodenwassergehalt der Profilebene_02, gebildet aus dem Mittelwert aller 3 Termine .....	69
Abbildung 5-7: Abweichung vom Mittelwert, Profilebene_03_Termin_01 .....	70
Abbildung 5-8: Abweichung vom Mittelwert, Profilebene_03_Termin_02 .....	71
Abbildung 5-9: Lageplan der Querprofile .....	72
Abbildung 5-10: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin_01 .....	73
Abbildung 5-11: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin_01 .....	73
Abbildung 5-12: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin_02.....	74
Abbildung 5-13: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin_02.....	74
Abbildung 5-14: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin_03.....	75
Abbildung 5-15: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin_03 .....	75
Abbildung 6-1: <i>t</i> -Test für Profilebene_03_Termin_02.....	83

Abbildung 6-2: <i>t</i> -Test für Profilebene_03_Termin_03.....	83
Abbildung 6-3: <i>t</i> -Test Profil_02_Termin_01.....	84
Abbildung 6-4: <i>t</i> -Test Profil_02_Termin_02.....	85
Abbildung 6-5: Test auf Normalverteilung Profil_02_Termin_03.....	85
Abbildung 6-6: <i>t</i> -Test Profilebene_04_Termin_01 .....	86
Abbildung 6-7: <i>t</i> -Test Profilebene_04_Termin_02 .....	87
Abbildung 6-8: Test auf Normalverteilung Profil_04_Termin_03.....	87
Abbildung 6-9: Variogramm Profilebene_03_Termin_01; links: Variante mit Betasoil; rechts: Variante ohne Betasoil .....	89
Abbildung 6-10: Vergleich der Variogramme der Profilebene_03_Termine_02 und 03.....	90
Abbildung 8-1: Erhebung mit CADEMO zur Versuchsplanung.....	96

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Porenbegriffe und deren Definition (nach Fühler, 1991) .....	6
Tabelle 2: Einteilung und Tiefe der Profilebenen.....	23
Tabelle 3: Auflistung der Probenmenge und durchgeführten Analysen.....	26
Tabelle 4: Korngrößenklassen des Feinbodens nach ÖNORM L 1050 [1992].....	28
Tabelle 5: Überblick über die Verfahren zur Trennung verschiedener Kornfraktionen .....	28
Tabelle 6: Vergleich der Monatsniederschläge für Probezeitraum .....	54
Tabelle 7: Niederschlagssumme 10 Tage vor Probetermin .....	55
Tabelle 8: Mittelwerte des Bodenwassergehaltes der Profilebene_03 im Vergleich.....	76
Tabelle 9: Vergleich grundlegender statistischer Werte der Profilebene_03 von allen 3 Terminen .....	78
Tabelle 10: Ergebnisse der t-Test Analyse .....	93
Tabelle 11: Bodenwassergehalte in unterschiedlichen Profilebenen und zu allen 3 Terminen (1).....	98
Tabelle 12: Bodenwassergehalte in unterschiedlichen Profilebenen und zu allen 3 Terminen (2).....	99
Tabelle 13: Kornverteilung A1 .....	100
Tabelle 14: Kornverteilung A2 .....	101
Tabelle 15: Kornverteilung A3 .....	102
Tabelle 16: Kornverteilung A4 .....	103
Tabelle 17: Kornverteilung A5 .....	104
Tabelle 18: Kornverteilung A6 .....	105
Tabelle 19: Kornverteilung A7 .....	106
Tabelle 20: Kornverteilung B1 .....	107
Tabelle 21: Kornverteilung B2 .....	108
Tabelle 22: Kornverteilung B3 .....	109
Tabelle 23: Kornverteilung B5 .....	110
Tabelle 24: Kornverteilung B7 .....	111
Tabelle 25: Kornverteilung C1 .....	112
Tabelle 26: Kornverteilung C2 .....	113
Tabelle 27: Kornverteilung C3 .....	114
Tabelle 28: Kornverteilung C4 .....	115
Tabelle 29: Kornverteilung C5 .....	116
Tabelle 30: Kornverteilung C6 .....	117
Tabelle 31: Kornverteilung C7 .....	118
Tabelle 32: Kornverteilung D1 .....	119
Tabelle 33: Kornverteilung D2 .....	120
Tabelle 34: Kornverteilung D3 .....	121
Tabelle 35: Kornverteilung D4 .....	122

Tabelle 36: Kornverteilung D5 .....	124
Tabelle 37: Kornverteilung D6 .....	125
Tabelle 38: Kornverteilung D7 .....	126
Tabelle 39: Kornverteilung E1 .....	127
Tabelle 40: Kornverteilung E2 .....	128
Tabelle 41: Kornverteilung E3 .....	129
Tabelle 42: Kornverteilung E4 .....	130
Tabelle 43: Kornverteilung E5 .....	131
Tabelle 44: Kornverteilung E6 .....	132
Tabelle 45: Kornverteilung E7 .....	133
Tabelle 46: Kornverteilung F1 .....	134
Tabelle 47: Kornverteilung F2 .....	135
Tabelle 48: Kornverteilung F3 .....	136
Tabelle 49: Kornverteilung F4 .....	137
Tabelle 50: Kornverteilung F5 .....	138
Tabelle 51: Kornverteilung F6 .....	139
Tabelle 52: Kornverteilung F7 .....	140

## Glossar

oB	ohne Betasoil
mB	mit Betasoil
RBF	Radial Basis Function
$H_0$	Nullhypothese
$R^2$	Glättungsfaktor
$V_w$	Wasservolumen
$V$	Gesamtvolumen
$m_w$	Wassermasse
$m_s$	Trockenmasse
sL	sandiger Lehm
$\Psi$	Bodenwasserpotential
$\Psi_t$	Gesamtpotential
$\Psi_o$	Osmotisches Potential
$\Psi_g$	Gravitationspotential
$\Psi_p$	Tensiometer- oder Druckpotential
$\Psi_m$	Matrixpotential
$\Psi_a$	Gasdruckpotential
$\Psi_h$	Hydrostatisches Druckpotential
IBG	Internationale Bodengesellschaft
SWC	Soil Water Characteristic
RTU	Remote Terminal Unit
IUSS	International Union of Soil Sciences
BFW	Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald
IVFL	Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation
$\sigma^2$	Varianz
SPSS	Statistik und Analyse Software

## **Gender Formulierung**

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die Formulierung beide Geschlechter, unabhängig von der in der Formulierung verwendeten konkreten geschlechtsspezifischen Bezeichnung.

# 1 Einführung und Fragestellung

## 1.1 Versuchsbeschreibung

Im Burgenland, in der Nähe von Andau, nahe der ungarischen Grenze, befindet sich ein Versuchsfeld des Instituts für Landeskulturelle Wasserwirtschaft und Hydraulik, welches in Zusammenarbeit mit der Firma Hydrip GmbH<sup>1</sup> betreut wird. An die Fa. Hydrip GmbH ergingen in den letzten Jahren mehrere Preise für Innovation und Nachhaltigkeit<sup>2</sup>.

Die Firma Hydrip versucht die Kombination von Unterflurschläuchen mit einem wasserhaltenden Bodenzusatzstoff namens Betasoil zu optimieren und ein Wasser sparendes Bewässerungssystem zu entwickeln. Ein Patent namens HYDRIP wurde bereits angemeldet. Die Idee und die möglichen Vorteile des patentierten Verfahrens werden zu einem späteren Zeitpunkt erläutert (Hydrip, 2011).

Im Rahmen eines FFG-COIN<sup>3</sup> Projektes wird die Zusammenarbeit zwischen Hydrip und der Universität für Bodenkultur geregelt und finanziert. Die Betreuung des Versuches erfolgt durch die Mitarbeiter des Instituts für Landeskulturelle Wasserwirtschaft und Hydraulik. Im speziellen sei hier auch als Ansprechperson Dipl. Ing. Reinhard Nolz vom Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft genannt.

---

<sup>1</sup> <http://www.hydrip.at/>

<sup>2</sup> Wiener Zukunftspreis 2010, Energy Globe – The world award for sustainability 2009

<sup>3</sup> Programmlinie der Forschungsförderungs Gesellschaft zu Kooperation und Netzwerken, <http://www.ffg.at>

## Lage

Die Versuchsfläche liegt in einem agrarisch stark genutzten Gebiet in der „burgenländischen Puszta“ der Nationalparkgemeinde Andau. In dieser Gegend wird sehr viel Getreide-, Gemüse- und Weinbau betrieben.

Seehöhe: 116 m ü.A.

Politischer Bezirk: Neusiedl am See

Koordinaten (WGS84): 47° 46' 35" N, 17° 1' 48" E

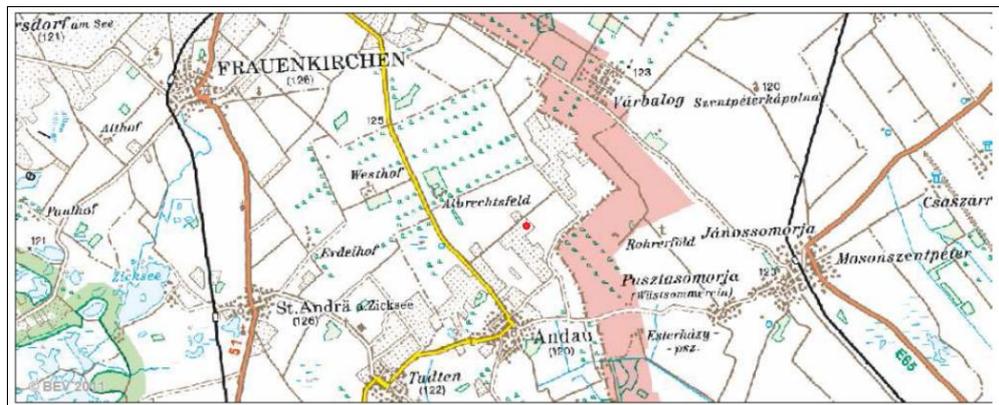


Abbildung 1-1: Andau Versuchsfläche

Der Einbau des Bewässerungsschlauches erfolgte in zwei unterschiedlichen Profiltiefen (Abbildung 1-2: Profile der Versuchsfläche mit den Einbautiefen des Bewässerungsschlauches (links mit Betasoil und rechts ohne)) mit einer eigens dafür adaptierten Verlegemaschine für Tropfbewässerungsschläuche (Abbildung 1-3: Einbau der Unterflurbewässerung und Zugabe des Betasoil in einem Arbeitsgang).



Abbildung 1-2: Profile der Versuchsfläche mit den Einbautiefen des Bewässerungsschlauches (links mit Betasoil und rechts ohne)



Abbildung 1-3: Einbau der Unterflurbewässerung und Zugabe des Betasoil in einem Arbeitsgang

### **HYDRIP - Betasoil**

Die Fa. Hydrip GmbH gibt an, dass folgende Vorteile durch die Anwendung des optimierten Hydrip-Systems erzielt werden können<sup>4</sup>:

- Bewässerungswassereinsparungen von mehr als 50%
- Stärkung der Wurzeln, besseres Pflanzenwachstum und größeren Ertrag
- Die Möglichkeit den Dünger direkt zu den Wurzeln zu bringen
- Lange Lebenszeit des Bewässerungssystems
- Erhöhte Nährstoff und Wasserspeicherkapazität in sandigen Böden

Durch Betasoil (Bodenzusatzstoff), der aus tonigem Material besteht, sollen die oben genannten Vorteile erzielt werden.

Betasoil wird als Hüllmantel rund um den Bewässerungsschlauch in den Boden eingebaut. Abbildung 1-3: Einbau der Unterflurbewässerung und Zugabe des Betasoil in einem Arbeitsgang, zeigt wie in einem einzigen Arbeitsgang der Bewässerungsschlauch und Betasoil in den Boden eingebracht werden. Anschließend wird die wenige Zentimeter Breite Furche, die geöffnet wurde, wieder verfüllt und verschlossen.

---

<sup>4</sup> Informationen auf der Firmenhomepage von Hydrip; [www.hydrip.at](http://www.hydrip.at); (freie Übersetzung aus dem Englischen).

## 1.2 Hypothesen und Fragestellungen

Als Ausgangshypothese steht die Vermutung, dass Betasoil einen „positiven“ Effekt auf den Bodenwasserhaushalt haben kann. Ziel dieser Arbeit ist, mit unterschiedlichen Herangehensweisen diese Hypothese auf ihre Stichhaltigkeit im Feld zu überprüfen. Das Bewässerungssystem, welches diese Arbeit untersucht, wurde im Jahr 2010 nicht betrieben und daher Aussagen über eine Wirksamkeit des Betasoil als Bodenhilfsstoff bei Unterflurbewässerungen haben einen rein hypothetischen Charakter.

Was untersucht werden kann:

- Die Homogenität bzw. Inhomogenität des Bodens
- Horizontale und vertikale Betrachtung der Bodenwassergehaltsverteilung (räumliche Betrachtung)
- Zeitliche Verteilung des Bodenwassergehalte in Kombination mit Niederschlagsereignissen vor Ort
- Auffälligkeiten und Tendenzen in der Bodenwassergehaltsverteilung
- Anwendung statistischer Methoden und Modelle und deren Verhalten
- Der räumliche Zusammenhang des Bodenwassergehaltes lässt sich sowohl in einer Profilebene als auch in einem vertikalen Punktprofil untersuchen. Welche Tendenzen können hier festgehalten werden und in welcher Tiefe sollen die Untersuchungen stattfinden?
- Die zeitliche Verteilung des Bodenwassergehaltes kann aufgrund der drei Probetermine betrachtet werden. Die Frage ist, welchen Zusammenhang man erkennen kann und ob es unterschiedliches Verhalten der Bodenwassergehaltsverteilung im Zusammenhang mit Niederschlägen gibt.
- Qualität der Daten in Bezug auf Güte und Art des Zusammenhangs zur Auswertung in Modellen und speziellen Tests.

## **2 Bodenphysikalische Grundlagen und Definitionen**

### **2.1 Definition Boden**

#### **Kontinuum des Bodens**

Der Boden als ein poröses Medium stellt ein Mehrphasensystem dar. Materie mit homogener chemischer Zusammensetzung und räumlich konstantem physikalischem Zustand nennt man eine Phase des betreffenden Stoffes (Atkins & Paula, 2006).

#### **Bodenzusammensetzung:**

- Feststoffe
- Luft
- Wasser

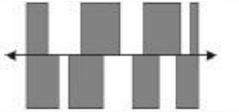
Die Trennung der unterschiedlichen Phasen erfolgt an Grenzflächen. Wasser, gelöste Stoffe und Luft bewegen sich in den Poren. Zur Detailbeschreibung der Bewegung in den Poren wird die Navier-Stokes Bewegungsgleichung herangezogen. Hierfür sind allerdings Randbedingungen notwendig (z.B. die Geometrie des Bodens). Diese Randbedingungen sind derzeit praktisch nicht bestimmbar. Daher werden fiktive Modelle erstellt um eine Beschreibung des Kontinuum zu ermöglichen.

#### **Porenteilung**

Eine Pore ist in der räumlichen Vorstellung z.B. ein Kanal, eine Röhre, eine Öffnung,... In bodenphysikalischer Hinsicht ist damit ein Porenraumanteil gemeint der bei einer gewissen Wasserspannung im Boden entwässert wird.

**Porenklassen:**

Tabelle 1: Porenbegriffe und deren Definition (nach Fühler, 1991)

Begriffsebene	Definition	
<i>Pore</i>	räumliche Vorstellung: Kanäle, Röhren, Gänge, Kapillare, Spaltflächen, Risse physikalische Definition: Porenraumanteil, der in einem bestimmten Wasser- spannungsbereich entwässert wird (Äquivalenzbegriff)	
<i>Porenklassen</i>	<i>Grobporen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kapillar nicht wirksame Poren: <math>d &gt; 7 \text{ mm}</math> Grenzradius <math>r = \text{kapillare Steighöhe } h_K</math> infiltriertes Wasser fließt der Porenwand entlang</li> <li>– Grobporen (= Makroporen): <math>d &gt; 50 \text{ }\mu\text{m}</math> (entspricht einem Matrix- potenzial von <math>\psi_m &gt; -6 \text{ kPa}</math>), enthalten das „Gravitationswasser“; sie werden innerhalb der ersten 1–2 Tage nach einem starken Regen durch Gravitation entwässert.</li> </ul>
	<i>Mittelporen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Grobe Mittelporen (enthalten das für die Pflanzen leicht verwert- bare Wasser) <math>50 \text{ }\mu\text{m} &gt; d &gt; 5 \text{ }\mu\text{m}</math> (<math>-6 \text{ kPa} &gt; \psi_m &gt; -60 \text{ kPa}</math>)</li> <li>– feine Mittelporen (schwer verwertbares Wasser) <math>5 \text{ }\mu\text{m} &gt; d &gt; 0,2 \text{ }\mu\text{m}</math> (<math>-60 \text{ kPa} &gt; \psi_m &gt; -1500 \text{ kPa}</math>)</li> </ul>
	<i>Fein- poren</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinporen (nicht verwertbares Wasser) <math>d &lt; 0,2 \text{ }\mu\text{m}</math> (<math>\psi_m &lt; \text{permanenten Welkepunkt}</math>)</li> </ul>
<i>Porenbereiche</i>	Inter- und Intraaggregatbereich: Porenraum zwischen bzw. innerhalb der feinporigen Bereiche. Entspricht den Zonen mit „mobilem“ und „immobilem“ (stagnierendem) Wasser.	
<i>Porentortuosität</i>	Verhältnis der effektiven Porenlänge zur Dis- tanz zwischen Eintritts- und Austrittsöffnung $\tau = l_p / l$	
<i>Porenkontinuität</i>	Wahrscheinlichkeit, mit der in einem (imagi- nären) Querschnitt durch eine Bodenprobe Pore auf Pore trifft.	
<i>Poreuniformität</i>	Variabilität des Durchmessers (beeinflusst das Ausmaß der Hysterese)	

**Bodengefüge**

Unter dem Bodengefüge wird die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile verstanden (Arbeitsgruppe Boden, 1996). Es wird in das Makrogefüge (im Gelände erkennbar) und Mikrogefüge (mit Hilfe des Mikroskops erkennbar) unterteilt.

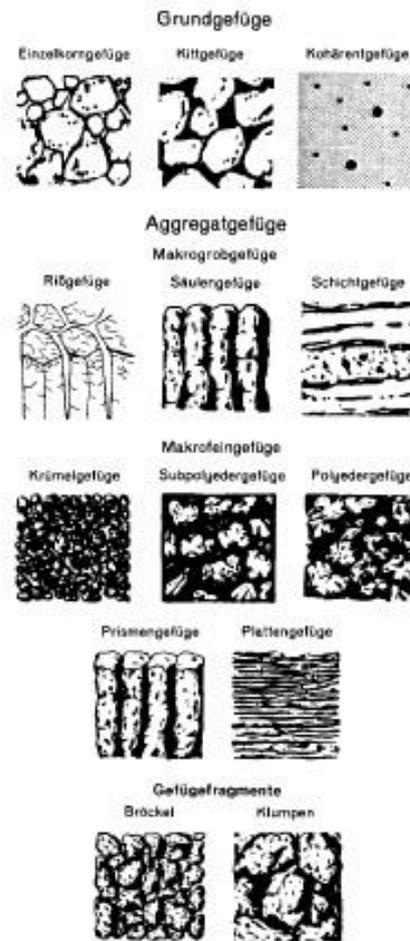


Abbildung 2-1: Formen des Makrogefüges (nach Finnen et al., 1996)

## 2.2 Definition Bodenwasser

### Einteilung des Bodenwassers

Das Wasser im Boden wird in *Grundwasser* und dem Wasser über dem Grundwasserspiegel, der *vadosen Zone* eingeteilt (Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1971).

Grundwasser zeichnet sich dadurch aus, dass es die Hohlräume im Boden lückenlos auffüllt und relativ zum atmosphärischen Luftdruck unter gleichem oder höherem Druck steht.

Über dem Grundwasser, in der vadosen Zone befindet sich die auch als Kapillarsaum bezeichnete Zone. Diese wird unterteilt in:

- geschlossenen *Kapillarsaum* (direkt über dem Grundwasser und wassergesättigt)
- offener *Kapillarsaum* (mit zunehmendem Abstand vom Grundwasserspiegel werden immer feiner Poren mit Luft gefüllt)

Das gegen die Schwerkraft gehaltene Wasser der vadosen Zone wird Haftwasser genannt. Dieses Haftwasser wiederum wird unterteilt in:

- *Kapillarwasser* (wird durch die Menisken im Boden festgehalten, aber besitzt keine direkte Verbindung zum Grundwasser über wassergefüllte Poren).
- Das *Adsorptionswasser* ist direkt an die Oberfläche der Bodenteilchen angelagert und unterteilt sich in Hydratationswasser (an äußeren und inneren Oberflächen durch Hydratation gebunden) und osmotisch gebundenes Wasser (durch die Konzentration der Kationen in der Innenlösung).

Das in der vadosen Zone vorhandene Sickerwasser bewegt sich mit der Schwerkraft, während das Kapillarwasser hauptsächlich in Ruhe verharret.

Zeitweilig kann es auch zum Auftreten von *Stauwasser* kommen, welches sich über einer oberflächennahen (ca. 1,5m) Stausohle ausbilden kann und unter positivem Druck steht.

### **Volumetrischer und gravimetrischer Wassergehalt**

*Volumetrischer Wassergehalt:*

Der volumetrische Wassergehalt, auch als Wasseranteil bezeichnet, gibt das Wasservolumen  $V_w$  bezogen auf das Gesamtvolumen  $V$  an:

$$\frac{\theta}{\%} = \frac{V_w}{V} * 100$$

*Gravimetrischer Wassergehalt:*

Der gravimetrische Wassergehalt, auch als Massenwassergehalt  $\omega$  bezeichnet wird durch die Wassermasse  $m_w$  und die Trockenmasse des Bodens  $m_s$  beschrieben:

$$\frac{\omega}{\%} = \frac{m_w}{m_s} * 100$$

## 2.3 Wasserbewegung im Boden

### Potentialtheorie

#### *Konzept:*

Das Bodenwasserpotential  $\Psi$  entspricht per Definition jener Arbeit, die pro Einheit einer gewählten Bezugsgröße an reinem Wasser aufgewendet werden muss, um eine infinitesimale Menge Wasser von einem Bezugs- oder Ausgangssystem reversibel und isothermal in ein Zielsystem bzw. an den betrachteten Punkt im Boden zu bewegen (Soil Science Society, 1997).

Auf das Bodenwasser wirken unterschiedlichste Kräfte. Daher müssen unterschiedliche Teilpotentiale definiert werden, je nachdem welche Einwirkung die Veränderung vom Ausgangssystem zum Zielsystem verursacht. Das Potenzial ist der Unterschied im Energieinhalt pro Einheit einer gewählten Bezugsgröße und kann als Druck, als Höhe oder als Potenzial selbst ausgedrückt werden.

Es gibt in der Definition der Potentiale unterschiedliche Ansätze. Im Anschluss soll das Konzept der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (Internationale Bodenkundliche Gesellschaft, 1976) als Grundlage für die Erklärung dienen.

$$\Psi_t = \Psi_o + \Psi_g + \Psi_p$$

$\Psi_t$ ...Gesamtpotential

$\Psi_o$ ...Osmotisches-Potential

$\Psi_g$ ...Gravitationspotential

$\Psi_p$ ...Tensiometer- oder Druckpotential

Von Beginn an wurden im Potentialkonzept die Unterschiede im Energieinhalt die das Wasser erfährt wenn es in Kontakt mit der Bodenmatrix tritt berücksichtigt und als Matrixpotential  $\Psi_m$  bezeichnet.

Da der Bodenluftdruck unter Umständen höher liegen kann als der atmosphärische Luftdruck, muss neben dem Matrixpotential noch eine zusätzliche Komponente berücksichtigt werden, nämlich das Gasdruckpotential.

$$\Psi_p = \Psi_m + \Psi_a$$

$\Psi_p$ ...Tensiometer- oder Druckpotential

$\Psi_m$ ...Matrixpotential

$\Psi_a$ ...Gasdruckpotential

In einem ungesättigten Boden wird das Druckpotential einen negativen Wert annehmen. Hingegen unter einem freien Wasserspiegel wird sich ein positiver Wert einstellen.

### *Matrixpotential*

Kräfte unterschiedlicher Ursache und Wirkung wie Oberflächen-, Adsorptions-, Quell- und Schrumpf-, Ionenanziehungs-, Dipolkräfte, elektrostatische Kräfte und andere, wirken auf die Bodenmatrix und stehen somit auch in Wechselbeziehung zum Bodenwasser.

Die Definition des Matrixpotentials ergibt sich aus einem potentialtheoretischen Vergleichssystem. Dadurch lässt sich leicht zeigen, das Wasser, das sich in einem Gefäß befindet und ansonsten dem gleichen Potentialzustand des Bodenwassers entspricht (z.B. Gasdruck,...), sich in den Boden bewegen wird und dabei natürlich Arbeit verrichtet. Daraus lässt sich schließen, dass das Potential des Bodenwassers kleiner ist als das des Vergleichssystems und somit das Matrixpotential negativ ist.

**Anmerkung zu Wasserspannung und Kapillardruck:**

Aufgrund physikalischer Unzulänglichkeit sollten die Begriffe Saugspannung für Matrixpotential und Kapillardruck nicht mehr benutzt werden und durch den Begriff Wasserspannung ersetzt werden. Saugspannung und Kapillardruck besitzen dieselbe Größe wie das Matrixpotential, nur mit negativem Vorzeichen.

$$\Psi_{\text{Wasserspannung}} = -\Psi_{\text{m}}$$

Tensiometer oder Druckpotential:

*„Wenn das osmotische Potenzial im Boden konstant und das Schwerkraftpotenzial bzw. die Höhe über dem Referenzniveau bekannt sind, verbleibt als maßgebliche Größe für den die Bodenwasserbewegung bestimmenden Gradienten des Gesamtpotenzials das Tensiometer- oder Druckpotenzial.“ (Soil Science Society, 1997)*

Schon 1976 stellte die Kommission der IBG fest, dass die Aufteilung des Gesamtpotenzials in einzelne Teilpotenziale sehr sorgfältig geschehen muss, weil sich die auf das Bodenwasser wirkenden, den einzelnen Potenzialen zugeordneten mannigfaltigen Kräfte gegenseitig beeinflussen können.

Dieser Schwierigkeit ist man im Glossary of Soil Science Terms (Soil Science Society, 1997) insofern aus dem Weg gegangen, als man das Gesamtpotenzial aus osmotischem, Schwerkraft- oder Gravitationspotenzial, Matrixpotenzial (bzw. hydrostatischem Potenzial) und dem Gasdruckpotenzial zusammengesetzt hat (Kammerer & Loiskandl, 2008).

*über dem Grundwasserspiegel*

$$\Psi_{\text{t}} = \Psi_{\text{o}} + \Psi_{\text{g}} + \Psi_{\text{m}} + \Psi_{\text{a}}$$

*unter dem Grundwasserspiegel*

$$\Psi_t = \Psi_o + \Psi_g + \Psi_h + \Psi_a$$

Das Tensiometer- Druckpotential wird von einigen Autoren im Grundwasserbereich als hydrostatisches Potential  $\Psi_h$  bezeichnet.

#### *Osmotisches Potential*

Wassermoleküle besitzen aufgrund ihrer Dipolarität (elektrisches Feld) eine Anziehungskraft auf die Ionen in einer Lösung aus. Die Wassermoleküle gruppieren sich (Hydratation) um ein Ion um ihr eigenes Energieniveau zu reduzieren (Jury, Gardner, & Gardner, 1991).

Daher ergibt sich immer eine Bewegung von einem Ort der höheren Konzentration eines Stoffes zu einem Ort mit niedrigerer Konzentration eines Stoffes, wenn eine Verbindung besteht. Gleichzeitig verhält sich die Bewegungsrichtung von Wasser in genau umgekehrter Art und Weise und bewegt sich zum Ort mit der höheren Konzentration eines Stoffes.

Das Bezugssystem für den osmotischen Druck enthält per Definition reines Wasser. Es muss Arbeit verrichtet werden um Wasser von einem vorhandenen System (mit Ionen in Lösung) in ein Bezugssystem (reines Wasser) zu überführen. Folglich ist der Energiestatus des Bodenwassers bzw. des vorhandenen Systems geringer als des Bezugssystems und daher das osmotische Potential  $\Psi_o$  immer negativ.

Um das osmotische Potential zu quantifizieren, wird der osmotische Druck bestimmt. Zur Erklärung eignet sich bestens das relativ einfache Beispiel der „pfefferschen Zelle“ (Vogel, 1999).

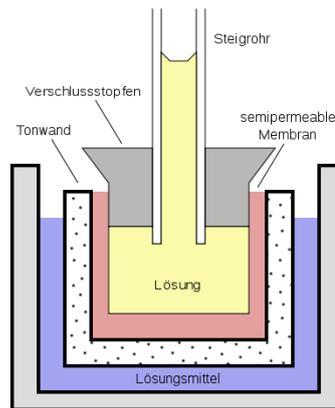


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung einer Pfeffer'schen Zelle (Wikipedia, 2011)

Dabei wird eine zu untersuchende Lösung in ein Gefäß, welches mit einer semipermeablen Wand bzw. Membran umgeben ist, eingefüllt. Zusätzlich wird das Gefäß verschlossen und ein Steigrohr angebracht um etwaige Druckveränderungen beobachten zu können. Das Gefäß mit der Lösung wird in ein größeres Gefäß mit reinem Wasser getaucht. Die Bewegung vom Wasser durch die semipermeable Membran in das Gefäß mit der Lösung hinein verursacht einen Druckanstieg welcher über das Steigrohr beobachtet werden kann. Der Druck steigt solange bis der hydrostatische Druck so groß ist, dass ein weiteres Eindringen von Wasser nicht mehr möglich ist. Dieser Druck entspricht dann dem osmotischen Druck der Lösung.

In Folge kann das osmotische Potential durch den osmotischen Druck ausgedrückt werden.

$$\Psi_0 = \frac{\Pi}{\rho_{SL}}$$

$[\Psi_0] = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

osmotisches Potenzial

$[\Pi] = \text{Pa}$

osmotischer Druck

$[\rho_{SL}] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Dichte der Salzlösung, zumeist nur geringfügig größer als die reinen Wassers

### *Weitere Potentiale*

Auf weitere Potentiale, wie z.B. das Wasserdampfpotential wird hier nicht näher eingegangen um nicht den Rahmen der Masterarbeit zu sprengen.

### **Kapillares Leitvermögen**

Die Vadose Zone ist als jener Bereich definiert, welcher sich über dem Grundwasser befindet.

Das weithin Anwendung findende Fließgesetz von Darcy, das für den gesättigten Bereich, insbesondere in der Grundwasserhydraulik gültig ist, wird um auch den Transport im ungesättigten Bereich beschreiben zu können erweitert. Diese Erweiterung ermöglicht es, dass das Gesetz von Darcy auch im ungesättigten Bereich zur Anwendung kommen kann.

Ersetzt wird das hydraulische Potential durch das Potentialkonzept der Bodenphysik und der Durchlässigkeitsbeiwert als konstanter Proportionalitätsfaktor durch die vom Sättigungsgrad abhängige, variable Wasserleitfähigkeit (Kammerer & Loiskandl, 2008).

$$q = k * I$$

[q] = m/s	Durchflussrate, Filtergeschwindigkeit; besitzt die Dimension $L^3 \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}$
[k] = m/s	Wasserleitfähigkeit. $k$ umfasst den Durchlässigkeitsbeiwert im Zustand voller Sättigung und das kapillare Leitvermögen bei Teilsättigung
[I] = dim.lös	Energiegefälle, Gradient der Gesamtpotenzialhöhe $H$ . $H$ setzt sich vornehmlich aus der Lagehöhe und der Druckhöhe zusammen. Während die Druckhöhe im Grundwasser praktisch immer positiv ist, herrscht in der vadosen Zone eine negative Druckhöhe vor.

Das Gesetz von Darcy reicht für die meisten Fälle aus die Wasserbewegung im ungesättigten Bereich zu beschreiben. Dennoch gibt es Phäno-

mene wie „Fingering“ (die zufällige Ausbildung von bevorzugten Wasserbewegungskanälen), die die Wasserbewegung nicht nur verändern können sondern auch dominieren.

### Matrixpotential-Wasseranteilsbeziehung

In der Wasseranteils-Matrixpotentialbeziehung wird der Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Energiezustand des Wassers beschrieben. Dieser Energiezustand des Wassers wird durch den Boden bzw. durch die im Boden wirkenden Kräfte (vor allem Kapillar- und Adsorptionskraft) beeinflusst. Genauere Informationen dazu wurden bereits im vorangegangenen Kapitel 2.3 gegeben.

Die Matrixpotential-Wasseranteilsbeziehung wird im Englischen und Deutschen als Soil Water Characteristics (SWC) abgekürzt. Zusätzlich gibt es noch eine Vielzahl von anderen mehr oder weniger gängigen Bezeichnungen wie Rückhaltekurve, Sorptions- oder Desorptionskurve, Retentionsfunktion, Saugspannungs-Wassergehaltskurve, SW-Linie, Bodenwassercharakteristik oder pF-Kurve.

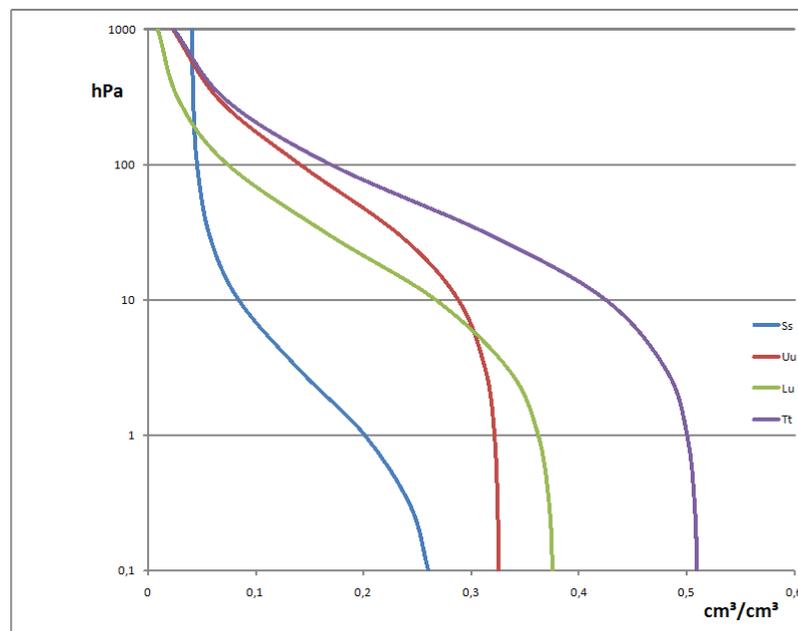


Abbildung 2-3: SWC Beziehung für Sand, toniger Lehm, Ton

Unterschiedliche Böden (Sand, Lehm, Ton) verfügen über unterschiedlich ausgebildete SWC-Kurve (in diesem Falle als pF-Kurve dargestellt) verfügen. Der Grund dafür liegt in der unterschiedlichen Verteilung der Porengröße. Die SWC-Kurve ist eine Summenkurve des wassergefüllten Porenvolumens bezogen auf das Gesamtvolumen bei abnehmendem Matrixpotential. Wenn der gesamte Porenraum mit Wasser gefüllt ist, ist der max. Wassergehalt erreicht (Hartge & Horn, 1999).

Darüber hinaus lässt sich aus Abbildung 2-3: SWC Beziehung für Sand, toniger Lehm, Ton, auch leicht der pflanzenverfügbare Wasseranteil eines Bodens bestimmen und gibt somit wichtige Auskünfte über die agrarökonomisch wichtigen Eigenschaften des Bodens.

## **3 Methoden**

### **3.1 Arbeitsmethode**

Für die Darstellung der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Bodenwassergehaltes werden der Bodenwassergehalt und die Kornverteilung erhoben. Mit Hilfe dieser Daten kann eine Oberfläche erzeugt werden welcher ein statistisches Modell zu Grunde liegt. Das gewählte Modell zur geostatistische Auswertung soll die Verteilung des Bodenwassergehalts bestmöglich Darstellen.

Durch die räumliche Interpretation sollen Tendenzen visuell erkennbar gemacht werden die dann, falls festgestellt, weiter untersucht werden.

Im nächsten Schritt wird die Qualität der gesammelten Daten mit einem statistischen Test ermittelt. Auch soll untersucht werden ob es Auffälligkeiten in der Verteilung der Punkte in der Stichprobe gibt.

Aus der räumlichen Darstellung und der statistischen Auswertung sollte eine Interpretation des Sachverhaltes möglich sein.

### **3.2 Probenraster**

Für den Probenraster wurde eine einfache Struktur gewählt. Der Schwerpunkt wurde entlang der Pflanzenreihen mit eingebauter Sensorik gesetzt. Entlang dieser Pflanzenreihen wurden in einem gleichmäßigen Abstand von 0,40 und 0,60 m (siehe Abbildung 3-1: und Abbildung 3-5: Messstellen im Querprofil mit den spezifischen Abständen von 0,40 m und 0,60 m) die Messpunkte festgelegt.

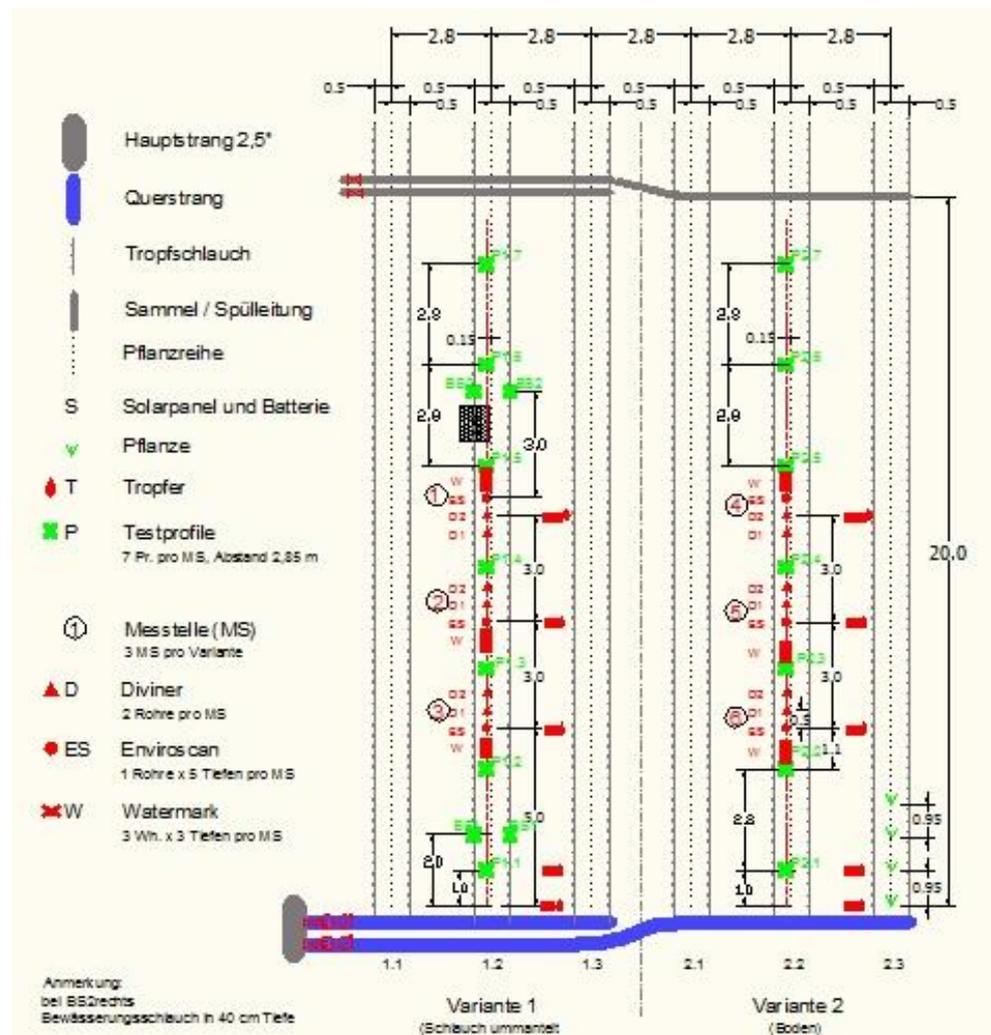


Abbildung 3-1: Lageplan der Sensorik

Entlang der ausgewählten Pflanzenreihen, wurden die 6 Sensoren Gruppen eingebaut. Diese Sensoren Gruppen wurden um ca. 10 cm von den Pflanzenreihen nach außen verschoben.

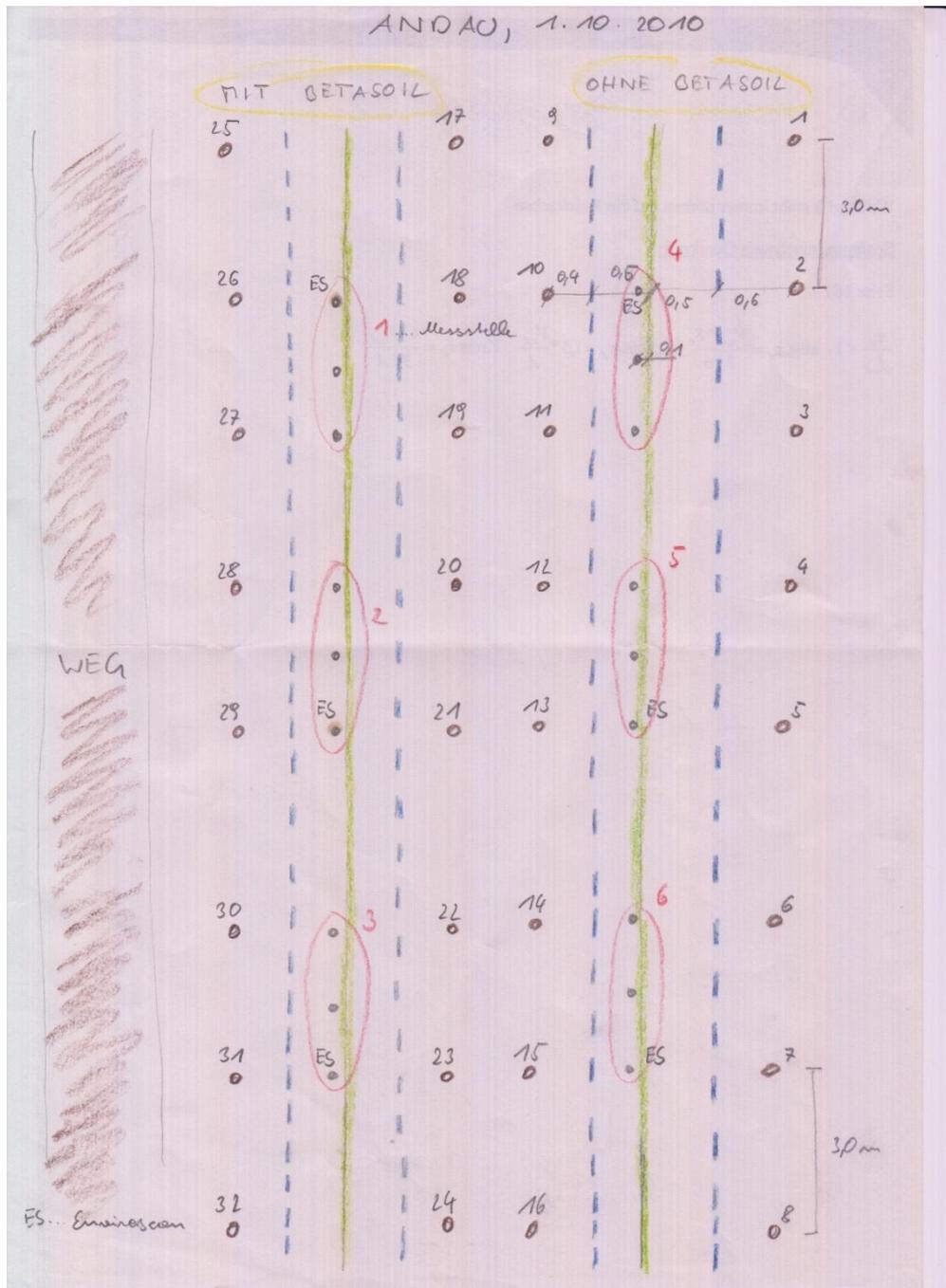


Abbildung 3-2: Skizze des Probenrasters mit Nummerierung für den Termin\_03

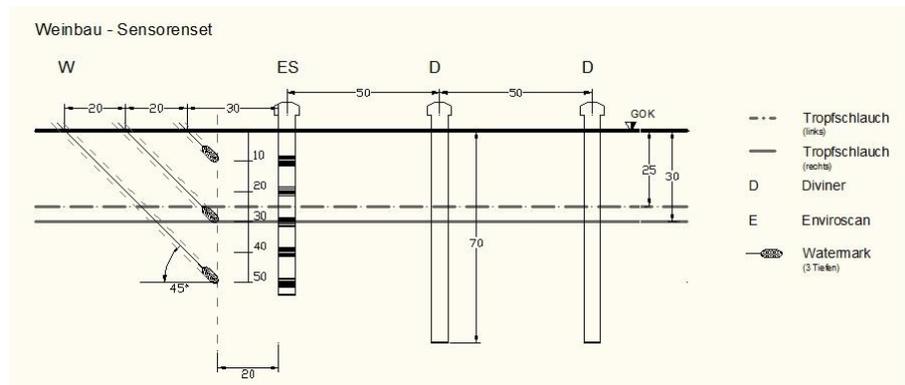


Abbildung 3-3: Eingebautes Sensorenset im Profil mit Bewässerungsschlauch beim Sensorenset 1

### Beschreibung der im Boden eingebauten Sensorik

Watermarks:

„Der Watermark dient der Bestimmung der Wasserspannung im Boden. Entsprechend dem Potentialgradienten wird Bodenwasser vom Blocksensor abgegeben oder aufgenommen. Im Idealfall erreichen die Wasserspannungswerte im Boden und im Blocksensor ein Gleichgewicht. Die Wasserspannung im Block wird jedoch nicht direkt gemessen sondern wird von der zwischen den zwei konzentrisch im Sensor angeordneten Elektroden gemessenen Leitfähigkeit abgeleitet.“ (Feiersinger, 2004)

Enviroscan und Diviner:

Die aktuell angewandten Techniken unterscheiden zwischen TDR und FDR.

„TDR beruht darauf, dass Wasser eine höhere Dielektrizitätskonstante hat als Feststoff. Es wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit und Abschwächung elektromagnetischer Wellen hoher Frequenzen gemessen.“ (Kastenek, 2005)

„Die elektrische Kapazität, die sich um den Sensor einstellt ist abhängig von der Zusammensetzung des Boden- Wasser- Luft- Kontinuums und somit auch stark abhängig von einem guten Kontakt zwischen Sensor und Boden.“ (Zartl, Cepuder, & Loiskandl, 2001)

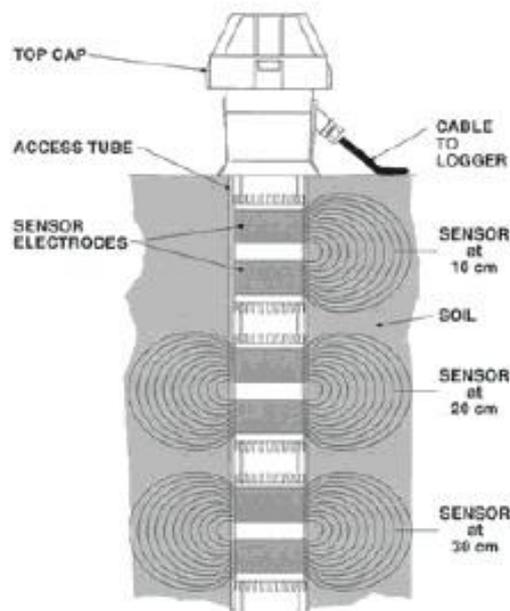


Abbildung 3-4: EnviroSCAN-Sonde mit Sensoren und Feldausbreitung

„TDR- und kapazitive-Systeme verwenden zwei oder mehrere Elektroden um zwischen ihnen den Wassergehalt des Bodens durch Messung der dielektrischen Eigenschaften zu bestimmen. Beide Methoden verwenden die Permittivität des umliegenden Bodens um damit den Wassergehalt zu ermitteln, welches ein Charakteristikum der Wasser-Boden-Mischung ist. Abbildung 3-4: EnviroSCAN-Sonde mit Sensoren und Feldausbreitung zeigt eine EnviroSCAN-Sonde (kapazitiver Multisensor) und deren jeweils zwei zylindrische Elektroden pro Sensor mit Feldausbreitung. Bei den TDR Sensoren wird aus der Laufzeit bestimmt und bei den kapazitiven Sensoren durch die Schwingungsfrequenz.“ (Loiskandl & Strauss-Sieberth, 2009)

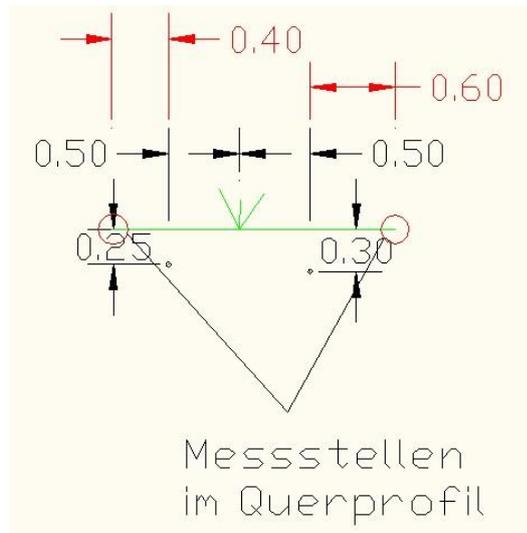
**Messstellen im Querprofil:**

Abbildung 3-5: Messstellen im Querprofil mit den spezifischen Abständen von 0,40 m und 0,60 m

Da die Bodenwasseranteils Messungen der Enviroscan Sensoren und der Diviner Messungen auf beiden Seiten der Pflanzenreihe in unterschiedlichen Abständen durchgeführt wurden, musste auch bei der Festlegung des Probenrasters auf diesen Umstand eingegangen werden. Daher wurden die Abstände so gewählt, dass wenn der Abstand der Sensoren (welche um 0,10 m zur Pflanzenreihe verschoben sind) vom Bewässerungsschlauch im Untergrund 0,40 m entfernt sind, folglich auch die Probestellen im selben Abstand vom Bewässerungsschlauch (nur auf der anderen Seite) angeordnet wurden.

Es wurden insgesamt 32 Probestellen festgelegt welche jeweils in 7 Profiltiefen unterteilt wurden:

Tabelle 2: Einteilung und Tiefe der Profilebenen

Profilebenen	cm
①	5 - 15
②	15 - 25
③	25 - 35
④	35 - 45
⑤	45 - 55
⑥	55 - 65
⑦	65 - 75

**Probenahme**

Die Probe Entnahme erfolgt mit Hilfe von *Bohrstöcken*, die einfach markiert werden um sie nicht zu tief in den Boden einzuschlagen. Diese werden dann vor dem Herausziehen gedreht um die Bodensäule im Bohrstock auch vom umgebenden Boden abzutrennen. Zuletzt wird der Bohrstock langsam und gleichmäßig gezogen.



Abbildung 3-6: Einschlagen eines Bohrstockes

Anschließend wird mit Hilfe eines Zollstabes das gezogene Bodenprofil im Bohrstock in die gewünschten Profiltiefen eingeteilt und vorsichtig in Plastiksäcke abgefüllt. Es werden Plastiksäcke verwendet weil eine sofortige Wägung im Feld leider selten sofort möglich ist. Wenn doch eine Wägung der Proben gleich im Anschluss an die Probenahme erfolgen kann, sind Papiersäcke zu bevorzugen. Da diese bei der Trocknung im Ofen nicht miteinander verschmelzen und somit Ungenauigkeiten und Fehler vermieden werden können. Weiterst ist der Arbeitsaufwand auch um einiges geringer.



Abbildung 3-7: Einteilung der Profiltiefen am Bohrstock

### **Probenanzahl und Analyse**

Für einen Termin ergeben sich:

32 Probestellen mit jeweils 7 Profiltiefen. Das ergibt für einen Termin 224 Bodenproben („Sackerl“) die auf Bodenwassergehalt analysiert werden.

In Summe wurden für alle drei Termine 672 Proben genommen und auf Bodenwassergehalt analysiert.

Aus den 672 Proben wurden 42 Mischproben hergestellt. Normalerweise würde eine Kornverteilung für jeden Punkt notwendig sein, doch nach Rücksprache mit einem der Betreuer des Versuches, Dipl. Ing. Reinhard Nolz, wurde entschieden, dass eine Mischprobe pro Sensoren-Gruppe und Profilebene genug ist. Da das Feld schon seit Jahrzehnten landwirtschaftlich genutzt wird, ist davon auszugehen, dass zumindest in den oberen 0,40 m die Homogenisierung durch das jährliche Pflügen und Vermischen des Bodens schon sehr gut gegeben ist.

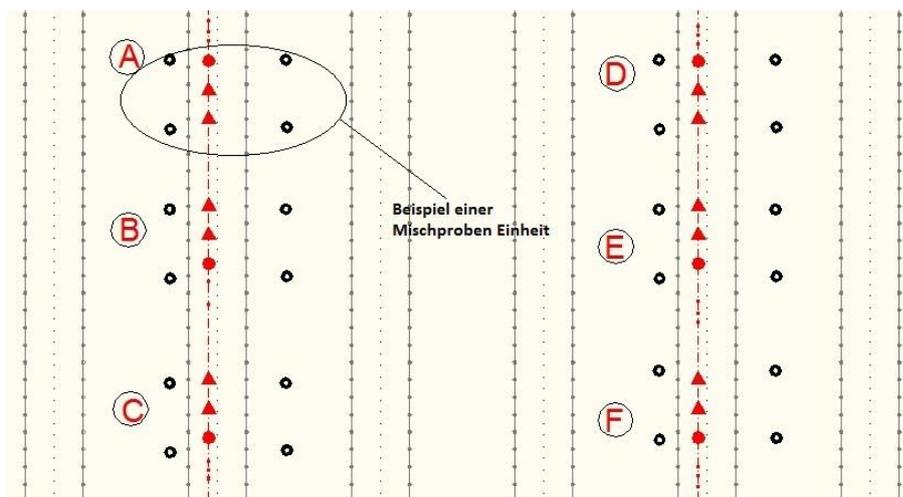


Abbildung 3-8: Mischprobenskizze

Insgesamt gibt es 6 Sensoren-Gruppen (siehe Abbildung 3-1: Lageplan der Sensorik) mit jeweils 4 Probestellen. In jeder Profilebene wurden die 4 Proben vermengt und eine homogene Probe daraus gezogen. Diese wurden dann mit Hilfe von Nasssiebung und Schlämmanalyse (Kubiena) bearbeitet, um daraus eine Kornverteilungskurve zu erstellen (siehe Kapitel 2 Methoden).

Tabelle 3: Auflistung der Probenmenge und durchgeführten Analysen

Anzahl Proben (alle 3 Termine)	672
Bodenwassergehalt-Analysen	672
Kornverteilungs-Analysen	42

### Zeitpunkte der Probenentnahme

Die Zeitpunkte der Probenentnahme wurden nicht zufällig gewählt. Ursprünglich wurde davon ausgegangen, dass am Anfang der Saison es eher feuchte, dann mittlere und gegen Ende eher trockene Zustände herrschen und somit die Bewässerungsgaben über die Verteilung der Termine gut nachvollzogen werden können.

Aufgrund des niederschlagreichen Jahres 2010, war in dem Bewässerungsversuch im Weinbau gar keine Bewässerung notwendig.

Die Probestermine<sup>5</sup>:

- 29. Juni 2010
- 11. August 2010
- 1. Oktober 2010

Zu allen drei Terminen herrschten gute Witterungsbedingungen (sonniges Wetter) und bei allen drei Probestermine relativ gleiche Bedingungen der Wetterlage und Temperatur.

### 3.3 Korngrößenverteilung

*„Für die Trennung der Fraktionen stehen prinzipiell drei Methoden zur Verfügung. Der Grobboden wird grundsätzlich durch eine Trockensiebung in einzelne Korngrößenfraktionen aufgeteilt. Der Sandanteil des Feinbodens wird durch eine Nasssiebung abgetrennt und eventuell in Unterklassen aufgeteilt. Die Massenanteile an Schluff und Ton werden durch das Pipetteverfahren nach KUBIENA bestimmt. Welche der Methoden zur Anwendung gelangen, hängt von der Bodenprobe und vom Zweck der Untersuchung ab.“ (Klik, Cepuder , & Kammerer, 2009)*

*„Die Bestimmung erfolgt in Anlehnung an die ÖNORMEN L 1061–1 [2002] und L 1061–2 [2002]. Die Analyse dient der Bestimmung der Massenanteile des Grobbodens und der Feinboden-Körnungsgruppen (Korngrößenklasse) Sand (S), Schluff (U) und Ton (T) von Mineralböden. Als Feinboden wird der Siebdurchgang < 2 mm bezeichnet, der Rückstand als Grobboden oder Bodenskelett.“ (Klik, Cepuder , & Kammerer, 2009)*

---

<sup>5</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auf die Probestermine mit 01, 02 und 03 verwiesen.

Tabelle 4: Korngrößenklassen des Feinbodens nach ÖNORM L 1050  
[1992]

Bezeichnung	Kurzzeichen	Bereich des Äquivalentdurchmessers
Sand	S	$2 \text{ mm} > d \geq 0,063 \text{ mm}$
Grobsand	gS	$2 \text{ mm} > d \geq 0,63 \text{ mm}$
Mittelsand	mS	$0,63 \text{ mm} > d \geq 0,2 \text{ mm}$
Feinsand	fS	$0,2 \text{ mm} > d \geq 0,063 \text{ mm}$
Schluff	U	$0,063 \text{ mm} > d \geq 0,002 \text{ mm}$
Grobschluff	gU	$0,063 \text{ mm} > d \geq 0,02 \text{ mm}$
Mittelschluff	mU	$0,02 \text{ mm} > d \geq 0,0063 \text{ mm}$
Feinschluff	fU	$0,0063 \text{ mm} > d \geq 0,002 \text{ mm}$
Ton	T	$0,002 \text{ mm} > d$

Tabelle 5: Überblick über die Verfahren zur Trennung verschiedener  
Kornfraktionen

Korngrößenklasse	Fraktion	Verfahren
$d \geq 2 \text{ mm}$	Grobboden	Trockensiebung Grobboden
$2 \text{ mm} > d \geq 0,063 \text{ mm}$	Sand	Nasssiebung Feinboden
$0,063 \text{ mm} > d$	Schluff und Ton	Pipetteverfahren nach KUBIENA

### **Probenvorbereitung für die Feinbodenanalyse**

„Das Vorbereiten einer lufttrockenen Feinbodenprobe ist nur für die Urprobe (bei geschätztem Grobbodenanteil  $< 10 \%$ ) erforderlich. Wenn eine Grobbodenanalyse erfolgte, kann unmittelbar der Siebdurchgang  $2,0 \text{ mm}$  herangezogen werden. Pro Parallelprobe für die Feinbodenanalyse sind  $100 \text{ g}$  für die Feinsiebung plus  $20 \text{ g}$  für das Absetzverfahren erforderlich.

### **Ansetzen der Proben für die Feinsiebung und für das Absetzverfahren**

Für die Feinsiebung und für das Absetzverfahren werden Parallelproben in getrennten Zylindern angesetzt.

### **Nasssiebung des Feinbodens**

Die Nasssiebung des Feinbodens dient zur Bestimmung des Sandanteils am Feinboden und zur weiteren Unterteilung der Sandfraktion. Bei Böden mit geringem Grobkornanteil – bei denen eine Grobsiebung unterblieb – erfolgt auch die Aufteilung der Gesamtprobe in Grob- und Feinbodenanteil.

### ***Pipetteverfahren nach KUBIENA***

*Das Pipetteverfahren ist ein Absetzverfahren und dient zur Bestimmung des Schluff- und des Tonanteiles am Feinboden.“ (Klik, Cepuder , & Kammerer, 2009)*

## **3.4 Geostatistische Interpolationsmethoden**

Im ArcGis und Surfer sind eine Vielzahl an statistischen Modellen implementiert. Von punktuellen Informationen auf eine größere Fläche schließen zu können ist die Kunst der Geostatistik.

Das Problem ist das richtige statistische Modell für die zu untersuchende Fragestellung zu finden. Dies ist eine Kunst die sehr viel Erfahrung mit den zu Verfügung stehenden Modellen bedarf. Es muss vor allem ein Grundverständnis über die Eigenschaften der Modelle vorhanden sein um auch entscheiden zu können ob die Charakteristik zur Auswertung geeignet ist. Es wird im Kapitel 3.4 ausführlich auf die Wahl des richtigen statistischen Modells eingegangen. Dort wird auch auf die Eigenschaften des gewählten Modells eingegangen.

Auch Untersuchungen der Datenqualität (Güte des Zusammenhanges) wurden durchgeführt und sind anhand von z.B. Variogrammen dargestellt (siehe Kapitel 6.2).

### **Welche statistische Methode?**

Die durch die Beprobung der Versuchsfläche in Andau erhaltenen Daten wurden ins ArcGis eingegeben und mit Kriging als statistischem Auswertungsmodell darzustellen (siehe folgendes Kapitel: Analyse mit Kriging im ArcGis).

Nach einer ersten Analyse und Durchsicht der Daten wurde mit den Betreuern (insbesondere mit Prof. Fuchs<sup>6</sup>) Rücksprache gehalten. Aufgrund seiner Empfehlung orientierte sich die Art der Analyse und die Wahl der statistischen Methode neu. Die Idee war, ein für die Analyse besser geeignetes Modell zu wählen, welches für die relativ geringe Datenmenge ein „besseres“ Verhalten zu Tage legt.

---

<sup>6</sup> Beschäftigt am Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL)

In den folgenden Kapiteln wurde chronologisch der Arbeitsablauf zur Wahl des schließlich verwendeten Modells dargestellt. Weiterst wurden auch andere statistische Methoden kurz angerissen, die auch versucht wurden und dann aufgrund von entdeckten Mängeln und Problemen nicht als geeignete Werkzeuge ausgeschieden wurden.

Da in Profilebene\_03 der Bewässerungsschlauch verläuft wird dieser Profilebene besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die in diesem Kapitel angeführten Auswertungen und Berechnungen beziehen sich ausschließlich auf die Profilebene\_03.

### **Datenanalyse mit Hilfe von Kriging im ArcGis**

Bei Kriging handelt es sich um ein bekanntes geostatistisches Verfahren, welches zur Interpretation von räumlichen, insbesondere zur Interpolation von räumlichen Daten dient. Es gibt unterschiedliche Kriging Methoden wie z.B. Ordinary Kriging, Fuzzy Kriging,...

Zum Beispiel das *Ordinary Kriging* basiert auf einer linearen Kombination von gemessenen Werten. Es werden benachbarte Messstellen betrachtet und die Varianz<sup>7</sup> des Wertes von der theoretischen Funktion ermittelt. Als Ergebnis erhält man den Schätzwert und die Schätzvarianz, womit auch die Größe des Schätzfehlers angegeben werden kann (Nachtnebel, 2009).

Bei der Eingabe der Daten des Bodenwassergehaltes wurde eine Aufteilung in 7 Profilebenen gewählt, um die Handhabung der dadurch erzeugten Bilder und Modelle zu vereinfachen. Profilebenen (Profilebene\_01,..., bis Profilebene\_07) wurden im Attribute Fenster (z.B. Attributes of Profilebene\_01) sortiert und den Punkten der Probenahme, welche auf dem Lageplan punktgenau eingezeichnet wurden zugeordnet. Dabei ist darauf zu achten, dass auch die richtigen Attribute den richtigen ObjectID zugeordnet werden. Dies kann durch zwei Befehle im Attribute Fenster kontrolliert werden. Mithilfe von FLASH oder IDENTIFY lassen sich die ausgewählten Punkte mit den dazugehörigen Attributen (in unserem Fall Bodenwassergehalt-Werten) anzeigen und eindeutig zuordnen.

---

<sup>7</sup> Die Varianz ist ein Maß für die Abweichung vom Erwartungswert ( $\sigma^2$ )

OBJECTID	SHAPE	BWG Termin01	BWG Termin02	BWG Termin03
1	Point	18,76	14,93	18,74
2	Point	18,15	17,24	17,219999
3	Point	13,18	16,049999	17,719999
4	Point	11,38	14,61	20,08
5	Point	12,38	17,790001	18,33
6	Point	10,67	16,379999	17,57
7	Point	14,21	17,02	18,4
8	Point	17,91	13,64	18,620001
9	Point	14,67	15,31	16,49
10	Point	19	17,84	18,57
11	Point	18,49	17,299999	17,32
12	Point	17,25	17,09	16,93
13	Point	15,06	18,84	16,76
14	Point	16,77	14,8	17,190001
15	Point	18,68	15,39	18,32
16	Point	15,46	15,36	17,469999
17	Point	19,059999	16,530001	17,709999
18	Point	11,15	17,35	16,99
19	Point	10,57	16,049999	17,02
20	Point	12,64	15,09	16,32
21	Point	11,13	15,21	139,25999
22	Point	10,65	16,780001	16,74
23	Point	11,49	15,09	16,23
24	Point	14,33	16,00000	17,01

Abbildung 3-9: Attribute Tabel im ArcGis; Eingegebene Bodenwassergehalte

Das Anlegen von weiteren „Feature Classes“ mit der Kennung der einzelnen Profilebenen und der Eingabe der Bodenwassergehaltsdaten zu den drei Terminen ist in Abbildung 3-9: Attribute Tabel im ArcGis; Eingegebene Bodenwassergehalte, nachzuvollziehen.

Bei der ersten Darstellung wurde der gesamte Plot<sup>8</sup> flächig dargestellt. Die gesamte Fläche wurde mit einer relativ geringen Anzahl an Stichproben berechnet. Dafür wurde Universal Kriging mit einer starken globalen Gewichtung der Punkte herangezogen (ansonsten die Grundeinstellungen wie z.B. anisotrop nicht verändert). Natürlich birgt dieses Verfahren Fehlerquellen und steht in starkem Zusammenhang mit dem Umfang der Daten.

<sup>8</sup> Plot = Versuchsfläche

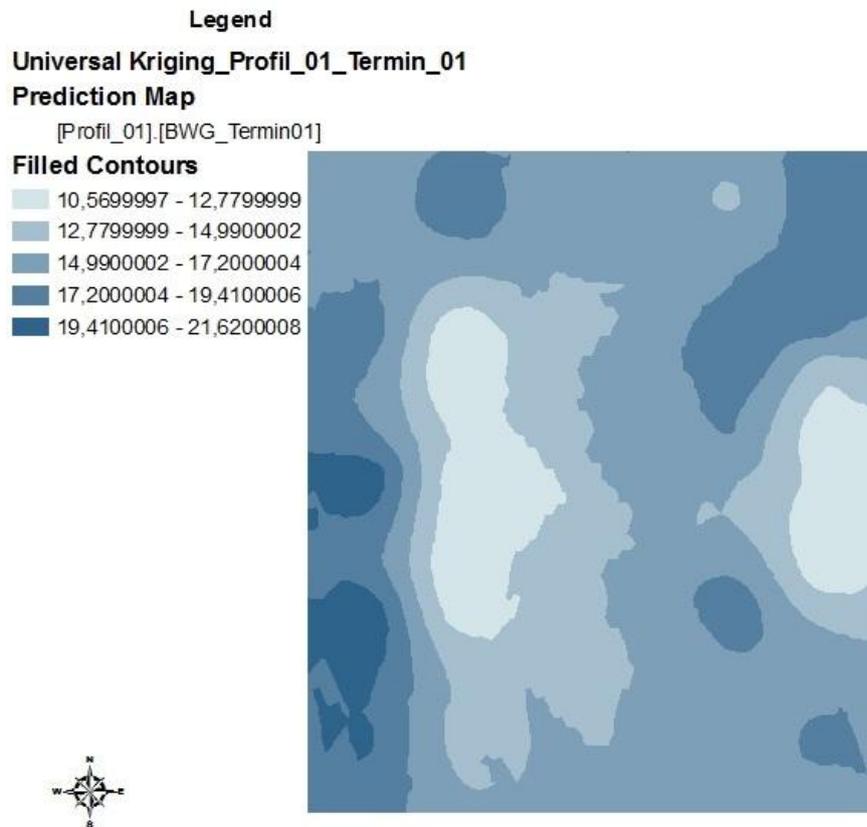


Abbildung 3-10: Bodenwassergehaltsverteilung auf gesamter Versuchsfläche der Profilebene\_01\_Termin\_01

Für eine Überprüfung des statistischen Modells und der dadurch erzeugten Darstellung wurde die Versuchsfläche in zwei Streifen geteilt. Je Streifen stehen jeweils 16 Stichproben zur Verfügung. Aufgrund von Erfahrungswerten und den gegebenen Örtlichkeiten wird Vermutet, dass der Zusammenhang zwischen den Stichproben eher ein länglicher (in Richtung der Bewässerungsleitungen) sein wird. Auch das Probennetz, das sich entlang der Sensoren Gruppen und somit auch entlang der Bewässerungsleitung orientiert führt dazu, dass auch statistisch in langgestreckter Richtung einen besseren Zusammenhang der Daten vorhanden ist.

Der Vergleich der beiden Ansätze zwischen Einzel Streifen und der Gesamtfläche, bedarf einiger kleiner „Tricks“ um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Es ist darauf zu achten, dass die gleiche Klassengröße in

der Darstellung, mit den gleichen maximalen und minimalen Werten gewählt wird. Ansonsten kommt es zu Darstellungsfehlern, welche eine falsche Interpretation der Ergebnisse zur Folge haben. Selbst banale Einstellungen wie die der Farbskala stellen gewisse Fehlerquellen dar, wenn bei der Darstellung nicht auf eine Vereinheitlichung der Ergebnisse geachtet wird.

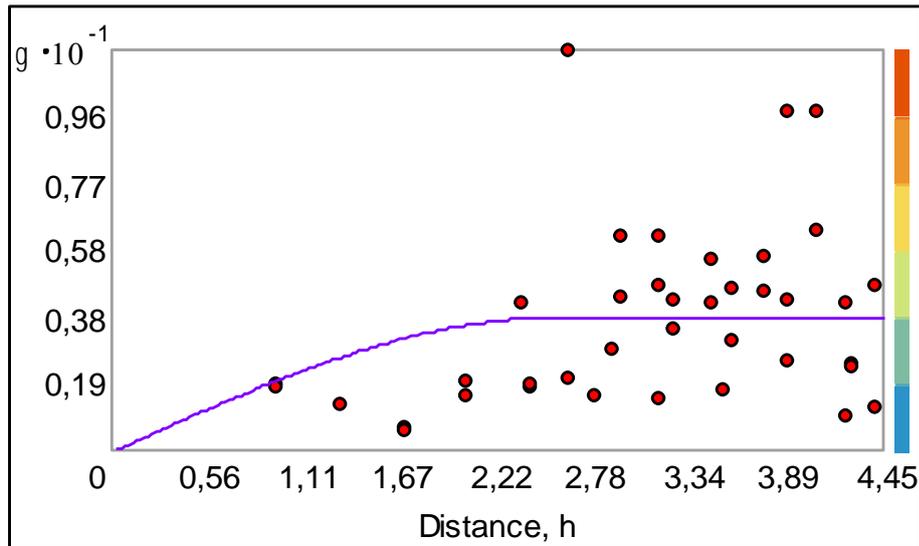


Abbildung 3-11: Semivariogramm für Profil\_01\_Termin\_01

Aus dem Semivariogramm lässt sich sehr schnell der schlechte räumliche Zusammenhang der Messpunkte aneinander ablesen. Fast alle Punkte liegen über dem Bereich des Schwellenwertes.

Weiterst wurde versucht mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Messpunkte durch „Universal Kriging“ eine statistisch berechnete Verteilung des Bodenwassergehalts zu erstellen (Abbildung 3-12: Bodenwassergehaltsdarstellung in der Profilebene\_01\_Termin\_01). Durch die anisotrope Einstellung der Eigenschaften und der Gewichtung der Daten mit 90 % globalem Zusammenhang wurde ein klarer Trend sichtbar.

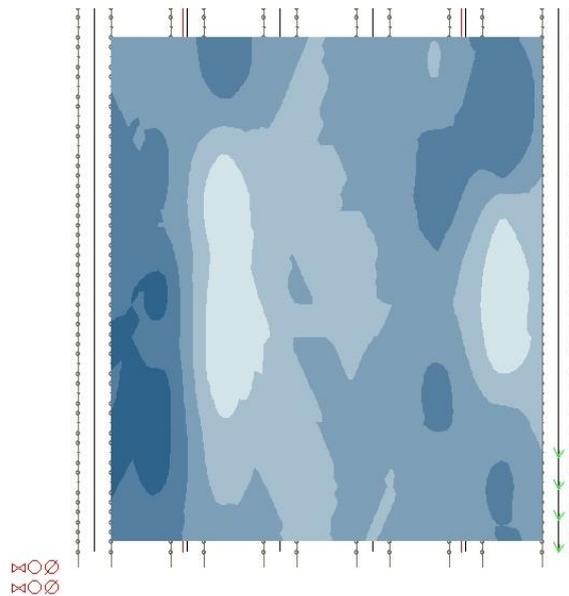


Abbildung 3-12: Bodenwassergehaltsdarstellung in der Profilebene\_01\_Termin\_01

Entlang der Bewässerungsleitungen ist der Verlauf der Orientierung der Wassergehaltsverteilung zu erkennen. Die hier abgebildeten Daten entsprechen dem Profil\_01 zum Termin\_01 (0,05-0,15 m Bodentiefe) und somit dem obersten Bodenprofil, welches über die größten Schwankungsbreiten und Unsicherheiten verfügen könnte, da eine Probenentnahme im oberen Bereich nur sehr schwer möglich ist und Fehler bei der Entnahme durch die geringe und schütterere Probenmenge im oberen Bereich sehr schnell passieren können. Aufgrund der Ausbildung des Semivariogramms (Abbildung 3-13: Semivariogramm von Profilebene\_01\_Termin\_01) lässt sich sehr rasch erkennen, dass der räumliche Zusammenhang der durch das statistische Modell erzeugten Daten kein sehr guter ist.

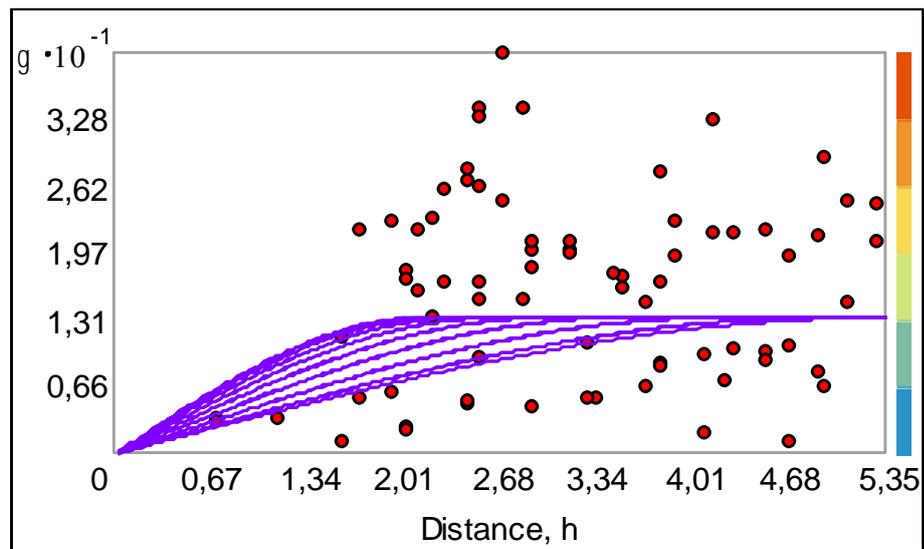


Abbildung 3-13: Semivariogramm von Profilebene\_01\_Termin\_01

Nach eingehender Beratung mit Prof. Fuchs vom Departement Vermessung und Fernerkundung, wurde sehr schnell klar, dass eine Weiterführung der statistischen Bearbeitung der Daten mit Hilfe von Kriging (Universal und oder Ordinary) nicht zielführend ist und eine typische „mit Kanonen auf Spatzen Schießübung“ darstellt.

**Ablehnung von Kriging aufgrund von:**

- Anzahl der Messpunkte (Kriging wird bei einer sehr viel größeren Anzahl von Daten bzw. Messpunkten eingesetzt).
- Verteilung der Messpunkte (sehr einseitig und nicht regelmäßig über die zu untersuchende Fläche verteilt).

### Inverse Distance Weighting

„Inverse Distance Weighting“ ist eine einfache Methode um eine geostatistische Analyse durchzuführen. Auch dieses Modell stößt an seine Grenzen. Ein Problem ist die Bildung von „Bulls Eyes“ um die Datenpunkte herum (sehr gut zu erkennen in Abbildung 3-14).

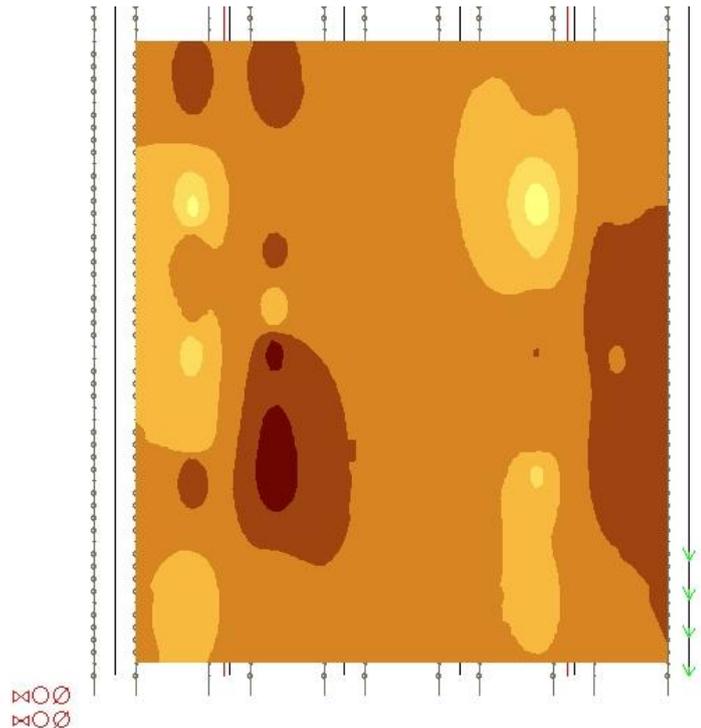


Abbildung 3-14: BWG Darstellung der Profilebene\_04\_Termin\_01 (0,45-0,55 m) mit Inverse Distance Weighting

### Inter- und Extrapolation

Ein einfacher Versuch wurde durchgeführt um die Grenzen der Extrapolation und der möglichen Ungenauigkeiten die auftreten können aufzuzeigen.

Durchgeführte Arbeitsschritte:

- 1) Erstellen der Bodenwassergehalts Karte mit Profilebene\_04 zum Termin\_01 auf Grundlage der Daten des Streifens ohne Betasoil (oB)
- 2) Extrapolieren des Ergebnisses des Streifens oB von Profilebene\_04 auf die gesamte Fläche

- 3) Überlagerung der erstellten Karte mit den Einzelstreifen mit und ohne Betasoil
- 4) Vergleich der Ergebnisse und Interpretation

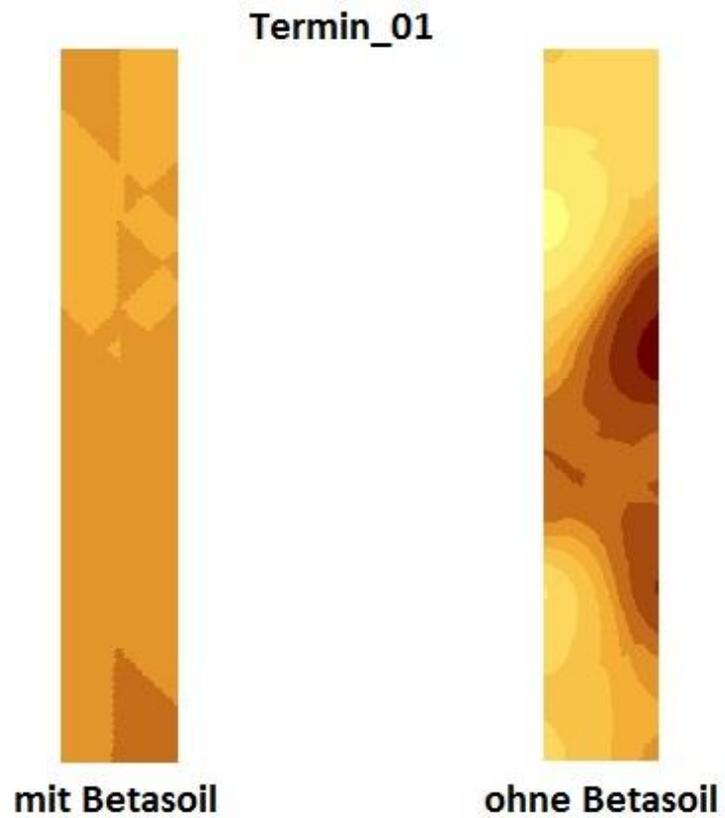


Abbildung 3-15: Kriging Interpolation für die Varianten getrennt durchgeführt

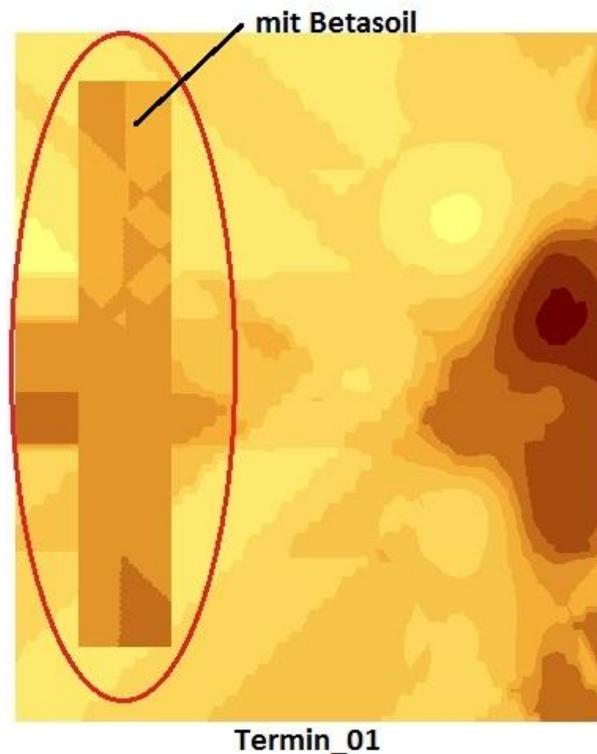


Abbildung 3-16: Überlagerung der Extrapolation des Streifens rechts (ohne Betasoil) und Vergleich mit Streifen links (mit Betasoil)

Im markierten Bereich sind die Unterschiede zwischen dem einzeln berechneten Streifen mit der Variante Betasoil und der Extrapolation des Streifens mit der Variante ohne Betasoil auf die gesamte Fläche deutlich zu erkennen. Natürlich ist dies kein überraschendes Ergebnis, weil trotz sehr homogener Zustände im Bereich der Kornverteilung, nicht durch eine einfache Extrapolation auf den Bodenwassergehalt in einem räumlich anderen Bereich geschlossen werden kann. Dies trifft sowohl für Kriging, als auch für alle anderen getesteten statistischen Modelle zu.

Noch dazu wird eine räumliche Extrapolation von Messpunkten ohne Betasoil mit Messpunkten eines Einzel-Streifen mit Betasoil verglichen. Theoretisch gesehen, könnten sich Unterschiede ergeben. Ob diese allerdings bereits auf einen größeren Wasseranteil in der Betasoil Variante schließen lassen, ist fragwürdig.

Der Versuch eine geostatistische Analyse mit Kriging zu erstellen war nicht erfolglos und erlaubte, zumindest erste Vermutungen über die

räumliche Verteilung des Bodenwassergehaltes anzustellen. Tendenzen wurden aufgewiesen und zeigten zumindest in eine mögliche Richtung.

Auch wurde erkannt, dass die Erstellung einer Karte des Bodenwassergehalts über die gesamte zu untersuchende Fläche *nicht zielführend ist wenn keine Anisotropie* beachtet wird. Im direkten Vergleich der Einzelstreifen (mit und ohne Betasoil) mit der Karte für die Gesamtfläche, zeigen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede. Doch lässt das Fehlen von Messpunkten zwischen den zwei für uns interessanten Sensoren- und Pflanzenreihen im besten Fall ein Glaskugel Leseverfahren zu. Daher wurde ebenfalls darauf verzichtet, eine Ausdehnung des zu beobachteten Feldes (begrenzt durch das Messgitter) zu erzeugen.

Die oben angeführten Maßnahmen und Entscheidungen wurden vor dem Hintergrund der Vermeidung von eingebildeten Tatsachen getroffen. Schließlich handelt es sich um eine geostatistische Auswertung, welche durch kosmetische „Tricks“ keinesfalls genauer und auch keine besseren Ergebnisse liefern wird. Nach dem Strip-Down Prinzip wurde versucht, die erstellten Karten auf einen festen Untergrund zu stellen und nicht auf tönernen Füßen („Baue nie auf Sand“ würden Geotechniker sagen; W.Wu).

Als Alternative zu ArcGis bietet sich die Software Surfer an. Surfer kommt in einer Vielzahl von unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz und über mehr als ausreichend Möglichkeiten verfügt. Bereits erste Erfahrungen mit der Surfer Software sammelte ich bei der Auswertung eines Wasserbau Projektes.

Begründungen für einen Umstieg von ArcGis auf Surfer:

- ausreichend statistische Möglichkeiten
- geringere Einarbeitungszeit und vertrautere Nutzungsoberfläche
- Gute Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse

### **Radial Basis Function**

Nachdem die Kriging Methode als nicht geeignet beurteilt wurde, ergab die Suche nach anderen möglichen statistischen Methoden eine verwandte Alternative, die *Radial Basis Function*.

Im Hilfe-Menü des Programmes Surfer<sup>9</sup> wird ein einfacher Vorschlag zur Wahl der „richtigen“ Methode angeführt.

Generell gilt, dass mit 10 oder weniger Messpunkten keine Trenddarstellung möglich ist. Bei mehr als 10 Datenpunkten werden (wie bei den meisten anderen Fragestellungen) entweder Kriging oder Radial Basis Function Methoden empfohlen. Wenn nur der Trend der Daten erkannt werden soll, könnte auch eine *Polynomial Regression* Methode genügen.

Mit kleinen Datensätzen (Anzahl der Messpunkte unter 250), werden mit Kriging oder mit Radial Basis Function, speziell mit der *Multiquadric Function*, gute repräsentative Ergebnisse erzielt. (Golden Software, 2010)

Die Radial Basis Function (RBF) ist eine Interpolationsmethode welche wiederum in eine größere Anzahl von unterschiedlichen Interpolations-Methoden. RBF wird benutzt um mit Datensätzen eine glatte Oberfläche zu erzeugen und darzustellen. Alle RBF Methoden sind exakte Interpolationsmethoden (stellen also direkten Bezug zu den Daten her). Natürlich ist es möglich über diverse Einstellungen eine noch glattere Oberfläche zu erzeugen. Für eine genauere Einführung in das RBF Modell wird unter anderem als Literatur (Foley & Carlson, 1991) empfohlen.

---

<sup>9</sup> siehe Kapitel Extrapolation

### Basis-Kern-Funktionen

Die Basis-Kern-Funktionen funktionieren analog zu den Variogrammen (Kapitel: Güte einer Schätzung) in Kriging. Diese Basis-Kern-Funktionen bilden die Grundlage für die Gewichtung der Daten wenn ein „Grid“<sup>10</sup> im Surfer interpoliert wird.

Type	Equation
<i>Inverse Multiquadric</i>	$B(h) = \frac{1}{\sqrt{h^2 + R^2}}$
<i>Multilog</i>	$B(h) = \log(h^2 + R^2)$
<i>Multiquadric</i>	$B(h) = \sqrt{h^2 + R^2}$
<i>Natural Cubic Spline</i>	$B(h) = (h^2 + R^2)^{3/2}$
<i>Thin Plate Spline</i>	$B(h) = (h^2 + R^2) \log(h^2 + R^2)$

Abbildung 3-17: Basis-Kern-Funktionen laut Surfer

- h Anisotropischer an Maßstab angepasste, relativer Abstand des Punktes vom Knoten
- $R^2$  Glättungsfaktor (Eingabe durch Benutzer möglich)

### Exakte Interpolation

Wenn der Messpunkt mit dem erzeugten Knotenpunkt übereinstimmt wird der Messwert zu 100 % übernommen. Das heißt, dass den Messdaten „vertraut“ wird und jene auch direkt in das Interpolationsnetz eingebaut werden (wenn Knoten mit Messpunkten übereinstimmen).

Zu den exakten Methoden gehören:

- Kriging
- Inverse Distance to a Power Methode
- Radial Basis Function (wenn nicht ein  $R^2$ -Glättungsfaktor angewandt wird)
- ...

<sup>10</sup> Ein Netzwerk/ Geflecht aus Knoten aus welchem die visuelle Darstellung erzeugt wird

**Geglättete Interpolation**

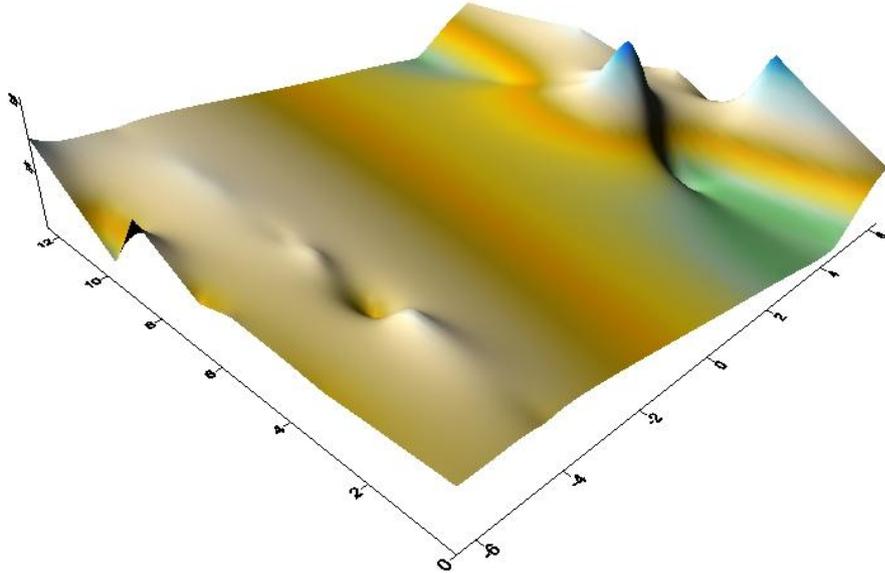
Den Daten wird nicht vollständig „vertraut“. Selbst wenn ein Messpunkt mit einem Knotenpunkt zusammenfällt wird die Gewichtung nicht mit 1 erfolgen. Anders ausgedrückt werden Gewichtungsfaktoren  $<1$  verteilt um die Oberfläche glatter auszuformen.

Der Glättungsfaktor in der RBF wird folgendermaßen berechnet:

$$R^2 = \frac{(\text{Länge der Diagonalen des Datenbereiches})^2}{(25 \times \text{Anzahl der Datenpunkte})}$$

Abschätzung für die durchzuführenden Interpolationen ergeben einen Wert von  $R^2 = 0,3$ . Dieser Wert wurde auch für alle weiteren Berechnungen vorgegeben.

Profilebene\_03\_Termin\_01\_ohneGlättung



Profilebene\_03\_Termin\_01\_mitGlättung

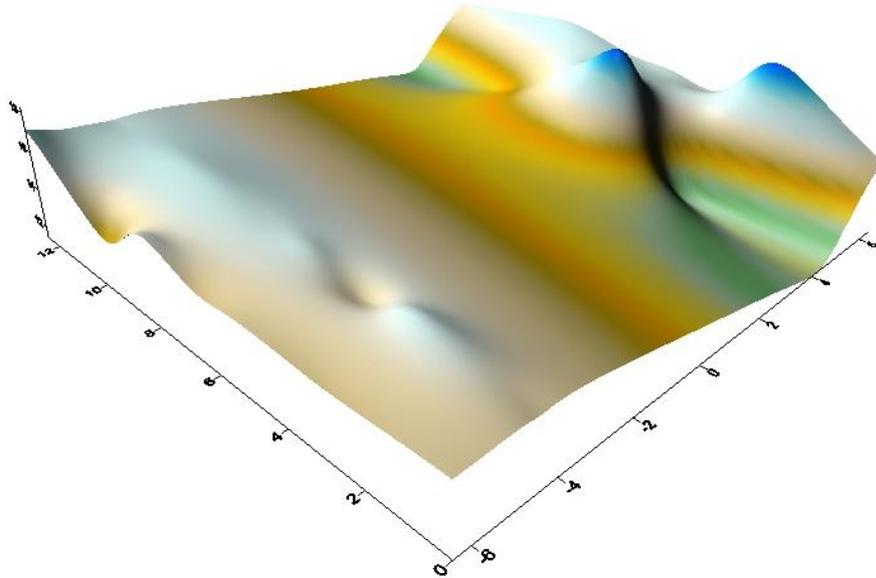


Abbildung 3-18: Vergleich mit und ohne Glättungsfaktor

### Anisotropie

Die Anisotropie kann ebenfalls durch den Benutzer eingegeben werden. Dadurch kann ein Trend in den Daten berücksichtigt werden. Im Falle des Weinbau Versuches ist ein Trend innerhalb der Daten zu erkennen, weil der Zusammenhang der Messpunkte entlang einer untersuchten Pflanzenreihe ist natürlich stärker gegeben (schon rein durch die räumliche Verteilung der Messpunkte) als der Zusammenhang unterschiedlicher Messpunkte aus unterschiedlichen Pflanzenreihen. Daher wird eine Gewichtung der Daten vorgegeben und bereits durch den Benutzer gewählt wird, welche den Datenzusammenhang bei der Berechnung berücksichtigt.

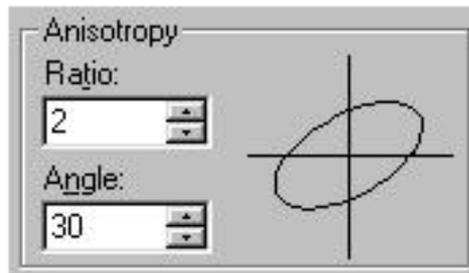


Abbildung 3-19: Kontrolle der Anisotropie im Fenster "Radial Basis Advanced Options"

*Ratio* Dieses Verhältnis ergibt sich durch die Teilung der max. Reichweite durch die min. Reichweite. Ein Verhältnis  $<2$  wird als mild bezeichnet. Generell sind Auswirkungen auf das erstellte Grid ab einem Verhältnis von 3 zu erkennen.

*Angle* Die bevorzugte Orientierung/ Richtung der Hauptachse in Grad.

Ein Beispiel zur Veranschaulichung der Anisotropie und deren Bedeutung bei Modellen ist unten Angefügt (siehe Beispiel 3). Das Beispiel befindet ist in der Hilfe Funktion des Surfer Programmes zu finden.

### Beispiel 3: Ozeanographische Beobachtung zur Bestimmung der Wassertemperatur in unterschiedlichen Tiefen.

„A final example where an anisotropy ratio is appropriate is an oceanographic survey to determine water temperature at varying depths. As-

sume the data are collected every 1000 meters along a survey line, and temperatures are taken every ten meters in depth at each sample location. With this type of data set in mind, consider the problem of creating a grid file. When computing the weights to assign to the data points, closer data points get greater weights than points farther away. A temperature at 10 meters in depth at one location is similar to a sample at 10 meters in depth at another location, although the sample locations are thousands of meters apart. Temperatures might vary greatly with depth, but not as much between sample locations.“ (Golden Software, 2010)

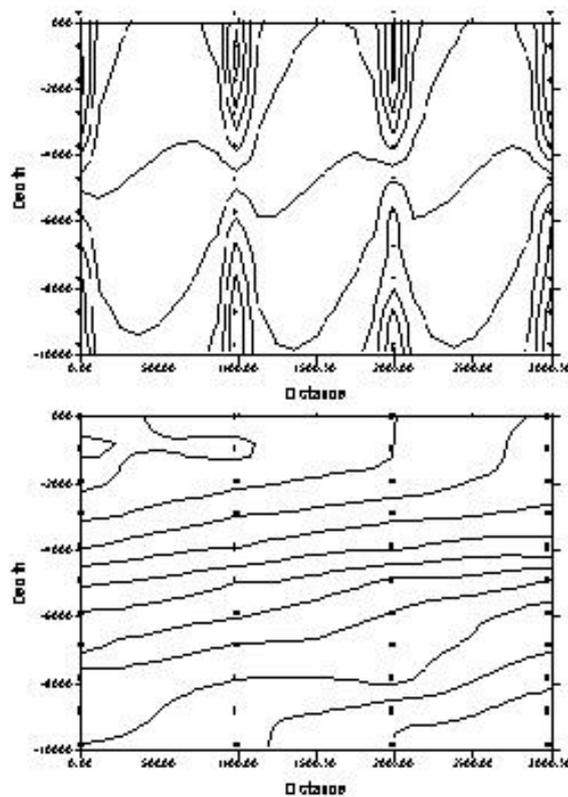


Abbildung 3-20: In the oceanographic survey described here, the contour lines cluster around the data points when an anisotropy ratio is not employed. In the bottom contour map, an anisotropy ratio results in contour lines that are a more accurate representation of the data.

Bei der Auswertung der Profilebene 03 für den Termin 01, wurde eine Anisotropie mit einer Ratio von 3 und einem Angle von  $90^\circ$  eingegeben. Bei einem Ratio von 3 ist eine Auswirkung auf das erstellt Grid bereits

zu erkennen. Das statistische Grundmodell ist die Radial Basis Function (multiquadric).

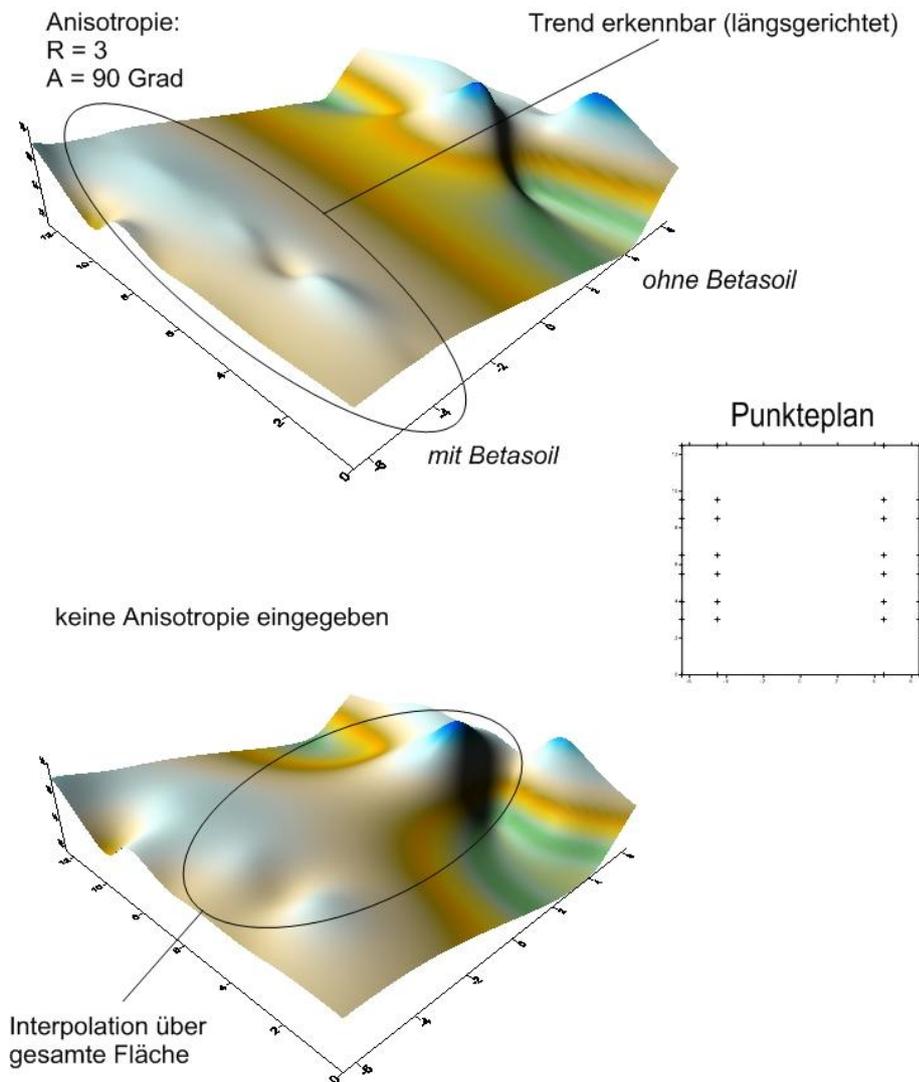


Abbildung 3-21: Vergleich einer RBF Analyse (multiquadric) mit einer eingegebenen Anisotropie und ohne

Aus dem Vergleich der Profilebene\_03\_Termin\_01 mit und ohne vorgegebene Anisotropie wird deutlich wie das statistische Modell arbeitet. Bei der erzeugten Fläche mit Anisotropie wird die Orientierung des Verfahrens augenscheinlich (längsgerichtet). Dieser Umstand kann auch statistisch interpretiert werden als ein geringerer Varianzunterschied der Messpunkte.

Bei der Darstellung ohne vorgegebene Anisotropie ist zu erkennen wie das statistische Modell versucht über die gesamte Fläche zu interpolieren. Daher sind auch markante Übergänge wie z.B. vom Maximum der *ohne Betasoil* Reihe über die Mitte bis hin zur *mit Betasoil* Reihe zu erkennen (siehe Abbildung 3-21: Vergleich einer RBF Analyse (multiquadric) mit einer eingegebenen Anisotropie und ohne).

### **Angewandte Softwarepakete**

Die angeführten Softwarepakete wurden entweder über den lizenzierten<sup>11</sup> Server der Universität für Bodenkultur Wien oder über kostenlose Studentenversionen wie im Falle des ArcGis auf dem eigenen Computer installiert. Bei der ArcGis Studentenversion sei darauf hingewiesen, dass nach 60 Tagen die Lizenz für einige Tools (darunter auch Geospacial Analyst) ausläuft.

### **ArcGis**

*Gis-Schlüsselkonzept:*

*„Ein geografisches Informationssystem (GIS) ist ein System für Erfassung, Verwaltung, Analyse und Anzeige/Ausgabe raumbezogenen Wissens. Dieses raumbezogene Wissen wird auf unterschiedliche Weise in verschiedenen Datensätzen erfasst, abgebildet und dargestellt“ (Synergis, 2011).*

### **Surfer**

*„Golden Software’s Surfer software is a full-function 3D visualization, contouring and surface modeling package that runs under Microsoft Windows. Surfer is used extensively for terrain modeling, landscape visualization, surface analysis, contour mapping, 3D surface mapping, gridding, volumetrics, and much more.“ (Golden Software, Inc., 1997-2011).*

---

<sup>11</sup> Ariel, Scorpius

### Güte einer Schätzung

Durch die Interpolation weichen die geschätzten Werte von den tatsächlichen Werten ab. Für jeden „echten“ Wert mit Hilfe der bekannten Messpunkte eine Schätzung abgegeben. Die Differenz aus der Schätzung und dem wahren Wert für denselben Punkt ergibt die Güte einer Schätzung. Der Mittelwert des Fehlers sollte möglichst Null sein. In diesem Falle würde man von einer erwartungstreuen Schätzung sprechen (Nachtnebel, 2009).

Im ArcGis und im Surfer ist die Abschätzung der Güte über z.B. einen Cross Validation Report möglich. Dabei wird nach dem oben beschriebenen Prinzip vorgegangen um die Fehlergröße und somit die Güte der Daten zu erheben.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00001	,180	32	,010	,881	32	,002

a. Lilliefors Significance Correction

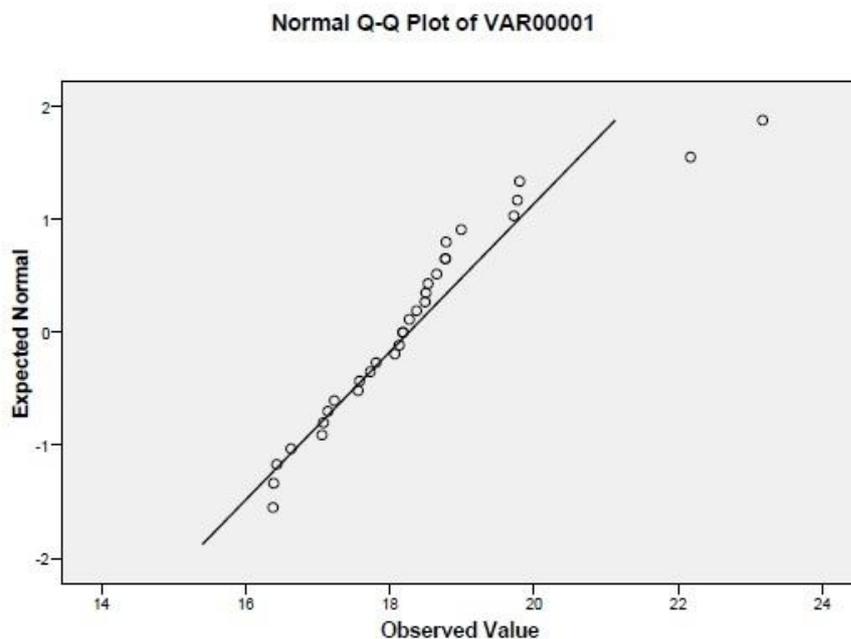


Abbildung 3-22: Q-Q Plot der Profileben\_02\_Termin\_03

Im dargestellten Q-Q Plot kann eine Stichprobe beobachtet werden, welche auf eine Normalverteilung getestet wurde. Die Gerade ist die ange-

passte Funktion und in diesem Falle auch die Regressionsgerade. Laut Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov Tests ergibt sich ein Wert kleiner als die 0,05 Grenze. Daher muss die Hypothese auf Normalverteilung Abgelehnt werden.

### **Variogramm**

Für die Interpolation von punktuell gemessenen Daten ist eine Abschätzung des räumlichen Zusammenhangs der Daten notwendig.

Das Variogramm drückt die Variabilität von Messwerten in einem bestimmten Distanzbereich aus. Wenn die Messstellen näher zueinander liegen, sollten auch die Messwerte besser übereinstimmen (folglich eine geringere Varianz). Sind die Messstellen weiter voneinander entfernt ist die Übereinstimmung der Messwerte natürlich geringer (größere Varianz). Es gibt also einen räumlichen Zusammenhang. Ab einer gewissen Distanz haben die Messstellen und die Messwerte miteinander nichts mehr zu tun. Ab dieser Distanz bleibt die Varianz gleich und es bildet sich ein sogenannter Schwellenwert heraus (Nachtnebel, 2009).

Durch ein experimentelles Variogramm wird der räumliche Zusammenhang eines Datensatzes ausgedrückt. Dabei wird graphisch der räumliche Zusammenhang zweier Werte über die mittlere Varianz in Abhängigkeit vom Abstand der Beiden Punkte (Werte) dargestellt. Dies ergibt in einem ersten Schritte eine sogenannte Variogrammwolke. Daraus kann allerdings noch keine konkrete Aussage über den räumlichen Zusammenhang der Daten erkannt werden. Im nächsten Schritt wird ein experimentelles Variogramm berechnet. Diesem experimentellen Variogramm wird nun ein theoretisches Variogramm angepasst, wofür es unterschiedlichste Typen von Variogramm-Modellen gibt (z.B. Sphärisches Modell, Gauss'sches Modell,...). Das theoretische Variogramm-Modell dient schließlich zur räumlichen Interpolation von Daten.

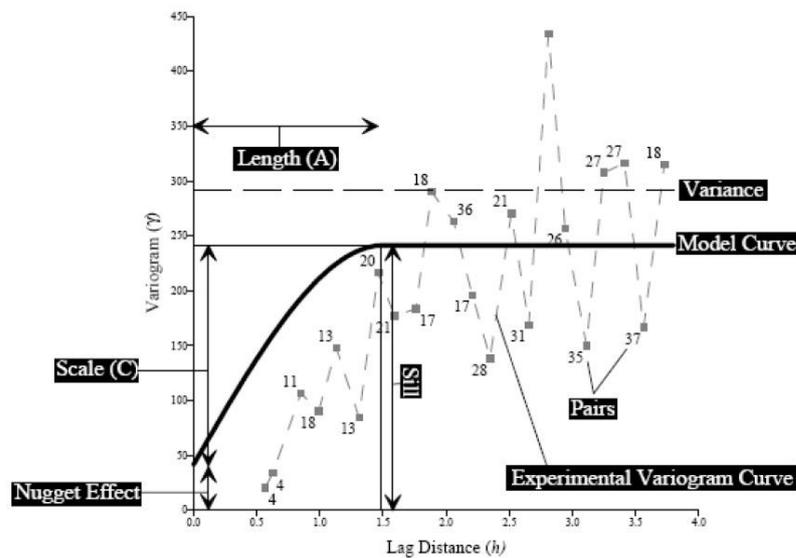


Abbildung 3-23: Variogramm-Modell demonstriert die Variogramm Parameter (Golden Software, 2010)

- Nugget Effekt* Theoretisch müsste die Varianz für ein Wertepaar mit dem Abstand Null auch Null sein. Dieser *Nugget-Effekt* deutet auf Messfehler oder kleinräumige Varianz hin.
- Sill* *Schwellenwerte* der näherungsweise der Varianz des Datensatzes entspricht (meist jedoch etwas kleiner; bei linearen, logarithmischen und power-Modellen gibt es keinen Sill Wert).
- Length/ Range* Gibt den Punkt an, an dem der *Schwellenwert* überschritten wird und daher keine Aussage mehr über den räumlichen Zusammenhang der Daten getätigt werden kann).
- Variance* Die *Varianz* ist ein Streuungsmaß und gibt die Abweichung eines Wertes vom Erwartungswert an.
- Experimental Variogram Curve* Das experimentelle Variogramm aus der Variogrammpunktwolke wird mit Hilfe von Gruppierungen der Wertepaare in sogenannte *lags* berechnet.

*Model Curve* Das sogenannte *theoretische Variogramm*, welches durch eine Anpassung einer Funktion an das *experimentelle Variogramm* erzeugt wird.

## 4 Datengrundlage

### 4.1 Klimadaten

Die Klimadaten sind eine Kombination aus vor Ort gemessenen Daten (Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Solarstrahlung und Niederschlagsmessungen im 15 min Intervall) und den Daten einer Wetterstation<sup>12</sup> der ZAMG<sup>13</sup> in unmittelbarer Nähe zur Versuchsfläche (3,6 km entfernt). Die Klimadaten von der Versuchsfläche werden mit Hilfe eines Telemetrie Netzwerkes über GSM Technologie an einen Server als Packet verschickt oder einfach vor Ort am Datenlogger ausgelesen.



Abbildung 4-1: Messstation auf der Versuchsfläche in Andau mit Solarpanel und RTU<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> 47°48'16" N, 17°01'57" E; 118 m ü.A.

<sup>13</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; [www.zamg.at](http://www.zamg.at)

<sup>14</sup> Remote Terminal Unit

Die Daten wurden wie erwähnt von der ZAMG zur Verfügung gestellt und von Dipl. Ing. Reinhard Nolz bearbeitet (Nolz & Cepuder, 2010).

### Klimadiagramm

Für das Klimadiagramm stehen die Daten einer Zeitreihe von 1996 bis 2010 zur Verfügung. Aus diesen Daten wurde das unten dargestellte Klimadiagramm erstellt. Zusätzlich wurde dann noch eine Linie als Vergleich hinzugefügt, nämlich die Niederschlagslinie von 2010.

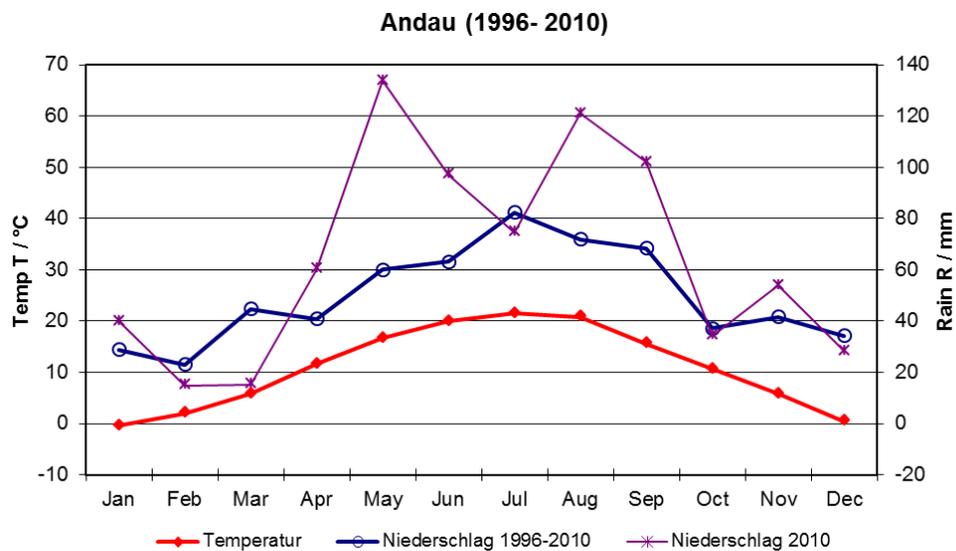


Abbildung 4-2: Klimadiagramm Andau

Das Diagramm lässt erkennen, dass es sich 2010 um ein relativ feuchtes Jahr gehandelt hat. Daher fand im Jahr 2010 auch keine Bewässerung statt. Hingegen im Jahre 2011 bis Anfang Juni wurden bereits zwei Bewässerungsgaben durchgeführt.

## Niederschläge

Aus den Daten die von der ZAMG zur Verfügung gestellt wurden lässt sich eine erste Niederschlagsverteilung für die Probemonate erstellen.

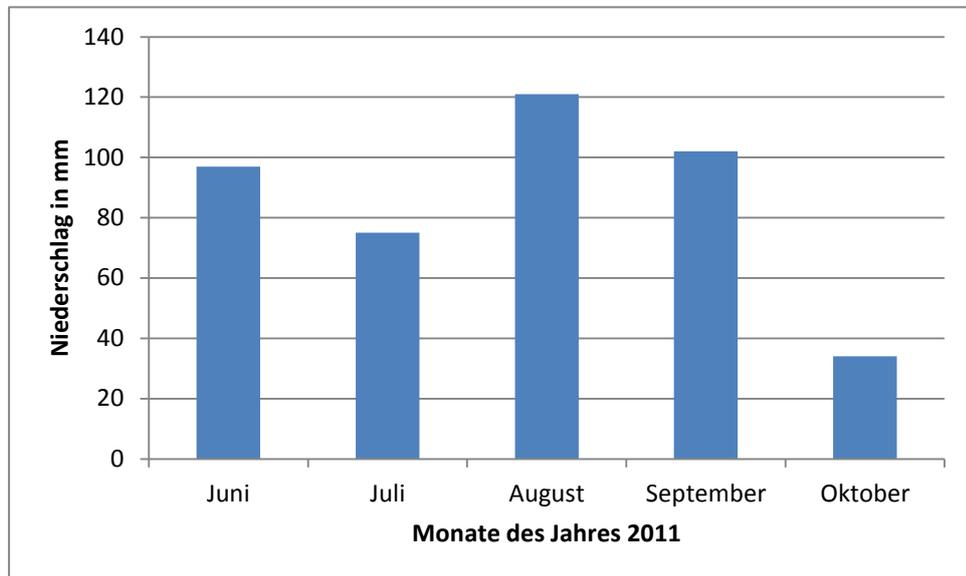


Abbildung 4-3: Regenverteilung über Probezeitraum in mm/Monat

Im Vergleich zu den Werten aus dem Klimadiagramm ist eine Abweichung der Verteilung der Niederschläge hin zu den Monaten August und September zu erkennen.

Tabelle 6: Vergleich der Monatsniederschläge für Probezeitraum

Niederschläge laut Klimadiagramm langjährige Reihe von 1996-2010		Niederschläge laut ZAMG Meß- station im Bereich für das Jahr 2010
Monat	Menge mm	Menge mm
Juni	52	97
Juli	80	84
August	121	69
September	102	64

Die genaueren Regendaten wurden vor Ort mit Hilfe einer Wetterstation mit der Spezifikation *WXT520 Vaisala Weather Transmitter* (Fa. Vaisala, 2010-2011) aufgezeichnet. Hierbei wird der Niederschlag mit einem akustischen Regenmesser bestimmt (Fa. Vaisala, 2010-2011).

Die Niederschlagsverteilung wird in Tabelle 7 dargestellt. Jeweils die 10 Tage Periode vor den Probeterminen wurde aufsummiert.

Tabelle 7: Niederschlagssumme 10 Tage vor Probetermin

Zeitraum 10 Tage vor Termin	Niederschlag in mm
19.-29. Juni	2,6
1.-11. Aug.	26,8
21. Sep.-1. Okt.	64,4

## 4.2 Bodendaten

Um einen ersten Eindruck über die Versuchsfläche zu bekommen, bietet es sich an die eBod Karte des BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, 2004) zu konsultieren. Mit Hilfe jener eBod Karte wurde auch die derzeitige Position des Versuchsfeldes ausgewählt.

### Bodenform

Die Versuchsfläche ist markiert durch den Punkt und die Beschriftung Weinbau. Die Versuchsfläche befindet sich im Bereich eines Tschernosem (TS) Bodens. Nordwestlich und südöstlich der Versuchsfläche sind laut Bodenkarte Paratschernosem Böden.

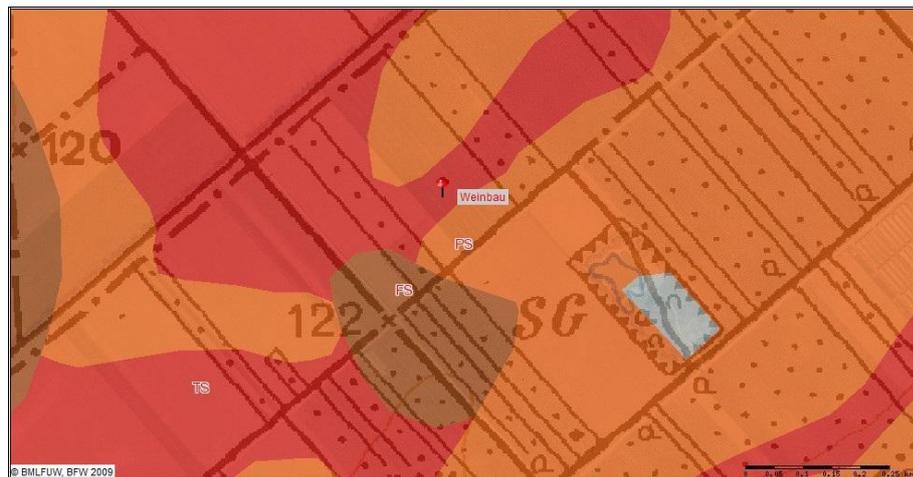


Abbildung 4-4: Bodenformen aus der Bodenkarte (eBod)

### Tschernosem

Die Bezeichnung Tschernosem stammt aus dem russischen (tschern = Schwarz; semlja = Erde) und wird im deutschsprachigen Raum mit Schwarzerde übersetzt. Dieser Boden wurde anlässlich des Weltbodentages sogar zum Boden des Jahres 2005 durch die IUSS am 5. Dezember ausgerufen<sup>15</sup>.

Tschernosem ist ein ausgesprochen fruchtbaren Bodentyp mit einer mächtigen Humusschicht.

Der humose, mineralische A-Horizont, der gut durchlüftet ist, kann eine Mächtigkeit von bis zu 80 cm erreichen. In Mitteleuropa ist der Tongehalt des Tschernosems meist etwas höher als in anderen Regionen. Dies liegt an der Verwitterung aus Lössen. Der Tonanteil im A-Horizont beträgt ca. 25 %. Im darunterliegenden Boden ist der Tonanteil meist geringer.

<sup>15</sup> IUSS – International Union of Soil Sciences; [www.iuss.org](http://www.iuss.org)

Im Falle der Versuchsfläche in Andau liegt der über die Tiefe (5 bis 75 cm) gemittelte Tonanteil bei 20,8 %.

Im Zuge dieser Arbeit wurde keine Grube ausgehoben um ein Bodenprofil zu erstellen. Im Zuge einer anderen Arbeit wurde ein Aushub durchgeführt. Daher soll hier mit Dank an die Kollegen ein Bodenprofil von der Versuchsfläche gezeigt werden.



Abbildung 4-5: Bodenprofil von Weinbaufläche in Andau

Das stabile Gefüge und der gute Wasser- und Nährstoffhaushalt sind Grund für die intensive Nutzung der Tschernosem Böden für den Ackerbau (Kossowitsch, 1912).

### Gründigkeit

Aus der Bodenkarte wurde die Gründigkeit der Bodenformen abgelesen um nicht beim Einbau der Sensorik aus Versehen in den Grundwasserkörper einzudringen.



Abbildung 4-6: Gründigkeit der Bodenformen aus der Bodenkarte (eBod)

Gemäß der Bodenkarte befindet sich die Versuchsfläche in einem tiefgründigen (Skala-Wert 5)<sup>16</sup> Bereich der Bodenform.

---

<sup>16</sup> Bewertung erfolgt anhand der Skala der eBod Karte von 0 bis 5 (stark schwankend bis tiefgründig) des BFW.

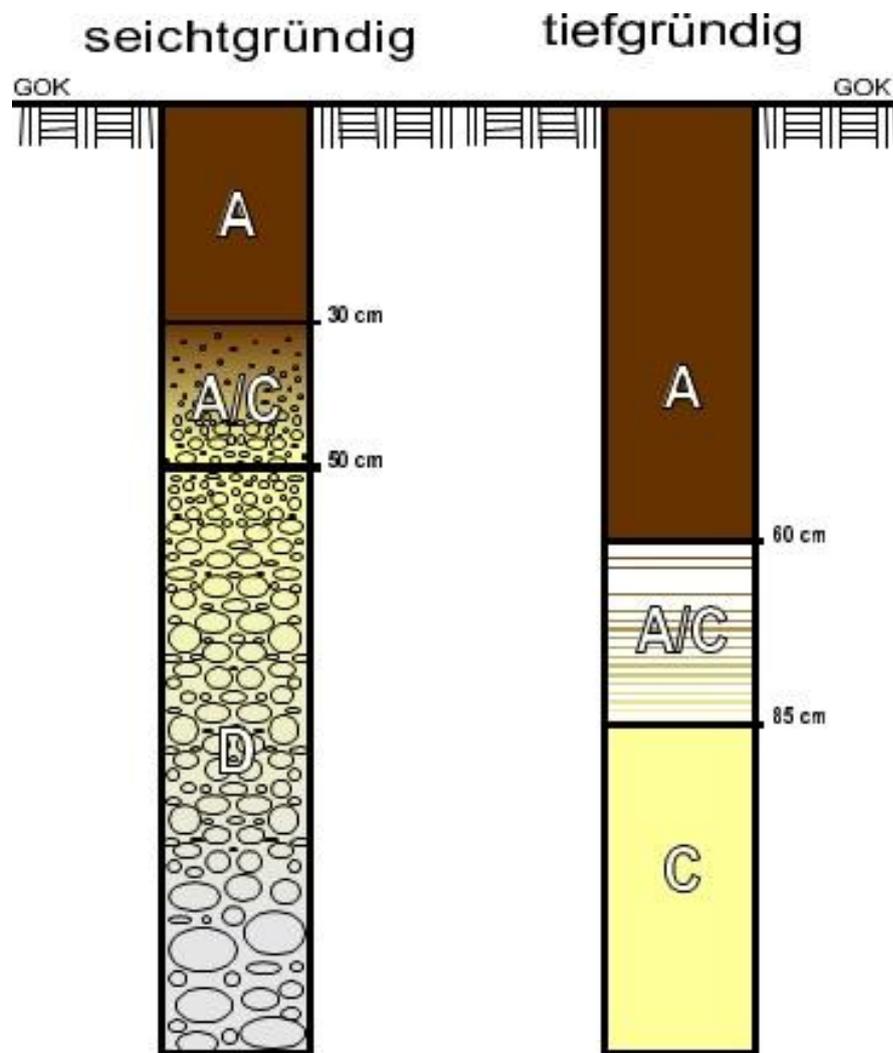


Abbildung 4-7: Gründigkeiten von Böden (Skriptum der Vorlesung Bewässerungswirtschaft, P.Cepuder)

A-Horizont: mineralischer Oberboden (mit Humus angereichert)

C-Horizont: mineralischer Unterboden (verwittertes Ausgangsgestein)

In Abbildung 4-7: Gründigkeiten von Böden (Skriptum der Vorlesung Bewässerungswirtschaft, P.Cepuder), ist eine schematische Darstellung wie Böden eingeteilt werden können. Im Falle von Andau handelt es sich um einen tiefgründigen Boden.

### **Kornverteilung - Bodenart**

Insgesamt wurden mindestens 672 Bodenproben genommen. Diese Anzahl ergibt sich aus 32 Probepunkten pro Termin (insgesamt drei Termine), wobei jeweils ein Probepunkt in 7 Tiefen eingeteilt wurde. Die zusätzlichen Proben wurden in der gegenständlichen Arbeit nicht ausgewertet. Diese Daten sollen für fortführende Arbeiten zur Verfügung stehen.

Da die Erstellung einer Kornverteilung ein labortechnisch und zeitlich aufwendiges Verfahren darstellt (siehe Kapitel 3.3), wurde darauf verzichtet die Kornverteilung für sämtliche Punkte und Tiefen (insgesamt 224 Proben) zu bestimmen. Stattdessen wurden Mischproben erstellt, indem 4 Proben aus der gleichen Profiltiefe innerhalb einer Sensoren-Gruppe gemischt wurden. Die Kornverteilung wurde für diese bestimmt

Somit mussten „lediglich“ 42 Kornverteilungen erstellt werden, was jedoch immer noch ca. drei Wochen Labortätigkeit entsprach.

Die Auswertung der Kornverteilung erfolgte mithilfe des Österreichischen Texturdreieckes nach ÖNORM 1050<sup>17</sup>.

---

17

[http://www.wau.boku.ac.at/fileadmin/\\_/H81/H815/Skripten/Bodenphysik/Texturdreieck.pdf](http://www.wau.boku.ac.at/fileadmin/_/H81/H815/Skripten/Bodenphysik/Texturdreieck.pdf)

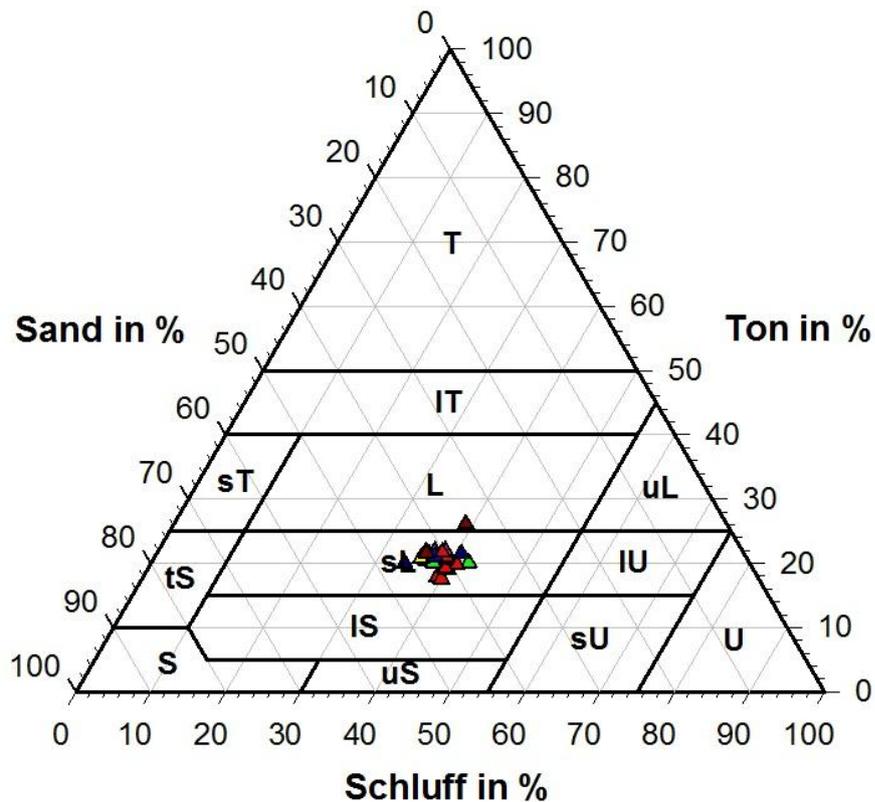


Abbildung 4-8: Texturdreieck Andau

Wie aus dem Texturdreieck zu erkennen ist, handelt es sich im Versuchsfeld um einen sehr homogenen Boden. Egal ob in der örtlichen Verteilung auf der Fläche oder in der Tiefe. Fast alle Proben (bis auf einen Ausreißer) liegen deutlich in einem Bereich. Dieser Bereich ist sL (sandiger Lehm).

### Trockendichte

Zur Bestimmung der Trockendichte, ist es notwendig eine Grube auszuheben, in welcher in den gewünschten Tiefen Stechzylinder genommen werden können. Mithilfe der Auswertung der Stechzylinder ist es möglich Wassergehalts Werte und Wasseranteils Werte beliebig zu konvertieren.

Durch das Wissen über die Verteilung der Trockendichte lassen sich gewisse punktuelle höhere Wasseranteils Messungen erklären. Die Tro-

ckendichte Scheint mit den Werten des Wasseranteils zu korrelieren. Dieser Gedanke wurde nicht weiter in dieser Arbeit verfolgt.

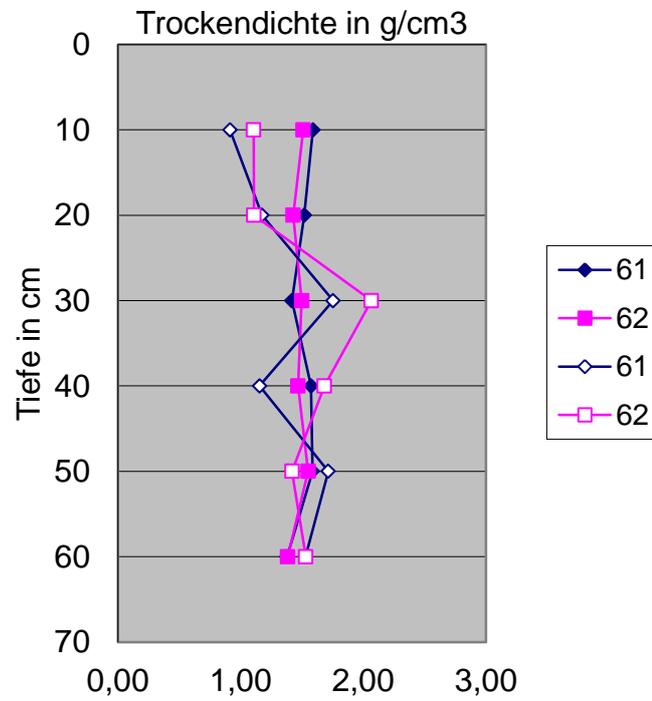


Abbildung 4-9: Verteilung der Trockendichte im Bodenprofil

## 5 Darstellung und Visualisierung

Die vorangegangenen Erhebungen und Untersuchungen in Kapitel 3.4 sind die Entscheidungsgrundlage für die Wahl des statistischen Modells. Folgende Parameter werden für die Auswertung festgelegt:

- Radial Basic Function (mit multiquadric als Kernfunktion) als statistisches Modell
- Für die Anisotropie werden die Parameter  $R = 3$  und  $\text{Angle} = 90^\circ$  festgelegt
- $R^2 = 0.3$  (Kapitel 3.4)

Die Entscheidung für die *multiquadric-Kernfunktion* wird damit begründet, dass die anderen möglichen Modell wie z.B. *Natural Cubic Spline* in der Darstellung ein sehr „steifes“ Verhalten gezeigt haben und eine sehr unruhige Oberfläche des Bodenwassergehaltes erzeugt haben.

Ein geglättetes Verfahren wurde deshalb gewählt, weil es keine scharfen (Sprünge) und punktgenauen Änderungen im Bodenwassergehalt in räumlich begrenzten Räumen geben kann. Daher entspricht eine geglättete Darstellung eher der Realität (keine rauen Übergänge). Diese Darstellungsform ermöglicht ein besseres Erkennen eines Trends und erleichtert die Interpretation der Daten.

### 5.1 Räumliche – horizontale Verteilung des Bodenwassergehalts

Die Profilebene\_03 wurde für eine erste Untersuchung herangezogen, weil sich genau in diesem Bereich der Profiltiefe 0,25–0,35 m der Bewässerungsschlauch befindet. Wenn sich Unterschiede zeigen, dann im Bereich des Bewässerungsschlauches mit der Betasoil Packung.

Nachfolgende Grafik zeigt die Bodenwassergehaltsverteilung zu allen drei Terminen. Die Darstellung wurde auf signifikante und auch augenscheinliche Unterschiede begutachtet.

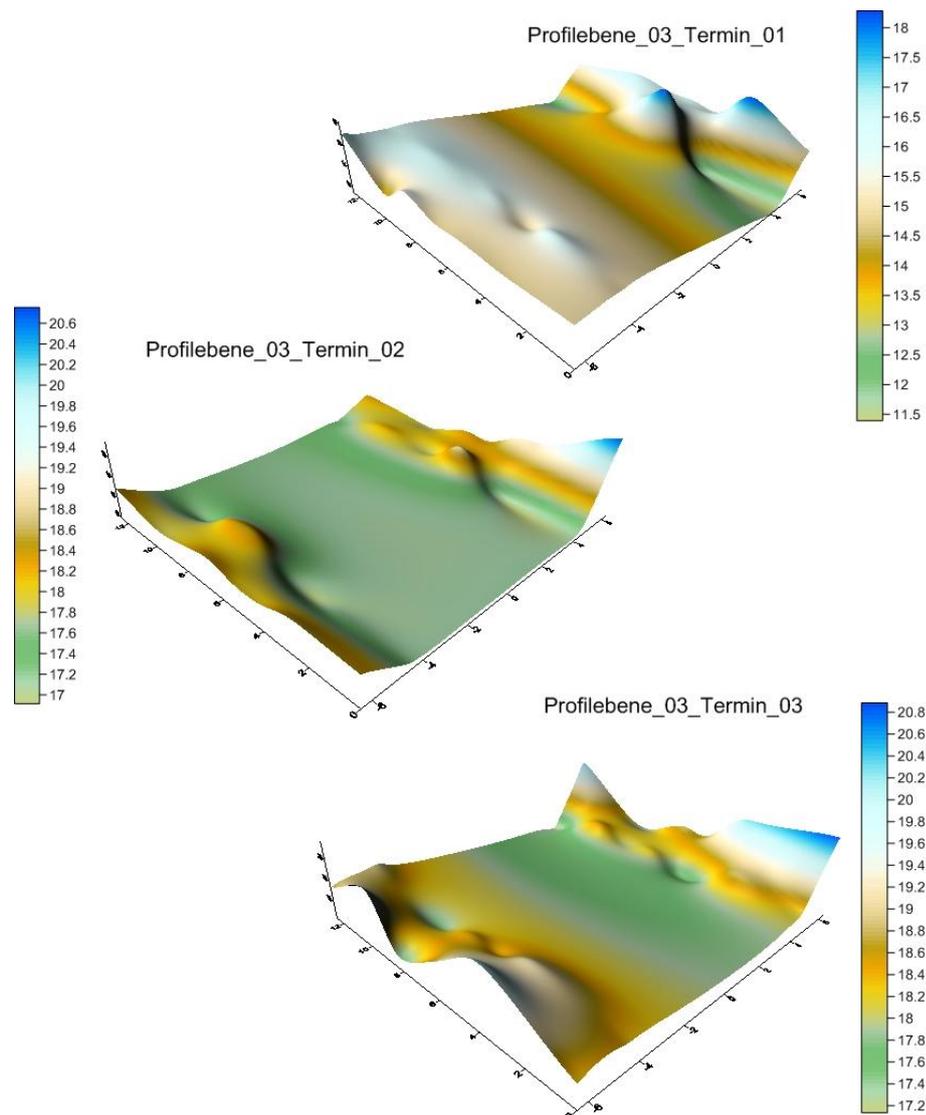


Abbildung 5-1: Vergleich der Profileben\_03 zu allen drei Terminen

Auffällig ist das glatte Verhalten der erzeugten Oberfläche beim ersten Termin. Wie in Abbildung 5-1: Vergleich der Profileben\_03 zu allen drei Terminen, zu erkennen ist, zeigen sich doch Unterschiede. Im Vergleich zu den beiden weiteren Terminen, wo sich einige große Schwankungen im Bodenwassergehalt zeigen.

Später wird verglichen ob sich in anderen Profilebenen an derselben Stelle vielleicht ein ähnliches Verhalten zeigt. Möglicherweise handelt es sich um einen Bereich der aufgrund von speziellen Bodeneigenschaften über ein besseres Bodenwasserspeichervermögen verfügt oder bevorzugter Weg für Wasser das in die Tiefe perkoliert anzeigt.

Zum Erkennen einer Tendenz in der Verteilung des Bodenwassergehalts, wurde aus allen drei Terminen für den Bodenwassergehalt in den Probestpunkten ein Mittelwert gebildet und aus diesen Daten dann eine Oberfläche erzeugt. Hierfür wurden die Standardeinstellungen für RBF wie am Anfang des Kapitels festgelegt verwendet.

Profilebene\_03\_alleTermine\_Mittelwert

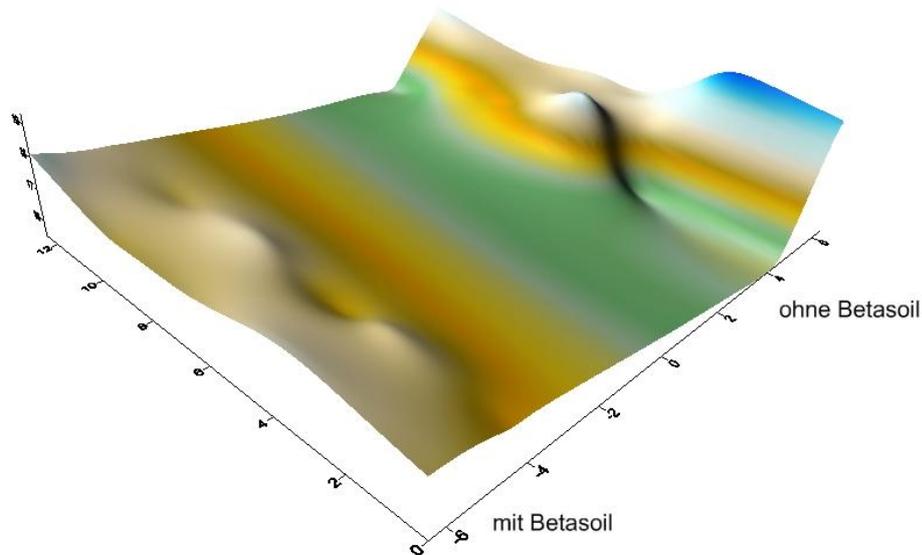


Abbildung 5-2: Bodenwassergehalt der Profilebene\_03, gebildet aus den Mittelwerten aller drei Termine

Abbildung 5-2: Bodenwassergehalt der Profilebene\_03, gebildet aus den Mittelwerten aller drei Termine, zeigt dass die Betasoil-Variante wiederum wie auch oben dargestellt in Abbildung 5-1: Vergleich der Profilebenen\_03 zu allen drei Terminen ein gleichmäßigeres Verhalten in der Gleichmäßigkeit der Verteilung der Wassergehalte aufweist als die Variante ohne Betasoil.

### Ergebnisse für die Interpolation der Profilebene\_04:

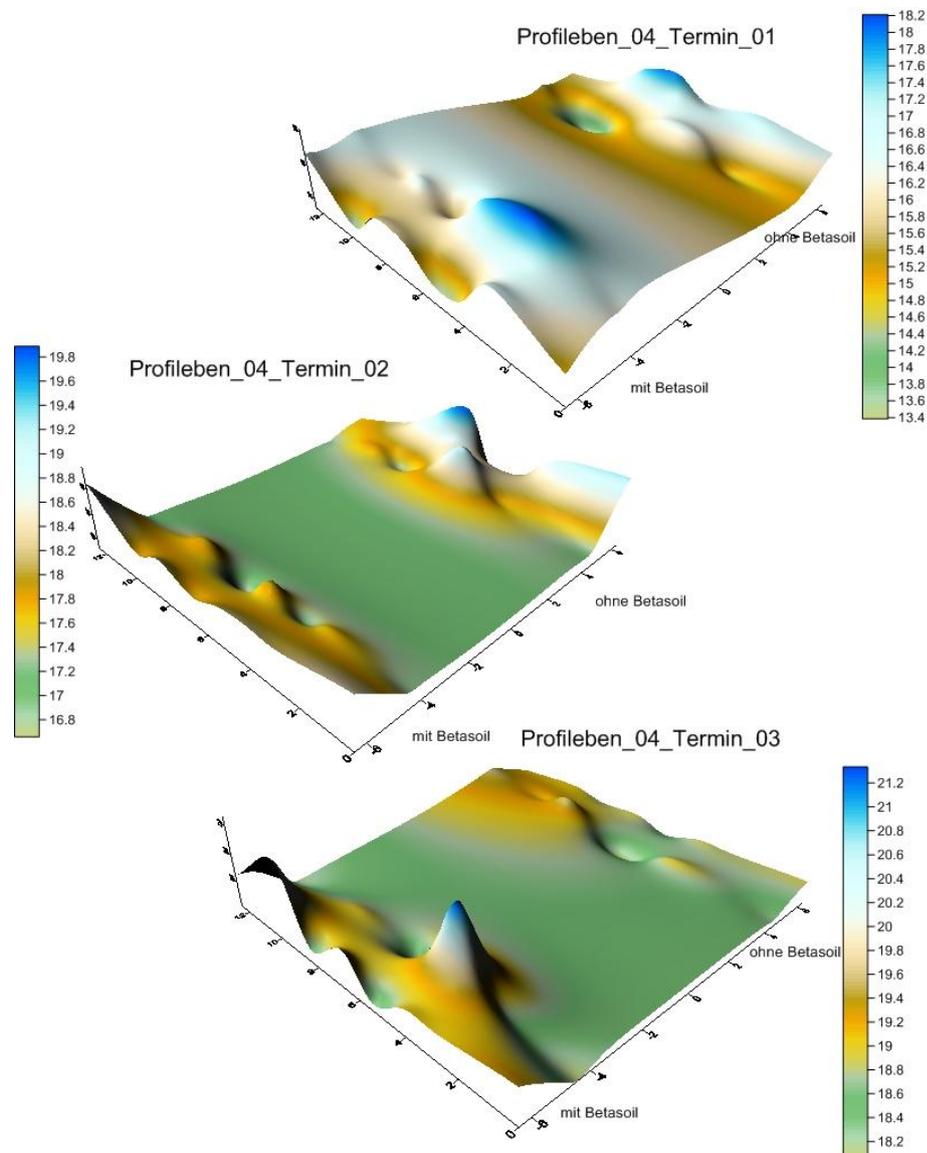


Abbildung 5-3: Vergleich der Profilebene\_04 bei allen 3 Terminen

In der Profilebene\_04 ist das Bild nicht mehr so eindeutig wie in Profilebene\_03. Hier zeigt sich ein anderes Verhalten in der Verteilung des Wassergehaltes. Die Oberfläche ist nicht mehr so glatt und zeigt ein unruhiges Verhalten. Daher wurde hier um eine mögliche Tendenz zu erkennen eine Darstellung mit Hilfe der Mittelwerte aller drei Termine erzeugt.

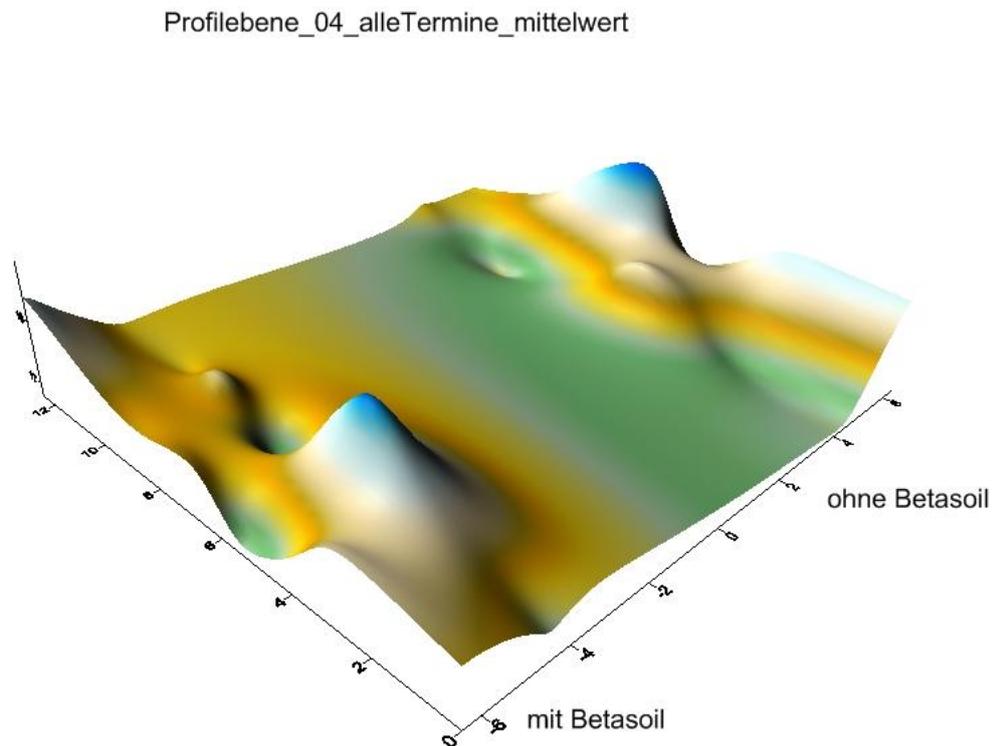


Abbildung 5-4: Bodenwassergehalt der Profilebene\_04, gebildet aus dem Mittelwert aller 3 Termine

Auch bei Abbildung 5-4: Bodenwassergehalt der Profilebene\_04, gebildet aus dem Mittelwert aller 3 Termine, ist kein auffälliges Verhalten abzulesen. Für eine Interpretation muss das statistische Verhalten näher untersucht werden. Dafür wird auf das Kapitel 6 verwiesen.

Die Tatsache, dass in der Profilebene\_04, die in einer Tiefe von 0,35-0,45 m liegt, kein Einfluss mehr des Betasoil beobachtet werden kann (Betasoil ist mit dem Bewässerungsschlauch in einer Tiefe von ca. 0,25 m eingebaut und daher min. 0,10 m oberhalb der betrachteten Profilebene\_04) legt die Vermutung nahe, dass Betasoil möglicherweise einen „positiven“ Effekt auf die Wasserperkolations in die Tiefe hat. Das würde bedeuten, dass das Wasser möglicherweise nicht weiter in die Tiefe perkoliert und in der oberhalb der Profilebene\_04 festgehalten wird (wäre unter anderem auch im Sinne der Anwender von Betasoil<sup>18</sup>). Allerdings sprechen die Werte der Wassergehaltsverteilung dagegen, welche die maximalen Werte eindeutig in tieferen Schichten zeigen.

<sup>18</sup> [www.hydrup.at](http://www.hydrup.at); Anwendungsmöglichkeiten von Betasoil

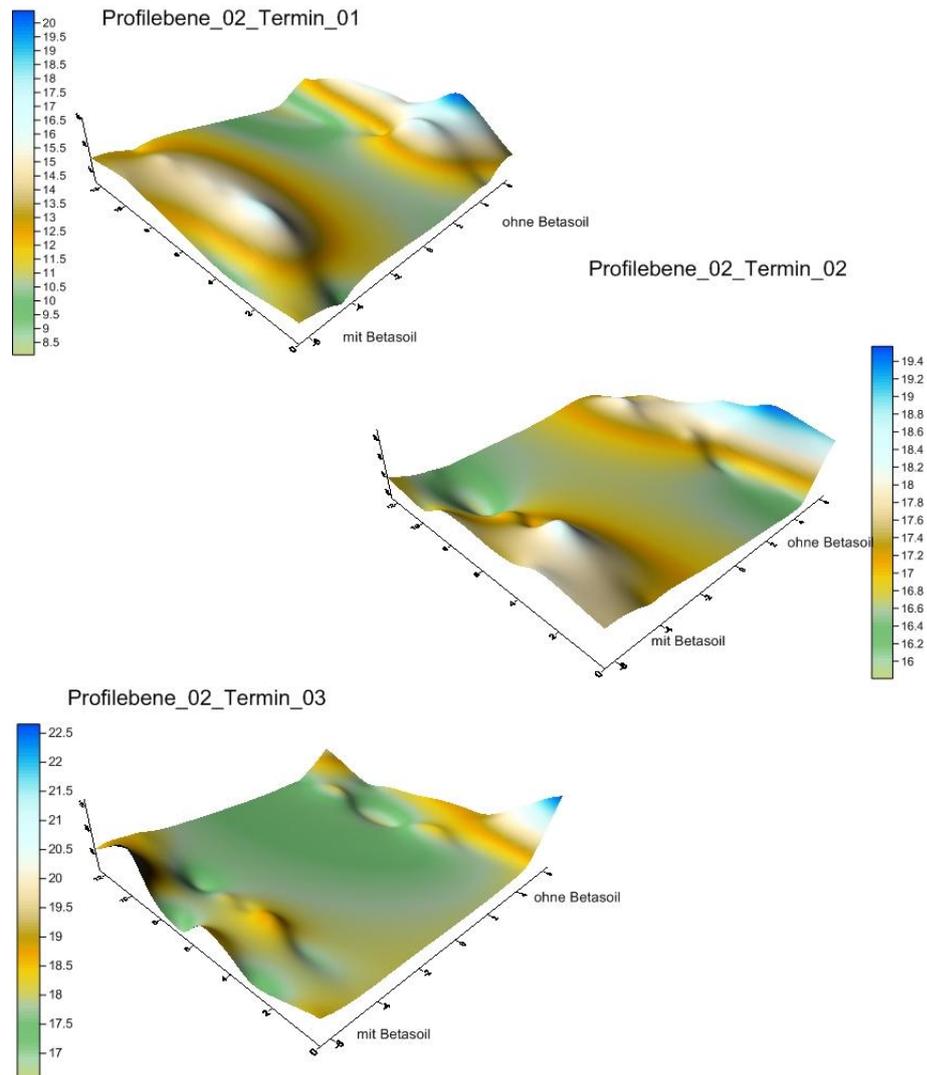
**Ergebnisse für die Interpolation der Profilebene\_02:**

Abbildung 5-5: Vergleich der Profileben\_02 bei allen drei Terminen

In Abbildung 5-5: Vergleich der Profileben\_02 bei allen drei Terminen zeigt sich ein sehr ähnliches Bild der Bodenwassergehaltsverteilung zu den drei Terminen wie auch in den anderen Profilebenen\_03 und 04. Vor allem beim Termin\_01 fällt die gleichmäßigere Verteilung auf (wie schon in den anderen Profilebenen).

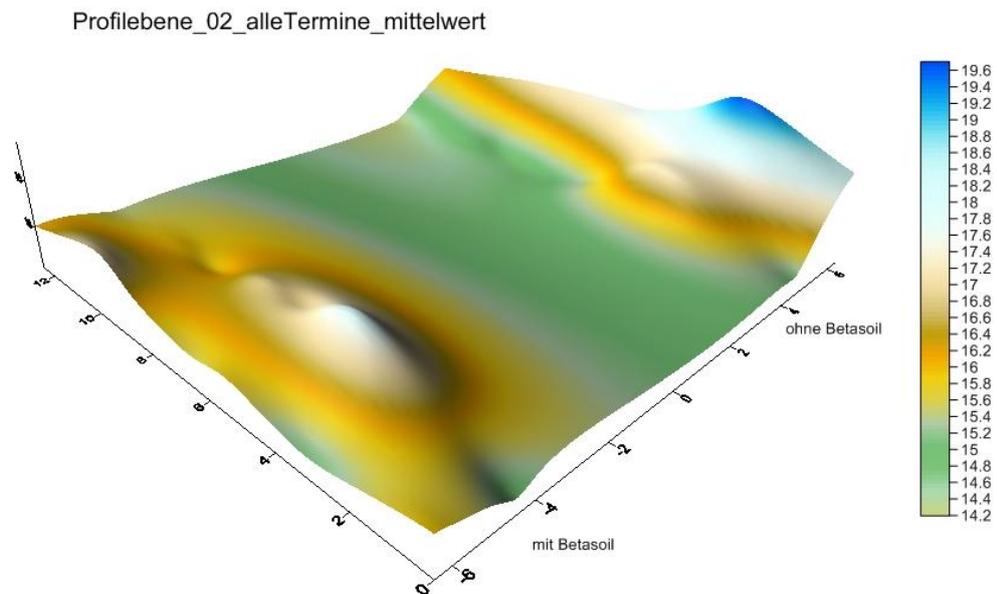


Abbildung 5-6: Bodenwassergehalt der Profilebene\_02, gebildet aus dem Mittelwert aller 3 Termine

Aus der statistischen Interpolation ergeben sich interessante räumliche Verteilungen, welche eine Interpretation zulassen. Erwähnt sei der signifikante (auch statistisch untersuchte) Unterschied in der Profilebene\_03\_Termin\_01 zwischen den beiden Varianten mit und ohne Betasoil. Wie im Kapitel 6 nachzulesen ist, zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Betasoil sich nur beim ersten Termin zeigen. In der Profilebene\_02 zeigt sich auch noch ein „ähnliches“ Verhalten, dass sich allerdings in der Profilebene\_04, welche auch unterhalb des Bewässerungsschlauches ist, nicht mehr fortsetzt.

### Längsprofile des Wassergehaltes

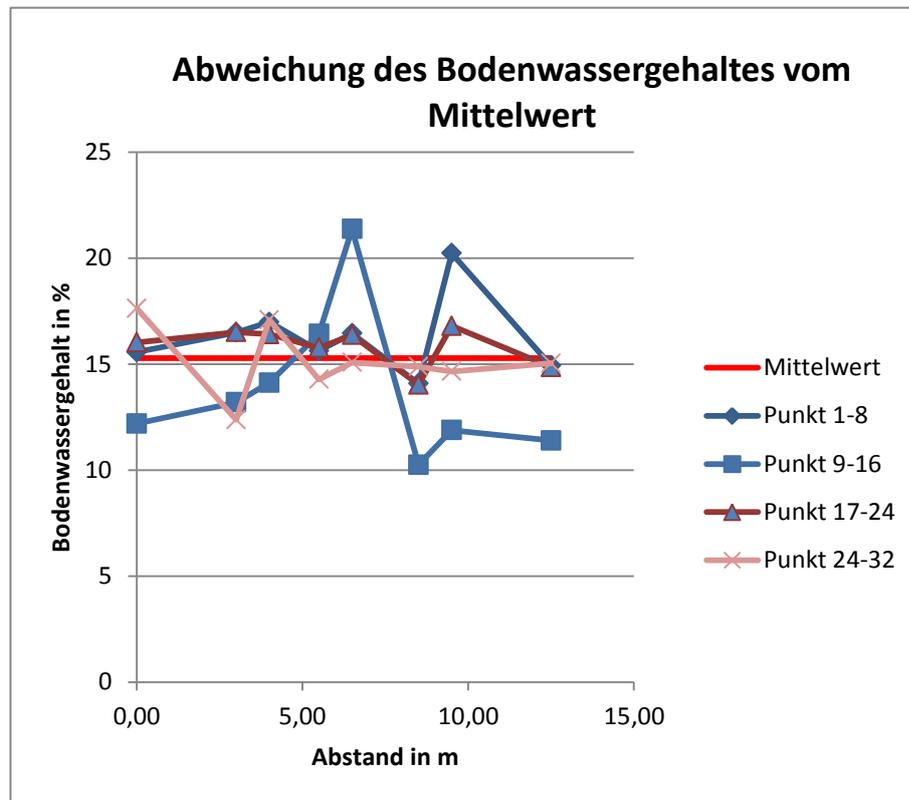


Abbildung 5-7: Abweichung vom Mittelwert, Profilebene\_03\_Termin\_01

In Abbildung 5-7: Abweichung vom Mittelwert, wird die Abweichung des Bodenwassergehaltes vom Mittelwert (der gesamten Stichprobe) dargestellt. Die Punkte 1-16 sind wie immer die Variante ohne Betasoil und die Punkte 17-32 sind die Variante mit Betasoil. Es zeigt sich, dass die Abweichungen der Betasoil Variante geringer sind als die der Variante ohne Betasoil, zumindest beim Termin\_01. Beim Termin\_02 ist dieser Trend nicht mehr zu beobachten. Betrachtet wurde die Profilebene\_03.

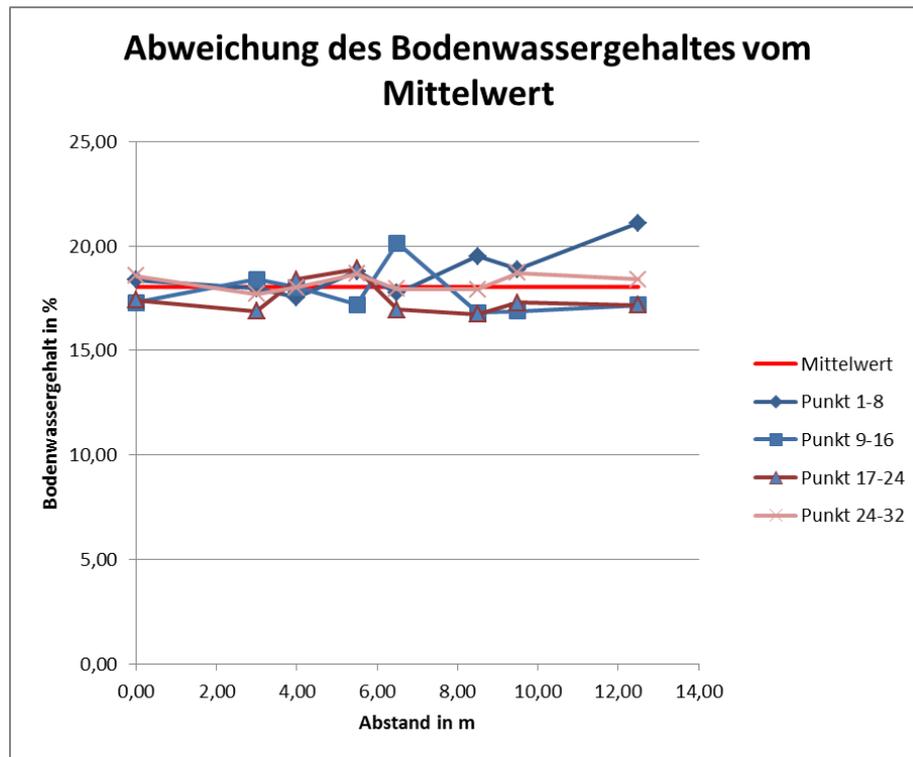


Abbildung 5-8: Abweichung vom Mittelwert, Profilebene\_03\_Termin\_02

## 5.2 Räumliche – vertikale Verteilung des Bodenwassergehalts

Um die vertikale Bodenwasserverteilung zu untersuchen wurden drei Querprofile durch die Versuchsfläche gelegt.

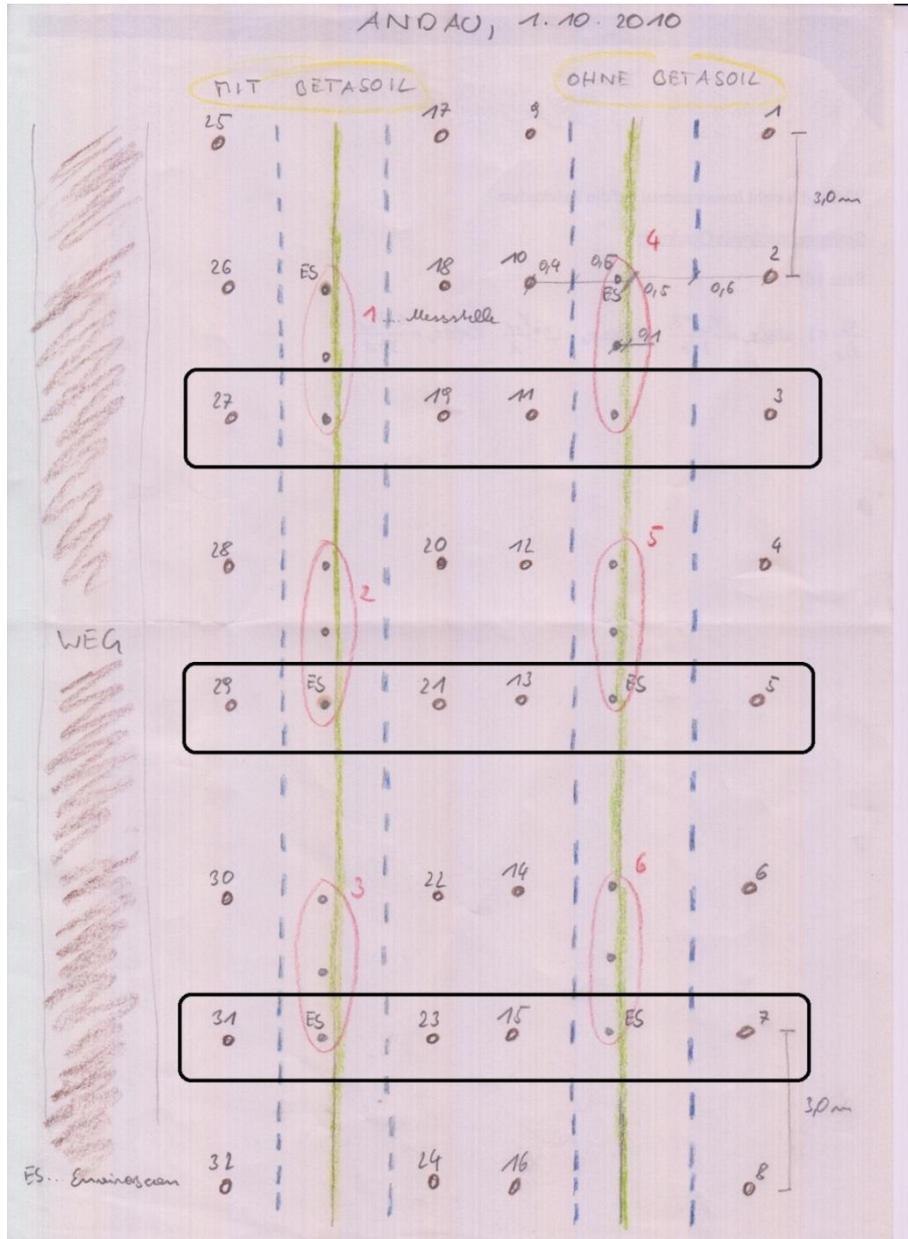


Abbildung 5-9: Lageplan der Querprofile

Die ausgewählten Punkte wurden anschließend in Diagrammen zusammengefasst und dargestellt. Die Punkte jeweils im Bereich der Variante mit Betasoil bzw. ohne Betasoil sind nach den drei Terminen aufgeteilt.

**Termin\_01:**

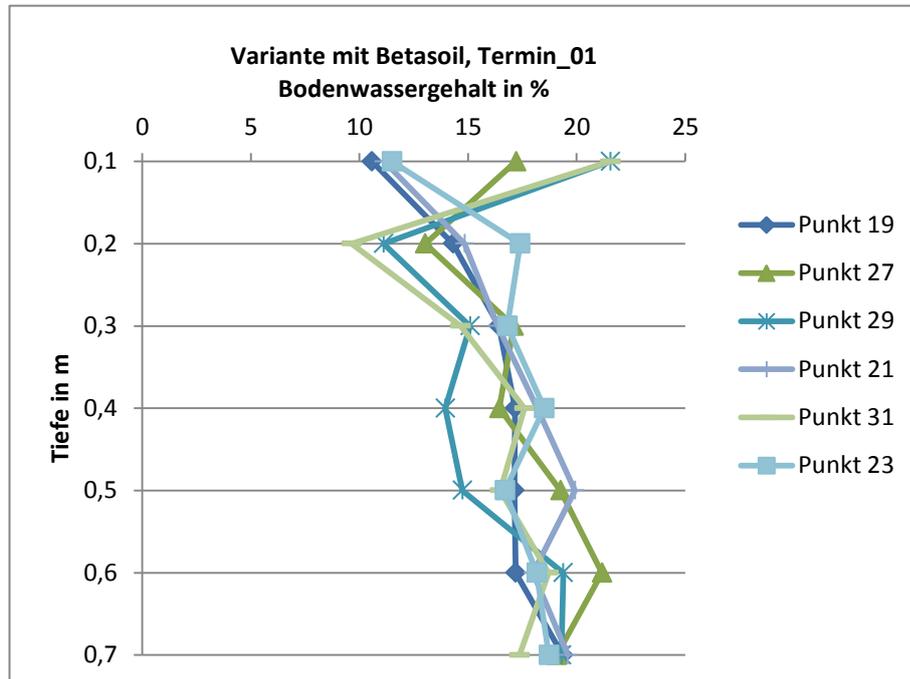


Abbildung 5-10: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin\_01

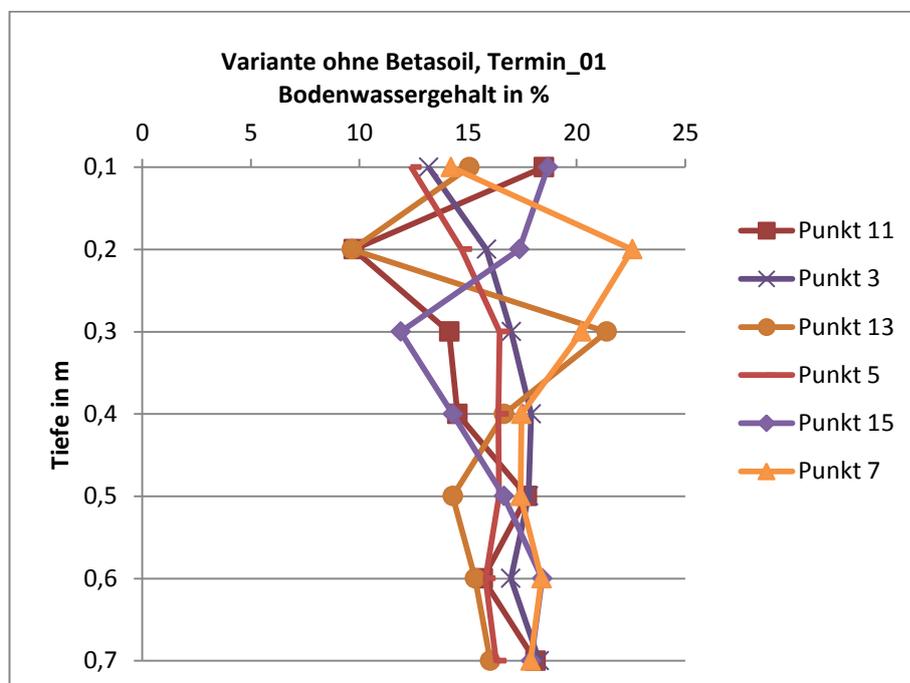


Abbildung 5-11: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin\_01

**Termin\_02:**

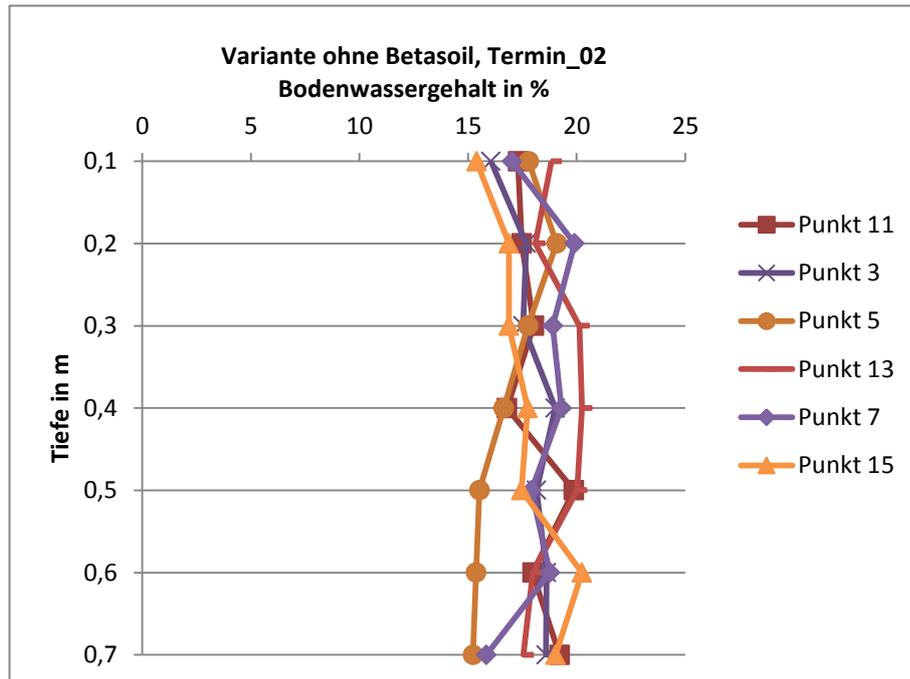


Abbildung 5-12: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin\_02

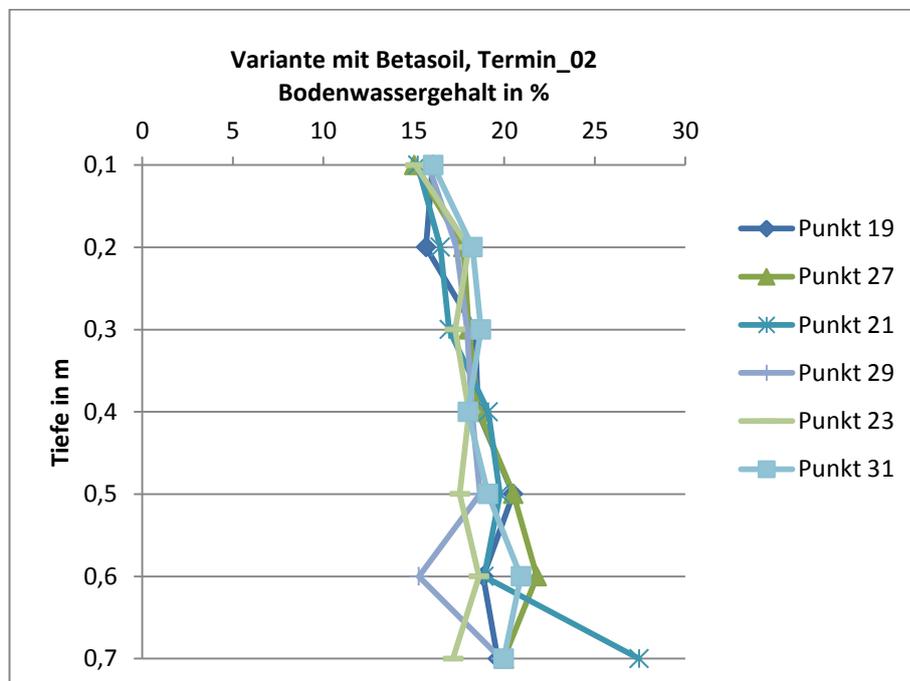


Abbildung 5-13: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin\_02

**Termin\_03:**

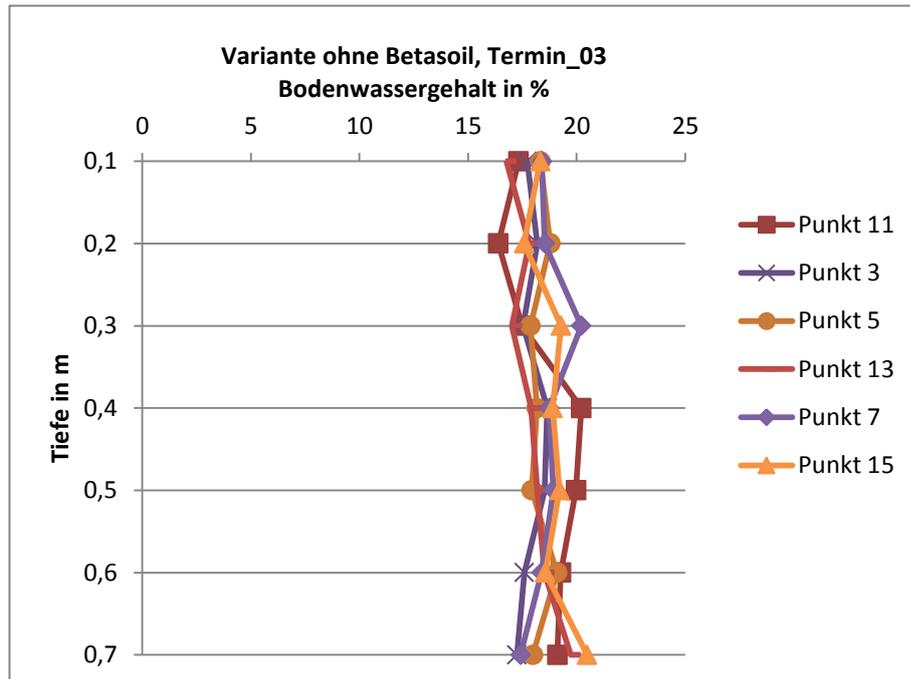


Abbildung 5-14: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante ohne Betasoil, Termin\_03

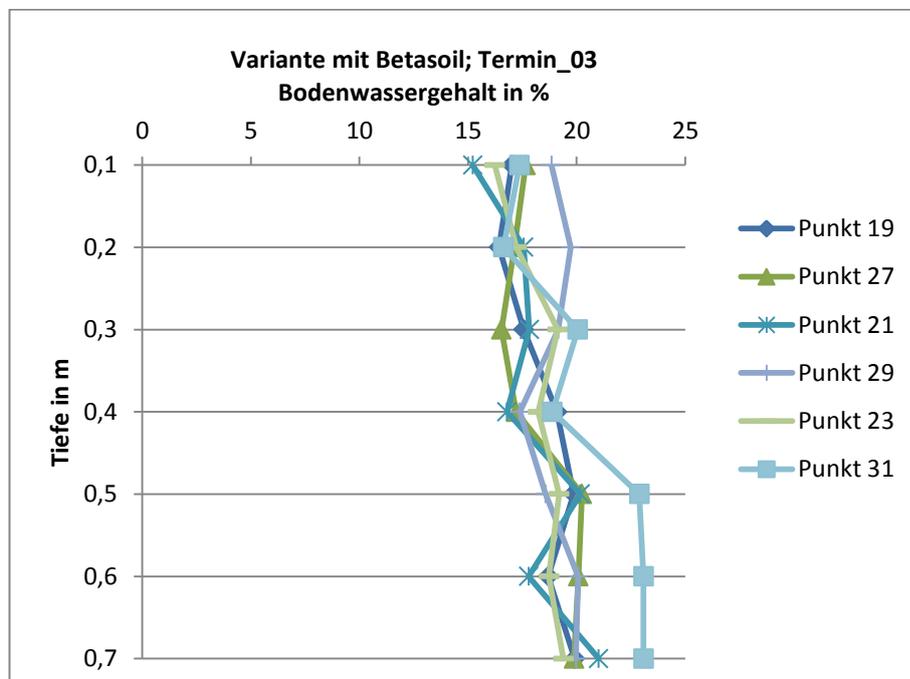


Abbildung 5-15: Vertikale Verteilung Bodenwassergehalt, Variante mit Betasoil, Termin\_03

Die Auswertung der Profile ergab keine nennenswerten Auffälligkeiten im Vergleich der unterschiedlichen Termine der Profilebene\_03. Bei Termin\_01 zeigen sich die gleichen Abweichungen der Varianten mit und ohne Betasoil. Allerdings sind diese Abweichungen, bzw. das unterschiedliche streuende Verhalten beim Termin\_02 und 03 nicht mehr zu beobachten.

### 5.3 Zeitlicher Zusammenhang

Hier soll gezeigt werden, in welchem Zusammenhang der Bodenwassergehalt mit der zeitlichen Verteilung des Niederschlages steht. Vielleicht sind die Zeitpunkte der Probenahmen gerade so unterschiedlich, dass sie kurz nach bzw. auch vor einem Niederschlagsereignis liegen und daher gewisse Erkenntnisse aufgrund der unterschiedlichen Zustände des Bodens getroffen werden können.

Für die erste Probenahme können wir von einem relativ trockenem Zustand ausgehen. Die beiden anderen Termine sind als feucht zu betrachten, was sich auch in den Bodenwassergehalts Messungen zeigt. Zur Veranschaulichung meiner Beobachtung sind in Tabelle 8 die Mittelwerte der drei Termine für die Profilebene\_03 angegeben.

Tabelle 8: Mittelwerte des Bodenwassergehaltes der Profilebene\_03 im Vergleich

	Mittelwert des Bodenwassergehaltes in %		
Termine	01	02	03
Ohne Betasoil	15,08	18,24	18,72
Mit Betasoil	15,50	17,86	18,79

Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, zeigt sich, dass es vor dem Termin\_01 keinen Niederschlag gegeben hat. Allerdings im Vergleich dazu, hat es jeweils 10 Tagen vor dem Termin\_02 ( 26,8 mm) und dem Termin\_03 (64,4 mm) deutlich mehr Niederschlag.

Daher sind die drei Termine natürlich auch unterschiedlich zu werten. Allerdings ist auch hier nicht wirklich ein auffälliges Verhalten zu erkennen. Interessant ist, dass bei den feuchteren Terminen die Unterschiede in der Bodenwassergehaltsverteilung laut Oberflächendarstellung und statistischer Auswertung geringer sind als beim ersten, trockeneren Termin.

## 6 Statistische Analyse

Für die statistische Analyse, steht im Vordergrund des Interesses jene Profilebene, welche sich in der Tiefe des Bewässerungsschlauches befindet. Dies wäre die Profilebene\_03 (0,25-0,35 m). Um abzuklären ob es vielleicht Interaktionen oder auffällige Merkmale zwischen den Profilebenen gibt, wird zusätzlich die Analyse auch für die Profilebenen\_02 und 04 gemacht

Bei der Variante mit Betasoil für die Profilebene\_03 ist anhand der erzeugten Oberfläche (Abbildung 5-1: Vergleich der Profilebenen\_03 zu allen drei Terminen) ein gleichmäßigeres Niveau an Bodenwassergehalten zu beobachten. Zu beachten ist hierbei, dass für die Vergleichbarkeit die Skalen heranzuziehen sind. Während die Termine\_02 und 03 ein gleiches Niveau anzeigen, schert der Termin 01 etwas aus (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Vergleich grundlegender statistischer Werte der Profilebene\_03 von allen drei Terminen

Variante	1.Termin		2.Termin		3.Termin	
	oB	mB	oB	mB	oB	mB
Mittelwert	15.07	15.49	18.24	17.85	18.71	18.78
Max. Wert	21.38	17.63	21.09	18.91	21.04	21.09
Min. Wert	10.25	12.37	16.80	16.73	16.80	16.53
Standardabweichung	3.02	1.34	1.21	0.71	1.39	1.17
Varianz	9.12	1.80	1.46	0.51	1.95	1.38
Varianzkoeffizient <sup>19</sup>	0,20	0,08	0,06	0,04	0,07	0,06

<sup>19</sup> Varianzkoeffizient ist eine relative Streuungsmaßzahl. Eignet sich zum Vergleich von Beobachtungen in verschiedenen Maßeinheiten (oder auch verschiedenen Skalen). Der Koeffizient ( $v_s$ ) wird errechnet über  $v_s = \frac{\text{Standardabweichung}}{\text{Mittelwert}}$  (Brannath & Futschik, 2001).

Leider ist es im Surfer nicht möglich, eine einheitliche Skala zu definieren. Die Farbgebung kann somit bei der Einfärbung der erzeugten Oberfläche täuschen. Der Beginn der Skalierung erfolgt immer durch die maximalen und minimalen Werte (siehe Tabelle 9).

Folgende Eigenschaften können nach der statistischen Auswertung der beiden Varianten zu allen Terminen interpretiert werden:

- Der Mittelwert verhält sich relativ konstant und lässt keine Schlüsse zu ausser, dass die Termine\_02 und 03 eine feuchtere Situation zeigen.
- Bei den maximalen und minimalen Werten der Varianten und Termine ist keine Tendenz zu erkennen.
- Interessant ist das Verhalten bei der Standardabweichung, welche bei allen drei Terminen zeigt, dass die Variante mit Betasoil weniger streut als die Variante ohne Betasoil (dies zeigt sich natürlich auch bei der Varianz).

Um nicht nur eine rein räumlich-visuelle Analyse der Daten durch die in Surfer erzeugten Oberflächen durchzuführen, wurde eine statistische Analyse der Stichproben angestrebt. Ziel dieser Analysen ist, das Verhalten bezüglich der Varianz der Stichproben zu untersuchen und die beiden Varianten miteinander zu vergleichen.

## 6.1 *t*-Test und *Levene*-Test

Zur Verifizierung, wurde ein *t*-Test gemacht. Dafür wurde der Datensatz in die beiden Varianten mit und ohne Betasoil aufgeteilt. Als Hilfestellung zur Durchführung wird auf eine Hilfsdatei verwiesen (University, 2011).

Voraussetzung für den *t*-Test sind das beide Stichproben normalverteilt sind. Zur Durchführung des Tests, ist es noch notwendig, die Gruppen zu unterscheiden:

*Gruppe 1*: ohne Betasoil

*Gruppe 2*: mit Betasoil

Diese Unterteilung wurde für alle Tests beibehalten.

Der  $t$ -Test wurde mit der Software SPSS<sup>20</sup> durchgeführt und ergab die im Anschluss angeführten Ergebnisse.

### Profilebene\_03\_Termin\_01, 02 und 03:

Zu Beginn wird die Stichprobe auf das Normalverteilungsverhalten geprüft:

- **Ohne Betasoil**

#### Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
VAR00001	Mittelwert	15,0794	,75526
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		
	Untergrenze	13,4696	
	Obergrenze	16,6892	
	5% getrimmtes Mittel	14,9976	
	Median	15,2500	
	Varianz	9,127	
	Standardabweichung	3,02104	
	Minimum	10,25	
	Maximum	21,38	
	Spannweite	11,13	
	Interquartilbereich	4,04	
	Schiefe	,483	,564
	Kurtosis	,140	1,091

#### Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
VAR00001	,139	16	,200(*)	,959	16	,650

\* Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Beide Werte liegen über dem Signifikanzniveau von 0,05 (also 5 %). Somit ist eine Normalverteilung gegeben.

<sup>20</sup> Statistik und Analyse Software (SPSS, 2011)

- **Mit Betasoil**

**Deskriptive Statistik**

		Statistik	Standard- fehler
VAR00002	Mittelwert	15,4944	,33531
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze 14,7797 Obergrenze 16,2091	
	5% getrimmtes Mittel	15,5488	
	Median	15,4350	
	Varianz	1,799	
	Standardabweichung	1,34122	
	Minimum	12,38	
	Maximum	17,63	
	Spannweite	5,25	
	Interquartilbereich	1,78	
	Schiefe	-,549	,564
	Kurtosis	,430	1,091

**Tests auf Normalverteilung**

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
VAR00002	,118	16	,200(*)	,965	16	,744

\* Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Auch in diesem Falle ist eine Normalverteilung gegeben.

**Gewählt: *t*-Test für UNABHÄNGIGE Stichproben**

Gruppenstatistiken

Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Wassergehalt 1	16	15,0794	3,02104	,75526
Wassergehalt 2	16	15,4944	1,34122	,33531

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Wassergehalt	Varianzen sind gleich	6,166	,019	-,502	30	,619	-,41500	,82635	-2,10262	1,27262
	Varianzen sind nicht gleich			-,502	20,692	,621	-,41500	,82635	-2,13504	1,30504

**Interpretation**

- Varianzhomogenität mit 0,019 ist kleiner als 0,05, folglich kann gesagt werden, dass die Stichproben in Bezug auf die Varianz nicht gleich sind und die  $H_0$  (Nullhypothese) abgelehnt wird.
- Da sig (2-seitig) größer als 0,05 (Alpha, Signifikanzniveau) ist, kann die Nullhypothese der Mittelwertgleichheit nicht abgelehnt werden. Somit kann mit diesem Test nicht behauptet werden, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Reihen besteht (in Bezug auf den Mittelwert) und die  $H_0$  nicht abgelehnt wird.

Die Analyse lässt den Schluss zu, dass die Variante mit Betasoil eine andere Variabilität hat als die Variante ohne Betasoil. Dieses Verhalten deckt sich mit der Interpretation des Ergebnisses aus der Interpolation der Oberfläche dargestellt in Kapitel 5.1).

Obwohl die Voraussetzungen für den *t*-Test nicht eindeutig erfüllt sind, schlägt der *Levene*-Test, der die Stichproben auf Homogenität der Varianzen überprüft, an. Der *Levene*-Test ist ein Teil des *t*-Testes und wird automatisch im SPSS bei der Prüfung durchgeführt.

Der *Levene*-Test ist ein Signifikanztest, der auf Gleichheit der Varianz von zwei oder mehreren Grundgesamtheiten prüft. Befindet sich der Signifikanzwert des Tests unter dem zuvor bestimmten Niveau, kann daraus abgeleitet werden dass die Unterschiede signifikant sind und daher die  $H_0$  der Varianzgleichheit abgelehnt werden kann (Levene, 1960).

**T-Test**

[DataSet0]

**Group Statistics**

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	18,2431	1,21181	,30295
	2,00	16	17,8575	,71397	,17849

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	2,819	,104
	Equal variances not assumed		

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	1,097	30	,282	,38563
	Equal variances not assumed	1,097	24,294	,284	,38563

Abbildung 6-1: *t*-Test für Profilebene\_03\_Termin\_02

**T-Test**

[DataSet0]

**Group Statistics**

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	18,7163	1,39944	,34986
	2,00	16	18,7850	1,17740	,29435

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	1,318	,260
	Equal variances not assumed		

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	-,150	30	,881	-,06875
	Equal variances not assumed	-,150	29,147	,882	-,06875

Abbildung 6-2: *t*-Test für Profilebene\_03\_Termin\_03

Die Tests der Profilebene\_03\_Termin\_02 und 03 ergeben die gleichen Ergebnisse. Die  $H_0$  Hypothese bezüglich des Mittelwerts und auch der Varianz werden angenommen. Es gibt also keinen signifikanten Unterschied zwischen den Stichproben.

Allerdings muss auch angemerkt werden, dass der  $t$ -Test nicht unbedingt auf Inhomogenität bei der Varianzverteilung anspringen muss. Erst bei sehr großem Unterschied, bei der relativ kleinen Stichprobengröße wird es eine Anzeige geben (wie im Falle von Profilbenen\_03\_Termin\_01).

### **Profilebene\_02\_Termin\_01, 02 und 03**

Für die Profilebene\_02\_Termin\_03 liegt keine Normalverteilung vor, daher kann auch kein  $t$ -Test durchgeführt werden.

#### **T-Test**

DataSet0]

##### Group Statistics

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	13,7594	4,10375	1,02594
	2,00	16	13,0063	2,60099	,65025

##### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	5,298	,028
	Equal variances not assumed		

##### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	,620	30	,540	,75312
	Equal variances not assumed	,620	25,377	,541	,75312

Abbildung 6-3:  $t$ -Test Profil\_02\_Termin\_01

**T-Test**

[DataSet0]

**Group Statistics**

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	17,7881	1,10566	,27641
	2,00	16	17,2388	,90568	,22642

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	,803	,377
	Equal variances not assumed		

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	1,538	30	,135	,54938
	Equal variances not assumed	1,538	28,880	,135	,54938

Abbildung 6-4: t-Test Profil\_02\_Termin\_02

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00001	,180	32	,010	,881	32	,002

a. Lilliefors Significance Correction

**Normal Q-Q Plot of VAR00001**

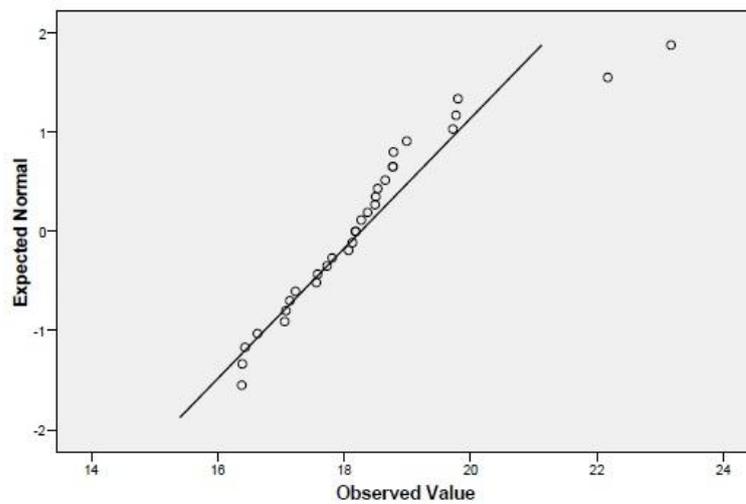


Abbildung 6-5: Test auf Normalverteilung Profil\_02\_Termin\_03

Auswertung:

- Für die Profilebene\_02\_Termin\_01 liegt keine Varianzen-Homogenität vor,  $H_0$  wurde für die Stichprobe abgelehnt.
- Für die Profileben\_02\_Termin\_02 wurde Homogenität der Stichprobe für Mittelwert und Varianz ermittelt ( $H_0$  wurde angenommen).
- Für Profilebene\_02\_Termin\_03 liegt keine Normalverteilung vor und der  $t$ -Test konnte nicht durchgeführt werden.

### Profilebene\_04\_Termin\_01, 02 und 03

Für die Profilebene\_04\_Termin\_03 liegt keine Normalverteilung vor, daher kann auch kein  $t$ -Test durchgeführt werden.

#### T-Test

[DataSet0]

Group Statistics

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	16,0575	1,45326	,36331
	2,00	16	16,1313	1,66503	,41626

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	,847	,365
	Equal variances not assumed		

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	-,133	30	,895	-,07375
	Equal variances not assumed	-,133	29,461	,895	-,07375

Abbildung 6-6:  $t$ -Test Profilebene\_04\_Termin\_01

**T-Test**

[DataSet0]

**Group Statistics**

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	1,00	16	18,2206	1,23843	,30961
	2,00	16	17,8275	1,00433	,25108

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
VAR00001	Equal variances assumed	,626	,435
	Equal variances not assumed		

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
VAR00001	Equal variances assumed	,986	30	,332	,39313
	Equal variances not assumed	,986	28,773	,332	,39313

Abbildung 6-7: t-Test Profilebene\_04\_Termin\_02

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00001	,223	32	,000	,835	32	,000

a. Lilliefors Significance Correction

**Normal Q-Q Plot of VAR00001**

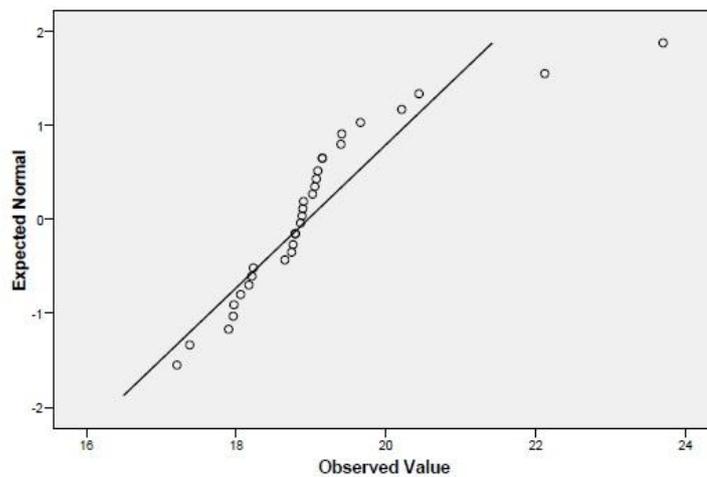


Abbildung 6-8: Test auf Normalverteilung Profil\_04\_Termin\_03

Auswertung:

- Für die Profilebene\_04\_Termin\_01 und 02 gibt es keine Ablehnung der  $H_0$  bei Varianz und Mittelwert.
- Für die Profileben\_04\_Termin\_03 liegt laut Test keine Normalverteilung vor. Interessant ist, dass bereits bei Profileben\_02\_Termin\_03 keine Normalverteilung vorlag.

## 6.2 Räumlicher Zusammenhang der Daten – Variogramme

Um Aussagen über die Qualität der Daten und deren räumlichen Zusammenhang treffen zu können, wurde für die Profilebene\_03\_Termin\_01 der Datensatz geteilt, in die beiden Varianten mit und ohne Betasoil und getrennt dargestellt.

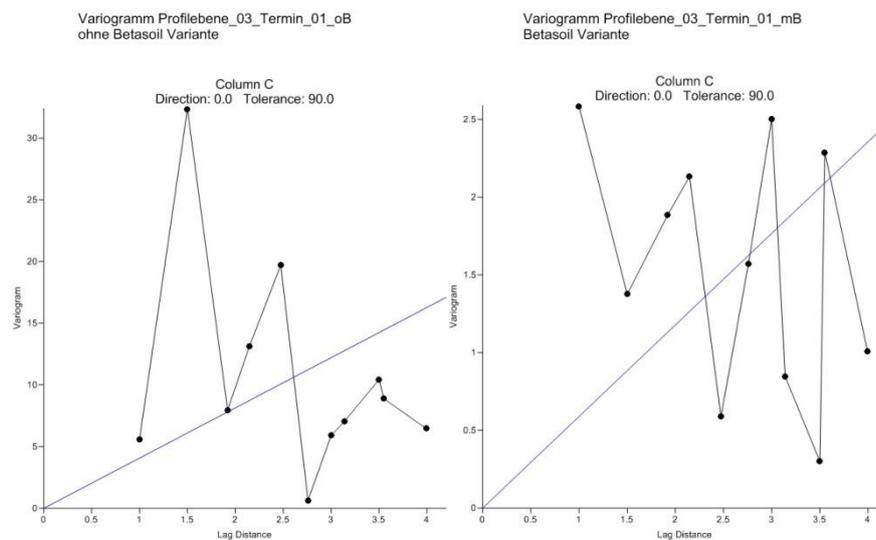


Abbildung 6-9: Variogramm Profilebene\_03\_Termin\_01; links: Variante mit Betasoil; rechts: Variante ohne Betasoil

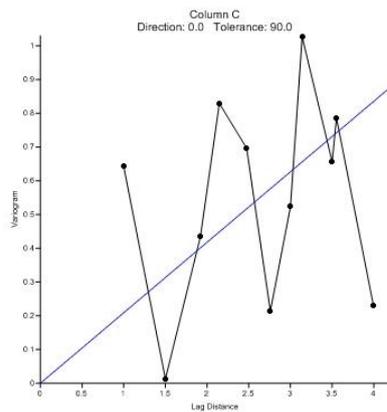
Das experimentelle Variogramm unterscheidet sich deutlich vom theoretischen Variogramm, doch war dieser schlechte Zusammenhang zu erwarten. Ursache dafür sind vor allem die wenigen Messpunkte. Daher ist eine bessere Anpassung an die theoretische Funktion nicht möglich.

Die Varianz ist bei der Variante ohne Betasoil um den Faktor 10 größer als bei der Variante mit Betasoil. Bei der Betasoil-Variante ist die Streuung sehr viel geringer und untermauert die Vermutung, dass der Betasoil einen Einfluss auf die Bodenwasserspeicherung haben könnte.

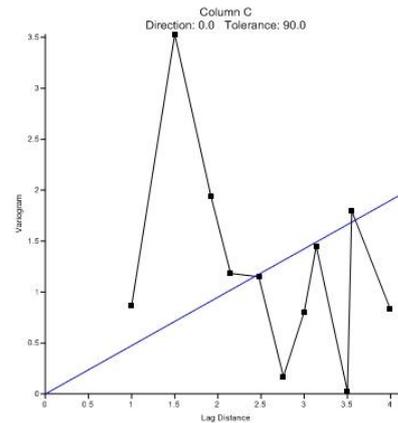
Dieser Einfluss äußert sich nicht in sehr viel höheren Bodenwassergehalts-Werten (wobei die Ausreißer nach unten auch hier laut Beobach-

tung geringer sind), sondern vor allem in der gleichmäßigeren Ausformung, sprich Verteilung des Bodenwassergehaltes in einer Profilebene. Dies wird nicht nur durch das Variogramm, sondern auch durch die Statistik und die erzeugte Oberfläche verdeutlicht.

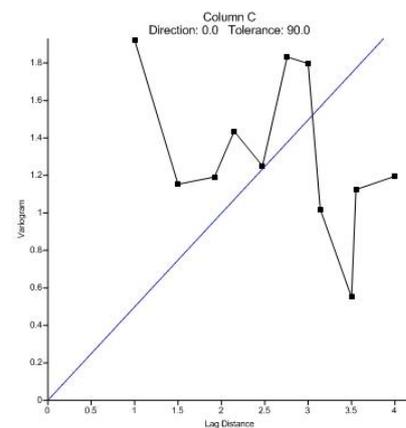
Variogramm Profilebene\_03\_Termin\_02\_mB  
Betasoil Variante



Variogramm Profilebene\_03\_Termin\_02\_oB  
ohne Betasoil Variante



Variogramm Profilebene\_03\_Termin\_03\_mB  
Betasoil Variante



Variogramm Profilebene\_03\_Termin\_03\_oB  
ohne Betasoil Variante

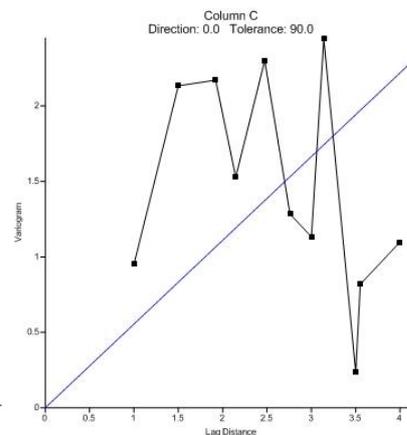


Abbildung 6-10: Vergleich der Variogramme der Profilebene\_03\_Termine\_02 und 03

Bei den Terminen 02 und 03 sind die Unterschiede im räumlichen Zusammenhang der Daten bereits kleiner als im Vergleich zum Termin\_01.

## **7 Ergebnisse**

Nach näherer Betrachtung des Versuches, habe ich festgestellt, dass eine Aussage über die Wirksamkeit von Betasoil nur schwierig zu tätigen ist. Meiner Erfahrung nach zeigt sich eben hier was in der wissenschaftlichen Arbeit an der Tagesordnung stehen. Die Kunst aus den Analysen die man erstellt hat, ein Ergebnis abzulesen.

Da die Bedeutung und Nachfrage von sparsameren Möglichkeiten zur Bewässerung immer größer wird und gerade die Bewässerungsmenge am weltweiten Wasserverbrauch im Schnitt ca. 70 % beträgt, habe ich diese Arbeit mit sehr viel Begeisterung und Motivation erarbeitet. Ein angepasstes und effizientes Bewässerungssystem zu entwickeln ist das Ziel. Dafür muss die Wirksamkeit des Betasoil-Bodenhilfsstoffes untersucht werden. Voraussetzung dafür ist es die Versuchsfläche zu erheben und zu beschreiben, auch wenn die Bewässerung noch nicht aktiviert wurde. Daraus ergeben sich die Grundlagen für eine weiterführende Betrachtung und weitere Arbeiten in diesem Bereich.

### **7.1 Probleme an der Versuchsanordnung und Durchführung**

Im Zuge der Masterarbeit sind etliche Fragestellungen und Probleme aufgetaucht:

- Wie wurde die Menge Betasoil bestimmt, die um den Bewässerungsschlauch herum eingebracht wurde?
- Beim Einbau des Bewässerungsschlauches wurde das Material einfach „dazu gerieselt“. Wie ist die Verteilung des Materials in diesem Bereich? Die Ummantelung im Lageplan wurde mit 2,5 % angegeben und bleibt somit relativ unklar.
- Problem der Probenahme im Abstand von 0,4 und 0,6 m vom Bewässerungsschlauch. Eine Probenahme direkt beim Bewässerungsschlauch ist nicht möglich.
- Im Jahr 2010 fand keine Bewässerung statt. Aufgrund der zahlreichen und gut verteilten Niederschläge. Was kann dann eigentlich über die Wirksamkeit des Betasoil gesagt werden, wenn es zu keiner Bewässerung gekommen ist?

- Ein wichtiges Detail ist die Versuchsvorbereitung. Wie viele Proben sind notwendig um signifikant zu sein? Ist die Stichprobe groß genug um eine qualifizierte Aussage zu ermöglichen?
- Die Qualität der Daten muss beurteilt werden um Aussagen über den Zusammenhang, die Homogenität bzw. Inhomogenität tätigen zu können.
- Der Beikrautwuchs war unterschiedlich stark, teilweise wuchernd. Dieser Einfluss müsste untersucht werden. Einfacher wäre es, wenn auf beiden Varianten natürlich eine gleiche Bedeckung vorherrscht (oder auch keine).

Ein signifikantes Problem war die Anordnung des Probenrasters. Da die Proben nur in einem gewissen Abstand (0,4 m bei der Betasoil Variante und 0,6 m bei der Variante ohne Betasoil) zum Bewässerungsschlauch genommen werden konnten. Der wirklich interessante Bereich wäre allerdings gerade der Nahebereich um den Bewässerungsschlauch gewesen, in dem das Betasoil Material eingebracht wurde. Es kann nur vermutet werden, dass das tonhaltige Betasoil-Material einen Effekt auf den Bodenwasseranteil haben kann.

Was sich mit Sicherheit sagen lässt ist, dass bei der Versuchsfläche in Andau ein sehr homogener Boden vorliegt. Laut Texturdreieck (Kapitel 3.3) fast überall einen sL (sandigen Lehm) ausweist.

Bezüglich der räumlichen Verteilung des Bodenwassergehaltes lässt sich nur sehr schwer, aufgrund des räumlich doch sehr weiten Abstandes der Probepunkte zum eigentlichen Bewässerungsschlauch, eine sichere Aussage tätigen. Die Analyse, sowohl durch Interpolation wie auch durch die Statistik lässt kleine klaren Tendenzen erkennen.

Die Hypothese, dass der Betasoil-Bodenhilfsstoff einen positiven Effekt auf den umliegenden Boden haben könnte (hinsichtlich des Wasserhaushaltes) kann somit weder gestützt noch bestritten werden. Die Untersuchung wurde dadurch eingeschränkt, dass im Jahr der Erhebung keine Bewässerungsgabe über den Bewässerungsschlauch erfolgte. Es wird zu klären sein, ob der Bodenwassergehalt im Boden sich anders verhält wenn eine Bewässerungsgabe über den Schlauch erfolgt oder wenn Niederschlagswasser über die Oberfläche versickert. Dementsprechend haben sämtliche Interpretationen und Aussagen gegenüber einer Wirksamkeit des Betasoil einen hypothetischen Charakter.

## 7.2 Interpretation der geostatistischen Interpolation

„Geostatistik erlaubt die quantitative Beschreibung von im Raum oder im Raum und Zeit verteilten Variablen.“ (Schneider, 2003)

Durch die Interpolation mit Hilfe von Surfer konnte die räumlichen Verteilung des Bodenwassergehaltes dargestellt werden. Diese flächige Darstellung ermöglichte interessante Eigenschaften und Auffälligkeiten zu Entdecken. Wie in Kapitel 5.1 ausführlich beschrieben, sind bei Termin\_01 in der Profilebene\_03 der Betasoil Variante andere Tendenzen im Vergleich zur Variante ohne Betasoil zu erkennen. Allerdings bei allen anderen Terminen zeigt sich im Vergleich nicht sehr viel Unterschied und es kann visuell daher keine Inhomogenität festgelegt werden.

Auch sind noch andere Möglichkeiten vorhanden um visuelle Ansprachen der Wassergehaltsverteilung zu erstellen. Es wurde versucht, z.B. im ArcGis über den *Geospatial Analyst* die Flächen voneinander oder von einem spezifischen Schwellenwert abzuziehen und somit eine Darstellung der Abweichungen zu erhalten. Dies könnte Auskunft geben über ein möglicherweise interessantes Verhalten in einem vorher nicht auffälligen Punkt. Ähnliches wurde versucht über die Darstellung der Mittelwerte des Bodenwassergehaltes von allen drei Terminen (Kapitel 5.1). Doch ließ sich auch in dieser Analyse zwischen den Terminen kein großer Unterschied erkennen.

## 7.3 Interpretation der t-Tests für Profilebenen\_02\_03\_04

Tabelle 10: Ergebnisse der t-Test Analyse

Termin	01		01		03	
	M	V	M	V	M	V
02	☺	-	☺	☺	N.V. abgelehnt	
03	☺	-	☺	☺	☺	☺
04	☺	☺	☺	☺	N.V. abgelehnt	

M	Mittelwert
V	Varianz
N.V.	Normalverteilung
03	Profiltiefe mit Bewässerungsschläuchen (0,25 m für mB und 0,30 m für oB)

Untersucht wurde die Annahme bzw. Ablehnung der  $H_0$ . Wenn  $H_0$  angenommen wurde, dann wurde der Test in der Tabelle mit einem (☺) markiert. Ansonsten (–) für Ablehnung.

Die drei Termine unterscheiden sich voneinander durch die Niederschlagsmenge die in der 10 Tage Periode vor dem Probetermin gefallen ist (siehe Tabelle 7: Niederschlagssumme 10 Tage vor Probetermin). Allerdings kann auch daraus kein Schluss gezogen werden ob in eher trockenem Zustand ein Effekt des Betasoil zu beobachten ist und daher die Verteilung des Bodenwassergehalts ein andere ist.

Aufgrund der Auswertung der Tests kann kein Unterschied zwischen den beiden Varianten festgestellt werden, der offensichtlich wäre. Es muss daher von einer zufälligen Verteilung ausgegangen werden. Auch durch die statistische Untersuchung kann kein Unterschied zwischen der Variante mit Betasoil und der Variante ohne Betasoil festgestellt werden.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Interpretation der visuellen Ergebnisse lässt keinen Unterschied zwischen der Variante mit Betasoil und der Variante ohne Betasoil erkennen.

Soweit die Geostatistik analysiert wurde, gibt es keinen signifikanten, zu erkennenden Unterschied in den beiden Varianten mit und ohne Betasoil.

Wie schon erwähnt, könnte selbst wenn es einen solchen Unterschied gäbe nicht darauf beharrt werden, da das Bewässerungssystem nicht in Betrieb genommen wurde. Daher können keine konkreten Aussagen über die Eigenschaften des Betasoils als Hilfsstoff bei Bewässerungssystemen getätigt werden. Es wird also noch Zeit und Arbeit brauchen um dem Betasoil auf den Zahn zu fühlen.

Eine der wichtigsten Erfahrungen die in der laufenden Entwicklung der Masterarbeit immer offensichtlicher wurde, ist die Erkenntnis, dass *vor Beginn der Probenahme eine statistische Versuchsplanung durchzuführen ist*.

Während der Arbeiten für diese Masterarbeit und der Auseinandersetzung mit statistischen Themen wurde immer mehr das Gefühl für die Notwendigkeit einer vorausgehenden Versuchsplanung geschärft. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass solche ersten Erhebungen relativ leicht durchgeführt werden können. Mit Hilfe von z.B. CADEMO<sup>21</sup> (Moder, 2011), welches ein Programm zur Modellwahl und statistischen Versuchsplanung darstellt, kann sehr schnell eine erste Erhebung über die notwendige Stichprobengröße generiert werden.

Bei der Auswertung mit CADEMO wird ein gewisses Signifikanzniveau vorgegeben (z.B. ist weit verbreitet ein Wahrscheinlichkeit von 95% anzunehmen; das bedeutet eine *Irrtumswahrscheinlichkeit*  $\alpha = 0,05$ ; dabei handelt es sich um den Fehler 1.Art).

---

<sup>21</sup> Computer Aided Design of Experiments and Modelling

**Entscheidung:**

Test eines Mittelwertes mit einer Konstanten  
Mittelwert einer Normalverteilung testen  
größter und kleinster Merkmalswert bekannt  
Test zweiseitig

Bei den folgenden vorgegebenen Werten

Varianz = 4.0000  
 $\alpha$  = 0.050 ( zweiseitig )  
 $\beta$  = 0.200  
und  $d$  = 0.5000

ergibt sich ein Mindeststichprobenumfang von

$n = 128$  .

Abbildung 8-1: Erhebung mit CADEMO zur Versuchsplanung

Anhand des Ergebnisses des CADEMO-MIWA Modules, erkennt man, dass mit den eingegebenen Parametern ein relativ großer Stichprobenumfang erhoben werden muss, um eine gewisse Signifikanz der Ergebnisse zu erzielen.

Im Vorfeld zur Masterarbeit wurde keine solche Analyse durchgeführt, da eine solche Methode zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt war. Erst im Zuge der Arbeit wurde mehr und mehr klar, auf welche statistischen Grundlagen und Vorarbeiten es ankommt um dann auch auf eine gewünschte Genauigkeit der Ergebnisse schließen zu können.

Natürlich wäre es nicht möglich eine Versuchsanordnung durchzusetzen bei der wie in Abbildung 8-1: Erhebung mit CADEMO zur Versuchsplanung, als Ergebnis 128 Proben genommen werden müssten um ein Konfidenzintervall von 95% zu erreichen. Hier bedarf es großer Erfahrung die richtige Stichprobengröße festzulegen.

Es ist somit zu empfehlen, vor jedem Projekt eine Erhebung über die statistischen Bedingungen und in weitere Folge z.B. die Größe der notwendigen Stichprobe durchzuführen um Zufälligkeiten oder Falschaussagen zu vermeiden.

Dafür kann man sich z.B. an das Methodenzentrum für Versuchsplanung und Erhebungsplanung<sup>22</sup> wenden, welche einem hilfreich zur Seite stehen können.

Doch ist gute Planung natürlich nur die halbe Miete und die Arbeit beruht immer noch auf allen anderen wissenschaftlichen Anforderungen, die eine genaues Arbeiten und möglichst objektives Interpretieren der Ergebnisse erfordert.

### **Fortführende Projekte und Arbeiten:**

Bereits während des Abschlusses dieser vorliegenden Masterarbeit wurde bereits an einer Fortsetzung der Untersuchung am Versuchsfeld in Andau gearbeitet. Es wurden aus den vorliegenden Ergebnissen Schlüsse gezogen:

- Das der Probenumfang vergrößert werden muss um genauere Aussagen zu machen.
- Die Aufteilung in 7 Profiltiefen ist nicht notwendig und eine größere Aufteilung zweckmäßiger und einfacher zu bewerkstelligen.

Es wird interessant sein zu sehen was die Zukunft bringt und ob es möglich sein wird die Wirksamkeit des Betasoil zu belegen. Auf jeden Fall wurde 2011 mehrere Male Bewässert und daher werden genauere Aussagen über die Wirksamkeit und das Verhalten des Bodens im Zusammenhang mit dem Betasoil möglich sein.

Erwähnt sei auch, dass das ganze Projekt nicht nur Fragen rund um Betasoil zu beantworten versucht. Auch wird z.B. die Anwendung einer automatischen Bewässerungssteuerung über die vor Ort eingebauter Sensorik erprobt. Diese optimierten Bewässerungsverfahren rücken natürlich immer mehr in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses, da es immer wichtiger wird, sparsam mit Wasser und Energie umzugehen. Um die Ressourcen und die Natur für kommende Generationen zu schützen.

---

<sup>22</sup> <http://www.rali.boku.ac.at/mzv.html>

## Anhang A: Bodenwassergehalte

Tabelle 11: Bodenwassergehalte in unterschiedlichen Profilebenen und zu allen 3 Terminen (1)

Profilebene_01	Profilebene_02	Profilebene_03	Profilebene_04								
Termine_01_02_03	Termine_01_02_03	Termine_01_02_03	Termine_01_02_03								
18,76	14,93	18,74	11,91	16,38	19,77	15,57	18,38	20,71	15,52	17,69	18,86
18,15	17,24	17,22	16,12	17,85	17,06	16,50	17,98	17,96	15,96	18,34	19,15
13,18	16,05	17,72	15,85	17,68	18,18	16,99	17,53	17,53	17,91	19,01	18,65
11,38	14,61	20,08	16,42	18,29	18,27	15,63	18,79	19,41	18,60	20,89	19,07
12,38	17,79	18,33	14,71	19,08	18,78	16,45	17,76	17,87	16,40	16,64	18,17
10,67	16,38	17,57	17,21	18,90	18,99	14,09	19,52	20,74	16,93	17,60	19,02
14,21	17,02	18,40	22,56	19,90	18,53	20,23	18,90	20,21	17,46	19,30	18,74
17,91	13,64	18,62	12,27	18,86	23,17	14,93	21,10	21,05	16,54	19,40	18,90
14,67	15,31	16,49	8,10	17,17	17,08	12,20	17,30	16,80	15,82	17,15	19,66
19,00	17,84	18,57	8,59	18,45	18,65	13,20	18,41	19,14	12,68	18,17	18,79
18,49	17,30	17,32	9,73	17,47	16,39	14,13	18,03	17,49	14,51	16,79	20,21
17,25	17,09	16,93	11,75	17,35	16,38	16,43	17,20	18,73	15,89	18,08	17,96
15,06	18,84	16,76	9,65	18,09	17,81	21,38	20,13	17,02	16,66	20,25	17,90
16,77	14,80	17,19	17,88	15,98	18,77	10,25	16,81	17,57	16,57	17,37	19,15
18,68	15,39	18,32	17,36	16,88	17,58	11,89	16,88	19,28	14,29	17,74	18,89
15,46	15,36	17,47	10,04	16,28	18,18	11,40	17,17	17,95	15,18	17,11	18,21
19,06	16,53	17,71	10,98	16,52	18,49	16,03	17,43	19,11	17,10	17,06	18,06
11,15	17,35	16,99	15,06	15,74	17,73	16,51	16,88	17,71	15,67	17,39	18,76
10,57	16,05	17,02	14,31	15,68	16,43	16,42	18,40	17,56	17,16	18,56	19,09
12,64	15,09	16,32	15,58	17,86	18,50	15,78	18,91	19,05	14,50	15,57	18,79
11,13	15,21	19,26	14,84	16,47	17,56	16,37	16,96	17,82	18,19	19,12	16,79
10,65	16,78	16,74	16,74	19,02	19,80	14,04	16,74	19,36	18,00	16,47	23,70
11,49	15,09	16,23	17,40	18,04	17,23	16,81	17,29	19,13	18,51	18,05	18,23
14,32	16,97	17,91	8,49	17,12	18,07	14,86	17,18	18,25	16,13	17,14	17,97
15,42	14,72	16,48	12,81	17,09	18,13	17,63	18,58	18,45	17,02	19,45	19,05
18,64	12,24	17,73	14,21	16,40	22,17	12,38	17,69	21,10	13,18	17,32	22,12
17,21	15,02	17,65	13,03	17,75	17,14	17,10	18,03	16,54	16,44	18,59	17,21
17,49	14,08	17,00	12,07	17,60	16,13	14,29	18,67	18,57	15,93	17,41	20,44
21,55	15,79	18,84	11,11	17,37	19,72	15,09	17,94	19,15	13,95	18,22	17,38
17,77	16,21	18,44	9,97	17,29	18,37	14,89	17,91	20,65	13,86	18,25	19,40
21,62	16,07	17,37	9,64	18,25	16,63	14,66	18,71	20,05	17,60	17,99	18,88
19,85	16,72	18,89	11,86	17,62	18,77	15,05	18,40	18,06	14,86	18,65	19,41

Tabelle 12: Bodenwassergehalte in unterschiedlichen Profilebenen und zu allen 3 Terminen (2)

Profilebene_05	Profilebene_06	Profilebene_07
Termine_01_02_03	Termine_01_02_03	Termine_01_02_03
16,17 19,72 20,00	17,46 19,33 19,42	17,38 18,84 19,72
16,33 18,19 17,62	17,24 16,77 17,23	16,05 18,26 18,93
17,78 18,15 18,53	16,97 18,61 17,59	18,28 18,59 17,25
17,00 20,15 18,60	17,65 19,54 19,03	16,62 20,21 20,61
16,42 15,52 17,93	15,80 15,37 19,09	16,29 15,23 17,98
13,74 16,54 18,54	14,72 17,19 18,14	16,68 15,15 16,39
17,41 17,92 18,92	18,38 18,77 18,38	17,88 15,84 17,42
16,33 19,19 19,77	16,93 18,70 18,18	16,57 16,39 18,36
16,95 18,22 18,62	16,58 14,75 14,76	18,07 16,14 19,05
17,75 20,52 19,71	18,25 18,37 19,44	19,18 18,61 19,94
17,71 19,87 19,97	15,68 17,97 19,27	18,10 19,21 19,11
17,56 16,80 18,19	17,40 17,13 19,17	18,68 17,54 18,94
14,19 20,02 18,18	15,32 17,98 18,51	16,02 17,55 19,72
15,16 18,93 19,44	15,84 18,52 18,87	16,49 14,82 22,04
16,65 17,46 19,21	18,41 20,24 18,55	17,90 19,03 20,48
17,03 28,04 17,19	13,96 17,68 17,81	16,68 18,14 12,58
18,17 17,38 18,42	17,55 19,13 17,80	18,49 18,49 18,94
17,70 16,88 20,33	15,92 18,85 19,18	17,61 17,92 20,53
17,13 20,49 19,86	17,19 18,84 18,69	19,36 19,64 19,91
17,34 17,98 18,99	17,57 19,66 21,62	21,96 18,26 22,56
19,92 19,77 20,17	17,99 18,89 17,79	19,59 27,45 21,01
16,44 17,45 21,65	14,97 16,84 19,29	20,70 18,79 21,48
16,69 17,54 19,19	18,16 18,60 18,72	18,72 17,17 19,39
15,31 15,99 18,20	17,54 17,07 17,49	17,07 15,78 16,81
16,44 20,97 18,46	17,70 20,29 19,32	18,69 19,92 18,86
11,49 19,55 21,51	11,13 17,50 20,75	10,57 18,82 19,88
19,26 20,50 20,24	21,17 21,80 20,08	19,09 19,98 19,88
17,53 20,75 19,96	18,28 20,10 19,51	18,96 19,41 21,88
14,74 18,66 18,57	19,38 15,28 20,07	19,30 19,81 19,97
15,82 17,47 20,05	17,60 16,60 18,65	17,30 18,29 18,71
16,48 19,10 22,89	18,70 20,92 23,80	17,37 19,97 23,08
17,40 18,94 20,46	17,30 19,38 19,19	18,32 20,01 19,10

# Anhang B: Kornverteilungen

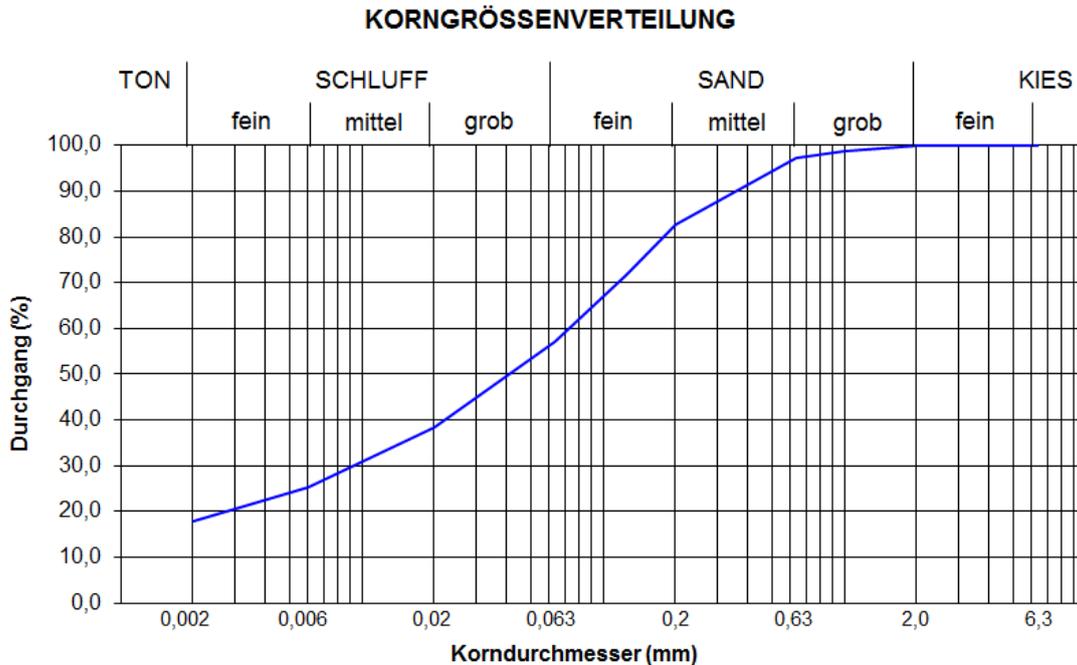


Tabelle 13: Kornverteilung A1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %										Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probnummer Labor:		analysiert am:								Sand: 42,8		Schluff: 39,3		Ton: 17,9	
Entnahmedatum:		Bearbeiter:													
FEINSIEBUNG										Fraktionsbereich	Fraktionsanteil am Gesamtboden	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):					100,02		Massenanteile (%)		(Grenzen in mm)	(%)	Fraktion	$d_{gr}$ (mm)	(%)	(%)	(%)
$i$ SR	Schale Nr.	Masse Schale $m_{Sch i}$ (g)	Masse Schale + Boden lufttr. $m_{Sch+s+w i}$ (g)	Masse Siebrückstand $m_{SR i}$ (g)	$p[\text{Grobboden}] = \frac{m_{SR 2,0}}{m_{ges}} \times 100$				$d_{max} > d \geq 2$	0,0	0,0	2,0	100,0	100,0	
1	2,0				0,00		0,0		$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):				100,02		100,0				$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	0,63	97,3	97,3
2	1,0	67,66	68,90	1,24	$p[\text{Feinboden}] = \frac{m_{s+w}}{m_{ges}} \times 100$				$0,63 > d \geq 0,20$	14,6	14,6	0,20	82,8	82,8	
3	0,63	47,41	48,83	1,42					$0,20 > d \geq 0,125$	11,1	11,1	0,125	71,7	71,7	
4	0,20	59,34	73,91	14,57	Sandanteil				$0,125 > d \geq 0,063$	14,5	14,5	0,063	57,2	57,2	
5	0,13	64,24	75,35	11,11	$p[S]_S =$				$0,063 > d \geq 0,020$	18,9	18,9	0,020	38,3	38,3	
6	0,06	50,32	64,78	14,46	$\Sigma m_{SR} / m_{s+w} \times 100$				$0,020 > d \geq 0,006$	12,9	12,9	0,006	25,4	25,4	
Masse Sand = $\bullet m_{SR i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):				42,80		42,8				$0,006 > d \geq 0,002$	7,6	7,6	0,002	17,9	17,9
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA										untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie (%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
Susp.temp. zu Beginn (°C):										6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):		20		Masse Eindampfrückstd $m_{PR i}$ (g)		Massenanteile (%)				2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
1	0,063	53,1741	53,4417	0,2410	-60,2				1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009	
2	0,020	71,1446	71,3245	0,1533	39,8				0,63	97,3	0,014	0,773	1,294	0,018	
3	0,006	45,0201	45,1485	0,1018	$= p[S]_E$				0,20	82,8	0,146	0,304	3,294	0,480	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):				3,0						0,125	71,7	0,111	0,154	6,500	0,722
										0,063	57,2	0,145	0,084	11,937	1,726
										0,020	38,3	0,189	0,030	32,937	6,220
										0,006	25,4	0,129	0,009	108,333	13,948
										0,002	17,9	0,076	0,003	333,333	25,250
										0,001	0	0,179	0,001	750,000	134,063
										$d_w$ (mm) = 0,005481	1,000			OVZ (-) = 182,435	

**KORNGRÖSSENVERTEILUNG**

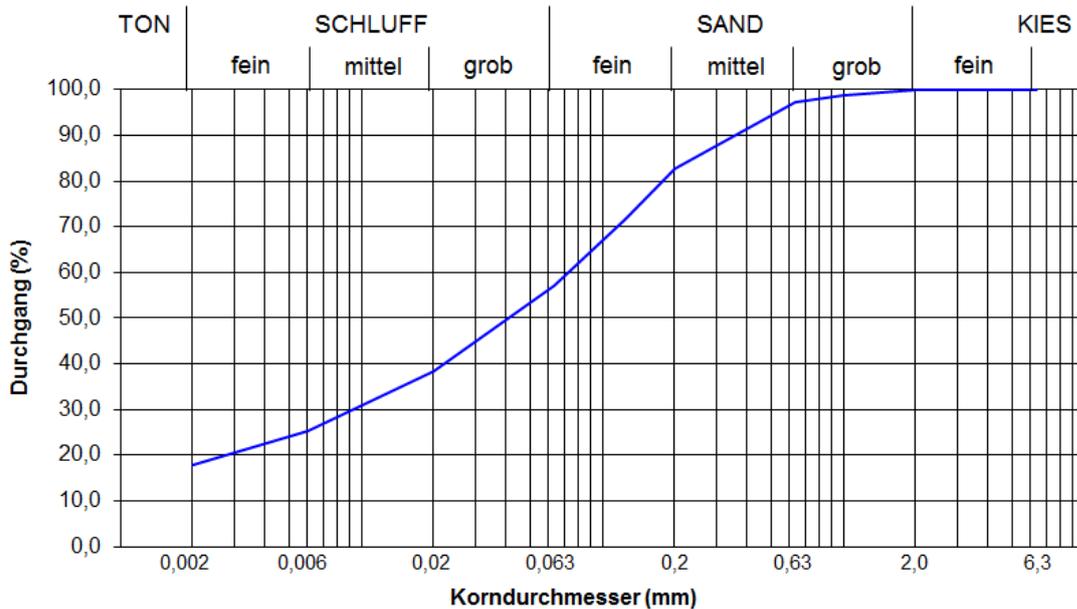


Tabelle 14: Kornverteilung A2

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent											
Sand: 37,5						Schluff: 42,4						Ton: 20,1					
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden						Summenlinie Feinboden					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						untere Fraktionsgrenze d <sub>gr</sub> (mm)						Summenlinie d < d <sub>gr</sub> (%)					
FEINSIEBUNG												Summenlinie d < d <sub>gr</sub> (%)					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage m <sub>ges</sub> (g): 100						Masse Sand = Σ m <sub>SRi</sub> (i = 2...6) (g): 37,49						Masse Sand = 37,5					
Masse Feinboden m <sub>s+w</sub> = m <sub>ges</sub> - m <sub>SR 2,0</sub> (g): 100,00						Masse Sand = 37,5						Masse Sand = 37,5					
Masse Sand = Σ m <sub>SRi</sub> (i = 2...6) (g): 37,49						Masse Sand = 37,5						Masse Sand = 37,5					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA												Summenlinie d < d <sub>gr</sub> (%)					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Susp.temp. zu Beginn (°C):						Susp.temp. zu Beginn (°C):					
Feinbodeneinwaage m <sub>s+w</sub> (g): 20						Feinbodeneinwaage m <sub>s+w</sub> (g): 20						Feinbodeneinwaage m <sub>s+w</sub> (g): 20					
Masse Eindampf- rückstd m <sub>PRi</sub> (g):						Masse Eindampf- rückstd m <sub>PRi</sub> (g):						Masse Eindampf- rückstd m <sub>PRi</sub> (g):					
Masse Sand = Σ m <sub>SRi</sub> (i = 2...6) (g): 37,49						Masse Sand = Σ m <sub>SRi</sub> (i = 2...6) (g): 37,49						Masse Sand = Σ m <sub>SRi</sub> (i = 2...6) (g): 37,49					
Susp. temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,1						Susp. temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,1						Susp. temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,1					
d <sub>w</sub> (mm) = 0,005007						d <sub>w</sub> (mm) = 0,005007						d <sub>w</sub> (mm) = 0,005007					
OVZ (-) = 199,729						OVZ (-) = 199,729						OVZ (-) = 199,729					

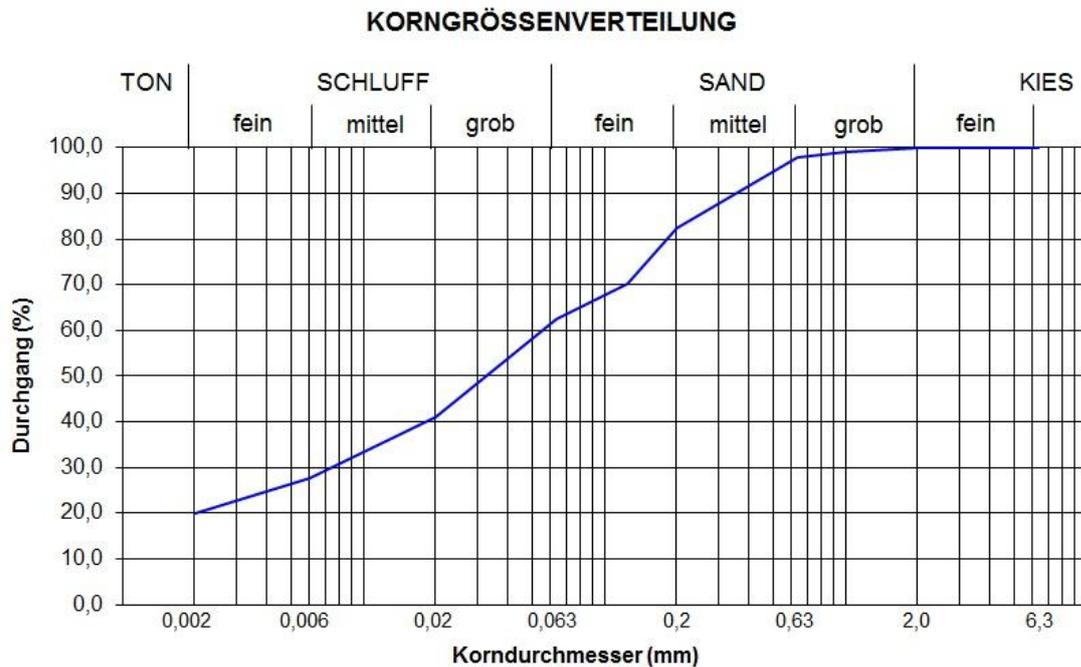


Tabelle 15: Kornverteilung A3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
						Sand:	43,0	Schluff:	35,8	Ton:	21,2
Probennummer Labor: analysiert am: _____ Entnahmedatum: Bearbeiter: _____											
FEINSIEBUNG											
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						43,02					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00					
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-						
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =						
(mm)		$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	$m_{SR_i,0}/m_{ges} \times 100$						
1	2,0				0,00	0,0					
2	1,0		95,58	96,75	1,17	$\rho$ [Grobboden] =					
3	0,63		108,74	110,06	1,32	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$					
4	0,20		93,40	111,63	18,23	Sandanteil					
5	0,13		81,28	90,23	8,95	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =					
6	0,06		96,25	109,60	13,35	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						43,02					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						: = $m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20					
Masse Eindampf-						Masse-					
rückstd $m_{PR_i}$ (g) =						anteile					
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =						
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$						
(mm)		$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)		-0,0266	100,0					
1	0,063		59,8075	60,0817	0,2476	61,9					
2	0,020		59,2342	59,4284	0,1676	38,1					
3	0,006		68,1913	68,3324	0,1145	$\rho$ [S] <sub>F</sub> =					
4	0,002		64,3684	64,4799	0,0849	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>F</sub> =					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,9					
						$d_w$ (mm) = 0,004854					
						1,000					
						OVZ (-) = 206,004					

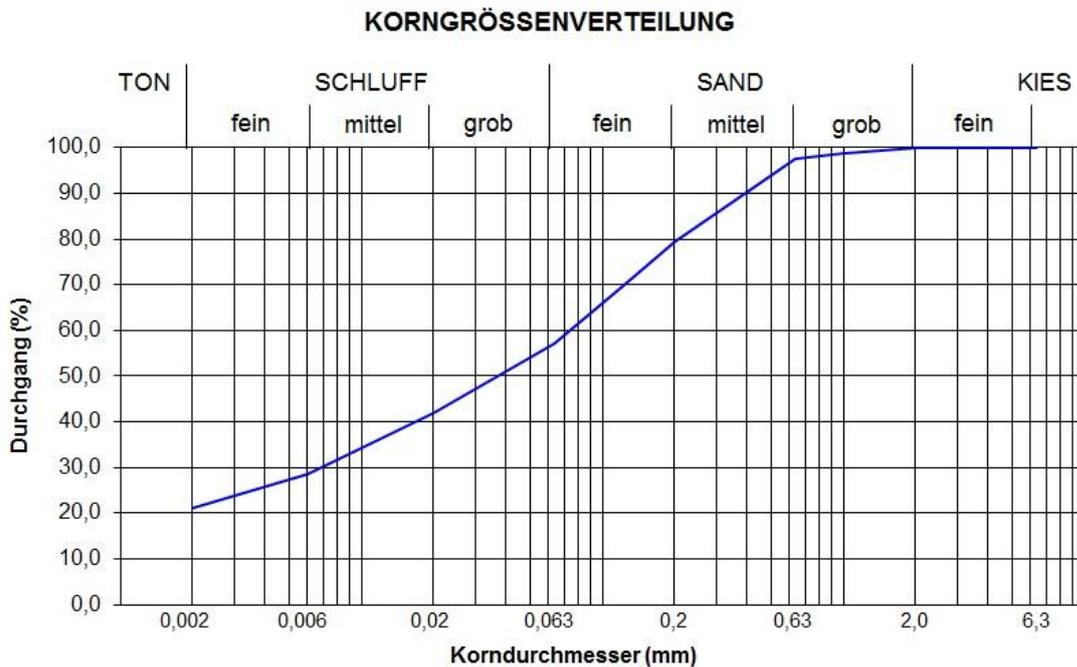


Tabelle 16: Kornverteilung A4

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	42,4	Schluff:	35,9	Ton:	21,7												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01		Massenanteile (%)															
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-																		
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho$ [Grobboden] =																		
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																		
1	2,0			0,00	0,0																		
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,01		100,0															
2	1,0		53,57	54,63	1,06	$\rho$ [Feinboden] =																	
3	0,63		51,45	52,80	1,35	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		39,51	56,43	16,92	Sandanteil																	
5	0,13		57,81	75,12	17,31	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =																	
6	0,06		46,23	51,99	5,76	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						42,40		42,4															
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20,02		Masse Eindampf-															
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$		anteile																	
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)			%																	
1	0,063		51,6053	51,8761	0,2442	100,0																	
2	0,020		45,8243	46,0112	0,1603	61,0																	
3	0,006		58,8553	58,9953	0,1134	$\rho$ [S] <sub>f</sub> =																	
4	0,002		62,7638	62,8773	0,0869	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>f</sub> =																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						3,4																	
						$d_w$ (mm) = 0,004861		1,000		OVZ (-) = 205,707													

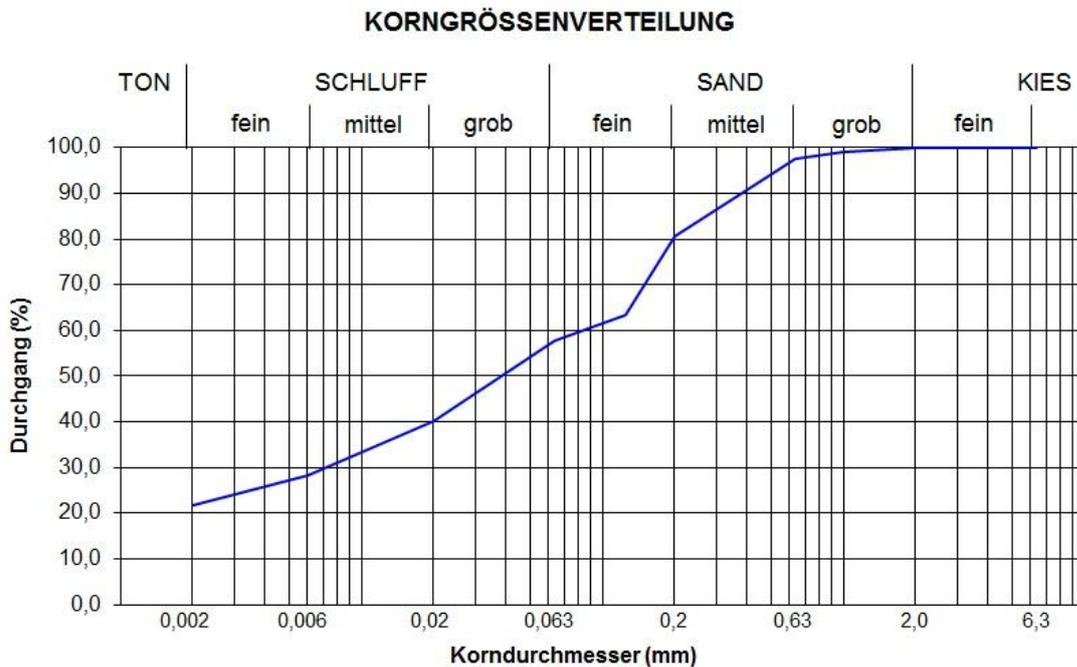


Tabelle 17: Kornverteilung A5

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	42,6	Schluff:	36,9	Ton:	20,5												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100																	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						42,60																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																	
2	1,0		80,55	81,59	1,04	$\rho[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		108,38	109,66	1,28	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		89,51	106,81	17,30	Sandanteil																	
5	0,13		89,38	100,64	11,26	$\rho[S]_s =$																	
6	0,06		89,36	101,08	11,72	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						42,60																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	anteile (%)																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	-0,0266	100,0																	
1	0,063		45,303	45,5690	0,2394	59,9																	
2	0,020		44,9898	45,1715	0,1551	40,1																	
3	0,006		49,1998	49,3355	0,1091	$\rho[S]_f =$																	
4	0,002		46,8096	46,9181	0,0819	$\rho[S]_s - \rho[S]_f =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						2,5																	
						$d_w$ (mm) = 0,005062																	
						1,000																	
						OVZ (-) = 197,547																	

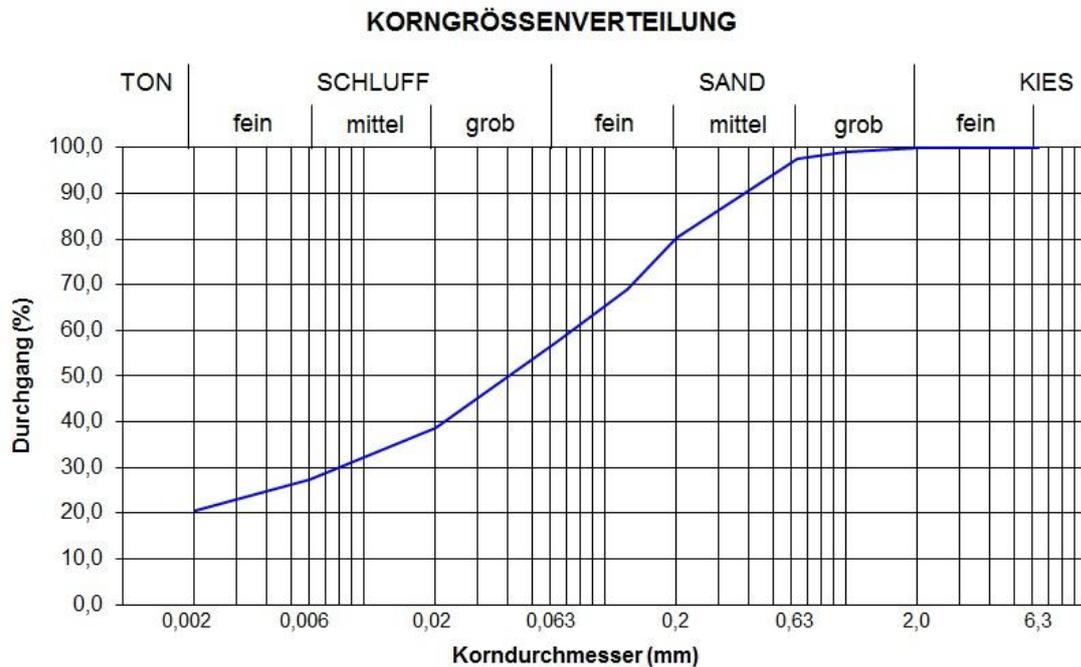


Tabelle 18: Kornverteilung A6

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																																																																																																																																																					
						Sand:	46,0	Schluff:	33,9	Ton:	20,0																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																														
Probennummer Labor:	analysiert am:																																																																																																																																																										
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																																										
FEINSIEBUNG																																																																																																																																																											
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01																																																																																																																																																					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						46,04																																																																																																																																																					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,01																																																																																																																																																					
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																																																																																																																																																					
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																																																																																																																																																					
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																					
1	2,0				0,00	0,0																																																																																																																																																					
2	1,0		109,05	110,12	1,07	$\rho[\text{Feinboden}] =$																																																																																																																																																					
3	0,63		70,80	72,32	1,52	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																					
4	0,20		110,84	128,69	17,85	Sandanteil																																																																																																																																																					
5	0,13		85,92	97,33	11,41	$\rho[S]_s =$																																																																																																																																																					
6	0,06		85,16	99,35	14,19	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																																																																																																																																																					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						46,04																																																																																																																																																					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																																																																																																																																																											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						20																																																																																																																																																					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																																																																																																																																																					
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																																																																																																																																																					
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	anteile (%)																																																																																																																																																					
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	-0,0266	100,0																																																																																																																																																					
1	0,063		44,5246	44,7857	0,2345	58,6																																																																																																																																																					
2	0,020		43,8307	44,0111	0,1538	41,4																																																																																																																																																					
3	0,006		44,1116	44,2455	0,1073	$\rho[S]_F =$																																																																																																																																																					
4	0,002		42,0225	42,1293	0,0802	$\rho[S]_s - \rho[S]_F =$																																																																																																																																																					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,7																																																																																																																																																					
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Fraktionsbereich (Grenzen in mm)</th> <th>Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)</th> <th>Feinbodenanteil der Fraktion (%)</th> <th>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</th> <th>Summenlinie <math>d &lt; d_{gr}</math> (%)</th> <th>Summenlinie Feinboden (%)</th> </tr> <tr> <td><math>d_{max} &gt; d \geq 2</math></td> <td>0,0</td> <td></td> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td><math>2,0 &gt; d \geq 1,0</math></td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,0</td> <td>98,9</td> <td>98,9</td> </tr> <tr> <td><math>1,0 &gt; d \geq 0,63</math></td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>0,63</td> <td>97,4</td> <td>97,4</td> </tr> <tr> <td><math>0,63 &gt; d \geq 0,20</math></td> <td>17,8</td> <td>17,8</td> <td>0,20</td> <td>79,6</td> <td>79,6</td> </tr> <tr> <td><math>0,20 &gt; d \geq 0,125</math></td> <td>11,4</td> <td>11,4</td> <td>0,125</td> <td>68,2</td> <td>68,2</td> </tr> <tr> <td><math>0,125 &gt; d \geq 0,063</math></td> <td>14,2</td> <td>14,2</td> <td>0,063</td> <td>54,0</td> <td>54,0</td> </tr> <tr> <td><math>0,063 &gt; d \geq 0,020</math></td> <td>15,5</td> <td>15,5</td> <td>0,020</td> <td>38,4</td> <td>38,4</td> </tr> <tr> <td><math>0,020 &gt; d \geq 0,006</math></td> <td>11,6</td> <td>11,6</td> <td>0,006</td> <td>26,8</td> <td>26,8</td> </tr> <tr> <td><math>0,006 &gt; d \geq 0,002</math></td> <td>6,8</td> <td>6,8</td> <td>0,002</td> <td>20,0</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td colspan="6">untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</td> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>100,0</td> <td>(-)</td> <td>(mm)</td> <td><math>1/d_i</math> (<math>mm^{-1}</math>)</td> <td><math>\Delta M/d_i</math> (mm)</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>0,000</td> <td>3,036</td> <td>0,329</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>98,9</td> <td>0,011</td> <td>1,333</td> <td>0,750</td> <td>0,008</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>97,4</td> <td>0,015</td> <td>0,773</td> <td>1,294</td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>79,6</td> <td>0,178</td> <td>0,304</td> <td>3,294</td> <td>0,588</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>68,2</td> <td>0,114</td> <td>0,154</td> <td>6,500</td> <td>0,742</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>54,0</td> <td>0,142</td> <td>0,084</td> <td>11,937</td> <td>1,694</td> </tr> <tr> <td>0,020</td> <td>38,4</td> <td>0,155</td> <td>0,030</td> <td>32,937</td> <td>5,110</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>26,8</td> <td>0,116</td> <td>0,009</td> <td>108,333</td> <td>12,594</td> </tr> <tr> <td>0,002</td> <td>20,0</td> <td>0,068</td> <td>0,003</td> <td>333,333</td> <td>22,583</td> </tr> <tr> <td>0,001</td> <td>0</td> <td>0,200</td> <td>0,001</td> <td>750,000</td> <td>150,375</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><math>d_w</math> (mm) = 0,005162</td> </tr> <tr> <td colspan="6">OVZ (-) = 193,713</td> </tr> </table>						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0	$2,0 > d \geq 1,0$	1,1	1,1	1,0	98,9	98,9	$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,4	97,4	$0,63 > d \geq 0,20$	17,8	17,8	0,20	79,6	79,6	$0,20 > d \geq 0,125$	11,4	11,4	0,125	68,2	68,2	$0,125 > d \geq 0,063$	14,2	14,2	0,063	54,0	54,0	$0,063 > d \geq 0,020$	15,5	15,5	0,020	38,4	38,4	$0,020 > d \geq 0,006$	11,6	11,6	0,006	26,8	26,8	$0,006 > d \geq 0,002$	6,8	6,8	0,002	20,0	20,0	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						6,3	100,0	(-)	(mm)	$1/d_i$ ( $mm^{-1}$ )	$\Delta M/d_i$ (mm)	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000	1,0	98,9	0,011	1,333	0,750	0,008	0,63	97,4	0,015	0,773	1,294	0,020	0,20	79,6	0,178	0,304	3,294	0,588	0,125	68,2	0,114	0,154	6,500	0,742	0,063	54,0	0,142	0,084	11,937	1,694	0,020	38,4	0,155	0,030	32,937	5,110	0,006	26,8	0,116	0,009	108,333	12,594	0,002	20,0	0,068	0,003	333,333	22,583	0,001	0	0,200	0,001	750,000	150,375	$d_w$ (mm) = 0,005162						OVZ (-) = 193,713					
Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)																																																																																																																																																						
$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0																																																																																																																																																						
$2,0 > d \geq 1,0$	1,1	1,1	1,0	98,9	98,9																																																																																																																																																						
$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,4	97,4																																																																																																																																																						
$0,63 > d \geq 0,20$	17,8	17,8	0,20	79,6	79,6																																																																																																																																																						
$0,20 > d \geq 0,125$	11,4	11,4	0,125	68,2	68,2																																																																																																																																																						
$0,125 > d \geq 0,063$	14,2	14,2	0,063	54,0	54,0																																																																																																																																																						
$0,063 > d \geq 0,020$	15,5	15,5	0,020	38,4	38,4																																																																																																																																																						
$0,020 > d \geq 0,006$	11,6	11,6	0,006	26,8	26,8																																																																																																																																																						
$0,006 > d \geq 0,002$	6,8	6,8	0,002	20,0	20,0																																																																																																																																																						
untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)																																																																																																																																																											
6,3	100,0	(-)	(mm)	$1/d_i$ ( $mm^{-1}$ )	$\Delta M/d_i$ (mm)																																																																																																																																																						
2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000																																																																																																																																																						
1,0	98,9	0,011	1,333	0,750	0,008																																																																																																																																																						
0,63	97,4	0,015	0,773	1,294	0,020																																																																																																																																																						
0,20	79,6	0,178	0,304	3,294	0,588																																																																																																																																																						
0,125	68,2	0,114	0,154	6,500	0,742																																																																																																																																																						
0,063	54,0	0,142	0,084	11,937	1,694																																																																																																																																																						
0,020	38,4	0,155	0,030	32,937	5,110																																																																																																																																																						
0,006	26,8	0,116	0,009	108,333	12,594																																																																																																																																																						
0,002	20,0	0,068	0,003	333,333	22,583																																																																																																																																																						
0,001	0	0,200	0,001	750,000	150,375																																																																																																																																																						
$d_w$ (mm) = 0,005162																																																																																																																																																											
OVZ (-) = 193,713																																																																																																																																																											

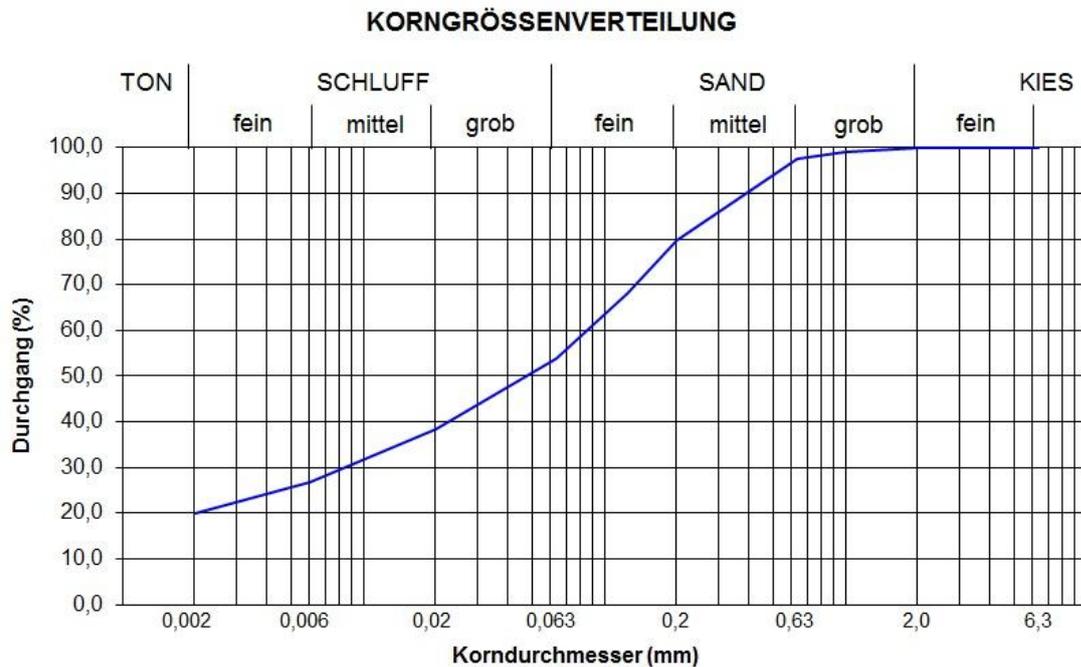


Tabelle 19: Kornverteilung A7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	40,9	Schluff:	39,0	Ton:	20,1												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100																	
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						40,89																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,00																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile	Fraktionsbereich	Fraktions-	Fein-	untere	Summen-	Summen-											
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SRi}$ (g) =	(%)	(Grenzen in mm)	anteil am	boden-	Fraktions-	linie	linie											
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$\rho[\text{Grobboden}] =$	(%)	der	anteil	grenze	$d < d_{gr}$	Fein-											
						$\rho[\text{Feinboden}] =$				$d_{gr}$ (mm)	(%)	boden											
1	2,0					$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	6,3	100,0	(%)											
2	1,0		64,03	64,97	0,94		$2,0 > d \geq 1,0$	0,9	0,9	2,0	100,0	100,0											
3	0,63		60,80	62,20	1,40		$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	0,63	99,1	99,1											
4	0,20		45,82	63,16	17,34		$0,63 > d \geq 0,20$	17,3	17,3	0,20	80,3	97,7											
5	0,13		72,04	83,30	11,26		$0,20 > d \geq 0,125$	11,3	11,3	0,125	69,1	97,7											
6	0,06		62,07	72,02	9,95		$0,125 > d \geq 0,063$	10,0	10,0	0,063	59,1	97,7											
							$0,063 > d \geq 0,020$	20,4	20,4	0,020	38,7	80,3											
							$0,020 > d \geq 0,006$	11,5	11,5	0,006	27,2	80,3											
							$0,006 > d \geq 0,002$	7,1	7,1	0,002	20,1	80,3											
							untere Fraktions-	Summenl. $d < d_{gr}$															
							grenze $d_{gr}$ (mm)	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$											
							6,3	100,0	(-)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)											
							2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000											
							1,0	99,1	0,009	1,333	0,750	0,007											
							0,63	97,7	0,014	0,773	1,294	0,018											
							0,20	80,3	0,173	0,304	3,294	0,571											
							0,125	69,1	0,113	0,154	6,500	0,732											
							0,063	59,1	0,100	0,084	11,937	1,188											
							0,020	38,7	0,204	0,030	32,937	6,714											
							0,006	27,2	0,115	0,009	108,333	12,485											
							0,002	20,1	0,071	0,003	333,333	23,500											
							0,001	0	0,201	0,001	750,000	151,125											
							$d_w$ (mm) =	0,005093	1,000		OVZ (-) =	196,34											

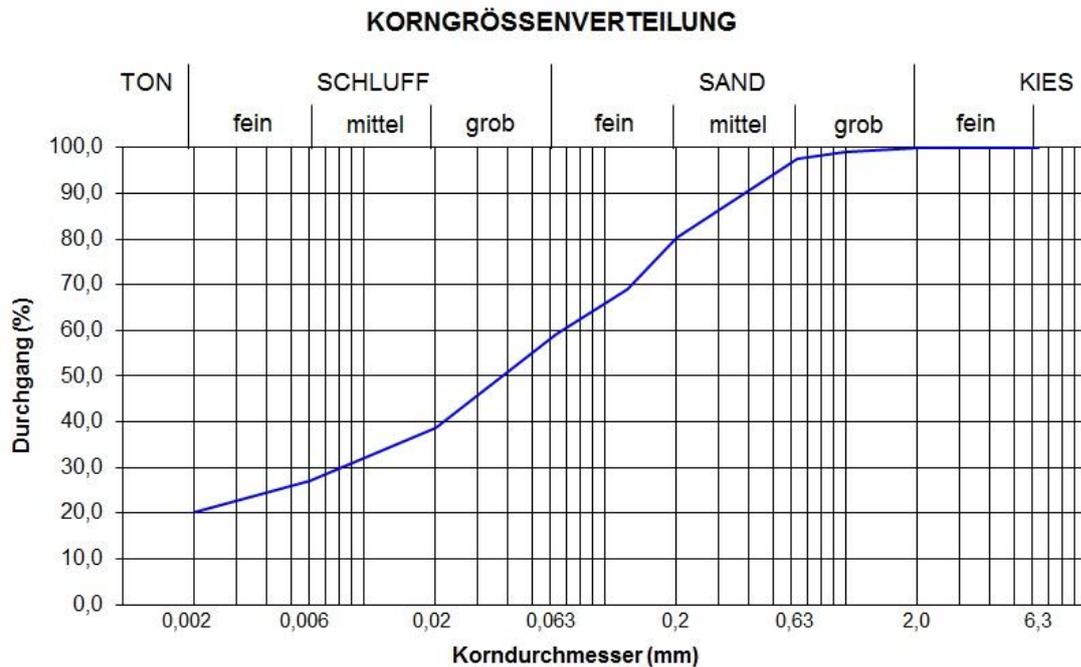


Tabelle 20: Kornverteilung B1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																																																																																																																																																													
						Sand:	42,4	Schluff:	40,0	Ton:	17,6																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Probennummer Labor:</td> <td colspan="4">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Entnahmedatum:</td> <td colspan="4">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:		analysiert am:				Entnahmedatum:		Bearbeiter:				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Fraktionsanteil am Gesamtboden</td> <td>Feinbodenanteil der</td> <td>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</td> <td>Summenlinie <math>d &lt; d_{gr}</math> (%)</td> <td>Summenlinie Feinboden (%)</td> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>100,0</td> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>1,0</td> <td>99,0</td> <td>99,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>99,0</td> <td>0,63</td> <td>97,7</td> <td>97,7</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>81,1</td> <td>0,20</td> <td>81,1</td> <td>81,1</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>72,3</td> <td>0,125</td> <td>72,3</td> <td>72,3</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>57,6</td> <td>0,063</td> <td>57,6</td> <td>57,6</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>38,8</td> <td>0,020</td> <td>38,8</td> <td>38,8</td> </tr> <tr> <td>0,020</td> <td>25,1</td> <td>0,006</td> <td>25,1</td> <td>25,1</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>17,6</td> <td>0,002</td> <td>17,6</td> <td>17,6</td> </tr> </table>						Fraktionsanteil am Gesamtboden	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	6,3	100,0	2,0	100,0	100,0	2,0	100,0	1,0	99,0	99,0	1,0	99,0	0,63	97,7	97,7	0,63	81,1	0,20	81,1	81,1	0,20	72,3	0,125	72,3	72,3	0,125	57,6	0,063	57,6	57,6	0,063	38,8	0,020	38,8	38,8	0,020	25,1	0,006	25,1	25,1	0,006	17,6	0,002	17,6	17,6																																																																																										
Probennummer Labor:		analysiert am:																																																																																																																																																																	
Entnahmedatum:		Bearbeiter:																																																																																																																																																																	
Fraktionsanteil am Gesamtboden	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)																																																																																																																																																															
6,3	100,0	2,0	100,0	100,0																																																																																																																																																															
2,0	100,0	1,0	99,0	99,0																																																																																																																																																															
1,0	99,0	0,63	97,7	97,7																																																																																																																																																															
0,63	81,1	0,20	81,1	81,1																																																																																																																																																															
0,20	72,3	0,125	72,3	72,3																																																																																																																																																															
0,125	57,6	0,063	57,6	57,6																																																																																																																																																															
0,063	38,8	0,020	38,8	38,8																																																																																																																																																															
0,020	25,1	0,006	25,1	25,1																																																																																																																																																															
0,006	17,6	0,002	17,6	17,6																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6">FEINSIEBUNG</th> </tr> <tr> <td>Masse lufttrockene Bodeneinwaage <math>m_{ges}</math> (g):</td> <td colspan="5">100,01</td> <td>Massenanteile (%)</td> </tr> <tr> <td><math>i</math></td> <td><math>SR</math></td> <td>Schale Nr.</td> <td>Masse Schale</td> <td>Masse Schale + Boden lufttr</td> <td>Masse Siebrückstand <math>m_{SR,i}</math> (g)</td> <td><math>p[\text{Grobboden}] = m_{SR,i}/m_{ges} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>(mm)</td> <td></td> <td></td> <td><math>m_{Sch,i}</math> (g)</td> <td><math>m_{Sch+s+w,i}</math> (g)</td> <td><math>m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}</math></td> <td><math>m_{SR,i}/m_{ges} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Masse Feinboden <math>m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}</math> (g):</td> <td colspan="5">100,01</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1,0</td> <td></td> <td>72,28</td> <td>73,33</td> <td>1,05</td> <td><math>p[\text{Feinboden}] = m_{s+w}/m_{ges} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,63</td> <td></td> <td>51,93</td> <td>53,14</td> <td>1,21</td> <td><math>m_{s+w}/m_{ges} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,20</td> <td></td> <td>58,85</td> <td>75,53</td> <td>16,68</td> <td>Sandanteil</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,13</td> <td></td> <td>89,57</td> <td>98,32</td> <td>8,75</td> <td><math>p[S]_s = \Sigma m_{SR,i}/m_{s+w} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,06</td> <td></td> <td>74,93</td> <td>89,61</td> <td>14,68</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masse Sand = <math>\bullet m_{SR,i}</math> (<math>i = 2 \dots 6</math>) (g):</td> <td colspan="5">42,37</td> <td>42,4</td> </tr> </table>						FEINSIEBUNG						Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):	100,01					Massenanteile (%)	$i$	$SR$	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden lufttr	Masse Siebrückstand $m_{SR,i}$ (g)	$p[\text{Grobboden}] = m_{SR,i}/m_{ges} \times 100$	(mm)			$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$m_{SR,i}/m_{ges} \times 100$	1	2,0				0,00	0,0	Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}$ (g):	100,01					100,0	2	1,0		72,28	73,33	1,05	$p[\text{Feinboden}] = m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	3	0,63		51,93	53,14	1,21	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	4	0,20		58,85	75,53	16,68	Sandanteil	5	0,13		89,57	98,32	8,75	$p[S]_s = \Sigma m_{SR,i}/m_{s+w} \times 100$	6	0,06		74,93	89,61	14,68		Masse Sand = $\bullet m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):	42,37					42,4	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6">PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA</th> </tr> <tr> <td>Susp.temp. zu Beginn (°C):</td> <td colspan="5">20</td> <td><math>\rho = m_{PR,0,063} \times 5000 / m_{s+w}</math></td> </tr> <tr> <td>Feinbodeneinwaage <math>m_{s+w}</math> (g):</td> <td colspan="5">20</td> <td>Masse Eindampf- rückstd <math>m_{PR,i}</math> (g)</td> </tr> <tr> <td><math>i</math></td> <td><math>PR</math></td> <td>Schale Nr.</td> <td>Masse Schale</td> <td>Masse Schale + Boden lufttr</td> <td>Masse Eindampf- rückstd <math>m_{PR,i}</math> (g)</td> <td>Massenanteile (%)</td> </tr> <tr> <td>(mm)</td> <td></td> <td></td> <td><math>m_{Sch,i}</math> (g)</td> <td><math>m_{Sch+s+w,i}</math> (g)</td> <td><math>m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,063</td> <td></td> <td>44,772</td> <td>45,0489</td> <td>0,2503</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,020</td> <td></td> <td>44,3088</td> <td>44,4906</td> <td>0,1552</td> <td>62,6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,006</td> <td></td> <td>44,1991</td> <td>44,3262</td> <td>0,1005</td> <td>37,4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,002</td> <td></td> <td>44,615</td> <td>44,7120</td> <td>0,0704</td> <td><math>p[S]_f = \rho[S]_s</math></td> </tr> <tr> <td>Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):</td> <td colspan="5">4,9</td> <td><math>p[S]_s - p[S]_f =</math></td> </tr> </table>						PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Susp.temp. zu Beginn (°C):	20					$\rho = m_{PR,0,063} \times 5000 / m_{s+w}$	Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):	20					Masse Eindampf- rückstd $m_{PR,i}$ (g)	$i$	$PR$	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden lufttr	Masse Eindampf- rückstd $m_{PR,i}$ (g)	Massenanteile (%)	(mm)			$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$		1	0,063		44,772	45,0489	0,2503	100,0	2	0,020		44,3088	44,4906	0,1552	62,6	3	0,006		44,1991	44,3262	0,1005	37,4	4	0,002		44,615	44,7120	0,0704	$p[S]_f = \rho[S]_s$	Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):	4,9					$p[S]_s - p[S]_f =$
FEINSIEBUNG																																																																																																																																																																			
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):	100,01					Massenanteile (%)																																																																																																																																																													
$i$	$SR$	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden lufttr	Masse Siebrückstand $m_{SR,i}$ (g)	$p[\text{Grobboden}] = m_{SR,i}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																													
(mm)			$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$m_{SR,i}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																													
1	2,0				0,00	0,0																																																																																																																																																													
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}$ (g):	100,01					100,0																																																																																																																																																													
2	1,0		72,28	73,33	1,05	$p[\text{Feinboden}] = m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																													
3	0,63		51,93	53,14	1,21	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																													
4	0,20		58,85	75,53	16,68	Sandanteil																																																																																																																																																													
5	0,13		89,57	98,32	8,75	$p[S]_s = \Sigma m_{SR,i}/m_{s+w} \times 100$																																																																																																																																																													
6	0,06		74,93	89,61	14,68																																																																																																																																																														
Masse Sand = $\bullet m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):	42,37					42,4																																																																																																																																																													
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																																																																																																																																																																			
Susp.temp. zu Beginn (°C):	20					$\rho = m_{PR,0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																																																																																																																																																													
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):	20					Masse Eindampf- rückstd $m_{PR,i}$ (g)																																																																																																																																																													
$i$	$PR$	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden lufttr	Masse Eindampf- rückstd $m_{PR,i}$ (g)	Massenanteile (%)																																																																																																																																																													
(mm)			$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$																																																																																																																																																														
1	0,063		44,772	45,0489	0,2503	100,0																																																																																																																																																													
2	0,020		44,3088	44,4906	0,1552	62,6																																																																																																																																																													
3	0,006		44,1991	44,3262	0,1005	37,4																																																																																																																																																													
4	0,002		44,615	44,7120	0,0704	$p[S]_f = \rho[S]_s$																																																																																																																																																													
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):	4,9					$p[S]_s - p[S]_f =$																																																																																																																																																													
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</th> <th>Summen. (%)</th> <th>Summen. <math>d &lt; d_{gr}</math> <math>\Delta M</math></th> <th><math>d_i</math> (mm)</th> <th><math>1/d_i</math> (mm<sup>-1</sup>)</th> <th><math>\Delta M/d_i</math> (mm)</th> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>100,0</td> <td>(-)</td> <td>(mm)</td> <td>(mm<sup>-1</sup>)</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>0,000</td> <td>3,036</td> <td>0,329</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>99,0</td> <td>0,010</td> <td>1,333</td> <td>0,750</td> <td>0,008</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>97,7</td> <td>0,012</td> <td>0,773</td> <td>1,294</td> <td>0,016</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>81,1</td> <td>0,167</td> <td>0,304</td> <td>3,294</td> <td>0,549</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>72,3</td> <td>0,087</td> <td>0,154</td> <td>6,500</td> <td>0,569</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>57,6</td> <td>0,147</td> <td>0,084</td> <td>11,937</td> <td>1,752</td> </tr> <tr> <td>0,020</td> <td>38,8</td> <td>0,188</td> <td>0,030</td> <td>32,937</td> <td>6,203</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>25,1</td> <td>0,137</td> <td>0,009</td> <td>108,333</td> <td>14,815</td> </tr> <tr> <td>0,002</td> <td>17,6</td> <td>0,075</td> <td>0,003</td> <td>333,333</td> <td>25,083</td> </tr> <tr> <td>0,001</td> <td>0</td> <td>0,176</td> <td>0,001</td> <td>750,000</td> <td>132,000</td> </tr> <tr> <td><math>d_w</math> (mm) =</td> <td>0,005525</td> <td>1,000</td> <td></td> <td></td> <td>OVZ (-) = 180,995</td> </tr> </table>						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summen. (%)	Summen. $d < d_{gr}$ $\Delta M$	$d_i$ (mm)	$1/d_i$ (mm <sup>-1</sup> )	$\Delta M/d_i$ (mm)	6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000	1,0	99,0	0,010	1,333	0,750	0,008	0,63	97,7	0,012	0,773	1,294	0,016	0,20	81,1	0,167	0,304	3,294	0,549	0,125	72,3	0,087	0,154	6,500	0,569	0,063	57,6	0,147	0,084	11,937	1,752	0,020	38,8	0,188	0,030	32,937	6,203	0,006	25,1	0,137	0,009	108,333	14,815	0,002	17,6	0,075	0,003	333,333	25,083	0,001	0	0,176	0,001	750,000	132,000	$d_w$ (mm) =	0,005525	1,000			OVZ (-) = 180,995																																																																										
untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summen. (%)	Summen. $d < d_{gr}$ $\Delta M$	$d_i$ (mm)	$1/d_i$ (mm <sup>-1</sup> )	$\Delta M/d_i$ (mm)																																																																																																																																																														
6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)																																																																																																																																																														
2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000																																																																																																																																																														
1,0	99,0	0,010	1,333	0,750	0,008																																																																																																																																																														
0,63	97,7	0,012	0,773	1,294	0,016																																																																																																																																																														
0,20	81,1	0,167	0,304	3,294	0,549																																																																																																																																																														
0,125	72,3	0,087	0,154	6,500	0,569																																																																																																																																																														
0,063	57,6	0,147	0,084	11,937	1,752																																																																																																																																																														
0,020	38,8	0,188	0,030	32,937	6,203																																																																																																																																																														
0,006	25,1	0,137	0,009	108,333	14,815																																																																																																																																																														
0,002	17,6	0,075	0,003	333,333	25,083																																																																																																																																																														
0,001	0	0,176	0,001	750,000	132,000																																																																																																																																																														
$d_w$ (mm) =	0,005525	1,000			OVZ (-) = 180,995																																																																																																																																																														

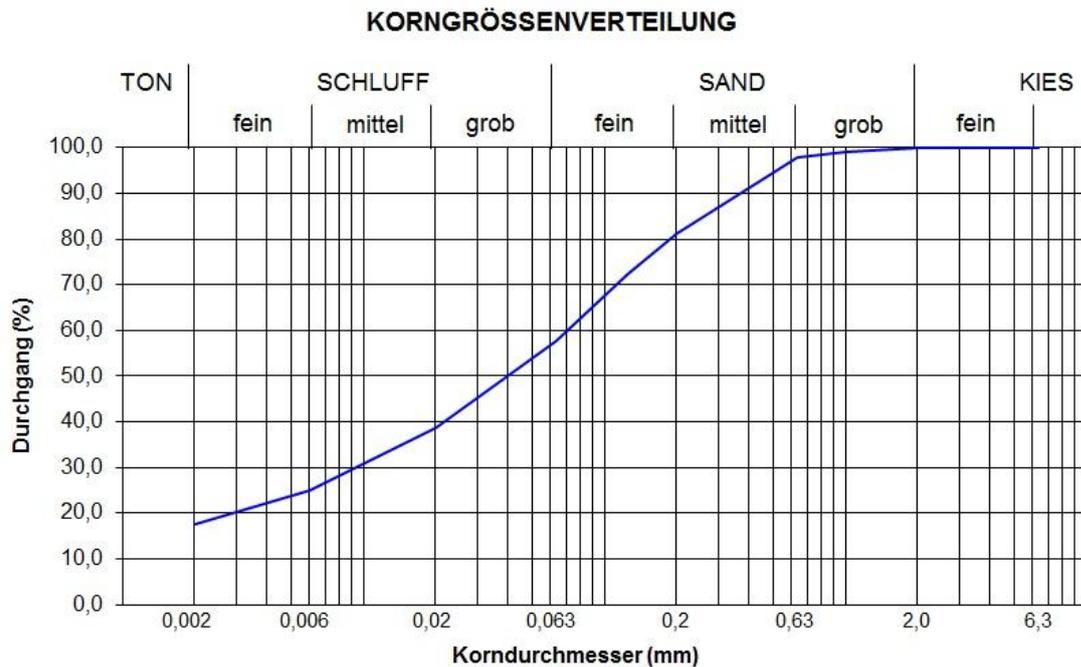


Tabelle 21: Kornverteilung B2

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																																																																																																																																																											
						Sand:	40,8	Schluff:	40,2	Ton:	19,0																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																																				
Probennummer Labor:	analysiert am:																																																																																																																																																																
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																																																
FEINSIEBUNG																																																																																																																																																																	
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01	Massenanteile (%)																																																																																																																																																										
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	$\rho$ [Grobboden] =																																																																																																																																																											
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =																																																																																																																																																												
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																											
1	2,0				0,00	0,0																																																																																																																																																											
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,01	100,0																																																																																																																																																										
2	1,0		108,54	109,76	1,22	$\rho$ [Feinboden] =																																																																																																																																																											
3	0,63		86,74	88,16	1,42	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																											
4	0,20		89,76	113,04	23,28	Sandanteil																																																																																																																																																											
5	0,13		88,60	95,72	7,12	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =																																																																																																																																																											
6	0,06		89,12	96,84	7,72	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																																																																																																																																																											
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						40,76	40,8																																																																																																																																																										
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																																																																																																																																																																	
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																																																																																																																																																											
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20,01	Masse Eindampf-																																																																																																																																																										
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																																																																																																																																																											
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$		anteile																																																																																																																																																										
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		(%)																																																																																																																																																											
1	0,063		64,3682	64,6517	0,2569	100,0																																																																																																																																																											
2	0,020		51,8366	52,0247	0,1615	64,2																																																																																																																																																											
3	0,006		44,1203	44,2452	0,0983	$\rho$ [S] <sub>F</sub> =																																																																																																																																																											
4	0,002		42,0223	42,1251	0,0762	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>F</sub> =																																																																																																																																																											
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,9																																																																																																																																																											
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fraktionsbereich (Grenzen in mm)</th> <th>Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)</th> <th>Feinbodenanteil der Fraktion (%)</th> <th>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</th> <th>Summenlinie <math>d &lt; d_{gr}</math> (%)</th> <th>Summenlinie Feinboden (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>d_{max} &gt; d \geq 2</math></td> <td>0,0</td> <td></td> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td><math>2,0 &gt; d \geq 1,0</math></td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> <td>1,0</td> <td>98,8</td> <td>98,8</td> </tr> <tr> <td><math>1,0 &gt; d \geq 0,63</math></td> <td>1,4</td> <td>1,4</td> <td>0,63</td> <td>97,4</td> <td>97,4</td> </tr> <tr> <td><math>0,63 &gt; d \geq 0,20</math></td> <td>23,3</td> <td>23,3</td> <td>0,20</td> <td>74,1</td> <td>74,1</td> </tr> <tr> <td><math>0,20 &gt; d \geq 0,125</math></td> <td>7,1</td> <td>7,1</td> <td>0,125</td> <td>67,0</td> <td>67,0</td> </tr> <tr> <td><math>0,125 &gt; d \geq 0,063</math></td> <td>7,7</td> <td>7,7</td> <td>0,063</td> <td>59,2</td> <td>59,2</td> </tr> <tr> <td><math>0,063 &gt; d \geq 0,020</math></td> <td>18,9</td> <td>18,9</td> <td>0,020</td> <td>40,4</td> <td>40,4</td> </tr> <tr> <td><math>0,020 &gt; d \geq 0,006</math></td> <td>15,8</td> <td>15,8</td> <td>0,006</td> <td>24,6</td> <td>24,6</td> </tr> <tr> <td><math>0,006 &gt; d \geq 0,002</math></td> <td>5,5</td> <td>5,5</td> <td>0,002</td> <td>19,0</td> <td>19,0</td> </tr> <tr> <td colspan="6">untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Summenl. <math>d &lt; d_{gr}</math></td> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>100,0</td> <td>(-)</td> <td>(mm)</td> <td><math>1/d_i</math></td> <td><math>\Delta M/d_i</math></td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>0,000</td> <td>3,036</td> <td>0,329</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>98,8</td> <td>0,012</td> <td>1,333</td> <td>0,750</td> <td>0,009</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>97,4</td> <td>0,014</td> <td>0,773</td> <td>1,294</td> <td>0,018</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>74,1</td> <td>0,233</td> <td>0,304</td> <td>3,294</td> <td>0,767</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>67,0</td> <td>0,071</td> <td>0,154</td> <td>6,500</td> <td>0,463</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>59,2</td> <td>0,077</td> <td>0,084</td> <td>11,937</td> <td>0,921</td> </tr> <tr> <td>0,020</td> <td>40,4</td> <td>0,189</td> <td>0,030</td> <td>32,937</td> <td>6,221</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>24,6</td> <td>0,158</td> <td>0,009</td> <td>108,333</td> <td>17,108</td> </tr> <tr> <td>0,002</td> <td>19,0</td> <td>0,055</td> <td>0,003</td> <td>333,333</td> <td>18,407</td> </tr> <tr> <td>0,001</td> <td>0</td> <td>0,190</td> <td>0,001</td> <td>750,000</td> <td>142,804</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><math>d_w</math> (mm) = 0,005356</td> </tr> <tr> <td colspan="6">OVZ (-) = 186,719</td> </tr> </tbody> </table>						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0	$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8	$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	0,63	97,4	97,4	$0,63 > d \geq 0,20$	23,3	23,3	0,20	74,1	74,1	$0,20 > d \geq 0,125$	7,1	7,1	0,125	67,0	67,0	$0,125 > d \geq 0,063$	7,7	7,7	0,063	59,2	59,2	$0,063 > d \geq 0,020$	18,9	18,9	0,020	40,4	40,4	$0,020 > d \geq 0,006$	15,8	15,8	0,006	24,6	24,6	$0,006 > d \geq 0,002$	5,5	5,5	0,002	19,0	19,0	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						Summenl. $d < d_{gr}$						6,3	100,0	(-)	(mm)	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000	1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009	0,63	97,4	0,014	0,773	1,294	0,018	0,20	74,1	0,233	0,304	3,294	0,767	0,125	67,0	0,071	0,154	6,500	0,463	0,063	59,2	0,077	0,084	11,937	0,921	0,020	40,4	0,189	0,030	32,937	6,221	0,006	24,6	0,158	0,009	108,333	17,108	0,002	19,0	0,055	0,003	333,333	18,407	0,001	0	0,190	0,001	750,000	142,804	$d_w$ (mm) = 0,005356						OVZ (-) = 186,719					
Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)																																																																																																																																																												
$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0																																																																																																																																																												
$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8																																																																																																																																																												
$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	0,63	97,4	97,4																																																																																																																																																												
$0,63 > d \geq 0,20$	23,3	23,3	0,20	74,1	74,1																																																																																																																																																												
$0,20 > d \geq 0,125$	7,1	7,1	0,125	67,0	67,0																																																																																																																																																												
$0,125 > d \geq 0,063$	7,7	7,7	0,063	59,2	59,2																																																																																																																																																												
$0,063 > d \geq 0,020$	18,9	18,9	0,020	40,4	40,4																																																																																																																																																												
$0,020 > d \geq 0,006$	15,8	15,8	0,006	24,6	24,6																																																																																																																																																												
$0,006 > d \geq 0,002$	5,5	5,5	0,002	19,0	19,0																																																																																																																																																												
untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)																																																																																																																																																																	
Summenl. $d < d_{gr}$																																																																																																																																																																	
6,3	100,0	(-)	(mm)	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$																																																																																																																																																												
2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000																																																																																																																																																												
1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009																																																																																																																																																												
0,63	97,4	0,014	0,773	1,294	0,018																																																																																																																																																												
0,20	74,1	0,233	0,304	3,294	0,767																																																																																																																																																												
0,125	67,0	0,071	0,154	6,500	0,463																																																																																																																																																												
0,063	59,2	0,077	0,084	11,937	0,921																																																																																																																																																												
0,020	40,4	0,189	0,030	32,937	6,221																																																																																																																																																												
0,006	24,6	0,158	0,009	108,333	17,108																																																																																																																																																												
0,002	19,0	0,055	0,003	333,333	18,407																																																																																																																																																												
0,001	0	0,190	0,001	750,000	142,804																																																																																																																																																												
$d_w$ (mm) = 0,005356																																																																																																																																																																	
OVZ (-) = 186,719																																																																																																																																																																	

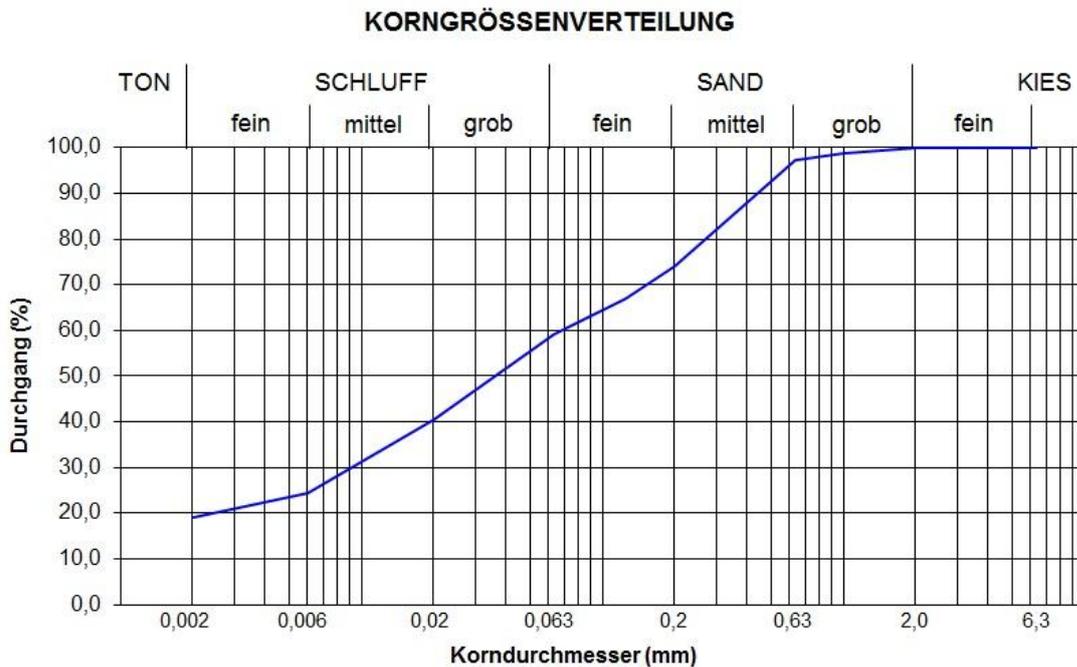


Tabelle 22: Kornverteilung B3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
Sand: 41,1						Schluff: 38,9						Ton: 20,0											
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden						Feinbodenanteil der											
Entnahmedatum: Bearbeiter:						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)											
FEINSIEBUNG						Summenlinie Feinboden																	
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,03						Massenanteile (%)																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	$\rho[\text{Grobboden}] =$																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =																		
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																		
1	2,0				0,00	0,0																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g): 100,03						100,0																	
2	1,0		66,67	68,02	1,35	$\rho[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		59,84	61,28	1,44	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		72,19	88,21	16,02	Sandanteil																	
5	0,13		46,41	55,80	9,39	$\rho[S]_s =$																	
6	0,06		52,84	65,75	12,91	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,11						41,1																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Masse Eindampf-						Massen-											
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =																		
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$																		
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		-0,0266	100,0																	
1	0,063		48,7485	49,0263	0,2512	62,8																	
2	0,020		47,9619	48,1492	0,1607	37,2																	
3	0,006		48,3582	48,4948	0,1100	$\rho[S]_f =$																	
4	0,002		47,6405	47,7470	0,0799	$\rho[S]_s - \rho[S]_f =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						3,9																	
						$d_w$ (mm) = 0,005063						1,000						OVZ (-) = 197,502					

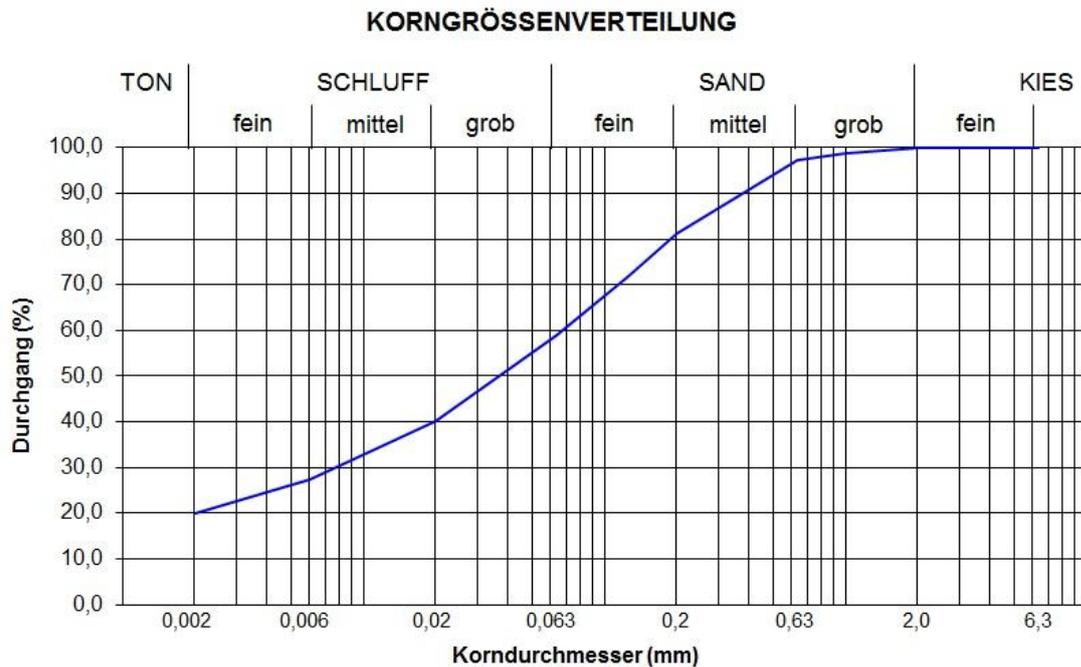


Tabelle 23: Kornverteilung B5

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																
						Sand:	41,6	Schluff:	37,9	Ton:	20,5											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:									
Probennummer Labor:	analysiert am:																					
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																					
FEINSIEBUNG																						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100		Massenanteile														
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR_2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00		100,0														
2	1,0		65,94	67,03	1,09	$\rho[\text{Feinboden}] =$																
3	0,63		55,35	56,68	1,33	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																
4	0,20		44,65	61,97	17,32	Sandanteil																
5	0,13		43,51	57,53	14,02	$\rho[S]_s =$																
6	0,06		65,42	73,30	7,88	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,64		41,6														
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20		Masse Eindampf-														
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	anteile																
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		-0,0266	100,0																
1	0,063		49,3361	49,6038	0,2411	60,3																
2	0,020		47,6626	47,8452	0,1560	39,7																
3	0,006		47,4619	47,5974	0,1089	$\rho[S]_F =$																
4	0,002		48,226	48,3346	0,0820	$\rho[S]_s - \rho[S]_F =$																
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						1,9																

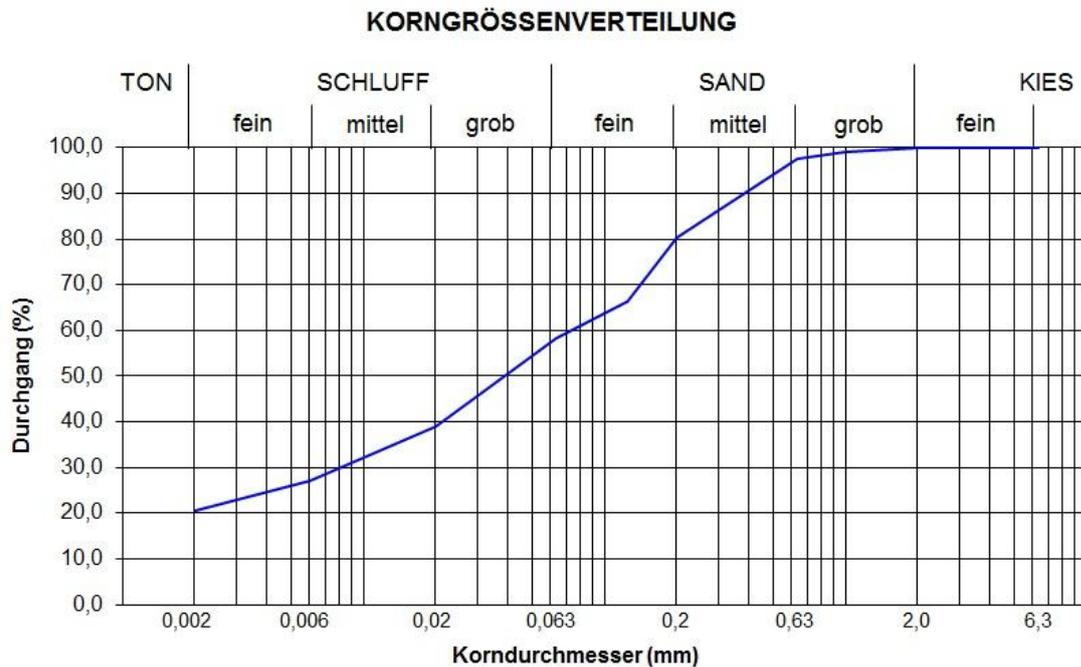
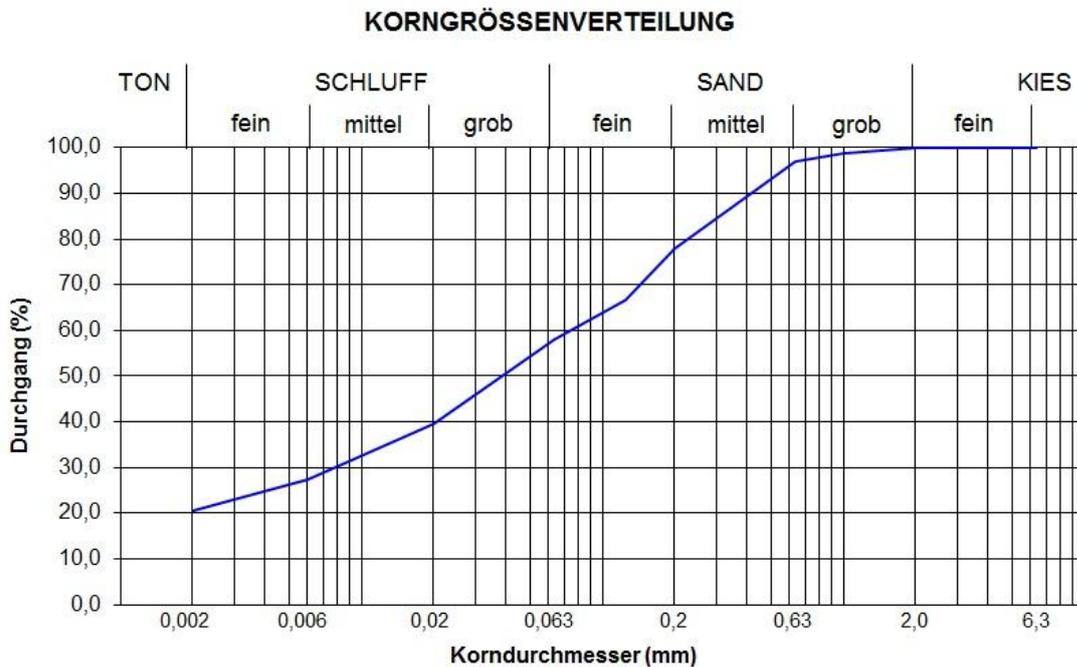


Tabelle 24: Kornverteilung B7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																																																																																																					
						Sand:	41,9	Schluff:	37,6	Ton:	20,5																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Probennummer Labor:</td><td colspan="5">analysiert am:</td></tr> <tr><td>Entnahmedatum:</td><td colspan="5">Bearbeiter:</td></tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fraktionsanteil am Gesamtboden</td><td>Fraktion</td><td>Summenlinie Feinboden</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>(%)</td><td>(%)</td><td>(%)</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</td><td>Summenlinie <math>d &lt; d_{gr}</math> (%)</td><td>Summenlinie Feinboden (%)</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>(mm)</td><td>(%)</td><td>(%)</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>6,3</td><td>100,0</td><td>100,0</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>2,0</td><td>98,7</td><td>98,7</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>1,0</td><td>97,1</td><td>97,1</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,63</td><td>77,9</td><td>77,9</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,20</td><td>66,6</td><td>66,6</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,125</td><td>58,1</td><td>58,1</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,063</td><td>39,7</td><td>39,7</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,020</td><td>27,3</td><td>27,3</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,006</td><td>20,5</td><td>20,5</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,002</td><td>20,5</td><td>20,5</td><td colspan="3"></td></tr> </table>						Fraktionsanteil am Gesamtboden	Fraktion	Summenlinie Feinboden				(%)	(%)	(%)				untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)				(mm)	(%)	(%)				6,3	100,0	100,0				2,0	98,7	98,7				1,0	97,1	97,1				0,63	77,9	77,9				0,20	66,6	66,6				0,125	58,1	58,1				0,063	39,7	39,7				0,020	27,3	27,3				0,006	20,5	20,5				0,002	20,5	20,5			
Probennummer Labor:	analysiert am:																																																																																																										
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																										
Fraktionsanteil am Gesamtboden	Fraktion	Summenlinie Feinboden																																																																																																									
(%)	(%)	(%)																																																																																																									
untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)																																																																																																									
(mm)	(%)	(%)																																																																																																									
6,3	100,0	100,0																																																																																																									
2,0	98,7	98,7																																																																																																									
1,0	97,1	97,1																																																																																																									
0,63	77,9	77,9																																																																																																									
0,20	66,6	66,6																																																																																																									
0,125	58,1	58,1																																																																																																									
0,063	39,7	39,7																																																																																																									
0,020	27,3	27,3																																																																																																									
0,006	20,5	20,5																																																																																																									
0,002	20,5	20,5																																																																																																									
FEINSIEBUNG																																																																																																											
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01																																																																																																					
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,87																																																																																																					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,01																																																																																																					
$i$	$SR$	Schale	Masse Schale	Masse Schale + Bodenluft	Masse Siebrückstand $m_{SRi}$ (g)	$\rho$ [Grobboden] =																																																																																																					
$d_{gr_i}$	Nr.				(mm)	$m_{Sch i} / m_{ges} \times 100$																																																																																																					
1	2,0				0,00	0,0																																																																																																					
2	1,0		93,39	94,72	1,33	$\rho$ [Feinboden] =																																																																																																					
3	0,63		102,55	104,15	1,60	$m_{s+w} / m_{ges} \times 100$																																																																																																					
4	0,20		107,04	126,17	19,13	Sandanteil																																																																																																					
5	0,13		102,15	113,47	11,32	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =																																																																																																					
6	0,06		89,60	98,09	8,49	$\Sigma m_{SR} / m_{s+w} \times 100$																																																																																																					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																																																																																																											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						20																																																																																																					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																																																																																																					
$i$	$PR$	Schale	Masse Schale	Masse Schale + Bodenluft	rückstd $m_{PRi}$ (g)	Massenanteile																																																																																																					
$d_{gr_i}$	Nr.				(mm)	$m_{Sch i} / m_{s+w} \times 100$																																																																																																					
1	0,063		46,4052	46,6742	0,2424	60,6																																																																																																					
2	0,020		44,3019	44,4873	0,1588	39,4																																																																																																					
3	0,006		53,2991	53,4348	0,1091	$\rho$ [S] <sub>p</sub>																																																																																																					
4	0,002		45,7077	45,8164	0,0821	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>p</sub> =																																																																																																					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						2,5																																																																																																					
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><math>d_w</math> (mm) =</td><td>0,005041</td><td>1,000</td><td>OVZ (-) =</td><td>198,937</td></tr> </table>						$d_w$ (mm) =	0,005041	1,000	OVZ (-) =	198,937																																																																																											
$d_w$ (mm) =	0,005041	1,000	OVZ (-) =	198,937																																																																																																							



Die Mischproben B4 und B6 konnten leider nicht mehr analysiert werden da die notwendige Menge Boden nicht mehr zur Verfügung stand.

Tabelle 25: Kornverteilung C1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent									
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 39,2 Schluff: 41,0 Ton: 19,8									
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktionsanteil am Gesamtboden: untere Fraktionsgrenze d <sub>gr</sub> (mm): Summenlinie d < d <sub>gr</sub> (%): Summenlinie Feinboden (%):									
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm) (%)									
i	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden luftr	Masse Siebrückstand m <sub>SR,i</sub> (g)	p [Grobboden] = m <sub>SR,i</sub> /m <sub>ges</sub> × 100	d <sub>max</sub> > d ≥ 2	0,20 > d ≥ 0,125	0,125 > d ≥ 0,063	0,063 > d ≥ 0,020	0,020 > d ≥ 0,006	0,006 > d ≥ 0,002	untere Fraktionsgrenze d <sub>gr</sub> (mm)	Summenl. d < d <sub>gr</sub> (%)	Summenlinie Feinboden (%)
Masse lufttrockene Bodeneinwaage m <sub>ges</sub> (g): 100,02						Masse Sand = ∑ m <sub>SR,i</sub> (i = 2...6) (g): 39,19									
Masse Feinboden m <sub>s+w</sub> = m <sub>ges</sub> - m <sub>SR,2,0</sub> (g): 100,02						Masse Sand = 39,19									
1	2,0				0,00	0,0	0,0	15,0	18,8	14,0	8,2	6,3	100,0	100,0	
2	1,0		51,83	53,54	1,71	1,7	1,7	11,5	18,8	14,0	8,2	2,0	98,3	98,3	
3	0,63		61,40	62,98	1,58	1,6	1,6	18,8	18,8	14,0	8,2	0,63	96,7	96,7	
4	0,20		42,65	57,66	15,01	15,0	15,0	11,5	18,8	14,0	8,2	0,20	81,7	81,7	
5	0,13		51,51	60,91	9,40	9,4	9,4	11,5	18,8	14,0	8,2	0,125	72,3	72,3	
6	0,06		45,53	57,02	11,49	11,5	11,5	11,5	18,8	14,0	8,2	0,063	60,8	60,8	
Masse Sand = ∑ m <sub>SR,i</sub> (i = 2...6) (g): 39,19						Masse Sand = 39,19									
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						untere Fraktionsgrenze d <sub>gr</sub> (mm) (%)									
Susp.temp. zu Beginn (°C):						d <sub>w</sub> (mm) = 0,005003									
Feinbodeneinwaage m <sub>s+w</sub> (g): 20						OVZ (-) = 199,868									
i	PR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden luftr	rückstd m <sub>PR,i</sub> (g)	anteile (%)	0,001	0,006	0,020	0,063	0,125	0,20	0,001	0,006	0,020
1	0,063		44,3428	44,6289	0,2595	64,9	0,001	0,006	0,020	0,063	0,125	0,20	0,001	0,006	0,020
2	0,020		46,5092	46,7038	0,1680	35,1	0,001	0,006	0,020	0,063	0,125	0,20	0,001	0,006	0,020
3	0,006		44,9905	45,1292	0,1121	100,0	0,001	0,006	0,020	0,063	0,125	0,20	0,001	0,006	0,020
4	0,002		44,2837	44,3896	0,0793	p[S] <sub>s</sub> = p[S] <sub>f</sub>	0,001	0,006	0,020	0,063	0,125	0,20	0,001	0,006	0,020
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 4,1															

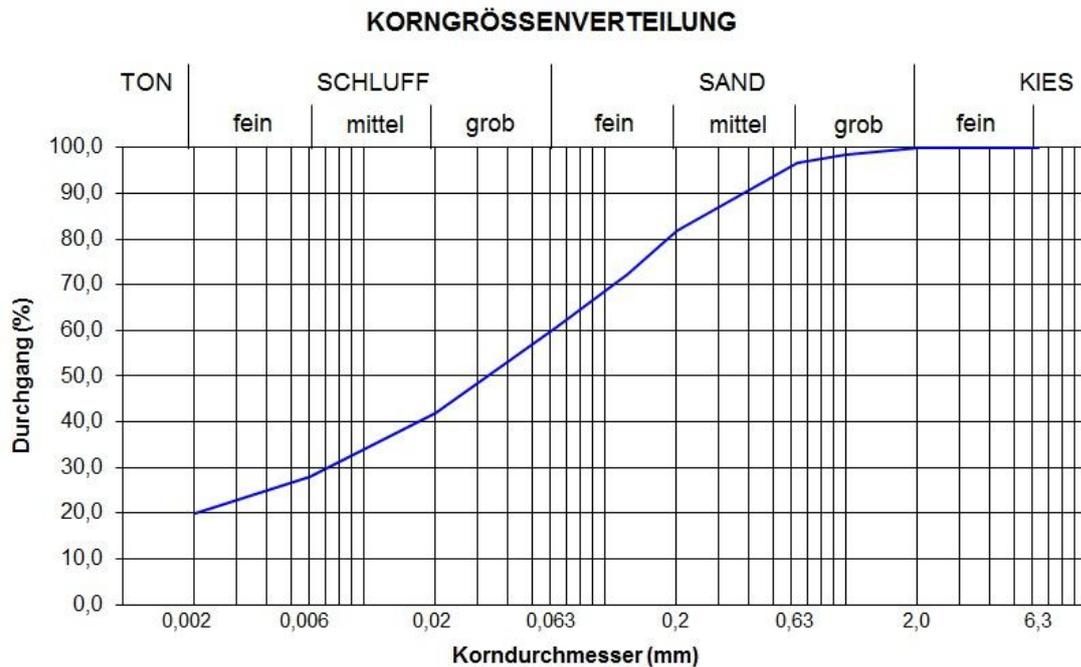


Tabelle 26: Kornverteilung C2

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	41,3	Schluff:	38,0	Ton:	20,6												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01																	
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,35																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,01																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SRi}$ (g) =	$p[\text{Grobboden}] =$																	
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																	
2	1,0		48,56	50,26	1,70	$p[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		51,60	53,03	1,43	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		61,59	77,89	16,30	Sandanteil																	
5	0,13		62,75	73,53	10,78	$p[S]_s =$																	
6	0,06		60,80	71,94	11,14	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						2,8																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PRi}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	anteile (%)																	
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	-0,0266	100,0																	
1	0,063		46,2334	46,5057	0,2457	61,4																	
2	0,020		44,293	44,4815	0,1619	38,6																	
3	0,006		45,2931	45,4314	0,1117	$= p[S]_p$																	
4	0,002		53,5636	53,6727	0,0825	$p[S]_s - p[S]_p =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						2,8																	

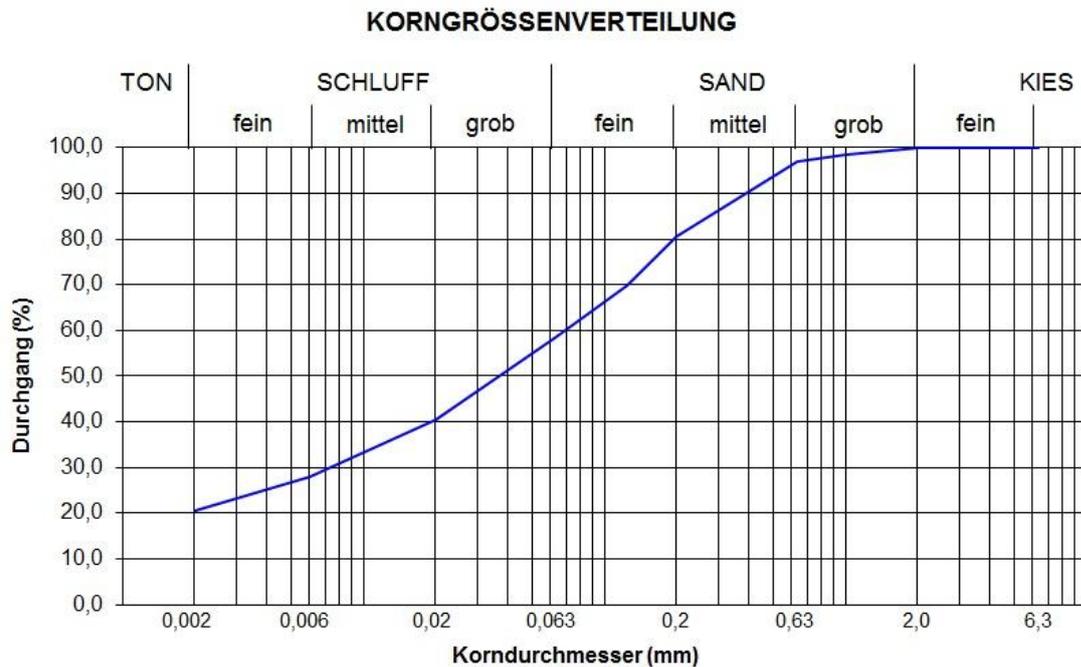


Tabelle 27: Kornverteilung C3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent							
						Sand:	42,0	Schluff:	37,6			Ton:	20,4
Probennummer Labor: analysiert am: Entnahmedatum: Bearbeiter:													
FEINSIEBUNG													
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100							
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,97							
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00							
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-								
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =								
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR_i}$								
1	2,0				0,00	0,0							
2	1,0		72,28	73,78	1,50	$\rho$ [Grobboden] =							
3	0,63		54,82	56,37	1,55	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$							
4	0,20		69,34	86,85	17,51	Sandanteil							
5	0,13		44,38	55,62	11,24	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =							
6	0,06		51,93	62,10	10,17	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$							
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,97							
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA													
Susp.temp. zu Beginn (°C):						2,0							
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20							
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =								
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$								
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		-0,0266	100,0							
1	0,063		45,0249	45,2915	0,2400	60,0							
2	0,020		46,921	47,1054	0,1578	40,0							
3	0,006		44,8176	44,9537	0,1095	$\rho$ [S] <sub>F</sub> =							
4	0,002		44,9342	45,0424	0,0816	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>F</sub> =							
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						2,0							
						$d_w$ (mm) = 0,00505							
						1,000							
						OVZ (-) = 198,000							

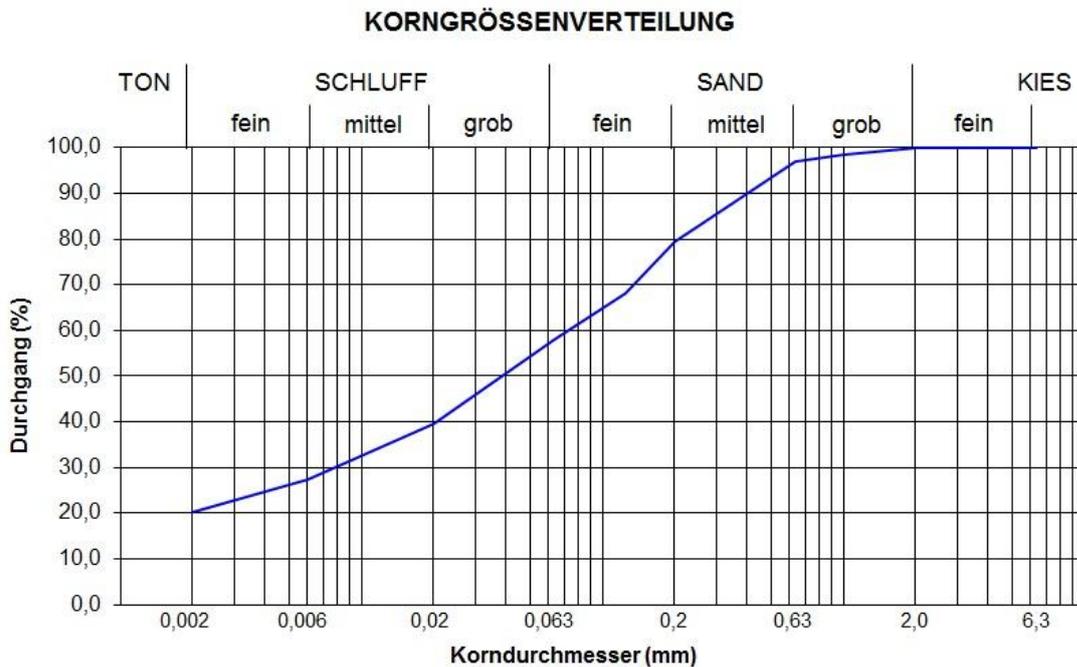


Tabelle 28: Kornverteilung C4

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	43,0	Schluff:	35,8	Ton:	21,2												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100																	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						43,01																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																	
2	1,0		93,40	94,52	1,12	$\rho[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		74,93	76,42	1,49	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		89,75	108,10	18,35	Sandanteil																	
5	0,13		76,73	89,34	12,61	$\rho[S]_s =$																	
6	0,06		80,56	90,00	9,44	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						43,01																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	anteile (%)																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	-0,0266	100,0																	
1	0,063		39,6069	39,8779	0,2444	61,1																	
2	0,020		44,294	44,4819	0,1613	38,9																	
3	0,006		45,293	45,4321	0,1125	$\rho[S]_f =$																	
4	0,002		44,343	44,4545	0,0849	$\rho[S]_s - \rho[S]_f =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,1																	
						$d_w$ (mm) = 0,004915																	
						1,000																	
						OVZ (-) = 203,472																	



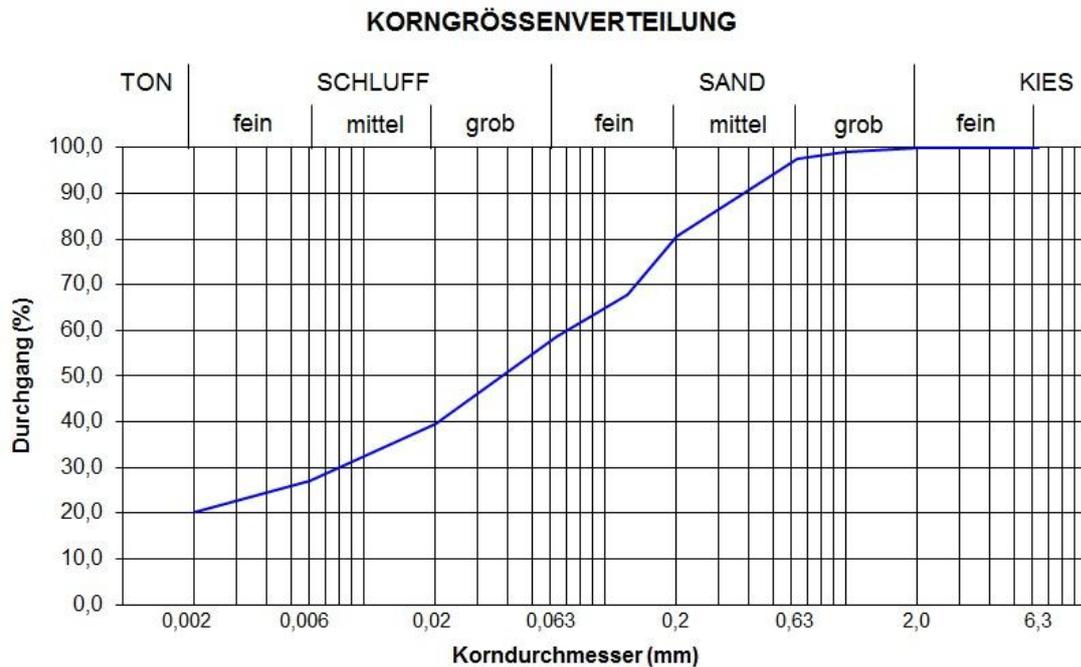


Tabelle 30: Kornverteilung C6

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																
						Sand:	42,6	Schluff:	36,2	Ton:	21,1											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:									
Probennummer Labor:	analysiert am:																					
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																					
FEINSIEBUNG																						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01		Massenanteile (%)														
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden	luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,01		100,0														
2	1,0		85,15	86,20	1,05	$\rho[\text{Feinboden}] =$																
3	0,63		108,52	110,08	1,56	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																
4	0,20		108,38	126,82	18,44	Sandanteil																
5	0,13		102,55	113,24	10,69	$\rho[S]_s =$																
6	0,06		85,92	96,82	10,90	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						42,64		42,6														
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20,01		Masse Eindampf-														
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden	luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	anteile																
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		-0,0266	%																
1	0,063		46,5088	46,7786	0,2432	100,0																
2	0,020		44,9906	45,1783	0,1611	60,8																
3	0,006		44,2839	44,4232	0,1127	39,2																
4	0,002		39,2917	39,4029	0,0846	$\rho[S]_s - \rho[S]_p =$																
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						3,4																
						$d_w$ (mm) = 0,004918		1,000		OVZ (-) = 203,319												

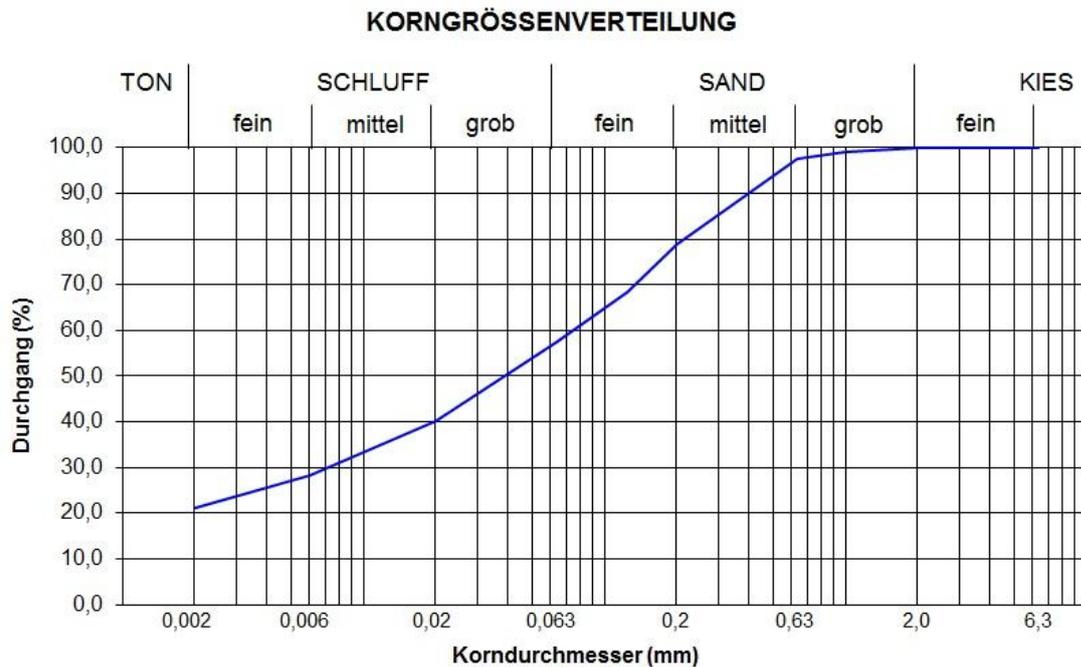


Tabelle 31: Kornverteilung C7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																																																																																																																																																																	
						Sand:	41,6	Schluff:	38,3	Ton:	20,0																																																																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																																										
Probennummer Labor:	analysiert am:																																																																																																																																																																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																																																																																																																																																																						
FEINSIEBUNG																																																																																																																																																																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01																																																																																																																																																																	
						Massenanteile (%)																																																																																																																																																																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	$\rho$ [Grobboden] =																																																																																																																																																																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =																																																																																																																																																																			
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																																		
1	2,0			0,00	0,00																																																																																																																																																																		
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,01																																																																																																																																																																	
2	1,0		95,58	96,83	1,25	$\rho$ [Feinboden] =																																																																																																																																																																	
3	0,63		96,23	97,71	1,48	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																																																																																																																																																																	
4	0,20		81,28	99,74	18,46	Sandanteil																																																																																																																																																																	
5	0,13		89,36	106,22	16,86	$\rho$ [S] <sub>s</sub> =																																																																																																																																																																	
6	0,06		86,73	90,32	3,59	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																																																																																																																																																																	
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,64																																																																																																																																																																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																																																																																																																																																																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						: = $m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																																																																																																																																																																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																																																																																																																																																																	
						Masse Eindampf-																																																																																																																																																																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																																																																																																																																																																	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$			anteile																																																																																																																																																																
(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)		-0,0266	(%)																																																																																																																																																																	
1	0,063		45,0254	45,2899	0,2379	59,5																																																																																																																																																																	
2	0,020		46,9214	47,1026	0,1546	40,5																																																																																																																																																																	
3	0,006		44,8182	44,9516	0,1068	$\rho$ [S] <sub>F</sub> =																																																																																																																																																																	
4	0,002		44,9346	45,0413	0,0801	$\rho$ [S] <sub>s</sub> - $\rho$ [S] <sub>F</sub> =																																																																																																																																																																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						1,1																																																																																																																																																																	
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Fraktionsbereich (Grenzen in mm)</th> <th>Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)</th> <th>Feinbodenanteil der Fraktion (%)</th> <th>untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</th> <th>Summenlinie <math>d &lt; d_{gr}</math> (%)</th> <th>Summenlinie Feinboden (%)</th> </tr> <tr> <td><math>d_{max} &gt; d \geq 2</math></td> <td>0,0</td> <td></td> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td><math>2,0 &gt; d \geq 1,0</math></td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> <td>1,0</td> <td>98,8</td> <td>98,8</td> </tr> <tr> <td><math>1,0 &gt; d \geq 0,63</math></td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>0,63</td> <td>97,3</td> <td>97,3</td> </tr> <tr> <td><math>0,63 &gt; d \geq 0,20</math></td> <td>18,5</td> <td>18,5</td> <td>0,20</td> <td>78,8</td> <td>78,8</td> </tr> <tr> <td><math>0,20 &gt; d \geq 0,125</math></td> <td>16,9</td> <td>16,9</td> <td>0,125</td> <td>62,0</td> <td>62,0</td> </tr> <tr> <td><math>0,125 &gt; d \geq 0,063</math></td> <td>3,6</td> <td>3,6</td> <td>0,063</td> <td>58,4</td> <td>58,4</td> </tr> <tr> <td><math>0,063 &gt; d \geq 0,020</math></td> <td>19,7</td> <td>19,7</td> <td>0,020</td> <td>38,7</td> <td>38,7</td> </tr> <tr> <td><math>0,020 &gt; d \geq 0,006</math></td> <td>12,0</td> <td>12,0</td> <td>0,006</td> <td>26,7</td> <td>26,7</td> </tr> <tr> <td><math>0,006 &gt; d \geq 0,002</math></td> <td>6,7</td> <td>6,7</td> <td>0,002</td> <td>20,0</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td colspan="6">untere Fraktionsgrenze <math>d_{gr}</math> (mm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(%)</td> <td><math>\Delta M</math></td> <td><math>d_i</math></td> <td><math>1/d_i</math></td> <td><math>\Delta M/d_i</math></td> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>100,0</td> <td>(-)</td> <td>(mm)</td> <td>(mm<sup>-1</sup>)</td> <td>(mm)</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>100,0</td> <td>0,000</td> <td>3,036</td> <td>0,329</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>98,8</td> <td>0,012</td> <td>1,333</td> <td>0,750</td> <td>0,009</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>97,3</td> <td>0,015</td> <td>0,773</td> <td>1,294</td> <td>0,019</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>78,8</td> <td>0,185</td> <td>0,304</td> <td>3,294</td> <td>0,608</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>62,0</td> <td>0,169</td> <td>0,154</td> <td>6,500</td> <td>1,096</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>58,4</td> <td>0,036</td> <td>0,084</td> <td>11,937</td> <td>0,428</td> </tr> <tr> <td>0,020</td> <td>38,7</td> <td>0,197</td> <td>0,030</td> <td>32,937</td> <td>6,493</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>26,7</td> <td>0,120</td> <td>0,009</td> <td>108,333</td> <td>12,946</td> </tr> <tr> <td>0,002</td> <td>20,0</td> <td>0,067</td> <td>0,003</td> <td>333,333</td> <td>22,250</td> </tr> <tr> <td>0,001</td> <td>0</td> <td>0,200</td> <td>0,001</td> <td>750,000</td> <td>150,187</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><math>d_w</math> (mm) = 0,005154</td> </tr> <tr> <td colspan="6">1,000</td> </tr> <tr> <td colspan="6">OVZ (-) = 194,037</td> </tr> </table>						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0	$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8	$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,3	97,3	$0,63 > d \geq 0,20$	18,5	18,5	0,20	78,8	78,8	$0,20 > d \geq 0,125$	16,9	16,9	0,125	62,0	62,0	$0,125 > d \geq 0,063$	3,6	3,6	0,063	58,4	58,4	$0,063 > d \geq 0,020$	19,7	19,7	0,020	38,7	38,7	$0,020 > d \geq 0,006$	12,0	12,0	0,006	26,7	26,7	$0,006 > d \geq 0,002$	6,7	6,7	0,002	20,0	20,0	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)							(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$	6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000	1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009	0,63	97,3	0,015	0,773	1,294	0,019	0,20	78,8	0,185	0,304	3,294	0,608	0,125	62,0	0,169	0,154	6,500	1,096	0,063	58,4	0,036	0,084	11,937	0,428	0,020	38,7	0,197	0,030	32,937	6,493	0,006	26,7	0,120	0,009	108,333	12,946	0,002	20,0	0,067	0,003	333,333	22,250	0,001	0	0,200	0,001	750,000	150,187	$d_w$ (mm) = 0,005154						1,000						OVZ (-) = 194,037					
Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)																																																																																																																																																																		
$d_{max} > d \geq 2$	0,0		2,0	100,0	100,0																																																																																																																																																																		
$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8																																																																																																																																																																		
$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,3	97,3																																																																																																																																																																		
$0,63 > d \geq 0,20$	18,5	18,5	0,20	78,8	78,8																																																																																																																																																																		
$0,20 > d \geq 0,125$	16,9	16,9	0,125	62,0	62,0																																																																																																																																																																		
$0,125 > d \geq 0,063$	3,6	3,6	0,063	58,4	58,4																																																																																																																																																																		
$0,063 > d \geq 0,020$	19,7	19,7	0,020	38,7	38,7																																																																																																																																																																		
$0,020 > d \geq 0,006$	12,0	12,0	0,006	26,7	26,7																																																																																																																																																																		
$0,006 > d \geq 0,002$	6,7	6,7	0,002	20,0	20,0																																																																																																																																																																		
untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)																																																																																																																																																																							
	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$																																																																																																																																																																		
6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)																																																																																																																																																																		
2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000																																																																																																																																																																		
1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009																																																																																																																																																																		
0,63	97,3	0,015	0,773	1,294	0,019																																																																																																																																																																		
0,20	78,8	0,185	0,304	3,294	0,608																																																																																																																																																																		
0,125	62,0	0,169	0,154	6,500	1,096																																																																																																																																																																		
0,063	58,4	0,036	0,084	11,937	0,428																																																																																																																																																																		
0,020	38,7	0,197	0,030	32,937	6,493																																																																																																																																																																		
0,006	26,7	0,120	0,009	108,333	12,946																																																																																																																																																																		
0,002	20,0	0,067	0,003	333,333	22,250																																																																																																																																																																		
0,001	0	0,200	0,001	750,000	150,187																																																																																																																																																																		
$d_w$ (mm) = 0,005154																																																																																																																																																																							
1,000																																																																																																																																																																							
OVZ (-) = 194,037																																																																																																																																																																							

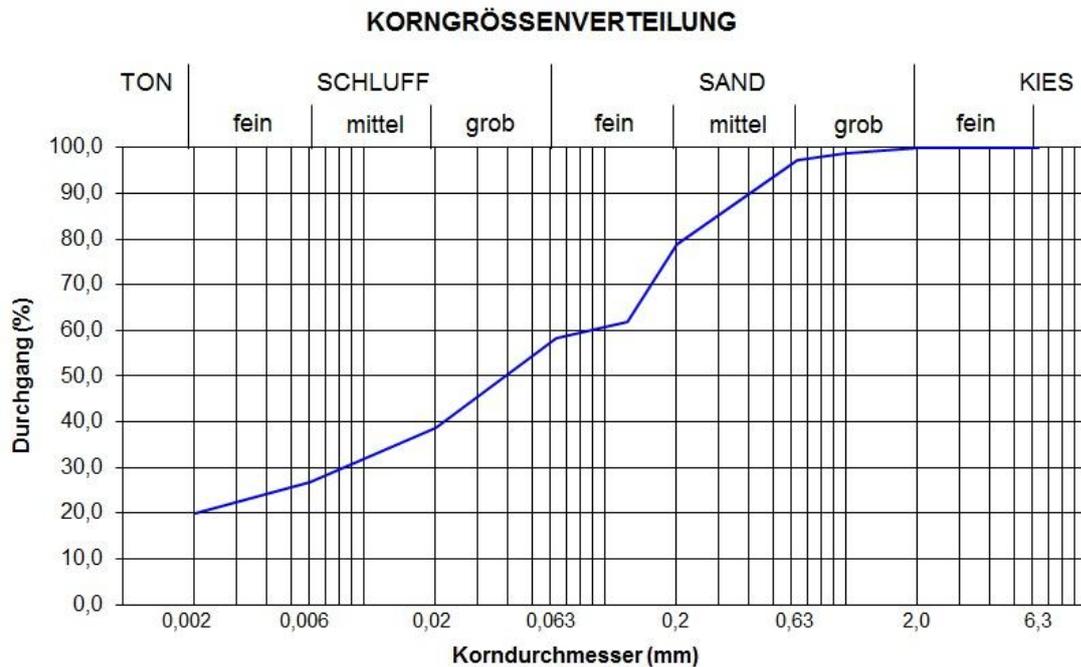


Tabelle 32: Kornverteilung D1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	41,0	Schluff:	39,7	Ton:	19,3												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Probennummer Labor:</td><td colspan="5">analysiert am:</td></tr> <tr><td>Entnahmedatum:</td><td colspan="5">Bearbeiter:</td></tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100,01																	
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						41,00																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,01																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SRi}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																	
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																	
2	1,0		66,63	68,52	1,89	$\rho[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		110,84	112,70	1,86	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		89,38	105,29	15,91	Sandanteil																	
5	0,13		78,10	88,07	9,97	$\rho[S]_s =$																	
6	0,06		94,62	105,99	11,37	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho[S]_s = m_{PR 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20,01																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PRi}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	anteile (%)																	
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	-0,0266	100,0																	
1	0,063		40,4063	40,6799	0,2470	61,7																	
2	0,020		46,2065	46,3890	0,1559	38,3																	
3	0,006		44,1115	44,2439	0,1058	$\rho[S]_F =$																	
4	0,002		42,0226	42,1263	0,0771	$\rho[S]_s - \rho[S]_F =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						2,7																	
						$d_w$ (mm) = 0,005232																	
						1,000																	
						OVZ (-) = 191,127																	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

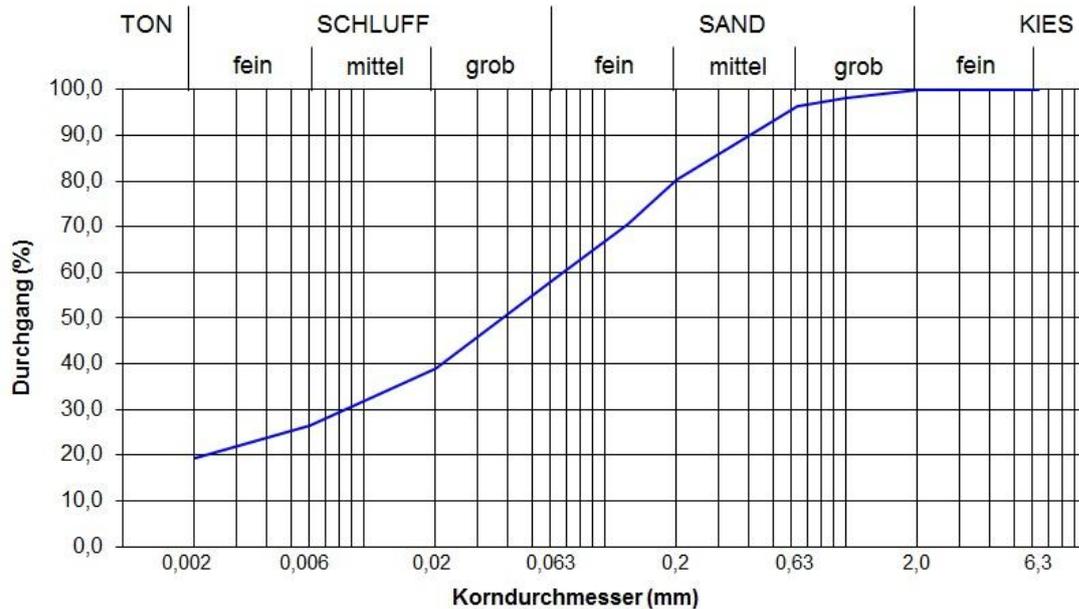


Tabelle 33: Kornverteilung D2

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Sand: 40,3						Schluff: 39,1		Ton: 20,6			
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Feinbodenanteil der					
FEINSIEBUNG						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,01						Summenlinie Feinboden					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 40,30						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,01						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Schale + Bodenlufttr. $m_{Sch+s+w}$ (g): 107,07						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Schale $m_{Sch}$ (g): 116,13						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Sand $m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 40,30						Summenlinie Feinboden (%)					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Summenlinie Feinboden (%)					
Susp.temp. zu Beginn (°C): 20						Summenlinie Feinboden (%)					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Eindampf. rückstd $m_{PR_i}$ (g): -0,0266						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Schale + Bodenlufttr. $m_{Sch+s+w}$ (g): 42,0625						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Schale $m_{Sch}$ (g): 43,1344						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Sand $m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 0,0823						Summenlinie Feinboden (%)					
Susp. temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,0						Summenlinie Feinboden (%)					

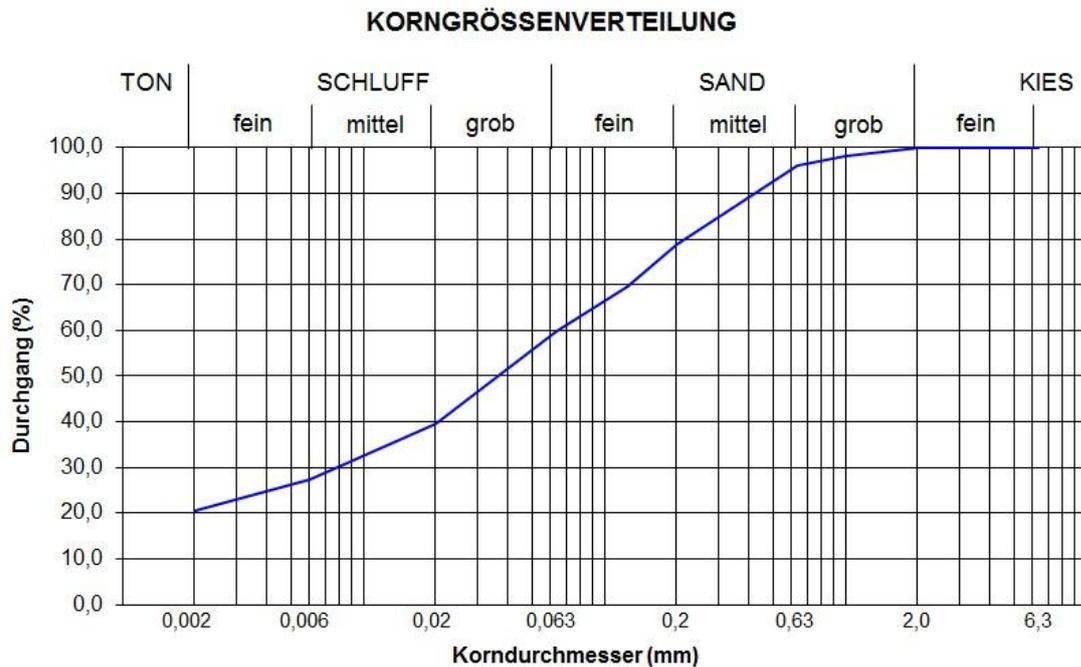


Tabelle 34: Kornverteilung D3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent																	
						Sand:	43,0	Schluff:	36,5	Ton:	20,5												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Probennummer Labor:</td> <td colspan="5">analysiert am:</td> </tr> <tr> <td>Entnahmedatum:</td> <td colspan="5">Bearbeiter:</td> </tr> </table>						Probennummer Labor:	analysiert am:					Entnahmedatum:	Bearbeiter:										
Probennummer Labor:	analysiert am:																						
Entnahmedatum:	Bearbeiter:																						
FEINSIEBUNG																							
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100																	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						42,98																	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g):						100,00																	
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massenanteile (%)																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho[\text{Grobboden}] =$																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$																	
1	2,0				0,00	0,0																	
2	1,0		93,39	95,05	1,66	$\rho[\text{Feinboden}] =$																	
3	0,63		107,03	108,95	1,92	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$																	
4	0,20		70,81	87,32	16,51	Sandanteil																	
5	0,13		89,61	99,31	9,70	$\rho[S]_s =$																	
6	0,06		102,15	115,34	13,19	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$																	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA																							
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\rho = m_{PR\ 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$																	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20																	
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Massen-																	
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	anteile (%)																	
(mm)			$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	-0,0266	100,0																	
1	0,063		46,4059	46,6773	0,2448	61,2																	
2	0,020		44,3017	44,4873	0,1590	38,8																	
3	0,006		53,2987	53,4351	0,1098	$\rho[S]_f =$																	
4	0,002		45,7073	45,8160	0,0821	$\rho[S]_s - \rho[S]_f =$																	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,2																	
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>d_w</math> (mm) =</td> <td>0,00503</td> <td>1,000</td> <td>OVZ (-) =</td> <td>198,82</td> </tr> </table>						$d_w$ (mm) =	0,00503	1,000	OVZ (-) =	198,82							
$d_w$ (mm) =	0,00503	1,000	OVZ (-) =	198,82																			

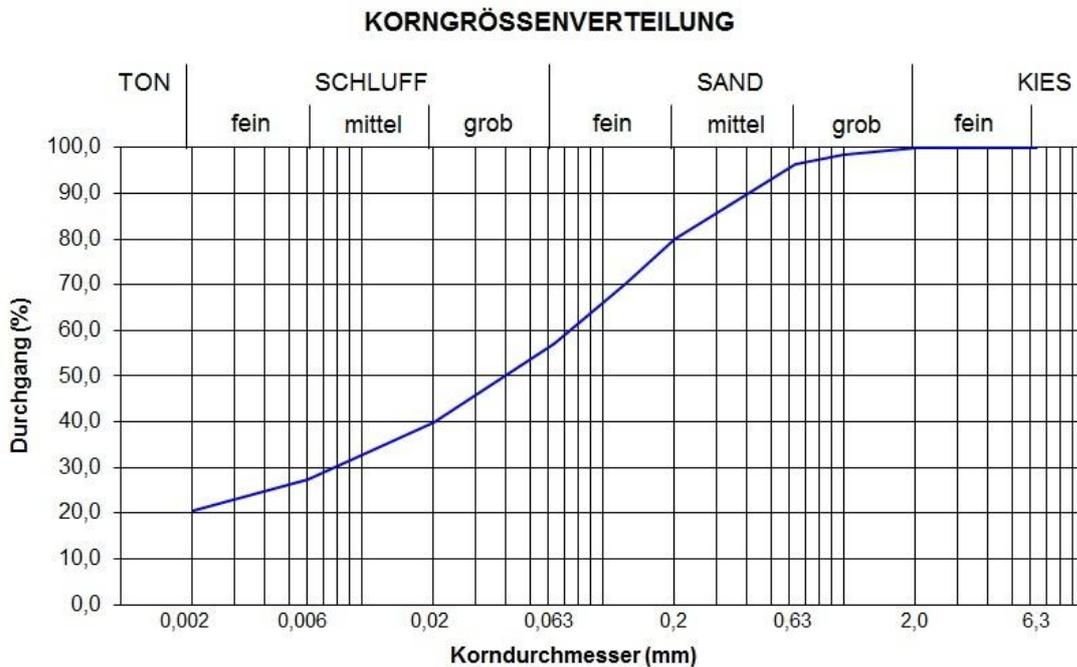


Tabelle 35: Kornverteilung D4

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent											
Sand: 41,5						Schluff: 37,8						Ton: 20,7					
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden						Feinbodenanteil der					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)					
FEINSIEBUNG						Summenlinie Feinboden (%)											
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,54						Masse Sand = 41,5					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g): 100,00						Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g): 100,00						Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g): 100,00					
$i$	$SR$	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	$\rho$ [Grobboden] =	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$\rho$ [Feinboden] =	$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0	98,8	98,8	98,8	98,8			
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	$1,0 > d \geq 0,63$	1,8	1,8	0,63	97,0	97,0	97,0	97,0			
1	2,0				0,00	0,00	$0,63 > d \geq 0,20$	23,7	23,7	0,20	73,3	73,3	73,3	73,3			
2	1,0		62,08	63,32	1,24	1,24	$0,20 > d \geq 0,125$	5,6	5,6	0,125	67,7	67,7	67,7	67,7			
3	0,63		52,84	54,62	1,78	1,78	$0,125 > d \geq 0,063$	9,3	9,3	0,063	58,5	58,5	58,5	58,5			
4	0,20		107,04	130,70	23,66	23,66	$0,063 > d \geq 0,020$	19,1	19,1	0,020	39,4	39,4	39,4	39,4			
5	0,13		93,39	98,97	5,58	5,58	$0,020 > d \geq 0,006$	12,0	12,0	0,006	27,4	27,4	27,4	27,4			
6	0,06		89,38	98,66	9,28	9,28	$0,006 > d \geq 0,002$	6,7	6,7	0,002	20,7	20,7	20,7	20,7			
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,54						Masse Sand = 41,5						Masse Sand = 41,5					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Summenlinie $d < d_{gr}$											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						Summenlinie $d < d_{gr}$					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Masse Eindampf-						Masse Sand = 41,5					
$i$	$PR$	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	anteile	6,3	100,0	(-)	(mm)	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$					
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	(%)	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000					
(mm)			$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	-0,0266	100,0	1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009					
1	0,063		45,0249	45,2933	0,2418	60,4	0,63	97,0	0,018	0,773	1,294	0,023					
2	0,020		46,9213	47,1054	0,1575	39,6	0,20	73,3	0,237	0,304	3,294	0,779					
3	0,006		44,8183	44,9544	0,1095		0,125	67,7	0,056	0,154	6,500	0,363					
4	0,002		44,9347	45,0441	0,0828		0,063	58,5	0,093	0,084	11,937	1,108					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,0						$d_w$ (mm) = 0,005023						OVZ (-) = 199,068					

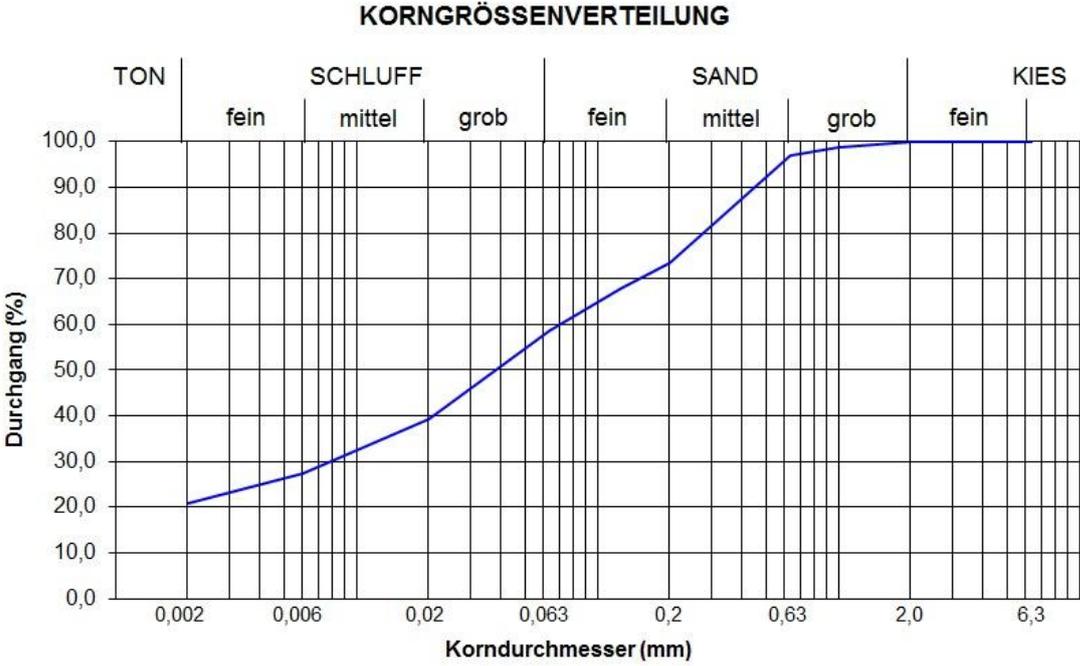


Tabelle 36: Kornverteilung D5

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Sand: 42,2						Schluff: 36,4		Ton: 21,5			
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Feinbodenanteil der					
FEINSIEBUNG						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,01						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,01						Summenlinie Feinboden (%)					
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Fraktionsbereich	Fraktion	untere	Summen-	Summen-	
$d_{gr,i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR,i}$ (g) =	(Grenzen in mm)	(%)	$d_{gr}$ (mm)	linie	linie	
(mm)			$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$				$d < d_{gr}$	Fein-	
					$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$				(%)	boden	
1	2,0				0,00	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	2,0	100,0	100,0	
					0,0	$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	98,8	98,8	
					0,0	$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	97,4	97,4	
					0,0	$0,63 > d \geq 0,20$	18,1	18,1	79,3	79,3	
					0,0	$0,20 > d \geq 0,125$	12,6	12,6	66,7	66,7	
					0,0	$0,125 > d \geq 0,063$	8,9	8,9	57,8	57,8	
					0,0	$0,063 > d \geq 0,020$	17,7	17,7	40,2	40,2	
					0,0	$0,020 > d \geq 0,006$	12,1	12,1	28,0	28,0	
					0,0	$0,006 > d \geq 0,002$	6,5	6,5	21,5	21,5	
					0,0	untere Fraktions-	Summenl. $d < d_{gr}$				
					0,0	grenze $d_{gr}$ (mm)	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
					0,0	6,3	100,0	(-)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)
					0,0	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
					0,0	1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009
					0,0	0,63	97,4	0,014	0,773	1,294	0,019
					0,0	0,20	79,3	0,181	0,304	3,294	0,597
					0,0	0,125	66,7	0,126	0,154	6,500	0,816
					0,0	0,063	57,8	0,089	0,084	11,937	1,061
					0,0	0,020	40,2	0,177	0,030	32,937	5,820
					0,0	0,006	28,0	0,121	0,009	108,333	13,156
					0,0	0,002	21,5	0,065	0,003	333,333	21,822
					0,0	0,001	0	0,215	0,001	750,000	160,982
					0,0	$d_w$ (mm) = 0,004895	1,000			OVZ (-) = 204,282	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

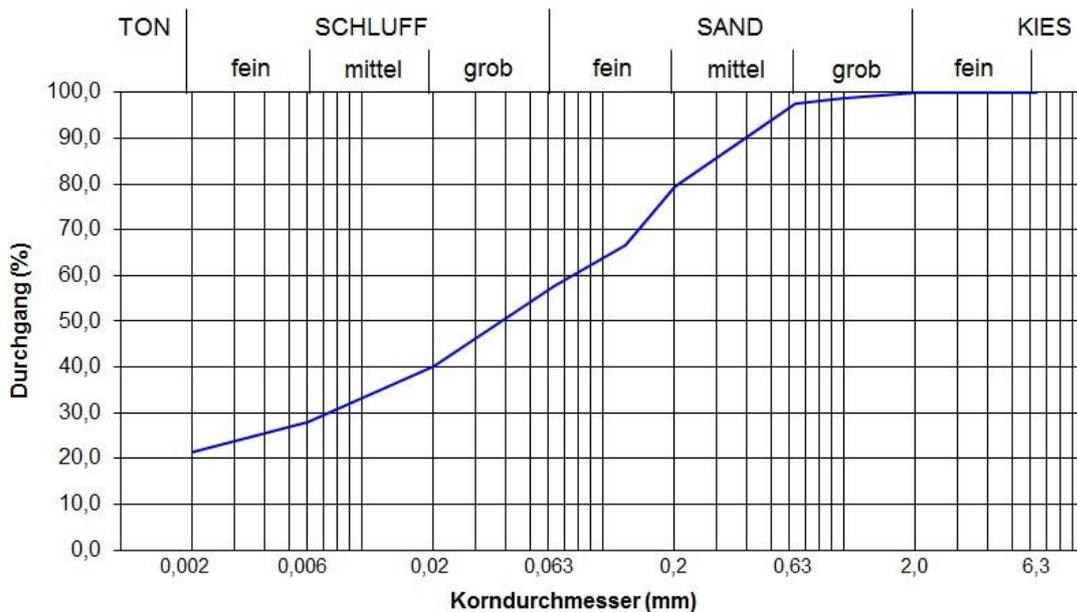


Tabelle 37: Kornverteilung D6

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 41,4 Schluff: 37,3 Ton: 21,3						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktionsanteil am Gesamtboden der						
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,42						
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,00						Masse Sand = 41,4						
$i$	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden luftr.	Masse Siebrückstand $m_{SRi}$ (g)	Massenanteile (%)	Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktion (%)	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0	100,0
2	1,0		85,17	86,05	0,88	0,88	$2,0 > d \geq 1,0$	0,9	0,9	1,0	99,1	99,1
3	0,63		88,59	89,89	1,30	1,30	$1,0 > d \geq 0,63$	1,3	1,3	0,63	97,8	97,8
4	0,20		89,10	106,80	17,70	17,70	$0,63 > d \geq 0,20$	17,7	17,7	0,20	80,1	80,1
5	0,13		89,51	101,44	11,93	11,93	$0,20 > d \geq 0,125$	11,9	11,9	0,125	68,2	68,2
6	0,06		109,03	118,64	9,61	9,61	$0,125 > d \geq 0,063$	9,6	9,6	0,063	58,6	58,6
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,42						Masse Sand = 41,4						
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20,01						Summenl. $d < d_{gr}$						
$i$	PR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Boden luftr.	rückstd $m_{PRi}$ (g)	Massenanteile (%)	grenze $d_{gr}$ (mm)	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
1	0,063		44,6554	44,9274	0,2454	-61,3	6,3	100,0	(-)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)
2	0,020		39,5072	39,6949	0,1611	38,7	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
3	0,006		64,0276	64,1671	0,1129	100,0	1,0	99,1	0,009	1,333	0,750	0,007
4	0,002		65,9501	66,0620	0,0853	100,0	0,63	97,8	0,013	0,773	1,294	0,017
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,7						0,20						
						0,125						
						0,063						
						0,020						
						0,006						
						0,002						
						0,001						
						$d_w$ (mm) = 0,004891						
						OVZ (-) = 204,458						

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

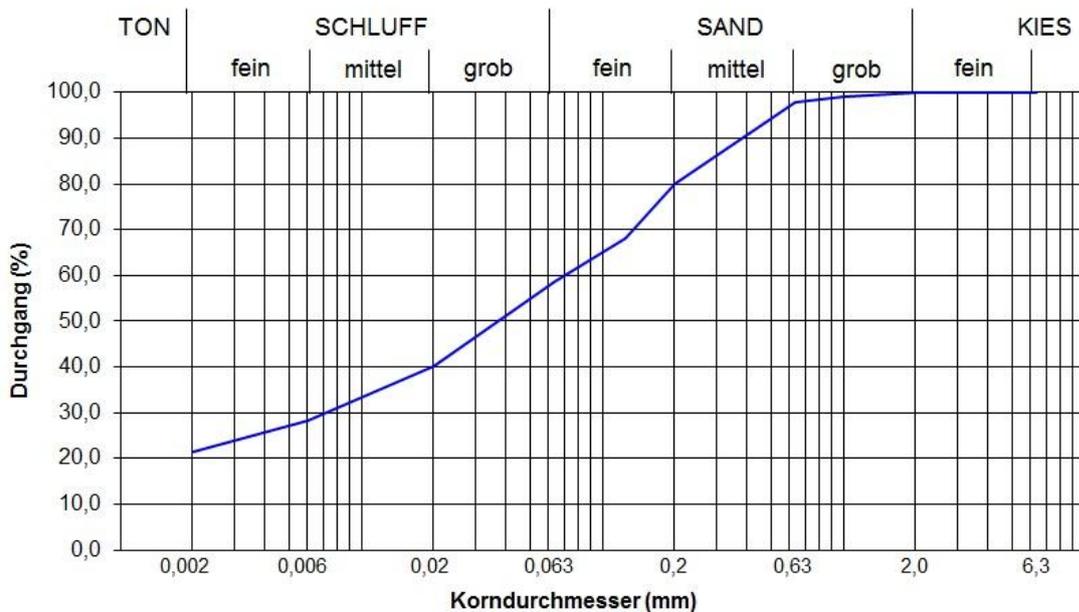


Tabelle 38: Kornverteilung D7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 42,4 Schluff: 36,3 Ton: 21,4						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- anteil am Gesamt- boden						
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,03						Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,40						
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Massen-	Fraktions-	Fein-	untere	Summen-	Summen-	
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SRi}$ (g) =	p[Grobboden] =	(%)	boden-	Fraktions-	linie	linie	
(mm)		$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$m_{SR2,0}/m_{ges} \times 100$	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	(%)	der	grenze	d < $d_{gr}$	Fein-	
1	2,0				0,00	0,0	0,0	Fraktion	6,3	100,0	(%)	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,03						Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,40						
2	1,0		93,10	93,94	0,84	0,84	0,8	(%)	2,0	100,0	100,0	
3	0,63		107,03	108,45	1,42	1,42	0,8	0,8	1,0	99,2	99,2	
4	0,20		83,98	101,70	17,72	17,72	1,4	1,4	0,63	97,7	97,7	
5	0,13		108,38	118,79	10,41	10,41	17,7	17,7	0,20	80,0	80,0	
6	0,06		89,61	101,62	12,01	12,01	10,4	10,4	0,125	69,6	69,6	
Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,40						Masse Sand = $\sum m_{SRi}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,40						
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Sandanteil						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$p[S]_s =$						
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						$\sum m_{SRi}/m_{s+w} \times 100$						
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PRi}$ (g) =	Massen-	untere	Summenl. d < $d_{gr}$	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	(%)	Fraktion	Summenl. d < $d_{gr}$	(%)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)
(mm)		$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$-0,0266$	100,0	(%)	Summenl. d < $d_{gr}$	(%)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)
1	0,063		47,4121	47,6828	0,2441	-61,0	0,000	6,3	100,0	(-)	0,158	0,000
2	0,020		69,3384	69,5277	0,1627	39,0	0,008	2,0	100,0	0,000	3,036	0,329
3	0,006		67,6573	67,7971	0,1132	= $p[S]_p$	0,014	1,0	99,2	0,008	1,333	0,750
4	0,002		55,6659	55,7779	0,0854	$p[S]_s - p[S]_p =$	0,014	0,63	97,7	0,014	0,773	1,294
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 3,4						Sandanteil						
						$p[S]_s =$						
						$p[S]_s - p[S]_p =$						
						$d_w$ (mm) = 0,004878						
						OVZ (-) = 204,994						

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

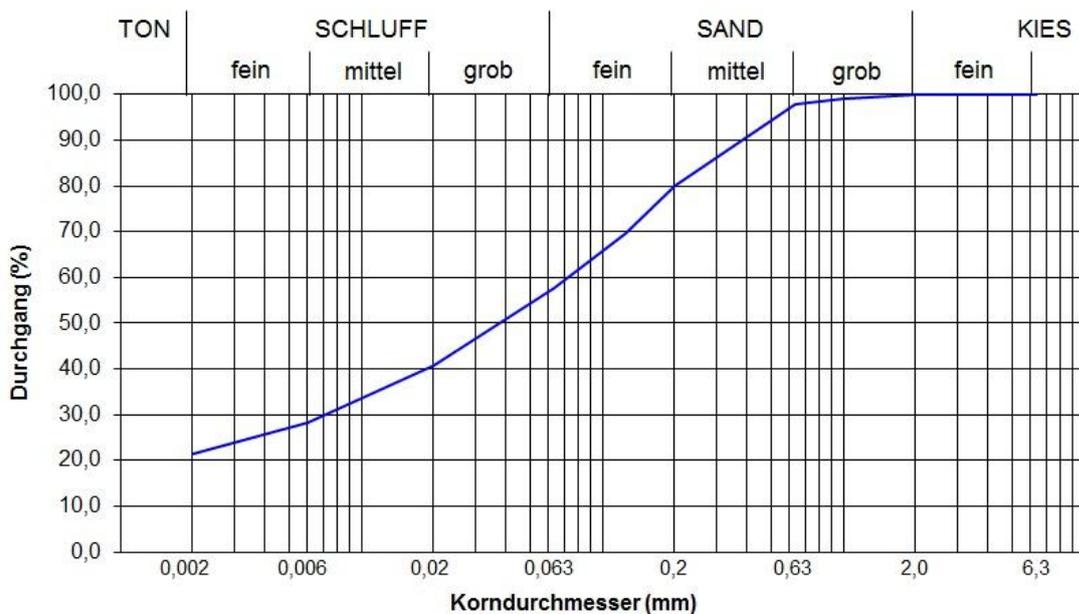


Tabelle 39: Kornverteilung E1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 42,2 Schluff: 37,7 Ton: 20,1					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- Anteil am Gesamt- boden der					
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,20					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,20					
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Sandanteil					
$d_{gr,i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR,i}$ (g) =	$p[S]_s =$					
(mm)		$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$m_{SR,2,0}/m_{ges} \times 100$	$p[S]_s =$					
1	2,0				0,00	0,0					
2	1,0		93,54	95,66	2,12	$p[Feinboden] =$					
3	0,63		93,39	95,30	1,91	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$					
4	0,20		89,75	105,87	16,12	Sandanteil					
5	0,13		89,97	106,22	16,25	$p[S]_s =$					
6	0,06		94,35	100,15	5,80	$\sum m_{SR,i}/m_{s+w} \times 100$					
Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,20						42,2					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						untere Fraktions- grenze $d_{gr}$ (mm)					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20,01						Summenl. $d < d_{gr}$					
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR,i}$ (g) =	$d_i$					
$d_{gr,i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$1/d_i$					
(mm)		$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	-0,0266	$\Delta M$					
1	0,063		61,2545	61,5221	0,2410	6,3					
2	0,020		61,2252	61,4127	0,1609	2,0					
3	0,006		48,5618	48,6969	0,1085	1,0					
4	0,002		61,591	61,6980	0,0804	0,63					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 2,4						0,20					
						0,125					
						0,063					
						0,020					
						0,006					
						0,002					
						0,001					
						$d_w$ (mm) = 0,005092					
						OVZ (-) = 196,381					

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

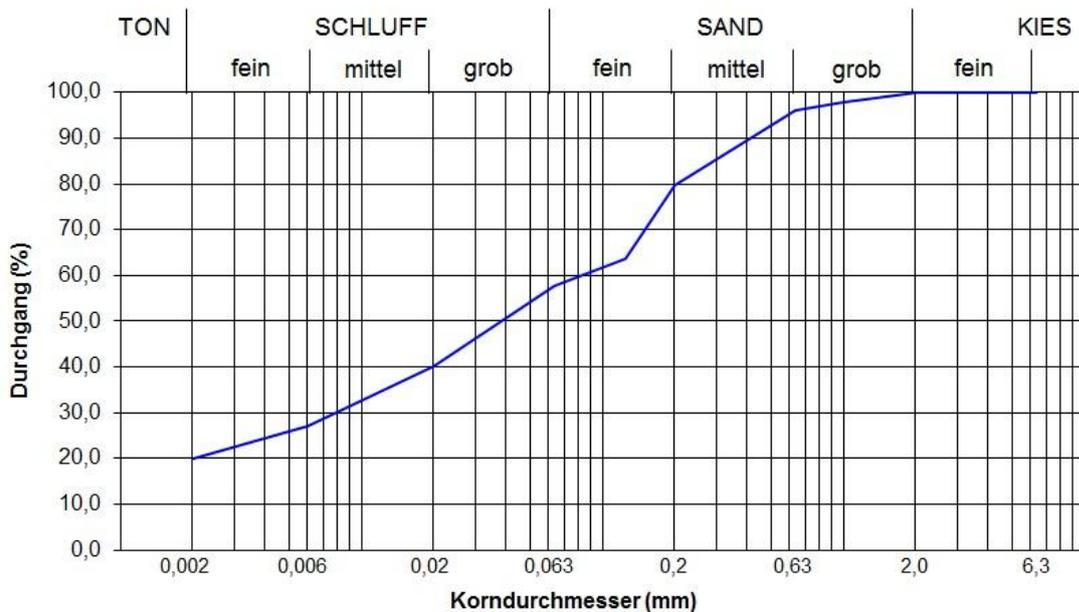


Tabelle 40: Kornverteilung E2

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 43,0 Schluff: 41,0 Ton: 15,9						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- anteil am Gesamt- boden						
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 43,04						
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 43,04						
$i$	SR $d_{gr_i}$ (mm)	Schale Nr.	Masse Schale $m_{Sch_i}$ (g)	Masse Schale + Boden luftr. $m_{Sch+s+w_i}$ (g)	Masse Siebrück- stand $m_{SR_i}$ (g) = $m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	Massen- anteile (%) $p[S] = m_{SR_i}/m_{ges} \times 100$	Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	(%)	Fein- boden- anteil der Fraktion	untere Fraktions- grenze $d_{gr}$ (mm)	Summen- linie $d < d_{gr}$ (%)	Summen- linie Fein- boden (%)
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0	100,0
2	1,0		108,72	111,04	2,32	2,3	$2,0 > d \geq 1,0$	2,3	2,3	1,0	97,7	97,7
3	0,63		81,28	83,16	1,88	1,9	$1,0 > d \geq 0,63$	1,9	1,9	0,63	95,8	95,8
4	0,20		78,10	96,73	18,63	18,6	$0,63 > d \geq 0,20$	18,6	18,6	0,20	77,2	77,2
5	0,13		70,80	80,90	10,10	10,1	$0,20 > d \geq 0,125$	10,1	10,1	0,125	67,1	67,1
6	0,06		95,57	105,68	10,11	10,1	$0,125 > d \geq 0,063$	10,1	10,1	0,063	57,0	57,0
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 43,04						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 43,04						
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Sandanteil						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$p[S]_s =$						
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20,01						Masse Eindampf- rückstd $m_{PR_i}$ (g) = $m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$						
$i$	PR $d_{gr_i}$ (mm)	Schale Nr.	Masse Schale $m_{Sch_i}$ (g)	Masse Schale + Boden luftr. $m_{Sch+s+w_i}$ (g)	Masse Eindampf- rückstd $m_{PR_i}$ (g) = $m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	Massen- anteile (%) $p[S]_p =$	untere Fraktions- grenze $d_{gr}$ (mm)	Summenl. $d < d_{gr}$ (%)	$\Delta M$	$d_i$ (mm)	$1/d_i$ ( $mm^{-1}$ )	$\Delta M/d_i$ (mm)
1	0,063		59,8407	60,0765	0,2092	-52,3	6,3	100,0	(-)	3,036	0,329	0,000
2	0,020		70,9801	71,1270	0,1203	47,7	2,0	100,0	0,000	1,0	0,750	0,017
3	0,006		55,3603	55,4720	0,0851	0,0851	0,63	95,8	0,019	0,773	1,294	0,024
4	0,002		59,3427	59,4330	0,0637	$p[S]_s - p[S]_p =$	0,20	77,2	0,186	0,304	3,294	0,614
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						-4,7						
						$d_w$ (mm) = 0,006325						
						OVZ (-) = 158,111						

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

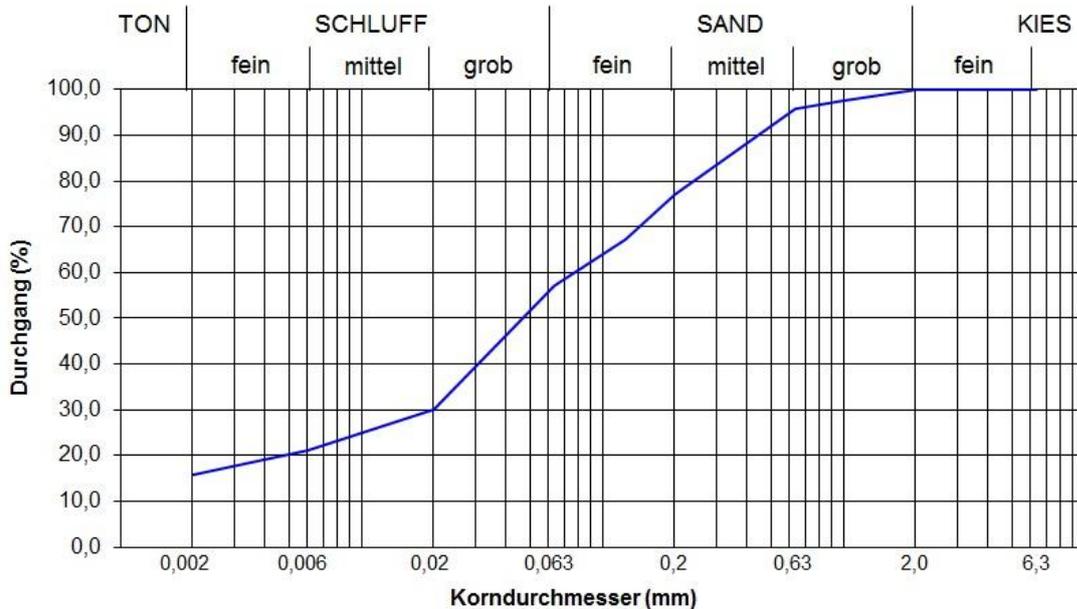


Tabelle 41: Kornverteilung E3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Sand: 40,3						Schluff: 38,5		Ton: 21,2				
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Feinbodenanteil der						
FEINSIEBUNG						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)						
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,00						Summenlinie Feinboden (%)						
$i$	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr	Masse Siebrückstand $m_{SR i}$ (g)	$p$ [Grobboden] (%)	Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	2,0	100,0	100,0	
2	1,0		46,40	47,79	1,39	1,4	$2,0 > d \geq 1,0$	1,4	1,0	98,6	98,6	
3	0,63		44,37	46,18	1,81	1,8	$1,0 > d \geq 0,63$	1,8	0,63	96,8	96,8	
4	0,20		45,02	62,67	17,65	17,7	$0,63 > d \geq 0,20$	17,7	0,20	79,2	79,2	
5	0,13		60,80	70,11	9,31	9,3	$0,20 > d \geq 0,125$	9,3	0,125	69,8	69,8	
6	0,06		65,42	75,56	10,14	10,1	$0,125 > d \geq 0,063$	10,1	0,063	59,7	59,7	
Masse Sand = $\sum m_{SR i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 40,30						Sandanteil $p[S]_s = 40,3$						
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Summenl. $d < d_{gr}$ (%)						
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Masse Eindampf- rückstd $m_{PR i}$ (g)						
$i$	PR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr	$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	$d_{gr}$ (mm)	Summenl. $d < d_{gr}$ (%)	$\Delta M$	$d_i$ (mm)	$1/d_i$ (mm <sup>-1</sup> )	$\Delta M/d_i$ (mm)
1	0,063		57,88	58,1470	0,2404	-0,0266	2,0	100,0	(-)	3,036	0,329	0,000
2	0,020		60,1609	60,3467	0,1592	0,2404	1,0	98,6	0,014	1,333	0,750	0,010
3	0,006		41,0208	41,1581	0,1107	0,1592	0,63	96,8	0,018	0,773	1,294	0,023
4	0,002		62,7455	62,8568	0,0847	0,1107	0,20	79,2	0,177	0,304	3,294	0,581
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 0,4						$p[S]_s = 40,3$						
						$p[S]_s - p[S]_p = 0,4$						
						$d_w$ (mm) = 0,004936						
						OVZ (-) = 202,6						

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

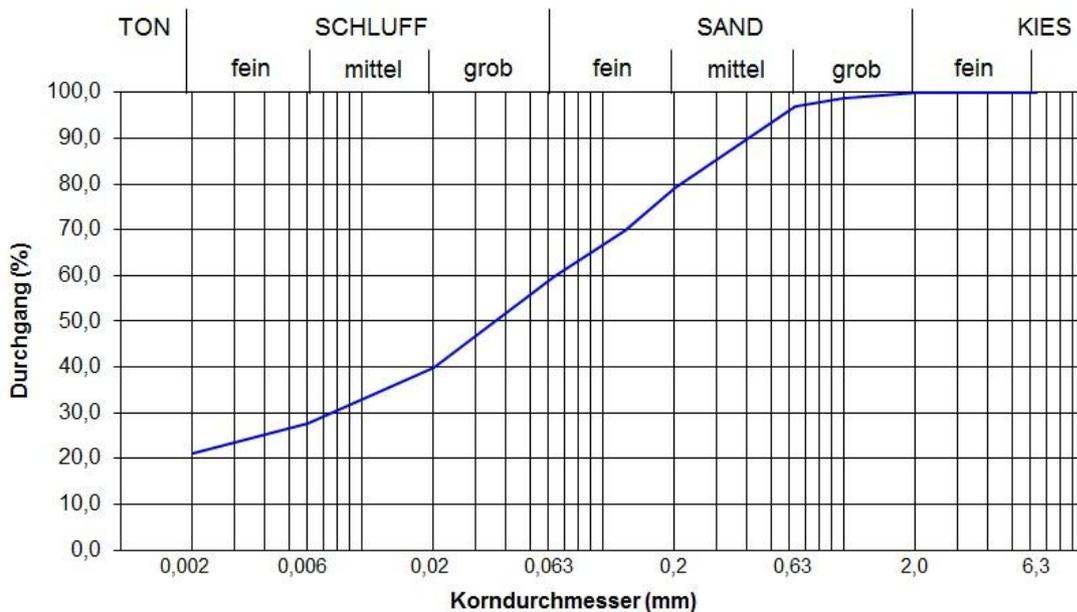


Tabelle 42: Kornverteilung E4

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Sand: 41,2 Schluff: 37,0 Ton: 21,9												
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Gesamt-						
FEINSIEBUNG						Fein-						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						untere						
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,17						Summen-						
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,00						linie						
Masse Siebrückstand $m_{SR_i}$ (g) = $p$ [Grobboden] =						Summen-						
Masse Schale + Bodenlufttr. $m_{Sch+s+w_i}$ (g)						linie						
Masse Schale $m_{Sch_i}$ (g)						Fein-						
Masse Sandanteil $p[S]_s =$						boden						
Masse Feinbodenanteil $p[S]_f =$						-						
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,17						-						
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						-						
Susp.temp. zu Beginn (°C):						-						
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						-						
Masse Eindampf- rückstd $m_{PR_i}$ (g) =						-						
Masse Schale + Bodenlufttr. $m_{Sch+s+w_i}$ (g)						-						
Masse Schale $m_{Sch_i}$ (g)						-						
Masse Sandanteil $p[S]_s =$						-						
Masse Feinbodenanteil $p[S]_f =$						-						
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 3,9						-						
$i$	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr.	Masse Siebrückstand $m_{SR_i}$ (g)	$p$ [Grobboden] =	Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	Fraktionsanteil am Gesamtboden (%)	Feinbodenanteil der Fraktion (%)	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0	100,0
2	1,0		89,58	90,55	0,97	$p$ [Feinboden] =	$2,0 > d \geq 1,0$	1,0	1,0	1,0	99,0	99,0
3	0,63		102,55	104,06	1,51	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,5	97,5
4	0,20		96,24	113,76	17,52	Sandanteil	$0,63 > d \geq 0,20$	17,5	17,5	0,20	80,0	80,0
5	0,13		66,64	76,38	9,74	$p[S]_s =$	$0,20 > d \geq 0,125$	9,7	9,7	0,125	70,3	70,3
6	0,06		110,85	122,28	11,43	$\sum m_{SR_i}/m_{s+w} \times 100$	$0,125 > d \geq 0,063$	11,4	11,4	0,063	58,8	58,8
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,17						41,2	$0,063 > d \geq 0,020$	18,5	18,5	0,020	40,4	40,4
							$0,020 > d \geq 0,006$	12,2	12,2	0,006	28,2	28,2
							$0,006 > d \geq 0,002$	6,3	6,3	0,002	21,9	21,9
							untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenl. $d < d_{gr}$	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
							6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)
							2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
							1,0	99,0	0,010	1,333	0,750	0,007
							0,63	97,5	0,015	0,773	1,294	0,020
							0,20	80,0	0,175	0,304	3,294	0,577
							0,125	70,3	0,097	0,154	6,500	0,633
							0,063	58,8	0,114	0,084	11,937	1,364
							0,020	40,4	0,185	0,030	32,937	6,078
							0,006	28,2	0,122	0,009	108,333	13,190
							0,002	21,9	0,063	0,003	333,333	21,167
							0,001	0	0,219	0,001	750,000	163,875
							$d_w$ (mm) = 0,004833	1,000			OVZ (-) = 206,911	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

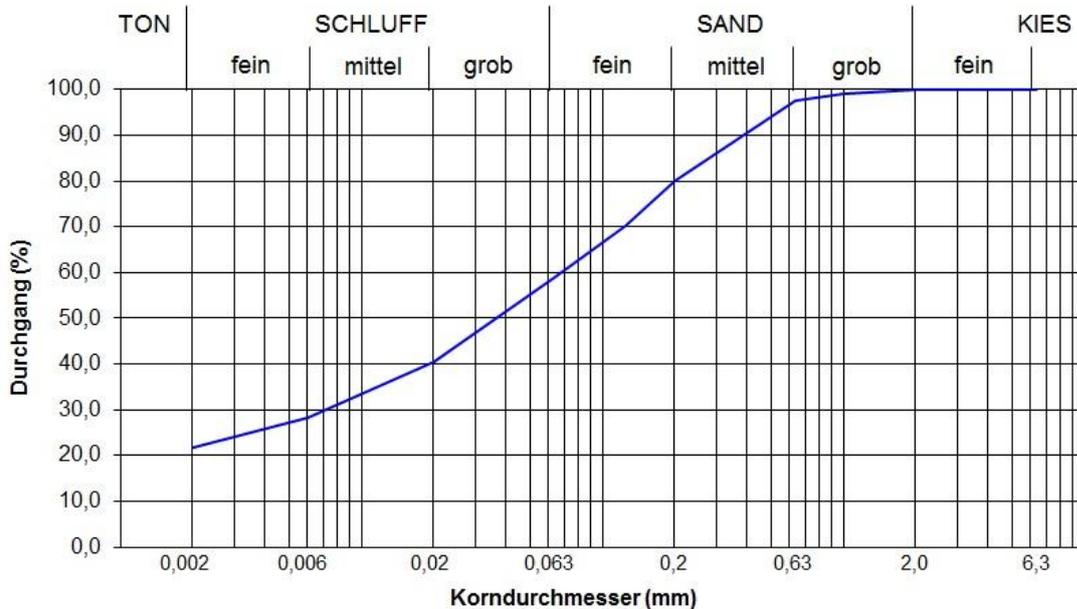




Tabelle 44: Kornverteilung E6

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent							
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand:	40,7	Schluff:	38,0	Ton:	21,3		
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktionsanteil am Gesamtboden	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)			
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	(%)	Fraktion					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100	Massenanteile						
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-								
	$d_{gr,i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR,i}$ (g) =	$p$ [Grobboden] =							
	(mm)		$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$m_{SR,i}/m_{ges} \times 100$							
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0		
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}$ (g):						100,00	100,0	$2,0 > d \geq 1,0$	1,2	1,2	1,0		
2	1,0		62,74	63,92	1,18	$p$ [Feinboden] =	$1,0 > d \geq 0,63$	1,5	1,5	0,63	97,3		
3	0,63		70,99	72,48	1,49	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	$0,63 > d \geq 0,20$	17,1	17,1	0,20	80,2		
4	0,20		51,59	68,69	17,10	Sandanteil	$0,20 > d \geq 0,125$	9,6	9,6	0,125	70,6		
5	0,13		108,72	118,36	9,64	$p[S]_s =$	$0,125 > d \geq 0,063$	11,3	11,3	0,063	59,3		
6	0,06		89,98	101,27	11,29	$\Sigma m_{SR,i}/m_{s+w} \times 100$	$0,063 > d \geq 0,020$	19,0	19,0	0,020	40,3		
Masse Sand = $\Sigma m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						40,70	40,7	$0,020 > d \geq 0,006$	12,1	12,1	0,006	28,2	
								$0,006 > d \geq 0,002$	6,9	6,9	0,002	21,3	
								untere Fraktions-	Summenl. $d < d_{gr}$				
								grenze $d_{gr}$ (mm)	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
								6,3	100,0	(-)	(mm)	( $mm^{-1}$ )	(mm)
								2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
								1,0	98,8	0,012	1,333	0,750	0,009
								0,63	97,3	0,015	0,773	1,294	0,019
								0,20	80,2	0,171	0,304	3,294	0,563
								0,125	70,6	0,096	0,154	6,500	0,627
								0,063	59,3	0,113	0,084	11,937	1,348
								0,020	40,3	0,190	0,030	32,937	6,266
								0,006	28,2	0,121	0,009	108,333	13,108
								0,002	21,3	0,069	0,003	333,333	22,833
								0,001	0	0,213	0,001	750,000	159,937
								$d_w$ (mm) = 0,004885	1,000			OVZ (-) = 204,711	
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						1,5							

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

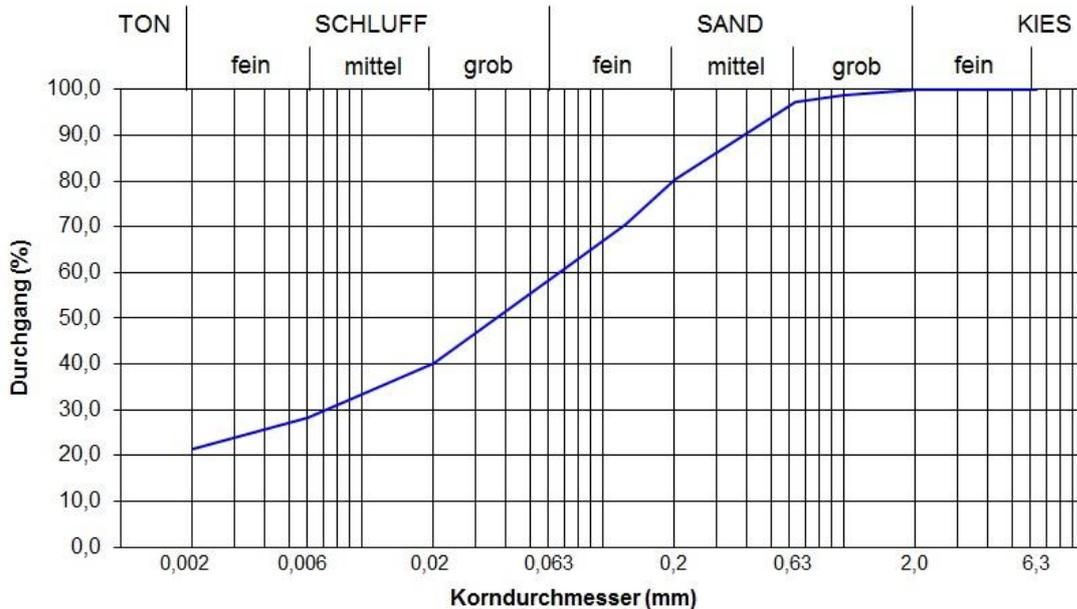


Tabelle 45: Kornverteilung E7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent						
Sand: 40,0 Schluff: 39,0 Ton: 21,0												
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am						
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Gesamt-						
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich						
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						(Grenzen in mm)						
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR\ 2,0}$ (g): 100,00						Fraktion						
Masse Sand = $\sum m_{SR\ i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 40,01						Summenl. d < $d_{gr}$						
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-							
	$d_{gr\ i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR\ i}$ (g) =	$p$ [Grobboden] =						
	(mm)		$m_{Sch\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i}$ (g)	$m_{Sch+s+w\ i} - m_{Sch\ i}$	$m_{SR\ 2,0}/m_{ges} \times 100$						
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0	
2	1,0		95,57	96,61	1,04	$p$ [Feinboden] =	$2,0 > d \geq 1,0$	1,0	1,0	1,0	99,0	
3	0,63		81,28	82,64	1,36	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$	$1,0 > d \geq 0,63$	1,4	1,4	0,63	97,6	
4	0,20		78,10	96,12	18,02	Sandanteil	$0,63 > d \geq 0,20$	18,0	18,0	0,20	79,6	
5	0,13		88,59	100,04	11,45	$p$ [S] <sub>s</sub> =	$0,20 > d \geq 0,125$	11,5	11,5	0,125	68,1	
6	0,06		85,15	93,29	8,14	$\sum m_{SR}/m_{s+w} \times 100$	$0,125 > d \geq 0,063$	8,1	8,1	0,063	60,0	
							$0,063 > d \geq 0,020$	19,9	19,9	0,020	40,1	
							$0,020 > d \geq 0,006$	11,8	11,8	0,006	28,3	
							$0,006 > d \geq 0,002$	7,3	7,3	0,002	21,0	
							untere Fraktions-					
							grenze $d_{gr}$ (mm)	(%)	$\Delta M$	$d_i$	$1/d_i$	$\Delta M/d_i$
							6,3	100,0	(-)	(mm)	(mm <sup>-1</sup> )	(mm)
							2,0	100,0	0,000	3,036	0,329	0,000
							1,0	99,0	0,010	1,333	0,750	0,008
							0,63	97,6	0,014	0,773	1,294	0,018
							0,20	79,6	0,180	0,304	3,294	0,594
							0,125	68,1	0,115	0,154	6,500	0,744
							0,063	60,0	0,081	0,084	11,937	0,972
							0,020	40,1	0,199	0,030	32,937	6,551
							0,006	28,3	0,118	0,009	108,333	12,837
							0,002	21,0	0,073	0,003	333,333	24,250
							0,001	0	0,210	0,001	750,000	157,313
							$d_w$ (mm) = 0,004919	1,000			OVZ (-) = 203,286	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

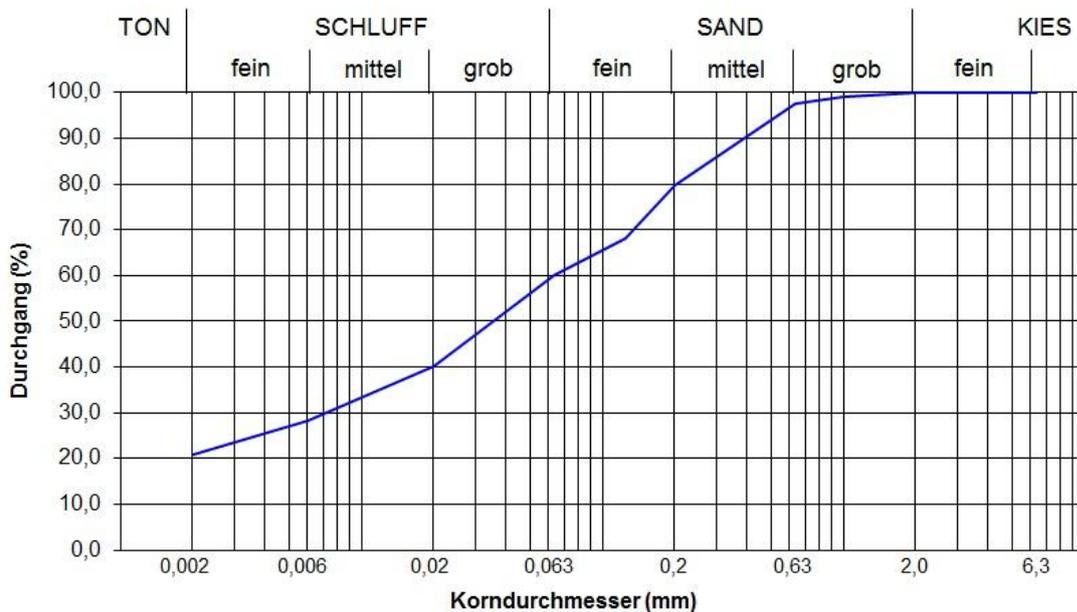


Tabelle 46: Kornverteilung F1

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Sand: 46,6						Schluff: 34,6		Ton: 18,9			
Probennummer Labor:		analysiert am:				Fraktionsanteil am Gesamtboden		Feinbodenanteil der		Summenlinie	
Entnahmedatum:		Bearbeiter:				(Grenzen in mm)		Fraktion		Summenlinie Feinboden	
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich		untere Fraktionsgrenze		Summenlinie	
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100		6,3		100,0	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						46,58				46,6	
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,00				100,0	
$i$	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr.	Masse Siebrückstand $m_{SR_i}$ (g)	$p$ [Grobboden] (%)	$d_{max} > d \geq 2$	0,0	(%)	2,0	100,0
	$d_{gr_i}$ (mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR_i}/m_{ges} \times 100$	$2,0 > d \geq 1,0$	3,8	3,8	1,0	96,2
1	2,0				0,00	0,0	$1,0 > d \geq 0,63$	3,0	3,0	0,63	93,2
2	0,63		76,72	80,57	3,85	3,85	$0,63 > d \geq 0,20$	17,9	17,9	0,20	75,2
3	0,20		109,03	112,02	2,99	2,99	$0,20 > d \geq 0,125$	8,3	8,3	0,125	67,0
4	0,063		107,04	124,97	17,93	17,93	$0,125 > d \geq 0,063$	13,6	13,6	0,063	53,4
5	0,020		83,98	92,24	8,26	8,26	$0,063 > d \geq 0,020$	15,5	15,5	0,020	37,9
6	0,006		89,75	103,30	13,55	13,55	$0,020 > d \geq 0,006$	11,9	11,9	0,006	26,0
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						46,58		Sandanteil $p[S]_s =$		18,9	
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						46,58		$p[S]_s =$		18,9	
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA								untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)		Summenl. $d < d_{gr}$	
Susp.temp. zu Beginn (°C):								6,3		100,0	
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20		2,0		100,0	
$i$	PR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr.	Masse Eindampf-rückstd $m_{PR_i}$ (g)	Massenanteile (%)	1,0	96,2	0,038	1,333	0,750
	$d_{gr_i}$ (mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$-0,0266$	0,63	93,2	0,030	0,773	1,294
1	0,063		47,9601	48,2201	0,2334	-58,4	0,20	75,2	0,179	0,304	3,294
2	0,020		48,2209	48,3992	0,1517	41,6	0,125	67,0	0,083	0,154	6,500
3	0,006		48,7397	48,8704	0,1041		0,063	53,4	0,136	0,084	11,937
4	0,002		47,6061	47,7081	0,0754		0,020	37,9	0,155	0,030	32,937
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						4,9		0,006		26,0	
								0,002		18,9	
								0,001		0	
								$d_w$ (mm) = 0,005373		1,000	
										OVZ (-) = 186,099	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

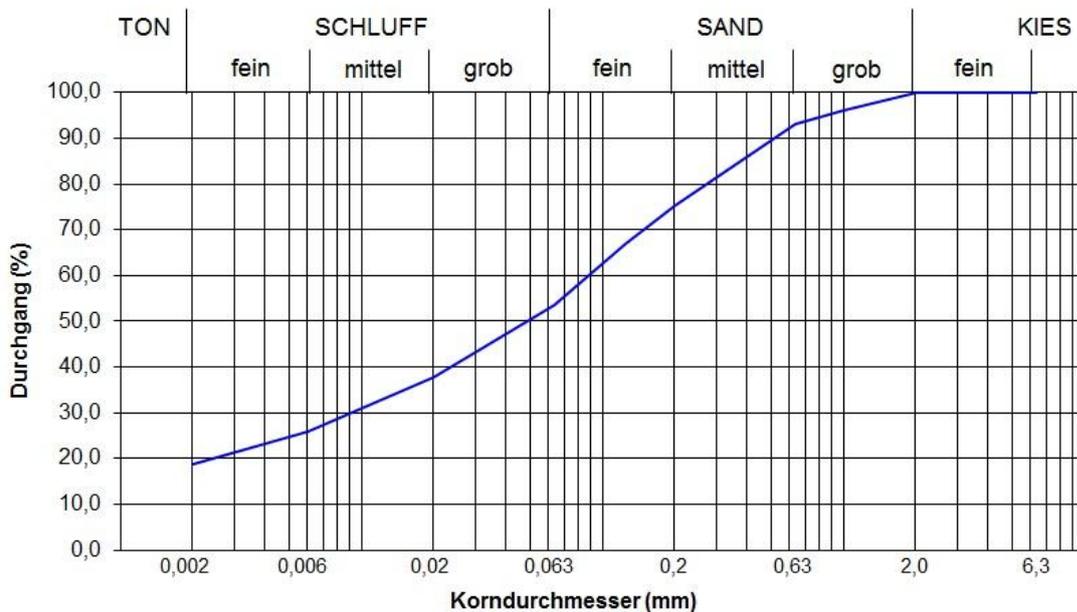




Tabelle 48: Kornverteilung F3

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 41,6 Schluff: 37,4 Ton: 21,1					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- anteil am Gesamt- boden					
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR,2,0}$ (g): 100,00						Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
$d_{gr,i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR,i}$ (g) =	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
(mm)		$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$m_{SR,2,0}/m_{ges} \times 100$	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
1	2,0				0,00	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
2	1,0		89,51	91,63	2,12	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
3	0,63		93,39	95,44	2,05	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
4	0,20		110,84	127,96	17,12	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
5	0,13		89,65	99,89	10,24	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
6	0,06		93,10	103,14	10,04	Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57						Masse Sand = $\sum m_{SR,i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 41,57					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Fraktionsbereich					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Fraktionsbereich					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Fraktionsbereich					
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR,i}$ (g) =	Fraktionsbereich					
$d_{gr,i}$	Nr.	Schale	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	Fraktionsbereich					
(mm)		$m_{Sch,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i}$ (g)	$m_{Sch+s+w,i} - m_{Sch,i}$	$-0,0266$	Fraktionsbereich					
1	0,063		48,1005	48,3669	0,2398	Fraktionsbereich					
2	0,020		47,1853	47,3708	0,1589	Fraktionsbereich					
3	0,006		47,852	47,9888	0,1102	Fraktionsbereich					
4	0,002		47,4883	47,5992	0,0843	Fraktionsbereich					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 1,5						Fraktionsbereich					

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

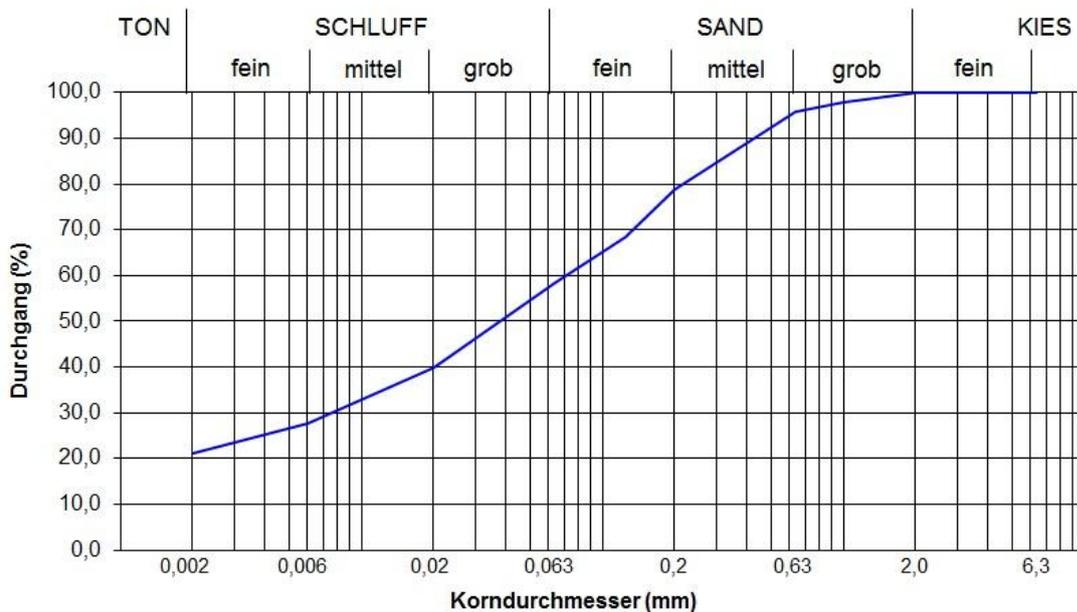


Tabelle 49: Kornverteilung F4

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand:	39,7	Schluff:	38,4	Ton:	21,9
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktionsanteil am Gesamtboden	Feinbodenanteil der	untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)	Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)	Summenlinie Feinboden (%)	
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	(%)	Fraktion			
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,00					
$i$	SR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr	Masse Siebrückstand $m_{SR i}$ (g)	$p$ [Grobboden] = $m_{SR 2,0} / m_{ges} \times 100$					
1	2,0				0,00	0,0					
2	1,0		85,92	87,27	1,35	$p$ [Feinboden] = $m_{s+w} / m_{ges} \times 100$					
3	0,63		107,03	108,67	1,64						
4	0,20		89,60	107,22	17,62	Sandanteil $p[S]_s =$					
5	0,13		94,35	104,57	10,22						
6	0,06		108,39	117,24	8,85	$\Sigma m_{SR} / m_{s+w} \times 100$					
Masse Sand = $\bullet m_{SR i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						39,68					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\bullet = m_{PR 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20	Masse Eindampf-				
$i$	PR	Schale Nr.	Masse Schale	Masse Schale + Bodenlufttr	rückstd $m_{PR i}$ (g)	Massenanteile (%)					
1	0,063		47,3568	47,6289	0,2455	-61,4					
2	0,020		46,8115	47,0014	0,1633	38,6					
3	0,006		48,7893	48,9303	0,1144	$= p[S]_p$					
4	0,002		47,8847	47,9989	0,0876	$p[S]_s - p[S]_p =$					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):											1,1
						$d_w$ (mm) = 0,004794	1,000			OVZ (-) = 208,58	

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

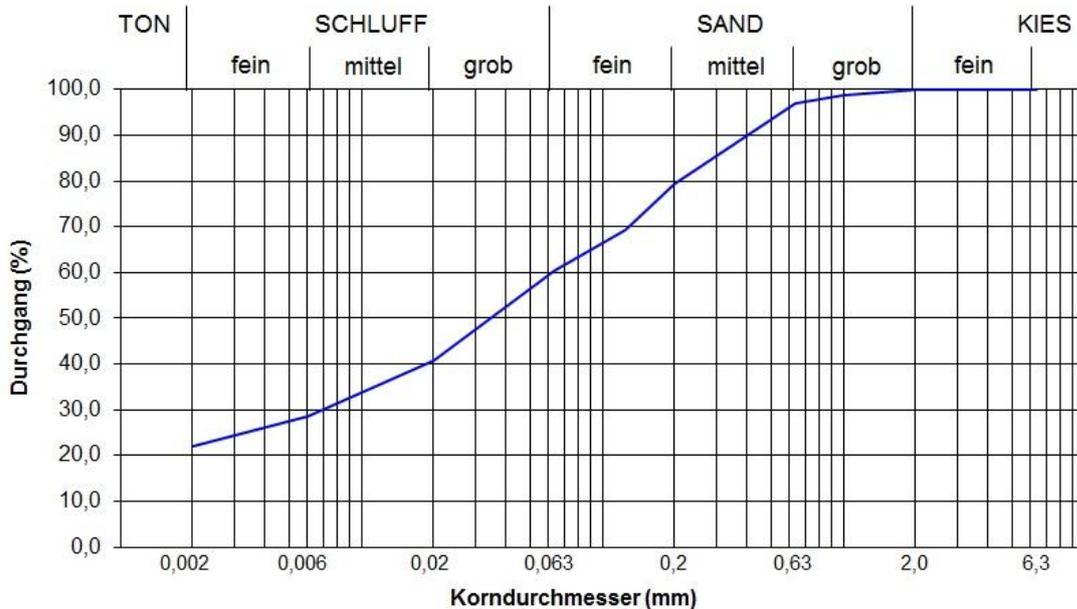


Tabelle 50: Kornverteilung F5

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Sand: 37,9 Schluff: 40,7 Ton: 21,5											
Probennummer Labor: analysiert am:						Fraktionsanteil am Gesamtboden					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Feinbodenanteil der untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)					
FEINSIEBUNG						Summenlinie $d < d_{gr}$ (%)					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100						Summenlinie Feinboden (%)					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,00						Sandanteil $p[S]_s =$					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 37,86						Sandanteil $p[S]_s =$					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						untere Fraktionsgrenze $d_{gr}$ (mm)					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Summenl. $d < d_{gr}$					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Masse Eindampfrückstd $m_{PR_i}$ (g)					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): -2,4						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 37,86					
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-		Fraktionsbereich	Fein-	untere	Summen-	Summen-
	$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$p$ [Grobboden] =	(Grenzen in mm)	boden-	Fraktions-	linie	linie
	(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR_i}/m_{ges} \times 100$	(%)	der	grenze	$d < d_{gr}$	Fein-
								Fraktion	$d_{gr}$ (mm)	(%)	boden
1	2,0				0,00	0,0	$d_{max} > d \geq 2$	(%)	6,3	100,0	(%)
2	1,0		59,84	61,11	1,27	1,27	$2,0 > d \geq 1,0$		2,0	100,0	100,0
3	0,63		47,41	49,04	1,63	1,63	$1,0 > d \geq 0,63$	1,3	1,3	98,7	98,7
4	0,20		69,34	87,44	18,10	18,10	$0,63 > d \geq 0,20$	1,6	1,6	97,1	97,1
5	0,13		53,90	65,05	11,15	11,15	$0,20 > d \geq 0,125$	18,1	18,1	79,0	79,0
6	0,06		58,85	64,56	5,71	5,71	$0,125 > d \geq 0,063$	11,2	11,2	67,9	67,9
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 37,86						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 37,86					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Susp.temp. zu Beginn (°C):					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20					
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Eindampf-	Massen-					
	$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	anteile					
	(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	(%)					
1	0,063		48,0957	48,3614	0,2391	-59,8					
2	0,020		70,0427	70,2306	0,1613	40,2					
3	0,006		46,5946	46,7335	0,1123	$p[S]_p$					
4	0,002		47,4709	47,5833	0,0858	$p[S]_s - p[S]_p =$					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): -2,4						Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): -2,4					

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

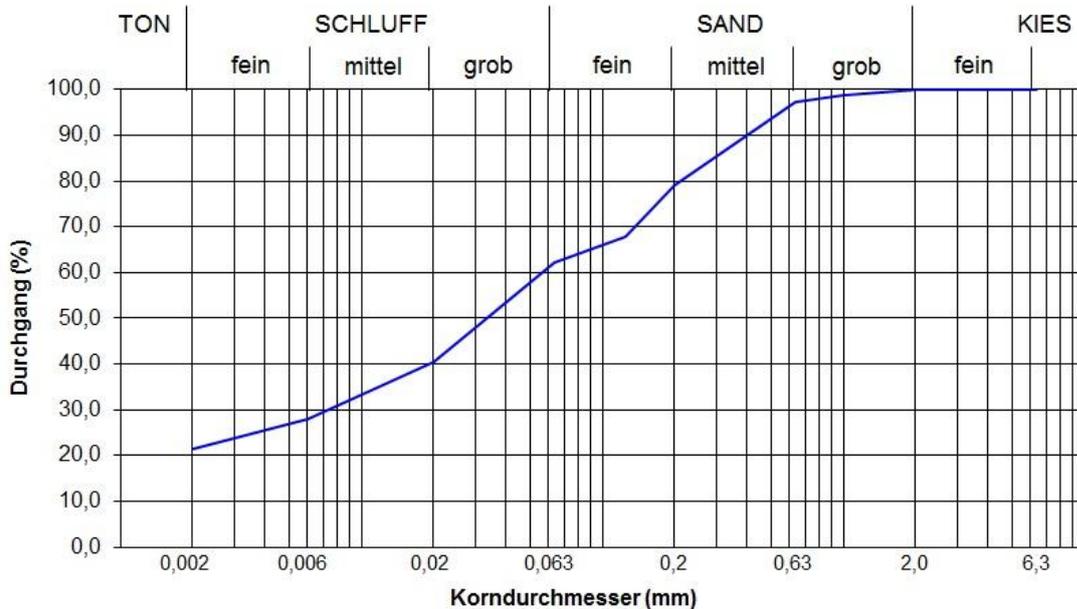


Tabelle 51: Kornverteilung F6

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand: 42,3 Schluff: 36,0 Ton: 21,6					
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- anteil am Gesamt- boden					
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich					
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g): 100,01						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
1	2,0				0,00	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
2	1,0		45,53	46,53	1,00	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
3	0,63		49,34	50,77	1,43	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
4	0,20		50,34	68,78	18,44	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
5	0,13		51,51	62,21	10,70	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
6	0,06		68,25	79,00	10,75	Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32						Masse Sand = $\sum m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g): 42,32					
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA						Fraktionsbereich					
Susp.temp. zu Beginn (°C):						Fraktionsbereich					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g): 20						Fraktionsbereich					
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Eindampf-	Fraktionsbereich					
$d_{gr_i}$	Nr.		Schale	+ Boden luftr	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	Fraktionsbereich					
(mm)			$m_{Sch i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i}$ (g)	$m_{Sch+s+w i} - m_{Sch i}$	Fraktionsbereich					
1	0,063		48,3578	48,6303	0,2459	Fraktionsbereich					
2	0,020		49,2221	49,4122	0,1635	Fraktionsbereich					
3	0,006		47,4703	47,6102	0,1133	Fraktionsbereich					
4	0,002		48,7892	48,9024	0,0866	Fraktionsbereich					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C): 3,8						Fraktionsbereich					

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

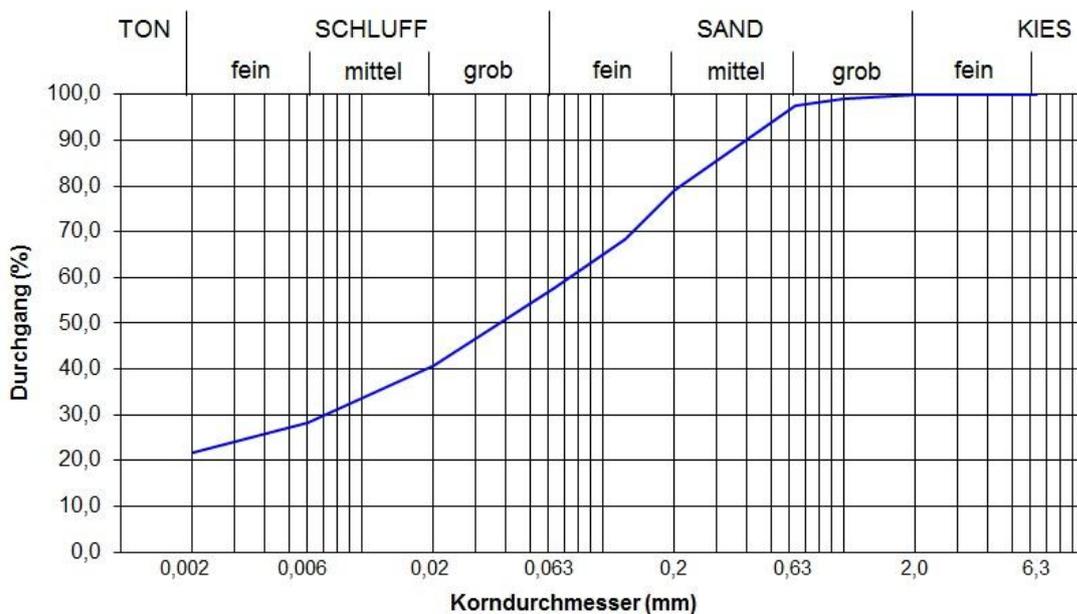
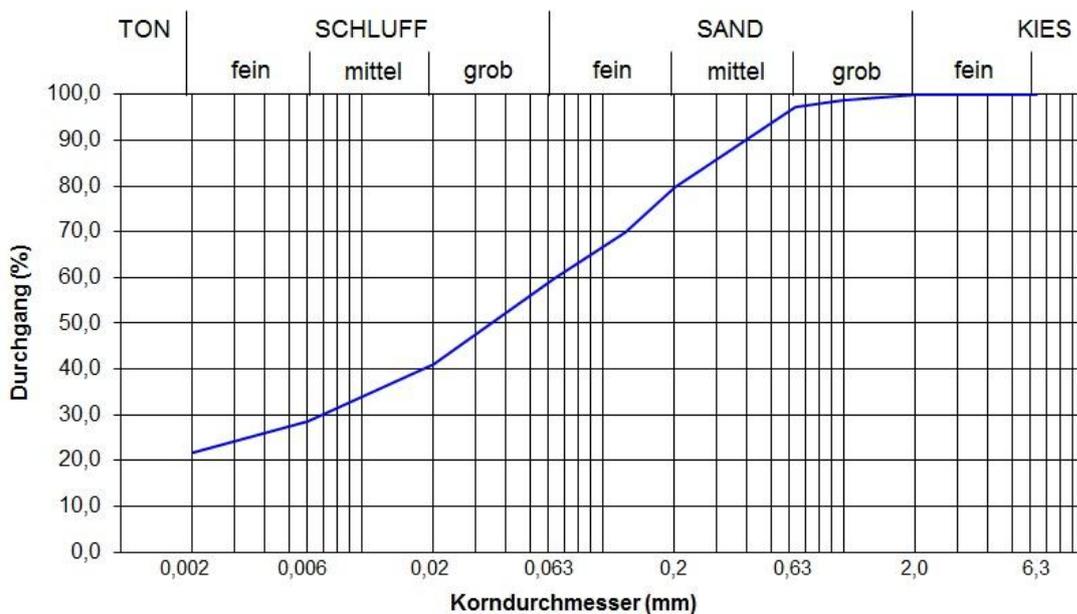


Tabelle 52: Kornverteilung F7

KORNGRÖSSENANALYSE - geschätzter Grobbodenanteil < 10 %						Feinbodenanteil in Massenprozent					
Probennummer Labor: analysiert am:						Sand:	40,3	Schluff:	38,1	Ton:	21,7
Entnahmedatum: Bearbeiter:						Fraktions- anteil am Gesamt- boden	Fein- boden- anteil der	untere Fraktions- grenze $d_{gr}$ (mm)	Summen- linie $d < d_{gr}$ (%)	Summen- linie Fein- boden (%)	
FEINSIEBUNG						Fraktionsbereich (Grenzen in mm)	(%)	Fraktion			
Masse lufttrockene Bodeneinwaage $m_{ges}$ (g):						100	Massenanteile				
$i$	SR	Schale	Masse	Masse Schale	Masse Siebrück-						
	$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	stand $m_{SR_i}$ (g) =	$p$ [Grobboden] =					
	(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	$m_{SR_2,0}/m_{ges} \times 100$					
1	2,0				0,00	0,0					
Masse Feinboden $m_{s+w} = m_{ges} - m_{SR 2,0}$ (g):						100,00	100,0				
2	1,0		68,09	69,24	1,15	$p$ [Feinboden] =					
3	0,63		108,14	109,67	1,53	$m_{s+w}/m_{ges} \times 100$					
4	0,20		80,24	97,76	17,52	Sandanteil					
5	0,13		83,67	93,52	9,85	$p[S]_s =$					
6	0,06		93,11	103,32	10,21	$\Sigma m_{SR}/m_{s+w} \times 100$					
Masse Sand = $\bullet m_{SR_i}$ ( $i = 2 \dots 6$ ) (g):						40,26	40,3				
PIPETTEVERFAHREN nach KUBIENA											
Susp.temp. zu Beginn (°C):						$\bullet = m_{PR 0,063} \times 5000 / m_{s+w}$					
Feinbodeneinwaage $m_{s+w}$ (g):						20	Masse Eindampf-	Massen-			
$i$	PR	Schale	Masse	Masse Schale	rückstd $m_{PR_i}$ (g) =	anteile					
	$d_{gr_i}$	Nr.	Schale	+ Boden luftr	$m_{Sch+s+w_i} - m_{Sch_i}$	(%)					
	(mm)		$m_{Sch_i}$ (g)	$m_{Sch+s+w_i}$ (g)	-0,0266	100,0					
1	0,063		70,0418	70,3096	0,2412	-60,3					
2	0,020		47,64	47,8304	0,1638	39,7					
3	0,006		48,0946	48,2353	0,1141	$= p[S]_p$					
4	0,002		49,3353	49,4485	0,0866	$p[S]_s - p[S]_p =$					
Susp.temperatur nach der Pipettierung (°C):						0,6					
						$d_w$ (mm) = 0,004821	1,000		OVZ (-) = 207,405		

KORNGRÖSSENVERTEILUNG



## Literaturverzeichnis

- Arbeitsgruppe Boden. (1996). *Bodenkundliche Kartieranleitung*. Hannover: Berichtiger Nachdruck der 4. Auflage.
- Atkins, & Paula. (2006).
- Brannath, W., & Futschik, A. (2001). *Statistik für Wirtschaftswissenschaftler*. WUV Universitätsverlag.
- Brecht, B. (1928). *Ballade von der Unzulänglichkeit menschlichen Planens; Die Songs der Dreigroschenoper*. Potsdam: Gustav Kiepenheuer Verlag.
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald. (2004). *eBod*. Von Bodenkarte: <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7048> abgerufen
- Fa. Vaisala. (2010-2011). *Vaisala*. Abgerufen am 4. Juli 2011 von <http://www.vaisala.com/en/products/multiweathersensors/Pages/WXT520.aspx>
- Fa. Vaisala. (2010-2011). *Vaisala RAINCAP® Sensor Technology*. Abgerufen am 4. Juli 2011 von [www.vaisala.com](http://www.vaisala.com)
- Feiersinger, R. (2004). *Wasserbilanzdaten für die Dotationsflächen in Dristenau/ Pertisau; Diplomarbeit am Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft*. Wien.
- Foley, T., & Carlson, R. (1991). *Radial Basis Interpolation Methods on Track Data*. Lawrence Livermore National Laboratory.
- Golden Software. (2010). Surfer Version 9.11.947. Colorado.
- Golden Software, I. (2010). Choosing Methods Based on the Number of XYZ Data Points.
- Golden Software, Inc. (1997-2011). *Golden Software; Technologically advanced mapping and graphing solutions since 1983*. Abgerufen am 3. Juli 2011 von <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>
- Hartge, K. H., & Horn, R. (1999). *Einführung in die Bodenphysik 3. Auflage*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Hydrip, G. (2011). *hydrip-Betasoil*. Wien.
- Internationale Bodenkundliche Gesellschaft. (1976). *IBG Bulletin Nr. 49*. Rom, Italien: FAO.
- Jury, W., Gardner, W., & Gardner, W. (1991). *Soil Physics*. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc.
- Kammerer, G., & Loiskandl, W. (2008). *Bodenphysik (Vertiefung) Skriptum der Lehrveranstaltung*. Wien: IHLW.

- Kastenek, F. (2005). Vorlesungsunterlagen zur Lehrveranstaltung Bodenpyhsik, Version 3.0. Wien: Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft.
- Klik, A., Cepuder , P., & Kammerer, G. (2009). *Applied Soil Physics*. Wien, BOKU: Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft.
- Kossowitsch. (1912). Die Schwarzerde (Tschernosiom). *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, 1,3/4:199-354 S.
- Landwirtschaftlicher Wasserbau. (1971). *DIN 4047 Blt. 3*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Ingram Olkin, Harold Hotelling et al (Hrsg.): Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling; Stanford University Press*, S. 278-292.
- Loiskandl, W., & Strauss-Sieberth, A. (2009). *Bodenphysik Skriptum*. Wien.
- Moder, K. (2. Juli 2011). CADEMO for Windows. Wien.
- Nachtnebel, H. (2009). Hydrologie und Wasserwirtschaftliche Planung. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau.
- Nolz, R., & Cepuder, P. (2010). Weather data as basis for calculating reference Evapotranspiration on an irrigation trial plot within a vineyard.
- Schneider, M. (2003). *Einführung in Geostatistik*. Abgerufen am 11. Juli 2011 von Geostatistik: [www.geostatistik.de](http://www.geostatistik.de)
- Soil Science Society, o. (1997). *Soil Science Society of America*.
- SPSS, I. (2011). *SPSS*. Abgerufen am 21.06.2011. Juni 2011 von IBM: <http://www-01.ibm.com/software/de/analytics/spss/>
- Synergis. (2011). *Synergis Informationssysteme GmbH*. Von <http://www.esri-austria.at/products/arcgis/concepts/overview.html> abgerufen
- University, W. (2011). *Winthrop University*. Abgerufen am 21. Juni 2011 von <http://faculty.winthrop.edu/sinnj/PYSC%20301/SPSS%20Guides/Independent%20t-test.pdf>
- Vogel, H. (1999). *Gerthsen Physik*. Berlin: Springer Verlag.
- Zartl, A., Cepuder, P., & Loiskandl , W. (2001). *Erfahrungen mit Rohrsonden zur Wassergehaltsbestimmung an unterschiedlichen Standorten*. Irdning.

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Wien, Oktober 2011

Ort, Datum

\_\_\_\_\_

Unterschrift