

# **Leitfähigkeitsmessungen der Werra zwischen Heringen und Widdershausen zur Erstellung von Vertikal- und Längsprofilen**

**Bericht über die Leitfähigkeitsverhältnisse der Werra oberhalb und  
unterhalb einer Einleitungsstelle von Kaliabwässern  
im Sommer 2011**

FischOR Ulrich Matthes  
FischWM Reinald Werner  
Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz  
und Lebensmittelsicherheit (LAVES)  
Dezernat 34 – Binnenfischerei  
Hannover im August 2012

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
0 Zusammenfassung	3
1 Vorwort	4
2 Untersuchungsstrecke	4
3 Methodik	5
4 Ergebnisse	8
4.1 Strecke oberhalb der Einleitung	9
4.2 Einleitungsbereich	9
4.3 Einleitungsstrecke	9
4.4 Temperaturmessungen	11
5 Abbildungen	14
6 Tabellen	14
7 Literatur	15
8 Anhang	15

## 0. Zusammenfassung

Am 17. und 18. August 2011 wurden in der Werra zwischen Heringen und Widdershausen zur Erstellung von Längs- und Querprofilen 342 Leitfähigkeitsmessungen in unterschiedlichen Wassertiefen am linken Ufer, rechten Ufer und in der Gewässermitte durchgeführt.

Die Abflussmenge lag am 17. bei 11,6 m<sup>3</sup>/sec und am 18. bei 10,5 m<sup>3</sup>/sec (Gerstungen). Die oberhalb der Kaliabwässereinleitungsstelle liegende Untersuchungsabschnitt war 1800m lang. Die Messungen, die überwiegend im Abstand von 200m erfolgten, zeigten bis 150m oberhalb der Einleitung fast durchweg einheitliche Leitfähigkeitswerte um 3500 µS/cm. Eine Abweichung zeigte nur ein bodennaher Messwert von 4000µS/cm in Gewässermitte im Bereich des linksseitig zulaufenden Mühlengrabens und der Wasserentnahmestelle von K+S. Die vorherrschenden 3500µS/cm entsprechen einem Chloridgehalt von 930 mg/l und einem Kaliumgehalt von 110 mg/l.

Die Messstrecke unterhalb der Einleitung war 1300m lang. In diesem Untersuchungsabschnitt und im Einleitungsbereich bis 200m oberhalb wurden die Messungen überwiegend in einem Abstand von 100m durchgeführt.

Es zeigte sich, dass die zufließenden Kaliabwässer aufgrund ihrer höheren Dichte schon im unmittelbaren Einleitungsbereich bis zur Gewässersohle absinken und sich über die gesamte Gewässerbreite verteilen. Dieser über der Sohle liegende „Teppich“ konzentrierter Kaliabwässer breitet sich in Strömungsrichtung bis zum Wehr bei Widdershausen aus.

Aber auch gegen die Strömung erfolgt eine Ausbreitung bis 160m oberhalb der Einleitung.

Im unmittelbaren Einleitungsbereich (160m oberhalb, 200m unterhalb) lagen die Leitfähigkeitsmesswerte über Grund zwischen den Eckwerten von 6400 und 9200µS/cm. Im Verlauf der Fließstrecke ging die Leitfähigkeit in der bodennahen Zone (ab 200cm Wassertiefe) dann bis zum Wehr auf Werte zwischen 4700 und 5800 µS/cm zurück.

Im mittleren Tiefenbereich (100cm und 150cm) lagen die Messwerte zwischen 3600 und 6700µS/cm. Nach einer Erhöhung der Leitfähigkeit im unmittelbaren Einleitungsbereich fallen die Leitfähigkeitswerte oder pendeln auf mittlerem Niveau. Ab Brücke Widdershausen ist bis 100m vor dem Wehr ein stufen weiser Anstieg der Leitfähigkeit auf Werte zwischen 4500 und 6000µS/cm zu verzeichnen. Bei der letzten Messposition einige Meter oberhalb des Wehres gehen die Werte beider Messlinien des Mittelwassers aufgrund von Vermischungsvorgängen mit dem Oberflächenwasser zurück in den Bereich von 4300µS/cm. Das Oberflächenwasser der Einleitungsstrecke verändert seine Leitfähigkeit im Streckenverlauf anfangs nur geringfügig. Erst 300m oberhalb des Wehres erfolgt ein Anstieg auf über 4000µS/cm der kurz vor dem Wehr 4200µS/cm erreicht.

Es ist damit zu rechnen, dass das über Wehrkante, Fischpass und Turbinenkanal ablaufende Wasser diesen Werraabschnitt mit einer Leitfähigkeit von mehr als 4300 µS/cm verlässt und somit der rechnerisch ermittelten Durchmischungskonzentration entspricht oder sehr nahe kommt.

Die zu erwartende Chloridkonzentration nach erfolgter vollständiger Durchmischung wurde mit 1213 mg/l berechnet. Das entspricht einer LF von 4462 µS/cm.

Zumindest bei den während dieser Untersuchung herrschenden Abfluss- und Einleitungsverhältnissen bleibt eine Boden deckende Wassersicht, die aus der höheren Dichte der Einleitungswässer resultiert, zurück. Bei Leitfähigkeitsverhältnissen, die zwischen 4500 und 9000 µS/cm liegen, herrschen in der gesamten Bodenzone der Einleitungsstrecke Chloridkonzentrationen von 1200-2600 mg/l und Kaliumkonzentrationen von 140-270 mg/l. Da diese Konzentrationen als fischfeindlich einzustufen sind, fällt die Bodenzone dieses Gewässerabschnitts als Nahrungsareal und Aufenthaltsort für Fische aus (Meidung) oder wird nur unter der Option einer wahrscheinlichen Schädigung genutzt.

Es wird empfohlen, unter Einbeziehung von wasserwirtschaftlichen Fachleuten zu prüfen, ob die kritische Situation im Sohlbereich durch Maßnahmen wie Verwirbelung durch Drucklufteinleitung und /oder Entnahme von Tiefenwasser am Wehr Widdershausen entschärft werden kann.

Des weiteren wird empfohlen, für die Werrastauabschnitte bei Philippsthal und Gerstungen, in die ebenfalls Einleitungen von Kaliabwässern erfolgen, ähnliche Leitfähigkeitsprofile erstellen zu lassen, um unter anderem abweichende, unter die Erwartungen fallende Fangergebnisse der Elektrofischungen in den Einleitungsstrecken (z.B. Befischungsposition 6 oh. Sallmannshausen) erklären und ggf. Abhilfe schaffen zu können.

## 1. Vorwort

Das Dezernat Binnenfischerei wurde von K+S in den Jahren 2009 und 2011 beauftragt, in der Werra zwischen Breitungen und Creuzburg den Fischbestand mittels der Elektrofischerei festzustellen. Dabei sollten Werrastrecken, die oberhalb der Einleitungsstrecke von Kaliabwässern liegen, und unterschiedlich beeinflusste Flussabschnitte in der Einleitungsstrecke befischt werden. Während der Befischung im Jahr 2009 (aber auch während der Befischung in 2011) fiel in einigen Positionsstrecken, insbesondere der Befischungsstrecke von Position 5, auf, dass bei einigen fischereilichen Parametern (Abundanz, Biomasse, Erkrankungsrate) die Erwartungswerte hinsichtlich der in Ufernähe oberflächlich gemessenen Leitfähigkeit nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entsprachen. Da im Bereich der Befischungsstrecke von Position 5 an der linken Uferseite oberhalb der Brücke bei Widdershausen eine Einleitung von Kaliabwasser erfolgt, lag die Vermutung nahe, dass die Befischungsergebnisse durch unterschiedliche Durchmischungsverhältnisse im Einleitungsbereich beeinflusst wurden. Daher wurde im Abschlussbericht der Werrabefischung 2009 die Empfehlung ausgesprochen, durch Erstellung von Vertikal- und Längsprofilen der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers im Werraabschnitt zwischen Heringen und Widdershausen die Mischungsverhältnisse im Einleitungsbereich zu dokumentieren. K+S kam der Empfehlung nach und beauftragte das Dezernat Binnenfischerei, diese Untersuchungen durchzuführen.

## 2. Untersuchungsstrecke

Der zur Untersuchung anstehende Werraabschnitt liegt zwischen dem Wehr oberhalb Heringen und dem Wehr unterhalb Widdershausen. Die Fließstrecke ist rund 3300m lang. Die mittlere Breite beträgt nach Messungen mit einem Laserentfernungsmesser rund 35m (28-50m). Bei Heringen und Widdershausen wird die Werra von einer Straßenbrücke überquert.

Kurz oberhalb des Wehres bei Heringen zweigt ein ca. 3m breites Umgehungsgerinne (Mühlengraben) linksseitig ab, das ca. 300m unterhalb der Brücke Heringen bei einer Wasserentnahmestelle von K+S wieder zufließt.

Die Einleitung von Kaliabwässern erfolgt linksseitig über einen ca. 4m breiten Zufluss in einer stark gekrümmten Außenkurve. Die Entfernung zum oberhalb gelegenen Wehr Heringen beträgt rund 2000m (zur Brücke b. Heringen 1800m). Zum unterhalb gelegenen Wehr Widdershausen beträgt die Fließstrecke 1300m (zur Brücke Widdershausen 1000m).

Das Gewässerquerschnittsprofil entspricht einem Trapezprofil. Die Ufer fallen relativ steil ab. Die mittlere Gewässertiefe in Flussmitte beträgt nach Echolotmessungen durch das Dezernat Binnenfischerei oberhalb der Einleitungsstelle 240cm und unterhalb rund 260cm. Die größten Tiefenmesswerte lagen bei 5,5-6m unterhalb der Brücke Widdershausen und etwa 20m oberhalb der Einleitungsstelle.

Die Strömungsgeschwindigkeit lag unter 40cm/sec.

Die Mittlere Abflussmenge beim oberhalb gelegenen Pegel Vacha wird mit 23,6m<sup>3</sup>/sec angegeben. Bei der unterhalb gelegenen Messstelle Gerstungen beträgt der langjährige mittlere Abfluss 30,9 m<sup>3</sup>/sec. Demnach wird der mittlere Abfluss bei Widdershausen zwischen beiden Werten zwischen 28 und 30 m<sup>3</sup>/sec liegen.

Während der Leitfähigkeitsmessungen lagen mit Werten zwischen 10,5 und 11,6 m<sup>3</sup>/sec (Gerstungen) niedrige Abflussverhältnisse vor.

Die Untersuchungsstrecke ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

### 3. Methodik

Die Leitfähigkeitsmessungen wurden von einem ca. 4m langen mit Außenbordmotor ausgestatteten Aluminiumboot vorgenommen. Beginnend bei der Brücke in Heringen wurden über eine Flussstrecke von 1800m bis zur Einleitungsstelle 15 Untersuchungspositionen festgelegt, wo an den Messstellen linkes Ufer, Gewässermitte und rechtes Ufer die Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt wurden. Der Abstand der Positionen betrug in der Regel 200m. Es wurden zuerst die Messwerte für Oberfläche und 10cm über Grund genommen. Bei signifikanten Abweichungen wurden Zwischenwerte in unterschiedlicher Tiefen gemessen.

Die Leitfähigkeitsmessungen wurden mit einem Hach HQ 40D durchgeführt.

Die Entfernung zwischen den Positionen und die Gewässermitte wurde mit einem Laserentfernungsmesser unter zur Hilfenahme markanter Land- und Ufermarken festgelegt.

Die Gewässertiefe wurde über die Displayanzeigen eines Echolotes ermittelt.

Von der Einleitungsstelle bis zum Wehr Widdershausen wurden (über eine Strecke von 1300m ) 13 Untersuchungspositionen mit Messungen in unterschiedlichen Tiefen am linken Ufer, rechten Ufer und in der Gewässermitte beprobt. Der Abstand der Positionen wurde in diesem Abschnitt in der Regel enger gesetzt (meist 100m oder weniger).

Neben den Leitfähigkeitsmessungen wurden an drei Untersuchungspositionen Wassertemperaturmessungen durchgeführt.

Aus den Tabellen 2.1 und 2.2 ist die Lage der Untersuchungspositionen mit den zugehörigen Messstellen ersichtlich.

Tabelle 1 gibt auf der Grundlage von Korrelationskurven/geraden, die auf Messungen von K+S basieren (siehe auch die Anhangsabbildungen A 1.1 und A 2.2 mit Korrelationsgleichungen), die Möglichkeit, die zu den Leitfähigkeitsmesswerten gehörigen Chlorid- und Kaliumwerte in mg/l abzuschätzen.

**Tabelle 1: Abhängigkeit von elektrischer Leitfähigkeit, Chloridgehalt und Kaliumgehalt auf der Basis von Messreihen von K+S aus den Jahren 2009 (LF) und 2011 (Chlorid und Kalium)**

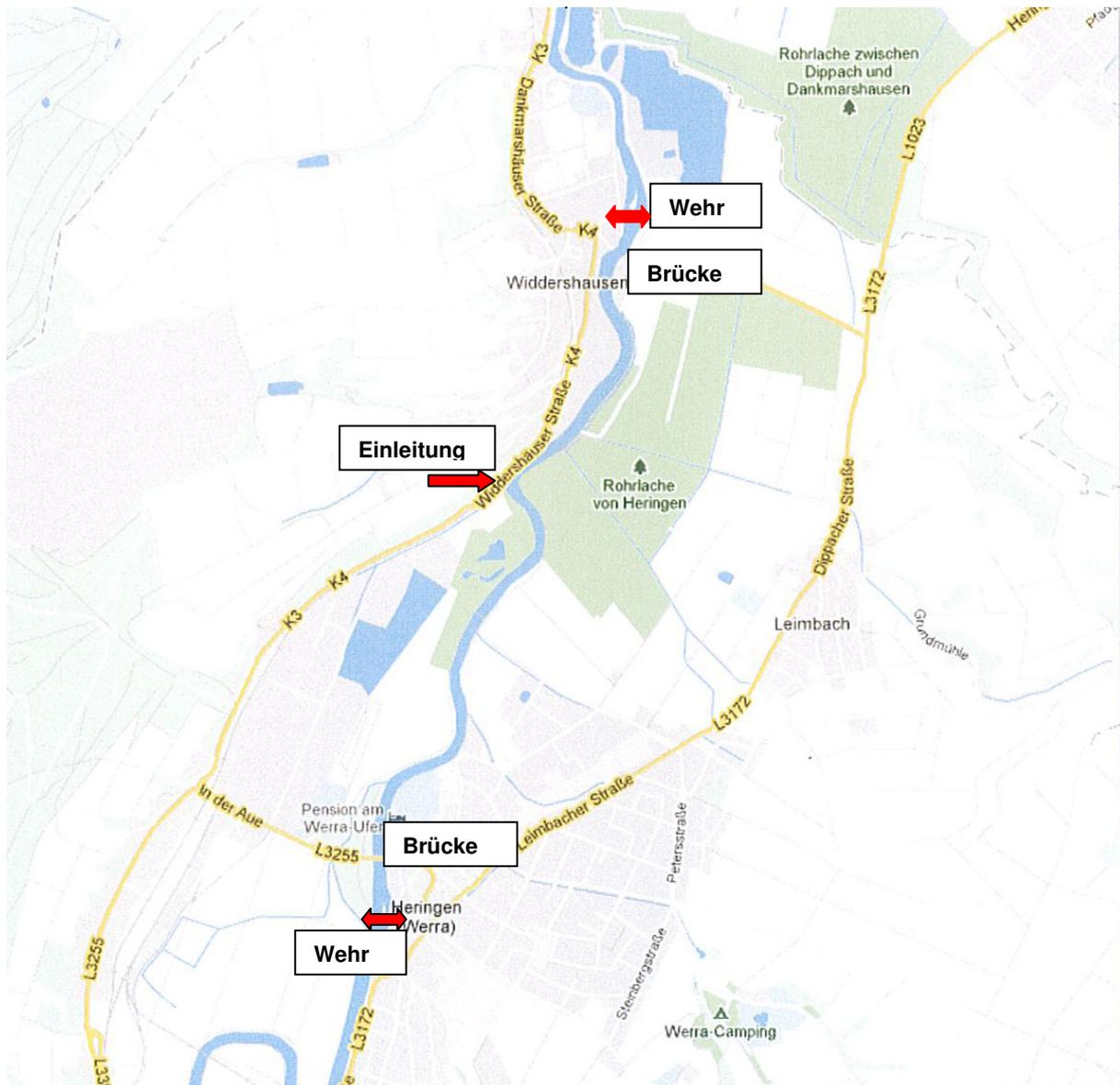
LF [ $\mu$ S]	Chlorid [mg/l]	Kalium [mg/l]
3000	776	96
3500	926	109
4000	1075	124
4500	1224	139
5000	1373	154
5500	1522	168
6000	1671	183
6500	1821	197
7000	1970	211
7500	2119	225
8000	2268	238
8500	2417	252
9000	2566	266
9500	2715	279
10000	2865	293

**Tabelle 2.1: Positionsliste mit Messstellen oberhalb der Einleitung**

Position	Entfernung	Entfernung	Entfernung	Anzahl	Anz.Mess.	Anz. Mess.	Anz. Mess.	Bemerk.
	Brücke Her.	Einleitung	Vorposition		Mess.	links	mittig	
1	0	1800	0	6	2	2	2	Brücke Heringen
2	200	1600	200	6	2	2	2	
3	300	1500	100	5	–	2	3	Entn.Bauwerk
4	320	1480	20	5	3	2	–	
5	520	1280	200	6	2	2	2	
6	720	1080	200	6	2	2	2	
7	920	880	200	6	2	2	2	
8	1140	660	220	7	3	2	2	Fussg.Brücke
9	1340	460	200	6	2	2	2	
10	1540	260	200	6	2	2	2	
11	1590	210	50	3	1	2	–	
12	1640	160	50	3	–	3	–	
13	1710	90	70	8	2	3	3	
14	1780	20	70	8	2	3	3	
15	1800	0	20	2	–	2	–	Einleitung
				83	25	33	25	

**Tabelle 2.2: Positionsliste mit Messstellen unterhalb der Einleitung sowie Wassertemperaturmessungen**

Position	Entfernung Brücke Her.	Entfernung Einleitung	Entfernung Vorposition	Anzahl Mess.	Anz.Mess. links	Anz. Mess. mittig	Anz. Mess. rechts	Bemerk.
16 (1)	1900m	100m	100m	21	3	10	8	17.08.2011
16 (2)	1900m	100m	100m	17	5	6	6	18.08.2011
17	2000m	200m	100m	18	6	6	6	
18	2100m	300m	100m	17	6	7	4	
19	2200m	400m	100m	20	7	7	6	
20	2300m	500m	100m	18	7	6	5	
21	2400m	600m	100m	17	5	7	5	
22	2500m	700m	100m	17	5	6	6	
23	2700m	900m	200m	18	6	7	5	
24	2800m	1000m	100m	12	3	5	4	Brücke Widdersh.
25	2850m	1050m	50m	19	5	8	6	
26	2900m	1100m	50m	16	5	6	5	
27	3000m	1200m	100m	17	5	8	4	
28	3100m	1300m	100m	25	5	6	14	Wehr Widdersh.
				252	73	95	84	
29	3000m	1200m	100m	6	–	6	–	Temp.Messung
30	1500m	300m	160m	4+4	–	4+4	–	Temp./LF
31	1800m	0	–	3+3	–	3+3	–	Temp./LF;Einlauf
				13+7	–	13+7	–	



**Abbildung 1: Werrauntersuchungsstrecke**

#### 4. Ergebnisse

Am 17. und 18. August des Jahres 2011 wurden an 31 Messpositionen der Werra zwischen der Brücke bei Heringen und dem Wehr bei Widdershausen insgesamt 342 Messungen der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers und 13 Messungen der Wassertemperatur vorgenommen. Pro Position wurden in der Regel Leitfähigkeitsmessungen in unterschiedlicher Gewässertiefe am linken Ufer, am rechten Ufer und in der Gewässermitte durchgeführt.

Auf den oberhalb der Einleitung gelegenen Untersuchungsabschnitt entfielen 87 Leitfähigkeitsmessungen und 4 Messungen der Wassertemperatur. Im unteren Streckenabschnitt wurden 252 Leitfähigkeitsmessungen und 6 Temperaturmessungen durchgeführt. Direkt im Einleitungskanal erfolgten je 3 Messungen zur Leitfähigkeit und Wassertemperatur.

Die Messergebnisse können den Anhangstabellen A 1.1 bis A 1.6 dargestellt als Längs- und Tiefenprofil für beide Uferseiten und die Gewässermitte entnommen werden. Die Temperaturmessungen sind in Tabelle A 1.7 wiedergegeben.

Die Anhangstabellen A 2.1 bis A 2.32 zeigen die Messergebnisse der Positionen im Gewässerquerprofil.

Die Abbildungen 2.1 bis 2.4 sowie die Anhangsabbildungen A 3.1 bis A 3.7 geben die Leitfähigkeitsmessungen im Tiefen und Längsverlauf grafisch wieder.

#### 4.1 Strecke oberhalb Einleitung (Pos.1 – Pos. 11)

Wie aus den Anhangstabellen A 1.1 bis A 1.3 und den Abbildungen 2.1 bis 2.4 ersichtlich ist von Position 1 (Brücke Heringen) bis Position 11 (210 m oh. Einleitung) zwischen den Leitfähigkeitswerten an der Oberfläche und über Grund kaum ein Unterschied festzustellen. Bis auf die Tiefenwerte für Gewässermitte und rechtes Ufer von Position 3 liegen die Oberflächen- und Gewässersohlenwerte zwischen 3360 $\mu$ S und 3500 $\mu$ S. Die örtlich zueinander gehörenden Oberflächen- und Tiefenwerte sind meist gleich oder weichen geringfügig (max.40 $\mu$ S) voneinander ab. Der lokale Anstieg auf rund 4100 $\mu$ S im Mittelwasser und über Grund bei Position 3 ist entweder auf den Zulauf über den Mühlengraben zurückzuführen und/oder auf Sickerwässer aus der dort installierten Entnahmeleitung von K+S. Aufgrund der Messergebnisse kann der oberhalb der Einleitung gelegene Werraabschnitt bis zur Position 11 (ca.210m oberhalb der Einleitung) als einheitlicher gut durchmischter Wasserkörper angesehen werden, der fast überall Leitfähigkeitswerte zwischen 3400 und 3500  $\mu$ S zeigte. Nach Tabelle 1 entspricht das einem Chloridgehalt von rund 920mg/l und einem Kaliumgehalt von rund 110mg/l.

#### 4.2 Einleitungsbereich (Pos.12 - Pos.18)

Die Einleitung erfolgt über einen 3- 4m breiten Zulauf am linken Ufer in einer stark gekrümmten Außenkurve. In dem 1m tiefen Zulauf wurden an der Oberfläche und über Grund am 17.08. rund 11000 $\mu$ S gemessen. Die Messungen am 18.08. zeigten für Oberfläche, Mittelwasser (50cm) und über Grund (100cm) fast identische Werte zwischen 9110 und 9180  $\mu$ S. Die eingeleiteten Kaliabwässer wurden demnach an beiden Messtagen gut durchmischt eingeleitet.

Nach der Einleitung in die Werra sind im oberen Bereich des Wasserkörpers weder im unmittelbaren Einleitungsbereich noch weiter unterhalb grössere Veränderungen hinsichtlich der Leitfähigkeit erkennbar. Bis Pos. 17 (200m uh.) zeigen sich bis 50cm Wassertiefe am linken Ufer und in der Gewässermitte kaum Veränderungen. An der rechten Uferseite, die in diesem Bereich den Gleithang darstellt, erhöht sich die Leitfähigkeit des Oberflächwassers um rund 200 $\mu$ S/cm.

Im Mittelwasser und über Grund treten deutliche Leitfähigkeitsanstiege auf.

Ab 100cm Wassertiefe, wo Leitfähigkeitswerte von 3600  $\mu$ S/cm bis 4500  $\mu$ S/cm vorliegen, steigen die Werte zum Gewässergrund auf z.T. über 7000  $\mu$ S/cm ( $\approx$ 2000mg/l Chlorid, 210mg/l Kalium) an.

Diese Wasserschicht mit hoher Leitfähigkeit überdeckt die Gewässersohle aufgrund der höheren Dichte wie ein Teppich und breitet sich sogar gegen die Strömungsrichtung bis Position 12 (160m oberhalb Einleitung) aus.

#### 4.3 Einleitungstrecke (Pos.16 – Pos.18)

Die Entwicklung der Leitfähigkeitswerte im Streckenverlauf ist in den Abbildungen 2.1 -2.4 sowie in den Anhangsabbildungen A 3.1 bis A 3.7 für unterschiedliche Tiefenbereiche beider Uferseiten und der Gewässermitte dargestellt.

Die in 4.2 beschriebene Schichtung bleibt bis zum Wehr bei Widdershausen erhalten, wobei die Differenz der LF-Werte von der Oberfläche zur Gewässersohle bei den Positionen 27 und 28 abnimmt. Während die Differenz im oberen Einleitungsbereich (Pos.16-18) und bei den Positionen 12, 13, 14 im Bereich von 3000-6000  $\mu$ S/cm liegt, ist die Differenz 100m vor dem Wehr und direkt am Wehr nur noch zwischen den Werten von 600-2400 $\mu$ S/cm angesiedelt.

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte der LF-Messwerte mit der zugehörigen Variabilität ( Standardabweichung in % des Mittelwertes) von Pos.16 (Einleitung) bis Pos. 28 (Wehr Widdersh.) für die Gewässerstreifen linkes Ufer, rechtes Ufer und Gewässermitte gegenübergestellt.

Die mittleren Messwerte in unterschiedlichen Gewässertiefen zeigen für die Messbereiche des linken Ufers, der Gewässermitte und des rechten Ufers eine ähnliche Schichtung des Wasserkörpers mit Zunahme der Leitfähigkeit von der Oberfläche zur Gewässersohle. Wie die Variabilitätskoeffizienten zwischen  $V=5,5\%$  und  $V=8,8\%$  zeigen, treten im Ober- und

Mittelwasser (0-100cm) und in Tiefen über 200cm keine größeren Schwankungen der Werte auf, während im Tiefenbereich von 150-200cm die Variabilität mit fast ausschließlich Werten über 10% auf Veränderungen der Werte (Durchmischung) im Streckenverlauf hindeutet. Oberhalb der Einleitung unterscheiden sich die Messwerte des linken Ufers, des rechten Ufers und der Gewässermitte im Streckenverlauf kaum. In der Einleitungsstrecke sind die Messwerte beider Uferseiten von der Oberfläche bis 150cm Wassertiefe fast durchweg höher als die Werte in Gewässermitte.

Im Streckenverlauf zeigen die Leitfähigkeitswerte der Oberfläche, der 50cm- und der 100cm-Tiefenlinie aufsteigende Tendenz, wobei ab Brücke Widdershausen (Pos.24) ein stärkerer Anstieg zu verzeichnen ist. Dies gilt sowohl für die Uferlängsschnitte als auch für den Längsschnitt der Gewässermitte.

Die Schnitte für die 150cm-Tiefenlinie zeigen im unmittelbaren Einleitungsbereich hohe LF-Werte, die sich sogar bis 160m oberhalb der Einleitung erstrecken. Im weiteren mittleren Verlauf der Einleitungsstrecke fallen die Werte ab, um dann ab Brücke Widdershausen einen Anstieg (wie oben für die Oberflächen-, 50cm- und 100cm-Ganglinien beschrieben) anzuzeigen. Kurz vor dem Wehr gehen die LF-Werte dann auf den Bereich der darüber liegenden Ganglinien (100cm, 50cm, Oberfläche) von ca. 4300 $\mu$ S/cm zurück (Durchmischung).

Die 200cm –Tiefenlinie ist durch einen alternierenden Rückgang von Werten um 6000-7000 $\mu$ S/cm unmittelbar nach der Einleitung auf Messbereiche von 4800-5500 $\mu$ S/cm vor dem Wehr gekennzeichnet.

Der Tiefenbereich ab 250cm zeigt ab Brücke Widdershausen einen alternierenden Rückgang der LF-Werte von 7000-9000 $\mu$ S/cm (beim Einlauf) auf 5000-6000 $\mu$ S/cm kurz vor dem Wehr Widdershausen. Demnach ist der Tiefenbereich ab 200cm von der Einleitung bis zum Wehr mit LF-Werten von 5000-9000 $\mu$ S/cm belastet. Das entspricht nach den vorliegenden Korrelationen Chloridwerten von 1400 bis 2600mg/l und Kaliumwerten von 150 bis 270 mg/l.

Am 18.7. wurde der Abfluss für Gerstungen mit 10,5 m<sup>3</sup>/sec angegeben. Bei der gemessenen Leitfähigkeit der Werra oberhalb der Einleitung von 3500 $\mu$ S/cm lag nach Tabelle 1 eine Chloridkonzentration von 926mg/l vor.

Unter der Annahme, dass beim Wehr Widdershausen der Abfluss bei etwa 10m<sup>3</sup>/sec lag, wurden 9260g Chlorid pro Sekunde transportiert. An der Einleitungsstelle kamen laut Werksprotokoll 1,123 m<sup>3</sup>/sec Betriebsabwässer mit 4200g Chlorid/sec hinzu. Am Wehr bei Widdershausen müsste die Werra dann bei einer Abflussmenge von 11,1m<sup>3</sup>/sec 13460g Chlorid transportieren. Bei vollständiger Durchmischung entspräche das einer Chloridkonzentration von 1213 mg/l.

Nach der Korrelationsgleichung in Abb. A.12 entspricht diese Konzentration einem Leitfähigkeitswert von 4462 $\mu$ S/cm.

Die Messwerte von Position 28 (5m oberhalb Wehr) liegen im Oberflächenbereich zwischen 4070 und 4200 $\mu$ S/cm, in 50cm Wassertiefe zwischen 4170 und 4230  $\mu$ S/cm und in 100cm Wassertiefe zwischen 4280 und 4810 $\mu$ /cm. Da davon auszugehen ist, dass sowohl beim Wehrüberfall als auch beim Turbinenzulauf durch Turbulenzen auch Anteile des Wassers der 100-cm-Schicht erfasst werden, ist es wahrscheinlich, dass der für die rechnerisch ermittelte Wert der Leitfähigkeit von 4460 $\mu$ S/cm im Übersturzwasser an der Wehrkrone bzw. im Turbinenauslauf erreicht wird.

Demnach gelangt die zu erwartende voll durchmischte Wassermenge ins Unterwasser. Die mit Chloriden belastete Wasserschicht über der Sohle scheint sich unter den während der Untersuchung herrschenden Abflussverhältnissen und Einleitungsbedingungen manifestiert zu haben. Die Frage, inwieweit andere Abflussverhältnisse sich auf die Ablagerung über der Sohle und die Mischungsverhältnisse auswirken, kann aufgrund der vorliegenden Messwerte nicht beantwortet werden.

**Tabelle 3: Mittlere LF-Messwerte mit Variabilität für die Positionen 16-28 in unterschiedlichen Gewässertiefen des linken Ufers, rechten Ufers und in der Gewässermittle**

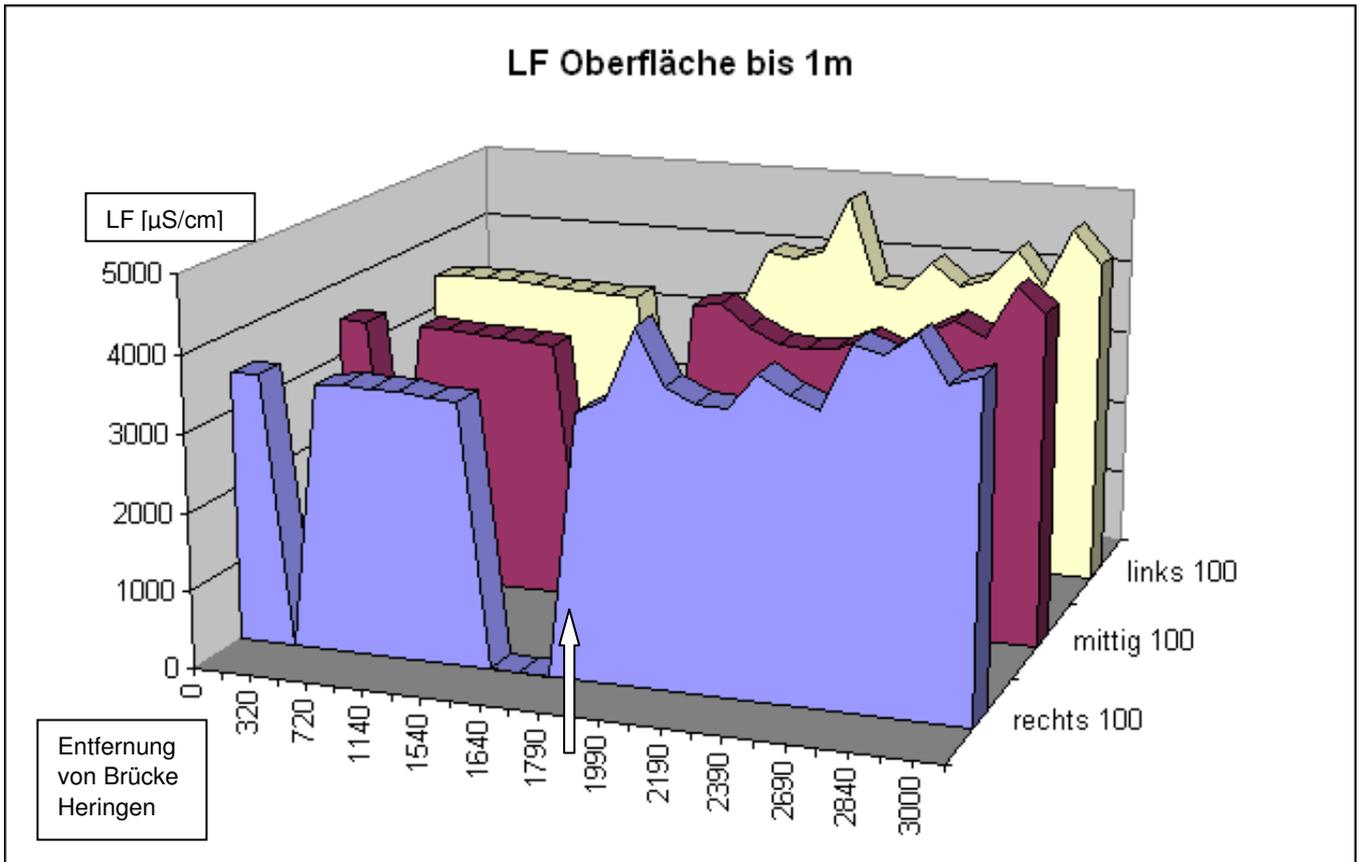
Gewässer- tiefe	linkes Ufer	Gewässer- mitte	rechtes Ufer
0-50cm	3830 $\mu\text{S/cm}$ V=5,7	3690 $\mu\text{S/cm}$ V=6,2	3850 $\mu\text{S/cm}$ V=7,0
100cm	4140 $\mu\text{S/cm}$ V=6,3	4020 $\mu\text{S/cm}$ V=8,5	4080 $\mu\text{S/cm}$ V=8,8
150cm	4720 $\mu\text{S/cm}$ V=11,4	4600 $\mu\text{S/cm}$ V=12,0	4640 $\mu\text{S/cm}$ V=13,4
200cm	5510 $\mu\text{S/cm}$ V=12,0	5820 $\mu\text{S/cm}$ V=7,7	5800 $\mu\text{S/cm}$ V=10,5
>200cm	6640 $\mu\text{S/cm}$ V=8,1	6620 $\mu\text{S/cm}$ V=5,9	6380 $\mu\text{S/cm}$ V=6,1

#### 4.4 Temperaturmessungen

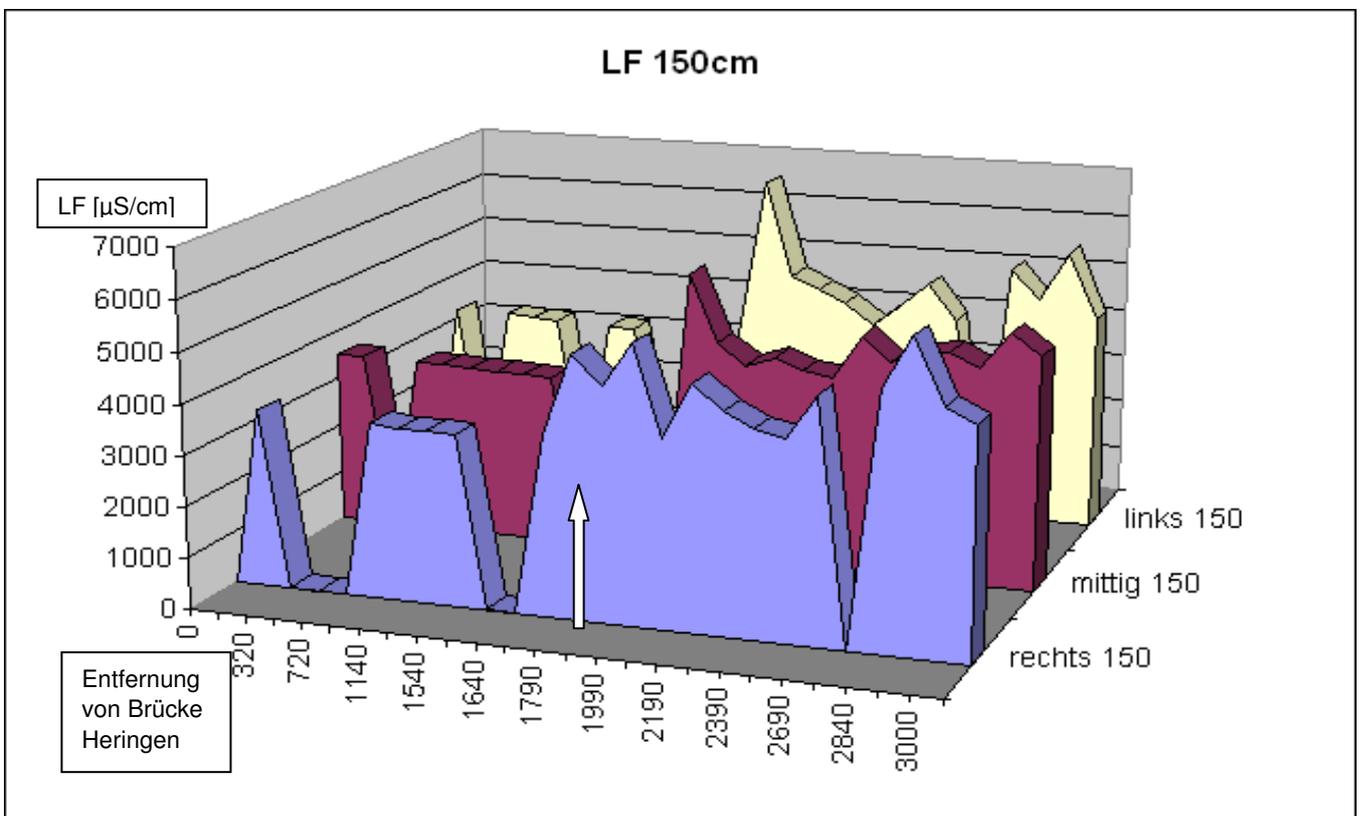
Die Kaliabwässer gelangen über einen etwa 4m breiten und 1m tiefen Zuleitungsgraben mit einer geschätzten Strömungsgeschwindigkeit von 0,4 m/sec in die Werra. Die Leitfähigkeit zeigte mit Werten von 9110 bis 9180  $\mu\text{S/cm}$  kaum Abweichungen zwischen der Boden-Mittelwasser- und Oberflächenmessung (am 18.08.2011). Auch die Wassertemperatur im Zuleitungsgewässer zeigte mit Werten von 31,1 bis 31,3 °C kaum Abweichungen zwischen Grundmessung, Mittelwasser- und Oberflächenmessung.

In der Nichteinleitungsstrecke 300m oberhalb der Einleitung wurden bei einer Wassertiefe von 300cm Temperaturen zwischen 20 und 21 °C gemessen.

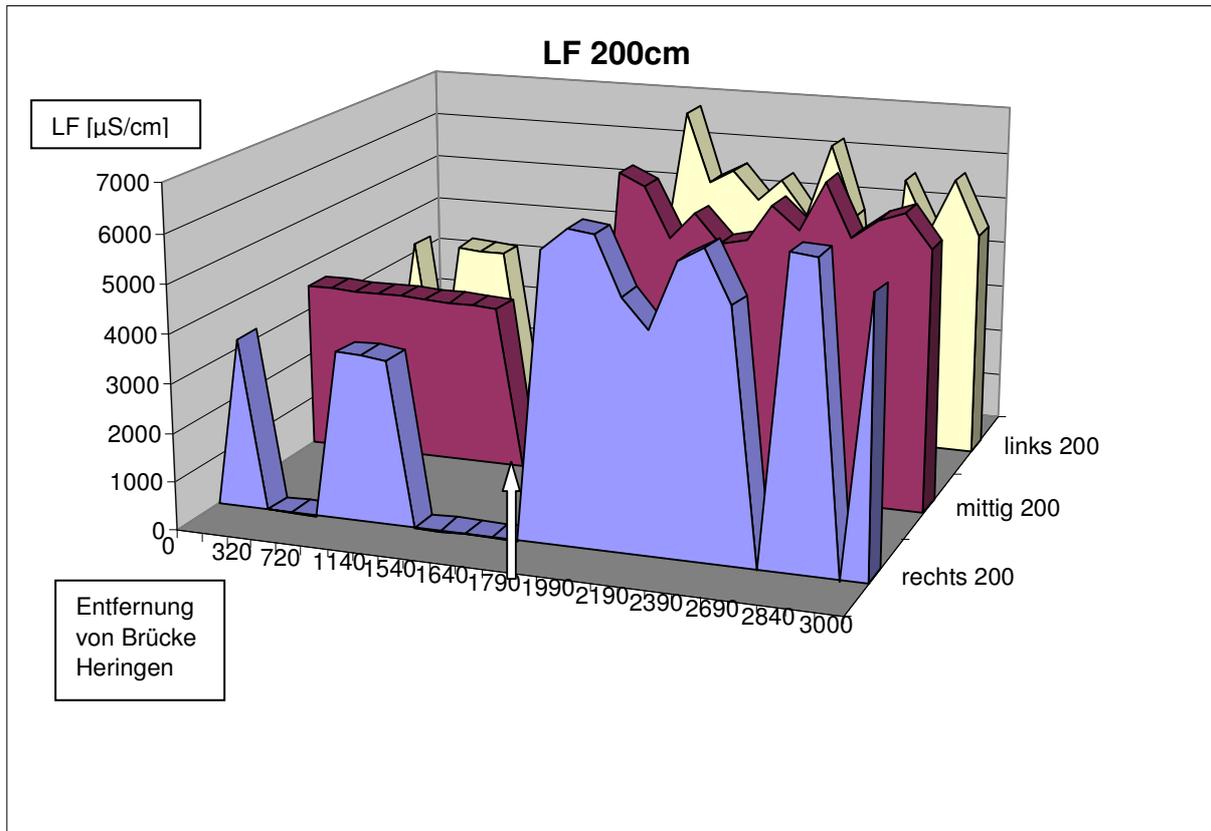
Um zusätzliche Kenntnisse zu den Durchmischungsverhältnissen zu erlangen, wurde 100m oberhalb des Wehres Widdershausen bei einer Wassertiefe von 500cm ein Vertikalprofil der Wassertemperatur erstellt (Tab A 2.30). Dieses zeigte, dass auch hinsichtlich der Wassertemperatur nach einer Fließstrecke von 1200m keine vollständige Durchmischung erfolgt. Bis auf die Messung in Bodennähe (19,1 °C) zeigten alle Messwerte von 4m Tiefe bis zur Oberfläche gegen über den Messwerten oberhalb der Einleitung unterschiedliche Erhöhungen an, die im Mittelwasser (200-300cm) mit rund 24 °C am höchsten ausfielen (+ $\Delta T$  3 °C). An der Oberfläche und in 100cm Wassertiefe zeigte die Wassertemperatur von 21,4 bzw. 21,7 °C eine moderatere Temperaturerhöhung an (+ $\Delta T$  <1 °C).



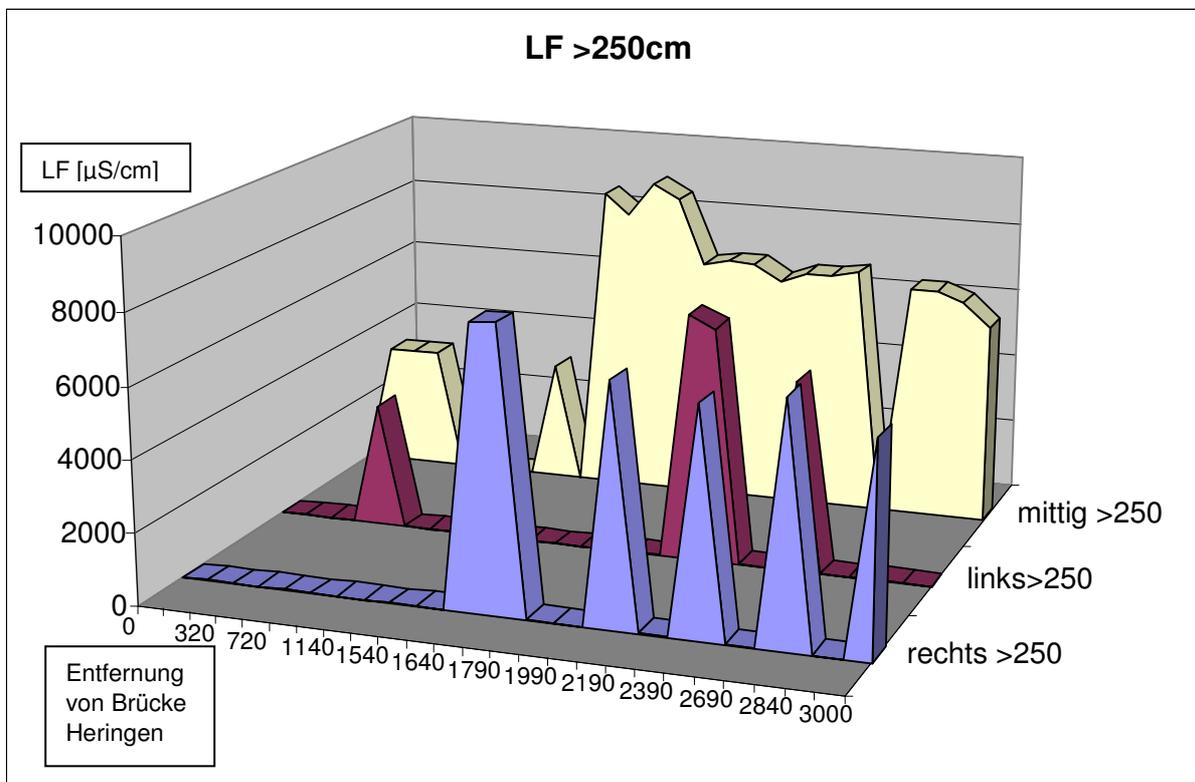
**Abbildung 2.1: LF im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Oberfl. bis 100cm**



**Abbildung 2.2: LF im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Tiefe 150cm**



**Abbildung 2.3: LF im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Tiefe 200cm**



**Abbildung 2.4: LF im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Tiefe >250cm**

## **5. Abbildungen**

**Abbildung 1 : Übersichtskarte**

**Abbildung 2.1: LF im Streckenverlauf; 0-100cm**

**Abbildung 2.2: LF im Streckenverlauf; 150cm**

**Abbildung 2.3: LF im Streckenverlauf; 200cm**

**Abbildung 2.4: LF im Streckenverlauf; >250cm**

## **6. Tabellen**

**Tabelle 1 : Leitfähigkeit, Chlorid- und Kaliumgehalt**

**Tabelle 2.1 : Positionsliste (1)**

**Tabelle 2.2 : Positionsliste (2)**

**Tabelle 3 : mittlere Leitfähigkeit und Variabilität der Leitfähigkeit uh.  
Einleitung**

## 7. Literatur

MATTHES, U., WERNER. R.: Internetveröffentlichung über“ Elektrobefischungen von Abschnitten der Werra zwischen Breitungen und Creuzburg im Jahr 2009“; [www.laves.niedersachsen.de](http://www.laves.niedersachsen.de); Laves Oldenburg 2010

MATTHES, U., WERNER. R.: Internetveröffentlichung über“ Elektrobefischungen von Abschnitten der Werra zwischen Breitungen und Creuzburg im Jahr 2011“; [www.laves.niedersachsen.de](http://www.laves.niedersachsen.de); Laves Oldenburg 2012

Daten von K+S über Elektrische Leitfähigkeit, Ionenzusammensetzung, Chloridgehalt, Chloridfracht, Abfluss der Werra im Bereich Heringen im Jahr 2011; K+S 2011

Kartenausschnitt Google Maps der Werrauntersuchungsstrecke zwischen Heringen und Widdershausen; [http: maps.google.de](http://maps.google.de); 2012

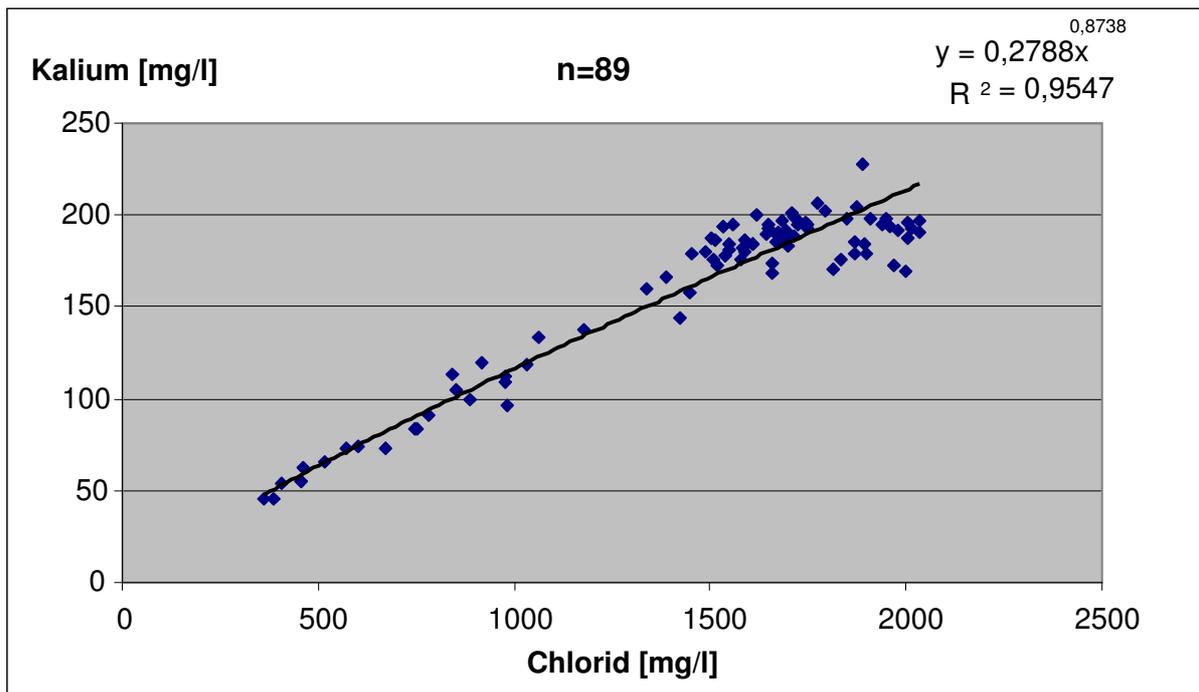
## 8 . Anhang

### Anhangsabbildungen

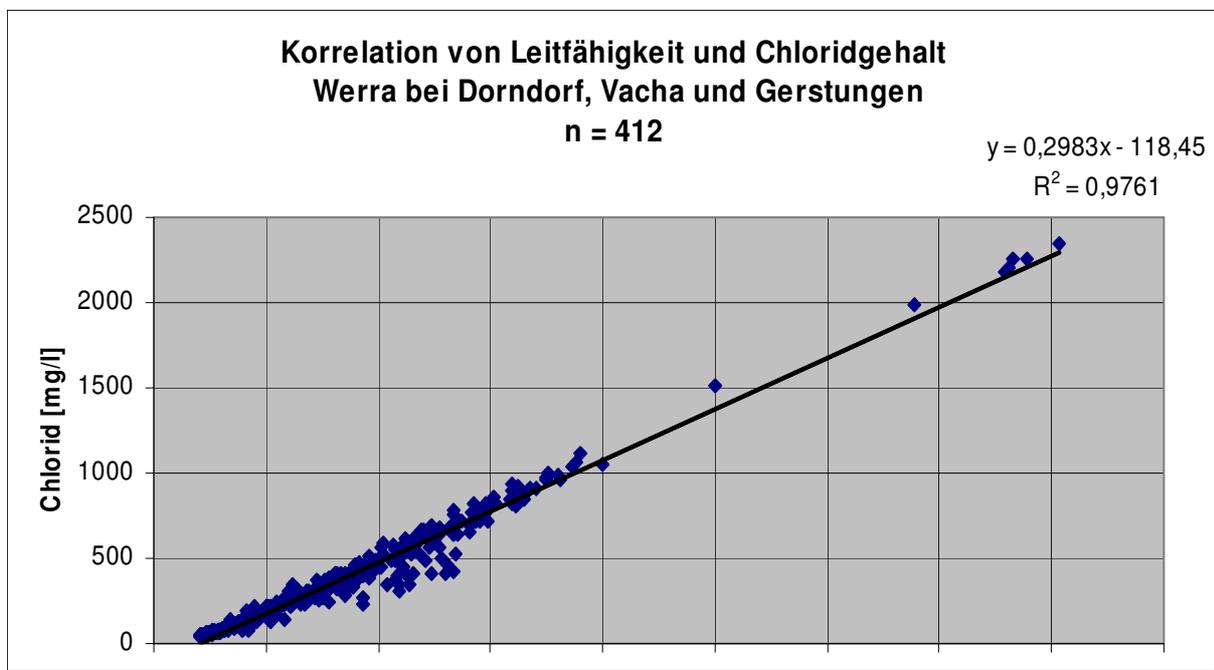
- Abb. A 1**                      **Korrelation Chlorid/Kaliumgehalt des Werrawassers aus Daten von K+S im Jahr 2011**
- Abb. A 2**                      **Korrelation Leitfähigkeit/Chloridgehalt des Werrawassers aus Daten von K+S im Jahr 2009**
- Abb. A 3.1 – A 3.7**        **Leitfähigkeitswerte der Werra im Streckenverlauf Brücke Heringen bis Wehr Widdershausen für Ganglinien unterschiedlicher Wassertiefen**

### Anhangstabellen

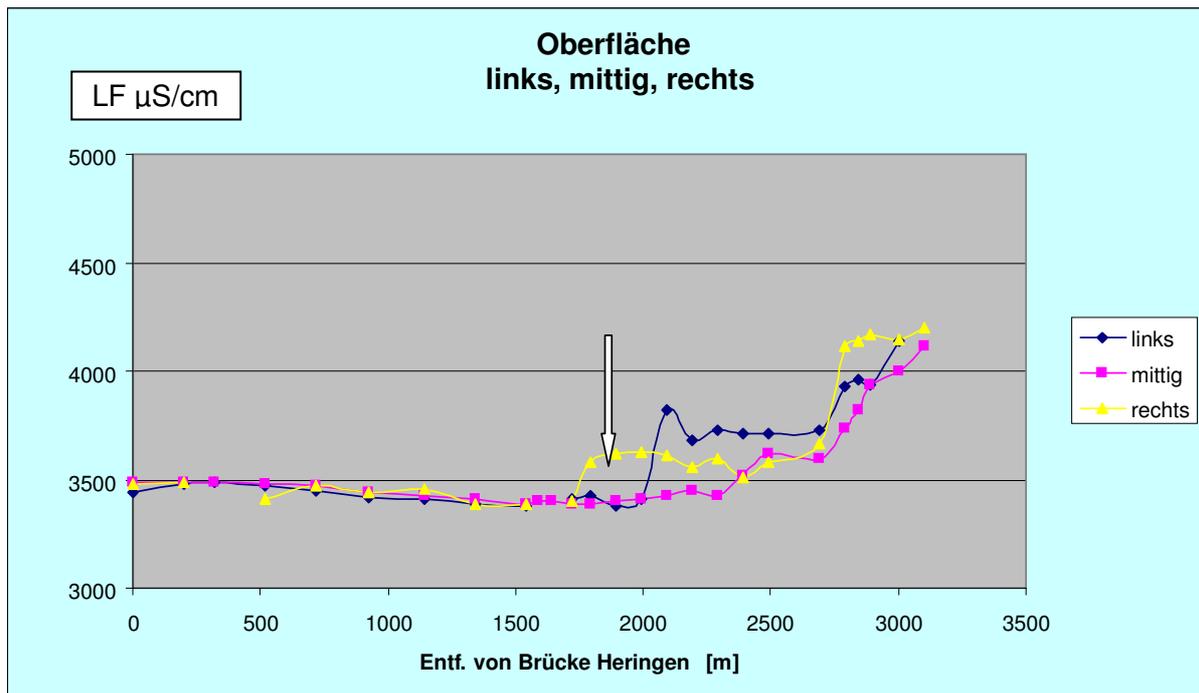
- Tab. A 1- A 3**                **Leitfähigkeitsmesswerte der Werra oberhalb der Einleitung bei Widdershausen; linkes Ufer, Gewässermite, rechtes Ufer**
- Tab. A 4- A 6**                **Leitfähigkeitsmesswerte der Werra unterhalb der Einleitung bei Widdershausen; linkes Ufer, Gewässermite, rechtes Ufer**
- Tab. A 2.1 – A 2.30**        **Leitfähigkeitsquerprofile der Positionen 1-29 [Pos.16(1) und 16(2)]**
- Tab. A 2.31 – A 2.32**        **Messwerte der Wassertemperatur**



**Abbildung A1: Korrelation Chlorid/Kalium aus Daten von K+S 2011  
Werra b. Widdershausen**



**Abbildung A2: Korrelation Leitfähigkeit/Chlorid aus Daten von K+S 2009  
Werra b. Dorndorf, Vacha u. Gerstungen**



**Abbildung A 3.1: LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen;  
Oberfläche**

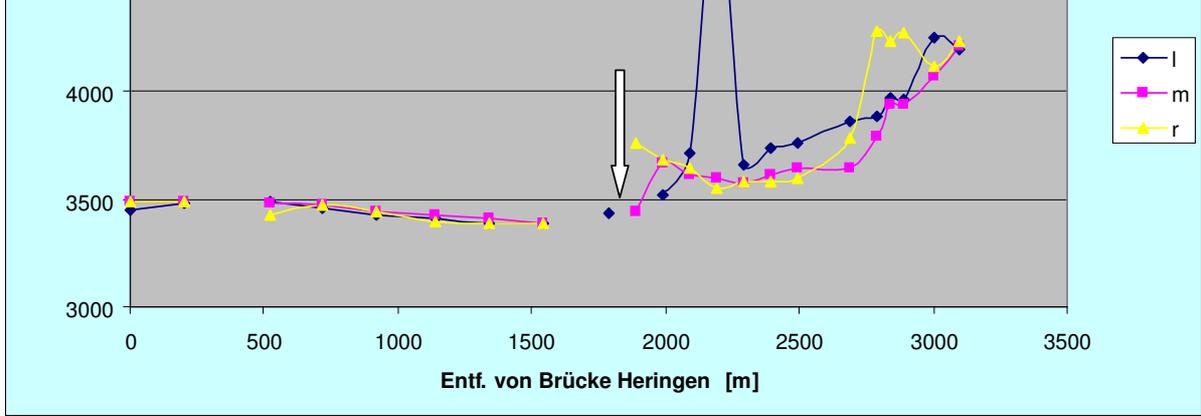


Abbildung A 3.2:LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe 50cm

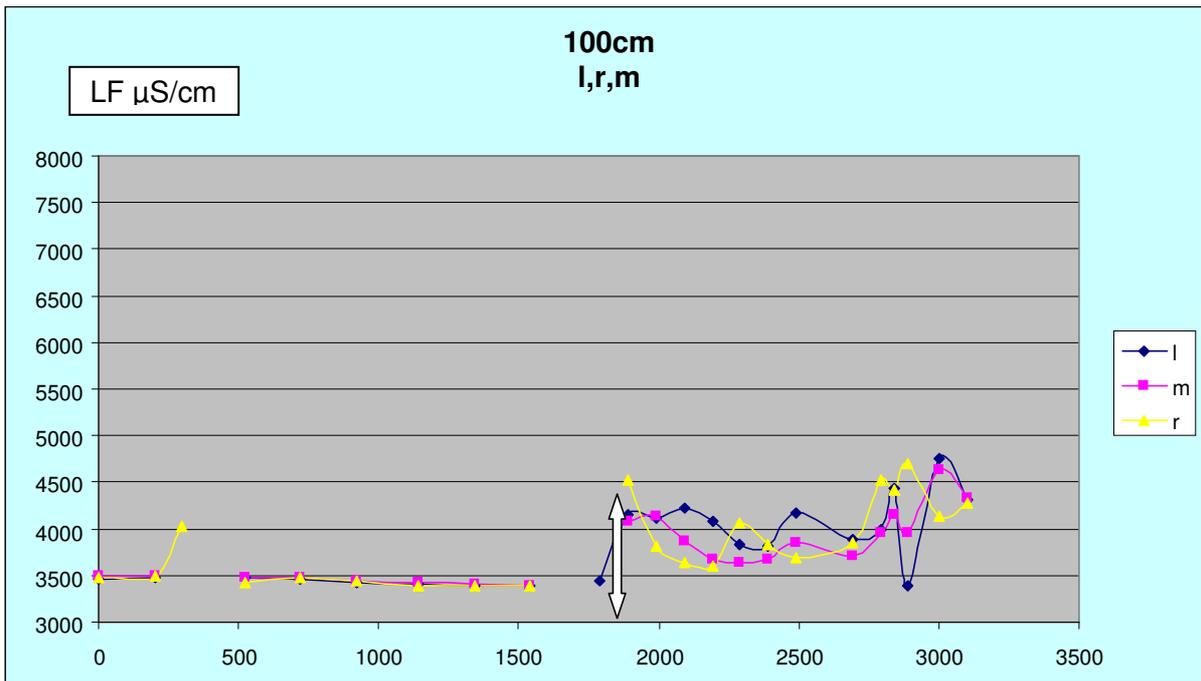


Abbildung A 3.3:LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe 100cm

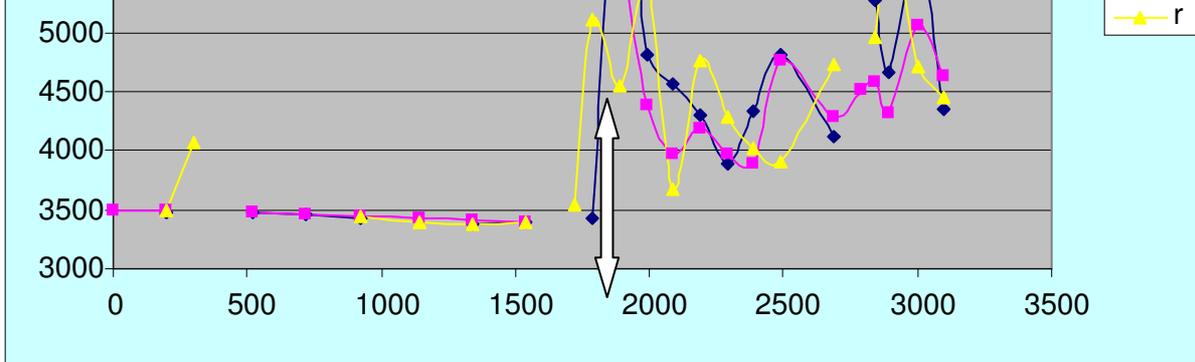


Abbildung A 3.4: LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe 150cm

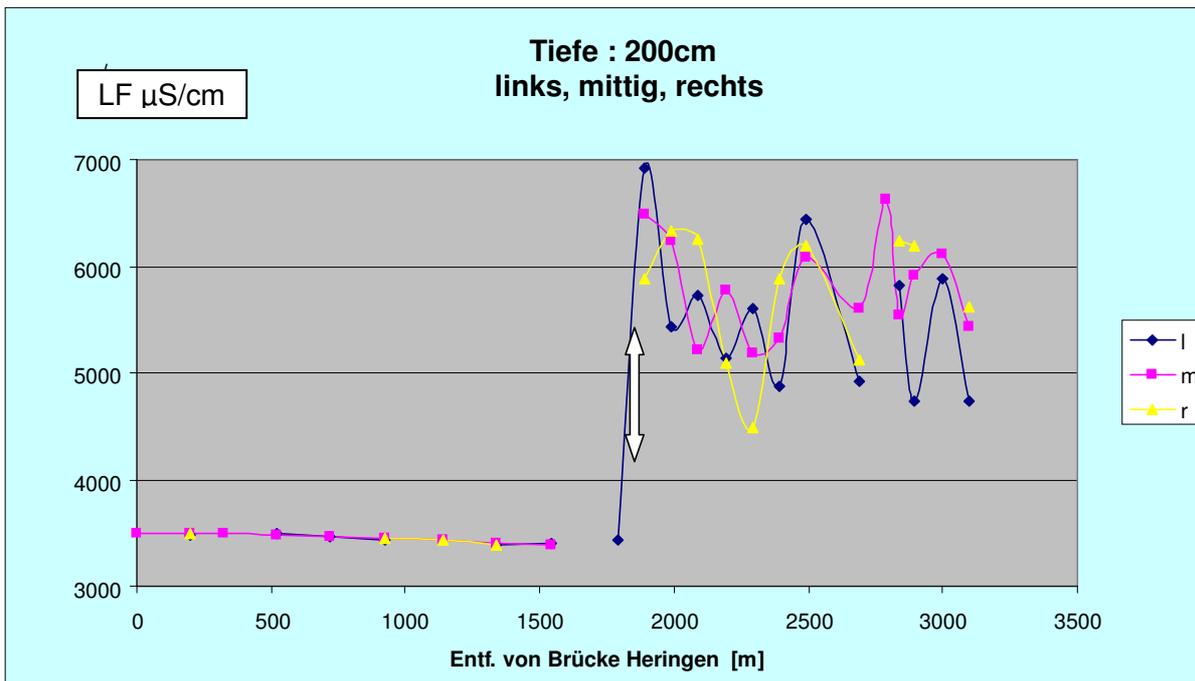


Abbildung A 3.5: LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe 200cm

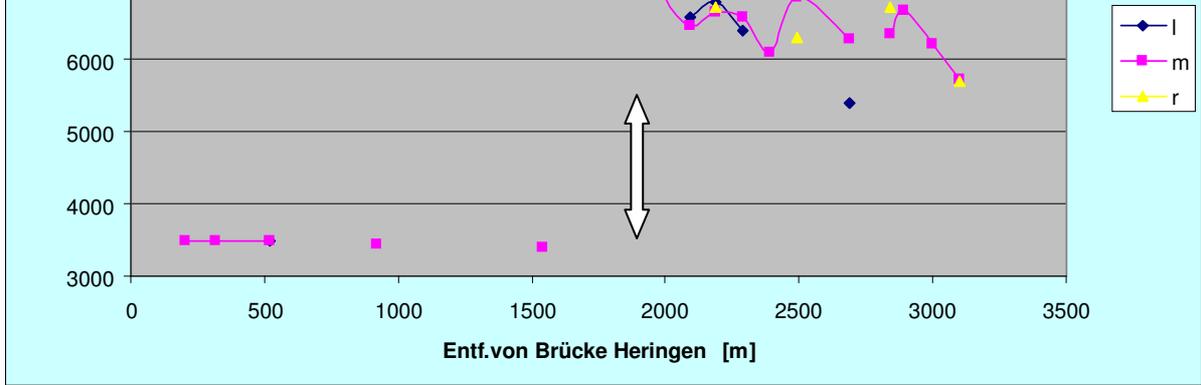


Abbildung A 3.6: LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe 250cm

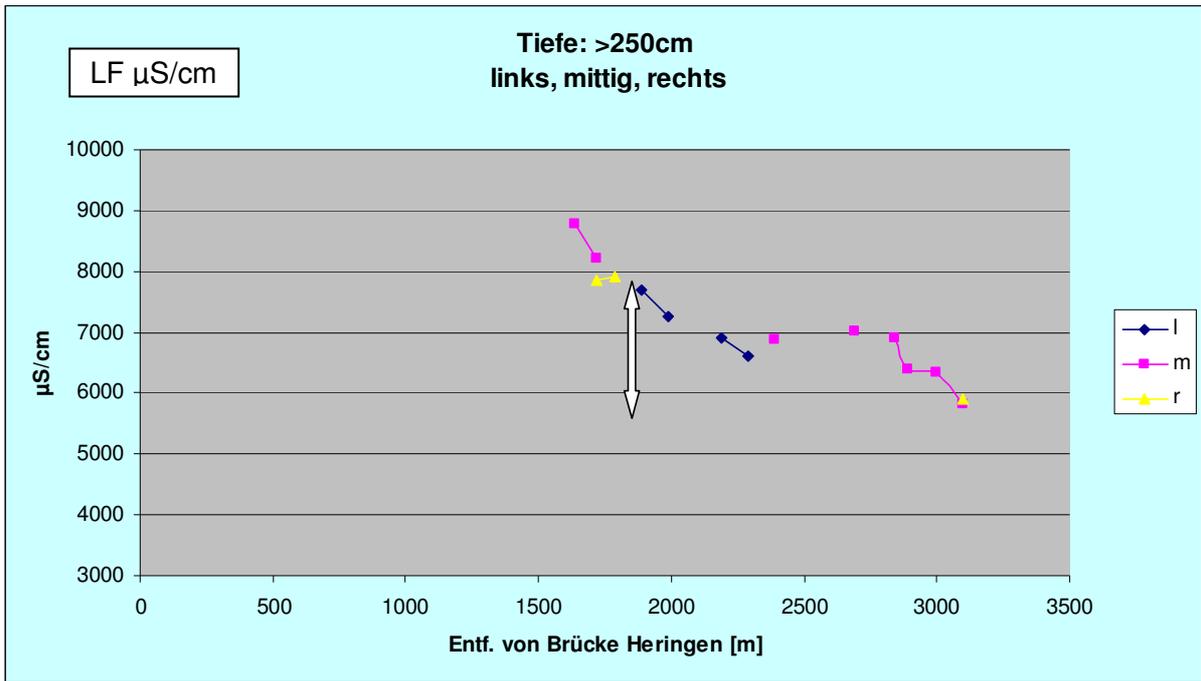


Abbildung A 3.7: LF des Werrawassers im Streckenverlauf ab Brücke Heringen; Wassertiefe >250cm



**Tabelle A 1.1: LF-Messwerte oberhalb Einleitung linkes Ufer**

links oh.Einl

Messst.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Entf.Vorpos.	0	200	(100)	120	200	200	200	220	200	200	50	50	70	70	(20)
Entf.Einl.	1800	1600	1500	1480	1280	1080	880	660	460	260	210	160	90	20	
Tiefe	Br Her.		Zulauf												Einleit.
0	3440	3480	3460	3490	3470	3450	3420	3410	3390	3380			3410	3430	11010
25															
50															
75	3460														
100								3410							11030
125															
150															
175		3480									3400			3440	
200				3490		3460	3430		3380	3400					
225													6230		
250					3500										
275															
300															
325															
350															
375															
400															

**Tabelle A 1.2: LF-Messwerte oberhalb Einleitung Gewässermittle**

mittig oh.Einl

Messst.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Entf. Vorpos.	0	200	(100)	120	200	200	200	220	200	200	50	50	70	70	(20)
Entf.Einl.	1800	1600	1500	1480	1280	1080	880	660	460	260	210	160	90	20	
Tiefe	Br Her.		Zulauf												Einleit.
0	3490	3490	3460	3490	3480	3470	3440	3430	3410	3390	3400	3400	3390	3390	11010
25															11010
50															
75															
100															11030
125															
150															
175			4020								3410	3390	4180		
200	3490					3470		3430	3410						
225		3490													
250				3490			3450			3390				6970	
275					3480										
300															
325															
350												8790	8210		
375															
400															
425															
450															
475															
500															
525															
550														9180	

**Tabelle A 1.3: LF-Messwerte oberhalb Einleitung rechtes Ufer**

rechts oh.Einl

Messst.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Entf.Vorpos.	0	200	(100)	120	200	200	200	220	200	200	50	50	70	70	(20)
Entf. Einl.	1800	1600	1500	1480	1280	1080	880	660	460	260	210	160	90	20	
Tiefe	Br Her.		Zulauf												Einleit.
0	3480	3490	3460		3410	3470	3440	3360	3390	3390			3400	3580	11010
25															
50															
75															
100			4020			3470									11030
125	3490														
150			4080		3450					3390			3540	5110	
175								3430	3380						
200		3490					3450								
225															
250															
275													7870		
300															
325															7910
350															
375															
400															

**Tabelle A 1.4: LF-Messwerte unterhalb Einleitung linkes Ufer**

links uh.Einl.

Messst.Nr.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Entf.Vorpos.	(20)	120	100	100	100	100	100	100	200	100	50	50	100	100
Entf. Einl.	0	100	200	300	400	500	600	700	900	1000	1050	1100	1200	1300
Tiefe	Einleit.									Br Widd.				Wehr
0	11010	3380	3410	3820	3680	3730	3710	3710	3730	3930	3960	3940	4140	4070
25														
50			3520	3710	3970	3660	3740	3760	3860	3880	3970	3960	4250	4190
75														
100	11030	4150	4110	4230	4090	3830	3810	4170	3880	4000	4430	3990	4760	4310
125														
150		6730	4810	4560	4300	3890	4340	4820	4120		5270	4670	5680	4350
175														
200		6930	5430	5730	5240	5610	4870	6440	4920		5820	4740	5890	4740
225														
250				6580	6780	6390			5390					
275														
300			7260		6920	6620								
325														
350		7090												
375														
400														

**Tabelle A 1.5: LF-Messwerte unterhalb Einleitung Gewässermitte**

mittig uh.Einl.

Messst.Nr.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Entf.Vorpos.	(20)	120	100	100	100	100	100	100	200	100	50	50	100	100
Entf. Einl.	0	100	200	300	400	500	600	700	900	1000	1050	1100	1200	1300
Tiefe	Einleit.									Br Widd.				Wehr
0	11010	3400	3410	3430	3450	3430	3520	3620	3600	3740	3820	3940	4000	4120
25														
50		3440	3670	3610	3600	3570	3610	3640	3640	3790	3940	3940	4070	4170
75														
100	11030	4080	4130	3860	3670	3640	3670	3850	3710	3960	4160	3960	4640	4810
125														
150		5730	4380	3980	4190	3980	3890	4760	4290	5420	4590	4320	5060	5080
175														
200		6490	6240	5220	5770	5180	5320	6080	5610	6630	5540	5920	6120	5610
225														
250			6910	6470	6660	6580	6100	6860	6290		6350	6670	6220	5720
275		7290												
300				7070	7030		6860		7020		6340		6350	
325														
350											6900		6390	
375														
400														

**Tabelle A 1.6: LF-Messwerte unterhalb Einleitung rechtes Ufer**

rechts uh.Einl.

Messst.Nr.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Entf.Vorpos.	(20)	120	100	100	100	100	100	100	200	100	50	50	100	100
Entf. Einl.	0	100	200	300	400	500	600	700	900	1000	1050	1100	1200	1300
Tiefe	Einleit.									Br Widd.				Wehr
0	11010	3620	3630	3610	3560	3600	3510	3580	3670	4120	4140	4170	4150	4110
25														
50		3760	3680	3640	3590	3580	3580	3600	3780	4280	4230	4270	4120	4210
75														
100	11030	4520	3820	3630	3610	4070	3840	3690	3850	4530	4420	4710	4140	4330
125										4630				
150		4555	5420	3660	4770	4280	4020	3900	4740		4970	5980	4720	4630
175									5120					
200		5890	6340	6260	5090	4490	5880	6190			6240	6190		5430
225		6570	6380	6790										
250					6710			6310			6710			5720
275														
300														5810
325														
350														
375														
400														

**Tabelle A 2.1 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
1	0	1800m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3340	3490	3480
25			
50			
75			
100	3460		
125			3490
150			
175			
200		3490	
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.2 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
2	200m	1600m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3480	3490	3490
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175	3480		
200			3490
225		3490	
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.3 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
3	300m	1500m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0		3460	3460
25			
50			
75			
100			4020
125			
150			4080
175		4020	
200			
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.4 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
4	320m	1480m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3490	3490	
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175			
200	3490		
225			
250		3490	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.5 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
5	520m	1280m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3470	3480	3410
25			
50			
75			
100			3450
125			
150			
175			
200			
225			
250	3500		
275		3480	
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.6 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
6	720m	1080m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3450	3470	3470
25			
50			
75			
100			3470
125			
150			
175			
200	3460	3470	
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.7 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
7	920m	880m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3420	3440	3440
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175			
200	3430		3450
225			
250		3450	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.8 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
8	1440m	660m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3410	3430	3460
25			
50			
75			
100	3410		
125			
150			
175			3430
200		3430	
225			
250	3410		
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.9 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
9	1340m	460m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3390	3410	3390
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175			3380
200	3380	3410	
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.10 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
10	1540m	260m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3380	3390	3390
25			
50			
75			
100			
125			3390
150			
175			
200	3400		
225			
250		3390	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.11 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
11	1590	210m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0		3400	
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175	3410	3410	
200			
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.12 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
12	1640m	160m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0		3400	
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175		3390	
200			
225			
250			
275			
300			
325			
350		8790	
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.13 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
13	1710m	90m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3410	3390	3400
25			
50			
75			
100			
125			
150			3450
175		4180	
200			
225	6230		
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.14 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	oberh.
14	1780	20m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3430	3390	3580
25			
50			
75			
100			
125			
150			5110
175	3440		
200			
225			
250		6970	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.15 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	Einleitung
15	1800m	0m	
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0		11010	
25			
50			
75			
100		11030	
125			
150			
175			
200			
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.16 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
16 (1)	1900m	100m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3480	3480	3820
25			
50			4230
75			
100	3620	3650	4430
125		4270	6040
150		6220	7420
175	7920	7830	8130
200		8150	8280
225		8250	8440
250		8800	
275		9060	
300		9050	
325			
350	8550		
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.17 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
16 (2)	1900m	100m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3380	3400	3620
25			
50		3440	3760
75			
100	4150	4080	4520
125			
150	6730	5730	4555
175			
200	6930	6490	5890
225			6570
250			
275		7290	
300			
325			
350	7090		
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.18 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
17	2000m	200m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3410	3410	3630
25			
50	3520	3670	3680
75			
100	4110	4130	3820
125			
150	4810	4380	5420
175			
200	5430	6240	6340
225			
250		6910	6380
275			
300	7260		
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.19 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
18	2100m	300m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3820	3430	3610
25			
50	3710	3610	3640
75			
100	4230	3860	3630
125			
150	4560	3980	3660
175			
200	5730	5220	
225			
250	6580	6470	
275			
300		7070	
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.20 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
19	2200m	400m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3680	3450	3560
25			
50	3970	3600	3590
75			
100	4090	3670	3610
125			
150	4300	4190	4770
175			
200	5140	5770	5090
225			
250	6780	6660	6710
275			
300	6920	7030	
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.21 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
20	2300m	500m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3730	3430	3600
25			
50	3660	3570	3580
75			
100	3830	3640	4070
125			
150	3890	3980	4280
175			
200	5610	5180	4490
225			
250	6390	6580	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.22 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
21	2400m	600m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3710	3520	3510
25			
50	3740	3610	3580
75			
100	3810	3670	3840
125			
150	4340	3890	4020
175			
200	4870	5320	5880
225			
250		6100	
275			
300		6860	
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.23 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
22	2500m	700m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3710	3620	3580
25			
50	3760	3640	3600
75			
100	4170	3850	3690
125			
150	4820	4760	3900
175			
200	6440	6080	6190
225			
250		6860	6310
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.24 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
23	2700m	900m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3730	3600	3670
25			
50	3860	3640	3780
75			
100	3880	3710	3850
125			
150	4120	4290	4740
175			
200	4920	5610	5120
225			
250	5390	6290	
275			
300		7020	
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.25 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
24	2800m	1000m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3930	3740	4120
25			
50	3880	3790	4280
75			
100	4000	3960	4530
125			4630
150		5420	
175			
200		6630	
225			
250			
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.26 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
25	2850m	1050m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3960	3820	4140
25			
50	3970	3940	4290
75			
100	4430	4160	4420
125			
150	5270	4590	4970
175			
200	5820	5540	6240
225			
250		6350	6710
275			
300		6340	
325			
350		6900	
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.27 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
26	2900m	1100m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	3940	3940	4170
25			
50	3960	3940	4270
75			
100	3990	3960	4710
125			
150	4670	4320	5980
175			
200	4740	5920	6190
225			
250		6670	
275			
300			
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

Tabelle A 2.28 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
27	3000m	1200m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	4140	4000	4150
25			
50	4250	4070	4120
75			
100	4760	4640	4140
125			
150	5860	5060	4720
175			
200	5890	6120	
225			
250		6220	
275			
300		6350	
325			
350		6390	
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.29 :Messwerte elektr. LF [ $\mu$ S]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	Wehr uh.
28	3100m	1300m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0	4070	4120	4110/4200
25			
50	4190	4170	4210/4230
75			
100	4310	4810	4330/4280
125			
150	4350	5080	4630/4440
175			
200	4740	5610	5430/5620
225			
250		5720	5720/5700
275			
300			5810/5890
325			
350			
375			
400			
425			
450			
475			
500			
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.30 :Messwerte Wassertemp. [  $^{\circ}$ C ]**

Position Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:	unterh.
29	3000m	1200m	Einleitung
Tiefe [cm]	links	mittig	rechts
0		21,4	
25			
50			
75			
100		21,7	
125			
150			
175			
200		23,7	
225			
250			
275			
300		23,9	
325			
350			
375			
400		21,8	
425			
450			
475			
500		19,1	
525			
550			
575			
600			

**Tabelle A 2.31 :Messwerte Wassertemp. [ °C ] und LF**

Pos. Nr.	Einlauf	
30	400cm breit	0,4m/sec
Tiefe [cm]	Temp.	LF
0	31,1	9180
25		
50	31,3	9110
75		
100	31,2	9130
125		
150		
175		
200		
225		
250		
275		
300		
325		
350		
375		
400		
425		
450		
475		
500		
525		
550		
575		
600		

**Tabelle A 2.32 :Messwerte Wassertemp. [ °C ] und LF**

Pos. Nr.	Entf. Pos.1	Entf.Einl.:
31 mittig	1500m	300m
Tiefe [cm]	Temp.	LF
0	21	3540
25		
50		
75		
100	20	3550
125		
150		
175		
200	20,4	3540
225		
250		
275		
300	20,8	3550
325		
350		
375		
400		
425		
450		
475		
500		
525		
550		
575		
600		

