

# Wasserbilanz der Oberflächengewässer im Bereich der Deponie Niemark

TH Lübeck – Technical University of Applied Sciences

## **Masterarbeit**

---

1. Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Hydr. Christoph Külls
  2. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Matthias Grottker
- 

Von: Ole Bakenhus

Matrikelnummer: 240129

Ausgabetermin: 19.03.2020

Abgabetermin: 02.07.2020

Sommersemester 2020





*„Alles, was gegen die Natur ist, hat auf Dauer keinen Bestand.“*

*Charles Darwin (1809-1882)*



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich einigen Personen meinen Dank aussprechen, ohne diese das Gelingen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Külls, der mir trotz schwieriger Zeiten, zu jeder Zeit mit einer sehr guten Betreuung zur Seite stand. In dem Zuge möchte ich mich auch für die zahlreichen konstruktiven Gespräche und die Ermöglichung, dieses interessante Thema schreiben zu dürfen, bedanken. Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Grottker möchte ich mich dafür bedanken, dass er die Co-Betreuung für meine Masterarbeit übernommen hat.

Ich danke Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Oertel und dem Wasserbaulabor für die Bereitstellung eines Messgerätes, welches maßgeblichen Einfluss auf meine Masterarbeit hatte.

Mein ganz besonderer Dank geht an Herrn M.Eng. Kock, welcher mir die Durchführung der Messung ermöglicht hat und darüber hinaus noch kompetent zur Seite stand. Herr M.Eng. Kock war immer mit seinem Humor dafür verantwortlich, dass man sich jede Woche aufs Neue auf die Messungen und die gemeinsame Zeit auf der Deponie gefreut hat.





## Eigenständigkeitserklärung

Declaration of Originality

Bakenhus, Ole

Name, Vorname

Last name, first name

240129

Matrikelnummer

Matriculation number

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende

I hereby declare that this

- Hausarbeit**  
term paper
  **Bachelorarbeit**  
bachelor's thesis
  **Masterarbeit**  
master's thesis

mit dem Titel

with the title

Wasserbilanz der Oberflächengewässer im Bereich der Deponie Niemark

eigenständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Nach den „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ (Deutsche Forschungsgemeinschaft) habe ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und Entlehnungen aus anderen Arbeiten kenntlich gemacht. Für den Fall, dass die Arbeit zusätzlich elektronisch und/ oder digital eingereicht wird, erkläre ich, dass die schriftliche und die elektronische und/ oder digitale Form identisch sind. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

is my own original work and any assistance from third parties has been acknowledged. In keeping with the „Guidelines for Safeguarding Good Research Practice“ (Deutsche Forschungsgemeinschaft/ German Research Foundation), I have clearly indicated and acknowledged all sources and resources as well as any borrowings from other works. In case of an additional electronic and/or digital submission of this work, I declare that the written form and the electronic and/or digital form are identical. This work has not previously been submitted either in the same or in a similar form to another examination office.

Ich bin damit einverstanden, dass die vorliegende Hausarbeit/ Bachelorarbeit/ Masterarbeit für Veröffentlichungen, Ausstellungen und Wettbewerbe des Fachbereiches verwendet und Dritten zur Einsichtnahme vorgelegt werden kann.

I agree that this work can be used for publishing, exhibition or competition purposes and can be inspected by third parties.

- ja  
Yes
  nein  
no
  es liegt ein Sperrvermerk bis \_\_\_\_\_ vor  
there is an embargo period until

Lüneburg, 25.06.2020

Ort, Datum  
Place, Date

O. Bakenhus

Unterschrift  
Signature





TECHNISCHE  
HOCHSCHULE  
LÜBECK

Fachbereich Bauwesen  
Dekanat - Prüfungsausschuss

ABSCHLUSSARBEIT im Studiengang Bauingenieurwesen Master  
Sommersemester 2020

für Ole Bakenhus

Matrikel-Nr. 240129

Thema: **Wasserbilanz der Oberflächengewässer im Bereich der Deponie Niemark**

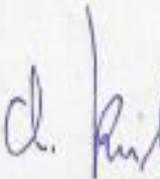
Die Deponie Niemark weist auf Grund der geologischen Gegebenheiten eine aus quartären Beckenschluffen bestehende Basisabdeckung auf, die von geringmächtigen quartären Sanden glazialen Ursprungs überlagert werden. Der Übertritt von Sickerwasser aus dem Deponiebereich in das angrenzende Grundwasser über diese geringmächtige Schicht soll durch eine Dichtwand verhindert werden, die das Deponiegelände umfasst und die in die Basisabdeckung derunterliegenden Beckenschluffe abgeteufte wurde. Um die Menge des in den Deponiekörpereindringenden Sickerwassers weitestgehend zu verringern, wurde zusätzlich eine Deponieabdeckung vorgenommen. Für die Deponie Niemark wird gegenwärtig eine Gefährdungsabschätzung durchgeführt. Ein Ziel dieser Gefährdungsabschätzung ist es zu untersuchen, ob durch Undichtigkeiten in der Dichtwand Sickerwasser aus der Deponie Niemark in die lokalen Grundwasserleiter gesickert ist oder noch sickert und ob dadurch indirekt Sickerwasser in den angrenzenden Vorfluter des Niemark Landgrabens gelangt. Ziel der Masterarbeit ist es, die Wasserstands- und Abflussmessungen an den Zuflüssen und Abflüssen des Niemark Landgrabens und des Glindbruchgrabens jeweils oberhalb und unterhalb der Deponie zu vergleichen und eine Aussage darüber zu treffen, ob es zu einer Zunahme des Abflusses durch Sickerwasser kommt oder nicht.

Dafür soll zunächst der Hintergrund und die Geschichte des Ausbaues der Deponie Niemark dargestellt werden und die geologische, hydraulische, geotechnische und hydrologische Situation der Deponie beschrieben werden. Anschließend soll das vorhandene Messnetz dargestellt und beschrieben werden. Der praktische Teil der Arbeit besteht in Abflussmessungen zur Erstellung einer Wasserstandsabflussbeziehung. An mindestens 10 Stichtagen soll verteilt über 1.5 Monate der Abfluss an den vier Abflussmessstellen gemessen werden. Die Abflussmessungen sollen mit einer Fehleranalyse ausgewertet werden. An den jeweiligen Stichtagen sollen die Abflussdaten verglichen werden. Aus den Wasserstands- und Abflussdaten soll eine Wasserstandsabflussbeziehung erstellt und abgeleitet werden. Mit dieser Wasserstands Abflussbeziehung sollen die durchgehend gemessenen Wasserstandsdaten in Abflüsse konvertiert und bilanziert werden. An Hand der Daten soll eine vorläufige Aussage über die Möglichkeit von Sickerwasserzutritten gemacht, eingeordnet und bewertet werden.

Ausgabe des Themas am : 19.03.2020  
Abgabe der Abschlussarbeit am : 18.06.2020 bis 12.00 Uhr  
Zweitprüfer: : Prof. Dr. Matthias Grottker

Lübeck, den 19.03.2020

Prof. Dr. Christoph Külls

  
LEHRSTUHL HYDROLOGIE  
TECHNISCHE  
HOCHSCHULE  
LÜBECK  
Mönchhof Weg 239  
23562 Lübeck, GERMANY  
christoph.kuells@th-luebeck.de



# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	I
Verfasser- und Veröffentlichungserklärung .....	III
Aufgabenstellung.....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Abkürzungsverzeichnis.....	XVI
Glossar.....	XVII
Zusammenfassung .....	XVIII
Abstract .....	XIX
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung.....	1
1.2 Stand der Technik.....	2
1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit .....	3
<b>2 Deponie Niemark .....</b>	<b>5</b>
2.1 Hintergrund und Geschichte des Ausbaues der Deponie .....	6
2.2 Geologische und hydrologische Situation der Deponie .....	7
<b>3 Methoden .....</b>	<b>13</b>
3.1 Abflussmessung.....	14
3.1.1 Messstation .....	15
3.1.2 Herangehensweise .....	16
3.1.3 Abflussberechnung.....	18
3.2 Fehlerberechnung .....	19
3.3 Flügelmessung.....	21
3.3.1 Funktionsweise .....	22
3.3.2 Messgenauigkeit.....	22
3.4 Magnetisch-induktiver Strömungsmesser .....	23

---

3.4.1 Funktionsweise .....	24
3.4.2 Messgenauigkeit .....	25
3.5 Pegel .....	26
3.6 Wasserstands-Abfluss-Beziehung.....	27
3.6.1 Manning-Strickler .....	28
3.7 Multiparameter Sondenmessung.....	29
3.7.1 Funktionsweise .....	29
3.7.2 Messgenauigkeit .....	30
3.8 Druckmessung .....	31
3.8.1 Messgenauigkeit .....	32
3.8.2 Darcy-Gesetz.....	33
<b>4 Wasserbilanz der Oberflächengewässer im Bereich der Deponie Niemark.....</b>	<b>35</b>
4.1 Ergebnisse der Abflussmessung .....	36
4.1.1 Fehlerberechnung.....	41
4.2 Vergleich der Messgeräte.....	42
4.3 Wasserstands-Abfluss-Beziehung.....	44
4.3.1 OWM-1 .....	45
4.3.2 OWM-3.1 .....	47
4.3.3 OWM-5-B.....	49
4.3.4 OWM-13 .....	51
4.3.5 OWM-11-Lg.....	53
4.4 Drucksensoren-Messung .....	55
4.4.1 OWM-5-B.....	56
4.4.2 OWM-13 .....	58
4.4.3 OWM-11-Lg.....	60
4.5 Multiparameter Sondenmessung.....	61
4.5.1 Temperatur.....	62
4.5.2 Sauerstoff.....	64
4.5.3 Leitfähigkeit .....	66

---

4.5.4 Redoxpotential .....	68
<b>5 Diskussion.....</b>	<b>71</b>
5.1 Abflussmessungen und Druckmessungen .....	72
5.2 Multiparameter-Sondenmessung .....	76
<b>6 Schlussfolgerung und Empfehlungen .....</b>	<b>79</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>81</b>
<b>Inhaltsverzeichnis Anhang.....</b>	<b>85</b>
<b>Anhang A – Messstellenpass GWM 14.2-B .....</b>	<b>86</b>
<b>Anhang B – Vergleich der Messgeräte.....</b>	<b>87</b>
<b>Anhang C – Querschnittsprofile der Messstellen.....</b>	<b>88</b>
<b>Anhang D – Abflussmessungen OWM-1.....</b>	<b>92</b>
<b>Anhang E – Abflussmessungen OWM-3.1 .....</b>	<b>101</b>
<b>Anhang F – Abflussmessungen OWM-5-B .....</b>	<b>111</b>
<b>Anhang G – Abflussmessungen OWM-13.....</b>	<b>121</b>
<b>Anhang H – Abflussmessungen OWM-11-Lg .....</b>	<b>131</b>
<b>Anhang I – Messwerte Temperatur .....</b>	<b>141</b>
<b>Anhang J – Messwerte Sauerstoffkonzentration .....</b>	<b>142</b>
<b>Anhang K – Messwerte elektrische Leitfähigkeit .....</b>	<b>143</b>
<b>Anhang L – Messwerte Redoxpotential.....</b>	<b>144</b>



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Deponie Niemark und Umgebung (OpenStreetMap, 2020) .....	5
Abbildung 2: Grundwassermessstelle GWM 14.2-B Bodenanalyse (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2019).....	8
Abbildung 3: Bodenaufbau zwischen Lübeck und Krummesse (Agster et al., 2014) .....	10
Abbildung 4: Grundwassergleichenplan vom 1. Grundwasserleiter (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2020).....	11
Abbildung 5: Übersichtsplan der Messstellen und Pegel (OpenStreetMap, 2020).....	14
Abbildung 6: Messstation OWM-3.1 während der Messung .....	15
Abbildung 7: Diagramm zur Darstellung des mittleren Querschnittsverfahrens (Deutsches Institut für Normung e.V., 2008) .....	18
Abbildung 8: Gaußsches Fehlerfortpflanzungsgesetz spezieller Funktionen ( $C \in \mathbb{R}$ ) (Papula, 2017) .....	19
Abbildung 9: Aufbau des Messflügels (OTT C31 und Z400).....	21
Abbildung 10: Aufbau eines magnetisch-induktiven Strömungsmessers (OTT MF pro) .....	23
Abbildung 11: Messprinzip einer magnetisch-induktiven Strömungs-sonde (Morgenschweis, 2010) .....	25
Abbildung 12: Lattenpegel an Messstelle OWM-3.1.....	26
Abbildung 13: Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde.....	29
Abbildung 14: Sensoren der Multiparameter Sonde.....	30
Abbildung 15: Druck-Messstelle .....	31
Abbildung 16: Drucksonde Rugged TROLL 200 der Firma In-Situ Inc.....	32
Abbildung 17: Übersichtsplan der Deponie Niemark mit den Messstellen und den stationären Pegeln.....	35
Abbildung 18: Abflussentwicklung der Messstellen .....	37
Abbildung 19: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-1.....	38
Abbildung 20: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-3.1.....	38
Abbildung 21: Wasserstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-5-B .....	39
Abbildung 22: Wasserstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-13.....	39
Abbildung 23: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-11-Lg.....	40
Abbildung 24: Vergleich der Messgeräte .....	43
Abbildung 25: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-1.....	45
Abbildung 26: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-1.....	46
Abbildung 27: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-3.1 .....	47

Abbildung 28: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-3.1 .....	48
Abbildung 29: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-5-B .....	49
Abbildung 30: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-5-B .....	50
Abbildung 31: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-13.....	51
Abbildung 32: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-13 .....	52
Abbildung 33: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-11-Lg.....	53
Abbildung 34: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-11- Lg .....	54
Abbildung 35: Übersichtskarte der Druckmessstationen (OpenStreetMap, 2020).....	55
Abbildung 36: Druckmessung OWM-5-B .....	57
Abbildung 37: Druckmessung OWM-13 .....	59
Abbildung 38: Druckmessung OWM-11-Lg.....	60
Abbildung 39: Übersichtskarte zur Multiparameter-Sondenmessung (OpenStreetMap, 2020) .....	61
Abbildung 40: Temperaturverlauf im Glindbruchgraben .....	62
Abbildung 41: Temperaturverlauf im Niemarker Landgraben .....	63
Abbildung 42: Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Glindbruchgraben .....	64
Abbildung 43: Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Niemarker Landgraben .....	65
Abbildung 44: Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Glindbruchgraben .....	66
Abbildung 45: Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Niemarker Landgraben .....	67
Abbildung 46: Verlauf des Redoxpotentials im Glindbruchgraben .....	68
Abbildung 47: Verlauf des Redoxpotentials im Niemarker Landgraben .....	69
Abbildung 48: Wetterdaten Lübeck-Blankensee vom 14.04.-15.05.2020 (Wetter.com GmbH, 2020) .....	71
Abbildung 49: Messstellenpass GWM 14.2-B (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2019) .....	86
Abbildung 50: Messwerte zum Vergleich der Messgeräte .....	87
Abbildung 51: Querschnittsprofil von OWM-1 in Fließrichtung.....	88
Abbildung 52: Querschnittsprofil von OWM-3.1 in Fließrichtung.....	88
Abbildung 53: Querschnittsprofil von OWM-5-B in Fließrichtung .....	89
Abbildung 54: Querschnittsprofil von OWM-13 .....	90
Abbildung 55: Querschnittsprofil von OWM-11-Lg in Fließrichtung .....	91
Abbildung 56: Messung 2 - OWM-1.....	92

---

Abbildung 57: Messung 3 - OWM-1 .....	93
Abbildung 58: Messung 4 - OWM-1 .....	94
Abbildung 59: Messung 5 - OWM-1 .....	95
Abbildung 60: Messung 6 - OWM-1 .....	96
Abbildung 61: Messung 7 - OWM-1 .....	97
Abbildung 62: Messung 8 - OWM-1 .....	98
Abbildung 63: Messung 9 - OWM-1 .....	99
Abbildung 64: Messung 10 - OWM-1 .....	100
Abbildung 65: Messung 1 - OWM 3.1.....	101
Abbildung 66: Messung 2 - OWM-3.1 .....	102
Abbildung 67: Messung 3 - OWM-3.1 .....	103
Abbildung 68: Messung 4 - OWM-3.1 .....	104
Abbildung 69: Messung 5 - OWM-3.1 .....	105
Abbildung 70: Messung 6 - OWM-3.1 .....	106
Abbildung 71: Messung 7 - OWM-3.1 .....	107
Abbildung 72: Messung 8 - OWM-3.1 .....	108
Abbildung 73: Messung 9 - OWM-3.1 .....	109
Abbildung 74: Messung 10 - OWM-3.1 .....	110
Abbildung 75: Messung 1 - OWM-5-B .....	111
Abbildung 76: Messung 2 - OWM-5-B .....	112
Abbildung 77: Messung 3 - OWM-5-B .....	113
Abbildung 78: Messung 4 - OWM-5-B .....	114
Abbildung 79: Messung 5 - OWM-5-B .....	115
Abbildung 80: Messung 6 - OWM-5-B .....	116
Abbildung 81: Messung 7 - OWM-5-B .....	117
Abbildung 82: Messung 8 - OWM-5-B .....	118
Abbildung 83: Messung 9 - OWM-5-B .....	119
Abbildung 84: Messung 10 - OWM-5-B .....	120
Abbildung 85: Messung 1 - OWM-13 .....	121
Abbildung 86: Messung 2 - OWM-13 .....	122
Abbildung 87: Messung 3 - OWM-13 .....	123
Abbildung 88: Messung 4 - OWM-13 .....	124
Abbildung 89: Messung 5 - OWM-13 .....	125
Abbildung 90: Messung 6 - OWM-13 .....	126
Abbildung 91: Messung 7 - OWM-13 .....	127
Abbildung 92: Messung 8 - OWM-13 .....	128

Abbildung 93: Messung 9 - OWM-13.....	129
Abbildung 94: Messung 10 - OWM-13.....	130
Abbildung 95: Messung 1 - OWM-11-Lg.....	131
Abbildung 96: Messung 2 - OWM-11-Lg.....	132
Abbildung 97: Messung 3 - OWM-11-Lg.....	133
Abbildung 98: Messung 4 - OWM-11-Lg.....	134
Abbildung 99: Messung 5 - OWM-11-Lg.....	135
Abbildung 100: Messung 6 - OWM-11-Lg.....	136
Abbildung 101: Messung 7 - OWM-11-Lg.....	137
Abbildung 102: Messung 8 - OWM-11-Lg.....	138
Abbildung 103: Messung 9 - OWM-11-Lg.....	139
Abbildung 104: Messung 10 - OWM-11-Lg.....	140
Abbildung 105: Messwerte der Temperaturmessung .....	141
Abbildung 106: Messwerte der Sauerstoffkonzentrationsmessung .....	142
Abbildung 107: Messwerte der elektrischen Leitfähigkeitsmessung .....	143
Abbildung 108: Messwerte der Redoxpotentialmessung.....	144



## Abkürzungsverzeichnis

cm	Zentimeter
$D_{\min}$	Mindestabstand
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
e.V.	eingetragener Verein
ISO	Internationale Organisation für Normung
km	Kilometer
l	Liter
m	Meter
$m^2$	Quadratmeter
$m^3$	Kubikmeter
mbar	Millibar
mg	Milligramm
min	Minuten
mm	Millimeter
mNHN	Meter über Normalhöhennull
mV	Millivolt
n	Anzahl
s	Sekunden
Std	Stunden
°C	Grad Celsius
%	Prozent

## Glossar

Abfluss	„Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt und einem Einzugsgebiet [...] zugeordnet ist“ (Deutsches Institut für Normung e.V., 1994)
Anströmgeschwindigkeit	Geschwindigkeit, in der das Wasser auf einen Körper zuströmt
Durchfluss	„Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt“ (Deutsches Institut für Normung e.V., 1994)
Gerinne	Gewässerbett
Grundwassergleichplan	stellt Grundwasserleiter für einen bestimmtes Gebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt dar
Grundwasserleiter	Gesteinskörper, der geeignet ist Grundwasser weiterzuleiten (Deutsches Institut für Normung e.V., 1994)
hydrologisches Jahr	1. November – 31. Oktober
Mächtigkeit	Dicke der Bodenschicht (in der Geologie)
Redoxpotential	„Potenzialdifferenz zwischen einem Halbelement und dem international standardisierten Bezugselement, der Normal-Wasserstoffelektrode“ (Chemie.de, 2020)
Salinität	„Maß für den Gehalt an gelösten Salzen in Salzwasser [...] und Meerwasser, hauptsächlich Natriumchlorid“ (Deutsches Institut für Normung e.V., 1990)
Sickerwasser	in den Boden eindringendes Wasser

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Masterarbeit sollen die Wasserstands- und Abflussmessungen an den Zuflüssen und Abflüssen des Niemarkter Landgrabens und des Glindbruchgrabens jeweils oberhalb und unterhalb der Deponie erfasst und ausgewertet werden. Zunächst wird ein kleiner Überblick über den Stand der Technik und die Herangehensweise gegeben. Anschließend werden die Deponie sowie der Aufbau, die Funktionsweise der Messgeräte und die Methoden näher erklärt.

Der Hauptteil der Arbeit widmet sich der Auswertung der Messergebnisse. Dabei wird auf die Abflussmessung, die Fehlerberechnung, die Wasserstands-Abfluss-Beziehung, die Druckmessung und die Multiparameter-Messung eingegangen. In diesem Teil werden die Parameter sowie die hervorgebrachten Ergebnisse dargestellt.

Den Abschluss der Arbeit bilden eine Beurteilung der Ergebnisse und eine Schlussfolgerung mit daraus resultierenden Empfehlungen für die Verbesserung zukünftiger Abflussmessungen an der Deponie.

## **Abstract**

This master thesis examines the outflow and inflow of the Niemarkter Landgraben and the Glindbruchgraben, measured and evaluated by outflow measurement technology and modern techniques.

Firstly, there will be a short overview of the state of the art and the techniques underlying the thesis. In addition, the history and the metadata of the disposal site are examined. Moreover, there will be a description of the instruments of measuring, the measuring process and the used techniques.

The evaluation of the measurement results constitutes the main part of this thesis. This chapter shows the parameter and the results of the outflow measurement, the error calculation, the water level flow relationship, the pressure measurement and the multiparameter measurement.

It concludes with an assessment of the results and a recommendation for further outflow measurements at the disposal site.



# **1 Einleitung**

## **1.1 Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es, die Wasserstands- und Abflussmessungen an den Zuflüssen und Abflüssen des Niemarkter Landgrabens und des Glindbruchgrabens jeweils oberhalb und unterhalb der Deponie zu vergleichen und eine Aussage darüber zu treffen, ob es zu einer Zunahme des Abflusses kommt. Um eine mögliche Zunahme des Abflusses belegen zu können, wird im Rahmen dieser Arbeit eine Fehleranalyse und eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung durchgeführt. Innerhalb des Untersuchungsgebietes der Deponie wurden mehrere Drucksensoren installiert und eine Multiparametermessung durchgeführt, welche helfen sollen, mögliche Indizien über Grundwasserzuflüsse zu erhalten. Diese Arbeit soll ein Grundstein für weitere und fortlaufende Maßnahmen bilden.

Die Idee dieser Arbeit ist durch Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Hydr. Külls und eigenem Interesse an der Hydrologie entstanden.

## 1.2 Stand der Technik

In diesem Unterkapitel wird der Stand der Technik hinsichtlich der Messverfahren, der Wasserstand-Abfluss-Beziehung und der Fehlerberechnung vorgestellt.

Die wichtigste Literatur zum Thema „Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen“ ist zweifelsfrei das Buch von Gerd Morgenschweis (Morgenschweis, 2010). Herr Morgenschweis hat bereits 2010 dargelegt, dass „hydrometrische Flügel, auch wenn ihr grundlegendes Messprinzip seit mehr als 200 Jahren fast unverändert im Einsatz ist, auch heute noch bewährte Messgeräte für schnelle und genaue Geschwindigkeitsmessung sind“ (Morgenschweis, 2010). „Voraussetzung für den Einsatz [von einem] hydrologischen Flügel ist das Vorhandensein einer Mindestgeschwindigkeit und eines kraut- und feststofffreien Messquerschnitts. [...] Hier beginnt der Einsatz der magnetisch-induktiven Strömungs sonden (MID), die ohne bewegte Teile arbeiten.“ (Morgenschweis, 2010). Magnetisch-induktive Strömungs sonden werden seit der Weiterentwicklung „der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts“ (Morgenschweis, 2010) in der Hydrologie eingesetzt. Daher kann man sagen, dass die verwendeten Messtechniken dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Eine weitere Methode den Durchfluss zu bestimmen ist die Verwendung von Ultraschall-Doppler-Strömungs sonden, jedoch ist dieses Prinzip „wegen der durch das mechanische Prinzip bedingten Einsatzgrenzen (z.B. erforderliche Mindestfließgeschwindigkeit wegen Anlaufträgheit der Schaufeln oder Verkrautung im Messquerschnitt)“ (Morgenschweis, 2010) für diese Arbeit nicht geeignet. Eine weitere Möglichkeit den Abfluss zu ermitteln ist die Wasserstand-Abfluss-Beziehung, welche in *Kapitel 3.6* näher erläutert wird. Dieses Verfahren wurde 1941 von van Rinsum entwickelt, 2001 von van Vuuren überarbeitet und ist bis heute in der Hydrologie der aktuelle Stand der Technik (Morgenschweis, 2010). Für weitere Informationen in dem Bereich der Durchflussmessung im offenen Gerinne empfiehlt sich die Literatur „Hydrometrie – Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen“ von Gerd Morgenschweis.

Im Bereich der Fehlerberechnung hat Carl Friedrich Gauß eine Formeln für das Fehlerfortpflanzungsgesetz entwickelt (Papula, 2017). Diese Formeln entsprechen immer noch dem heutigen Forschungsstand. Bei der Fehlerberechnung werden für die Messunsicherheiten meist die Standardabweichungen der Mittelwerte verwendet. Um tiefer in die Thematik der Fehlerberechnung einzutauchen, empfiehlt sich das Werk „Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 3“ von Lothar Papula.

### **1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit**

Vor Beginn dieser Arbeit war es wichtig, sich mit der Deponie und der Historie dieser auseinander zu setzen. Aufgrund dessen, dass es kaum Material zur Deponie zur freien Verfügung gibt, war es notwendig über Gespräche mit dem Personal, im Internet sowie im Rahmen von Bücherrecherche möglichst viele Informationen zu sammeln. Durch mehrere Touren auf der Deponie hat man sich einen Überblick über die Flüsse sowie die Deponie machen können und auf dieser Grundlage die Arbeit vorbereitet. Für eine saubere Messung des Abflusses mussten die Messgeräte, deren Einstellungen und die dazugehörigen DIN-Normen eingehend studiert werden. Aufgrund der Komplexität des Abflusses wurden zusätzlich zur mobilen Abflussmessung noch Drucksensoren installiert und eine Multiparametermessung durchgeführt. Nach Aufnahme aller Messdaten wurde der Abfluss des Glindbruchgrabens und des Niemarker Landgrabens genauer betrachtet. Dabei wird näher auf die Fehleranalyse und die Wasserstands-Abfluss-Beziehung eingegangen. Darauf folgt eine kritische Diskussion der Ergebnisse. Das Ende der Arbeit bildet die Schlussfolgerung, welche Aufschluss darüber geben soll, inwiefern die Vorgehensweise dieser Arbeit sinnvoll war oder noch verbessert werden kann.



## 2 Deponie Niemark

Die Deponie Niemark (vgl. *Abbildung 1*) ist ungefähr 9 km südöstlich von der Lübecker Innenstadt gelegen. Das Umgebungsgebiet ist überwiegend von landwirtschaftlich genutzten Feldern und kleineren Dörfern geprägt. Östlich der Deponie verläuft die Autobahn A20. Westlich verläuft der Elbe-Lübeck-Kanal und im Süden des Untersuchungsgebietes befindet sich in ca. 2 km Entfernung das Moor Krummesse.

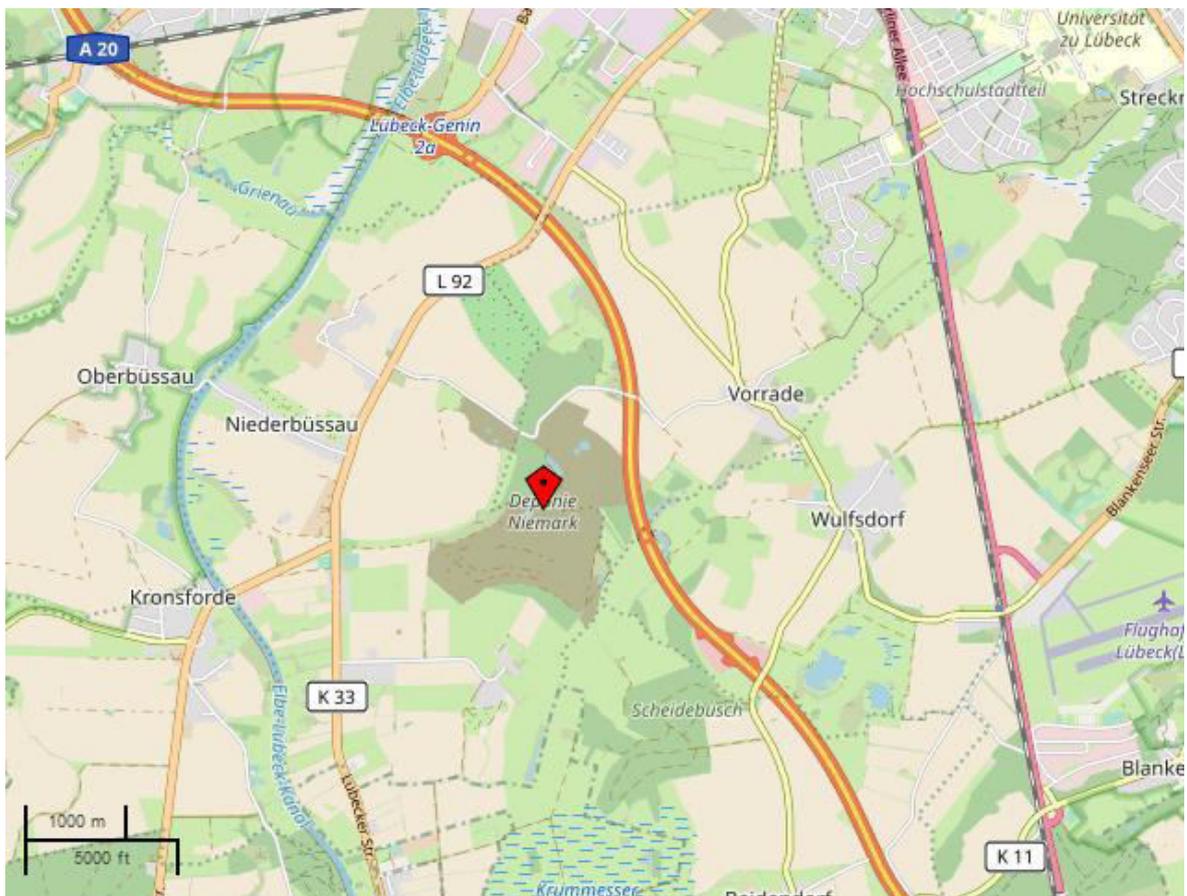


Abbildung 1: Deponie Niemark und Umgebung (OpenStreetMap, 2020)

## 2.1 Hintergrund und Geschichte des Ausbaues der Deponie

Die Deponie Niemark wurde 1963 in Betrieb genommen. (Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2020b) Um Sickerwasseraustritte der Deponie ins Gewässer zu vermeiden, wurde 1982 eine Dichtwand um den Deponiekörper gezogen. Diese Schmalwand ist 3,5 km lang, 8 cm breit, 10 bis 15 m tief und besteht aus einem Zementgemisch. (Dordowsky, 2013) „Zur Sicherung der Umwelt haben die Entsorgungsbetriebe Lübeck im Jahr 1999 damit begonnen, die Oberfläche der Deponie in mehreren Bauabschnitten abzudichten. [...] Das abgewandte Abdichtungsverfahren erfolgt in mehreren Schritten. Auf die Abfalloberfläche wird eine zweilagige Gasdrän- und Ausgleichsschicht eingebaut. Anschließend erfolgt die Verlegung einer Betonitmatte, die aus quellfähigem Tonpulver besteht. Als zweite Dichtungsschicht erfolgt die Verlegung einer 2,5 mm dicken Kunststoffdichtungsbahn. [...] Danach wird eine 30 cm dicke Entwässerungsschicht aus Kies aufgebracht. Als Abschluss folgt eine Wurzelschicht aus Erde und die abschließende Begrünung. Mit der 2016 erfolgten Zwischenabdichtung ist der Altbereich der Deponie nahezu vollständig abgedeckt“ (Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2020a). Zusätzlich zur Abdichtung hat die Deponie im gleichen Jahr eine Sickerwasserreinigungsanlage gebaut. Hintergrund dessen ist, dass aus der Feuchtigkeit der Deponieabfälle und dem Regenwasser sich mit Schadstoffen belastetes Sickerwasser bildet. (Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2020b) „Durch ein [...] Drainagesystem wird dieses Sickerwasser erfasst und über ein Pumpwerk zur Sickerwasserreinigungsanlage gepumpt. Das Kernstück der Sickerwasserreinigung ist eine Aktivkohleanlage mit vorgeschaltetem Kiesfilter. Hier erfolgt eine Adsorption, d.h. Anreicherung von organischen Stoffen. Nach vollständiger Beladung erfolgt eine externe Regeneration der Aktivkohle. Nach dieser Vorbehandlung wird das Wasser zur weiteren Aufbereitung in die öffentliche Kanalisation eingeleitet“ (Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2020b). „Auf einer Ablagerungsfläche von 400.000 m<sup>2</sup> wurde bis zum Jahr 2005 der Lübecker Abfall [...] unbehandelt abgelagert und eingebaut. Ab 2005 wurden per Gesetz besondere Anforderungen an die Ablagerung von Abfällen gestellt. Durch die Inbetriebnahme der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) und die damit verbundene enorme Reduzierung des einzulagernden Abfalls ist es möglich geworden, Deponieraum einzusparen“ (Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2020b). Man geht davon aus, dass noch ca. 10.000 Tonnen Abfall jährlich auf den Abfallberg kommen. Dadurch könnte das Füllvolumen der Deponie bis 2070 reichen. (Dordowsky, 2013)

## 2.2 Geologische und hydrologische Situation der Deponie

Laut dem Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein wird Schleswig-Holstein „in entscheidender Weise durch die Ablagerungen der pleistozänen Vereisungen geprägt. Die glazialen Gesteinsserien erreichen in elstereiszeitlichen Rinnen nicht selten Mächtigkeiten von über 400 m. [...] Ablagerungen der Wechseleiszeit finden sich vor allem im nördlichen und östlichen Schleswig-Holstein“ (Otto, 1997). Zu diesem Bereich zählt auch der Bereich der Deponie und Lübeck. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich „vorwiegend um junge Grund- und Endmoränen,, die der Landschaft [...] einen kuppigen Habitus verleihen“ (Otto, 1997).

Im Zuge der Bohrungen für die Grundwassermessstellen, rund um die gesamte Deponie, hat das Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf bei jeder Bohrung eine Bodenanalyse durchgeführt. Für die Geologie der Deponie wurde beispielhaft die Grundwassermessstelle GWM 14.2-B ausgewählt (vgl. *Abbildung 2*). Der vollständige Messstellenpass kann in *Anhang A* eingesehen werden. Anhand der *Abbildung 2* lässt sich erkennen, dass sich bis ca. 70 cm Tiefe (8,21 mNHN) eine Schicht A. Fein- und Grobsand befindet. Darauf folgt eine dünne Schicht A. Schluff. Ab einer Tiefe von 7,51 mNHN besteht der Boden aus Mittelsand, welcher in Schluff t,s,g' (Mg) übergeht. In der Tiefe von -2,09 mNHN findet man eine 12 m dicke Schicht Feinsand vor. Dieser Schicht folgt eine 2,1 m dicke Schicht Beckenschluff. Unterhalb des Beckenschluffs fängt eine Schicht Beckenton an. Diese Schicht ist ab einer Tiefe von -16,49 mNHN vorzufinden.

M. d. H. : 1 : 200

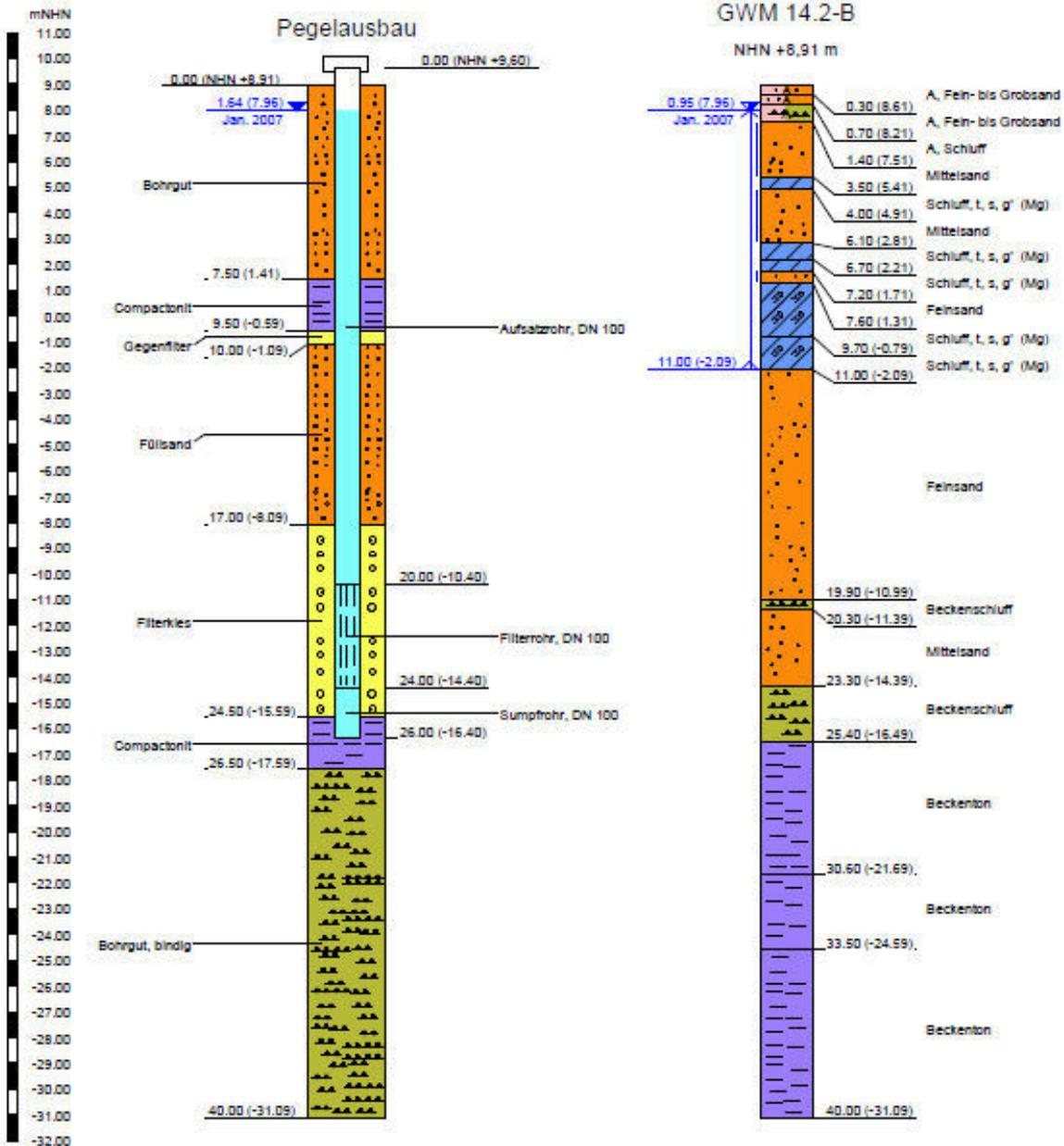


Abbildung 2: Grundwassermessstelle GWM 14.2-B Bodenanalyse (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2019)

Das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume hat in dem Endbericht zum Untersuchungsprogramm zur Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots im Raum Lübeck / Bad Segeberg eine Karte veröffentlicht, wodurch eine Bodenanalyse bis in eine Tiefe von -220 mNHN möglich ist. Anhand einem Ausschnitt dieser Karte (siehe *Abbildung 3*) wird deutlich, dass sich der Beckenton bis in eine Tiefe von -35 mNHN erstreckt und dort auf eine Schicht Vierlandfeinsande (VFS, Untermiozän) trifft, welche eine Tiefe von 75m aufweist. Darauf folgt eine 20 m Schicht aus Unterer Glimmertone (UGT, Untermiozän). In einer Tiefe von ca. -130 mNHN bis mindestens -230 mNHN befindet sich ein Alttertiär, welcher vorwiegend aus Schluff und Ton besteht.

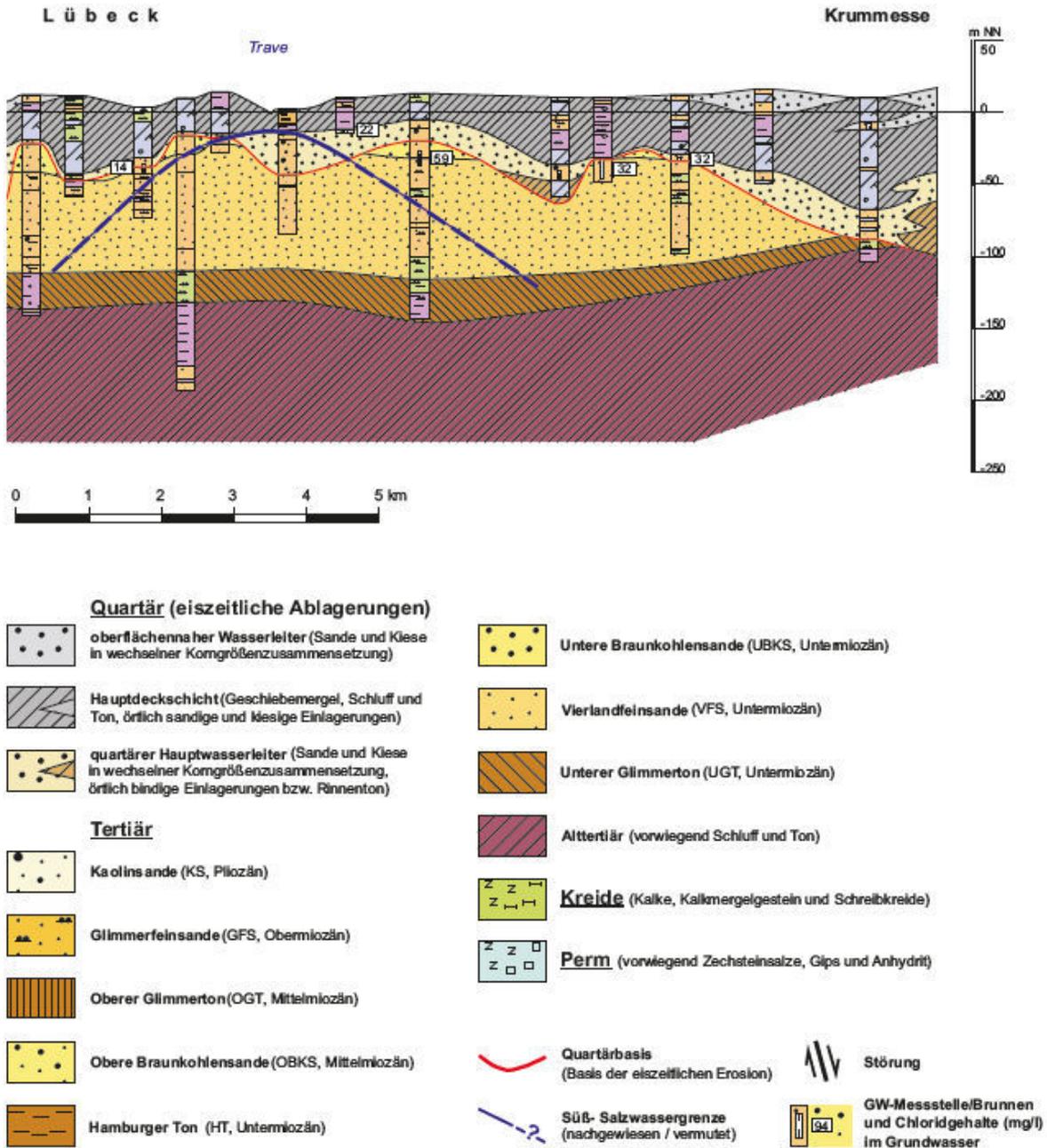


Abbildung 3: Bodenaufbau zwischen Lübeck und Krummesse (Agster et al., 2014)

Der Grundwassergleichenplan aus *Abbildung 4* verdeutlicht den Verlauf der Grundwasserhöhen über die Deponie. Anhand dieses Plans wird deutlich, dass sich der erste Grundwasserleiter auf der Deponie zwischen Höhen von 5,8 mNHN und 8,6 mNHN befindet. Zusätzlich dazu ist ein Gefälle des Grundwasserleiters von Westen Richtung Süd-Osten erkennbar.

Das Untersuchungsgebiet weist ein dichtes Gewässernetz auf. Im Osten wird das Gebiet durch den Glindbruchgraben und den Niemark Landgraben begrenzt. Der Glindbruchgraben entspringt in St. Jürgen und fließt in den Niemark Landgraben. Dieser entspringt im Krummesse und fließt bei Strecknitz in die Wakenitz, welche mit dem Ratzeburger See verbunden ist. Im Westen wird das Gebiet durch den Elbe-Lübeck-Kanal begrenzt. Dieser entwässert über die Trave in die Ostsee.

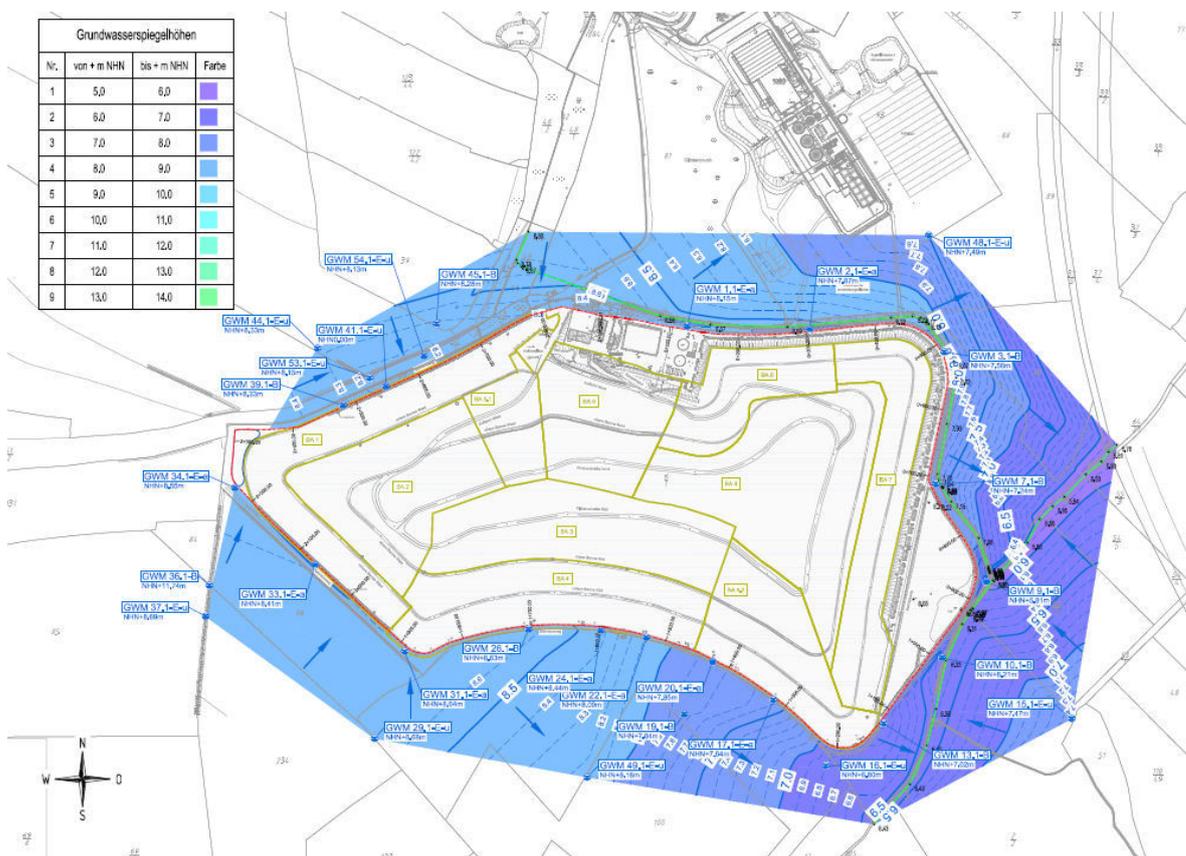


Abbildung 4: Grundwassergleichenplan vom 1. Grundwasserleiter (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2020)



### **3 Methoden**

Um die Hydrologie der Deponie besser verstehen zu können, musste eine Abflussmessung durchgeführt werden. Hierfür wurden zwei Messgeräte benutzt: Zum einen ein mobiles Flügelmessgerät, der OTT C31, und zum anderen ein mobiles Magnetisch-Induktives Strömungsmessgerät, der OTT MF pro. Mit dem Flügelmessgerät wurden hauptsächlich die Messstationen im Niemarkter Landgraben gemessen und mit dem magnetisch-induktiven Messgerät wurden hauptsächlich die Messstationen im Glindbruchgraben gemessen. Für die Auswertung wurde eine Fehleranalyse der Messwerte durchgeführt. Die Messwerte wurden dann mit Hilfe der Wasserstände anhand der Druckmessung oder der Pegelstände in einem Wasserstand-Abfluss-Diagramm dargestellt. Um weitere Erkenntnisse über das Untersuchungsgebiet zu erhalten, wurden eine Drucksensormessung und eine Multiparametermessung durchgeführt. In diesem Kapitel sollen alle in dieser Arbeit verwendeten Methoden dargestellt und näher erläutert werden.

### 3.1 Abflussmessung

Die Messstationen wurden strategisch an den Anfangs-, sowie Endpunkten und an dem Zusammenfluss von Glindbruchgraben und Niemark Landgraben gewählt. Wie in *Abbildung 5* zu sehen, wurden die Messstellen OWM-1 und OWM-3.1 im Glindbruchgraben an den Anfang und kurz vor dem Zusammenfluss mit dem Niemark Landgraben platziert. Aufgrund dieser Platzierung ist es möglich zu überprüfen, ob dem Glindbruchgraben auf dieser Strecke Wasser hinzulieft. Gleiches gilt für den Niemark Landgraben. Hier wurden die Messstellen OWM-5-B und OWM-11-Lg außerhalb der von der Deponie beeinflussten Bereiche installiert. Durch die Positionierung von OWM-13 ist es möglich zu bestimmen, ob auf dem Weg von OWM-5-B zu OWM-13 sowie von OWM-13 und OWM-11-Lg ein Wasserzufluss zu erkennen ist. Die Messstelle OWM-13 ist daher so wichtig, weil unmittelbar vorher der Glindbruchgraben in den Niemark Landgraben fließt.



Abbildung 5: Übersichtsplan der Messstellen und Pegel (OpenStreetMap, 2020)

### 3.1.1 Messstation

Die Messstation OWM-3.1 ist in *Abbildung 6* beispielhaft während einer Messung zu sehen. An jeder Messstation befinden sich jeweils pro Seite ein in den Boden gerammtes Kantholz. Die Kanthölzer sind waagrecht zueinander eingebaut und eingemessen. Diese Kanthölzer dienen als Auflage für eine Aluminiumleiste, auf welche ein Maßband befestigt ist. Mit Hilfe des Maßbandes wird die Gewässerbreite bestimmt. Zusätzlich dazu können darüber die Lotrechtenbreiten bestimmt werden und das Messgerät (vgl. *Kapitel 3.3* und *Kapitel 3.4*) an den jeweiligen Lotrechten eingebracht werden.



Abbildung 6: Messstation OWM-3.1 während der Messung

### 3.1.2 Herangehensweise

Die Vorbereitung der Messungen bestand hauptsächlich aus dem Studieren von DIN-Normen und Handbüchern zur Durchflussmessung. Auf dieser Basis wurden die Anzahl der Messpunkte über die Gewässerbreite, sowie die Gewässertiefe bestimmt. Für die Vorbereitung des Messprotokolls wurde die Arbeitsanleitung Teil A: Flügelmessungen; Durchführung von Abflussmessungen, der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und dem Bundesministerium für Verkehr (BMV) herangezogen. (Schiener & Knott, 2016)

Die Messpunkte in der Tiefe wurden auf Grundlage der DIN EN ISO 748:2007 bestimmt. Hierfür wurde auf das Verfahren der verringerten Messpunkte zurückgegriffen. „Diese Verfahren, die weniger genau sind als die Verfahren, die das gesamte Geschwindigkeitsfeld benutzen, werden häufig verwendet, weil sie nicht so zeitaufwendig wie das Geschwindigkeitsverteilungsverfahren [...] sind. Sie beruhen auf angenommenen Geschwindigkeitsprofilen“ (Deutsches Institut für Normung e.V., 2008). Die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) empfiehlt in ihrem Leitfaden zur Hydrometrie bei Wassertiefen von bis zu 1m drei Messpunkte zu wählen. (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 2018). In dieser Arbeit wurden ausschließlich das Einpunkt-Verfahren und das Zweipunkt-Verfahren gewählt. Durch die geringe Wassertiefe und den Bauteilabmessungen der Messgeräte, sowie Vorgaben der Hersteller, wie z.B. Eintauchtiefe, Wasserbedeckung, etc., ist kein Dreipunkt-Verfahren möglich gewesen. Bei dem Einpunkt-Verfahren wird die Geschwindigkeitsmessung in der 0,6-fachen Tiefe unter der Oberfläche vorgenommen. Bei dem Zweipunkt-Verfahren wird die Messung in der 0,2-fachen und der 0,8-fachen Tiefe unter der Oberfläche durchgeführt.

„Bei der Entscheidung über die spezielle Anzahl  $n$  von Messlotrechten in schmalen Gerinnen ( $< 5$  m), die für die Strömungsmessung an speziellen Orten festzulegen sind, ist nach folgenden Kriterien vorzugehen. Diese Kriterien gelten als Mindestanforderungen, und nur Praxiszwänge wie Zeitmangel, Kosten und örtliche Bedingungen sollten zur Verringerung dieser Vorgaben führen. [...]

- Gerinnebreite  $> 0,5$  m und  $< 1$  m                       $n = 6$  bis  $7$

- Gerinnebreite  $> 1$  m und  $< 3$  m                       $n = 7$  bis  $12$ “

(Deutsches Institut für Normung e.V., 2008)

Auf dieser Grundlage wurden für alle Messstellen Lotrechtenabstände von 10 cm gewählt.

### 3.1.3 Abflussberechnung

Die Abflussberechnung wurde nach dem Arithmetischen Verfahren nach DIN EN ISO 748:2007 durchgeführt. Das verwendete Verfahren nennt sich das Verfahren des mittleren Querschnitts. „Es wird angenommen, dass der Querschnitt aus einer Anzahl von Segmenten besteht, von denen jedes durch zwei benachbarte Messlotrechte miteinander verbunden ist“ (Deutsches Institut für Normung e.V., 2008) (siehe *Abbildung 7*).

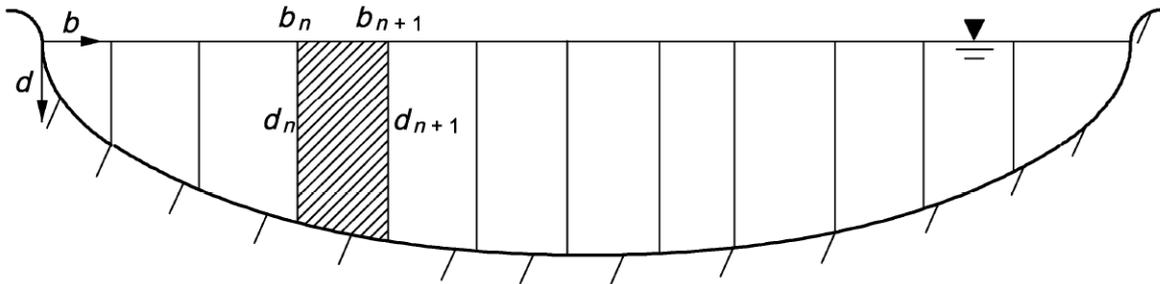


Abbildung 7: Diagramm zur Darstellung des mittleren Querschnittsverfahrens (Deutsches Institut für Normung e.V., 2008)

„Der Durchfluss in der grau unterlegten Teilfläche wird wie folgt berechnet:

$$q = (b_{n+1} - b_n) \cdot \left( \frac{d_{n+1} + d_n}{2} \right) \cdot \left( \frac{\bar{v}_{n+1} + \bar{v}_n}{2} \right) [m^3/s]$$

Dabei ist

$\bar{v}$  die mittlere Geschwindigkeit in jeder Messlotrechten.

ANMERKUNG: Der zusätzliche Durchfluss in den Segmenten zwischen dem Ufer und Messlotrechten 1 und zwischen der letzten Messlotrechten und dem anderen Ufer kann mit obiger Gleichung unter der Annahme bewertet werden, dass die Geschwindigkeit an den Ufern null ist. [...]

Der Gesamtdurchfluss ergibt sich aus der Summe der Durchflüsse aus jeder Teilfläche zu:

$$Q = \sum (b_{n+1} - b_n) \cdot \left( \frac{d_{n+1} + d_n}{2} \right) \cdot \left( \frac{\bar{v}_{n+1} + \bar{v}_n}{2} \right) [m^3/s] "$$

(Deutsches Institut für Normung e.V., 2008)

### 3.2 Fehlerberechnung

Die Fehlerberechnung wurde für jede einzelne Durchflussmessung durchgeführt. Hierfür wurde das Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz spezieller Funktionen verwendet (vgl. *Abbildung 8*). Die Fehlerberechnung ist für diese Arbeit essentiell, um ausschließen zu können, dass der Messfehler größer ist als der mögliche Abflussunterschied zwischen den Messstellen.

Funktion	Standardabweichung des Mittelwertes (mittlerer Fehler des Mittelwertes)
$z = x + y$ $z = x - y$	$\Delta z = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ (absoluter Fehler)
$z = C x y$ $z = C \frac{x}{y}$	$\left  \frac{\Delta z}{\bar{z}} \right  = \sqrt{\left  \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right ^2 + \left  \frac{\Delta y}{\bar{y}} \right ^2}$ (relativer Fehler)
$z = C x^\alpha y^\beta$	$\left  \frac{\Delta z}{\bar{z}} \right  = \sqrt{\left  \alpha \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right ^2 + \left  \beta \frac{\Delta y}{\bar{y}} \right ^2}$ (relativer Fehler)

Prozentualer Fehler = (relativer Fehler) · 100 %

**Abbildung 8:** Gaußsches Fehlerfortpflanzungsgesetz spezieller Funktionen ( $C \in \mathbb{R}$ ) (Papula, 2017)

Für die Fehlerberechnung wurden die Tiefe  $d$  und die Breite  $b$  mit einer Ungenauigkeit von 10 cm angenommen. Die Geschwindigkeit wurde mit einem prozentualen Fehler von 5 % geschätzt. Hierbei wurde als Grundlage die Fehlertoleranz der Messgeräte von 2 % um das 2,5-fache erhöht, um sicher zu gehen. Dabei wurde der Andrifswinkel, die Wasserüberdeckung der Messgeräte, sowie Gegenströmungen und Verwurzelungen im Gewässer als Grundlage für diese Erhöhung genommen.

Die Fehlerberechnung des Gesamtdurchflusses kann in drei Schritte unterteilt werden. Als erstes wird der Fehler für die Berechnung der einzelnen mittleren Breiten, Tiefen und Geschwindigkeiten berechnet. Dafür wird die Formel  $\Delta z = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$  zugrunde gelegt. Im zweiten Schritt wird mit Hilfe der Formel  $\left| \frac{\Delta z}{z} \right| = \sqrt{\left| \frac{\Delta x}{x} \right|^2 + \left| \frac{\Delta y}{y} \right|^2}$  der Fehler der Multiplikation der Mittelwerte aus Breite, Tiefe und Geschwindigkeit der einzelnen Lotrechten berechnet. Im dritten und letzten Schritt wird die Formel aus Schritt 1

$(\Delta z = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2})$  verwendet um den Fehler zu berechnen, der entsteht, wenn die einzelnen Geschwindigkeiten ( $q_n$ ) der Lotrechten aufsummiert werden. Durch diese Berechnung erhält man den absoluten Fehler des Gesamtdurchflusses für jeweils eine Messung an einem Messpunkt.

### 3.3 Flügelmessung

„Historisch betrachtet, handelt es sich beim Messflügel um ein Messinstrument, das in der Hydrometrie und Hydraulik seit mehr als 200 Jahren zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit in offenen Gerinnen und Druckleitungen genutzt wird“ (Morgenschweis, 2010).

Abbildung 9 zeigt den Aufbau des verwendeten Messflügels samt Zählgerät, in gelb zu sehen, und die Flügelstange. In dieser Arbeit wurde der C31 Messflügel mit dem Schaufeldurchmesser von 125mm und das Zählgerät Z400 der Firma OTT verwendet. Der hydrometrische Flügel ist an einer Flügelstange mit einem Durchmesser von 20 mm befestigt, „in die eine cm-Einteilung eingraviert ist“ (Morgenschweis, 2010).



Abbildung 9: Aufbau des Messflügels (OTT C31 und Z400)

### 3.3.1 Funktionsweise

Der hydrometrische Flügel erfasst „punkthaft die Anströmgeschwindigkeit einzelner Stromfäden eines Messquerschnitts. Die Fließgeschwindigkeit wird dabei nicht direkt, sondern über die Anzahl der Umdrehungen der Flügelschaukel bestimmt“ (Morgenschweis, 2010). Anhand der cm-Einteilung kann der Messflügel an der Messlotrechten in der Höhe verschoben werden, ohne für jede neue Positionierung die Flügeltiefe nachmessen zu müssen. „Der OTT C31 ist sowohl in kleinen Bächen oder Flüssen mit niedrigen Wasserstand einsetzbar als auch in tieferen Gewässern und bei höheren Fließgeschwindigkeiten bis 10 m/s“ (OTT Hydromet, 2019b). „Das digitale Zählgerät OTT Z400 ist für Strömungsmessungen mit hydrometrischen Messflügeln eine zeitsparende Hilfe. Anhand der Flügelimpulse erfasst es automatisch die Anzahl der Schaukelumdrehungen. Zusätzlich kann es sofort nach der Messung die Fließgeschwindigkeit ausgeben“ (OTT Hydromet, 2019d).

### 3.3.2 Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit wird bei vernünftiger Wartung und richtiger Anwendung maßgeblich von den Grundgleichung beeinflusst. Nach den ersten Ansätzen 1790 von Woltman „gab es viele Abhandlungen über die Theorie des Flügels. Eine der wichtigsten Arbeiten hierzu wurde 1925 von L. A. Ott veröffentlicht. Ausgehend von Gleichgewichtsbedingungen an der Flügelschaukel leitete er empirisch die allgemeine Flügelgleichung als Hyperbel ab, die vereinfacht mit zwei Geraden linearisiert in expliziter Form lautet:

$$\text{für kleine } n: v = b_1 + k_1' \cdot n$$

$$\text{für größere } n: v = a_1 + k_1 \cdot n$$

$a_1$ ,  $b_1$ , und  $k_1$ ,  $k_1'$  sind Konstanten, die für jeden Flügel individuell mit Hilfe von Schleppversuchen ermittelt werden“ (Morgenschweis, 2010). Der Messbereich des Messflügels erstreckt sich von 0,025 – 10 m/s, in diesem Bereich hat er eine Messgenauigkeit von  $\pm 2\%$ . (OTT Hydromet, 2019b) Das Zählgerät hat eine Messgenauigkeit von  $\pm 0,01\text{ s}$  und  $\pm 0,5\text{ Impulse}$ . (OTT Hydromet, 2019d)

### 3.4 Magnetisch-induktiver Strömungsmesser

In den 1960er Jahren wurde ein Durchflussmessverfahren gesucht, welches in Gewässern mit Verkräutung, Rückstau, Fließumkehr und beweglicher Gewässersohle ohne Einschränkung eingesetzt werden kann. Anfang der 1970er Jahre hat Gils das magnetisch-induktive Prinzip (MID) entdeckt. Dieses Prinzip ist für Messungen in Freispiegelgerinnen geeignet. (Morgenschweis, 2010)

Für diese Arbeit wurde ein OTT MF pro verwendet. Das System besteht, wie in *Abbildung 10* zu erkennen, „aus einem kompakten und leichten Sensor sowie einem robusten Bediengerät. Beide Systemkomponenten sind für die Befestigung an konventionellen Messstangen vorgesehen“ (OTT Hydromet, 2019c).



Abbildung 10: Aufbau eines magnetisch-induktiven Strömungsmesser (OTT MF pro)

### 3.4.1 Funktionsweise

„Das Messprinzip beruht auf dem Faradayschen Induktionsgesetz. In einer durch ein Magnetfeld fließenden elektrischen leitenden Flüssigkeit (Wasser oder Abwasser) wird eine elektrische Spannung induziert, die mit der mittleren Fließgeschwindigkeit  $v_m$  der Magnetfeldstärke  $B$  und dem Elektrodenabstand  $L$  proportional ist:

$$U = B \cdot L \cdot v_m$$

mit

$U$  = induzierte Spannung [V]

$B$  = Feldstärke des Magnetfeldes [ $V \cdot s/m^2$ ]

$L$  = Länge des Leiters (Abstand der Elektroden) [m]

$v_m$  = mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s].

In einem MID-Messgerät sind der Elektrodenabstand  $L$  und die magnetische Feldstärke  $B$  feste Werte. Daher vereinfacht sich [die Gleichung] in

$$U = k \cdot v_m$$

unter der Bedingung, dass die Bewegung der leitfähigen Flüssigkeit senkrecht zum Magnetfeld erfolgt. Die Konstante  $k$  enthält dabei die bauartspezifischen Größen, wie Abstand und Anordnung der Elektroden voneinander sowie die Stärke des Magnetfelds. Dies bedeutet, dass die induzierte Spannung  $U$  direkt proportional der Fließgeschwindigkeit  $v$  ist“ (Morgenschweis, 2010).

Das Messprinzip einer magnetisch-induktiven Strömungssonde wird in *Abbildung 11* vereinfacht dargestellt.

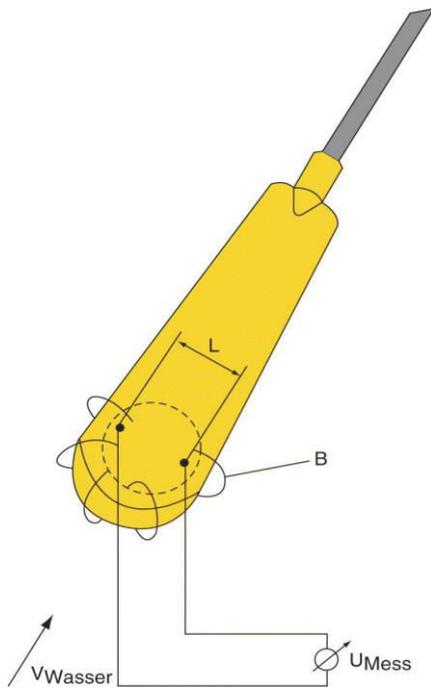


Abbildung 11: Messprinzip einer magnetisch-induktiven Strömungssonde (Morgenschweis, 2010)

### 3.4.2 Messgenauigkeit

Voraussetzung für die Verwendung von einer magnetisch-induktiven Strömungssonde ist eine elektrische Leitfähigkeit des Wassers von mindestens  $50 \mu\text{S}$ . Für die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Strömungssonde „OTT Mf pro“ der Firma OTT Hydromet ist ein Messbereich von  $0 - 6 \text{ m/s}$  vorgegeben. Die Firma OTT Hydromet gibt für den Bereich von  $0 - 3 \text{ m/s}$  eine Genauigkeit von  $\pm 2 \%$  vom Messwert  $\pm 0,015 \text{ m/s}$  und  $\pm 4 \%$  vom Messwert  $\pm 0,015 \text{ m/s}$  bei Geschwindigkeiten von  $3 - 5 \text{ m/s}$  an. (OTT Hydromet, 2019c) Zusätzlich dazu ist es wichtig bei der Messung die Abstände einzuhalten. Der Mindestabstand zur Wasseroberfläche ist  $D_{min} = 5 \text{ cm}$  und  $D_{min} = 2,5 \text{ cm}$  zur Gewässersohle. Zum Ufer werden  $D_{min} = 2,5 \text{ cm}$  bei  $v > 10 \text{ cm/s}$  und  $D_{min} = 5 \text{ cm}$  bei  $v < 10 \text{ cm/s}$  empfohlen (Morgenschweis, 2010). Diese Werte aus der Literatur „Hydrometrie – Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen“ von Gerd Morgenschweis wurden von der Firma OTT Hydromet bestätigt. Die Nullpunktstabilität des OTT MF pro liegt bei  $\pm 0,015 \text{ m/s}$ . (OTT Hydromet, 2019c)

Darüber hinaus werden die Strömungssonden, wie auch die hydrometrischen Flügel im Messkanal individuell kalibriert. (Morgenschweis, 2010)

### 3.5 Pegel

„Die einfachste Form der Wasserstandsmessung [...], ist der Lattenpegel,“ (Morgenschweis, 2010) mit dem die Messstellen OWM-1, OWM-3.1 und OWM-11-Lg ausgestattet sind. Die Wasserstände für die Wasserstands-Abfluss-Beziehung werden für die Messstellen OWM-5-B und OWM-13 anhand der Druckmessung ermittelt. Wie in Abbildung 12 zu sehen ist, wurden Senkrecht-Lattenpegel, welche an einem freistehenden Pfahl befestigt sind, verwendet. Die Pegellatten haben eine 1 cm-Gradierung, sind für eine bessere Ablesbarkeit zweifarbig (gelb-schwarz) und wurden mit einer E-Teilung alle 5 cm versehen (vgl. *Abbildung 12*). Um eine hohe Einsatzdauer gewährleisten zu können, sind die Lattenpegel aus Kunststoff hergestellt. Dadurch sind diese korrosionsfest und weisen bei Bewuchs, Beschädigungen an der Oberfläche, Ablagerungen und Schmutz sehr gute Testergebnisse auf. (Morgenschweis, 2010) Während dieser Arbeit wurde der Pegelstand und der Abstich bei jeder Messung und an allen Pegeln abgelesen (vgl. *Anhang D-H*).



Abbildung 12: Lattenpegel an Messstelle OWM-3.1

### 3.6 Wasserstands-Abfluss-Beziehung

„Die einfachste und zugleich auch aufwändigste Art, eine Durchflusskurve zu ermitteln, besteht darin, bei möglichst vielen Wasserständen Durchflussmessungen [...] im Messprofil durchzuführen. Diese Messungen sollten möglichst den gesamten Bereich der auftretenden Wasserstände umfassen. Dieses Ideal ist in der Praxis jedoch selten erfüllt; hier muss die Durchflusskurve über den durch Messungen belegten Bereich hinaus extrapoliert werden, dies gilt insbesondere für den Niedrig- und Hochwasserbereich. [...] Am einfachsten sind Durchflusskurven auf grafischen Wege zu ermitteln“ (Morgenschweis, 2010). Aufgrund dessen, dass die aufgenommenen Messpunkte in dieser Arbeit nicht im gesamten Bereich den Wasserstand abdecken kann, wurde eine rechnerisch-statistische Aufstellung der Durchflusskurve entschieden. Für „die Aufstellung der Durchflusskurve [...] hat sich eine *Parabel n-ten Grades* am besten bewährt und wird auch in der Praxis am häufigsten eingesetzt:

$$Q = a \cdot (W - W_0)^n$$

mit

$Q$  = Durchfluss [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$W$  = am Bezugspegel beobachteter Wasserstand [m]

$W_0$  = Wasserstand beim Durchfluss  $Q = 0$  [m]

$a$  = Durchfluss bei Wasserstandsdifferenz  $(W - W_0) = 1,0$  [m/s]

$n$  = Exponent als Ausdruck der Neigung der Durchflusskurve.“

(Morgenschweis, 2010)

Mit Hilfe dieser Funktion wurde die Abflussflusskurve für alle Messstationen entwickelt (vgl. *Kapitel 4.3*).

### 3.6.1 Manning-Strickler

„Die Korrektheit der Schlüsselkurve [(rechnerisch-statistische Durchflusskurve)] spielt [...] für wasserwirtschaftliche Fragestellungen eine wichtige Rolle. Schlüsselkurven lassen sich am sichersten aufstellen, indem bei verschiedenen Wasserständen Messungen der Fließgeschwindigkeit durchgeführt werden, aus denen sich dann die Abflüsse relativ genau berechnen lassen“ (Göbel & Stange, 2008). Um die aufgestellte Durchflusskurve beweisen zu können, wurde eine Durchflusskurve mit der Formel nach Gauckler-Manning Strickler und den vorhandenen Daten berechnet:

$$v_m = k_{st} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

wobei

$v_m$  mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]

$k_{st}$  Rauigkeitsbeiwert nach Strickler für die Gerinnerauheit [ $m^{\frac{1}{3}}/s$ ]

$R$  hydraulischer Radius [m] ( $R = A/U$  mit  $A$  = durchflossener Querschnitt [ $m^2$ ],  $U$  = benetzter Umfang [m])

$I$  Fließgefälle (Höhe pro Länge) [m/m]

Der Abfluss berechnet sich dann durch Multiplikation der mittleren Fließgeschwindigkeit  $v_m$  mit der Querschnittsfläche  $A$ :

$$Q = v_m \cdot A$$

(Physik Cosmos, 2020b)

Die mittlere Fließgeschwindigkeit  $v_m$  wurde mithilfe der Messgeräte gemessen. Für die Bestimmung des hydraulischen Radius wurden die Querschnittsprofile aller Messstationen (siehe *Anhang C*) aufgenommen und anhand dessen der durchflossene Querschnitt  $A$  und der benetzte Umfang  $U$  berechnet. Das Fließgefälle  $I$  wurde auf Grundlage der eingemessenen Querschnitte, in mNHN, bestimmt. Die unbekannte Größe  $k_{st}$ , der Rauigkeitsbeiwert, wurde in der Formel angepasst.

## 3.7 Multiparameter Sondenmessung

### 3.7.1 Funktionsweise

Multiparameter-Sonden können flexibel eingesetzt werden und bieten eine große Bandbreite an Daten. „Ob Meer- oder Süßwasser, Flussmündung, See oder Grundwasserbohrung“ (OTT Hydromet, 2019a), die Multiparameter-Sonden sind für eine Vielzahl an Messstellen geeignet. Für diese Arbeit wurde die Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde der Firma In-Situ verwendet. Bei einer Messung wird die Sonde ins Wasser getaucht, bis die Öffnungen, welche in *Abbildung 13* zu erkennen sind, unter Wasser sind.



Abbildung 13: Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde

Um die Daten auslesen zu können, ist die Sonde per Bluetooth mit dem Handy verbunden. Während der Messung wird abgewartet, dass sich die Messwerte auf einen Wert einpendeln und können dann abgespeichert werden. Über die Sensoren, welche sich am unteren Teil der Sonde und leicht oberhalb der Öffnungen befindet, werden die Werte gemessen. Die Sensoren sind in *Abbildung 14* gut zu erkennen. Um diese vor Verschmutzungen zu schützen wurde eine automatische Reinigung, welche in schwarz in *Abbildung 14* zu sehen ist, installiert. Mit dieser Sonde hat man die Möglichkeit die

geografische Breite und Länge sowie Tiefe, Temperatur, Druck, Luftdruck, pH-Wert, Leitfähigkeit, Salinität, gelöste Feststoffe, spez. Widerstand, Dichte, Sauerstoff, Redoxpotential und Chloridgehalt im Wasser zu messen.



Abbildung 14: Sensoren der Multiparameter Sonde

### 3.7.2 Messgenauigkeit

Die Multiparameter Sonde der Firma In-Situ hat einen Temperaturbereich von -5 bis 50°C. Bei Chlorid hingegen liegt der Temperaturbereich bei 0 bis 50°C. Im Folgenden sind die Messgenauigkeiten der einzelnen Parameter aufgelistet:

Temperatur:	$\pm 0,1$ °C
Luftdruck:	$\pm 1,0$ mbars
Druck:	$\pm 0,1$ %
pH-Wert:	$\pm 0,1$ pH
Redoxpotential:	$\pm 5$ mV
Sauerstoff:	$\pm 0,1$ mg/l oder $\pm 2$ %
Chlorid:	$\pm 10$ % oder $\pm 2$ mg/l

(In-Situ Inc., 2020a)

### 3.8 Druckmessung

Für die Druckmessungen wurden im Glindbruchgraben sowie im Niemarker Landgraben insgesamt vier Druck-Messstellen installiert. An jeder Messstelle wurden zwei Rohre installiert, wie beispielhaft in *Abbildung 15* zu sehen ist. Links wurde ein Piezometer verbaut, welches eine Länge von 1,50 m und eine Wandstärke von 2 mm hat. Dieses Rohr geht bis ins Grundwasser und ist am unteren Teil eingeschlitzt. In dem Piezometer ist eine Drucksonde in 1,41 m Tiefe von der Oberkante verbaut. Die rechte Verrohrung dient als Schutzrohr für die zweite Drucksonde, welche den Druck im Oberflächengewässer misst.



Abbildung 15: Druck-Messstelle

In beiden Rohren sind Drucksonden der Firma In-Situ verbaut. Es handelt sich hierbei um das Fabrikat Rugged TROLL 100 und 200 (*Abbildung 16*). Zusätzlich dazu wurde ein Rugged BaroTROLL der Firma In-Situ installiert, um den Luftdruck über die gesamte Zeit aufnehmen zu können.



Abbildung 16: Drucksonde Rugged TROLL 200 der Firma In-Situ Inc.

Die Drucksonden zeichnen alle 15 min den Druck und die Temperatur auf. Der gemessene Druckwert setzt sich „aus dem hydrostatischen Druck der über dem Sensor liegenden Wassersäule  $P_{\text{Wasser}}$  und dem atmosphärischen Druck  $P_{\text{Luft}}$ “ (Morgenschweis, 2010) zusammen. „Um den Einfluss des atmosphärischen Drucks zu eliminieren [wird der Luftdruck  $P_{\text{Luft}}$  getrennt gemessen] und anschließend bei der Berechnung des Wasserstands als zusätzlicher Messwert berücksichtigt“ (Morgenschweis, 2010). Mit Hilfe des Wasserstandes, den eingemessenen Höhen des Piezometers und des Wasserstandrohres sowie den Tiefen der Drucksensoren kann die Druckhöhe in mNHN, für das Grundwasser und das Oberflächengewässer berechnet werden. Mit diesen Ergebnissen können beiden Graphen in einem Diagramm miteinander verglichen werden und es kann geprüft werden, ob Grundwasser ins Oberflächengewässer gelangt oder Oberflächengewässer ins Grundwasser versickert.

### 3.8.1 Messgenauigkeit

Die Drucksonden nehmen den Druck mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05\%$  auf. Die Temperatur wird mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,3\text{ °C}$  verzeichnet. (In-Situ Inc., 2020b)

### 3.8.2 Darcy-Gesetz

Mit Hilfe des Darcy-Gesetzes soll im Verlauf der Diskussion der Grundwasserzufluss ins Oberflächengewässer bestimmt werden. „Das Darcy-Gesetz besagt, dass die Wassermenge  $Q$  [...], die eine gesamte Querschnittsfläche  $A$  [...] eines porösen Mediums (z.B. Sand) laminar durchströmt, direkt proportional ist zum hydraulischen Gradienten  $i$ “ (Physik Cosmos, 2020a):

$$\frac{Q}{A} = v_f = -k_f \cdot i$$

wobei

$Q$  Durchflussrate [ $m^3/s$ ]

$A$  gesamte Querschnittsfläche [ $m^2$ ]

$v_f$  Filtergeschwindigkeit [ $m/s$ ]

$k_f$  Durchlässigkeitsbeiwert [ $m/s$ ]

$i$  hydraulischer Gradient [-]

Die Wassermenge  $Q$  berechnet sich durch die Multiplikation der Querschnittsfläche  $A$ , dem Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  und dem hydraulischen Gradienten  $i$ :

$$Q = -k_f \cdot i \cdot A$$

Das Minuszeichen vor dem  $k_f$  soll nur zum Ausdruck bringen, dass die Strömung in Richtung fallender Standrohrspiegelhöhen erfolgt. (Physik Cosmos, 2020a)



## 4 Wasserbilanz der Oberflächengewässer im Bereich der Deponie Niemark

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der verwendeten Methoden dargestellt. Zur weiteren Information, wie diese Ergebnisse zustande gekommen sind und auf welche Weise die Methoden im Detail funktionieren, empfiehlt es sich das *Kapitel 3* zu studieren. Die *Abbildung 17* soll als Einstieg für dieses Kapitel einen kleinen Überblick über das Untersuchungsgebiet, die Deponie Niemark, und die Abflussmessstellen sowie die Pegel geben.



Abbildung 17: Übersichtsplan der Deponie Niemark mit den Messstellen und den stationären Pegeln

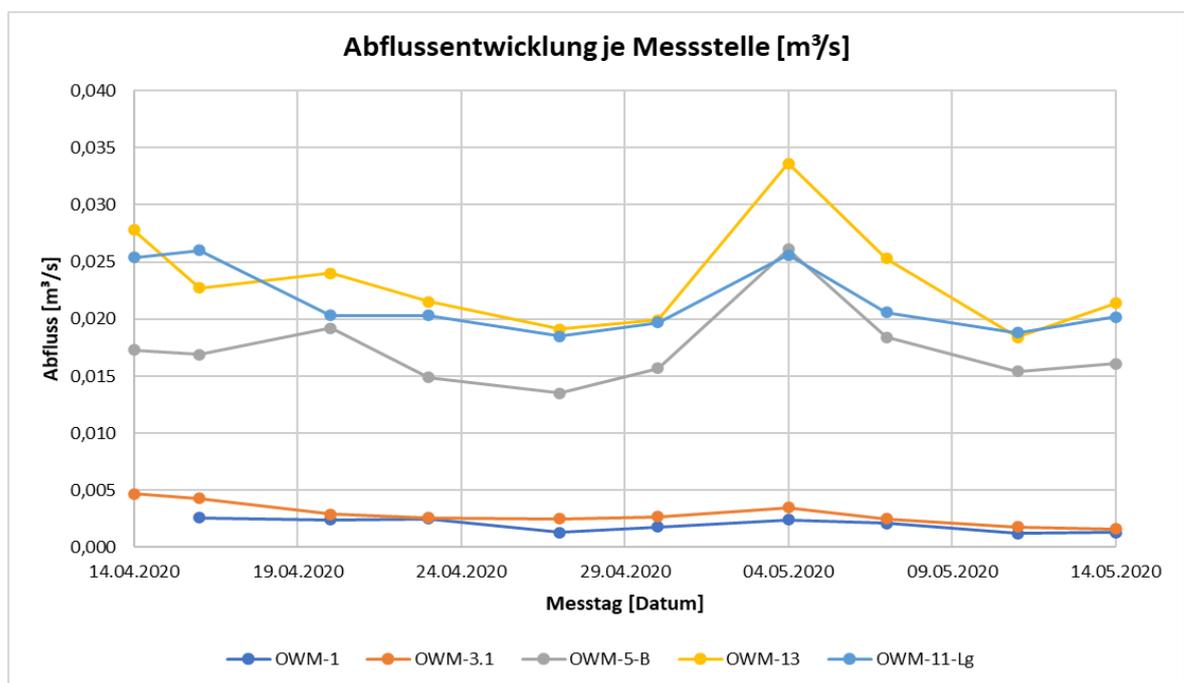
## 4.1 Ergebnisse der Abflussmessung

Die Messung des Abflusses wurde jede Woche zwei Mal in einem Abstand von 2-3 Tagen durchgeführt. Die *Abbildung 18* zeigt die Abflussentwicklung jeder Messstelle, welche sich aus den durchgeführten Messungen ergeben hat. Hierbei ist zu beachten, dass die Linien zwischen den Messungen interpoliert sind und nicht direkt den exakten Abfluss an jedem Tag widerspiegeln. Die Ergebnisse jeder Messung werden durch die Punkte auf der Linie angegeben. Die Linien sollen für eine bessere und einfachere Vergleichbarkeit der Messergebnisse sorgen.

Die Messstellen OWM-1 und OWM 3.1 im Glindbruchgraben werden mit den Farben dunkelblau und orange dargestellt. Beide Messstellen bewegen sich in einem niedrigen Abflussbereich und reagieren im Vergleich zu den Messstellen im Niemarkter Landgraben nicht sehr stark auf die Witterungseinflüsse. Über die gesamte Messperiode sind kleinere Schwankungen im Abfluss feststellbar, jedoch keine besonderen Auffälligkeiten. Allerdings wird in der Grafik deutlich, dass an der Messstelle OWM-3.1 größtenteils ein höherer Abfluss als an der Messstelle OWM-1 gemessen wurde. Am 23.03.2020 weisen beide einen sehr ähnlichen Abfluss mit einem minimalen Unterschied von  $0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$  auf, was einer Menge von  $0,1 \text{ l/s}$  entspricht.

Die Messstellen im Niemarkter Landgraben werden durch die Farben grau (OWM-5.1), gelb (OWM-13) und hellblau (OWM-11-Lg) dargestellt. Die Abflussentwicklung der Messstellen OWM-5-B und OWM-13 laufen größtenteils ziemlich parallel und stellen Ereignisse auf ähnliche Art und Weise dar. Am 20.04. verzeichnen beide einen Anstieg des Abflusses und am 30.04 sowie 11.05. ist bei beiden Messstellen ein Abfall des Abflusses erkennbar. Auffällig ist der starke Anstieg des Abflusses am 04.05.2020. An diesem Hochwasserereignis konnte eine Differenz zur vorherigen Abflussmessung von  $0,104 \text{ m}^3/\text{s}$  an der Messstelle OWM-5-B und von  $0,0137 \text{ m}^3/\text{s}$  an der Messstelle OWM-13, also  $10,4 \text{ l/s}$  und  $13,7 \text{ l/s}$ , verzeichnet werden. Durch die Grafik wird deutlich, dass der Abfluss an der Messstelle OWM-13 immer höher ist als der Abfluss der Messstelle OWM-5-B. Das lässt sich dadurch erklären, dass die Messstelle OWM-13 hinter dem Zusammenfluss vom Glindbruchgraben und dem Niemarkter Landgraben platziert wurde. Aufgrund dessen lässt sich vereinfacht sagen, dass der Abfluss der Messstelle OWM-13 sich aus dem Abfluss der Messstellen OWM-5-B und OWM-3.1  $\pm$  unbekannter Faktoren zusammensetzt. Der Abfluss der Messstelle OWM-11-Lg ähnelt dem Abfluss an der Messstelle OWM-13. An den ersten drei Messtagen

am 14.04., 16.04. und 20.04. haben beide Messstellen asynchrone Messergebnisse zueinander. Die Abflussdifferenzen beider Messstellen in dieser Zeit liegen bei  $0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$  am 14.04.,  $0,0033 \text{ m}^3/\text{s}$  am 16.04. und  $0,0037 \text{ m}^3/\text{s}$  am 20.04.2020. Ab diesem Zeitpunkt haben die jeweiligen Messungen an beiden Messstellen, außer zum Hochwasserereignis, einen sehr ähnlichen Abfluss ergeben. Auffällig ist, dass der Abfluss an der Messstelle OWM-11-Lg zum Hochwasserereignis einen deutlich geringeren Abfluss aufweist als die Messstelle OWM-13. Der Unterschied beider Abflüsse an dem gemessenen Hochwasserereignis am 04.05.2020 beträgt  $0,008 \text{ m}^3/\text{s}$ , was  $8 \text{ l/s}$  entspricht. Der Abfluss ist zu diesem Zeitpunkt vergleichbar mit dem Abfluss an der Messstelle OWM-5-B.



**Abbildung 18: Abflussentwicklung der Messstellen**

Die genauen Ergebnisse der Abflussmessungen und die dazugehörigen Messfehler sowie die Pegel-/Wasserstände können der *Abbildung 19* (OWM-1), der *Abbildung 20* (OWM-3.1), der *Abbildung 21* (OWM-5-B), der *Abbildung 22* (OWM-13) und der *Abbildung 23* (OWM-11-Lg) entnommen werden.

Die Pegelstände, Abflüsse und Messfehler der Messstelle OWM-1 werden in der *Abbildung 19* dargestellt. Aufgrund der zu geringen Gewässertiefe wurde am 14.04.2020 an der Messstation OWM-1 keine Messung durchgeführt.

Messtag	Pegelstand [cm]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Messfehler [m <sup>3</sup> /s]
14.04.2020			
16.04.2020	12,50	0,0026	± 0,00010
20.04.2020	11,60	0,0024	± 0,00008
23.04.2020	12,00	0,0025	± 0,00009
27.04.2020	11,50	0,0013	± 0,00005
30.04.2020	11,70	0,0018	± 0,00007
04.05.2020	12,10	0,0024	± 0,00008
07.05.2020	10,60	0,0021	± 0,00007
11.05.2020	10,10	0,0012	± 0,00003
14.05.2020	10,60	0,0013	± 0,00004

Abbildung 19: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-1

*Abbildung 20* stellt die Ergebnisse der Abflussmessung an der Messstation OWM-3.1 im Glindbruchgraben dar.

Messtag	Pegelstand [cm]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Messfehler [m <sup>3</sup> /s]
14.04.2020	35,80	0,0047	± 0,00018
16.04.2020	36,10	0,0043	± 0,00013
20.04.2020	35,10	0,0029	± 0,00010
23.04.2020	34,00	0,0026	± 0,00008
27.04.2020	33,90	0,0025	± 0,00009
30.04.2020	33,20	0,0027	± 0,00009
04.05.2020	34,20	0,0035	± 0,00013
07.05.2020	32,10	0,0025	± 0,00009
11.05.2020	31,60	0,0018	± 0,00007
14.05.2020	31,80	0,0016	± 0,00006

Abbildung 20: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-3.1

In der Abbildung 21 werden die Wasserstände, Abflüsse und die dazugehörigen Messfehler aller Abflussmessungen an der Messstelle OWM-5-B dargestellt.

Messtag	Wasserstand [cm]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Messfehler [m <sup>3</sup> /s]
14.04.2020	18,00	0,0173	± 0,00076
16.04.2020	18,35	0,0169	± 0,00051
20.04.2020	17,54	0,0192	± 0,00070
23.04.2020	17,48	0,0149	± 0,00049
27.04.2020	17,39	0,0135	± 0,00043
30.04.2020	17,47	0,0157	± 0,00046
04.05.2020	22,88	0,0261	± 0,00079
07.05.2020	19,98	0,0184	± 0,00061
11.05.2020	16,61	0,0154	± 0,00048
14.05.2020	18,21	0,0161	± 0,00050

Abbildung 21: Wasserstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-5-B

Die Messergebnisse der Messstelle OWM-13, während der Messperiode vom 14.04. – 14.05.2020 werden in der *Abbildung 22* dargestellt.

Messtag	Wasserstand [cm]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Messfehler [m <sup>3</sup> /s]
14.04.2020	21,95	0,0278	± 0,00091
16.04.2020	22,49	0,0227	± 0,00072
20.04.2020	21,73	0,0240	± 0,00075
23.04.2020	21,57	0,0215	± 0,00063
27.04.2020	20,97	0,0191	± 0,00058
30.04.2020	21,19	0,0199	± 0,00059
04.05.2020	27,06	0,0336	± 0,00091
07.05.2020	23,75	0,0253	± 0,00075
11.05.2020	20,91	0,0184	± 0,00055
14.05.2020	22,09	0,0214	± 0,00063

Abbildung 22: Wasserstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-13

Die *Abbildung 23* stellt die Pegelstände und die Abflussmessergebnisse sowie die dazugehörigen Messfehler und Messtage der Messstelle OWM-11-Lg dar.

Messtag	Pegelstand [cm]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Messfehler [m <sup>3</sup> /s]
14.04.2020	29,80	0,0254	± 0,00072
16.04.2020	29,80	0,0260	± 0,00068
20.04.2020	28,80	0,0203	± 0,00058
23.04.2020	28,80	0,0203	± 0,00055
27.04.2020	28,30	0,0185	± 0,00050
30.04.2020	28,30	0,0197	± 0,00052
04.05.2020	28,30	0,0256	± 0,00063
07.05.2020	30,10	0,0206	± 0,00057
11.05.2020	28,40	0,0188	± 0,00054
14.05.2020	28,90	0,0202	± 0,00058

**Abbildung 23: Pegelstände, Abflüsse und Messfehler an der Messstelle OWM-11-Lg**

### **4.1.1 Fehlerberechnung**

Die einzelnen Fehler der Abflüsse können in *Kapitel 4.1 Abbildung 19 bis Abbildung 23* nachgeprüft werden. Der mittlere prozentuale Fehler der einzelnen Messstellen beträgt:

OWM-1 = 3,38%

OWM-3.1 = 3,55%

OWM-5-B = 3,30%

OWM-13 = 3,01%

OWM-11-Lg = 2,73%

## 4.2 Vergleich der Messgeräte

Um eine Vergleichbarkeit der Geräte nachweisen zu können, wurde für diese Arbeit an 14 verschiedenen Messpunkten der Durchfluss mit beiden Messgeräten gemessen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Messpunkte an verschiedenen Messstellen aufgenommen werden und in Breite sowie Tiefe ( $0,6 \cdot \text{Tiefe am Messpunkt}$ ) identisch waren, um kein verfälschtes Ergebnis zu erhalten. Die Geschwindigkeit wurde in m/s gemessen. Die Messpunkte sowie die Messergebnisse können in *Anhang B* nachgeprüft werden.

*Abbildung 24* zeigt deutlich, dass die Messgeräte unter den oben beschriebenen Bedingungen größtenteils gleich funktionieren. Eine exakte Funktionsweise wäre bei einer Steigung des Graphen von 1 gegeben. Jedoch kommt der Vergleich diesem mit einer Steigung von 1,0115 sehr nahe. Die Abweichungen im Diagramm lassen sich auf die leicht unterschiedliche Funktionsweise der Messgeräte zurückführen. Z.B. misst das MID-Messgerät mit zwei Nachkommastellen, das Flügelmessgerät hingegen mit drei. Die Tiefe lässt sich bei dem magnetisch-induktiven Messgerät ablesen, bei dem Flügelmessgerät erfolgt dieses anhand der Skala der Flügelstange. Bei einem so genauen Vergleich können dadurch leichte Abweichungen entstehen, jedoch halten die Messgeräte dem Vergleich stand.

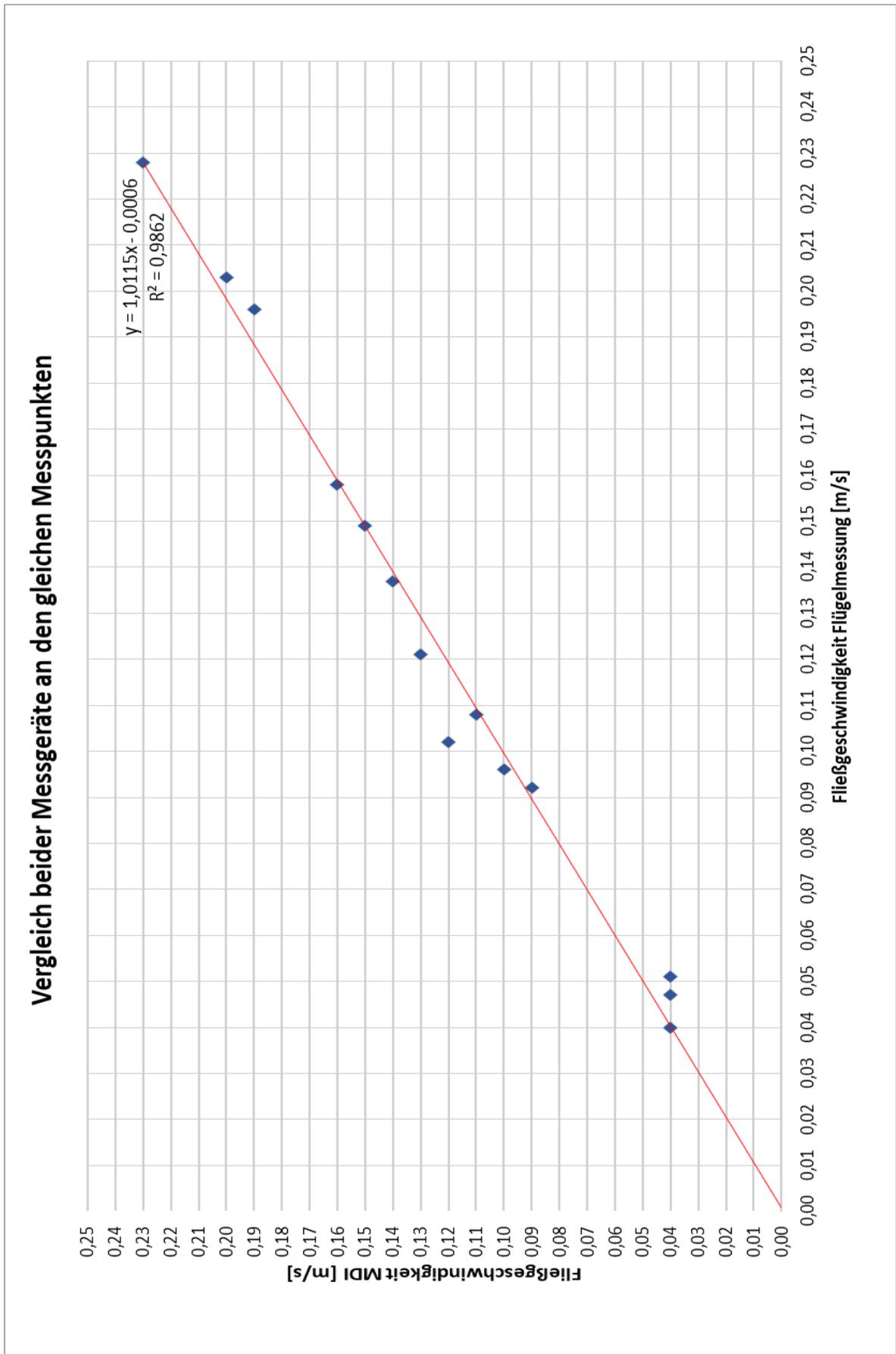


Abbildung 24: Vergleich der Messgeräte

### **4.3 Wasserstands-Abfluss-Beziehung**

Dieses Kapitel stellt die Wasserstands-Abfluss-Beziehung der einzelnen Messstellen dar. Hierbei wird auf die gemessenen Abflüsse, die Wasserstände sowie den Verlauf der Abflusskurve und deren Besonderheiten eingegangen. Im Messbereich der Abflüsse wird die Abflusskurve zusätzlich logarithmisch dargestellt, um die „in linearen Koordinaten parabelförmige Durchflusskurve [...] als Gerade“ (Morgenschweis, 2010) abzubilden. Diese Methode wird verwendet, um eventuelle Knickpunkte in den Durchflusskurven festzulegen. Zusätzlich dazu wurde an den Messstellen OWM-5-B und OWM-13 die Abflusskurve mit Hilfe der Gauckler-Manning-Strickler Formel nachgewiesen und dargestellt. Die Wasserstände der Messstellen OWM-1, OWM-3.1 und OWM-11-Lg wurden mit den installierten Pegeln an den Messstellen aufgenommen. Die Wasserstände der Messstationen OWM-5-B und OWM-13 wurde mithilfe der Druckmessung an der Messstation bestimmt.

### 4.3.1 OWM-1

Die Abflusskurve in *Abbildung 25* verläuft vom Nullpunkt aus parabelförmig durch alle Messpunkte. Auffällig ist, dass einige Punkte etwas neben der Abflusslinie liegen. Hierbei ist zu beachten, dass die Abflusskurve „Unsicherheiten bei Einzelmessungen teilweise ausgleicht“ (Morgenschweis, 2010). Schaut man sich die Streuung der Messpunkte an, geht die Abflusskurve direkt durch alle spezifisch notwendigen Punkte und stellt so die Gesamtheit der Messung gut dar.

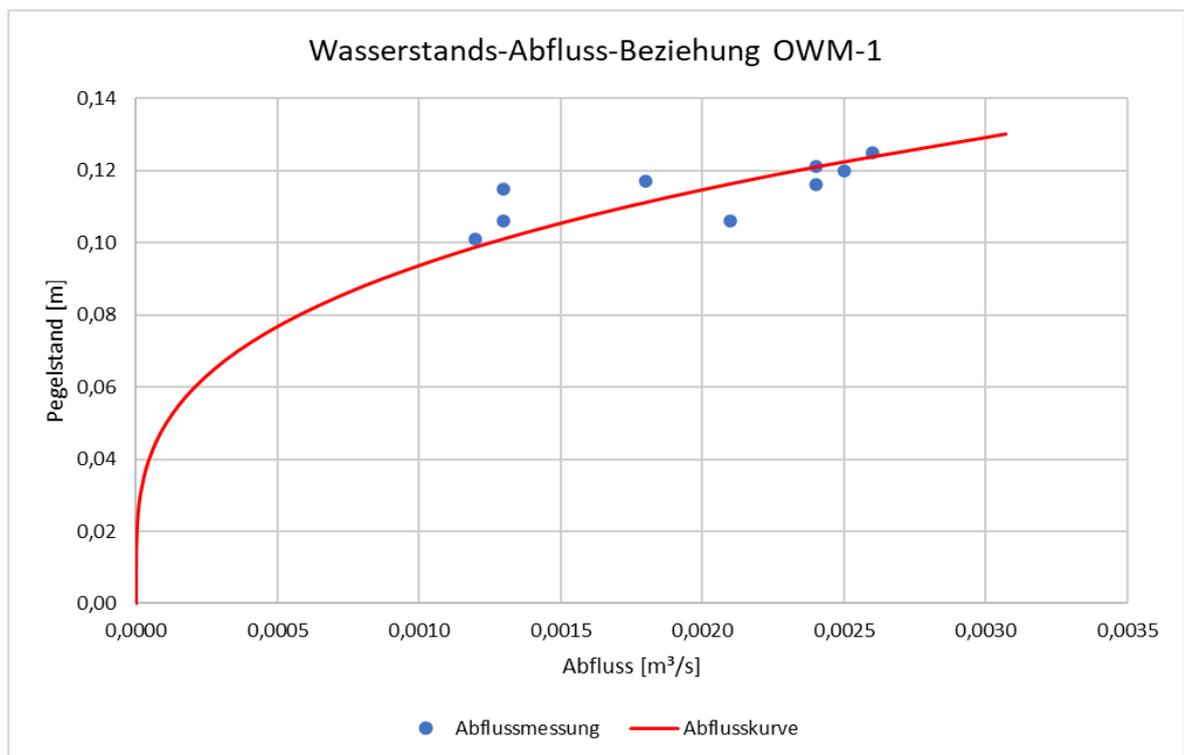


Abbildung 25: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-1

Abbildung 26 soll den Bereich der Wasserstand-Abfluss-Beziehung darstellen, in dem alle Messpunkte auftreten. Durch diese Darstellung wird deutlich, dass innerhalb der Abflusskurve keine signifikanten Knickpunkte festzustellen sind.

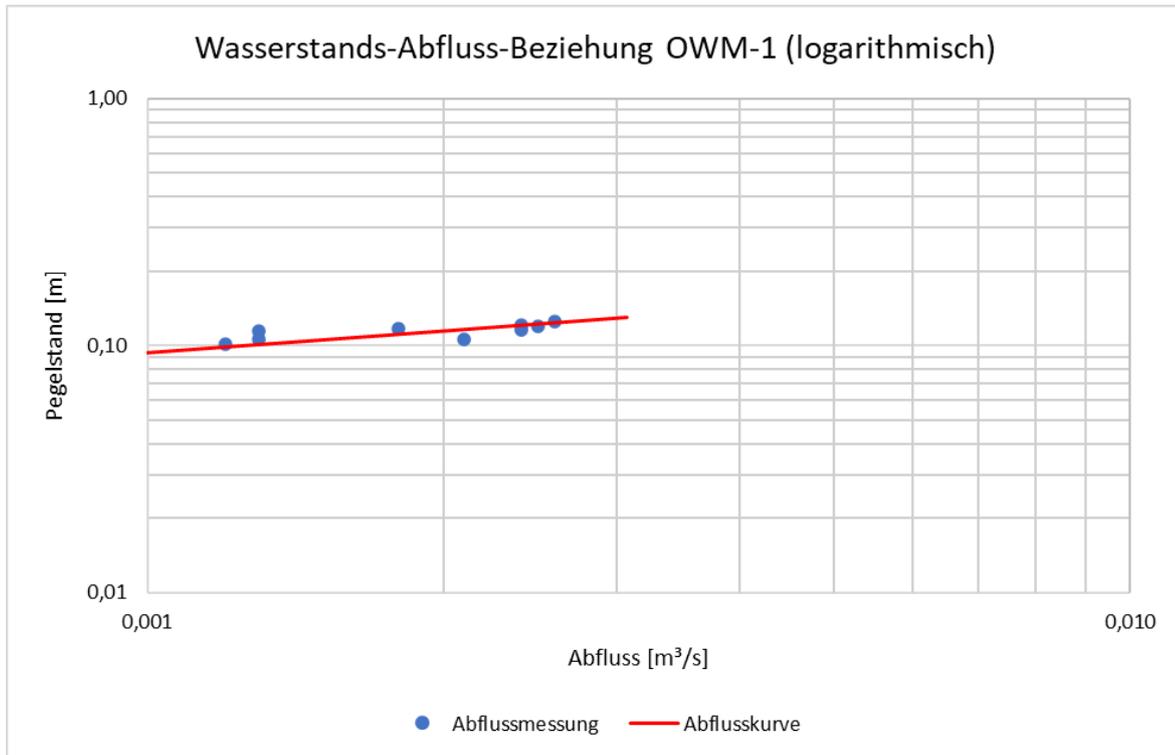


Abbildung 26: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-1

### 4.3.2 OWM-3.1

Abbildung 27 zeigt die Wasserstands-Abfluss-Beziehung an der Messstelle OWM-3.1. Gut zu erkennen ist, dass an dieser Messstelle die Abflusskurve ziemlich genau die Messdaten widerspiegelt. Die letzte Abflussmessung liegt etwas unterhalb der Kurve, was so beabsichtigt ist. Die Erfahrung zeigt, dass die Abflusskurve eher die Hochwasserereignisse miterfassen muss. Eine Abflusskurve, die zum Ende so stark abfallen würde, wäre unrealistisch. In dieser Grafik lässt sich auch erkennen, dass die Abflusskurve bei einem Pegelstand von 0,15 m anfängt. Die Pegel sind in den Boden eingerammt und werden anhand der Höhe über NHN eingemessen. Daher bildet nicht jeder Pegelnullpunkt die Gewässersohle. An der Messstation OWM-3.1 entspricht die Gewässersohle also einem theoretischen  $Q = 0$ , dem Pegelstand 0,15 m.

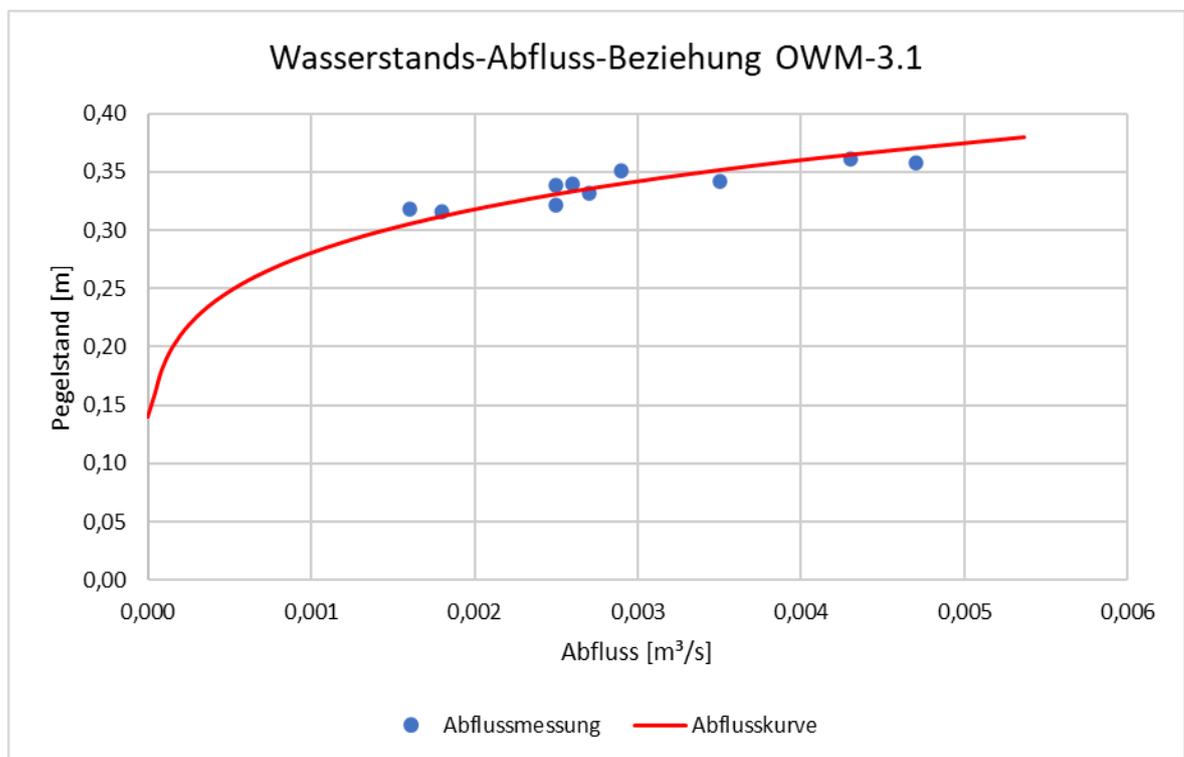


Abbildung 27: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-3.1

Die Gerade in *Abbildung 28* zeigt, dass sich im Bereich der Messwerte keine signifikanten Knickpunkte befinden. Somit hat sich die Entscheidung, eine parabelförmige Abflusskurve zu verwenden, als richtig und treffend erwiesen.

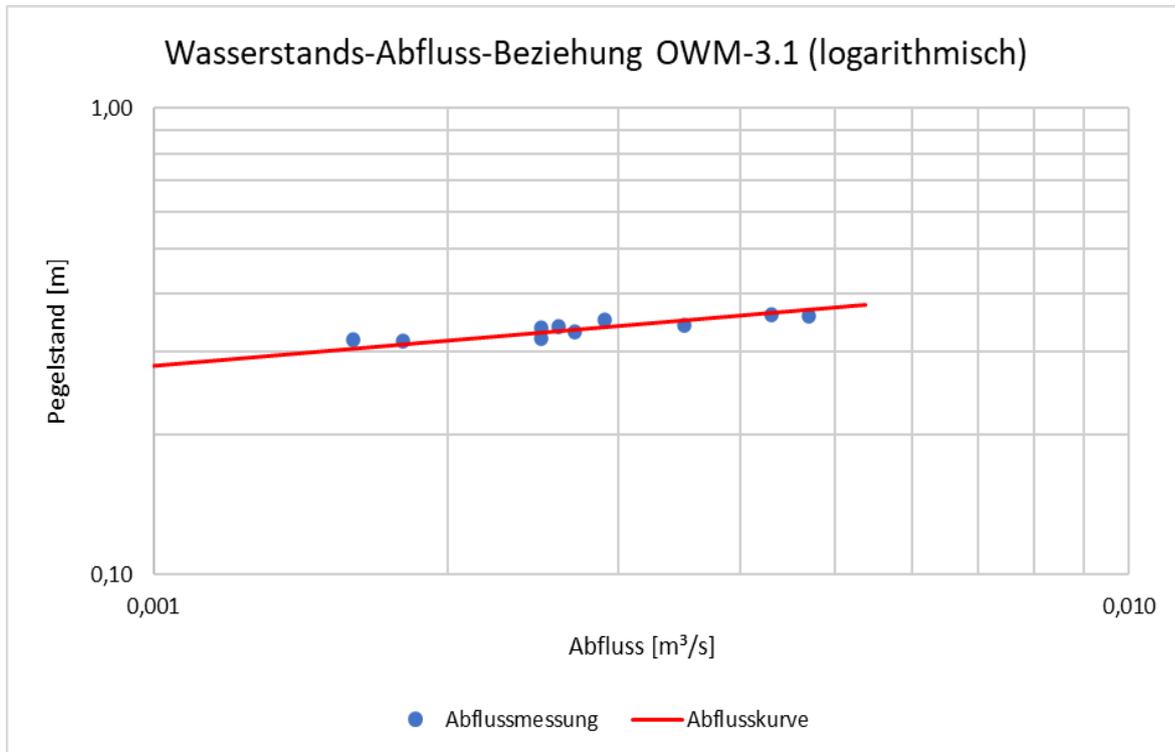


Abbildung 28: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-3.1

### 4.3.3 OWM-5-B

Die *Abbildung 29* zeigt die Wasserstands-Abfluss-Beziehung der Messstelle OWM-5-B. Die Wasserstände bei der Wasserstands-Abfluss-Beziehung der Messstelle OWM-5-B wurden mithilfe der Daten der Druckmessung erstellt. Mit dieser Methode ist es möglich alle weiteren Daten der Drucksonden direkt in Abfluss umzurechnen. Die Besonderheit dieser Messstelle ist, dass es möglich war, ein Hochwasserereignis während einer Messung festhalten zu können. Aufgrund dessen lässt sich ein größerer Bereich des Abflusses bezogen auf den Wasserstand darstellen. In der Abflusskurve (rote Linie) war es wichtig dieses Hochwasserereignis, ohne die anderen Messergebnisse außen vor zu lassen, miteinzubeziehen. Zusätzlich ermöglichten die zur Verfügung gestellten Daten, eine Kurve mit Hilfe der Formel von Gauckler-Manning-Strickler zu errechnen. Diese Kurve wird in der *Abbildung 29* als schwarze gestrichelte Linie dargestellt. Mit Hilfe dieser Berechnung war es realisierbar, die Richtigkeit der Abflusskurve nachweisen zu können.

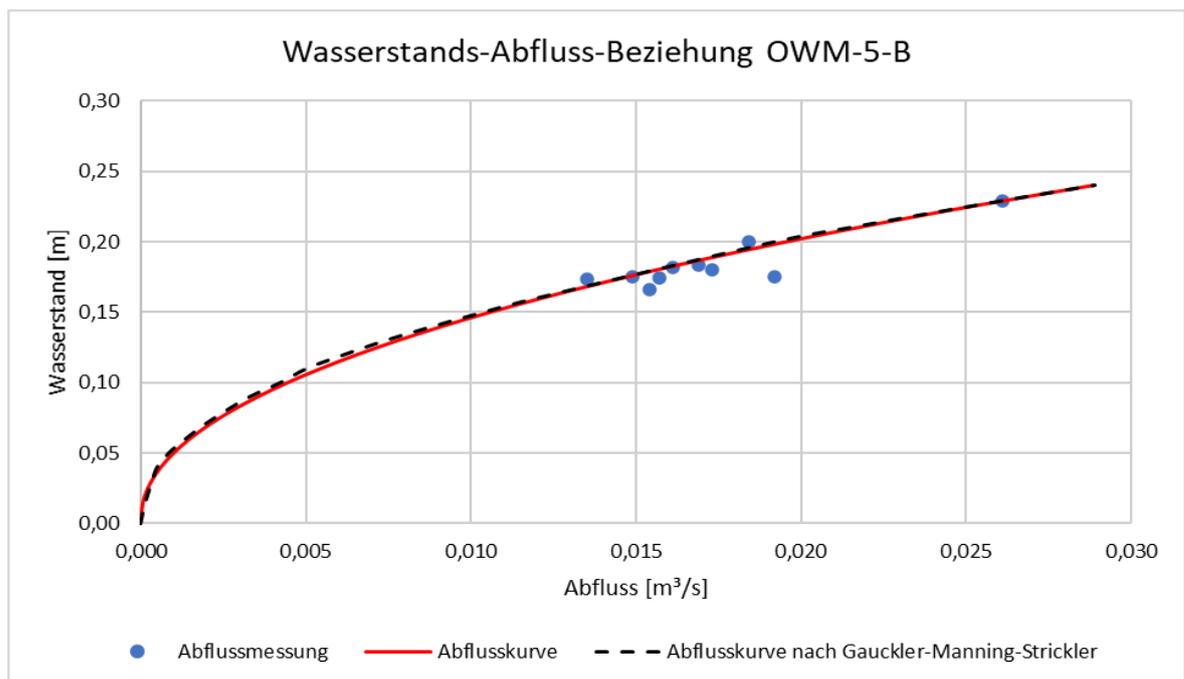


Abbildung 29: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-5-B

Trotz des rechnerischen Nachweises mit der Formel zeigt die *Abbildung 30* zusätzlich, dass keine spezifischen Knickpunkte im Bereich der Abflusskurve übersehen wurden.

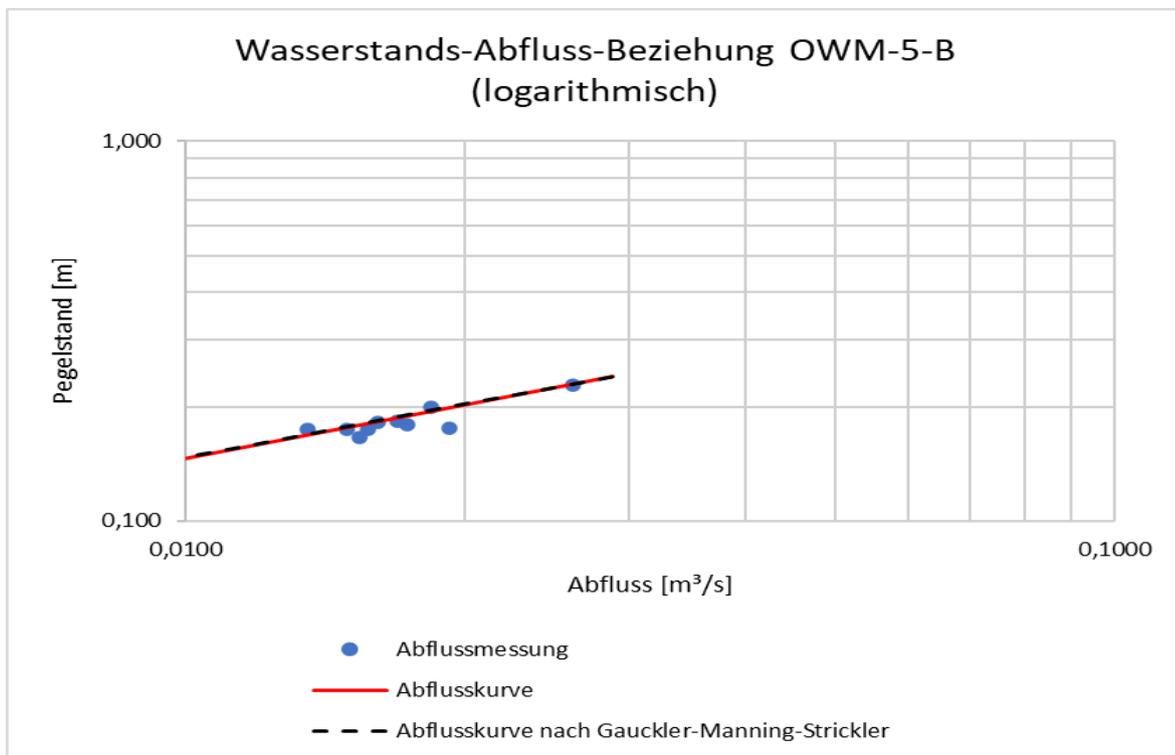


Abbildung 30: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-5-B

#### 4.3.4 OWM-13

Die Wasserstände bei der Wasserstands-Abfluss-Beziehung der Messstelle OWM-13 wurden mithilfe der Daten der Druckmessung erstellt. Mit dieser Methode ist es möglich alle weiteren Daten der Drucksonde direkt in Abfluss umzurechnen. Das Ergebnis wird in *Abbildung 31* dargestellt. Es ist unschwer zu erkennen, dass wie bei der Messstelle OWM-5-B ein Hochwasserereignis mit aufgenommen werden konnte. Um eine möglichst realistische Darstellung der Abflusskurve zu erhalten, verläuft diese durch alle Punkte, erfasst aber auch das Hochwasserereignis. Mit Hilfe der schwarz-gestrichelten Linie, welche mit der Formel von Gauckler-Manning-Strickler berechnet wurde, konnte die Abflusskurve nachgewiesen werden. Die Abflusskurve nach Gauckler-Manning-Strickler steigt etwas flacher an, gleicht sich dann aber an die Abflusskurve an.

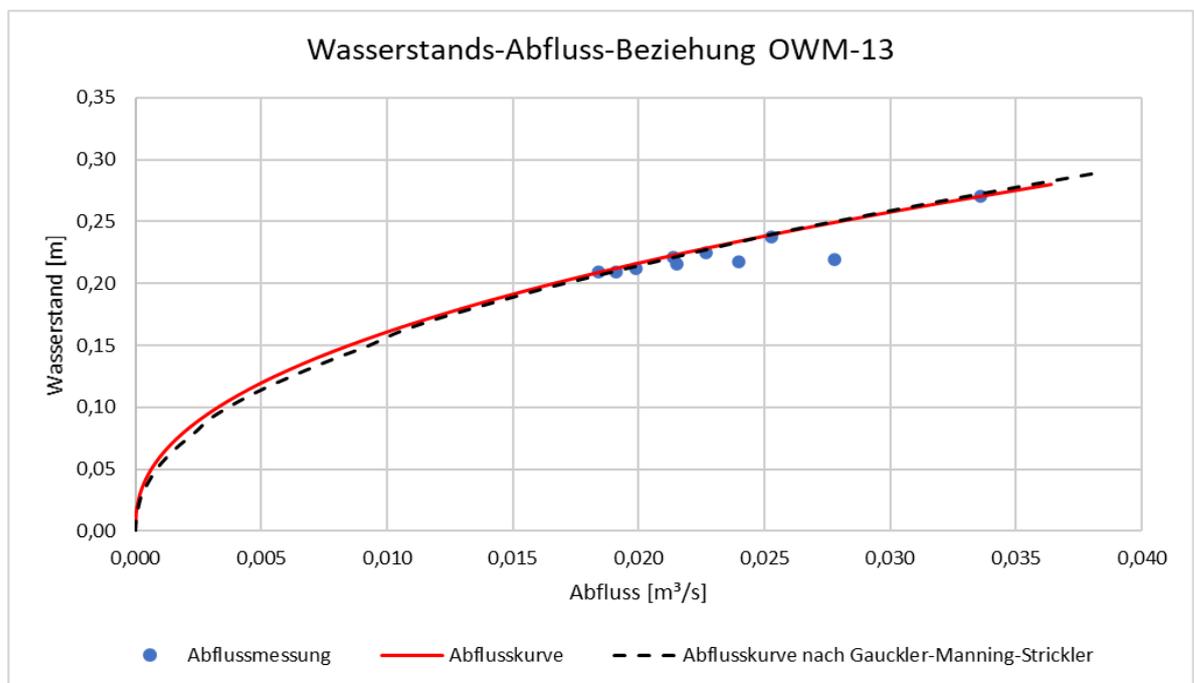


Abbildung 31: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-13

Ein weiterer Nachweis der Richtigkeit der Abflusskurve ist die logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung (siehe *Abbildung 32*). Diese Darstellung macht deutlich, dass auch an der Messstelle OWM-13 keine signifikanten Knickpunkte in der Abflusskurve übersehen wurden.

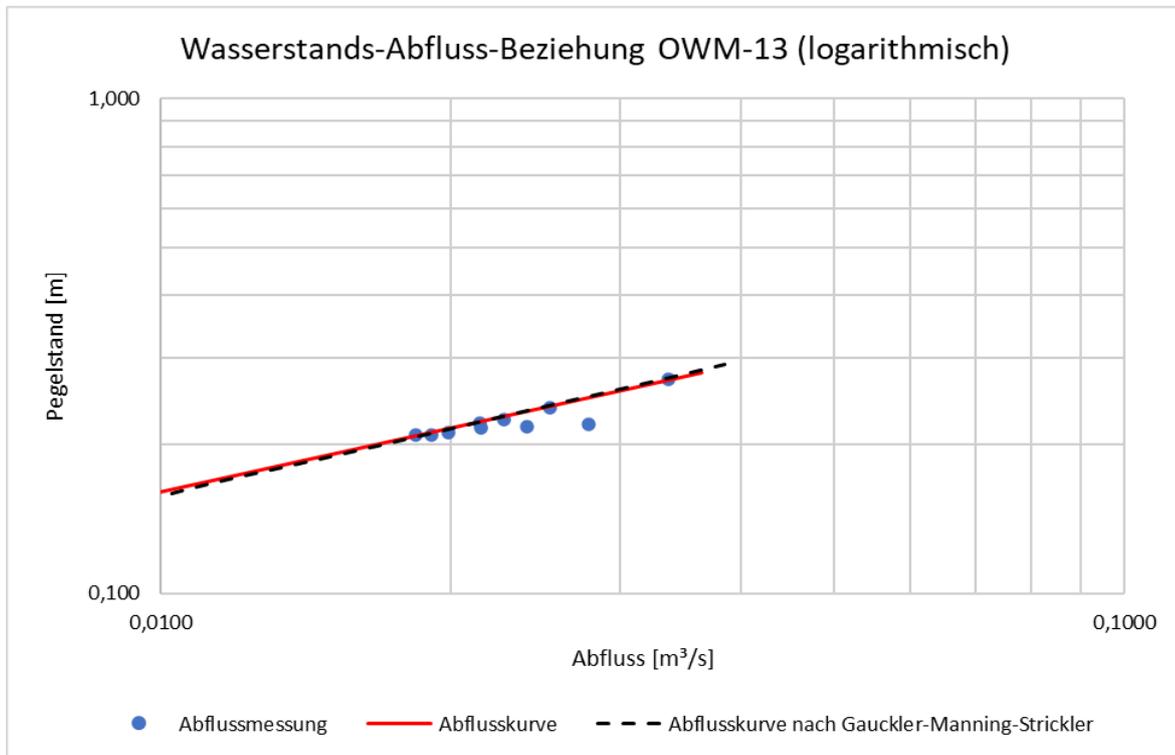


Abbildung 32: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-13

### 4.3.5 OWM-11-Lg

Abbildung 33 stellt die Wasserstands-Abfluss-Beziehung der Messstelle OWM-11-Lg dar. Die Abflusskurve startet bei einem Pegelstand von 0,05 m, welcher die Gewässersohle darstellen soll. Der Verlauf der Abflusskurve ist parabelförmig und stellt alle Messpunkte dar. Zwei Messpunkte können nicht direkt von der Abflusskurve erfasst werden, jedoch spiegelt die Kurve gleichermaßen alle Messpunkte wider.

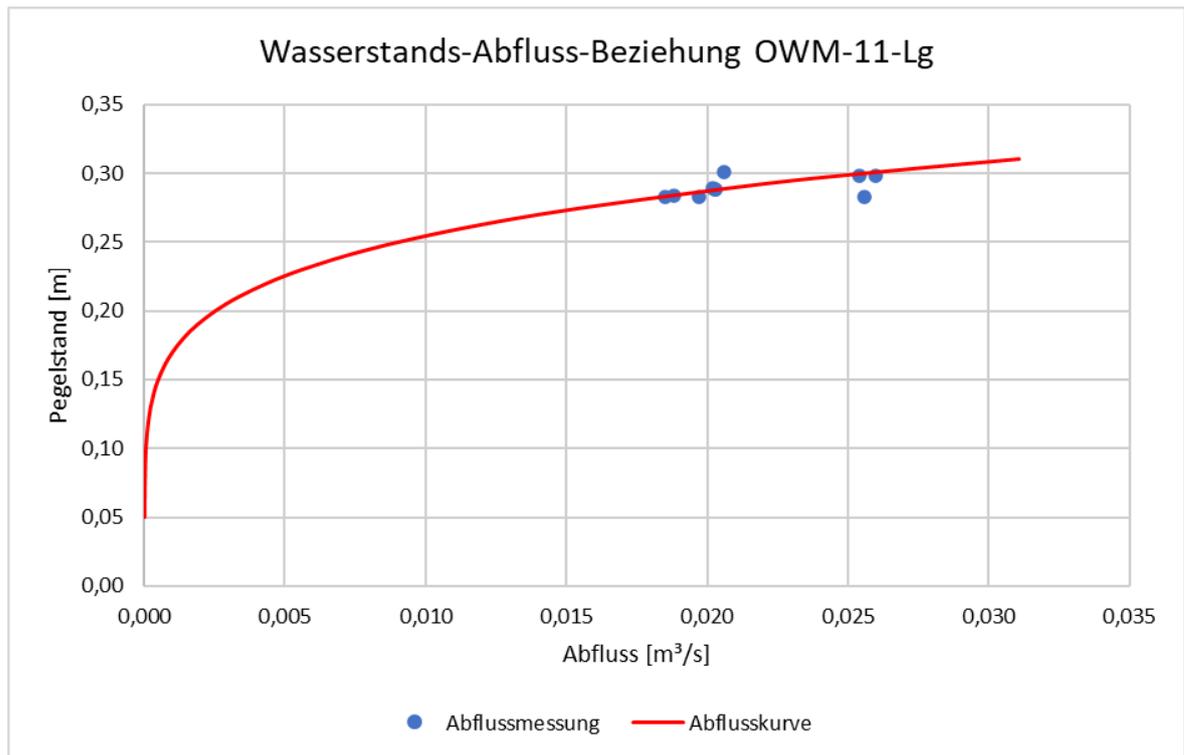


Abbildung 33: Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-11-Lg

Um signifikante Knickpunkte in der Abflusskurve sichtbar machen zu können, stellt die *Abbildung 34* die Wasserstands-Abfluss-Beziehung im Bereich der Messpunkte logarithmisch dar. Anhand dieser Grafik wird deutlich, dass die Wahl einer parabelförmigen Abflusskurve die richtige war.

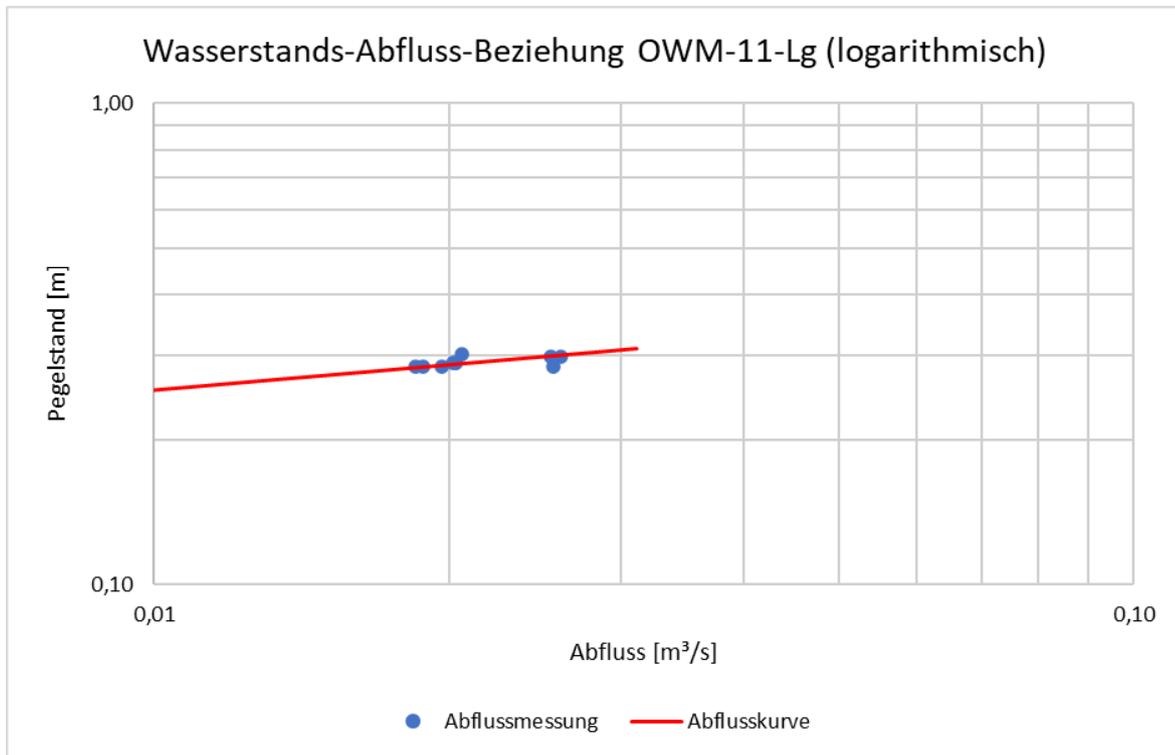


Abbildung 34: logarithmische Darstellung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung OWM-11-Lg

#### 4.4 Drucksensoren-Messung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Drucksensoren-Messung dargestellt. Hierbei wird auf die Messstationen OWM-5-B, OWM-13 und OWM-11-Lg eingegangen. In *Abbildung 35* wird deutlich, wo die Messstationen zur Druckmessung angeordnet wurden. OWM-e-1 konnte nicht ausgewertet werden, da an dieser Messstation der Drucksensor nicht mehr funktionstüchtig war. Für die weitere Bearbeitung wird dieser Sensor ausgetauscht.



Abbildung 35: Übersichtskarte der Druckmessstationen (OpenStreetMap, 2020)

#### **4.4.1 OWM-5-B**

Die Druckmessung an der Messstelle OWM-5-B zeigt die Druckhöhe des Oberflächengewässers und die Druckhöhe des Grundwassers in der Zeit vom 14.04. - 15.05.2020. Anfangs nähern sich die Graphen an. Die Grundwasserdruckhöhe steigt konstant über die gesamte Zeit um 0,1 mNHN an. Der Wasserstand im Gewässer fällt währenddessen bis 30.04. leicht ab und steigt dann an. An dem 01.05. erreicht der Graph dann sein Maximum. Hier ist eindeutig ein Hochwasserereignis zu erkennen. Die Druckmessung macht deutlich, dass dem Oberflächengewässer vom 14.04. – 01.05 und 04.05 – 15.05. Grundwasser zufließt und in der Zeit vom 01.05. – 04.05. Oberflächenwasser ins Grundwasser versickert.

Auffällig ist auch, dass ab dem 30.04. immer wieder Ausschläge zu erkennen sind. Die positiven Ausschläge erfolgen täglich bis zum 06.05.2020. Danach sind am 08.05. und 11.05. noch zwei einzelne Ereignisse zu erkennen und ab dem 12.05. wieder vermehrt positive Peaks von Druckhöhenzunahmen bis zum 0,35 mNHN. Während der ersten Zeit der Häufung sticht ein Abfall der Druckhöhe vom 01.05. – 02.05. heraus. Dieser Druckhöhenabfall fällt und steigt über eine Dauer von 15 Std um 0,31 mNHN. Ein ähnliches Ereignis erstreckt sich vom 13.05. – 14.05. über eine Dauer von 13 Std. Hierbei ist ein Druckhöhenabfall von 0,35 mNHN zu erkennen.

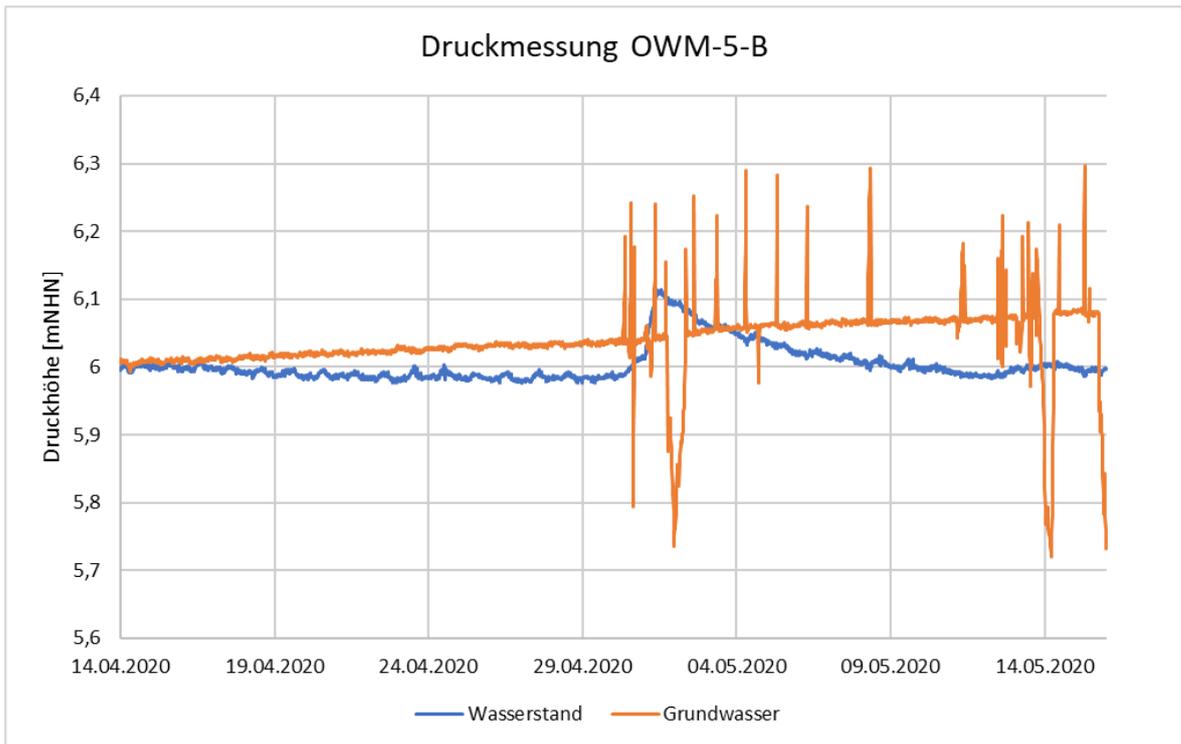


Abbildung 36: Druckmessung OWM-5-B

#### **4.4.2 OWM-13**

Bei der Druckmessung an der Messstelle OWM-13 ergibt sich ein ähnliches Bild wie an der Messstelle OWM-5-B. In der aufgenommenen Zeit vom 14.04. – 15.05.2020 steigt die Druckhöhe im Grundwasser konstant an. Am 14.04. verzeichnet der Graph einen Wert von ca. 5,5 mNHN, welcher am 15.05. bis auf ca. 5,6 mNHN ansteigt. Während dieser Zeit hat der Graph vereinzelt bis zum 30.04. positive Ausschläge der Druckhöhe. Ab diesem Zeitpunkt verzeichnet der Graph der Grundwasserdruckhöhe häufiger kurzzeitige Druckgefälle sowie Druckerhöhungen. In den Bereichen vom 30.04. – 06.05. und 08.05. – 11.05. sind diese Ereignisse jeden Tag zu erkennen. In Bezug auf die Messstelle OWM-5-B wird deutlich, dass in beiden Fällen ein Druckgefälle zwischen den Tagen 01.05. – 02.05. und 13.05. – 14.05. verzeichnet wurde. An der Messstelle OWM-13 wird das erste Ereignis um eine halbe Stunde versetzt verzeichnet und erstreckt sich über eine Dauer von 14,5 Std. In diesem Zeitraum fällt und steigt der Graph um 0,2 mNHN. In dem zweiten Zeitraum stellt sich das Druckgefälle von bis zu 0,3 mNHN eine Stunde später ein und hält über eine Dauer von 13 Std an. Die Druckhöhe des Wasserstandes fällt vom 14.04. bis zum 30.04. minimal ab und steigt ab diesem Zeitpunkt bis zum Erreichen eines Peaks am 01.05. an. Im Verlauf des 01.05. kreuzen sich die Graphen, wodurch deutlich wird, dass das Oberflächenwasser ins Grundwasser versickert. Dieser Zutritt erstreckt sich über die Dauer vom 01.05. bis Mitte des Tages des 02.05.2020. Danach fällt der Graph konstant bis zum 13.05. ab, worauf eine kurzzeitige minimale Druckerhöhung folgt. Mit Hilfe der Druckmessung lässt sich von 14.04. – 01.05. und Mitte des Tages am 02.05. – 15.05. erkennen, dass dem Oberflächengewässer Grundwasser zufließt.

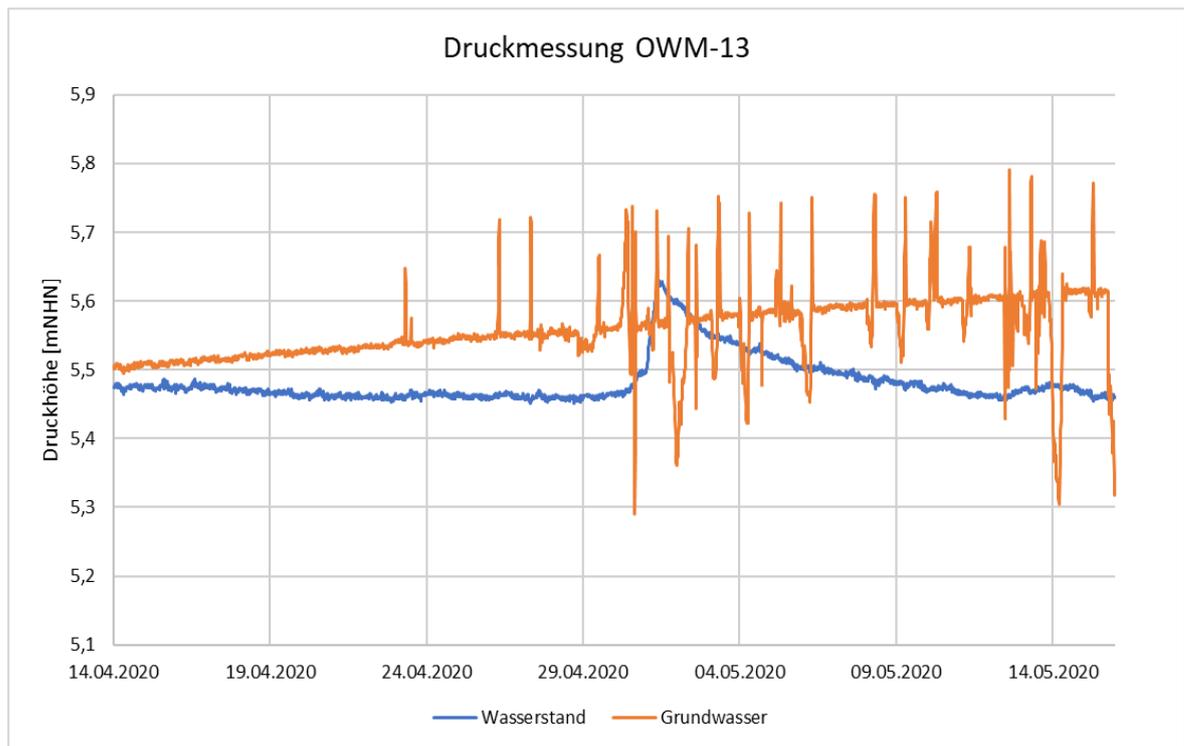


Abbildung 37: Druckmessung OWM-13

### 4.4.3 OWM-11-Lg

Die beiden Graphen verlaufen an der Messstelle OWM-11-Lg vom 14.04. bis zum 30.04. fast parallel zueinander. Am 30.04. hat die Drucksensormessung einen Anstieg des Wasserstandes um ca. 0,1 mNHN verzeichnet. Dieser Anstieg erreicht seinen Peak in Laufe des 01.05. und fällt dann bis zum Ende der Messung am 15.05. auf sein Ausgangsniveau zurück. Die Druckmessung macht deutlich, dass dem Oberflächengewässer über die gesamte Messperiode (14.04. – 15.05.2020) Grundwasser zufließt, mit Ausnahme zum Zeitpunkt des Peaks im Laufe des 01.05.2020. Während dieser kurzen Zeit versickert Oberflächenwasser ins Grundwasser. Dieses Ereignis erstreckt sich über ca. 6 Std. Die Versickerung des Oberflächengewässers ins Grundwasser lässt sich auch anhand der Druckhöhe im Grundwasser ab dem 03.05. erkennen. Kurz nach dem 03.05. steigt die Druckhöhe im Grundwasser über zwei Tage an und fällt dann wieder ab.

Im Gegensatz zu den Messstellen OWM-5-B und OWM-13 treten innerhalb der Messperiode zwei Häufungen von Druckauschlägen auf. Die erste Phase ist vom 30.04.-02.05. und die zweite Phase vom 12.05. – 13.05.2020. Die Druckhöhenunterschiede in diesen Bereichen sind von etwa 0 – 0,3 mNHN aufgezeichnet worden.

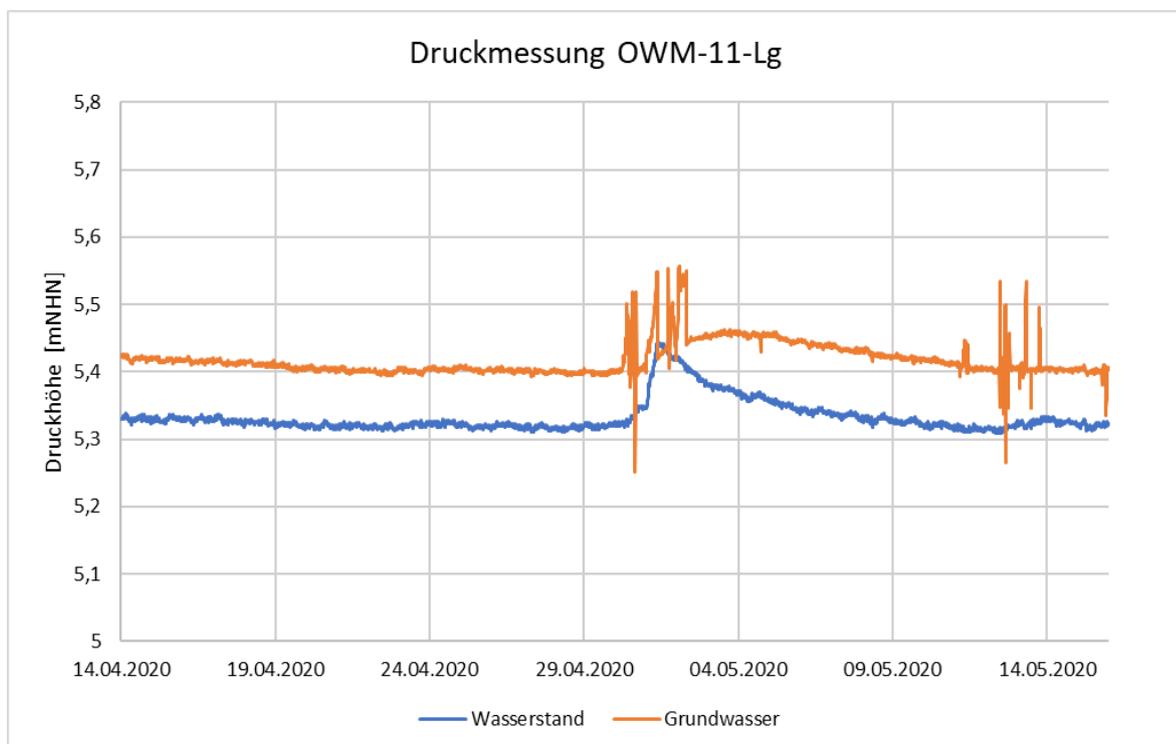


Abbildung 38: Druckmessung OWM-11-Lg

## 4.5 Multiparameter Sondenmessung

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der Multiparameter-Sondenmessung dar. Mithilfe von Grafiken wird der Verlauf des Glindbruchgrabens und des Niemark Landgrabens durch Temperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und Redoxpotential dargestellt.

Abbildung 39 macht deutlich, dass die Messung im Glindbruchgraben im Norden mit der Messstelle 1 beginnt und mit der Messstelle 11, kurz vor dem Zusammenfluss mit dem Niemark Landgraben, endet. Im Niemark Landgraben startet die Messung an der Messstelle 12 und endet bei der Messstelle 21 kurz vor der Autobahnbrücke an der Messstation OWM-11-Lg. Wichtig zu erwähnen ist, dass nicht alle Punkte den gleichen Abstand zueinander haben. Besonders zwischen Messpunkt 1 und 2 ist der Abstand sehr groß. Hinzu kommt, dass die beiden Messpunkte auf halber Strecke durch eine Verrohrung miteinander verbunden sind.

Zusätzlich dazu sind auf der Karte der Zufluss Glindbruchgraben und der Zufluss Niemark Landgraben eingezeichnet. Diese Ergebnisse werden im Text mit aufgeführt und in der Diskussion berücksichtigt.

Die einzelnen Messwerte der Multiparameter-Sondenmessung können dem *Anhang I – L* entnommen werden.

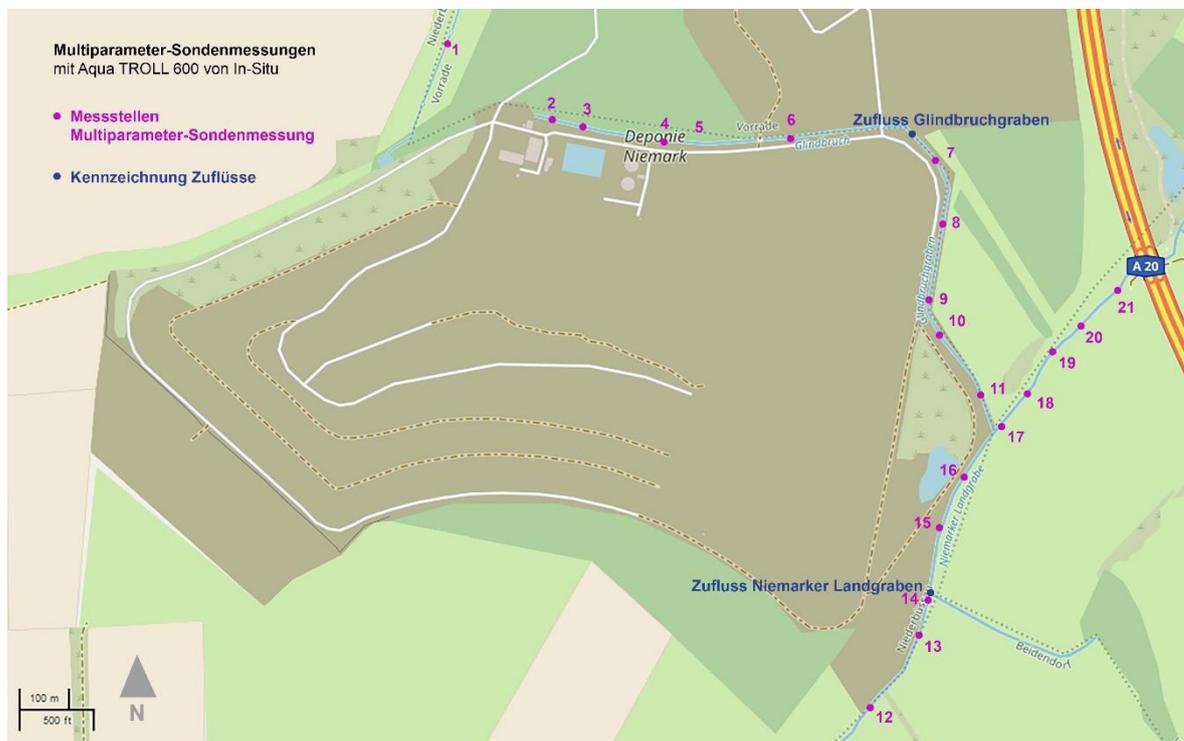


Abbildung 39: Übersichtskarte zur Multiparameter-Sondenmessung (OpenStreetMap, 2020)

### 4.5.1 Temperatur

Die Temperatur im Glindbruchgraben wurde mit 16 °C am Messpunkt 1 gemessen (vgl. *Abbildung 40*) und fällt bis zum Messpunkt 2 bis auf 10 °C ab. Wie im Eingangstext schon erwähnt, sind die beiden Messpunkte durch eine Verrohrung auf halber Strecke miteinander verbunden. Die 2. Messung im Glindbruchgraben wurde direkt hinter der Verrohrung aufgenommen. Von dieser Messung an steigt die Temperatur im Glindbruchgraben stetig an und erreicht an Messpunkt 6 eine Temperatur von 14,5 °C. An dem Messpunkt 7 wird eine Temperaturdifferenz von 1,5 °C gemessen. An diesem Punkt ist zu erwähnen, dass der Zufluss Glindbruchgraben mit 12 °C dem Glindbruchgraben zwischen Messpunkt 6 und 7 zufließt. Die Temperatur steigt ab diesem Zeitpunkt bis kurz vor dem Zusammenfluss mit dem Niemark Landgraben bis auf 16 °C an.

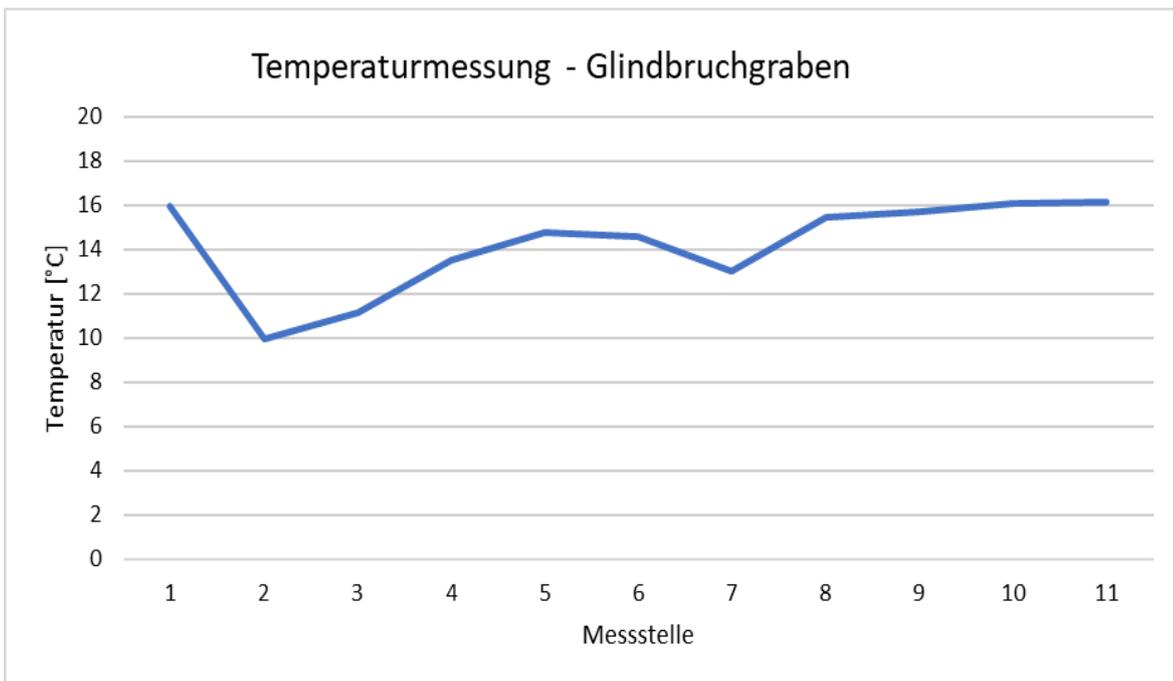


Abbildung 40: Temperaturverlauf im Glindbruchgraben

Der Temperaturverlauf im Niemarkter Landgraben (vgl. *Abbildung 41*) weist keine großen Besonderheiten auf. Die Temperatur fällt über die gesamte Strecke um 1 °C. Im Bereich der Messstation 14 ist ein leichter Temperaturverlust sichtbar. Dieser wird durch den Zufluss Niemarkter Landgraben beeinflusst. Der Zufluss wurde mit einer Temperatur von 16,09 °C gemessen.

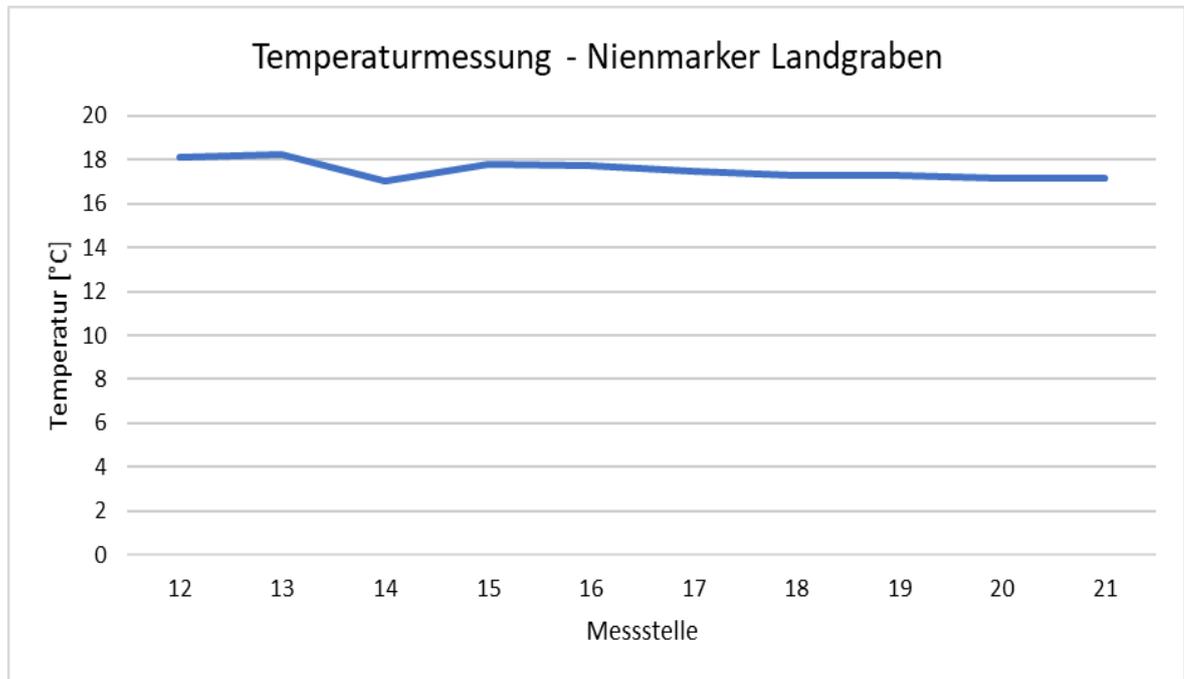


Abbildung 41: Temperaturverlauf im Niemarkter Landgraben

### 4.5.2 Sauerstoff

Der Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Glindbruchgraben ist an zwei Punkten besonders markant (vgl. *Abbildung 42*). An dem Messpunkt 1 wurde eine Sauerstoffkonzentration von 13,09 mg/l gemessen. Diese Konzentration sinkt bis auf 2,34 mg/l ab und steigt dann bis zum Messpunkt 6 auf 11,88 mg/l an. Die zweite markante Stelle ist am Messpunkt 7. Dieser hat eine Differenz zum vorherigen Messpunkt von 3,25 mg/l. Zwischen dem Messpunkt 6 und 7 fließt der Zufluss Glindbruchgraben dem Gewässer mit einer Sauerstoffkonzentration von 6,28 mg/l zu. Die Konzentration steigt bis kurz vor dem Zusammenfluss bis auf 12,53 mg/l an.

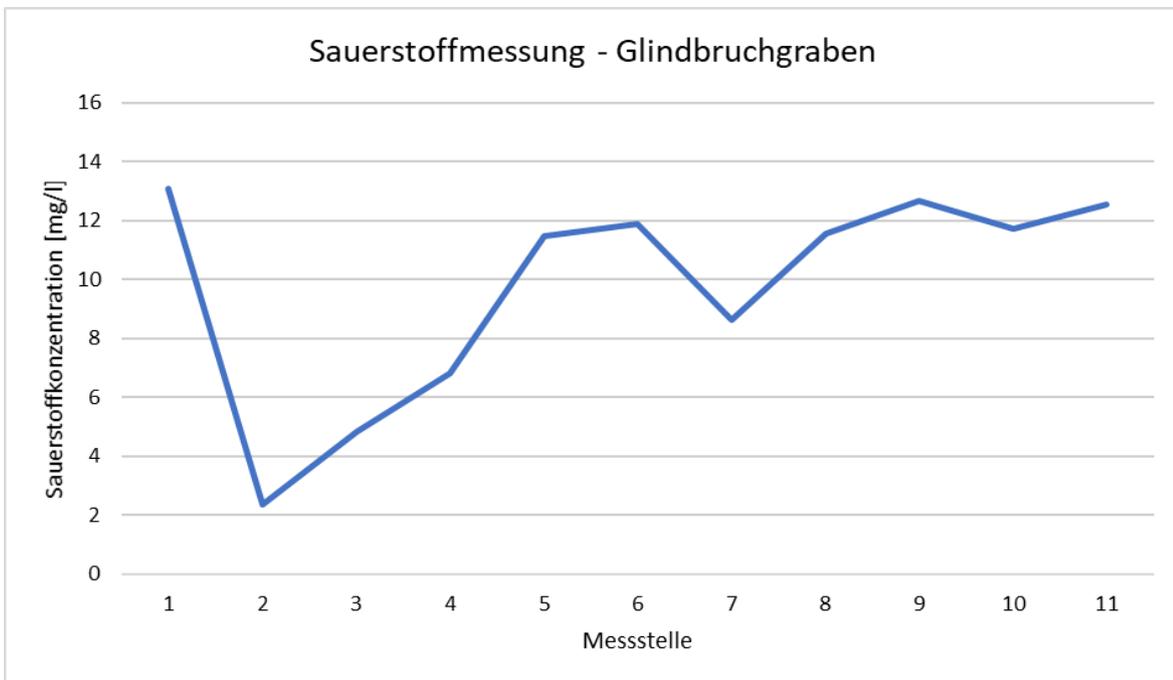


Abbildung 42: Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Glindbruchgraben

Der Niemarkter Landgraben ist in Bezug auf die Sauerstoffkonzentration nicht sehr auffällig. Zu Beginn ist ein Wert von ca. 12 mg/l festzustellen. Dieser Wert steigt kurzzeitig an und fällt dann wieder auf den Ausgangswert zurück. An der Messstelle 14 fließt auch der Zufluss Niemarkter Landgraben mit 8,81 mg/l hinzu. Von der Messstelle 14 an steigt der Wert bis zum Messpunkt 21 konstant auf 13,91 mg/l an. *Abbildung 43* verdeutlicht, dass an dem Messpunkt 17 durch den Zusammenfluss von Glindbruchgraben und Niemarkter Landgraben ein minimaler Konzentrationseinbruch von ca. 0,7 mg/l ist.

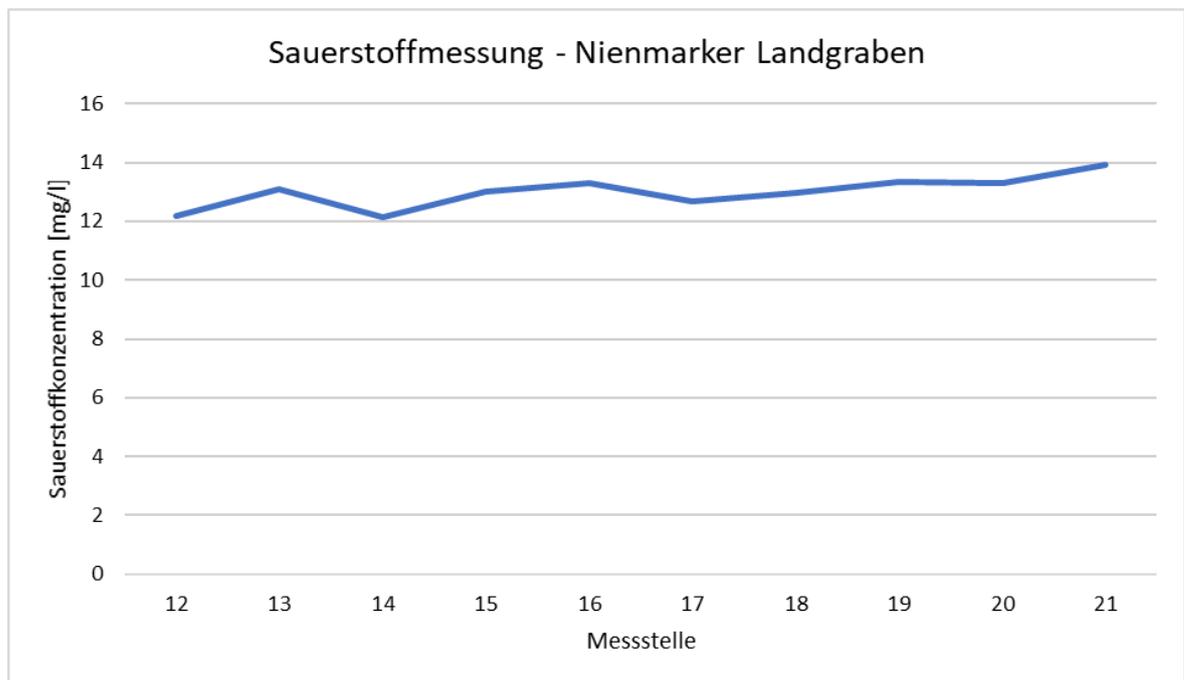


Abbildung 43: Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Niemarkter Landgraben

### 4.5.3 Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit im Glindbruchgraben wurde an der Messtelle 1 mit 810,31  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen und ist bis zur 2. Messtelle um ca. 209  $\mu\text{S}/\text{cm}$  angestiegen und direkt wieder auf 822,19  $\mu\text{S}/\text{cm}$  am Messpunkt 3 gefallen. Danach verzeichnet der Graph einen Anstieg bis Messpunkt 5 auf 936,41  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ab diesem Zeitpunkt lässt sich ein Abfall der elektrischen Leitfähigkeit bis auf 724,14  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bis zu der Messtelle 9 feststellen. Die *Abbildung 44* zeigt, dass die elektrische Leitfähigkeit bis zur Messtelle 10 auf einen Wert von 955,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ansteigt, dann aber direkt wieder auf 876,41  $\mu\text{S}/\text{cm}$  herabfällt. An dem Zufluss Glindbruchgraben wurde eine elektrische Leitfähigkeit von 730,56  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen.

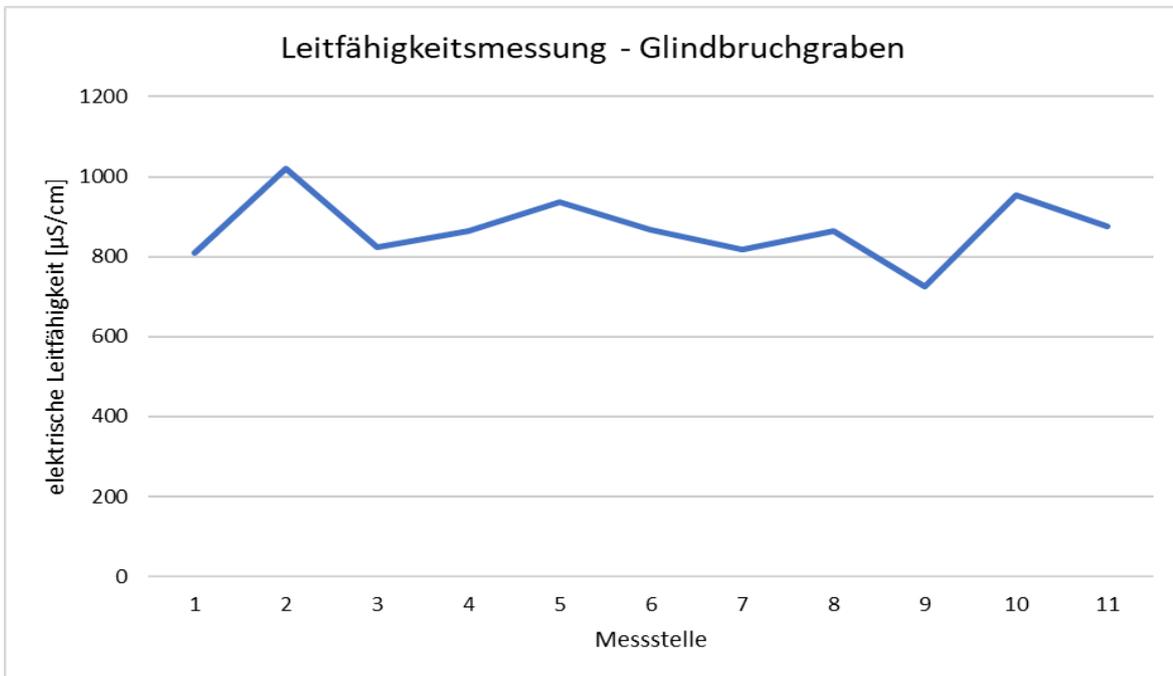


Abbildung 44: Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Glindbruchgraben

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Niemarkter Landgraben (siehe *Abbildung 45*) ergibt eine konstante Gerade, welche lediglich durch kleine Veränderungen, an den Messpunkten 13 und 16, auf der Strecke beeinflusst wurde. Die Leitfähigkeit steigt von Messpunkt 12 bis Messpunkt 21 von 537  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf 576  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an.

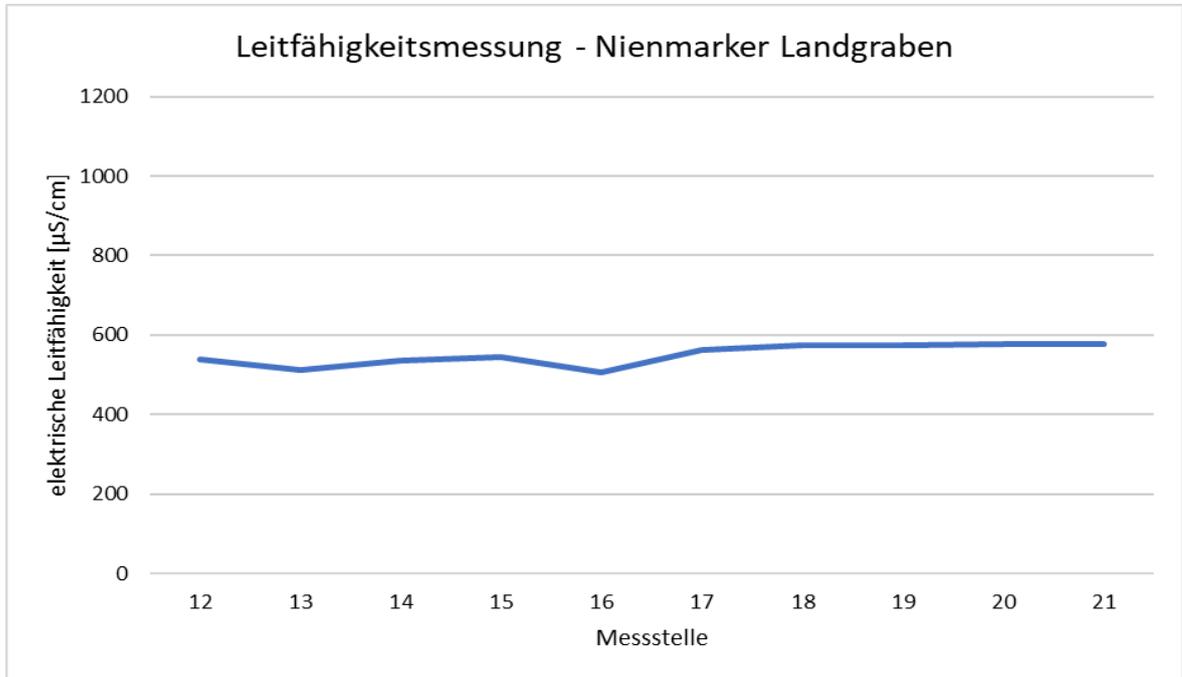


Abbildung 45: Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Niemarkter Landgraben

#### 4.5.4 Redoxpotential

Die *Abbildung 46* macht deutlich, dass das Redoxpotential anfangs mit 35,69 mV gemessen wird und direkt auf 10,90 mV sinkt. Ab dem Messpunkt 2 steigt das Potential im Verlauf des Glindbruchgraben bis zu einem Wert von 168,97 mV an und fällt zum Ende hin um 49,1 mV auf 119,87 mV. Die Messung des Zufluss Glindbruchgraben ergab einen Wert von 113,22 mV.

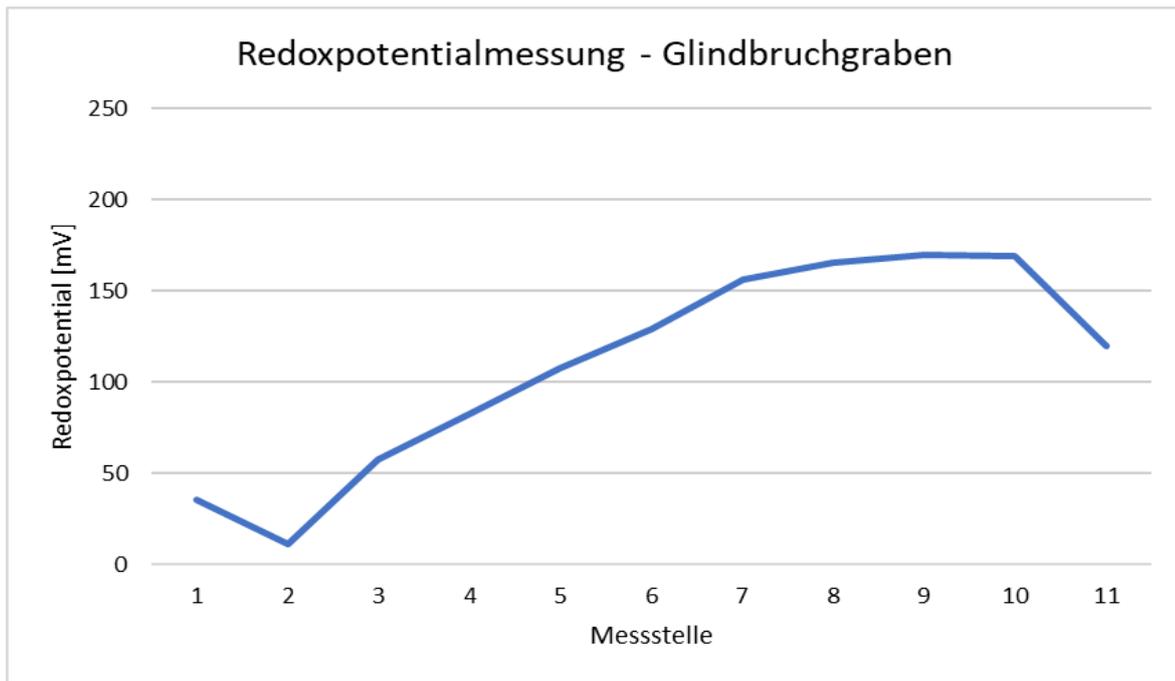


Abbildung 46: Verlauf des Redoxpotentials im Glindbruchgraben

Im Gegensatz zum Glindbruchgraben startet der Verlauf des Redoxpotentials im Niemark Landgraben mit einem deutlich höheren Wert von 191,34 mV (vgl. *Abbildung 47*) und fällt dann konstant bis auf 171,67 mV an der Messstelle 21 ab. Innerhalb dieses Verlaufes fällt das Potential an der Messstelle 17, kurz hinter dem Zusammenfluss mit dem Glindbruchgraben, auf 131,10 mV ab, steigt dann wieder an und fällt dann wieder minimal um etwa 16 mV an der Messstelle 19 ab. Die Messung des Zuflusses hat einen Wert von 201,20 mV ergeben.

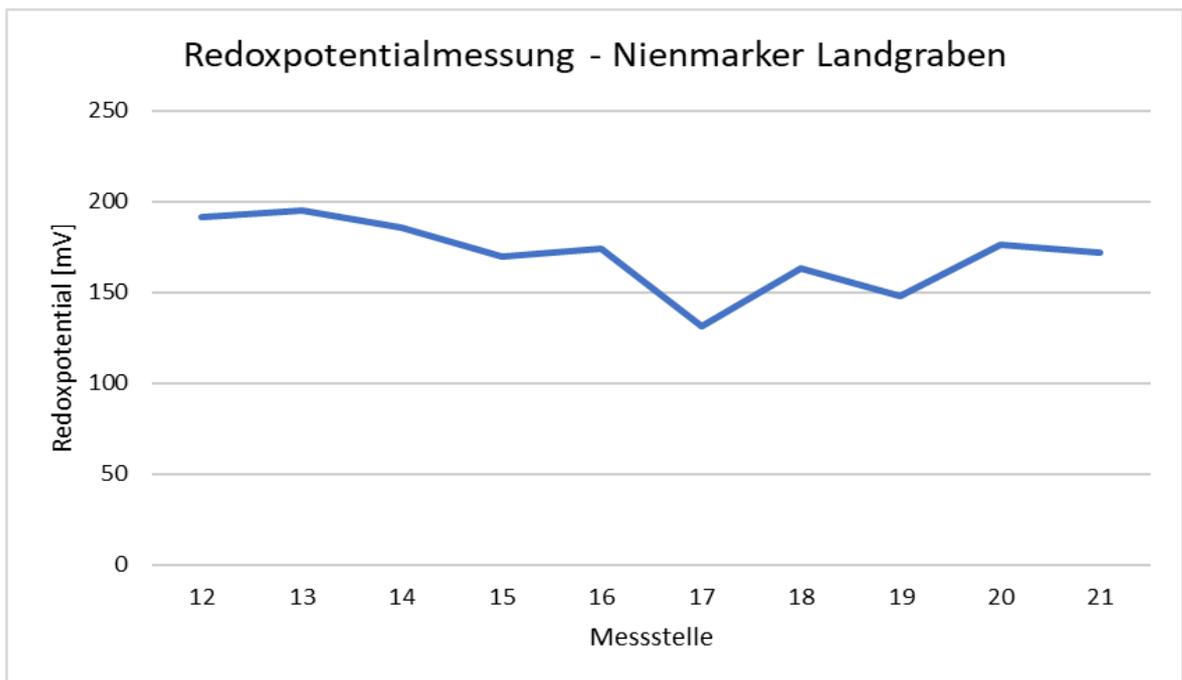


Abbildung 47: Verlauf des Redoxpotentials im Niemark Landgraben



## 5 Diskussion

Im Folgenden werden die Messergebnisse aus *Kapitel 4* näher beleuchtet. Für die Interpretation der Ergebnisse gilt es zu bedenken, dass es in der gesamten Messperiode vom 14.04. – 15.05.2020 nur zwei Regenereignisse zu verzeichnen gab. *Abbildung 48* zeigt die Wetterdaten der Station Lübeck-Blankensee. Der Stadtteil Blankensee ist 3 km Luftlinie von der Deponie entfernt und somit die nächste öffentlich einsehbare Wetterstation. Die Wetterdaten zeigen ein Regenereignis, welches am 30.04. ein Starkregenereignis mit einer Niederschlagsmenge von 25 l/m<sup>2</sup> verzeichnet. Das zweite Ereignis, welches auch über die Daten dokumentiert wurde, hat sich von 10.05.-13.05.2020 ereignet. Hierbei handelt es sich um ein kleines Regenereignis mit bis zu maximal 3 l/m<sup>3</sup>.

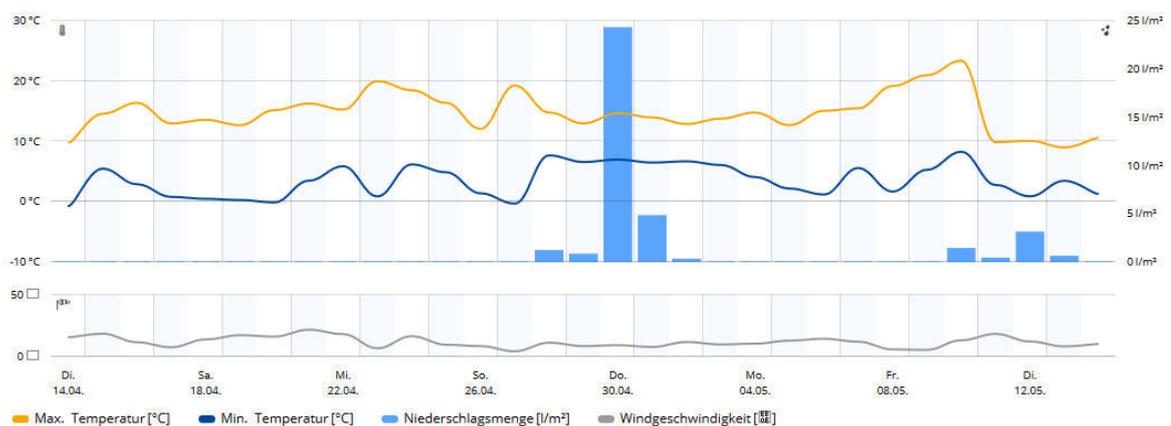


Abbildung 48: Wetterdaten Lübeck-Blankensee vom 14.04.-15.05.2020 (Wetter.com GmbH, 2020)

## 5.1 Abflussmessungen und Druckmessungen

Dieses Kapitel stellt die Frage dar, ob man mithilfe der Abflussmessungen durch die mobilen Messgeräte eine Abflussdifferenz zwischen den einzelnen Messstationen feststellen kann. Die Wasserstands-Abfluss-Beziehungen sowie der Nachweis der Abflusskurven durch die Formel nach Gauckler-Manning-Strickler haben aufgezeigt, dass die Abflussmessungen ordnungsgemäß durchgeführt wurden. Die Messungenauigkeiten, die bei der Abflusskurve verdeutlicht wurden, konnten durch die Fehlerberechnung behoben werden.

Aufgrund der geologischen Lage der beiden Oberflächengewässer bietet es sich an, den Glindbruchgraben als erstes zu betrachten, da dieser kurz vor der Messstelle OWM-13 in den Niemarkter Landgraben fließt. Die Messdaten an der Station OWM-3.1 fallen über die gesamte Messperiode außer nach dem Hochwasserereignis ab. Die erste Messung ergab einen Wert von  $0,0047 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die ausbleibenden Regenereignisse führen dazu, dass die Messwerte bis auf  $0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$  herabfallen. Das Regenereignis am 30.04. sorgt schließlich dafür, dass der Abfluss, trotz der trockenen Zeit zuvor, auf  $0,0035 \text{ m}^3/\text{s}$  ansteigt. Bis zum Ende jedoch fällt der Abfluss auf bis zum  $0,0016 \text{ m}^3/\text{s}$  ab. An der Messstelle OWM-1 wurden über die gesamte Zeit entweder ähnliche Werte um die  $0,0023 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen oder deutliche geringer Werte um die  $0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dieser Unterschied der Messstellen lässt sich anhand der folgenden Gegebenheiten erklären. OWM-1 ist mit 1,4 m im Gegensatz zu OWM-3.1 mit 0,9 m deutlich breiter und flacher. Der Bewuchs am Boden und das flache Wasser haben die Messungen erschwert. Jedoch machen die Messdaten deutlich, dass es zwischen den Messstellen OWM-1 und OWM-3.1 einen Zufluss gibt. An den Messtagen 2, 5, 6 und 7, wobei 7 das Hochwasserereignis darstellt, wurden Abflussdifferenzen von  $0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen. An den restlichen Messtagen lagen die Abflussdifferenzen zwischen  $0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dieses entspricht  $0,1 - 0,6 \text{ l/s}$ . Die kleineren Differenzen lassen sich durch den Zufluss Glindbruchgraben erklären. Leider wurde dieser Zufluss nicht dauerhaft gemessen, jedoch kann man anhand der aufgenommenen Videos während der Messtage erkennen, dass dieser Zufluss den Glindbruchgraben mit  $\pm 0,5 \text{ l/s}$  ( $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$ ) speist. Da die Druckmessung aufgrund von technischen Problemen im Glindbruchgraben leider nicht durchgeführt werden konnte, müssen weitere Messungen angestellt werden, um die größeren Abflussdifferenzen erklären zu können. Zusätzlich dazu ist die Druckmessung

notwendig um bei der weiteren Bearbeitung des Projektes die Wasserstände bestimmen zu können. Mithilfe dieser Wasserstände und der Wasserstands-Abfluss-Beziehung können dann die Abflüsse berechnet werden.

Schaut man sich die Graphen der Messstation OWM-5-B und OWM-13 an, wird deutlich, dass diese über die gesamte Messperiode parallel verlaufen, jedoch OWM-13 einen deutlich höheren Abfluss aufzeigt als OWM-5-B. Hierbei gilt es zu beachten, dass dem Niemarker Landgraben kurz vor der Messstation OWM-13 der Glindbruchgraben zufließt. Aufgrund dessen ergibt sich überschlagsweise, dass der Abfluss von OWM-5-B plus der Abfluss von OWM-3.1 den Abfluss von OWM-13 ergeben müsste. Stellt man diese Überschlagsrechnung an fällt auf, dass an der Messstelle OWM-13 bei allen Messungen ein höherer Abfluss gemessen wurde als die Addition aus den Messstellen OWM-5-B und OWM-3.1. Kleinere Differenzen wie am 16.04. ( $0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 20.04. ( $0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 30.04. ( $0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und 11.05.2020 ( $0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$ ) lassen sich über den Zufluss Niemarker Landgraben erklären. Dieser fließt dem Niemarker Landgraben auf der Strecke zwischen der Messstelle OWM-5-B und OWM-13 zu. Dieser Abfluss wurde nicht über die gesamte Zeit gemessen. Anhand der Videos lässt sich aber ein Zufluss von  $\pm 1 \text{ l/s}$  ( $0,0010 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und mehr je nach Messtag vermuten. Interessant ist jedoch, dass es Tage gibt, an denen eine Differenz von  $0,0031 - 0,0058 \text{ m}^3/\text{s}$ , welches immerhin  $31 - 58 \text{ l/s}$  entspricht, festgestellt werden kann. Die Messung 1 am 14.04. weist hierbei den höchsten Wert mit  $0,0058 \text{ m}^3/\text{s}$  auf. Darauf folgen die Messungen 4 am 23.04. mit  $0,0040 \text{ m}^3/\text{s}$ , die Messung 5 am 27.04. mit  $0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$ , die Messungen 7 und 8 am 04.05. und 07.05. mit  $0,0040 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $0,0044 \text{ m}^3/\text{s}$  sowie die Messung 10 mit  $0,0037 \text{ m}^3/\text{s}$ . Anhand dieser Auflistung wird deutlich, dass es mehr Messungen mit einer sehr hohen Abflussdifferenz gibt. Aus diesem Grund wurden im Vorwege Druckmessstationen installiert, um über eine Druckdifferenz des Wasserstandes im Oberflächengewässer sowie dem Grundwasser mögliche Grundwasserzutritte oder Versickerungen des Oberflächengewässers feststellen zu können. Wie in *Kapitel 4.4* dargestellt wurde, konnte an den Messstationen OWM-5-B und OWM-13 sowie an der Messstelle OWM-11-Lg ein Grundwasserzutritt ins Oberflächengewässer nachgewiesen werden. Ein Grundwasserzutritt wurde über die gesamte Messperiode vom 14.04. – 15.05. festgestellt, mit Ausnahme kurz nach dem Regenereignis am 30.04. 2020. Eine Berechnung nach Darcy zeigt jedoch, dass diese Mengen in Bezug auf die Abflussdifferenzen eher gering sind. Für die Berechnung nach

Darcy wird der Durchlässigkeitsbeiwert nach dem Messstellenpass (vgl. *Anhang A*) des Ingenieurbüros Dr. Lehnert und Wittorf, die Querschnittsfläche anhand der Querschnittsprofile (vgl. *Anhang C*) und der geologischen Daten angenommen. Der hydraulische Beiwert wird mit 1 angenommen. Daraus ergibt sich  $Q = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 500 \cdot 1 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 0,5 \text{ l/s}$ . Aus dieser Rechnung geht hervor, dass dem Niemarker Landgraben zwischen der Messstelle OWM-5-B und OWM-13 ca. 0,0005  $\text{m}^3/\text{s}$  nach dem Hochwasserereignis zufließen.

Kurz nach dem Regenereignis wurde an der Messstelle OWM-5-B vom 01.05. – 03.05. eine Versickerung des Oberflächengewässers festgestellt. An der Messstelle OWM-13 wurde eine Versickerung vom 01.05. bis Mitte des Tages am 02.05. verzeichnet. Jedoch wird nicht ersichtlich, wo die vorher erwähnte Differenz im Abfluss zwischen den Messstellen OWM-5-B und OWM-13 zufließt. Eine weitere Erkenntnis, die aus den Abflussmessungen hervorgeht, ist, dass die Messstelle OWM-11-Lg im Gegensatz zur Messstelle OWM-13 bei dem Großteil der Abflussmessungen einen deutlich geringeren Abfluss hat. An den Messungen am 16.04. und 11.05.2020 wurde an der Messstelle OWM-11-Lg ein höherer Abfluss von 0,0033  $\text{m}^3/\text{s}$  und 0,0004  $\text{m}^3/\text{s}$  gemessen. Die Messungen am 23.04., 27.04., 30.04. und 14.05. verzeichnen Verluste von 0,0002  $\text{m}^3/\text{s}$  – 0,0012  $\text{m}^3/\text{s}$  auf der Strecke zwischen OWM-13 und OWM-11-Lg. Bei der Messung 1 am 14.04., der Messung 3 am 20.04. sowie der Messung 8 am 07.05. 2020 wurden Abflussverluste von 0,0024  $\text{m}^3/\text{s}$ , 0,0037  $\text{m}^3/\text{s}$  sowie 0,0047  $\text{m}^3/\text{s}$  gemessen. Bei der Messung direkt nach dem Hochwasserereignis am 04.05.2020 wurde mit 0,0080  $\text{m}^3/\text{s}$  die größte negative Differenz gemessen. Mit Hilfe der Fehlerberechnung kommt man dem Ziel auch nicht näher, da die berechneten Fehler zu klein sind. Um die Verluste zwischen den Messstellen erklären zu können, müssen auch in diesem Bereich weitere Vergleichsmessung angestrebt werden. Schaut man sich die Strecke zwischen der Messstelle OWM-13 und OWM-11-Lg genauer an, wird nicht klar, wodurch diese Verluste verursacht werden. Jedoch liegen für diesen Bereich auch keine Bodengutachten wie im Bereich der Deponie vor. Zusätzlich dazu geben die Druckmessungen und eine Überschlagsrechnung nach Darcy auch keinen Aufschluss über mögliche Versickerungen auf diesem Stück des Niemarker Landgraben. Anhand der Druckmessung an der Messstation OWM-11-Lg wird deutlich, dass dem Niemarker Landgraben über die gesamte Messperiode vom 14.04. – 15.05. 2020 Grundwasser zufließt, außer am 01.05.2020. An diesem Tag war es möglich mithilfe der Messdaten über eine Zeit

von ca. 6 Std eine Versickerung des Oberflächengewässers ins Grundwasser festzustellen. Wie schon an den anderen Messstellen mit Darcy nachgewiesen wurde sind diese Zuflüsse eher gering. Die Ausgangsfrage, ob man mit Hilfe der Abflussmessungen eine Abflussdifferenz zwischen den Messstellen feststellen kann, kann nach hinreichender Betrachtung mit Ja beantwortet werden. Jedoch konnte keine genaue Aussage darüber getroffen werden, ob die Abflussdifferenzen hydrologischen, geologischen oder auch anthropogenen Ursprungs sind.

## 5.2 Multiparameter-Sondenmessung

Die Multiparameter-Sondenmessung wurde im Glindbruchgraben und Niemarkter Landgraben durchgeführt, um weitere Informationen über die Oberflächengewässer zu erhalten. Diese Messung hat es ermöglicht, die beiden Gewässer hinsichtlich der Temperatur, der Sauerstoffkonzentration, der elektrischen Leitfähigkeit und des Redoxpotentials näher zu beleuchten.

Aufgrund des ausgefallenen Drucksensors an der Messstelle OWM-e-1 bietet die Multiparameter-Sondenmessung eine weitere Option über die Temperatur und die Sauerstoffkonzentration im Gewässer einen möglichen Grundwasserzufluss zu erkennen.

Zuerst wird auf den Glindbruchgraben eingegangen. Da die Sauerstoffkonzentration auch temperaturabhängig ist, empfiehlt es sich den Temperaturverlauf in Verbindung mit der Sauerstoffkonzentration zu betrachten (vgl. *Abbildung 40* und *Abbildung 42*). Hierbei wird deutlich, dass die Temperatur sowie auch die Sauerstoffkonzentration einen ähnlichen Verlauf haben. In beiden Graphen sind die Messpunkte 2 und 7 maßgebend für eine Veränderung der Parameter Temperatur und Sauerstoffkonzentration. Diese beiden markanten Punkte lassen jedoch nicht auf einen Grundwasserzufluss schließen. Es ist wahrscheinlich, dass beide Parameter an Messpunkt 2 durch die Verrohrung zwischen Messpunkt 1 und 2 beeinflusst werden. Der Messpunkt 7 verzeichnet während der Messung einen Verlust der Temperatur um 1,5 °C zur vorherigen Messung. Dieser Verlust wird durch den Zufluss Glindbruchgraben hervorgerufen, welcher mit einer Temperatur von 12 °C dem Glindbruchgraben zufließt. Ähnlich ist es bei der Sauerstoffkonzentration. Die Veränderung der Sauerstoffkonzentration entsteht durch den Zufluss. An dem Zufluss wurde eine Konzentration des Sauerstoffs von ca. 6,3 mg/l gemessen. Dieser Wert liegt weit unterhalb der vorher gemessenen 11,9 mg/l an Messpunkt 6. Der Niemarkter Landgraben weist hingegen keine Besonderheiten, wie der Glindbruchgraben, auf. Die Temperatur verläuft zwischen 17 und 18,5 °C über den gesamten Verlauf des Oberflächengewässers. Ein ähnlicher Verlauf lässt sich bei der Sauerstoffkonzentration erkennen. Es ist ein leichter Anstieg des Graphen zu vermerken, aber die Sauerstoffkonzentration bewegt sich in den Grenzen von 12 – 14 mg/l über die gesamte Messstrecke. Niedrige Temperaturen oder geringe Sauerstoffkonzentrationen wären ein

Indiz auf Grundwasser. Keines von beidem kann durch die Multiparameter-Sondenmessung in den Oberflächengewässern festgestellt werden.

Um weitere Hinweise über anthropogene oder andere Einflüsse zu erhalten, wurden zusätzlich zur Temperatur und Sauerstoffkonzentration auch die elektrische Leitfähigkeit und das Redoxpotential bei der Messung mit aufgenommen. Bei der elektrischen Leitfähigkeit gilt es zu beachten, dass reines Wasser praktisch nicht leitfähig ist. Bei fast reinem Wasser können Werte von 0,055  $\mu\text{S}/\text{cm}$  erwartet werden. Bei Trinkwasser dagegen sind Werte um die 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  zu erwarten. (STS Sensors, 2018) „Je höher die Leitfähigkeit, desto mehr Stoffe sind im Wasser gelöst. [...] Gleichwohl ist die Leitfähigkeit nur ein Indikator für Verschmutzungen, die Zusammensetzung der ins Wasser eingetretenen Stoffe muss dann chemisch analysiert werden“ (STS Sensors, 2018). Bei der Leitfähigkeitsmessung im Niemarker Landgraben konnten keine Besonderheiten festgestellt werden. Die Leitfähigkeit wurde über den gesamten Verlauf mit einer vergleichbaren Leitfähigkeit zwischen 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 580  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen. Diese Werte entsprechen auf Grundlage der oben genannten Werte keinem verunreinigten Wasser. Auffällig sind jedoch die Werte im Glindbruchgraben. Im Gegensatz zum Niemarker Landgraben weist der Glindbruchgraben um bis zu 440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  höhere Werte auf. Interessant ist, dass die elektrische Leitfähigkeit normalerweise mit steigender Temperatur zunimmt. Vergleicht man jedoch die Temperaturverläufe der beiden Gewässer, ist der Glindbruchgraben im Mittel um 3,3 °C kälter.

Das Redoxpotential zeigt, wie auch die elektrische Leitfähigkeit, im Niemarker Landgraben keine besonderen Ergebnisse. Um das Redoxpotential einordnen zu können, gilt es zu verstehen, dass „die Bestimmung des Redoxpotentials in Grund- und Oberflächenwässern auch heute noch mit vielen Probenahme- und me[ss]technischen Problemen behaftet ist“ (Baier, 2019). Wichtig ist, dass durch das Redoxpotential allein noch keine genaue Aussage getroffen werden kann. Dennoch kann die Messung des Redoxpotentials ein Indiz für eine mögliche Verunreinigung des Gewässers sein. Das heutige Trinkwasser hat z.B. ein Redoxwert von 150-300 mV. (ANRO GmbH+Co.KG, 2018). Ein niedriges sowie negatives Potential weist auf das „Auftreten reduzierender Verbindungen wie  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  sowie organischer Substanz[en]“ (Baier, 2019) hin. Unter dieser Betrachtungsweise lassen sich durch die Messung im Niemarker Landgraben keine Besonderheiten feststellen. Der Graph verzeichnet einen etwas niedrigeren Wert mit 131,09 mV, jedoch wird dieser durch den

Glindbruchgraben beeinflusst. Die Werte der Messung im Niemarker Landgraben sind ansonsten eher im Bereich der Trinkwasserwerte angesiedelt. Von Messung 12 bis Messung 21 lassen sich Werte zwischen 147,88 mV und 195,20 mV messen, wenn man von dem Messpunkt 17 absieht. Im Glindbruchgraben hingegen konnten Werte zwischen 10,90 mV und 169,97 mV gemessen werden. Besonders an den Messstellen von 1 – 4 wurden Messwerte unter 100 mV gemessen. Möglicherweise werden die Messung am Anfang des Glindbruchgrabens durch die Verrohrung zwischen dem Messpunkt 1 und Messpunkt 2 beeinflusst. Um jedoch ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wäre es ratsam weitere Messungen durchzuführen. Die Auffälligkeiten der elektrischen Leitfähigkeit und des Redoxpotentials lassen sich auf Basis dieser Messungen nicht erklären, dadurch empfiehlt es sich eine chemische Untersuchung in beiden Gewässern, zum Vergleich der Daten, durchzuführen.

## **6 Schlussfolgerung und Empfehlungen**

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die Vorplanung für dieses Projekt gut und strukturiert durchdacht wurde. Alle notwendigen Messgeräte und Methoden wurden bedacht, um dieses Projekt von allen Seiten beleuchten zu können und Fehler sowie Unsicherheiten zu beseitigen. Um mögliche Fehler abwenden zu können, war es sinnvoll eine Fehlerberechnung aller Abflüsse durchzuführen und die Wasserstands-Abfluss-Beziehung mit Hilfe der Formel von Gauckler-Manning-Strickler zu beweisen. Diese Thesis hat aufschlussreiche Erkenntnisse über den Abfluss hervorgebracht, aber keine Antwort auf die Frage, ob durch Undichtigkeiten in der Dichtwand Sickerwasser aus der Deponie Niemark in die lokalen Grundwasserleiter und dadurch indirekt Sickerwasser in den angrenzenden Vorfluter des Niemark Landgrabens gelangt. Es konnte festgestellt werden, dass die Positionierung der Messpunkte gut gewählt wurde. Jedoch wäre es sinnvoll gewesen eine Messstation direkt hinter dem Zufluss Glindbruchgraben und eine Messstation hinter dem Zufluss Niemark Landgraben zu installieren, um genauer bestimmen zu können, ob der erhöhte Abfluss maßgeblich durch die Zuflüsse beeinflusst wurde. Zusätzlich dazu wäre es sinnvoll, einen eigenen Pegel an den Messstationen OWM-5-B und OWM-13 zu installieren. Zu guter Letzt würde sich eine Druckmessung an der Messstation OWM-3.1 empfehlen, da diese strategisch kurz vor dem Zusammenfluss als weitere dauerhafte Station im Glindbruchgraben genutzt werden könnte.

Hervorzuheben ist auch die Wahl der Messgeräte, welche sich als sinnvoll erwiesen hat. Mit Hilfe der beiden unterschiedlichen Messgeräte war es möglich, die Abflussmessungen unabhängig von Wasserständen und den Widrigkeiten vor Ort, wie z.B. Partikel im Wasser und Verkräutung, durchzuführen.

Schaut man sich die Ergebnisse der Druckmessung genauer an, wird deutlich, dass in regelmäßigen Abständen immer wieder Ausschläge in positive sowie negative Richtung zu erkennen sind. Diese Ausschläge lassen sich möglicherweise durch eine Pumpe in der Umgebung der Deponie erklären. Für eine weitere Vorgehensweise gilt es zu prüfen, ob diese Ausschläge durch Pumpversuche auf Baustellen in der Nähe oder der Deponie verursacht werden und Einfluss auf die Abflussmessungen haben. Jedoch könnte sich dieses schwierig gestalten, da diese Ausschläge über mehrere Kilometer im

Grundwasserleiter zu erkennen sind. Zusätzlich gilt es, die Druckmessung an der Stelle OWM-11-Lg in Bezug zur Wasserstand-Abfluss-Beziehung zu setzen. Es empfiehlt sich mit Hilfe der Wasserstands-Abfluss-Beziehungen und den Daten der Druckmessungen, an den Messstationen, den Abfluss für ein gesamtes hydrologisches Jahr aufzunehmen und auszuwerten. Hierzu ist es sinnvoll, die Ergebnisse mit den Niederschlagsdaten und der Verdunstung zu vergleichen. Bei der Fortführung des Projektes ist es zudem sinnvoll den Zufluss am Glindbruchgraben und am Niemarker Landgraben dauerhaft zu messen und diese Daten mit den Abflussdaten zu vergleichen. Hierfür bietet sich ein Messwehr an, welches in die Rohre verbaut wird und wodurch der Abfluss der Zuflüsse in den Glindbruchgraben sowie den Niemarker Landgraben bestimmt werden kann. Auf Grundlage der Ergebnisse der Multiparameter-Sondenmessung empfiehlt es sich, eine chemische Analyse der Oberflächengewässer durchzuführen. Für die eingehende Frage, ob Sickerwasser durch Undichtigkeiten in der Deponiewand in die lokalen Grundwasserleiter sickert, wäre es sinnvoll die Grundwasserfließwege genau zu bestimmen und anhand einer topografischen Karte, das gesamte Grundwassereinzugsgebiet der Deponie zu bestimmen. Schlussendlich ist die Masterarbeit zu keinem endgültigen Ergebnis gekommen, stellt für die weitere Durchführung jedoch eine ideale Grundlage dar.

# Literaturverzeichnis

## Literatur

Agster, G., Fischer, E., Otto, R. & Stoepker, K. (2014). *Endbericht zum Untersuchungsprogramm zur Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes im Raum Lübeck/Bad Segeberg: Geologie, Hydrogeologie, Thermometrie, Grundwasserbeschaffenheit und Grundwasserbewirtschaftung*. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume.

Morgenschweis, G. (2010). *Hydrometrie: Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen*. VDI-Buch. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-05390-0>

Papula, L. (2017). *Mathematische Formelsammlung: Für Ingenieure und Naturwissenschaftler* (12., überarbeitete Auflage). Springer Vieweg.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-16195-8> <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16195-8>

## Normen

Deutsches Institut für Normung e.V. (1990). *Hydrologie - Begriffe der Gewässerbeschaffenheit*. (DIN, 4049-2). Berlin. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e.V. (1994). *Hydrologie - Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie*. (DIN, 4049-3). Berlin. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2008). *Hydrometrie - Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels Fließgeschwindigkeitsmessgeräten oder Schwimmern*. (DIN, 748). Berlin. Beuth Verlag GmbH.

## Internetquellen

ANRO GmbH+Co.KG. (2018). *Trinkwasser-App. Trinkwasserhygiene mit Sachverstand*.  
<http://www.trinkwasserapp.de/TECHNISCHE-EMPFHELUNGEN/MIKROBIOLOGISCHE-SANIERUNG-ANOSAN-TW/ERFOLGSKONTROLLE-REDOX-WERTE/>

Baier, A. (2019). *Parameter zur Beurteilung einer Wasserprobe*. <http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen.de/paramete.htm>

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). (2018). *Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder - Pegelhandbuch*.

- [https://www.lawa.de/documents/02\\_anhang\\_2\\_lawa\\_pegelhandbuch\\_2\\_3\\_1552303807.pdf](https://www.lawa.de/documents/02_anhang_2_lawa_pegelhandbuch_2_3_1552303807.pdf)
- Chemie.de. (2020). *Redoxpotential*. <https://www.chemie.de/lexikon/Redoxpotential.html>
- Dordowsky, K. (2013). Mülldeponie Niemark ist undicht: Sickerwasser tritt aus. *Lübecker Nachrichten*. <https://www.in-online.de/Lokales/Luebeck/Muelldeponie-Niemark-ist-undicht-Sickerwasser-tritt-aus>
- Entsorgungsbetriebe Lübeck. (2020a). *Abfallwirtschaftszentrum Lübeck: Neue Wege in der Abfallwirtschaft*. [https://www.entsorgung.luebeck.de/files/Flyer/broschuere\\_abfallwirtschaftszentrum.pdf](https://www.entsorgung.luebeck.de/files/Flyer/broschuere_abfallwirtschaftszentrum.pdf)
- Entsorgungsbetriebe Lübeck. (2020b). *Deponie: Moderne Entsorgung inklusive Energielieferant*. <https://www.entsorgung.luebeck.de/gewerbekunden/deponie.html>
- Göbel, K. & Stange, B. (2008). *Wasserstand-Abfluss-Beziehungen an hessischen Pegeln: Ein Beitrag zum vorsorgenden Hochwasserschutz*. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlug/jahresbericht/2008/Jb\\_2008\\_051-058\\_screen.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das_hlug/jahresbericht/2008/Jb_2008_051-058_screen.pdf)
- Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf. (2019). *Messstellenpässe Deponie Niemark*. Lübeck.
- Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf. (2020). *Gutachtliche Stellungnahme: zu der Grundwassersituation der Deponie Niemark, Lübeck*. Lübeck.
- In-Situ Inc. (2020a). *Aqua TROLL 600 Multiparameter Sonde*. [https://in-situ.com/pub/media/support/documents/AquaTROLL600\\_Spec-Sheet.pdf](https://in-situ.com/pub/media/support/documents/AquaTROLL600_Spec-Sheet.pdf)
- In-Situ Inc. (2020b). *Rugged TROLL 100 and 200 Data Loggers*. [https://in-situ.com/pub/media/support/documents/Rugged\\_TROLL\\_100\\_and\\_200\\_Data\\_Loggers.pdf](https://in-situ.com/pub/media/support/documents/Rugged_TROLL_100_and_200_Data_Loggers.pdf)
- OpenStreetMap. (2020). *Deponie Niemark und Umgebung*. OpenStreetMap - Deutschland. <https://www.openstreetmap.de/karte.html>
- OTT Hydromet. (2019a). *Multiparameter-Sonden: Hydrolab Serie 5*. <https://www.ott.com/de-de/produkte/download/prospekt-multiparametersonde-zur-wasserqualitaetsmessung-hydrolab-serie-5/>
- OTT Hydromet. (2019b). *OTT C31: Universal-Messflügel für die Abflussmessung OTT C31*. <https://www.ott.com/de-de/produkte/durchfluss-41/ott-c31-75/>
- OTT Hydromet. (2019c). *OTT MF pro: Magnetisch-induktives Strömungsmessgerät für die Abflussmessung OTT MF pro*. <https://www.ott.com/de-de/produkte/durchfluss-41/ott-mf-pro-74/>

- OTT Hydromet. (2019d). *OTT Z400: Zählgerät für hydrometrische Messflügel*.  
<https://www.ott.com/de-de/produkte/durchfluss-41/ott-z400-77/>
- Otto, D. R. (1997). *Zur Abschätzung der Grundwasserneubildungsrate für wasserwirtschaftliche Planungsräume: Erläutert am Beispiel des Raumes Südost-Holstein (östlich von Hamburg)*.  
[https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/grundwa/bericht\\_wasserhaushalt.pdf](https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/grundwa/bericht_wasserhaushalt.pdf)
- Physik Cosmos. (2020a). *Darcy-Gesetz*. <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Darcy-Gesetz>
- Physik Cosmos. (2020b). *Fließformel: Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler*.  
<https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Flie%C3%9Fformel>
- Schiener, M. & Knott, M. (2016). *Durchführung von Abflussmessungen: Arbeitsanleitung Teil A: Flügelmessung*.  
[https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil2\\_gewaesserkundlicher\\_dienst/doc/nr\\_241\\_teil\\_a.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil2_gewaesserkundlicher_dienst/doc/nr_241_teil_a.pdf)
- STS Sensors. (2018). *Leitfähigkeitsmessung in natürlichen Gewässern & anderen Flüssigkeiten*. <https://campaign.stssensors.com/blog/de/leitfaehigkeitsmessung>
- Wetter.com GmbH. (2020). *Wetterrückblick: Daten der Station Lübeck-Blankensee*.  
[https://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick/deutschland/luebeck/DE0005862.html?sid=10156&timeframe=10y](https://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/deutschland/luebeck/DE0005862.html?sid=10156&timeframe=10y)



## **Inhaltsverzeichnis Anhang**

Anhang A – Messstellenpass GWM 14.2-B .....	86
Anhang B – Vergleich der Messgeräte .....	87
Anhang C – Querschnittsprofile der Messstellen .....	88
Anhang D – Abflussmessungen OWM-1 .....	92
Anhang E – Abflussmessungen OWM-3.1.....	101
Anhang F – Abflussmessungen OWM-5-B .....	111
Anhang G – Abflussmessungen OWM-13 .....	121
Anhang H – Abflussmessungen OWM-11-Lg .....	131
Anhang I – Messwerte Temperatur .....	141
Anhang J – Messwerte Sauerstoffkonzentration .....	142
Anhang K – Messwerte elektrische Leitfähigkeit .....	143
Anhang L – Messwerte Redoxpotential .....	144

# Anhang A – Messstellenpass GWM 14.2-B

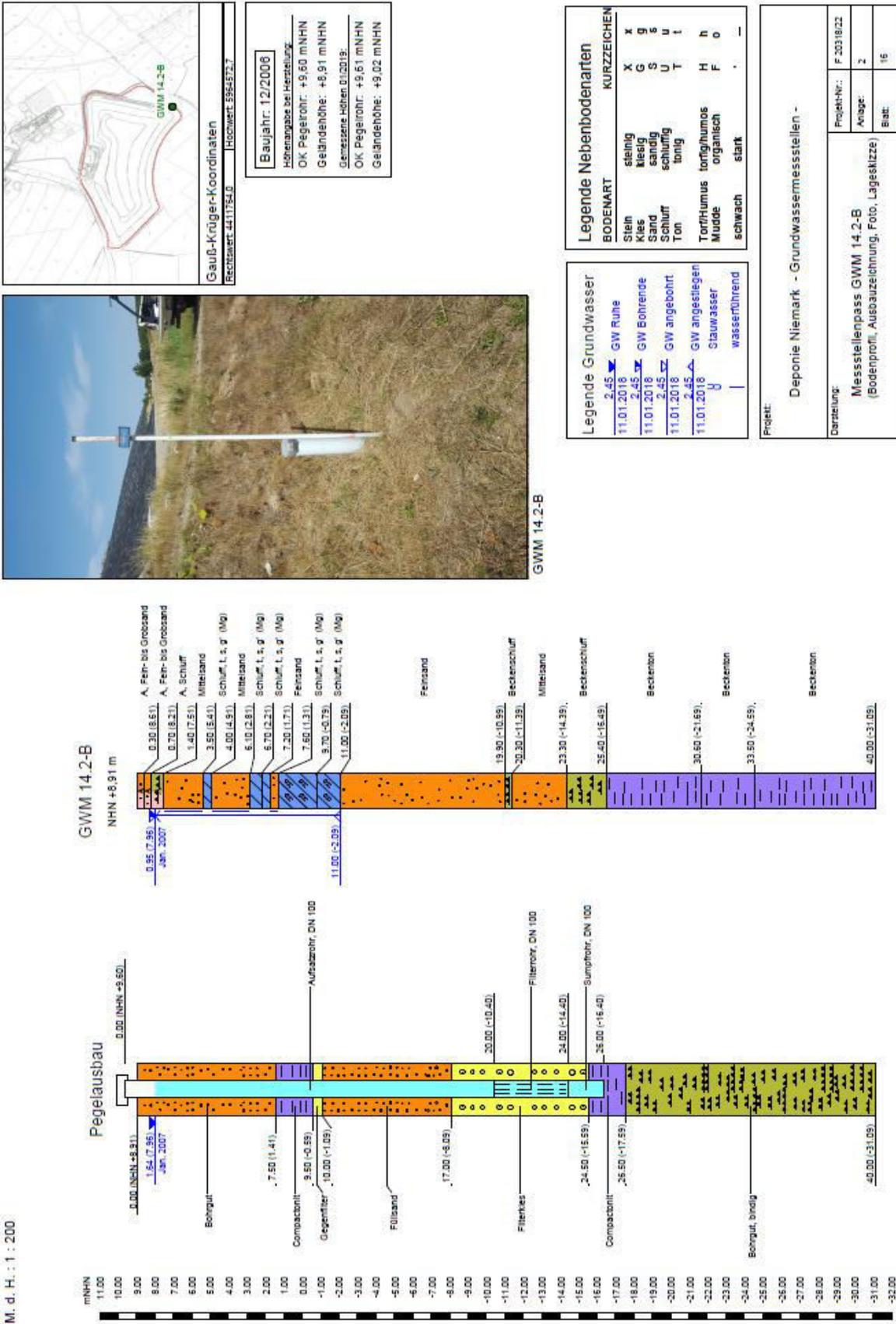


Abbildung 49: Messstellenpass GWM 14.2-B (Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf, 2019)

## Anhang B – Vergleich der Messgeräte

Vergleich der Messgeräte		
Messpunkt	Messwerte Messflügel [m/s]	Messwerte MDI [m/s]
OWM-3.1 - 40cm	0,040	0,040
OWM-3.1 - 50cm	0,047	0,040
OWM-13 - 60cm	0,121	0,130
OWM-13 - 70cm	0,196	0,190
OWM-13 - 80cm	0,228	0,230
OWM-13 - 90cm	0,203	0,200
OWM-13 - 100cm	0,096	0,100
OWM-11-Lg - 70cm	0,102	0,120
OWM-11-Lg - 80cm	0,137	0,140
OWM-11-Lg - 90cm	0,158	0,160
OWM-11-Lg - 100cm	0,149	0,150
OWM-11-Lg - 110cm	0,108	0,110
OWM-11-Lg - 120cm	0,051	0,040
OWM-11-Lg - 130cm	0,092	0,090

Abbildung 50: Messwerte zum Vergleich der Messgeräte

## Anhang C – Querschnittsprofile der Messstellen

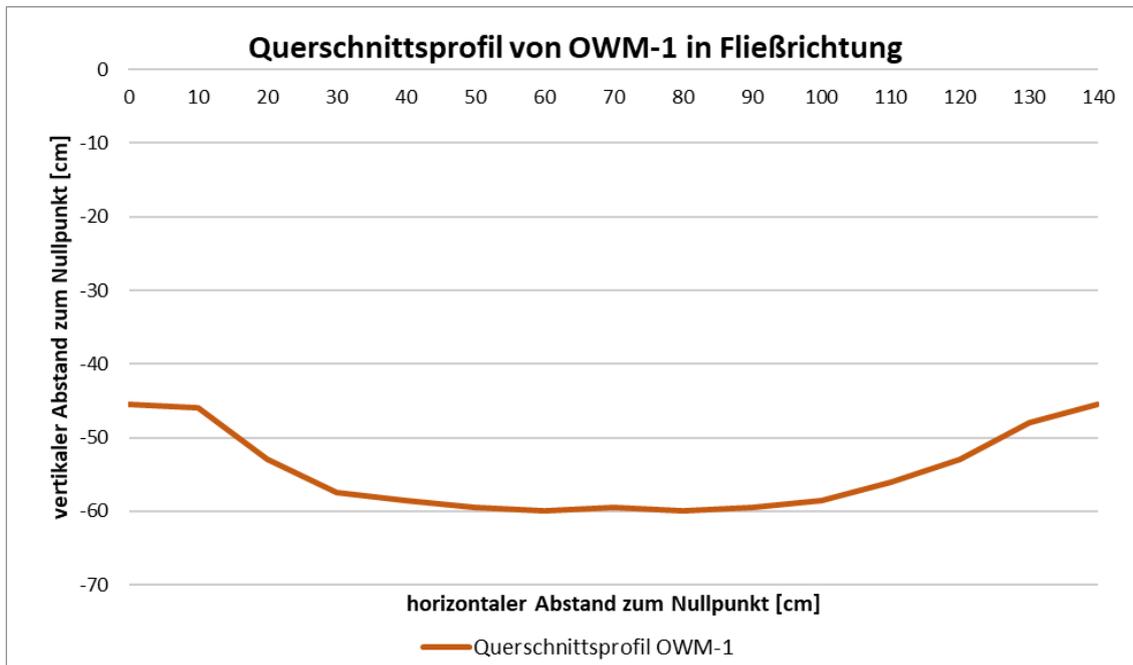


Abbildung 51: Querschnittsprofil von OWM-1 in Fließrichtung

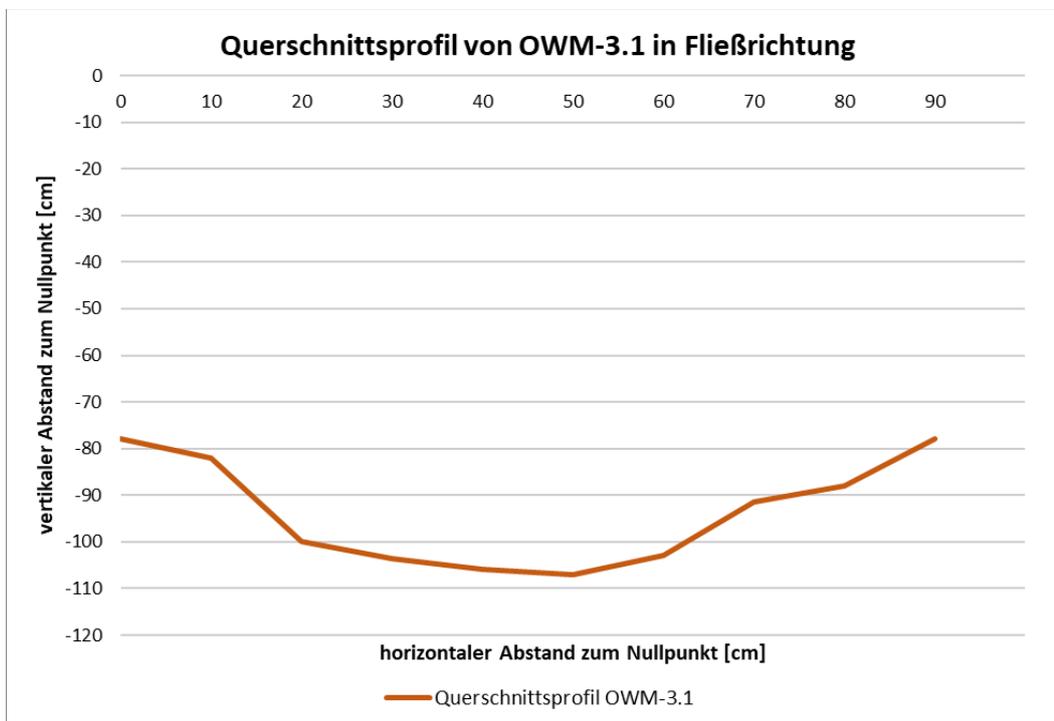


Abbildung 52: Querschnittsprofil von OWM-3.1 in Fließrichtung

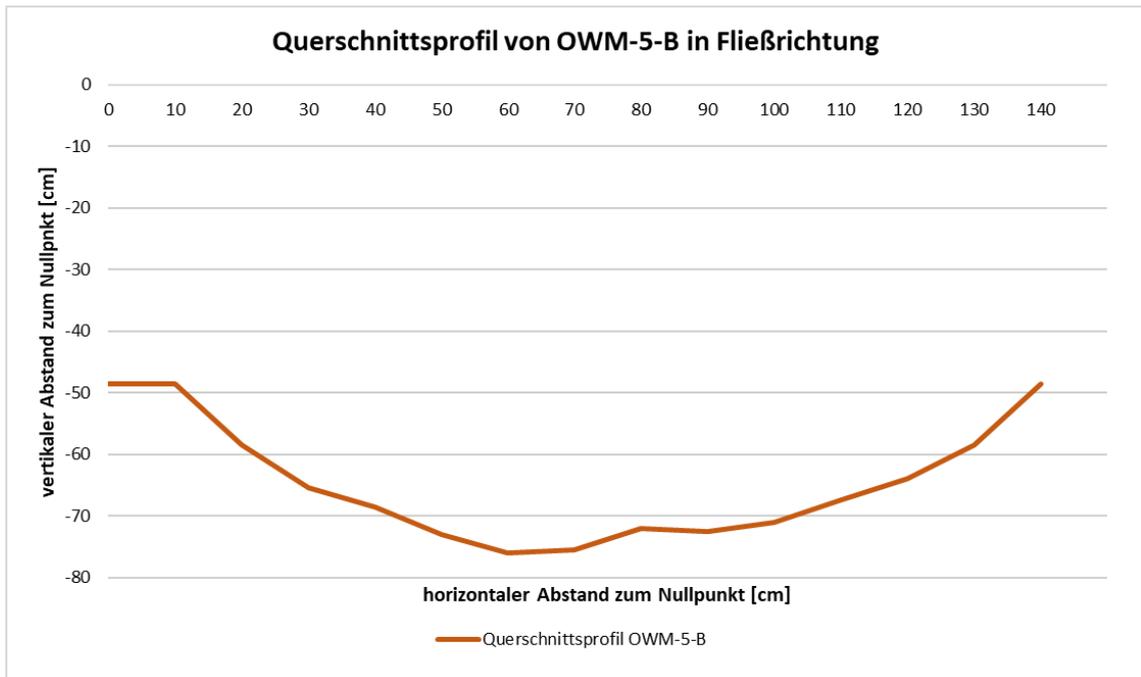


Abbildung 53: Querschnittsprofil von OWM-5-B in Fließrichtung

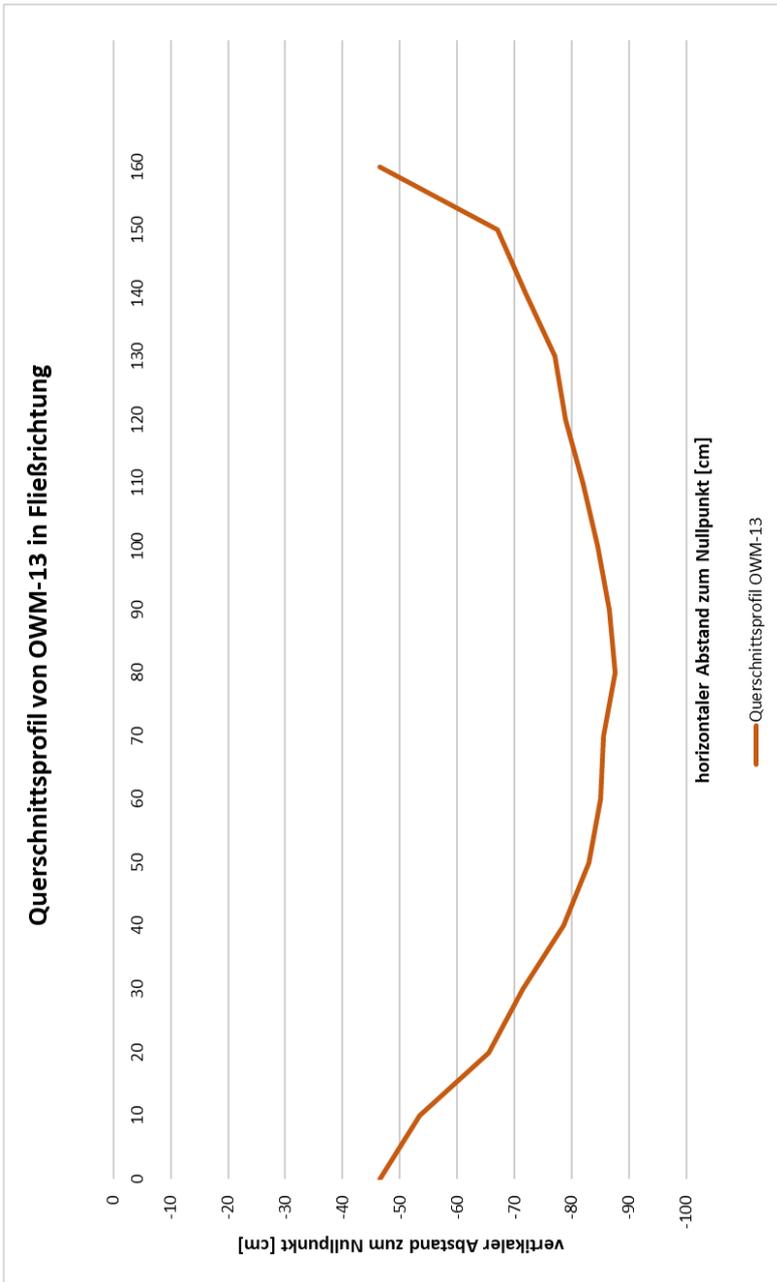


Abbildung 54: Querschnittsprofil von OWM-13

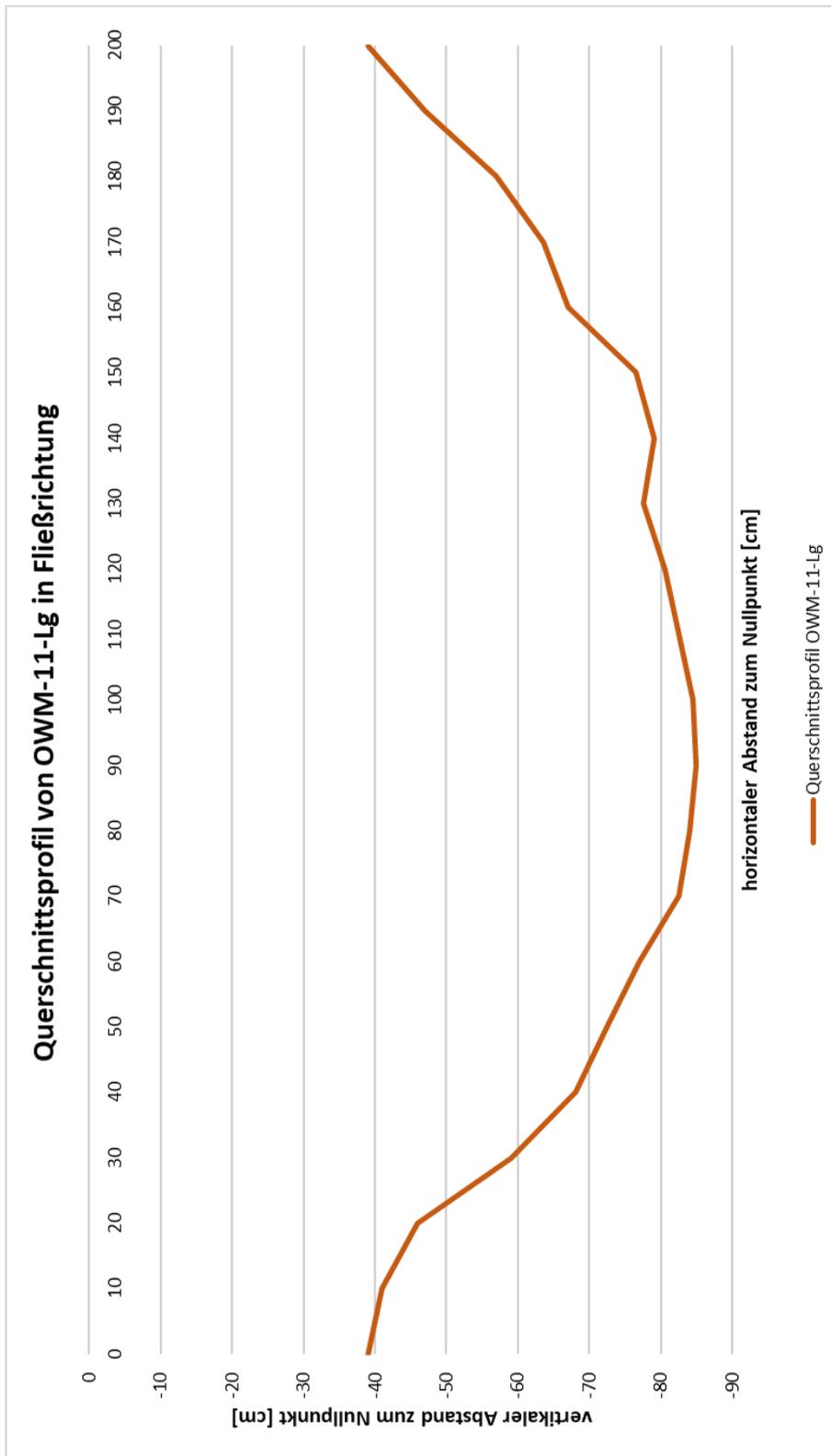


Abbildung 55: Querschnittsprofil von OWM-11-Lg in Fließrichtung



Messung: 3	Messtation: OWM-1		Datum: 20.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:20Uhr/12:40Uhr		
	Gewässerbite [cm]:	109	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	16	125	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]			Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:			Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	0,00	12,00	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]		
			Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	0,00	0,000	0,000	
	24,00	12,00	Abstich [cm]	6,00	0,010	0,010	
	34,00	12,00		6,30	0,020	0,020	
	44,00	12,00		6,30	0,000	0,000	Verkrautung verhindert die Fließgeschwindigkeit
	54,00	12,00		6,90	0,020	0,020	
	64,00	12,00		6,60	0,030	0,030	
	74,00	12,00		7,20	0,070	0,070	
	84,00	12,00		6,00	0,050	0,050	
	94,00	12,00		5,70	0,020	0,020	
	109,00	12,00		0,00	0,000	0,000	

Abbildung 57: Messung 3 - OWM-1

Messung: 4	Messstation: OWM-1		Datum: 23.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:30Uhr/10:40Uhr	
	Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	106	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	17	123	Zeitintervall je Messung [sek]: 60
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)
0,00	12,00	88,00	0,00	0	0,000	0,000
23,00	12,00	88,00	10,00	60	0,010	0,010
33,00	12,00	88,00	11,00	60	0,010	0,010
43,00	12,00	88,00	11,00	60	0,010	0,010
53,00	12,00	88,00	11,50	60	0,010	0,010
63,00	12,00	88,00	13,00	60	0,010	0,010
73,00	12,00	88,00	11,00	60	0,060	0,060
83,00	12,00	88,00	10,00	60	0,100	0,100
93,00	12,00	88,00	8,50	60	0,040	0,040
106,00	12,00	88,00	0,00	0	0,000	0,000

Abbildung 58: Messung 4 - OWM-1

Messung: 5 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-1		Datum: 27.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:45Uhr/11:55Uhr			
	107	107	16	123	Messzeit [sek]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]		
0,00	12,00	88,50	0,00		0,00	0	0,000	
24,00	12,00	88,50	10,00	Einpunktmessung	6,00	60	0,010	Verkrautung
34,00	12,00	88,50	11,00	Einpunktmessung	6,60	60	0,000	
44,00	12,00	88,50	11,50	Einpunktmessung	6,90	60	0,000	
54,00	12,00	88,50	12,00	Einpunktmessung	7,20	60	0,010	
64,00	12,00	88,50	12,00	Einpunktmessung	7,20	60	0,020	
74,00	12,00	88,50	12,00	Einpunktmessung	7,20	60	0,050	
84,00	12,00	88,50	10,00	Einpunktmessung	6,00	60	0,010	
94,00	12,00	88,50	9,00	Einpunktmessung	5,40	60	0,020	
107,00	12,00	88,50	0,00		0,00	0	0,000	

Abbildung 59: Messung 5 - OWM-1

Messung: 6 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-1		Datum: 30.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:10Uhr/10:20Uhr		Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	111 Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	111 Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	13 Messzeit [sek]	124 Fließgeschwindigkeit [m/s]	124 Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
0,00	12,00	88,30	0,00	0	0,000	0,000	
17,00	12,00	88,30	5,40	60	0,010	0,010	Tag vorher Regen und am gleichen Tag Regen. Vorher seit Anfang der Messung kein Regen.
27,00	12,00	88,30	6,00	60	0,010	0,010	
37,00	12,00	88,30	7,20	60	0,010	0,010	
47,00	12,00	88,30	6,90	60	0,010	0,010	
57,00	12,00	88,30	7,20	60	0,000	0,000	
67,00	12,00	88,30	7,20	60	0,010	0,010	
77,00	12,00	88,30	7,20	60	0,070	0,070	
87,00	12,00	88,30	6,00	60	0,040	0,040	
97,00	12,00	88,30	4,80	60	0,010	0,010	
111,00	12,00	88,30	0,00	0	0,000	0,000	

Abbildung 60: Messung 6 - OWM-1

Messung: 7 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-1		Datum: 04.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:40Uhr/11:50Uhr	
	108	108	15	123	Messzeit [sek]	Zeitintervall je Messung [sek]: 60
Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	12,00	87,90	0,00	0	0,000	
25,00	12,00	87,90	5,70	60	0,010	
35,00	12,00	87,90	6,60	60	0,010	
45,00	12,00	87,90	6,60	60	0,010	
55,00	12,00	87,90	7,20	60	0,010	
65,00	12,00	87,90	6,90	60	0,040	
75,00	12,00	87,90	7,20	60	0,080	
85,00	12,00	87,90	6,00	60	0,040	
95,00	12,00	87,90	4,80	60	0,020	
108,00	12,00	87,90	0,00	0	0,000	

Abbildung 61: Messung 7 - OWM-1

Messung: 8 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-1		Datum: 07.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:10Uhr/10:25Uhr		
	99	99	21	120	Messzeit [sek]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Wasseranfang/Wässernde (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	11,00	89,40	0,00	0,00	0	0,000	0,000
19,00	11,00	89,40	10,00	6,00	60	0,010	0,010
29,00	11,00	89,40	11,00	6,60	60	0,010	0,010
39,00	11,00	89,40	10,00	6,00	60	0,010	0,010
49,00	11,00	89,40	11,00	6,60	60	0,010	0,010
59,00	11,00	89,40	11,00	6,60	60	0,040	0,040
69,00	11,00	89,40	10,00	6,00	60	0,080	0,080
79,00	11,00	89,40	9,00	5,40	60	0,040	0,040
89,00	11,00	89,40	8,00	4,80	60	0,020	0,020
99,00	11,00	89,40	0,00	0,00	0	0,000	0,000

Abbildung 62: Messung 8 - OWM-1

Messung: 9 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messtation: OWM-1		Datum: 11.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:30Uhr/11:40Uhr		Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	99	99	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	20	119	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
0,00	10,00	89,90	0,00	0,00	0	0,000	
10,00	10,00	89,90	8,50 Einpunktmessung	5,10	60	0,010	0,010
20,00	10,00	89,90	9,00 Einpunktmessung	5,40	60	0,000	0,000
30,00	10,00	89,90	11,50 Einpunktmessung	6,90	60	0,010	0,010
40,00	10,00	89,90	10,50 Einpunktmessung	6,30	60	0,010	0,010
50,00	10,00	89,90	11,00 Einpunktmessung	6,60	60	0,010	0,010
60,00	10,00	89,90	11,00 Einpunktmessung	6,60	60	0,010	0,010
70,00	10,00	89,90	11,00 Einpunktmessung	6,60	60	0,030	0,030
80,00	10,00	89,90	9,00 Einpunktmessung	5,40	60	0,030	0,030
90,00	10,00	89,90	8,00 Einpunktmessung	4,80	60	0,010	0,010
99,00	10,00	89,90	0,00 Einpunktmessung	0,00	0	0,000	0,000

Abbildung 63: Messung 9 - OWM-1

Messung: 10 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-1		Datum: 14.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:05Uhr/10:15Uhr		Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	101 Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	101 Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	21 Messzeit [sek]	122 Fließgeschwindigkeit [m/s]	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
0,00	11,00	89,40	0,00	0	0,000	0,000	
9,00	11,00	89,40	4,80	60	0,010	0,010	
19,00	11,00	89,40	5,40	60	0,000	0,000	
29,00	11,00	89,40	6,60	60	0,010	0,010	
39,00	11,00	89,40	6,60	60	0,010	0,010	
49,00	11,00	89,40	6,90	60	0,010	0,010	
59,00	11,00	89,40	6,30	60	0,020	0,020	
69,00	11,00	89,40	6,00	60	0,040	0,040	
79,00	11,00	89,40	5,40	60	0,020	0,020	
89,00	11,00	89,40	4,80	60	0,020	0,020	
101,00	11,00	89,40	0,00	0	0,000	0,000	

Abbildung 64: Messung 10 - OWM-1

# Anhang E – Abflussmessungen OWM-3.1

Messung: 1	Messtation: OWM-3.1		Datum: 14.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:45Uhr/10:00Uhr	
	Gewässerbreite [cm]:	89	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	6	95	Zeitintervall je Messung [sek]: 60
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]						
	0,00					Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	24,00					
	34,00					
	44,00					
	54,00					
	89,00					

Abbildung 65: Messung 1 - OWM 3.1

Messung: 2	Messstation: OWM-3.1			Datum: 16.04.2020			Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:00Uhr/11:20Uhr		
	Gewässerbreite [cm]:	81	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	9	90	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, Messlotrechten [m/s] etc.)
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]			Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)						
	0,00	36,00	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	0,00		Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	0,000	0,000	verkrautet
	11,00	36,00	Abstich [cm]	63,90	10,00	6,00	0,030	0,030	
	21,00	36,00		63,90	17,00	5,00	0,030	0,035	verkrautet, nur Oberkante fließt
	31,00	36,00		63,90	21,00	16,80	0,100	0,010	verkrautet, nur Oberkante fließt
	41,00	36,00		63,90	23,00	5,00	0,090	0,045	
	51,00	36,00		63,90	25,00	18,40	0,000	0,000	
	61,00	36,00		63,90	25,00	5,00	0,060	0,035	
	71,00	36,00		63,90	21,00	20,00	0,010	0,010	
	81,00	36,00		63,90	10,00	5,00	0,040	0,020	
						16,80	0,000	0,000	
						6,00	0,010	0,010	
						0,00	0,000	0,000	
						0,00	0,000	0,000	

Abbildung 66: Messung 2 - OWM-3.1

Messung: 3		Messstation: OWM-3.1		Datum: 20.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:50Uhr/13:10Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	79	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	11	90	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, Messlotrechten [m/s] etc.)	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Welcher Pegel? Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Wassertiefe (an Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	35,00	64,90	0,00		0,00	0	0,000
19,00	35,00	64,90	12,00	Einpunktmessung	5,00	60	0,030
29,00	35,00	64,90	17,50	Zweipunktmessung	5,00	60	0,070
39,00	35,00	64,90	21,00	Zweipunktmessung	16,80	60	0,050
49,00	35,00	64,90	22,00	Zweipunktmessung	5,00	60	0,050
59,00	35,00	64,90	19,00	Zweipunktmessung	17,60	60	0,020
69,00	35,00	64,90	15,00	Einpunktmessung	9,00	60	0,010
79,00	35,00	64,90	0,00		0,00	0	0,000

Abbildung 67: Messung 3 - OWM-3.1

Messung: 4	Messstation: OWM-3.1			Datum: 23.04.2020			Uhrzeit (Anfang/Ende): 10.45Uhr/11.00Uhr			
	Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	74 Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	74 Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	12 Messzeit [sek]	86 Fließgeschwindigkeit [m/s]	Zeitintervall je Messung [sek]: 60 Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, Messlotrechten [m/s] etc.)
0,00	34,00	66,00	0,00			0,00	0	0,000		
8,00	34,00	66,00	10,00	Einpunktmessung	6,00	60		0,010		
18,00	34,00	66,00	13,00	Einpunktmessung	7,80	60		0,030		
28,00	34,00	66,00	19,00	Zweipunktmessung	5,00 15,20	60 60		0,050 0,020		
38,00	34,00	66,00	21,00	Zweipunktmessung	5,00 16,80	60 60		0,060 0,020		0,040
48,00	34,00	66,00	21,50	Zweipunktmessung	5,00 17,20	60 60		0,020 0,010		0,015
58,00	34,00	66,00	18,50	Zweipunktmessung	5,00 14,80	60 60		0,020 0,010		0,015
68,00	34,00	66,00	10,00	Einpunktmessung	6,00	60		0,010		0,010
74,00	34,00	66,00	0,00		0,00	0		0,000		0,000

Abbildung 68: Messung 4 - OWM-3.1

Messung 5		Messstation: OWM-3.1		Datum: 27.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:15Uhr/12:30Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	73	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	13	86	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	34,00	66,10		0,00	0,00	0,000	
17,00	34,00	66,10	Zweipunktmessung	14,00	11,20	0,040	0,030
27,00	34,00	66,10	Zweipunktmessung	17,00	13,60	0,020	0,040
37,00	34,00	66,10	Zweipunktmessung	20,00	16,00	0,060	0,045
47,00	34,00	66,10	Zweipunktmessung	20,50	16,40	0,030	0,015
57,00	34,00	66,10	Zweipunktmessung	19,50	15,60	0,020	0,010
67,00	34,00	66,10	Einpunktmessung	9,00	5,40	0,000	0,010
73,00	34,00	66,10		0,00	0,00	0,000	0,000

Abbildung 69: Messung 5 - OWM-3.1

Messung: 6	Messstation: OWM-3.1			Datum: 30.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:30Uhr/10:40Uhr		
	Gewässerbreite [cm]:	77	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	10	87	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	77	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
0,00	33,00	66,80	0,00	0,00	0	0,000	0,000	
10,00	33,00	66,80	9,00	5,00	60	0,010	0,010	
20,00	33,00	66,80	15,00	5,00	60	0,020	0,020	
30,00	33,00	66,80	20,00	5,00	60	0,060	0,040	
40,00	33,00	66,80	21,00	5,00	60	0,060	0,045	
50,00	33,00	66,80	21,00	5,00	60	0,030	0,020	
60,00	33,00	66,80	18,00	5,00	60	0,010	0,015	
70,00	33,00	66,80	10,00	14,40	60	0,000	0,000	
77,00	33,00	66,80	0,00	6,00	60	0,000	0,000	

Abbildung 70: Messung 6 - OWM-3.1

Messung: 7 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-3.1		Datum: 04.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:55Uhr/12:05Uhr	
	72	77	12	84	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	Weiches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)		Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Messlotrechten [m/s]	
Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Abstich [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]			
0,00	65,80	34,00	0,00	0	0,000	0,000
8,00	65,80	34,00	9,00	60	0,010	0,010
18,00	65,80	34,00	14,00	60	0,040	0,040
28,00	65,80	34,00	20,00	60	0,070	0,055
38,00	65,80	34,00	21,00	60	0,070	0,060
48,00	65,80	34,00	21,00	60	0,030	0,020
58,00	65,80	34,00	19,00	60	0,010	0,005
68,00	65,80	34,00	10,00	60	0,010	0,010
72,00	65,80	34,00	0,00	0	0,000	0,000

Abbildung 71: Messung 7 - OWM-3.1

Messung: 8 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-3.1		Datum: 07.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:40Uhr/10:50Uhr	
	73	77	13	86	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Messzeit [sek]
			Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)			
0,00	32,00	67,90	0,00	0,00	0,000	0,000
7,00	32,00	67,90	9,00	5,00	0,010	0,010
17,00	32,00	67,90	14,00	5,00	0,020	0,020
27,00	32,00	67,90	18,00	5,00 14,40	0,040 0,030	0,035
37,00	32,00	67,90	18,00	5,00 14,40	0,070 0,040	0,055
47,00	32,00	67,90	19,00	5,00 15,20	0,030 0,010	0,020
57,00	32,00	67,90	15,00	5,00	0,010	0,010
67,00	32,00	67,90	8,00	4,80	0,010	0,010
73,00	32,00	67,90	0,00	0,00	0,000	0,000

Abbildung 72: Messung 8 - OWM-3.1

Messung: 9		Messstation: OWM-3.1		Datum: 11.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:45Uhr/12:10Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	72	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	13	85	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	32,00	68,40		0,00	0,00	0,000	
17,00	32,00	68,40	Einpunktmessung	13,00	5,00	0,010	0,010
27,00	32,00	68,40	Zweipunktmessung	17,50	5,00 14,00	0,050 0,020	0,035
37,00	32,00	68,40	Zweipunktmessung	19,00	5,00 15,20	0,040 0,030	0,035
47,00	32,00	68,40	Zweipunktmessung	19,00	5,00 15,20	0,010 0,010	0,010
57,00	32,00	68,40	Zweipunktmessung	17,50	5,00 14,00	0,010 0,010	0,010
67,00	32,00	68,40	Einpunktmessung	9,50	5,70	0,010	0,010
72,00	32,00	68,40		0,00	0,00	0,000	0,000

Abbildung 73: Messung 9 - OWM-3.1

Messung: 10	Messstation: OWM-3.1		Datum: 14.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:20Uhr/10:30Uhr		
	Gewässerbreite [cm]:	70	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	15	85	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]			Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)
	0,00	32,00	0,00	0	0,000	0,000	
	15,00	32,00	10,00	60	0,010	0,010	
	25,00	32,00	16,00	60	0,030	0,045	
	35,00	32,00	18,50	60	0,040	0,030	
	45,00	32,00	19,00	60	0,000	0,005	
	55,00	32,00	18,00	60	0,010	0,010	
	65,00	32,00	14,00	60	0,000	0,000	
	70,00	32,00	0,00	0	0,000	0,000	

Abbildung 74: Messung 10 - OWM-3.1

## Anhang F – Abflussmessungen OWM-5-B

Messung: 1		Messstation: OWM- 5-B		Datum: 14.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende) : 10:30Uhr/10:45Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	118	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	14	132	Zeitintervall je Messung [sek]: 60		
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	118,00	Welcher Pegel? Weiches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	14	132	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
		Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]		
0,00	17,00	83,40	0,00	0,0	0,000		
46,00	17,00	83,40	10,20	51,0	0,225	0,225	
56,00	17,00	83,40	10,50	61,0	0,267	0,267	
66,00	17,00	83,40	8,40	57,0	0,250	Tiefe müsste min. 16cm sein. Nach DIN und dem Schaufeldurchmesser von 12,5cm sind 16cm nötig.	
118,00	17,00	83,40	0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 75: Messung 1 - OWM-5-B

Messung: 2 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM- 5-B		Datum: 16.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:35Uhr/11:50Uhr		Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	104	104	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Messzeit [sek]	128	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
0,00	16,00	84,20	0,00		0,00	0,000	
16,00	16,00	84,20	10,00	Einpunktmessung	60	0,020	0,020
26,00	16,00	84,20	15,00	Zweipunktmessung	60	0,130	0,100
36,00	16,00	84,20	17,00	Zweipunktmessung	60	0,240	0,215
46,00	16,00	84,20	17,00	Zweipunktmessung	60	0,290	0,245
56,00	16,00	84,20	15,00	Zweipunktmessung	60	0,270	0,250
66,00	16,00	84,20	13,00	Zweipunktmessung	60	0,130	0,160
76,00	16,00	84,20	14,00	Zweipunktmessung	60	0,090	0,075
86,00	16,00	84,20	10,00	Einpunktmessung	60	0,070	0,070
104,00	16,00	84,20	0,00		0	0,000	0,000

Abbildung 76: Messung 2 - OWM-5-B

Messung: 3	Messtation: OWM- 5-B	Datum: 20.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 13:30Uhr/13:40Uhr		
Gewässerbreite [cm]:	108	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	22	130	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)
0,00	16,00	84,40	0,00	0,00	0,000	Tiefe müsste min. 16cm sein. Nach DIN und dem Schaufeldurchmesser von 12,5cm sind 16cm nötig.
28,00	16,00	84,40	8,40	0,105	0,105	
60,00	16,00	84,40	9,30	46,7	0,207	
70,00	16,00	84,40	9,60	55,9	0,246	
80,00	16,00	84,40	7,80	56,6	0,250	
90,00	16,00	84,40	7,20	39,7	0,178	Schaufel nicht komplett eingetaucht. Nach DIN nicht korrekt
108,00	16,00	84,40	0,00	0,0	0,000	

Abbildung 77: Messung 3 - OWM-5-B

Messung: 4	Messtation: OWM- 5-B		Datum: 23.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:15Uhr/11:45Uhr		
	Gewässerbreite [cm]:	100	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	23	123	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]			Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	16,00	84,50	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	0,00	0,0	0,000	Messungen nach DIN nicht möglich. Mindesttiefe 16cm.
27,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	8,70	16,9	0,083	
37,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	9,30	44,9	0,200	
47,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	9,30	58,5	0,258	
57,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	8,40	53,8	0,237	
67,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	7,80	40,2	0,180	
100,00	16,00	84,50	Einpunktmessung	0,00	0,0	0,000	

Abbildung 78: Messung 4 - OWM-5-B

Messung: 5		Messstation: OWM- 5-B		Datum: 27.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 13:30Uhr/13:50Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	97	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	25	122	Zeitintervall je Messung [sek]: 60		
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	15,00	85,40	0,00	0,00	0	0,000	0,000 Flügelmessung nach DIN nicht möglich. Mindesttiefe 16cm.
25,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	8,40	60	0,050	0,050
35,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	9,00	60	0,110	0,110
45,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	9,00	60	0,220	0,220
55,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	8,40	60	0,260	0,260
65,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	7,80	60	0,210	0,210
75,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	7,20	60	0,110	0,110
97,00	15,00	85,40	Einpunktmessung	0,00	0	0,000	0,000

Abbildung 79: Messung 5 - OWM-5-B

Messung: 6 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM- 5-B		Datum: 30.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:10Uhr/11:30Uhr	
	107	107	20	127	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Welchere Pegel?	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Messzeit [sek]	Flügelmessungen nach DIN nicht möglich. Mindesttiefe 16cm.
0,00	16,00	83,70	0,00	0,000	0	0,000
20,00	16,00	83,70	5,40	0,030	60	0,030
30,00	16,00	83,70	8,70	0,070	60	0,070
40,00	16,00	83,70	9,00	0,120	60	0,120
50,00	16,00	83,70	9,30	0,220	60	0,220
60,00	16,00	83,70	9,00	0,260	60	0,260
70,00	16,00	83,70	8,40	0,210	60	0,210
80,00	16,00	83,70	7,80	0,110	60	0,110
90,00	16,00	83,70	6,00	0,110	60	0,110
107,00	16,00	83,70	0,00	0,000	0	0,000

Abbildung 80: Messung 6 - OWM-5-B

Messung: 7 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM- 5-B		Datum: 04.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:10Uhr/11:30Uhr	
	113	113	17	130	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	21,00	79,40		0,00	0,0	0,000
33,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	11,70	32,0	0,146
43,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	12,60	50,9	0,225
53,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	12,60	65,1	0,286
63,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	12,00	63,4	0,279
73,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	11,40	47,0	0,209
83,00	21,00	79,40	Einpunktmessung	10,80	20,0	0,096
113,00	21,00	79,40		0,00	0,0	0,000

Abbildung 81: Messung 7 - OWM-5-B

Messung: 8 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM- 5-B		Datum: 07.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:50Uhr/12:05Uhr		
	107	107	20	127	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:		Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]		Anzahl der Umdrehungen		Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)		Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]		Fließgeschwindigkeit [m/s]		Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
0,00	18,00	82,30	0,00	0,0	0,000	0,000	
			0,00				
30,00	18,00	82,30	9,60	22,6	0,107	0,107	
			16,00				
40,00	18,00	82,30	10,80	37,4	0,169	0,169	
			18,00				
50,00	18,00	82,30	10,50	55,7	0,246	0,246	
			17,50				
60,00	18,00	82,30	9,90	58,3	0,257	0,257	
			16,50				
70,00	18,00	82,30	9,60	47,0	0,208	0,208	
			16,00				
107,00	18,00	82,30	0,00	0,0	0,000	0,000	
			0,00				

Abbildung 82: Messung 8 - OWM-5-B



Messung: 10 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-5-B		Datum: 14.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:05Uhr/11:25Uhr		Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, Messlotrechten [m/s] etc.)
	109	109	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	21	130	130		
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Flügelmessungen nach DIN nicht möglich. Mindesttiefe 16cm.
0,00	17,00	83,30	0,00	0,00	0	0,000	0,000	
19,00	17,00	83,30	9,00	5,40	60	0,030	0,030	
29,00	17,00	83,30	15,00	5,00 12,00	60 60	0,070 0,020	0,045	
39,00	17,00	83,30	16,50	5,00 13,20	60 60	0,160 0,150	0,155	
49,00	17,00	83,30	17,00	5,00 13,60	60 60	0,260 0,250	0,255	
59,00	17,00	83,30	15,00	5,00 12,00	60 60	0,260 0,260	0,260	
69,00	17,00	83,30	15,00	5,00 12,00	60 60	0,220 0,180	0,200	
79,00	17,00	83,30	14,00	5,00 11,20	60 60	0,090 0,050	0,070	
89,00	17,00	83,30	11,00	6,60	60	0,020	0,020	
99,00	17,00	83,30	10,00	6,00	60	0,060	0,060	
109,00	17,00	83,30	0,00	0,00	0	0,000	0,000	

Abbildung 84: Messung 10 - OWM-5-B

## Anhang G – Abflussmessungen OWM-13

Messung: 1	Messtation: OWM-13		Datum: 14.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:00Uhr/11:30Uhr	
	145	145	13	158	158	Zeitintervall je Messung [sek]: 60
Gewässerbreite [cm]:	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:		Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Welcher Pegel?	Abstich [cm]				
0,00	17,00	83,40	0,00	0,000	0,000	
37,00	17,00	83,40	15,0	0,075	0,075	
47,00	17,00	83,40	55,0	0,242	0,242	
57,00	17,00	83,40	87,0	0,375	0,375	
67,00	17,00	83,40	64,0	0,279	0,279	
77,00	17,00	83,40	31,0	0,142	0,142	
87,00	17,00	83,40	7,0	0,042	0,042	sehr langsam, Verwirbelungen durch Kraut
145,00	17,00	83,40	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 85: Messung 1 - OWM-13

Messung: 2 Gewässerbite [cm]: Abstand zum Gewässerranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-13		Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:		Datum: 16.04.2020	12	Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:10Uhr/12:50Uhr		Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	142	142	154	154			Messzeit [sek]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	
	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Welches Messverfahren?	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	0,00	0,000	0,000	Querschnitt komplett entkrautet (Flussaufwärts - 3m entlang des Flusses)
0,00	16,00	84,20	0,00			0	0,000	0,000	Verwirbelungen durch Sand
18,00	16,00	84,20	14,00	Zweipunktmessung	5,00 11,20	60	0,000	0,000	
28,00	16,00	84,20	14,00	Zweipunktmessung	5,00 11,20	60	0,080	0,055	
38,00	16,00	84,20	18,00	Zweipunktmessung	5,00 14,40	60	0,120	0,080	
48,00	16,00	84,20	20,00	Zweipunktmessung	5,00 16,00	60	0,190	0,155	
58,00	16,00	84,20	21,00	Zweipunktmessung	5,00 16,80	60	0,330	0,265	
68,00	16,00	84,20	23,00	Zweipunktmessung	5,00 18,40	60	0,330	0,265	sehr langsam, Verwirbelungen durch Kraut
78,00	16,00	84,20	22,50	Zweipunktmessung	5,00 18,00	60	0,220	0,190	
88,00	16,00	84,20	22,00	Zweipunktmessung	5,00 17,60	60	0,130	0,110	
98,00	16,00	84,20	18,00	Zweipunktmessung	5,00 14,40	60	0,030	0,030	
108,00	16,00	84,20	14,00	Zweipunktmessung	5,00 11,20	60	-0,100	-0,060	
118,00	16,00	84,20	13,50	Zweipunktmessung	5,00 10,80	60	-0,020	-0,020	
128,00	16,00	84,20	11,50	Einpunktmessung	6,90	60	-0,010	-0,010	
142,00	16,00	84,20	0,00		0,00	0	0,000	0,000	

Abbildung 86: Messung 2 - OWM-13

Messung: 3		Messstation: OWM-13		Datum: 20.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 13:50Uhr/14:10Uhr		
Gewässerbreite [cm]:	139	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	14	153	Zeitintervall je Messung [sek]: 60			
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	16,00	84,40	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000	
36,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	11,40	7,6	0,044	0,044	
46,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	12,30	30,0	0,138	0,138	
56,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	12,90	51,5	0,228	0,228	
66,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	12,60	53,5	0,235	0,235	
76,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	14,40	52,0	0,230	0,230	
86,00	16,00	84,40	Einpunktmessung	12,90	26,0	0,121	0,121	
139,00	16,00	84,40	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 87: Messung 3 - OWM-13

Messung: 4	Messtation: OWM-13		Datum: 23.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:50Uhr/12:15Uhr				
	134	134	16	150	150	150			
Gewässerbreite [cm]:	Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	16,00	84,50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000		
34,00	16,00	84,50	19,50	11,70	10,0	10,0	0,055	0,055	
44,00	16,00	84,50	20,00	12,00	31,8		0,145	0,145	
54,00	16,00	84,50	20,50	12,30	42,8		0,191	0,191	
64,00	16,00	84,50	21,00	12,60	54,3		0,239	0,239	
74,00	16,00	84,50	21,00	12,60	48,6		0,215	0,215	
84,00	16,00	84,50	21,00	12,60	23,9		0,112	0,112	
94,00	16,00	84,50	18,00	10,80	9,3		0,052	0,052	
134,00	16,00	84,50	0,00	0,00	0,0		0,000	0,000	

Abbildung 88: Messung 4 - OWM-13

Messung: 5	Messstation: OWM-13			Datum: 27.04.2020			Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:40Uhr/13:10Uhr		
Gewässerbreite [cm]:	136	136	136	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	17	153	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	153	153
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	15,00	15,00	15,00	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	0,00	10,80	Fließgeschwindigkeit [m/s]	0,000	0,000
Welcher Pegel?	Pegelstand [cm],	Abstich [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)		
0,00	85,40	0,00	Einpunktmessung	0,00	0,0	0,000			
33,00	85,40	18,00	Einpunktmessung	10,80	5,5	0,036	0,036		
43,00	85,40	20,00	Einpunktmessung	12,00	25,9	0,121	0,121		
53,00	85,40	20,50	Einpunktmessung	12,30	43,9	0,196	0,196		
63,00	85,40	21,50	Einpunktmessung	12,90	51,6	0,228	0,228		
73,00	85,40	20,50	Einpunktmessung	12,30	45,8	0,203	0,203		
83,00	85,40	20,00	Einpunktmessung	12,00	20,0	0,096	0,096		
93,00	85,40	17,00	Einpunktmessung	10,20	5,5	0,036	0,036		
136,00	85,40	0,00	Einpunktmessung	0,00	0,0	0,000	0,000		

Abbildung 89: Messung 5 - OWM-13

Messung: 6 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässerranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-13		Datum: 30.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:35Uhr/10:55Uhr			
	137	137	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	16	153	Zeitintervall je Messung [sek]: 60		
Welcher Pegel?	Pegelstand [cm], Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	16,00	83,70	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000	
34,00	16,00	83,70	18,00	10,80	12,7	0,066	0,066	
44,00	16,00	83,70	19,00	11,40	27,1	0,126	0,126	
54,00	16,00	83,70	20,50	12,30	46,5	0,206	0,206	
64,00	16,00	83,70	21,50	12,90	50,2	0,222	0,222	
74,00	16,00	83,70	22,50	13,50	39,0	0,175	0,175	
84,00	16,00	83,70	22,50	13,50	16,8	0,083	0,083	
94,00	16,00	83,70	18,50	11,10	6,6	0,041	0,041	
137,00	16,00	83,70	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 90: Messung 6 - OWM-13

Messung: 7 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-13 137		Datum: 04.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:10Uhr/12:30Uhr		Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welcher Pegel? Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messortrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]		
0,00	21,00	79,40	0,00	0,0	0,000	0,000		
27,00	21,00	79,40	14,70	13,8	0,070	0,070		
37,00	21,00	79,40	15,60	20,0	0,096	0,096		
47,00	21,00	79,40	15,60	37,3	0,168	0,168		
57,00	21,00	79,40	16,80	57,2	0,252	0,252		
67,00	21,00	79,40	16,80	52,7	0,233	0,233		
77,00	21,00	79,40	16,80	46,7	0,207	0,207		
87,00	21,00	79,40	16,50	20,3	0,097	0,097		
97,00	21,00	79,40	15,30	11,2	0,059	0,059		
107,00	21,00	79,40	13,20	8,1	0,047	0,047		
137,00	21,00	79,40	0,00	0,0	0,000	0,000		

Abbildung 91: Messung 7 - OWM-13

Messung: 8		Messstation: OWM-13		Datum: 07.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:00Uhr/11:20Uhr			
Gewässerbreite [cm]:	135	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	16	151	Zeitintervall je Messung [sek]: 60				
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)
0,00	18,00	82,30	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000	
24,00	18,00	82,30	19,00	Einpunktmessung	11,40	3,3	0,027	0,027	
34,00	18,00	82,30	22,00	Einpunktmessung	13,20	10,3	0,056	0,056	
44,00	18,00	82,30	23,00	Einpunktmessung	13,80	27,1	0,126	0,126	
54,00	18,00	82,30	25,00	Einpunktmessung	15,00	51,5	0,226	0,226	
64,00	18,00	82,30	25,00	Einpunktmessung	15,00	56,7	0,250	0,250	
74,00	18,00	82,30	24,50	Einpunktmessung	14,70	43,8	0,195	0,195	
84,00	18,00	82,30	23,50	Einpunktmessung	14,10	24,5	0,115	0,115	
94,00	18,00	82,30	21,50	Einpunktmessung	12,90	6,9	0,042	0,042	
135,00	18,00	82,30	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 92: Messung 8 - OWM-13

Messung: 9		Messstation: OWM-13		Datum: 11.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:10Uhr/12:25Uhr		
Gewässerbreite [cm]:	133	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	17	150	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)		
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	16,00	Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an Messverfahren?) Welches Messlotrechte) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	16,00	84,40	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000
33,00	16,00	84,40	19,00	Einpunktmessung	11,40	7,4	0,044	0,044
43,00	16,00	84,40	20,00	Einpunktmessung	12,00	24,3	0,114	0,114
53,00	16,00	84,40	21,00	Einpunktmessung	12,60	44,2	0,197	0,197
63,00	16,00	84,40	21,50	Einpunktmessung	12,90	48,7	0,216	0,216
73,00	16,00	84,40	21,50	Einpunktmessung	12,90	33,6	0,153	0,153
83,00	16,00	84,40	21,50	Einpunktmessung	12,90	18,4	0,090	0,090
93,00	16,00	84,40	18,00	Einpunktmessung	10,80	6,5	0,040	0,040
133,00	16,00	84,40	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000

Abbildung 93: Messung 9 - OWM-13

Messung: 10		Messtation: OWM-13			Datum: 14.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:35Uhr/10:50Uhr		
Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	134 Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	134 Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:		17 Anzahl der Umdrehungen	151 Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, Messlotrechten [m/s] etc.)
			Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]					
0,00	17,00	83,30	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000		
33,00	17,00	83,30	20,00	12,00	10,1	0,055	0,055		
43,00	17,00	83,30	22,00	13,20	33,4	0,152	0,152		0,152
53,00	17,00	83,30	21,50	12,90	51,0	0,225	0,225		0,225
63,00	17,00	83,30	22,50	13,50	49,9	0,221	0,221		0,221
73,00	17,00	83,30	22,50	13,50	37,2	0,168	0,168		0,168
83,00	17,00	83,30	21,00	12,60	19,1	0,092	0,092		0,092
93,00	17,00	83,30	19,50	11,70	6,5	0,040	0,040		0,040
134,00	17,00	83,30	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000		0,000

Abbildung 94: Messung 10 - OWM-13

# Anhang H – Abflussmessungen OWM-11-Lg

Messung: 1	Messtation: OWM-11-Lg		Datum: 14.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 12:20Uhr/12:45Uhr		
	Gewässerbreite [cm]:	139	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	31	170	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]			Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)
	0,00	70,20	0,00	0,0	0,000	0,000	
			Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)			
29,00	30,00	70,20	11,40	Einpunktmessung	16,0	0,080	
			21,50	Einpunktmessung			
39,00	30,00	70,20	12,90	Einpunktmessung	25,0	0,117	0,117
			23,00	Einpunktmessung			
49,00	30,00	70,20	13,80	Einpunktmessung	39,0	0,175	0,175
			24,50	Einpunktmessung			
59,00	30,00	70,20	14,70	Einpunktmessung	47,0	0,208	0,208
			24,00	Einpunktmessung			
69,00	30,00	70,20	14,40	Einpunktmessung	43,0	0,192	0,192
			22,00	Einpunktmessung			
79,00	30,00	70,20	13,20	Einpunktmessung	33,0	0,150	0,150
			20,00	Einpunktmessung			
89,00	30,00	70,20	12,00	Einpunktmessung	25,0	0,117	0,117
			0,00		0,0	0,000	0,000
139,00	30,00	70,20					

Abbildung 95: Messung 1 - OWM-11-Lg

Messung: 2 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-11-Lg		Datum: 16.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:30Uhr/09:50Uhr	
	139	139	31	170	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Welcher Pegel?	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	30,00	70,20	0,00	0,0	0,000	0,000
29,00	30,00	70,20	11,40	12,0	0,063	0,063
39,00	30,00	70,20	13,80	31,0	0,142	0,142
49,00	30,00	70,20	14,70	37,0	0,167	0,167
59,00	30,00	70,20	14,40	41,0	0,183	0,183
69,00	30,00	70,20	14,70	43,0	0,192	0,192
79,00	30,00	70,20	13,80	32,0	0,146	0,146
89,00	30,00	70,20	12,00	27,0	0,125	0,125
99,00	30,00	70,20	11,10	17,0	0,084	0,084
139,00	30,00	70,20	0,00	0,0	0,000	0,000
			0,00			
			19,00			
			23,00			
			24,50			
			24,00			
			24,50			
			23,00			
			20,00			
			18,50			
			0,00			

Abbildung 96: Messung 2 - OWM-11-Lg

Messung: 3		Messstation: OWM-11-Lg			Datum: 20.04.2020			Uhrzeit (Anfang/Ende): 11:30Uhr/11:50Uhr		
Gewässerbreite [cm]:	137	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	33	170	Zeitintervall je Messung [sek]:	60				
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
0,00	29,00	71,20	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000		
27,00	29,00	71,20	17,00	Einpunktmessung	10,20	11,0	0,060	0,060		
37,00	29,00	71,20	20,00	Einpunktmessung	12,00	23,5	0,111	0,111		
47,00	29,00	71,20	22,50	Einpunktmessung	13,50	34,0	0,154	0,154		
57,00	29,00	71,20	23,50	Einpunktmessung	14,10	39,1	0,175	0,175		
67,00	29,00	71,20	24,00	Einpunktmessung	14,40	38,0	0,171	0,171		
77,00	29,00	71,20	22,50	Einpunktmessung	13,50	25,8	0,120	0,120		
87,00	29,00	71,20	19,50	Einpunktmessung	11,70	15,4	0,077	0,077		
137,00	29,00	71,20	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000		

Abbildung 97: Messung 3 - OWM-11-Lg

Messung: 4 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messtation: OWM-11-Lg		Datum: 23.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:30Uhr/09:50Uhr		
	139	139	31	170	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
Welcher Pegel?	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]
0,00	29,00	71,20	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000
29,00	29,00	71,20	18,00 Einpunktmessung	10,80	9,7	0,053	0,053
39,00	29,00	71,20	21,50 Einpunktmessung	12,90	19,5	0,094	0,094
49,00	29,00	71,20	22,50 Einpunktmessung	13,50	29,1	0,134	0,134
59,00	29,00	71,20	24,00 Einpunktmessung	14,40	40,5	0,181	0,181
69,00	29,00	71,20	24,00 Einpunktmessung	14,40	37,2	0,168	0,168
79,00	29,00	71,20	22,00 Einpunktmessung	13,20	23,8	0,112	0,112
89,00	29,00	71,20	20,00 Einpunktmessung	12,00	12,9	0,067	0,067
99,00	29,00	71,20	16,50 Einpunktmessung	9,90	16,9	0,083	0,083
139,00	29,00	71,20	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000

Abbildung 98: Messung 4 - OWM-11-Lg

Messung: 5 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-11-Lg		Datum: 27.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:20Uhr/11:00Uhr		
	137	137	32	169	Zeitintervall je Messung [sek]: 60		
Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	28,00	71,70	0,00	0,0	0,000	0,000	
28,00	28,00	71,70	18,00	11,4	0,060	0,060	
38,00	28,00	71,70	20,00	21,3	0,102	0,102	
48,00	28,00	71,70	21,00	29,8	0,137	0,137	
58,00	28,00	71,70	23,00	34,8	0,158	0,158	
68,00	28,00	71,70	23,00	32,7	0,149	0,149	
78,00	28,00	71,70	20,00	22,8	0,108	0,108	
88,00	28,00	71,70	19,00	9,1	0,051	0,051	
98,00	28,00	71,70	16,00	19,0	0,092	0,092	
137,00	28,00	71,70	0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 99: Messung 5 - OWM-11-Lg

Messung: 6	Messtation: OWM-11-Lg	Datum: 30.04.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:15Uhr/09:45Uhr	
Gewässerbreite [cm]:	134	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	33	167	Zeitintervall je Messung [sek]: 60
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	28,00	Wassertiefe (an Messlotrechten) [cm]	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s] etc.)
	71,70	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Anzahl der Umdrehungen	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
0,00	28,00	0,00	0,0	0,000	0,000
27,00	28,00	18,00	9,0	0,050	0,050
37,00	28,00	20,00	22,2	0,105	0,105
47,00	28,00	21,00	29,5	0,136	0,136
57,00	28,00	23,00	33,7	0,153	0,153
67,00	28,00	23,00	35,2	0,159	0,159
77,00	28,00	20,00	26,6	0,124	0,124
87,00	28,00	19,00	24,0	0,113	0,113
97,00	28,00	16,00	17,5	0,086	0,086
134,00	28,00	0,00	0,0	0,000	0,000

Abbildung 100: Messung 6 - OWM-11-Lg

Messung: 7		Messstation: OWM-11-Lg		Datum: 04.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:45Uhr/11:10Uhr			
Gewässerbreite [cm]:	143	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	29	172	Zeitintervall je Messung [sek]: 60				
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Pegelestand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe der Messstellen (Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkräutung, Probleme, etc.)
0,00	28,00	71,70	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000	
31,00	28,00	71,70	20,00	Einpunktmessung	12,00	9,0	0,050	0,050	
41,00	28,00	71,70	24,50	Einpunktmessung	14,70	22,2	0,105	0,105	
51,00	28,00	71,70	27,00	Einpunktmessung	16,20	29,5	0,136	0,136	
61,00	28,00	71,70	27,50	Einpunktmessung	16,50	33,7	0,153	0,153	
71,00	28,00	71,70	27,50	Einpunktmessung	16,50	35,2	0,159	0,159	
81,00	28,00	71,70	26,00	Einpunktmessung	15,60	26,6	0,124	0,124	
91,00	28,00	71,70	24,00	Einpunktmessung	14,40	24,0	0,113	0,113	
101,00	28,00	71,70	20,50	Einpunktmessung	12,30	17,5	0,086	0,086	
111,00	28,00	71,70	17,00	Einpunktmessung	10,20	17,5	0,086	0,086	
143,00	28,00	71,70	0,00		0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 101: Messung 7 - OWM-11-Lg

Messung: 8 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-11-Lg 139		Datum: 07.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:30Uhr/09:45Uhr	
	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]: Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	31	170	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Messlotrechten [m/s]		
0,00	0,00	0,0	0,00	0,000	0,000	
29,00	19,50 Einpunktmessung	10,2	11,70	0,055	0,055	
39,00	22,50 Einpunktmessung	27,3	13,50	0,126	0,126	
49,00	24,50 Einpunktmessung	34,4	14,70	0,156	0,156	
59,00	25,00 Einpunktmessung	39,8	15,00	0,018	0,018	
69,00	25,50 Einpunktmessung	36,9	15,30	0,166	0,166	
79,00	23,50 Einpunktmessung	25,1	14,10	0,117	0,117	
89,00	21,00 Einpunktmessung	19,1	12,60	0,092	0,092	
99,00	19,00 Einpunktmessung	25,0	11,40	0,117	0,117	
139,00	0,00 Einpunktmessung	0,0	0,00	0,000	0,000	

Abbildung 102: Messung 8 - OWM-11-Lg

Messung: 9	Messtation: OWM-11-Lg		Datum: 11.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 10:35Uhr/10:50Uhr					
	Gewässerbreite [cm]:	143	Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:	33	176	Zeitintervall je Messung [sek]: 60				
Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Welcher Pegel?	Pegelstand [cm], Welcher Pegel?	Abstich [cm]	Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]	Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)	Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]	Anzahl der Umdrehungen	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)
0,00	28,00	71,60	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
27,00	28,00	71,60	19,50	11,70	Einpunktmessung	11,70	9,2	0,051	0,051	
37,00	28,00	71,60	22,50	13,50	Einpunktmessung	13,50	19,8	0,095	0,095	
47,00	28,00	71,60	24,50	14,70	Einpunktmessung	14,70	27,5	0,127	0,127	
57,00	28,00	71,60	25,00	15,00	Einpunktmessung	15,00	36,8	0,166	0,166	
67,00	28,00	71,60	25,50	15,30	Einpunktmessung	15,30	30,3	0,139	0,139	
77,00	28,00	71,60	23,50	14,10	Einpunktmessung	14,10	14,8	0,074	0,074	
87,00	28,00	71,60	21,00	12,60	Einpunktmessung	12,60	15,4	0,077	0,077	
143,00	28,00	71,60	0,00	0,00	Einpunktmessung	0,00	0,0	0,000	0,000	

Abbildung 103: Messung 9 - OWM-11-Lg

Messung: 10 Gewässerbreite [cm]: Abstand zum Gewässeranfang (gegen die Fließrichtung von rechts nach links) [cm]	Messstation: OWM-11-Lg		Datum: 14.05.2020		Uhrzeit (Anfang/Ende): 09:25Uhr/09:40Uhr		
	141	141	32	173	Zeitintervall je Messung [sek]: 60	Bemerkungen (nicht eingetauchte Schaufel, Verkrautung, Probleme, etc.)	
Wasseranfang/Wasserende (ausgehend vom Nullpunkt) [cm]:		Tiefe des Messpunktes unter Wasserspiegel [cm]		Anzahl der Umdrehungen		Mittlere Geschwindigkeit der Messlotrechten [m/s]	
Welches Messverfahren? (Bsp.: Ein-, Zwei-, Drei-, Fünf-, Sechspunktmessung)		Wassertiefe (an der Messlotrechten) [cm]		Fließgeschwindigkeit [m/s]		Messlotrechten [m/s]	
0,00	29,00	71,10	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000
			0,00				
28,00	29,00	71,10	17,00	10,20	11,3	0,060	0,060
38,00	29,00	71,10	20,50	12,30	24,0	0,113	0,113
48,00	29,00	71,10	23,00	13,80	31,6	0,145	0,145
58,00	29,00	71,10	23,00	13,80	39,1	0,176	0,176
68,00	29,00	71,10	22,00	13,20	33,9	0,154	0,154
78,00	29,00	71,10	23,50	14,10	19,1	0,092	0,092
88,00	29,00	71,10	21,00	12,60	20,8	0,099	0,099
141,00	29,00	71,10	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000

Abbildung 104: Messung 10 - OWM-11-Lg

## Anhang I – Messwerte Temperatur

Messstation	Temperatur (°C)
1	15,96129
2	9,937096
3	11,13608
4	13,48336
5	14,77188
6	14,56299
7	13,01187
8	15,43883
9	15,71851
10	16,04519
11	16,1183
Zufluss Glindbruchgraben	12,00035
12	18,09988
13	18,23856
14	17,01791
15	17,79236
16	17,72324
17	17,45111
18	17,29674
19	17,24968
20	17,12947
21	17,17834
Zufluss Niemarkter Landgraben	16,09206

Abbildung 105: Messwerte der Temperaturmessung

## Anhang J – Messwerte Sauerstoffkonzentration

Messtation	Sauerstoffkonzentration (mg/L)
1	13,09206
2	2,34057
3	4,847754
4	6,831616
5	11,47698
6	11,88261
7	8,634964
8	11,55066
9	12,65803
10	11,74028
11	12,53209
Zufluss Glindbruchgraben	6,281798
12	12,19449
13	13,09991
14	12,14898
15	13,00375
16	13,3081
17	12,69121
18	12,95574
19	13,32758
20	13,3082
21	13,90785
Zufluss Niemarker Landgraben	8,805974

Abbildung 106: Messwerte der Sauerstoffkonzentrationsmessung

## Anhang K – Messwerte elektrische Leitfähigkeit

Messtation	elektrische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
1	810,3129
2	1019,264
3	822,188
4	863,9249
5	936,4115
6	866,619
7	817,0129
8	864,094
9	724,1371
10	955,149
11	876,4057
Zufluss Glindbruchgraben	730,5602
12	537,0922
13	512,4297
14	534,2466
15	544,1461
16	506,4558
17	562,7578
18	574,8281
19	572,8965
20	578,2722
21	576,1078
Zufluss Niemarkter Landgraben	538,697

Abbildung 107: Messwerte der elektrischen Leitfähigkeitsmessung

## Anhang L – Messwerte Redoxpotential

Messtelle	Redoxpotential (mV)
1	35,69034
2	10,90339
3	57,81625
4	82,69513
5	107,4717
6	129,02
7	156,4464
8	165,413
9	169,8803
10	168,9757
11	119,8718
Zufluss Glindbruchgraben	113,2153
12	191,3484
13	195,1976
14	185,7391
15	169,5456
16	174,0137
17	131,0977
18	163,1735
19	147,8779
20	176,4053
21	171,6759
Zufluss Niemarkter Landgraben	201,1961

Abbildung 108: Messwerte der Redoxpotentialmessung