



# Facharbeit

Im Seminarfach: Ökologie und Umweltbildung

Hydrochemische Studien an ausgewählten  
Gewässern -----s

Verfasser\*in: -----

Fachlehrer\*in: Dr. -----

Abgabetermin: 09.10.2023

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	1
2. Fragestellung .....	1
3. Experimente Untersuchung .....	2
3.1 Vorstellung der zu untersuchenden Parameter .....	2
3.2 Vorstellung des Messsystems .....	3
3.3 Vorstellung der Messorte .....	4
3.4 Untersuchungsvorgehen .....	4
3.5 Erhobene Daten.....	5
3.5.1 Fließgewässer – Der Fluss am ----wehr .....	6
3.5.2 Stehgewässer – Der ---- See .....	7
3.5.3 Kontrolluntersuchung .....	9
4. Bestimmtheitsmaßstabellen .....	10
4.1 Bestimmtheitsmaß $R^2$ des Fließgewässers.....	10
4.2 Bestimmtheitsmaß $R^2$ des Stehgewässers .....	13
4.3 Vergleich der Bestimmtheitsmaßstabellen .....	13
4.4 Bestimmtheitsmaß der Daten des NLWKNs aus Groß [Dorf].....	14
4.5 Vergleich der Bestimmtheitsmaßstabellen .....	14
5. Fazit .....	15
6. Fehlerdiskussion .....	15
7. Ausblick.....	15
8. Literaturverzeichnis .....	16
8.1 Bilderquellen .....	16
8.2 Literaturquellen .....	17
8.3 Anhangsquellen .....	18
9. Selbstständigkeitserklärung.....	27
10. Erklärung zur Veröffentlichung .....	27



## 1. Zusammenfassung

Frühere Annahmen der Gewässerökologie besagen, dass trotz einer Variabilität im Klima dieses keinen Einfluss auf Süßwasserökosysteme wie Seen und Flüsse hat<sup>1</sup>. Doch in den letzten Jahrzehnten stellte sich immer weiter heraus, dass vor allem der Klimawandel deutlichen Stress auf Oberflächengewässer ausübt; darunter Eutrophierung, Versauerung, Vergiftung oder ein hydromorphologischer Wandel<sup>2</sup>. Dazu kommen weitere anthropogene Stressoren durch die Gewässernutzung z.B.: durch Freizeitangebote. Diese gefährden die natürliche Stabilität aquatischer Ökosysteme, die durch chemisch-physikalische Puffer (Karbonat-Kohlensäure-Puffer oder einer geringen Wärmeleitfähigkeit) vor hohen Schwankungen geschützt sind<sup>3</sup>, jedoch zunehmend außer Kraft gesetzt werden können<sup>4</sup>.

In der Arbeit „Hydrochemische Studien an ausgewählten Gewässern -----s“ wird sich nun mit der Frage auseinandergesetzt, inwiefern gemessene Konzentrationen an ausgewählten Wasserbestandteilen ( $\text{NO}_3^-$ -Ionen,  $\text{NO}_2^-$ -Ionen, Erdalkalimetall-Ionen, (Hydrogen-)Karbonat-Ionen,  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen sowie  $\text{CO}_2$ - und  $\text{Cl}_2$ -Konzentration) in lokalen Steh- und Fließgewässern (----- See, Fluss/-----wehr) mit den dazugehörigen Wetterdaten korrelieren. Dabei wird mithilfe von wasseranalytischen Schnellteststreifen sieben Monate lang wöchentlich eine Messung vollzogen, welche mit den durchschnittlichen Wetterdaten der vorherigen Woche verglichen werden. In Streugraphen wird dann über das Bestimmtheitsmaß eine Aussage über den Zusammenhang der Datenreihen getätigt.

## 2. Fragestellung

Beginnende Fragestellung lautete nun:

Gibt es eine gegenseitige Wechselbeziehung zwischen im Wasser potenziell vorkommenden Inhaltsstoffen (so wie  $\text{NO}_3^-$ -Ionen,  $\text{NO}_2^-$ -Ionen, Erdalkalimetall-Ionen, (Hydrogen-)Karbonat-Ionen,  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen oder der  $\text{CO}_2$ - und  $\text{Cl}_2$ -Konzentration) und anderen abiotischen Faktoren, welche zeitlich und räumlich auf das betrachtete System Einfluss hätten haben könnten? Falls diese Frage mit ja beantwortet werden kann, in welchem Maße beeinflussen sie sich?

Dieser Fragestellung liegt die grundsätzliche Vermutung nahe, dass alle betrachteten Parameter in einem unterschiedlich großen, aber gewissen vorhandenem

---

<sup>1</sup> Vgl. Kernan, Martin/Richard W. Battarbee/Brian Moss: Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems, WILEY-BLACKWELL, 2010, S. 38.

<sup>2</sup> Vgl. Kernan et al., 2010, S. 38.

<sup>3</sup> Vgl. Lampert, Winifred/Ulrich Sommer: Limnoökologie, 2. Aufl., Stuttgart: New York: Thieme, 1999, S. 59.

<sup>4</sup> Vgl. Kernan et al., 2010, S. 38.

Maße von den Wetterdaten, insbesondere der Temperatur, der Windgeschwindigkeit und dem Niederschlag auf Grund von Verdunstung, Durchmischung bzw. Verdünnung, abhängig sind<sup>5</sup>.

Alle darauf aufgebauten Hypothesen ließen sich in drei Kategorien aufteilen:

1. Ja, **alle** betrachteten Inhaltsstoffe sind von den Wetterdaten abhängig.
  - a. Die Bestimmtheit ist bei allen betrachteten Inhaltsstoffen maßgeblich ( $R^2 > 0,7$ ).
  - b. Die Bestimmtheit ist bei allen betrachteten Inhaltsstoffen **nicht** maßgeblich, jedoch erkennbar ( $R^2 > 0,3$ ).
2. Ja, **manche** der betrachteten Inhaltsstoffe sind von den Wetterdaten abhängig.
  - a. Es handelt sich dabei um **mehr als** die Hälfte der betrachteten Parameter.
  - b. Es handelt sich dabei um **weniger als** die Hälfte der betrachteten Parameter.
3. Nein, **keiner** der betrachteten Inhaltsstoffe ist von den Wetterdaten abhängig ( $R^2 < 0,2$ ).

### 3. Experimente Untersuchung

#### 3.1 Vorstellung der zu untersuchenden Parameter

Stoff	Definition/Angabe	Einheit
<i>Cl<sub>2</sub>-Konzentration</i>	Ausdrücklich <i>desinfektiöses</i> Chlor! Gibt Schadstoffkonzentration an.	ppm bzw. mg/l
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration</i>	Nährstoff für Pflanzen; Schadstoff für Säuger	ppm bzw. mg/l
<i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Konzentration</i>	Schadstoff; giftig	ppm bzw. mg/l
<i>Gesamthärte</i>	Konzentration an Erdalkalimetallen	°dH
<i>Karbonathärte</i>	Pufferkapazität bzw. KS 4,3 Wert	°dH
<i>pH-Wert</i>	Konzentration an Oxoniumionen	Einheitslos
<i>CO<sub>2</sub>-Konzentration</i>	Potenzieller Biomasseanfall durch prim. Produk.	ppm bzw. mg/l
<b>Fazit</b>		

<sup>5</sup> Vgl. Kernan et al., 2010, S. 38, S. 65

Alle Parameter in Kombination decken die wichtigsten Wasserwerte für Flora und Fauna stichprobenartig ab. Der gleichzeitige Test mit ebendiesen Parametern verschafft somit eine Aussage zu Schadstoffen, Mineraliengehalt, pH-Wert sowie der Stabilität dessen und des potenziellen Biomasseanfalls der Primärproduktion<sup>6</sup>.

Tabelle 1 - Vorstellung der zu untersuchenden Parameter

### 3.2 Vorstellung des Messsystems

Während aller Messungen wurde das Teststreifen Aquariumkit „PROAQUATEST EASY 7in1“ von JBL als Primärmessgerät verwendet. Zusätzlich wurden die Aquariumteststreifen „WasserTest 6 in 1“ des Herstellers „MultiFit“ als Sekundärtestsystem benutzt<sup>7</sup>. Dies bedeutet, dass pro Messstelle mindestens zwei Tests durchgeführt worden sind: jeweils gleichviele mit jedem Testsystem.



Abbildung 2 - Wassertests von JBL



Abbildung 1 - Wassertests von MultiFit

Beide Messsysteme funktionieren exakt identisch. Aus einem Metallzylinder mit einer aufgedruckten Farbskala zieht man einen Plastikstreifen mit Stoffquadraten. Diesen hält man 2-3 Sekunden in seine Probe und liest nach unterschiedlich langen Wartezeiten alle Messwerte ab<sup>6</sup>. Ein Messwert wird über die Übereinstimmung mit der Farbskala ermittelt. Alle Werte werden je nach Ermessen auf- oder abgerundet bzw. wird ein zweiter Test durchgeführt. Falls sich die Testsysteme in einem Wert selbst nach wiederholtem Versuch widersprechen, so wird aus ihren unterschiedlichen Werten ein Mittelwert gebildet. Alle Messungen erfolgten sonn- täglich, beginnend mit dem 08.01.2023, um 12:00 mittags.

<sup>6</sup> Vgl. Quelle [A] (Anhang).

<sup>7</sup> Die Diskrepanz im Namen der Streifen tests beruht darauf, dass der siebte Wert (die CO<sub>2</sub>-Konzentration) ein rechnerisch aus pH-Wert und K.H. zu ermittelnder Wert ist, welcher in einer Tabelle abgelesen werden kann. Die Tabelle ist unter [B] im Anhang vermerkt.

Dr. -----

### 3.3 Vorstellung der Messorte

Um ein möglichst vielfältiges, aber realitätsgetreues Milieu zu untersuchen, wurden zwei Messstellen ausgesucht, die verschiedene Formen der Stressoren ausweisen. So sollte sichergestellt werden, dass neben natürlichen Stressoren wie Klimaschwankungen, Wasserstandsänderungen, Auswirkungen auf die Stoffverteilung nach der Vollzirkulation oder dem Auftreten toxischer Stoffe<sup>8</sup> auch die Gewässernutzung zur Freizeitaktivität in den Daten vorkommen kann.

Die Wahl fiel hierbei, logischerweise, auf den Fluss sowie auf den ----- See. Die Messstelle des Flusses befand sich am umgebauten -----wehr. Vorteile dieser Auswahl waren eine geringe Fahrtzeit, die Nähe der Teststellen zueinander und einfache Uferzugänglichkeit, Interesse an der Wasserchemie der Innenstadt, direkte Beeinflussung des Flusses auf den ----- See sowie oben genannte Gründe. Die Wahl des ----- Sees war durch ähnliche Vorteile gekennzeichnet: physikalische Nähe, leichte Uferzugänglichkeit und fehlende Dokumentation wasserchemische Daten der Messstelle.



Abbildung 3 - Messstelle Fluss (-----wehr)



Abbildung 4 – Messstelle ----- See

### 3.4 Untersuchungsvorgehen

Alle erhobenen Messdaten entstammen folgendem, oft wiederholten Untersuchungsvorgehen, welches sich in seiner Form dabei nie unterschieden hat.

<b>Experiment 1</b>	
<b>Materialien</b>	1x Wasserprobe, mind. 2x Wasserteststreifen, 1x Thermometer, 1x Schreibutensil sowie -unterlage

<sup>8</sup> Vgl. Gunkel, Günter (Hrsg.): Bioindikatoren in aquatischen Ökosystemen: Bioindikatoren in limnischen und küstennahen Ökosystemen, Jena: G. Fischer, 1999, S. 44

Dr. -----


<p>Versuchsaufbau</p>	 <p>Abbildung 5 - Versuchsaufbau</p>
<p>Durchführung</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Messung der Wassertemperatur mithilfe des Thermometers.</li> <li>2. Messung der Zusammensetzung des Wassers mithilfe der Teststreifen:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ein Teststreifen wird aus dem Behälter genommen.</li> <li>b. Dieser wird 2-3 Sekunden in die Wasserprobe gehalten, anschließend abgeschüttelt.</li> <li>c. Nach einer Sekunde kann der Chlor-Wert anhand einer Farbskala abgelesen werden (ähnlich dem Universalindikatorpapier).</li> <li>d. Nach weiteren 60 Sekunden können alle Werte, bis auf den CO<sub>2</sub>-Wert abgelesen werden.</li> <li>e. Mithilfe einer Tabelle wird der CO<sub>2</sub>-Wert ermittelt.</li> </ol> </li> </ol>
<p>Beobachtung</p>	<p>Siehe Kapitel 4.5.1 und 4.5.2</p>
<p>Deutung</p>	<p>Siehe Kapitel 5, 6.1.2 und 6.2.2</p>

Tabelle 2 - Musterexperiment

### 3.5 Erhobene Daten

Alle erhobenen Daten wurden anschließend via Excel ausgewertet. Dies bedeutete zunächst eine tabellarische Aufführung aller Werte.



3.5.1 Fließgewässer – Der Fluss am ----wehr

	Cl <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	G.H.	K.H.	pH	CO <sub>2</sub>	Temp.
KW1	0	25	0	7	3	6,8	14	
KW2	0	10	0	7	6	6,4	72	
KW3	0	25	0	14	3	6,4	36	
KW4	0	25	0	14	6	6,4	72	2,3
KW5	0	10	0	7	6	6,4	72	4,2
KW6	0	25	0	14	6	6,8	29	3,8
KW7	0	10	0	7	6	6,4	72	7,3
KW8	0	10	0	7	6	6,4	72	4,3
KW9	0	25	0	14	6	6,8	29	3,7
KW10	0	25	0	14	6	6,8	29	3,4
KW11	0	25	0	21	6	6,8	29	9
KW12	0	25	0	7	6	6,8	29	9
KW13	0	25	0	14	6	6,8	29	
KW14	0	25	0	14	6	6,8	29	7,7
KW15	0	10	0	7	6	6,8	29	9,3
KW16	0	10	0	7	3	6,8	14	11,8
KW17	0	10	0	7	6	6,8	29	10,1
KW18	0	10	0	7	6	6,8	29	12,5
KW19	0	10	0	7	6	7	19	14,5
KW20	0	10	0	7	6	6,8	29	13
KW21	0	10	0	7	6	6,8	29	14,5
KW22	0	25	0	7	6	6,8	29	15,5
KW23	0	10	0	7	6	6,7	38	18
KW24	0	10	0	7	6	6,8	29	17,6
KW25	0	25	0	7	6	6,8	29	17,2
KW26	0	17,5	0	7	6	6,8	29	17,2
KW27	0	10	0	14	6	7,2	12	19,9
KW28	0	17,5	0	7	6	7	19	20,2
KW29	0	17,5	0	7	6	6,8	29	17,4
KW30	0	17,5	0	7	6	6,8	29	17
KW31	0	17,5	0	5,5	6	6,8	29	17,1

Tabelle 3 - Rohdaten des Fließgewässers

Weil zur Fließgewässerökologie des Flusses Vergleichsdaten des NLWKNs bereitgestellt wurden<sup>9</sup>, können die langjährigen Messwerte aus Groß [Dorf] in Form von Signifikanzintervallen miteinander verglichen werden. Dabei lagen Daten der Werte Nitrat, Nitrit, pH-Wert, Gesamthärte und Karbonathärte der Jahre 2010-2022 vor. Die obige Tabelle wurde dem entsprechend eingefärbt, dass eine grüne Färbung im 1,96-Sigma-Intervall liegt. Eine gelbe Färbung bewegt sich an den Intervallgrenzen und eine rote Färbung ist signifikant unterschiedlich. Eine graue Färbung bedeutet eine fehlende Datenlage. Zur visuellen Distinktion wurde diese ebenfalls in eine Farbskala eingeteilt. Dasselbe geschah mit der Temperatur. Umrechnungsfaktoren für beide Härteparameter berufen sich dabei auf Helmers<sup>10</sup> und einen Fischlexikoneintrag<sup>11</sup>.

	$NO_3^-$	$NO_2^-$	pH	G.H.	K.H.
<i>arithm. Mit.</i>	3,2	0,0	7,9	15,4	8,7
<i>Stand. Abw.</i>	1,38	0,03	0,14	5,28	1,33
<i>(-)1,96 s</i>	0,5	0,0	7,6	5,06	6,1
<i>(+)1,96 s</i>	6,0	0,1	8,1	25,76	11,3

Tabelle 4 - Statistische Auswertung der Vergleichsdaten des NLWKNs

Temperatur,  $NO_2^-$  und pH-Wert entsprechen den Erwartungen eines harzer Fließgewässers des Mittellaufes. Gesamt- sowie Karbonathärte sollten jedoch auf Grund geologischer Ausspülmöglichkeiten von Calciumcarbonat deutlich geringer sein<sup>12</sup>.

### 3.5.2 Stehgewässer – Der ----- See

	$Cl_2$	$NO_3^-$	$NO_2^-$	G.H.	K.H.	pH	$CO_2$	Temp.
KW1	0	0	0	14	6	6,8	29	
KW2	0	0	0	14	3	6,8	14	
KW3	0	0	0	14	6	6,8	29	
KW4	0	0	0	14	6	6,8	29	1,3
KW5	0	0	0	14	6	6,8	29	4,3
KW6	0	0	0	14	6	6,8	29	4,5

<sup>9</sup> Vgl. 2023 Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) [www.nlwkn.niedersachsen.de/opendata,dl-de/by-2-0](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/opendata,dl-de/by-2-0); Quelle [D] im Anhang.

<sup>10</sup> Vgl. Helmers, Thorben: Säurekapazität, in: Wasser Wissen, o. D., <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/saeurekapazitaet.htm> (abgerufen am: 06.10.2023).

<sup>11</sup> Vgl. WESO Software GmbH: Fischlexikon: Aquarien-Chemie – „Wasserhärte“, in: fischlexikon.eu, o. D. <https://www.fischlexikon.eu/aquaristik/aquarien-chemie/wasserhaerte-berechnen.php> (abgerufen am: 06.10.2023).

<sup>12</sup> Vgl. Lampert/Sommer, 1999, S. 34.

KW7	0	0	0	14	6	6,8	29	5,1
KW8	0	0	0	7	6	6,8	29	5,7
KW9	0	10	0	21	6	6,4	72	4,5
KW10	0	25	0	7	6	6,4	72	4
KW11	0	25	0	14	6	6,8	29	10,2
KW12	0	25	0	14	6	6,8	29	10
KW13	0	25	0	7	6	6,8	29	
KW14	0	10	0	7	6	6,8	29	8,5
KW15	0	10	0	14	6	7,2	11	10
KW16	0	10	0	7	6	7,2	11	12,5
KW17	0	10	0	7	6	6,8	29	12,3
KW18	0	10	0	7	6	6,8	29	14
KW19	0	10	0	7	6	7	19	17,6
KW20	0	10	0	7	6	7,2	11	16,5
KW21	0	10	0	7	6	7,2	11	19,3
KW22	0	10	0	10,5	6	6,8	29	20
KW23	0	10	0	14	6	7	19	21,4
KW24	0	10	0	14	6	6,8	29	23,6
KW25	0	0	0	7	6	6,8	29	24
KW26	0	0	0	7	3	6,6	24	19,9
KW27	0	0	0	5,5	6	7	19	25
KW28	0	0	0	7	6	6,8	29	23
KW29	0	0	0	7	6	6,8	29	21,2
KW30	0	0	0	7	6	6,8	29	20,7
KW31	0	0	0	7	6	7	19	21,2

Tabelle 5 - Rohdaten des Stehgewässers

Der ----- See ist ein ehemaliger Baggersee und stellt somit eine spezielle Form des Sees dar. Die Auffüllung von Baggerseen erfolgt größtenteils über Grundwasser<sup>13</sup>. Dazu kommen Niederschläge und wie in diesem Falle eine Flusszuflut. Ein potenzielles Problem stellt nährstoffbelastetes Grundwasser dar, welches so in den See gelangt oder sich mit dem Flusswasser vermischt<sup>14</sup>. Außerdem sind Informationen zur Bodenbeschaffenheit nötig, um Werte wie die Karbonathärte einzuordnen.

<sup>13</sup> Vgl. Uhlmann, Dietrich/Wolfgang Horn: Hydrobiologie der Binnengewässer, Stuttgart, Deutschland: Eugen Ulmer, 2001, S. 247.

<sup>14</sup> Vgl. Uhlmann/Horn, 2001, S. 248

Die Datenlage des ----- Sees lässt dies leider nicht zu. Weder die Wasserbehörde noch das NLWKN verfügen über jegliche Datensätze der Wasserchemie des ----- Sees. Dazu kommt eine Informationslücke über die Beschaffenheit des Untergrundes des Sees (einige Informationstafeln sprechen unspezifisch von „Kies“<sup>15</sup>) sowie über die Grundwasserqualität -----s<sup>16</sup>. Deswegen sind Gesamthärte, Karbonathärte und CO<sub>2</sub>-Wert in ihrer farblichen Markierungen nicht evaluiert worden. Um sie visuell auseinanderzuhalten, wurden höhere Werte dunkler gefärbt.

### 3.5.3 Kontrolluntersuchung

Keines der verwendeten Messsysteme bedarf sich einer Eichung zu vollziehen, weswegen ein Kontrollversuch nicht nur aus faktisch-notwendiger Sicht klug erscheint, sondern auch zur besseren Verständnis der Teststreifen sinnvoll ist. Für diese Untersuchung wurde das -----er Leitungswasser getestet. Alle Angaben wurden daraufhin durch die Messdaten der Harzer Wasserwerke überprüft.

<b>Experiment 2</b>			
	<i>Harzer Wasserwerke (Mittelwert)</i>	<i>Eigener Versuch</i>	<i>Abweichung</i>
<i>Cl<sub>2</sub></i>	0,07 [mg/l]	0 [mg/l]	Korrekt
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konzentration</i>	7,5 [mg/l]	17,5 [mg/l]	10 [mg/l] zu hoch
<i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Konzentration</i>	0,005 [mg/l]	0 [mg/l]	Korrekt
<i>Gesamthärte</i>	3,3 [mg/l]	< 3 [mg/l]	Mit Abweichung Korrekt
<i>Carbonathärte</i>	1,8 [mg/l]	1,5 [mg/l]	Mit Abweichung Korrekt
<i>pH-Wert</i>	8,90 [mg/l]	6,4 [mg/l]	2,5 [mg/l] zu niedrig
<i>CO<sub>2</sub>-Konz. (TIC)</i>	6,7 [mg/l]	13-25 [mg/l]	6,3-18,3 [mg/l] zu hoch
<i>Fazit</i>	Die Messwerte der Chlor-Konzentration, der Gesamthärte, Karbonathärte und Nitrit-Ionen sind (mit zu vernachlässigenden Abweichungen) gleich der Messwerte der Harzer Wasserwerke.		

<sup>15</sup> Vgl. Bürgerverein [redacted] e.V., Kultur und Lehrpfad [redacted] See Entstehung des Sees und seine heutige Bedeutung, o. D., [redacted] (Im Anhang unter Quelle [C])

<sup>16</sup> Vgl. Stadt -----: Bodenbelastungsgebiete, in: Webpräsenz der Stadt -----, o. D., [https://web.archive.org/web/20231003120927/https://www.-----de/leben/umwelt\\_naturschutz/boden/altlasten/karte\\_boden\\_gw\\_belastungen.php](https://web.archive.org/web/20231003120927/https://www.-----de/leben/umwelt_naturschutz/boden/altlasten/karte_boden_gw_belastungen.php) (abgerufen 06.10.2023)

Dr. -----

	Messwerte für die Nitrat-Ionen, den pH-Wert sowie die CO <sub>2</sub> -Konzentration beinhalten eine deutliche Fehlermarge. Unterschiede können erklärt werden mit einer unterschiedlichen Beschaffenheit beider Testmillieus sowie dem Bilden von Mittelwerten (Nitrat-Ionen-Konzentration).
--	---

Tabelle 6 - Ergebnisse der Kontrolluntersuchung

#### 4. Bestimmtheitsmaßtabellen

Um zu verdeutlichen, wie welche wasserchemischen Werte in welchem Maße von Wetterdaten abhängen, wurden alle möglichen Kombinationen der erfassten Daten in einem Streugraphen dargestellt.

Um dies zu tun, mussten erst die täglichen Wetterdaten vom 01.01.2023 bis zum 06.08.2023, welche die Durchschnitts-, Minimal- und Maximaltemperatur sowie Niederschlag und Windgeschwindigkeit beinhalteten, wöchentlich zusammengefasst werden. Für alle Temperaturwerte (°C) und die Windgeschwindigkeit wurden Mittelwerte (arithmetisches Mittel) gebildet, für den Niederschlag (mm) dahingegen Summen. Die wasserchemischen Daten wurden also gepaart mit einem wöchentlichen Durchschnitt/einer wöchentlichen Summe der Wetterdaten der vorherigen Woche. Dies ließ zeitlich zusammenhängende kausale Rückschlüsse ziehen.

Das Bestimmtheitsmaß aller kombinierten Streugraphen wurden zur Evaluation in die untenstehende Tabelle eingetragen. Besonders herausstechende Werte wurden schraffiert; je dunkler die Schraffierung, desto höher das Bestimmtheitsmaß.

##### 4.1 Bestimmtheitsmaß $R^2$ des Fließgewässers

$Y   X$	Av. Temp.	Min. Temp.	Max. Temp.	Wat. Temp.	Percp.	Windsp.
Cl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0999	0,0739	0,1036	0,0809	0,0359	0,0322
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
G. H.	0,2588	0,2889	0,2187	0,2001	0,0309	0,0073
K. H.	0,0325	0,0232	0,0401	0	0,0036	0,0452
pH	0,3247	0,2503	0,366	0,3701	0,0006	0,1654
CO <sub>2</sub>	0,2058	0,1501	0,239	0,3218	0	0,1641
Wat. Temp.	0,9676	0,8939	0,9729	1	0,0235	0,1703

Tabelle 7 - Bestimmtheitsmaß des Fließgewässers

Besonders logisch erscheint es, dass eine hohe Korrelation zwischen der Lufttemperatur und der Wassertemperatur besteht. Eine einfache Erwärmung des Wassers geht mit der Erhöhung der Lufttemperatur einher. Zusätzlich dazu können einige chemisch/physikalischen Prozesse mithilfe dieser Tabelle erklärt werden.

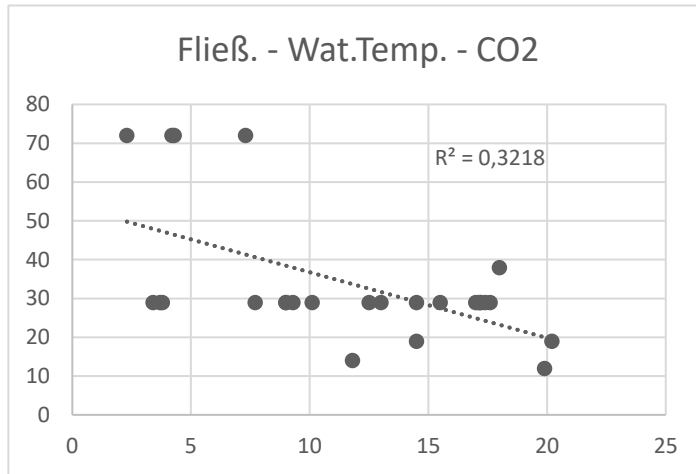


Abbildung 6 - Korrelationsgraph der Wassertemperatur und des Kohlenstoffdioxidgehaltes im Fließgewässer

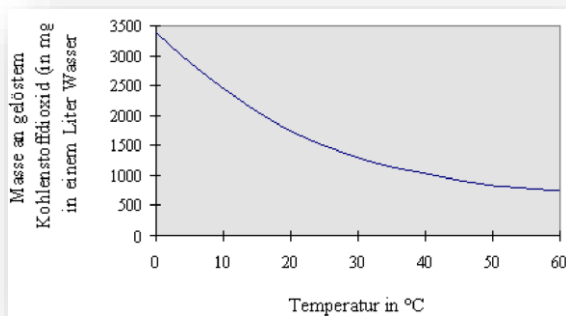


Abbildung 7 - Masse an gelöstem CO<sub>2</sub> [mg/l] in Wasser aufgetragen gegen die Temperatur

Betrachtet man den Graphen, der die Korrelation zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Wassertemperatur aufzeichnet, so fällt auf, dass bei höherer Wassertemperatur weniger CO<sub>2</sub> gebunden wird. Dies liegt daran, dass die grundsätzliche Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser bei steigender

Temperatur sinkt<sup>17</sup> (Abb. 5.), was die Korrelation erklärt.

Da der pH-Wert eng mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration über die Ansäuerung des Wassers durch die Dissoziation des Kohlenstoffdioxids verbunden ist, ist auch dieser Zusammenhang deutlich im Korrelationsgraphen erkennbar.

<sup>17</sup> Vgl. K.B.: Seminar „Vorbereitung des Kernpraktikums“, Münster, Deutschland: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2007, S. 2, [https://www.uni-münster.de/imperia/md/content/didaktik\\_der\\_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit\\_von\\_gasem\\_in\\_wasser\\_kohlenstoffdioxid\\_.pdf](https://www.uni-münster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gasem_in_wasser_kohlenstoffdioxid_.pdf) (abgerufen am 06.10.2023).

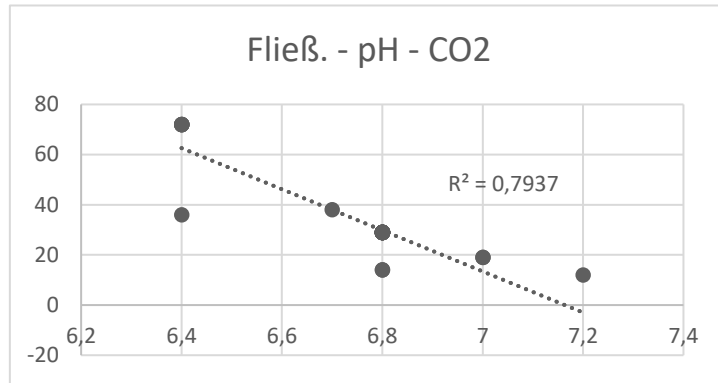
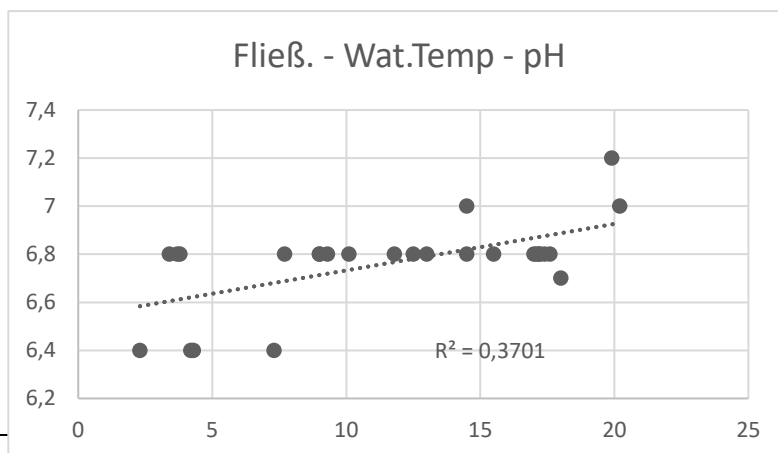


Abbildung 8 - pH-Wert aufgetragen gegen die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Fließgewässer

Des Weiteren fällt auf, dass bei zunehmender Wassertemperatur den pH-Wert ansteigt. Der Anstieg kann damit begründet werden, dass der pH-Wert maßgeblich durch photosynthetische Aktivität, Respirationsrate und der Stickstoffassimilation beeinflusst wird<sup>18</sup>. Diese Prozesse sind größtenteils enzymatisch gesteuert, unterliegen also der Umgebungstemperatur als maßgebenden Faktor. In der Atmung sowie der Photosynthese wird CO<sub>2</sub> enzymatisch in einen Kreislauf gebunden. Je wärmer es wird, desto mehr CO<sub>2</sub> wird gebunden. Dadurch entsteht in der Umgebung ein CO<sub>2</sub>-Defizit. Zusätzlich dazu kann wegen der höheren Temperatur des Wassers generell weniger CO<sub>2</sub> aufgenommen werden. Dieses Defizit würde, bei vorhandenem Calciumhydrogencarbonat, aufgefüllt werden mit Kohlensäure und Calciumcarbonat. Da wir jedoch ein System mit einer Karbonathärte von sechs betrachten, können wir davon ausgehen, dass dieser Puffer schnell erledigt sein wird. Es gibt also keine CO<sub>2</sub>-Speicher, die als Säure reagieren könnten und somit den pH-Wert senken würden. Stattdessen muss immer mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in das System hineindiffundieren, welches direkt für den Stoffwechsel benutzt wird. Der pH-Wert steigt<sup>19</sup>.



<sup>18</sup> Vgl. Lampert/Sommer, 1999, S.50.

<sup>19</sup> Vgl. Lampert/Sommer, 1999, S.34.

Abbildung 9 - pH-Wert aufgetragen gegen die Wassertemperatur im Fließgewässer

Einzig und allein die Korrelation zwischen Gesamthärte und Temperatur lässt sich nicht über eine physikalische Begünstigung erklären.

#### 4.2 Bestimmtheitsmaß $R^2$ des Stehgewässers

$Y   X$	Av. Temp.	Min. Temp.	Max. Temp.	Wat. Temp.	Percp.	Windsp.
$Cl_2$	0	0	0	0	0	0
$NO_3^-$	0,0342	0,0676	0,0167	0,0467	0,0109	0,0016
NO	0	0	0	0	0	0
G. H.	0,2239	0,2078	0,2213	0,2374	0,036	0,0029
K. H.	0,0072	0,0282	0,0014	0,0237	0,0099	0,0871
pH	0,1159	0,0843	0,1298	0,1092	0,0139	0,0015
$CO_2$	0,18	0,168	0,1739	0,1802	0,0075	0,0079
Wat. Temp.	0,9547	0,8744	0,9605	1	0,0397	0,2011

Tabelle 8 - Bestimmtheitsmaß des Stehgewässers

Auch im Ökosystem See ist eine erhöhte Wassertemperatur bedingt durch eine erhöhte Außentemperatur. Diese ist durch das natürliche Schichtungsverhalten eines Sees ebenfalls abhängig von der Windgeschwindigkeit, welche einen gewissen Durchmischungsgrad hervorrufen kann, solange das Epilimnion nicht zu aufgewärmt ist<sup>20</sup>.

Eine insgesamt geringere Abhängigkeit der wasserchemischen Werte ist damit zu erklären, dass es als besonders stabiles Ökosystem angesehen wird<sup>21</sup>.

#### 4.3 Vergleich der Bestimmtheitsmaßtabellen

Zusammenfassung Fließgewässer	Zusammenfassung Stehgewässer
Hohe Korrelation zwischen Wassertemperatur und Umgebungstemperatur.	Hohe Korrelation zwischen Wassertemperatur und Umgebungstemperatur.
Geringe Korrelation zwischen pH-Wert und der Temperatur $\rightarrow 0,2503 \leq R^2 \leq 0,3701$	Zu vernachlässigende Korrelationen zwischen pH-Wert und der Temperatur
Geringe Korrelation zwischen der Ge-	Geringe Korrelation zwischen Gesamt-

<sup>20</sup> Vgl. Lampert/Sommer, 1999, S. 41.

<sup>21</sup> Vgl. Lampert/Sommer, 1999, S. 60.



Samthärte und der Temperatur → $0,2001 \leq R^2 \leq 0,2889$	härte und der Temperatur → $0,2078 \leq R^2 \geq 0,2374$
Geringe Korrelation zwischen der CO <sub>2</sub> -Konzentration und der Temperatur → $0,1501 \leq R^2 \leq 0,3218$	Zu vernachlässigende Korrelation zwischen der CO <sub>2</sub> -Konzentration und der Temperatur.
Zu vernachlässigende Korrelation zwischen NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Konzentration/pH-Wert/CO <sub>2</sub> -Konzentration/Wassert. und der Windgeschwindigkeit.	Geringe Korrelation zwischen der Wassertemperatur und der Windgeschwindigkeit → $R^2 = 0,2011$
<b>Gemeinsamkeiten (Fließgewässer/Stehgewässer)</b>	
Hohe Korrelation zwischen Wassertemperatur und Umgebungstemperatur.	
Geringe Korrelation zwischen Gesamthärte und der Temperatur.	

Tabelle 9 - Vergleich der Bestimmtheitsmaßstabellen

#### 4.4 Bestimmtheitsmaß der Daten des NLWKNs aus Groß [Dorf]

Um Vergleichsdaten für das Bestimmtheitsmaß heranzuziehen, wurden Datentabellen des NLWKNs begutachtet. Es fanden sich dabei ausschließlich Daten des Flusses des Jahres 2016 aus Groß [Dorf] zusammen. 24 Messungen wurden auf dieselbe Weise wie in Kapitel 6.1 und 6.2 zusammengefasst und mit Durchschnittswerten bzw. Summen der Wetterdaten der vorhergegangenen Woche verglichen. Einige Daten (Cl<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Wassertemperatur) waren nicht verfügbar.

Y   X	Av. Temp.	Min. Temp.	Max. Temp.	Wat. Temp.	Percp.	Windsp.
Cl <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,7197	0,6877	0,732	-	0,0235	0,2094
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
G. H.	0,3873	0,432	0,3508	-	0,013	0,1727
K. H.	0,4398	0,4786	0,4147	-	0	0
pH	0,3054	0,3409	0,2797	-	0,0606	0,1476
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
Wat. Temp.	-	-	-	-	-	-

Tabelle 10 - Bestimmtheitsmaß aus Daten des NLWKNs

#### 4.5 Vergleich der Bestimmtheitsmaßstabellen

<b>Gemeinsamkeiten</b>	<b>Unterschiede</b>
Geringfügige Korrelation aller Daten mit dem Niederschlag und der Windgeschwindigkeit.	Stark erhöhte Korrelation des Nitrat-Gehaltes mit der Temperatur.

Erhöhte Korrelation zwischen pH-Wert und der Temperatur.	Erhöhte Korrelation der Karbonathärte mit der Temperatur.
Erhöhte Korrelation zwischen der Gesamthärte und der Temperatur.	

Tabelle 11 - Vergleich des  $R^2$  eigener Daten mit dem  $R^2$  der Daten des NLWKNs

## 5. Fazit

In der Arbeit „Hydrochemische Studien an ausgewählten Gewässern -----s“ konnte erfolgreich der Zusammenhang zwischen wasserchemischen Parametern (vornehmlich dem pH-Wert, dem  $\text{CO}_2$ -Wert und der Gesamthärte) und Wetterdaten (vornehmlich der Temperatur und – im Stillgewässer: – der Windgeschwindigkeit) bewiesen werden. Diese Ergebnisse wurden teilweise durch die Untersuchungsdaten des NLWKNs in Groß [Dorf] bewiesen.

## 6. Fehlerdiskussion

Besonders Fehlerintensiv war das Testsystem, welches auf farblich ablesbare Skalen setzt. Zudem kann eine noch genauere Auswertung der Fremddaten erfolgen, indem ein noch größerer Datenausschnitt noch genauer betrachtet wird.

## 7. Ausblick

Die Vorliegende Arbeit kann noch an vielen Stellen ausgebaut werden. Von wissenschaftlichem Interesse wären wasserchemische Daten des Herbstes und Winters sowie potenzielle Auswirkungen dieser auf Flora und Fauna.

## 8. Literaturverzeichnis

### 8.1 Bilderquellen

Abb1: „Wassertests von MultiFit“

<https://web.archive.org/web/20231006123606/https://www.fressnapf.de/p/multifit-wassertest-6-in-1-1173809/?isSearchPage=wassertests> (abgerufen am: 06.10.2023)

Abb2: „Wassertests von JBL“

<https://web.archive.org/web/20231006123914/https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8721&country=de&lang=de> (abgerufen am: 06.10.2023)

Abb3: „Messstelle Fluss (-----wehr)“

Eigene Photographie (2023)

Abb4: „Messstelle ----- See“

Eigene Photographie (2023)

Abb5: „Versuchsaufbau“

Eigene Photographie (2023)

Abb6: „Korrelationsgraph der Wassertemperatur und des Kohlenstoffdioxidgehaltes im Fließgewässer“

Eigener Korrelationsgraph (2023)

Abb7: „Masse an gelöstem CO<sub>2</sub> [mg/l] in Wasser aufgetragen gegen die Temperatur“

K.B.: Seminar „Vorbereitung des Kernpraktikums“, Münster, Deutschland: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2007, S. 2, [https://web.archive.org/web/20231006125214/https://www.uni-muens-ter.de/imperia/md/content/didaktik\\_der\\_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit\\_von\\_gasen\\_in\\_wasser\\_kohlenstoffdioxid\\_.pdf](https://web.archive.org/web/20231006125214/https://www.uni-muens-ter.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gasen_in_wasser_kohlenstoffdioxid_.pdf) (abgerufen am 06.10.2023).

Abb8: „pH-Wert aufgetragen gegen die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Fließgewässer“

Eigener Korrelationsgraph (2023)

Abb9: „pH-Wert aufgetragen gegen die Wassertemperatur im Fließgewässer“

Eigener Korrelationsgraph (2023)

## 8.2 Literaturquellen

Fischlexikon: Aquarien-Chemie – „Wasserhärte“: in: fischlexikon.eu, o.D., <https://web.archive.org/web/20231006082944/https://www.fischlexikon.eu/aquaristik/aquarien-chemie/wasserhaerte-berechnen.php> (abgerufen am: 06.10.2023).

Gunkel, Günter (Hrsg.): Bioindikatoren in aquatischen Ökosystemen: Bioindikatoren in limnischen und küstennahen Ökosystemen: Grundlagen, Verfahren und Methoden, Jena, Detuschland: G. Fischer, 1999, S. 44.

Kernan, Martin/Richard W. Battarbee/Brian Moss: Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems, WILEY-BLACKWELL, 2010, S. 38-65.

Lampert, Winifred/Ulrich Sommer: Limnoökologie, 2.Aufl., Stuttgart: New York: Thieme, 1999, S. 34-60.

Säurekapazität: in: Wasser Wissen, o. D., <https://web.archive.org/web/20231006131616/http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/saeurekapazitaet.htm> (abgerufen am: 06.10.2023).

Stadt -----: Bodenbelastungsgebiete, in: Webpräsenz der Stadt -----, o. D., [https://web.archive.org/web/20231003120927/https://www.-----.de/leben/umwelt\\_naturschutz/boden/altlasten/karte\\_boden\\_gw\\_belastungen.php](https://web.archive.org/web/20231003120927/https://www.-----.de/leben/umwelt_naturschutz/boden/altlasten/karte_boden_gw_belastungen.php) (abgerufen am 06.10.2023).

Uhlmann, Dietrich/Wolfgang Horn: Hydrobiologie der Binnengewässer, Stuttgart, Deutschland: Eugen Ulmer, 2001, S. 247f.

### 8.3 Anhangsquellen

#### Quelle A

**de**

**Teststreifen zur Wasseranalyse**

**7 wichtige Wasserwerte in 1 Minute**

Teststreifen zur gleichzeitigen Bestimmung von  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , GH, KH, pH,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$

50 Teststreifen

Einfache und schnelle Bestimmung der wichtigsten Wasserwerte in Aquarium und Teich als orientierende Übersicht: Die Werte Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) und Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) zeigen an, ob die biologischen Reinigungsprozesse funktionieren. KH ist wichtig zur Stabilisierung des pH- Wertes. GH zeigt an, ob zu wenig oder zu viele Mineralien im Wasser sind. Der Wert Cl zeigt an, ob das Leitungswasser für Fische gefährliches Chlor enthält.  $\text{CO}_2$  ist die wichtigste Pflanzennahrung. Nähere Informationen zu den Wasserwerten und gegebenenfalls Abhilfemaßnahmen finden Sie im Internet unter [www.JBL.de](http://www.JBL.de).

**Vorgehensweise JBL PRO AQUATEST EASY 7 in 1:**

1. Tauchen Sie einen Teststreifen mit allen Testfeldern in das zu untersuchende Wasser und bewegen Sie ihn 2 – 3 Sekunden darin hin- und her.
2. Schütteln Sie anhaftendes Wasser seitlich ab und legen Sie den Streifen auf eine waagerechte Unterlage.
3. Vergleichen Sie das Testfeld  $\text{Cl}_2$  sofort mit der Farbskala und lesen Sie den Messwert ab.
4. Vergleichen Sie nach 60 Sekunden die Farben der restlichen Testfelder mit der Farbskala auf der Dose. Dort, wo die Farbe auf dem Teststreifen bestmöglich mit einem Farbwert der Farbskala übereinstimmt, lesen Sie den Messwert ab. Den  $\text{CO}_2$  Gehalt, auf Basis der gemessenen Werte für KH und pH lesen Sie aus der Tabelle ab.

JBL Tipp: Weitere wichtige Messwerte erhalten Sie mit den JBL Tropftests.

**Hinweis: Teststreifen sind feuchteempfindlich; nur unmittelbar benötigte Anzahl entnehmen; Behälter sofort wieder schließen; Behälter enthält Trockenmittel; kühl und trocken lagern.**

Inhalt: 50 Teststreifen

The illustration shows three steps for using the test strip:

- 1:** A hand dips a test strip into a glass of water. A double-headed arrow indicates the strip is moved back and forth for 2-3 seconds.
- 2:** A hand holds the strip and shakes it to remove excess water. The strip is then laid flat on a surface.
- 3:** A hand compares the strip to a color chart. The chart includes a  $\text{CO}_2$  table and a color scale for  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , GH, KH, and pH. The  $\text{CO}_2$  table is as follows:

$\text{CO}_2$ TABLE	pH 7	pH 8	pH 9	pH 10
1	1	2	3	4
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	4	5	6	7
5	5	6	7	8
6	6	7	8	9
7	7	8	9	10
8	8	9	10	11
9	9	10	11	12
10	10	11	12	13



Quelle B

CO <sub>2</sub> (mg/l)	KH 0	KH 3	KH 6	KH 10	KH 15	KH 20
pH 9	0	0	0	0	0	1
pH 8,4	0	0	1	1	2	2
pH 8	0	1	2	3	5	6
pH 7,6	0	2	5	8	11	15
pH 7,2	0	6	11	19	28	38
pH 6,8	0	14	29	48	71	95
pH 6,4	0	36	72	119	179	239

de | Empfohlener Bereich  
en | Recommended range  
fr | Plage recommandée

VORSPRUNG DURCH FORSCHUNG JBL

Zusätzlich:

Die KH-pH-CO<sub>2</sub>-Tabelle: in: aquasabi, o. D.,

<https://www.aquasabi.de/aquascaping-wiki-aquarium-die-kh-ph-co2-tabelle> (abgerufen am 08.10.2023).

Quelle C

Bürgerverein [redacted] e.V., Kultur und Lehrpfad ----- See Entstehung des Sees und seine heutige Bedeutung, o. D., [redacted]

**KULTUR- und LEHRPFAD** [redacted]  
ENTSTEHUNG des SEES und seine heutige BEDEUTUNG



Schon in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte man in der Stadt [redacted] die Idee, das Gebiet der [redacted] Wiesen auszubaggern, um dort einen See als Erholungsgebiet anzulegen.

Als in den siebziger Jahren etwa 1,2 Millionen t Kies für den Autobahnbau am [redacted] Knoten erforderlich wurden, hätte man 80.000 LKW-Fuhren benötigt, um die notwendigen Böschungen schütten zu können.

Etwa 60 Grundstückseigentümer mussten kurzfristig zum Verkauf ihrer Anteile bewegt werden.



Das Interesse der Menschen, die neue Wasserfläche möglichst schnell zu nutzen, war sehr groß. Später gingen Spieler, Angler und Naturliebhaber ebenfalls ihre Hingabe ein. Die Wassersportler des SV [redacted] haben sich spontan einen ersten, behelfsmäßigen Seeclub gebildet.

Am Himmelstahag 1973 wurde der See unter großer Beteiligung der Bevölkerung eingeweiht. Die Bürgergemeinschaft [redacted] und der Bürgerverein [redacted] haben in Zusammenarbeit mit dem in der Stadtfläche vorhandenen katholischen Gemeinderat, Schulen, Sportvereinen und Herbergen die Festgestaltung organisiert. Im Besonderen danken wir dem damaligen Oberbürgermeister [redacted] für sein offizielles Einverständnis am [redacted] Seeclub. Die Christengemeinde von [redacted] hat aus diesem Anlass eine „Achter“ gebaut.




Heute dienen die Wasserflächen - insbesondere am Nordufer des Sees - gegen die Ertüchtigung. Gelassen sind die [redacted] recht starken Überflutungen des Sees durch [redacted].

Viel Schwemmgut aus der Stadt säkumt dann die Uferzonen. Das für den Wassertransport gefürchte Schwemmgut war den wiederholten Hochwassern leider nicht gewachsen.

Verantwortlich für Inhalt und Gestaltung: [redacted] - Tel. 0531 - 32 26 99

Quelle C – Ausschnitt



Flurkarte der [redacted] um 1960

Schon in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte man in der Stadt [redacted] die Idee, das Gebiet der [redacted] Wiesen auszubaggern, um dort einen See als Erholungsgebiet anzulegen.

Als in den siebziger Jahren etwa 1,2 Millionen t Kies für den Autobahnbau am [redacted] Knoten erforderlich wurden, hätte man 80.000 LKW-Fuhren benötigt, um die notwendigen Böschungen schütten zu können.

Etwa 60 Grundstückseigentümer mussten kurzfristig zum Verkauf ihrer Anteile bewegt werden.

Quelle D

Dr. -----

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz  
(NLWKN) [www.nlwkn.niedersachsen.de/opendata](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/opendata), [dl-de/by-2-0](#)

	Datum	Zeit	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	pH	G.H. [mmol/l]	SK4,3 [mmol/l]
	11.01.2010	9:20	4,2	0,0	8,0	0,0	3,1
	20.01.2010	15:00	6,4	0,0	7,9	0,0	3,0
	03.02.2010	9:05	5,1	0,0	8,1	0,0	3,5
	17.02.2010	14:30	4,6	0,0	8,1	0,0	3,6
	03.03.2010	8:55	6,7	0,0	7,4	0,0	2,9
	17.03.2010	15:05	6,2	0,0	8,0	0,0	3,4
	07.04.2010	8:50	4,0	0,0	7,9	0,0	3,1
	22.04.2010	15:20	3,5	0,0	8,0	0,0	3,2
	17.05.2010	9:20	3,4	0,0	8,0	0,0	2,8
	25.05.2010	15:15	3,5	0,0	8,0	0,0	3,1
	02.06.2010	9:00	3,4	0,0	8,0	0,0	3,3
	23.06.2010	14:50	2,9	0,0	8,1	0,0	3,3
	07.07.2010	8:10	2,5	0,0	7,9	0,0	3,2
	04.08.2010	8:50	2,4	0,0	7,8	0,0	2,5
	18.08.2010	15:10	1,9	0,0	7,9	0,0	2,4
	01.09.2010	8:40	3,7	0,0	7,9	0,0	2,9
	15.09.2010	14:20	3,8	0,0	7,9	0,0	3,1
	29.09.2010	10:15	5,7	0,0	7,4	0,0	2,2
	04.10.2010	8:40	4,6	0,0	7,8	0,0	3,8
	20.10.2010	15:00	3,7	0,0	8,0	0,0	3,7
	04.11.2010	8:50	3,3	0,0	7,9	0,0	3,9
	17.11.2010	14:25	6,0	0,0	7,8	0,0	3,6
	01.12.2010	9:15	6,2	0,0	7,9	0,0	4,1
	08.12.2010	14:50	5,7	0,0	8,0	0,0	3,9
	10.01.2011	9:10	5,0	0,0	7,8	2,1	2,5
	19.01.2011	14:45	5,5	0,0	8,0	3,4	4,0
	02.02.2011	8:35	5,2	0,0	7,9	3,3	4,0
	16.02.2011	14:40	7,5	0,0	7,7	2,9	3,8
	02.03.2011	8:55	5,1	0,0	7,9	3,9	3,8
	16.03.2011	14:05	4,6	0,0	8,1	4,0	3,9
	06.04.2011	9:05	3,8	0,1	7,8	3,0	3,1
	20.04.2011	15:00	3,4	0,0	8,2	3,8	3,5
	05.05.2011	8:45	4,0	0,0	7,9	3,7	3,5
	25.05.2011	14:55	2,8	0,1	7,8	3,2	3,2
	09.06.2011	8:40	2,5	0,0	7,8	3,2	3,3
	27.06.2011	15:05	2,3	0,0	7,8	2,7	2,6
	06.07.2011	8:30	2,3	0,1	7,7	2,3	2,5
	20.07.2011	15:15	2,4	0,0	7,8	2,9	3,1
	03.08.2011	8:45	2,1	0,0	7,5	2,9	2,7
	17.08.2011	15:10	2,3	0,0	7,8	2,8	2,7
	08.09.2011	9:20	2,1	0,0	7,6	2,8	2,6
	27.09.2011	15:05	2,6	0,0	7,8	2,9	3,0

██████████	05.10.2011	8:25	2,7	0,0	7,6	3,0	2,9
██████████	18.10.2011	14:45	3,1	0,0	7,9	3,0	3,2
██████████	02.11.2011	8:10	2,6	0,0	7,7	3,2	3,5
██████████	01.12.2011	9:15	2,8	0,1	7,8	3,2	3,0
██████████	05.12.2011	15:15	2,8	0,0	7,9	3,0	3,1
██████████	08.12.2011	14:35	2,3	0,0	7,8	2,5	2,6
██████████	11.01.2012	8:25	5,8	0,0	8,0	3,1	3,3
██████████	25.01.2012	14:55	7,5	0,0	7,9	2,8	3,2
██████████	01.02.2012	8:50	5,2	0,0	7,9	3,9	3,5
██████████	15.02.2012	14:40	4,0	0,0	7,9	3,4	3,2
██████████	07.03.2012	8:45	3,9	0,0	8,0	3,7	3,9
██████████	21.03.2012	15:10	2,9	0,0	8,2	2,9	3,4
██████████	04.04.2012	8:40	2,8	0,0	8,0	3,2	2,9
██████████	17.04.2012	14:55	2,5	0,0	8,1	3,4	3,2
██████████	02.05.2012	8:35	2,1	0,0	8,0	3,4	3,2
██████████	24.05.2012	14:50	2,0	0,0	8,1	3,2	3,4
██████████	21.06.2012	8:50	2,3	0,0	7,9	2,7	2,9
██████████	26.06.2012	15:30	2,0	0,0	7,9	2,4	2,5
██████████	04.07.2012	8:55	2,0	0,0	7,7	2,3	2,3
██████████	18.07.2012	15:15	2,3	0,0	7,9	2,8	3,0
██████████	08.08.2012	8:45	2,0	0,0	7,9	2,9	3,4
██████████	23.08.2012	15:35	2,0	0,1	7,9	2,9	2,8
██████████	06.09.2012	9:25	2,4	0,0	7,9	2,8	2,7
██████████	20.09.2012	15:15	2,4	0,0	8,0	2,9	2,8
██████████	17.10.2012	9:40	2,3	0,0	7,9	2,7	2,7
██████████	07.11.2012	9:00	2,2	0,0	7,8	3,2	3,1
██████████	21.11.2012	15:15	2,6	0,0	7,9	3,2	3,0
██████████	04.12.2012	9:15	2,9	0,1	8,0	3,0	2,9
██████████	17.01.2013	8:30	4,8	0,0	8,1	3,7	3,7
██████████	23.01.2013	15:15	4,2	0,0	8,1	3,7	3,5
██████████	06.02.2013	9:45	7,3	0,0	8,1	3,4	3,4
██████████	20.02.2013	14:55	5,1	0,0	8,1	3,7	3,6
██████████	14.03.2013	9:45	5,4	0,0	8,1	3,7	3,8
██████████	20.03.2013	15:10	5,4	0,0	8,1	4,0	3,8
██████████	03.04.2013	9:20	4,3	0,0	8,1	3,8	3,5
██████████	29.04.2013	15:00	3,1	0,1	7,8	2,9	2,9
██████████	07.05.2013	9:12	2,7	0,0	7,8	3,4	3,4
██████████	22.05.2013	15:05	4,5	0,1	7,7	2,7	2,8
██████████	05.06.2013	9:10	4,4	0,1	7,7	3,2	3,6
██████████	20.06.2013	15:25	3,5	0,0	7,9	3,9	3,8
██████████	03.07.2013	9:15	3,0	0,5	7,8	3,4	3,2
██████████	17.07.2013	16:25	3,2	0,0	8,0	3,4	3,6
██████████	12.08.2013	9:25	2,7	0,0	8,0	3,1	3,3
██████████	22.08.2013	14:45	2,3	0,0	8,0	2,8	2,9
██████████	04.09.2013	9:55	2,7	0,0	8,0	3,1	3,1



██████████	19.09.2013	14:40	2,5	0,0	8,0	3,1	3,1
██████████	09.10.2013	9:15	2,4	0,0	7,7	3,1	3,1
██████████	23.10.2013	14:40	2,7	0,0	7,8	3,4	3,2
██████████	06.11.2013	9:30	3,2	0,0	7,7	2,9	3,1
██████████	20.11.2013	14:55	3,0	0,0	7,8	3,0	3,0
██████████	04.12.2013	9:30	3,8	0,0	7,9	3,0	3,1
██████████	10.12.2013	15:00	6,5	0,0	7,9	2,7	2,6
██████████	08.01.2014	9:20	4,1	0,0	7,9	3,1	3,3
██████████	22.01.2014	14:45	3,8	0,0	8,0	2,8	3,5
██████████	05.02.2014	9:50	4,0	0,0	7,8	3,4	3,3
██████████	19.02.2014	15:10	4,1	0,0	8,0	3,7	3,4
██████████	05.03.2014	9:10	3,3	0,0	8,0	3,7	3,4
██████████	19.03.2014	15:05	3,0	0,0	8,1	3,4	3,3
██████████	03.04.2014	8:50	2,7	0,0	7,8	3,4	3,2
██████████	16.04.2014	15:10	2,4	0,0	8,1	3,2	3,2
██████████	08.05.2014	9:40	2,3	0,0	7,9	2,8	2,8
██████████	22.05.2014	15:15	1,9	0,0	8,1	2,9	2,9
██████████	04.06.2014	8:30	3,0	0,0	7,9	2,8	3,0
██████████	18.06.2014	15:20	2,3	0,0	8,0	3,0	3,4
██████████	09.07.2014	9:30	1,9	0,0	7,8	2,7	2,6
██████████	23.07.2014	15:00	2,0	0,0	7,9	2,8	2,9
██████████	06.08.2014	8:45	2,4	0,0	7,7	2,5	3,3
██████████	20.08.2014	15:20	2,8	0,0	7,8	3,0	3,4
██████████	03.09.2014	9:05	2,5	0,0	8,0	3,1	3,3
██████████	17.09.2014	15:05	2,4	0,0	8,0	2,4	2,5
██████████	08.10.2014	9:25	2,4	0,0	7,9	3,0	2,9
██████████	22.10.2014	14:30	2,5	0,0	7,8	2,8	3,2
██████████	05.11.2014	9:40	2,5	0,0	7,9	3,1	3,3
██████████	19.11.2014	15:05	2,6	0,0	7,9	3,1	3,0
██████████	01.12.2014	8:50	2,9	0,0	8,0	3,1	3,1
██████████	09.12.2014	14:40	3,1	0,0	8,0	3,2	3,4
██████████	12.01.2015	8:35	4,6	0,0	8,0	2,8	3,2
██████████	21.01.2015	14:50	3,8	0,0	8,0	3,1	3,3
██████████	04.02.2015	8:10	4,5	0,0	8,1	3,7	3,8
██████████	18.02.2015	14:45	4,1	0,0	8,2	3,7	4,0
██████████	04.03.2015	8:40	3,4	0,0	8,1	3,4	3,5
██████████	18.03.2015	14:25	3,5	0,0	8,2	3,4	3,8
██████████	01.04.2015	9:35	4,9	0,1	7,9	2,4	2,4
██████████	15.04.2015	15:00	3,3	0,0	8,1	3,2	3,4
██████████	06.05.2015	9:45	2,5	0,0	8,0	3,1	3,2
██████████	20.05.2015	15:05	2,4	0,0	8,0	3,1	3,1
██████████	04.06.2015	10:00	2,3	0,0	7,9	3,0	2,9
██████████	16.06.2015	14:40	2,0	0,0	7,9	2,9	3,2
██████████	01.07.2015	8:45	1,9	0,0	7,8	2,7	2,7
██████████	15.07.2015	14:15	1,8	0,0	7,8	2,4	2,6

		05.08.2015	8:00	1,8	0,0	7,8	2,6	2,8
		19.08.2015	14:30	1,6	0,0	7,6	1,7	2,0
		02.09.2015	9:35	2,2	0,0	7,8	2,8	2,8
		16.09.2015	15:10	2,2	0,0	7,9	2,8	2,8
		01.10.2015	9:45	2,7	0,0	7,9	3,1	3,0
		21.10.2015	14:30	4,4	0,1	7,8	3,1	3,3
		04.11.2015	9:55	2,7	0,0	7,8	3,4	3,5
		18.11.2015	14:40	7,9	0,1	7,7	2,8	2,8
		01.12.2015	8:45	6,0	0,0	7,7	2,5	2,8
		10.12.2015	15:15	4,5	0,0	7,9	3,7	3,7
		13.01.2016	8:40	5,8	0,0	7,8	3,1	3,3
		21.01.2016	15:15	5,9	0,0	8,1	4,0	4,3
		04.02.2016	8:10	5,2	0,0	8,0	3,4	3,8
		25.02.2016	15:00	5,6	0,0	8,0	3,1	3,9
		07.03.2016	9:45	4,6	0,0	8,1	3,7	3,8
		17.03.2016	15:15	4,0	0,0	8,1	3,7	3,8
		06.04.2016	8:30	3,1	0,0	8,0	3,4	3,3
		20.04.2016	14:50	2,8	0,0	8,2	3,4	3,7
		03.05.2016	9:50	2,4	0,0	8,0	3,4	3,2
		18.05.2016	14:00	2,2	0,0	7,9	3,1	3,3
		08.06.2016	9:50	3,3	0,1	7,9	3,4	3,4
		22.06.2016	13:30	2,6	0,0	7,8	2,7	3,1
		06.07.2016	10:05	2,0	0,0	7,8	2,7	3,1
		20.07.2016	14:30	2,1	0,0	8,0	2,7	2,8
		03.08.2016	8:00	2,1	0,0	7,8	2,6	2,8
		17.08.2016	14:00	2,1	0,0	7,9	2,6	2,8
		07.09.2016	9:15	1,6	0,0	7,7	2,3	2,6
		21.09.2016	14:55	1,8	0,0	7,8	2,3	2,6
		05.10.2016	8:30	2,1	0,0	7,8	1,8	2,5
		25.10.2016	14:30	2,5	0,0	7,8	2,0	2,2
		16.11.2016	15:15	2,9	0,0	7,9	2,5	2,8
		17.11.2016	9:10	3,3	0,0	7,8	2,5	3,0
		01.12.2016	8:30	2,9	0,1	7,9	2,7	3,0
		13.12.2016	14:30	4,4	0,0	7,9	2,8	2,9
		11.01.2017	8:30	3,8	0,0	8,0	3,1	3,2
		24.01.2017	14:45	4,1	0,0	8,0	3,2	3,3
		08.02.2017	9:20	4,9	0,0	8,1	3,1	3,1
		21.02.2017	14:50	3,3	0,0	8,1	3,0	3,0
		01.03.2017	9:00	5,2	0,0	8,0	2,7	3,1
		15.03.2017	14:40	4,9	0,0	8,0	3,4	3,4
		06.04.2017	9:30	2,8	0,0	8,0	3,1	3,3
		03.05.2017	9:35	2,0	0,0	7,9	3,1	3,0
		17.05.2017	12:35	2,4	0,0	7,8	2,7	2,8
		07.06.2017	8:20	1,9	0,1	7,6	2,5	2,7
		21.06.2017	15:10	1,9	0,0	8,0	2,9	2,9

██████████	05.07.2017	8:20	2,3	0,1	7,6	2,6	2,9
██████████	19.07.2017	15:20	2,4	0,0	7,8	4,1	4,6
██████████	02.08.2017	8:20	2,3	0,1	7,7	2,8	3,1
██████████	16.08.2017	14:50	3,5	0,0	7,9	3,7	4,0
██████████	04.09.2017	9:35	2,8	0,0	7,9	3,2	3,7
██████████	20.09.2017	14:46	2,8	0,0	8,0	3,0	3,3
██████████	05.10.2017	8:00	2,9	0,0	7,9	3,1	3,8
██████████	18.10.2017	15:40	3,0	0,0	7,9	3,7	4,1
██████████	01.11.2017	9:20	3,0	0,0	7,8	2,8	3,2
██████████	15.11.2017	13:31	4,0	0,0	8,0	3,4	4,1
██████████	05.12.2017	9:35	4,9	0,0	7,9	3,1	3,7
██████████	11.12.2017	15:15	5,1	0,0	8,0	3,4	4,1
██████████	10.01.2018	9:45	5,4	0,0	7,9	3,0	3,6
██████████	24.01.2018	14:45	4,8	0,0	7,9	3,3	3,8
██████████	07.02.2018	9:55	4,0	0,0	8,0	3,3	3,7
██████████	21.02.2018	13:50	4,2	0,0	8,0	3,4	3,7
██████████	07.03.2018	9:40	4,1	0,0	8,2	3,7	3,9
██████████	21.03.2018	14:40	4,2	0,0	8,2	3,7	4,1
██████████	04.04.2018	9:40	4,2	0,0	8,2	3,7	3,9
██████████	18.04.2018	13:40	3,6	0,0	8,0	3,4	3,8
██████████	03.05.2018	9:40	3,0	0,0	8,1	3,7	3,9
██████████	16.05.2018	14:20	2,7	0,0	7,9	3,4	3,7
██████████	06.06.2018	9:50	2,4	0,0	7,9	3,2	3,3
██████████	20.06.2018	14:30	2,4	0,0	7,9	3,2	3,3
██████████	04.07.2018	9:15	2,1	0,0	7,9	3,1	3,2
██████████	18.07.2018	14:00	1,9	0,0	7,9	3,2	3,2
██████████	02.08.2018	0:00	1,2	0,0	0,0	2,8	2,6
██████████	15.08.2018	16:10	1,4	0,0	7,9	2,7	2,7
██████████	03.09.2018	8:30	1,7	0,0	7,7	2,8	2,8
██████████	18.09.2018	13:30	1,7	0,0	7,8	2,7	2,5
██████████	11.10.2018	0:00	2,3	0,0	0,0	2,9	2,8
██████████	23.10.2018	13:55	1,7	0,0	7,9	2,8	2,9
██████████	07.11.2018	8:30	2,1	0,0	7,8	2,8	2,9
██████████	12.12.2018	15:10	2,4	0,1	7,8	2,4	2,4
██████████	09.01.2019	8:15	3,8	0,1	7,8	2,0	1,8
██████████	23.01.2019	15:10	4,1	0,0	7,8	2,9	2,5
██████████	06.02.2019	8:45	4,7	0,1	7,9	3,1	2,7
██████████	27.02.2019	15:00	3,3	0,1	8,0	2,9	2,6
██████████	13.03.2019	9:50	6,6	0,1	7,9	2,8	2,3
██████████	26.03.2019	15:15	3,1	0,0	7,9	2,5	2,4
██████████	04.04.2019	9:10	3,1	0,0	7,9	2,8	2,6
██████████	16.04.2019	13:45	2,5	0,0	8,0	3,0	2,8
██████████	08.05.2019	9:45	2,0	0,1	7,9	2,9	2,9
██████████	21.05.2019	13:25	2,1	0,1	7,7	2,6	2,6
██████████	05.06.2019	9:10	1,8	0,1	7,8	2,7	2,8

██████████	17.06.2019	11:40	2,3	0,0	7,8	2,9	3,0
██████████	03.07.2019	7:30	1,6	0,0	7,9	3,1	3,1
██████████	24.07.2019	13:35	1,3	0,0	7,8	2,7	2,7
██████████	07.08.2019	8:35	1,5	0,1	7,6	1,9	2,0
██████████	29.08.2019	15:00	1,2	0,0	7,8	2,5	2,6
██████████	18.09.2019	14:55	1,5	0,0	7,9	2,7	2,8
██████████	23.09.2019	7:40	1,5	0,0	7,8	2,5	2,6
██████████	09.10.2019	9:10	1,8	0,1	7,8	2,1	2,1
██████████	23.10.2019	14:59	1,8	0,0	7,8	2,6	2,9
██████████	06.11.2019	8:45	2,0	0,1	7,8	2,6	2,8
██████████	03.12.2019	9:10	2,3	0,1	7,8	2,7	3,0
██████████	10.12.2019	13:25	2,3	0,0	8,0	2,7	2,9
██████████	08.01.2020		3,6	0,05	7,85	2,9	2,9
██████████	22.01.2020		2,9	0,03	7,95	3,1	3,2
██████████	05.02.2020		4,5	0,02	7,95	2,6	3,5
██████████	27.02.2020		5,6	0,03	7,85	2,9	2,9
██████████	04.03.2020		5,4	0,02		3,4	3,2
██████████	31.03.2020		3,1	0,02		3,4	3,4
██████████	08.04.2020		2,7	<0,02	8,05	3,4	3,4
██████████	23.04.2020		2,2	<0,02	8,10	3,2	3,2
██████████	27.05.2020		1,7	0,03	7,95	3,1	3,2
██████████	28.05.2020		1,7	0,03	7,90	3,0	3,2
██████████	04.06.2020		1,7	0,02	7,85	3,0	3,1
██████████	17.06.2020		2,5	0,07	7,75	2,5	2,6
██████████	16.07.2020		1,4	<0,02	7,85	2,6	2,7
██████████	29.07.2020		1,3	<0,02	7,80	2,4	2,5
██████████	13.08.2020		1,2	<0,020	8	2,5	2,6
██████████	25.08.2020		1,1	<0,020	8	2,4	2,5
██████████	15.09.2020		1,4	<0,020	7,69	2,4	2,5
██████████	29.09.2020		1,3	<0,020	7,65	2,2	2,3
██████████	15.10.2020		1,6	0,028	7,67	2,2	2,5
██████████	28.10.2020		1,8	0,026	7,56	2,1	2,3
██████████	04.11.2020		1,7	0,029	7,56	2,1	2,4
██████████	17.11.2020		2,0	<0,020	7,66	2,5	2,7
██████████	03.12.2020		2,2	0,046	7,73	2,4	2,8
██████████	13.01.2021		3,2	0,037	7,8	2,6	2,9
██████████	20.01.2021		3,3	0,033	7,84	2,8	3
██████████	03.02.2021		3,3	0,026	7,73	2,3	2,4
██████████	03.03.2021		4,22	0,027	7,83	3,1	3
██████████	17.03.2021		4,96	0,035	7,91	3	3,1
██████████	07.04.2021		2,75	0,022	7,96	3	3
██████████	21.04.2021		2,47	0,022	7,98	3,1	3,1
██████████	05.05.2021		2,17	0,021	7,9	2,9	3,1
██████████	19.05.2021		1,73	0,021	7,95	2,8	2,9
██████████	03.06.2021		1,82	0,022	7,78	2,6	2,9

	16.06.2021		1,66	0,02	7,76	2,4	2,6
	01.07.2021		1,12	0,026	7,62	1,9	2,3
	21.07.2021		1,53	0,02	7,72	2,6	2,8
	04.08.2021		1,74	0,021	7,59	2,5	2,8
	18.08.2021		1,58	0,02	7,68	2,3	2,6
	09.09.2021		2,53	0,02	7,72	2,1	2,3
	27.09.2021		1,97	0,039	7,63	2,4	2,7
	06.10.2021		1,86	0,037	7,68	2,4	2,7
	20.10.2021		2,18	0,027	7,74	2,4	2,7
	03.11.2021		1,78	0,058	7,44	2,7	3,1
	20.01.2022		3,42	0,0330	7,89	3,1	3,1
	17.02.2022		4,49	0,0330	7,69	3,0	2,9
	22.02.2022		7,26	0,0200	7,65	2,6	2,6
	23.03.2022		3,28	0,0250	7,93	3,4	3,3
	30.03.2022		2,69	0,0250	7,97	3,4	3,2
	20.04.2022		2,63	0,02	7,96	3,0	2,7
	04.05.2022		2,15	0,02	7,82	3,1	2,9
	08.06.2022		1,62	0,0210	7,88	2,5	2,5
	29.06.2022		1,59	0,0280	7,82	2,7	2,7
	07.07.2022		1,39	0,0270	7,77	2,6	2,5
	21.07.2022		1,62	0,02	7,83	2,5	2,5
	18.08.2022		1,19	0,0470	7,63	1,8	2,0
	24.08.2022		1,36	0,02	7,92	2,3	2,3
	07.09.2022		1,49	0,02	7,56	2,0	2,0
	22.11.2022		1,77	0,0200	8,27	2,5	2,6
	14.12.2022		2,44	0,0520	8,44	2,8	2,7

## 9. Selbstständigkeitserklärung



Versicherung der selbstständigen Erarbeitung der vorliegenden Facharbeit.

Hiermit versichere ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sowie Artikel aus Zeitungen und Zeitschriften sind der Lehrerin, dem Lehrer zur Verfügung gestellt worden.

-----, den 08.10.2023

Unterschrift: \_\_\_\_\_

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

## 10. Erklärung zur Veröffentlichung



Veröffentlichungseinverständnis für die Facharbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

-----, den 08.10.2023

Unterschrift: \_\_\_\_\_

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

## 11. Danksagung

Vielen Dank möchte ich der Betriebsstelle Süd des NLWKNs für die Bereitstellung der umfassenden Datenlage aussprechen. Des Weiteren möchte ich mich für die freundliche Unterstützung bei Carla Altmayer, Friederike Lorenz und Lisa Janot bedanken.