Institut für Zoologie der Karl-Franzens-Universität Graz

Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Steven Weiss

Veränderungen der chemisch-physikalischen Parameter der Oberen Drau (1981-2017) und deren mögliche Auswirkungen auf den Rückgang der Fischbestände

Diplomarbeit zur Erlangung des Bachelorgrades an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl-Franzens-Universität Graz

Studie im Auftrag des Amts der Kärntner Landesregierung,

Abteilung 8 – Umwelt, Energie und Naturschutz

Vorgelegt von Viktoria Krug

Graz, 31. Oktober 2018

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Professor Dr. Steven Weiss bedanken, welcher mich mit reichlich Humor und einer stets positiven und motivierenden Einstellung ans Ziel begleitet hat. Vielen Dank für die Geduld und das Vertrauen sowie für Ihre wertvolle Arbeit in der Gewässerökologie. Man wird sich noch lange an Sie erinnern.

Ein großes Dankeschön für die professionelle und zugleich ausgesprochen humorvolle Betreuung gilt Mag. Thomas Friedl, welcher mir mit seiner Gelassenheit und seinem Fachwissen stets zur Seite stand. Es hat Spaß gemacht, von dir zu lernen. Danke für deine Echtheit Thomas.

Ein weiteres Dankeschön gilt Mag. Markus Reichmann, ohne den die Datenaufbereitung gar nicht erst möglich gewesen wäre. Danke für deine Geduld, für die zahlreichen Erklärungen und Tabellen, und für die tollen Erfahrungen beim Befischen. Vor allem aber danke für dein riesen Herz, du bist ein toller Mensch!

Vielen Dank auch an Mag. Dr. Martin Konar, der für alles eine Lösung kannte und der jederzeit ein offenes Ohr für Fragen fand. Danke für dein Wissen und für deinen Humor. Das Pfeifen werde ich aber nicht vermissen.

Mein herzlicher Dank gilt auch Mag. Dr. Michael Herrmann, welcher durch seine Erfahrung und seine Gedankenanstöße einen wesentlichen Teil zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen hat. Vielen Dank für die Geduld und das Wissen.

Ein weiteres grazie mille geht an MSc Michael Schönhuber, welcher mich mit seinen zahlreichen Geschichten stets bei guter Laune hielt. Du warst nicht nur am 23.07. mein Held des Tages. Danke für die lustige Zeit und für deine Hilfe beim Verfassen dieser Arbeit. Und vielen Dank für die Blumen!

Danke auch an Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Günther Unfer für die Bereitstellung und Aufarbeitung der Fischbestandsdaten sowie für die bedeutungsvolle Arbeit in der Hydrobiologie und der Fischerei.

Vielen Dank auch an das Amt der Kärntner Landesregierung für die Möglichkeit des Praktikums sowie an Mag. Wieser Gabriele und das gesamte Team der Kärntner Seenforschung. Ich habe mich von Anfang an bei euch wohl gefühlt und gelernt, wie schön die Arbeit sein kann, wenn man als Team und als Freunde zusammenhält. Danke für diese wertvolle Lektion.

Un millón de gracias al novio más bello del mundo - Vet. Baltasar Rodríguez Espinosa. Gracias por tu paciencia, tu presencia, tus palabras y tu cabeza, y sobre todo por tu amor.

Natürlich danke ich auch meiner Familie und meinen Freunden, welche mich stets unterstützt und begleitet haben. Danke dass ihr an mich glaubt und mich ermutigt, meinem Herzen zu folgen und meinen Weg zu gehen. Ich bin glücklich, so wunderbare Menschen um mich zu haben. Danke Mamalitschka, danke Daddy Cool, danke Tinsche. Danke an alle meine wilden, inspirierenden und phänomenalen Freunde.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG 5

2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS 7

2.1 FLUSSCHARAKTERISIERUNG 7
2.2 KLÄRANLAGEN 7
2.3 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER 8
2.4 BENTHOS 8
2.5 FISCHFAUNA 9

3. METHODE 10

3.1 KLÄRANLAGEN 10
3.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER 10
3.3 BENTHOS 10
3.4. FISCHBESTÄNDE 11

4. ERGEBNISSE 12

4.1 KLÄRANLAGEN 12
4.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER 13
4.2.1 VERÄNDERUNGEN AN DEN EINZELNEN MESSSTELLEN 13
4.2.2 VERÄNDERUNGEN IM LÄNGSVERLAUF DER DRAU 17
4.2.3 BEURTEILUNG DER GRENZWERTE LAUT QUALITÄTSZIELVERORDNUNG 19
4.3 BENTHOS 23
4.4 FISCHBESTANDSENTWICKLUNG 25

5. DISKUSSION 26

5.1 KLÄRANLAGEN 26
5.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER 28
5.2.1 VERÄNDERUNGEN AN DEN EINZELNEN MESSSTELLEN 28
5.2.2 VERÄNDERUNGEN IM LÄNGSVERLAUF DER DRAU 29
5.1.3 BEURTEILUNG DER GRENZWERTE LAUT QUALITÄTSZIELVERORDNUNG 30
5.3 BENTHOS 30
5.4 FISCHBESTANDSENTWICKLUNG 31

6. ZUSAMMENFASSUNG 33

7. LITERATURVERZEICHNIS 34

8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS 35

9. ANHANG 37

9.1 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER **37**
9.1.1 VERÄNDERUNGEN AN DEN EINZELNEN MESSSTELLEN 37
9.1.2 VERÄNDERUNGEN IM LÄNGSVERLAUF DER DRAU 41
9.1.3 BEURTEILUNG DER GRENZWERTE LAUT QUALITÄTSZIELVERORDNUNG 42

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Drau zählt als größter Fluss Kärntens sowie als längster rechtsufriger Zubringer der Donau zu einem der wichtigsten Lebensräume der österreichischen Fischfauna. Artenreichtum, gut strukturierte Populationen und hohe Individuenzahlen der heimischen Fische sind entscheidende Einflussfaktoren für ein intaktes Ökosystem. Der Erhalt der Fischbestände sowie deren Lebensraums an der Oberen Drau sind deshalb von extremer Bedeutung. Nicht nur Ökologen, sondern auch Personen aus der Wirtschaft und der Politik sind sich diesbezüglich einig und versuchen österreichweit die negativen Einflüsse auf die heimischen Fließgewässer zu minimieren.

Alte Landschaftsaufnahmen zeigen die Drau als einen stark verzweigten Fluss, welcher mit Nebenarmen, Schotterinseln, Ruhigwasserzonen und vielen weiteren Habitattypen einen abwechslungsreichen und idealen Lebensraum für die verschiedensten Fischarten darstellte. Der heutige stark verbaute, geradläufige und monotone Zustand der Oberen Drau ist infolge der umfangreichen Eingriffe durch den Menschen nicht mehr mit dessen historischem Zustand zu vergleichen (Uiblein et al. 2002, Unfer 2004).

Der Verlust von Lebensräumen durch flussbauliche Veränderungen wie Kraftwerke, Speicher, Landgewinnung und Hochwasserschutz sowie Raubdruck durch Vögel und Fischotter, interspezifische Konkurrenz und Veränderungen in der Wasserchemie sind nur einige der Einflussfaktoren, welche auf direktem oder indirektem Weg den Lebensraum Obere Drau gefährden (Uiblein et al. 2002). Die komplexen Zusammenhänge dieser Komponenten sowie fehlende Langzeitstudien erschweren die Ursachenfindung für den Bestandsrückgang der heimischen Fischarten erheblich und Wissenschaftler wie auch Fischereiberechtigte stehen diesbezüglich vor einer schwierigen Aufgabe.

Trotz strenger Kontrollen und Revitalisierungsmaßnahmen zum Schutz der Fischbestände zeigt sich in vielen österreichischen Gewässern die gleiche Tendenz: Ein Rückgang mit eschreckend niedrigen Gesamtbeständen.

Um weitere Verschlechterungen des ökologischen Zustandes und den daraus resultierenden Rückgang der Fischbestände zu verhindern, wird der Gewässerzustand seit dem Jahr 2000 auf Basis einer EU-weit einheitlichen Wasserrahmenrichtlinien kontrolliert und bewertet (Richtlinie 2000/60/EG, 2000).

Für die Bewertung werden die chemischen, biologischen und hydromorphologischen Qualitätselemente des Gewässers zusammengeführt und auf Abweichungen vom zu erwartenden Referenzzustand überprüft. Als biologische Qualitätselemente werden bei Fließgewässern die Entwicklung und Artenzusammensetzung von Makrozoobenthos, Phytobenthos und Fischen sowie die chemisch-physikalische Qualitätselemente herangezogen. Vorgabe sowie Ziel ist es, einen „sehr guten“ oder „guten“ ökologischen sowie chemischen Zustand für Oberflächengewässer zu erreichen (QZV Ökologie OG, 2009).

Um diesen Richtlinien gerecht zu werden, erfolgten an der Oberen Drau im Jahr 2000 großräumige Revitalisierungsarbeiten im Rahmen des LIFE-Projekts. Zudem wurden in den Jahren 2007 bis 2009 drei Kläranlagen in Betrieb genommen, welche zur Verringerung der chemischen Belastung der Drau, deren Zubringer und des Grundwassers dienen sollten.

Laut Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus ergab sich für die Obere Drau bei der letzten Beprobung des ökologischen Zustandes im Jahres 2015 ein „guter Gesamtzustand“ (BMNT, 2018). Die Fischbestände verringern sich aber weiterhin (Unfer, 2018).

Die in der vorliegenden Arbeit bearbeiteten Daten wurden für Routine- sowie Zustands Beprobungen erhoben, jedoch nur teilweise für Auswertungen herangezogen. Ziel dieser Arbeit ist es, die für den ökologischen Zustand wichtigen chemisch-physikalischen Qualitätselemente auf deren Veränderungen seit dem Jahr 1981 zu untersuchen und diese mit dem Rückgang der Fischbestände an der Oberen Drau in Verbindung zu bringen. Zudem werden die benthischen Lebensgemeinschaften als Indikatoren für organische Verschmutzungen herangezogen und die Ablauffrachten der Kläranlagen in Irschen, Dellach und Steinfeld auf deren Nährstoffeintrag und Einfluss untersucht.

2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS

2.1 FLUSSCHARAKTERISIERUNG

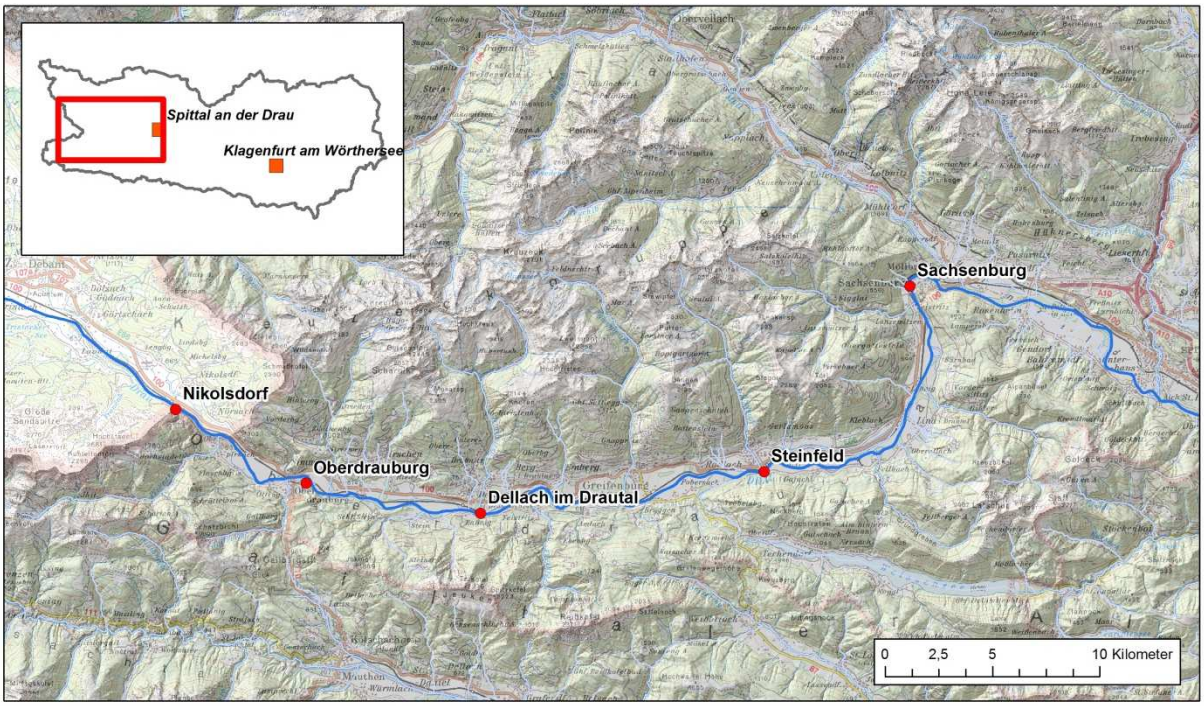

Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets an der Oberen Drau zwischen Nikolsdorf und Sachsenburg

Die Drau zählt mit ihrer Länge von 748km und einem Einzugsgebiet von ca. 41.000km^2 zu einem der wichtigsten Zubringer der Donau. Entspringend in Italien durchfließt sie zuerst Osttirol, bevor sie ihren 209km langen Weg durch das Bundesland Kärnten antritt (Polzer 1980). Durch die von Moog et al. erstellte Gliederung der Naturräume Österreichs im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinien zählt die Obere Drau zum Gewässertyp der „großen Alpinen Flüsse“ und zur Bioregion der „unvergletscherten Zentralalpen“ (Moog et al. 2002).

Das Untersuchungsgebiet an der Oberen Drau zwischen Nikolsdorf und Sachsenburg (Abbildung 1) umfasst eine Länge von rund 40km und ein Einzugsgebiet von 9.420km^2. Dabei erreicht der Fluss eine Seehöhe von 347m bis 626m (Polzer, 1980). Das Abflussregime der Oberen Drau charakterisiert sich als Nivo-Glazial, mit Schnee- und Gletscherschmelzen als Steuerungsmechanismen des Abflussgeschehens sowie Abflussmaxima im Juni (Mader et al 1996).

Die mittlere jährliche Abflussmenge der Drau beträgt laut Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 12 für Wasserwirtschaft, Unterabteilung Hydrographie, in Nikolsdorf 54,93m^3/s, in Berg 63,12m^3/s und in Kleblach 64,36m^3/s.

2.2 KLÄRANLAGEN

Im Abschnitt zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg wurden drei Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von insgesamt 26.050 EW_{60} für die Reinigung des dort anfallenden Abwassers errichtet (BMLFUW, 2016). Der Einwohnerwert (EW) dient hierbei als Referenzwert für die in Abwässern enthaltene Schmutzfracht und drückt die Belastung einer Kläranlage aus. Dieser Wert errechnet sich aus der Summe der Einwohnerzahl (=Personen, die tatsächlich an die

Kläranlage angeschlossen sind) und des Einwohnergleichwerts (=Referenzwert der Schmutzfracht pro Person) und entspricht in Österreich einem Trinkwasserverbrauch von 135 Litern (ohne Einbeziehung von Industrien) (BMLFUW, 2012) und einer darin enthaltenen Fracht von 60g BSB_5 pro Person und Tag (BMNT, 2015).

Die Kläranlage Irschen bereinigt mit einer Ausbaugröße von 4.950EW_{60} seit Inbetriebnahme 2004 die kommunalen Abwässer der Gemeinden Irschen und Oberdrauburg. In Dellach verarbeitet die 7.800 EW_{60} große Reinigungsanlage seit 2008 die Schmutzfracht der Gemeinden Dellach und Berg. Die Kläranlage Steinfeld säubert mit ihrer Ausbaugröße von 13.300 EW_{60} das anfallende Abwasser der Gemeinden Steinfeld, Weißensee und Greifenburg und wurde 2008 errichtet.

In allen drei Kläranlagen wird das Abwasser nach mechanischer Grobreinigung von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor gereinigt und mit gesetzlich erlaubten Ablaufwerten in die Drau eingeleitet (Wartungsverband Abwasserentsorgung Oberes Drautal-Weissensee, 2018).

Vor dem Überschreiten der Landesgrenze nach Kärnten durchquert die Drau Osttirol. Dort wird sie durch drei Kläranlagen sowie durch den Zubringerfluss Isel mit insgesamt 117.000 EW60 vorbelastet. Die bedeutendste Kläranlage befindet sich in Dölsach und reinigt unter anderem die Schmutzfracht der Stadt Lienz, was sich auf 56.800 EW60 beläuft. Die erste Ausbaustufe dieser Kläranlage wurde 1984 errichtet und auf 25.000 EW60 ausgelegt. Im Jahr 2002 erfolgte die zweite Ausbaustufe auf 56.800 EW60 (Amt der Tiroler Landesregierung, 2003).

Vor Inbetriebnahme der ersten Kläranlage im Jahr 2004 behandelte jeder Haushalt an der oberen Drau sein Abwasser nach eigenem Ermessen. Das Abwasser wurde meist direkt mit Kanälen in die Drau eingeleitet oder mit Klär- oder Sickergruben vorgereinigt.

2.3 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER

Sämtliche Lebensvorgänge wie Stoffwechselwege, Nahrungserwerb, Wachstum und Reproduktion der aquatischen Lebewesen hängen von der Zusammensetzung der Biozönose des Gewässers, insbesondere von den chemisch-physikalischen Parametern, ab. Kommt es zu starken natürlichen oder anthropogenen Veränderungen eines dieser Parameter, so kippt der Stoffkreislauf und die erfolgreiche Selbstreinigung sowie die guten Lebensbedingungen eines Gewässers können nicht aufrechterhalten werden (Hütter, 1994).

Um solches zu verhindern werden auf Basis verschiedenster EU-weit einheitlicher Qualitätszielverordnungen Grenzwerte für chemisch-physikalische Parameter festgelegt und die Zustände der Gewässer in regelmäßigen Abständen kontrolliert und bewertet. Dafür werden vor allem die Parameter Temperatur, biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5), gelöster Kohlenstoff (DOC), Sauerstoffsättigung (O_2%), pH-Wert, Orthophosphat (PO_4-P), Ammonium Stickstoff (NH_4-N) und Nitrat (NO_3-N) herangezogen (QZV Ökologie OG, 2009).

Die chemisch-physikalischen Parameter der Drau werden laut Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus im Jahr 2015 mit einem „guten Zustand“ eingestuft (BMNT, 2018).

2.4 BENTHOS

Die Bewohner eines Gewässerbodens werden als „Benthos“ bezeichnet, wobei der Begriff „Makrozoobenthos“ die dort zu findenden, mit bloßem Auge erkennbaren tierischen Organismen und der Begriff „Phytobenthos“ die Aufwuchsalgen definiert.

Die Zusammensetzung des vorhandenen Benthos hängt stark von den chemisch-physikalischen Parametern des Gewässers ab und kann deshalb sehr gut als Indikator für verschiedenste Stressoren herangezogen werden (Konar, 2004). Abweichungen von den gewässertypischen saprobiellen Grundzuständen (Referenzzuständen) könnten demnach auf Veränderungen der chemisch-physikalischen Parameter zurückgeführt werden.

Durch die geografischen Charakteristika ergibt sich für die Obere Drau zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg ein biologisches Leitbild mit einem saprobiellen Grundzustand von 1,75 bei Makrozoobenthos sowie 1,72 bei Phytobenthos. Der trophische Grundzustand wird als oligo-mesotroph eingestuft (Moog et al. 2000, Wimmer 2007).

2.5 FISCHFAUNA

Im Untersuchungsgebiet zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg lässt sich die Drau als „hyporhithral groß“ einstufen welches durch die Leitarten Äsche, Bachforelle, Huchen, Nase und Strömer in einem adaptierten Leitbild charakterisiert ist. Auch Neunauge, Aalrutte, Elritze, Schmerle, Koppe und Aitel sind in diesem Gebiet heimisch (Unfer et al 2004).

Der Verlust von Lebensräumen durch flussbauliche Veränderungen wie Kraftwerke, Landgewinnung und Hochwasserschutz sowie Raubdruck durch Vögel und Fischotter, interspezifische Konkurrenz und Veränderungen in der Wasserchemie (Uiblein et al. 2002) gefährden die aktuellen Fischbestände der Oberen Drau und viele der erwähnten Arten können nur noch in geringen Stückzahlen oder garnichtmehr nachgewiesen werden (Unfer et al. 2011).

3. METHODE

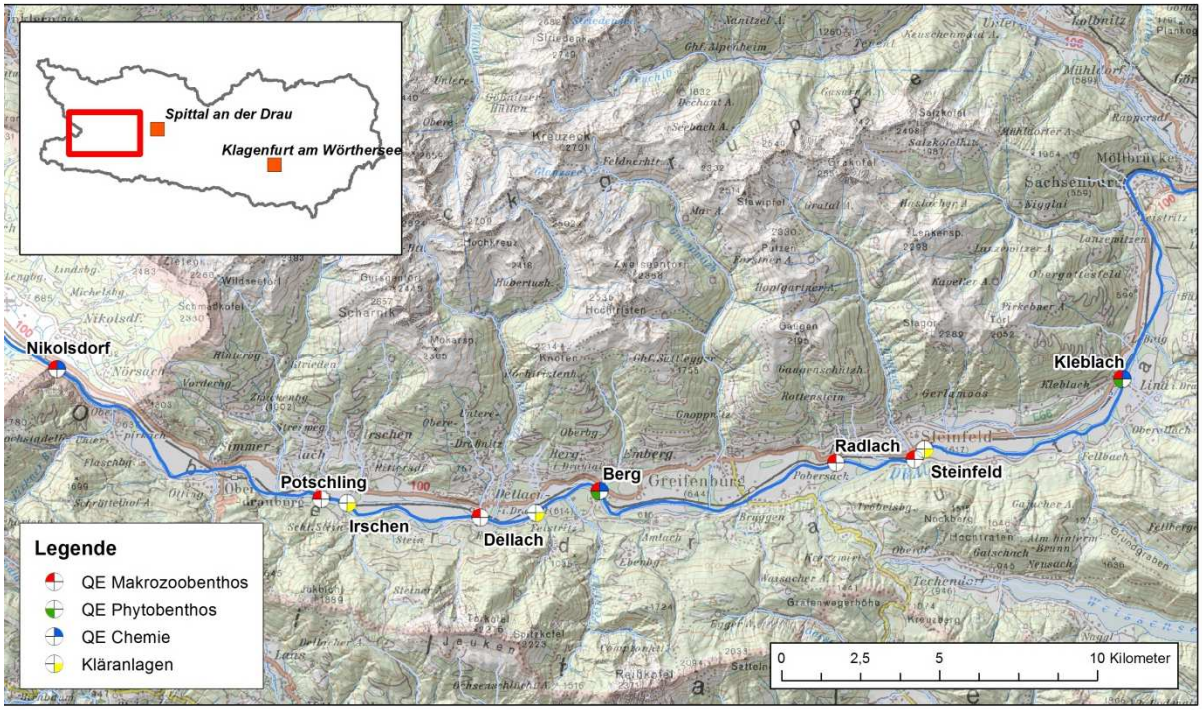

Abbildung 2: Lage der Probestellen an der Oberen Drau

3.1 KLÄRANLAGEN

Für die Datenanalyse der Ablauffrachten der Kläranlagen Irschen, Dellach und Steinfeld (Abbildung 2) wurden die Betriebsprotokolle der jeweiligen Kläranlagen herangezogen, welche von der Abteilung 8, Umwelt, Energie und Naturschutz des Amts der Kärntner Landesregierung zur Verfügung gestellt wurden. Die Aufzeichnungen aus Irschen beginnen im Jahr 2008, jene aus Dellach im Jahr 2008 und jene aus Steinfeld im Jahr 2009.

3.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER

Die für die vorliegende Arbeit verwendeten chemisch-physikalischen Daten wurden im Umweltlabor des Amtes der Kärntner Landesregierung entsprechend der zum beprobten Zeitpunkt aktuell gültigen Normen analysiert. Die einzelnen Probestellen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Für den Vergleich der chemisch-physikalischen Messwerte mit den Grenzwerten für Fließgewässer laut Qualitätszielverordnung (QZV Ökologie OG, 2009) wurden der Mittelwert herangezogen, da nicht in allen Jahren genügend Datensätze für eine 90ste Perzentil Berechnung zur Verfügung standen.

3.3 BENTHOS

Die Makrozoo- und Phytobenthos Beprobungen fanden im Zeitraum von 1994 bis 2017 zwischen den Abschnitten Nikolsdorf und Kleblach statt und wurden vom Kärntner Institut für Seenforschung durchgeführt (Abbildung 2).

Makrozoobenthos

Für Makrozoobenthos Probenahmen vor dem Jahr 2005 wurde für die quantitative Datenerhebung der Hess- Sampler und für die qualitative Datenerhebung das Kicksampling benutzt. Ab dem Jahr 2005 wurden die Probenahmen entsprechend „Multi-Habitat-Sampling (Moog, 2004) durchgeführt, dessen Grundzüge eine standardisierte, flächenanteilig gewichtete Besammlung aller repräsentativen Habitate einer Untersuchungsstelle umfasst (BMLFUM, 2015).

Zur Errechnung der saprobiellen Zustände wurden vor dem Jahr 2005 die eigenen Einstufungen der Unterabteilung 15 des Land Kärntens herangezogen. Ab 2005 wurde nach dem vereinheitlichten Einstufungssystem der Fauna Aquatica Austriaca gearbeitet (Moog, 2002). Die Saprobienindices wurden nach Zelinka und Marvan errechnet (Zelinka & Marvan, 1961).

Phytobenthos

Bei den Phytobenthosproben handelt es sich um vor Ort- sowie mikroskopische Bestimmungen der gefundenen Arten. Dabei wird jeder Art individuell eingestuft und in die Indexberechnung nach ROTT et al. (1997) miteinbezogen.

3.4. FISCHBESTÄNDE

Die Aufnahmen der Gesamtfischbestände der Oberen Drau zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg fanden im Jahr 1998, 2002, 2006, 2010 und 2017 statt (Abbildung 1). Die Erhebungen fanden gemäß dem Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente statt und wurden von der Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Dabei wurden Streifenbefischungen durchgeführt, welche lebensraumbezogen erhoben wurden um die jeweiligen Habitattypen und deren Bestandsunterschiede zu berücksichtigen (Unfer et al. 2004 & 2011). Bei den Streifenbefischungen werden Gleichstromaggregate mit Spannungen um 300V bis 600 V verwendet und mittels eigen konzipierten Elektrofangbooten befischt. Die vom Strom betäubten Fische werden gekeschert, bestimmt, vermessen und dann wieder zurückgesetzt.

Für jeden Habitattyp kann aus den einzelnen Streifen ein Bestandsmittelwert, gewichtet nach der Streifenlänge, berechnet werden. Der Gesamtbestand errechnet sich anschließend als Mittel von durchschnittlichen Habitatbestandswerten, jeweils gewichtet nach deren entsprechenden Repräsentativität. Biomassen werden für die Hauptfischarten Äsche, Bachforelle und Regenbogenforelle und bezogen auf die unterschiedlichen Mesohabitateinheiten berechnet und auf 1 Hektar Wasserfläche bezogen angegeben (Unfer et al 2004 & 2011).

4. ERGEBNISSE

4.1 KLÄRANLAGEN

Um zu verstehen, wie groß die in die Obere Drau eingeleiteten Ablauffrachten der Kläranlagen Irschen, Dellach und Steinfeld sowie deren Einfluss auf die Gesamtfracht der Drau ist, wurden die Betriebsprotokolle der jeweiligen Kläranlagen herangezogen.

Die Kläranlage Irschen (4.950EW$_{60}$) leitet jährlich Ablauffrachten unter 1.100kg in die Drau ein (Abbildung 3). Der Wert für BSB$_5$ liegt zwischen 480kg und 1.100kg. Der Höchstwert mit rund 1.100kg im Jahr 2013 hebt sich deutlich von den sonst niedrigeren Werten ab. Die Nitrat Werte (NO_3-N) zeigen ein sprunghaftes Verhalten und belaufen sich zwischen 290kg (2008) und 950kg (2009). Phosphor Gehalte bleiben bis auf das Jahr 2014 immer unter 270kg.

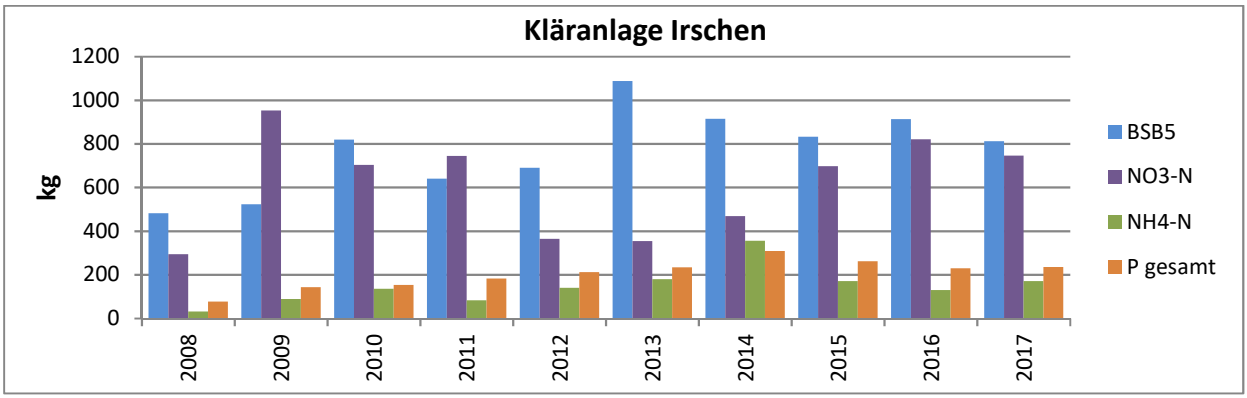

Abbildung 3: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Irschen in kg

Die Kläranlage Dellach hat eine Ausbaugröße von 7.800 EW$_{60}$. Die Ablauffrachten belaufen sich bis auf das Jahr 2009 immer auf unter 1300kg (Abbildung 4). 2009 kann für alle Parameter eine auffällige Erhöhung der Ablauffrachten festgestellt werden, mit einem Höchstwert von rund 1.300kg für BSB$_5$. Die Werte für Nitrat (NO_3-N) zeigen mit einem Maximum von rund 1.800kg im Jahr 2009 und einem Minimum von 140kg im Jahr 2014 ein sehr sprunghaftes Verhalten. Der Parameter Phosphor verläuft über alle Jahre hinweg relativ konstant.

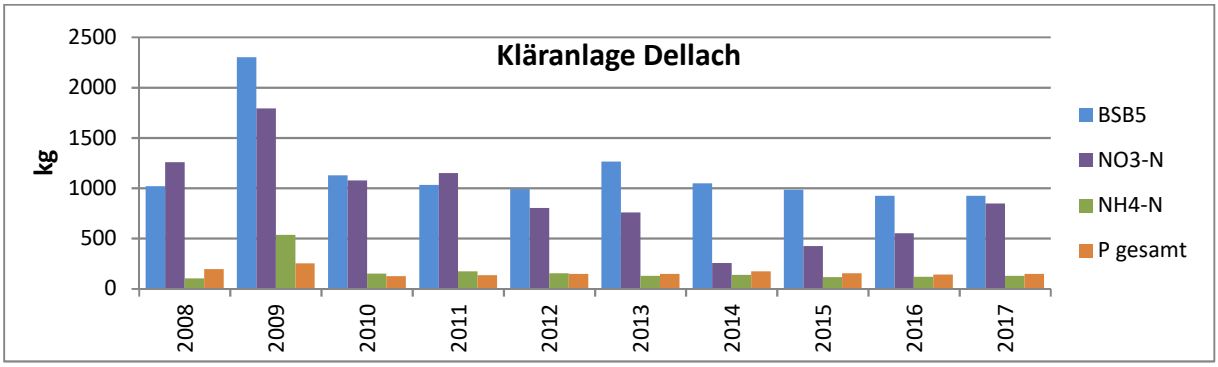

Abbildung 4: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Dellach in kg

Die Kläranlage Steinfeld ist mit 13.300 EW$_{60}$ die größte der drei Kläranlagen an der Oberen Drau (Abbildung 5). Die jährlichen BSB$_5$ Frachten verlaufen relativ konstant auf durchschnittlich 1700kg. Wie auch bei den anderen zwei Kläranlagen zeigt das Nitrat (NO_3-N) wechselhafte Ablaufwerte, mit Höchstwerten von 3.250kg im Jahr 2009 und Tiefstwerten von 720kg im Jahr 2014. Der Phosphorgehalt bleibt konstant unter 450kg.

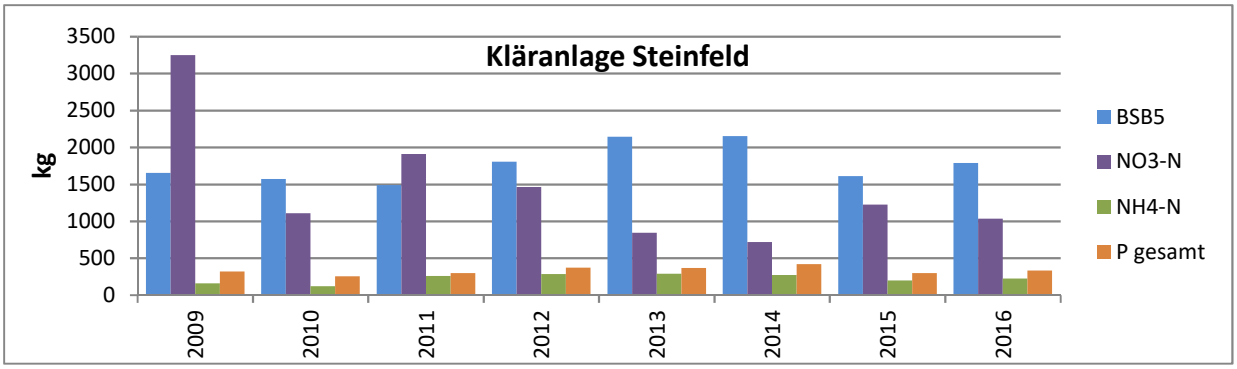

Abbildung 5: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Steinfeld in kg

Summiert man die jährlichen Ablaufwerte der Kläranlagen Irschen, Dellach und Steinfeld, so errechnen sich die in Tabelle 1 ersichtlichen Gesamtablauffrachten pro Jahr. Diese ergeben zusammengefasst Werten zwischen 135kg für den Parameter Ammonium (NH_4-N), welcher den niedrigsten Wert darstellt, bis hin zu Höchstwerten von rund 6.000kg für den Parameter Nitrat (NO_3-N, 2009). Grundsätzlich befinden sich die Ablauffrachten in Mengenbereichen von etwa 500kg bis 3.500kg.

	BSB_5	***NH_4-N***	***NO_3-N***	***P gesamt***
2008	1502	135	1552	272
2009	4478	785	5995	711
2010	3515	406	2888	537
2011	3160	516	3804	615
2012	3484	577	2629	730
2013	4492	597	1958	746
2014	4118	764	1443	899
2015	3428	485	2343	712
2016	3626	473	2408	703
2017	1735	299	1592	384

Tabelle 1: Gesamtablauffrachten der Kläranlagen Irschen, Dellach und Steinfeld in Kilogramm

4.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER

4.2.1 Veränderungen an den einzelnen Messstellen

Um die Frage zu beantworten, wie sich die chemisch-physikalischen Parameter zwischen 1981 und 2017 an den Messstellen Nikolsdorf, Berg und Kleblach verändert haben, wurden die Auswertungen des Umweltlabors des Amtes der Kärntner Landesregierung herangezogen.

Im Detail behandelt werden die Parameter Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5), Orthophosphat (PO_4-P) und Ammonium Stickstoff (NH_4-N). Die Grafiken der Parameter Wassertemperatur, Nitrat (NO_3-N), Phosphor gesamt, totaler gelöster Kohlenstoff (TOC), Sauerstoffsättigung (O_2%), pH-Wert, Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) können im Anhang nachgeschlagen werden.

An den Terminen mit überdurchschnittlich hohen, stark von der Trendlinie abweichenden Messwerten lassen sich an allen drei Messstellen stark verringerte Abflussmenge zwischen 10m³/s bis 20m³/s nachweisen. Dies betrifft vor allem die Jahre 1996 und 1997.

Nikolsdorf

Wie man anhand der Abbildung 6 erkennen kann, lässt sich für die BSB_5 Konzentration der Oberen Drau an der Messstelle Nikolsdorf eine sinkende Tendenz feststellen. Ergaben sich 1981 bis 1999 noch vermehrt Werte zwischen 2 – 4mg/l, so sanken diese ab dem Jahr 2000 auf durchschnittlich 0,5mg/l ab. Der Wert vom 03.02.1997 fällt mit rund 9,20mg/l als deutlich isoliert auf.

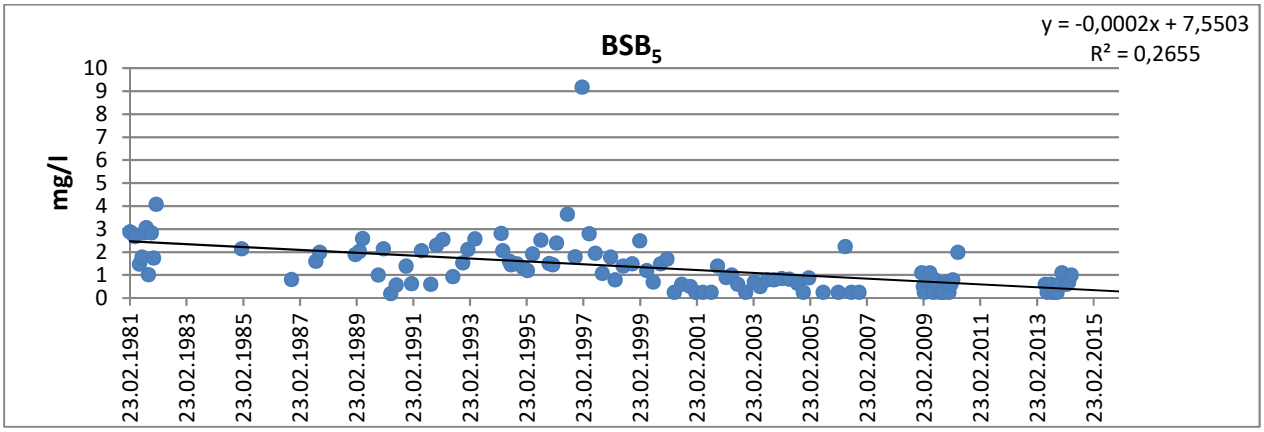

Abbildung 6: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m³/s

Die Ergebnisse aus Abbildung 7 zeigen zwischen den Jahren 1981 und 2015 für den Parameter Orthophosphat (PO_4-P) eine leichte Senkung von Werten um die 0,04mg/l vor dem Jahr 1999 auf Werte unter 0,01mg/l danach. Äußerst erhöht konnte mit 0,13mg/l der Messwert am 05.02.1998 nachgewiesen werden.

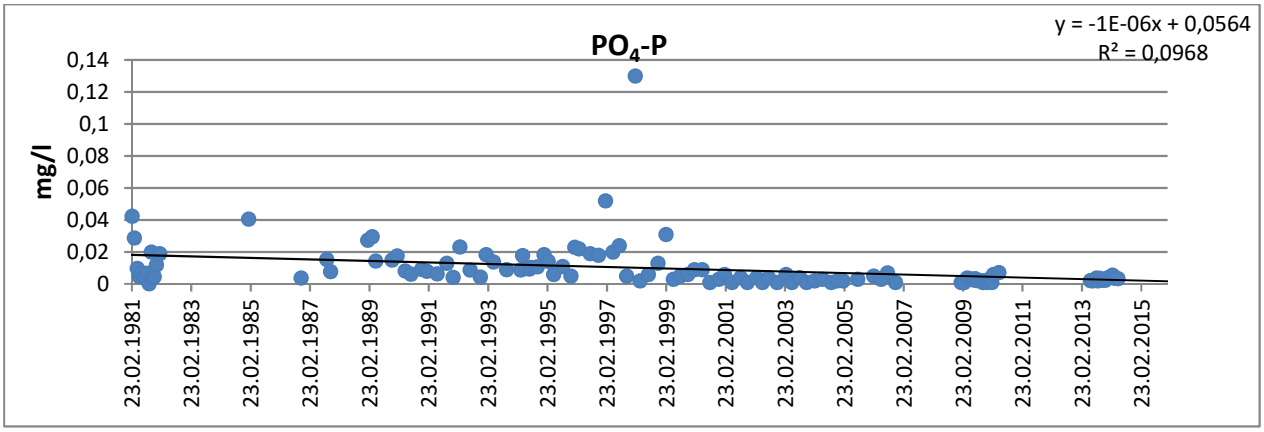

Abbildung 7: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m³/s

Trotz einiger erhöhter Werte um die 0,3mg/l zwischen den Jahren 1989 und 1999 lässt sich laut Abbildung 8 eine sinkende Konzentration an Ammonium Stickstoff (NH_4-N) feststellen. Der höchste gemessene Wert konnte mit 0,6mg/l am 5.2.1998 nachgewiesen werden. An den Terminen mit überdurchschnittlich hohen Messwerten lässt sich eine stark verringerte

Abflussmenge von 13m³/s bis 20m³/s nachweisen. Ab dem Jahr 2001 kommt es nur mehr zu Werten unter 0,1mg/l.

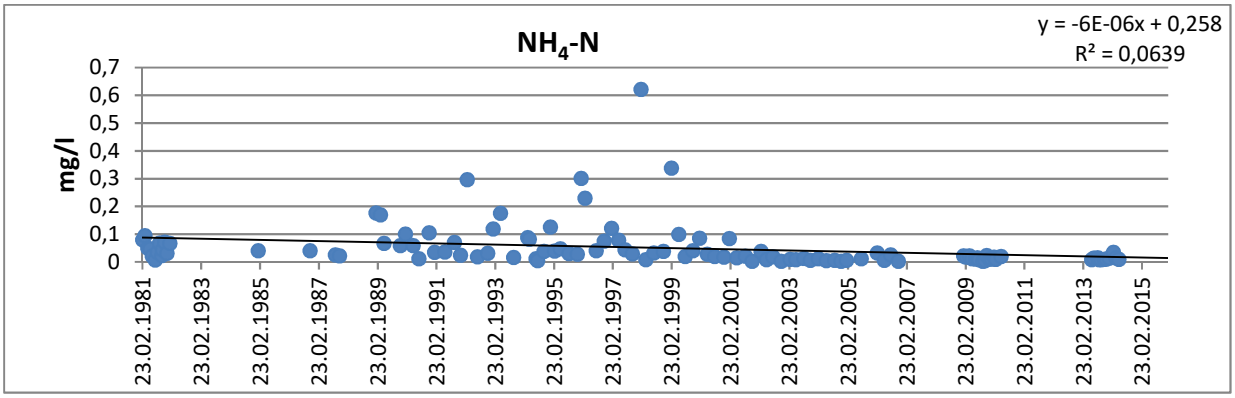

Abbildung 8: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s

Berg:

Abbildung 9 zeigt, dass die BSB_5 Konzentration der Oberen Drau an der Messstelle Berg eine leicht sinkende Tendenz vorweist. Nach einigen erhöhten Werten zwischen den Jahren 1993 und 1998 nimmt die Konzentration um das Jahr 2000 herum ab. Auffällig ist der stark erhöhte Wert am 3.2.1997, welcher mit rund 8mg/l den Maximalwert aller BSB_5 Beprobungen in Berg darstellt.

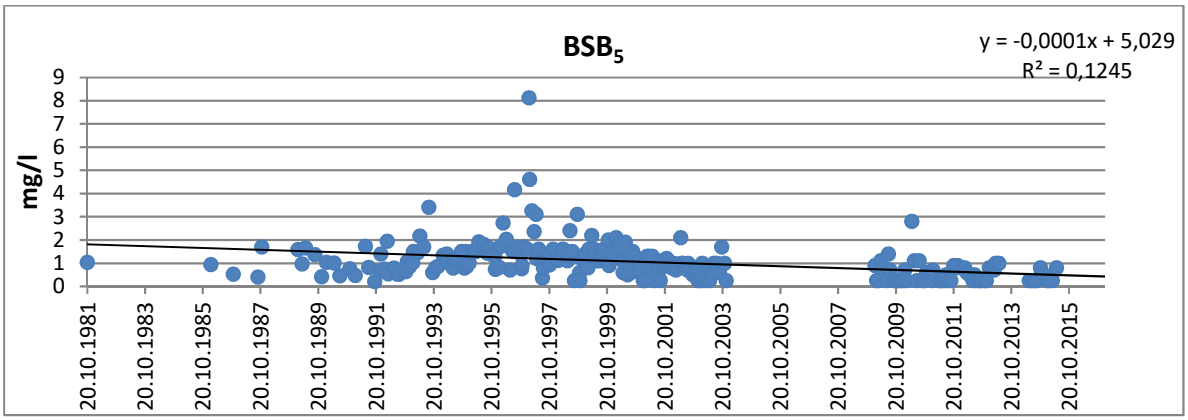

Abbildung 9: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m³/s

Das an der Probestelle Berg gemessene Orthophosphat (PO_4-P) nimmt seit dem Jahr 1981 ab. Nach Höchstwerten von bis zu 0,025mg/l vor dem Jahr 1999 sinkt die Konzentration im Jahr 2015 auf rund 0,003mg/l ab (Abbildung 10).

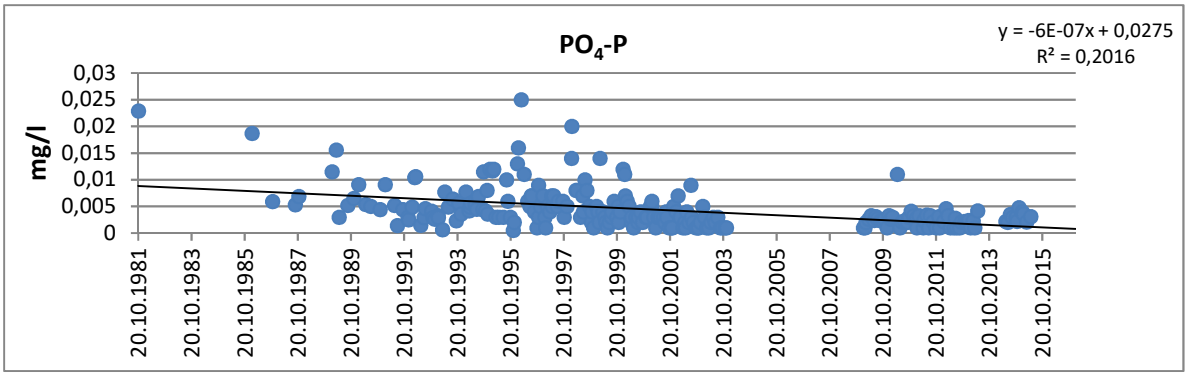

Abbildung 10: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

Beim Betrachten der Abbildung 11 lässt sich eine leichte Abnahme der Ammonium Stickstoff (NH_4-N) Konzentration von Werten um die 0,05mg/l auf Werte unter 0,01mg/l wahrnehmen. Um die Jahre 1995 bis 2000 konnten die höchsten Messwerte festgestellt werden, danach lagen diese immer unter 0,05mg/l (Höchstwert 0,19mg/l am 12.03.1996).

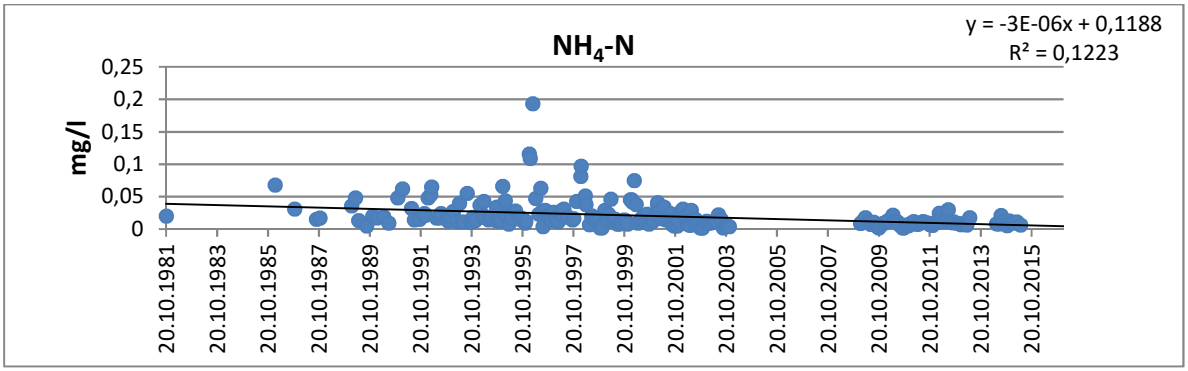

Abbildung 11: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

Kleblach:

Die Abbildung 12 zeigt eine sinkende Tendenz der BSB_5 Konzentration an der Messstelle Kleblach. Konnten in den Jahren vor 1997 noch vermehrt Konzentrationen im Bereich von bis zu 5mg/l nachgewiesen werden, so fällt dieser Messwert im Jahr 2017 bis auf 0,2mg/l ab. Bei der allerletzten Messung am 12.12.2017 konnte erneut eine äußerst hohe Konzentration von 4,7mg/l nachgewiesen werden.

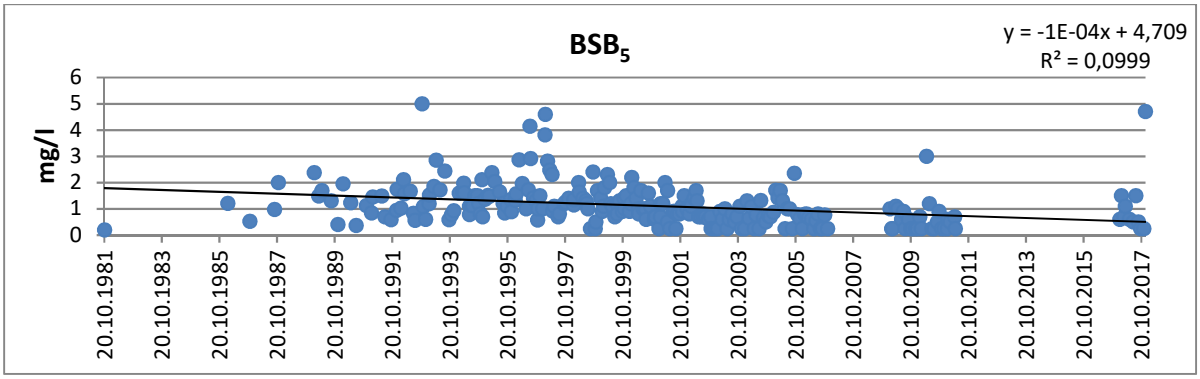

Abbildung 12: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s

Trotz sprunghafter Orthophosphat (PO_4-P) Messerwerten im Bereich von 0,005mg/l bis 0,03mg/l lässt sich eine Abnahme der Konzentration feststellen. Kommt es vor dem Jahr 1999 noch öfters zu Werten im Bereich von 0,02mg/l so geschieht dies ab dem Jahr 2000 nur mehr ein einziges Mal (4.10.2015, Hochwasser mit 176,88m³/s Abflussmenge) (Abbildung 13).

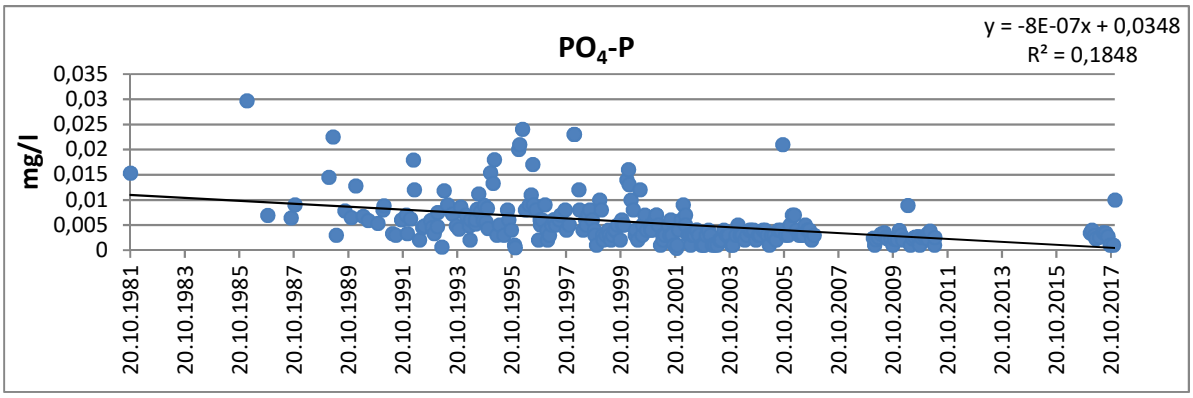

Abbildung 13: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m³/s

Anhand der Abbildung 14 lässt sich eine Senkung der Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) Konzentration feststellen. Während sich die Proben vor dem Jahr 2001 öfters bei einem Wert von bis zu 0,2mg/l befinden, beträgt der Höchstwert nach dem Jahr 2001 nur mehr 0,04mg/l (7.2.2002).

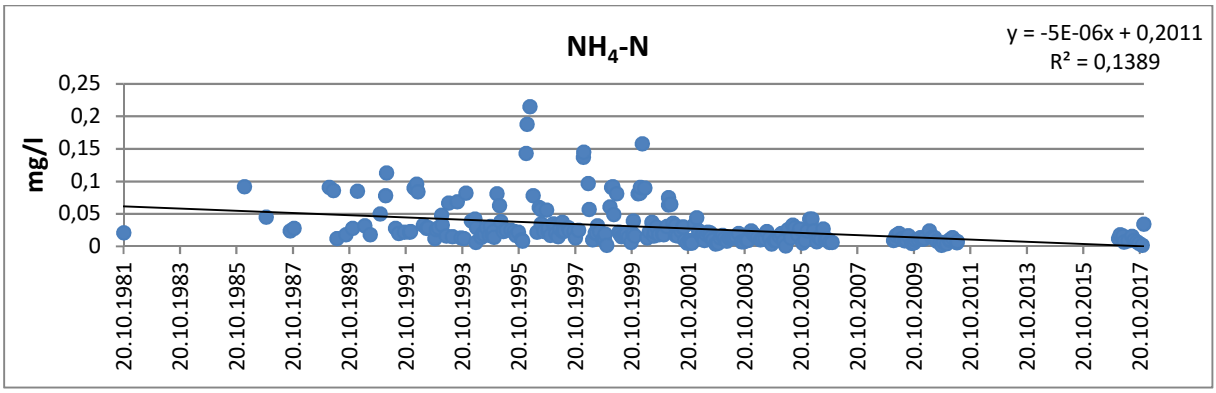

Abbildung 14: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m³/s

4.2.2 Veränderungen im Längsverlauf der Drau

Um die Veränderungen der chemischen Parameter von einer Messstelle zur nächsten im Längsverlauf zu analysieren, wurden die am selben Tag entnommenen Proben der Messstellen Nikolsdorf, Berg und Kleblach als Jahresmittelwerte zusammengefasst und grafisch dargestellt.

Abbildung 15 vergleicht die BSB_5 Konzentrationen der Messstelle Nikolsdorf, welche direkt an der Landesgrenze zu Tirol liegt, mit der darauffolgenden Probestelle in Berg, sowie mit Kleblach, dem am weitesten flussab gelegenen Ort für Probenahmen an der Oberen Drau.

Daraus ist ersichtlich, dass die BSB_5 Konzentrationen ab dem Jahr 1998, vor allem aber ab dem Jahr 2000 an allen drei Messstellen deutlich sinken. Lagen die Werte vor 2000 in etwa bei 1,8mg/l so sanken diese ab 2001 auf durchschnittlich 0,6mg/l ab. Ersichtlich ist auch dass

die Messstelle Berg bei 13 der 20 beprobten Jahre die niedrigsten BSB_5 Konzentrationen aufweist. Nikolsdorf hingegen weist vor dem Jahr 2000 bei 13 von 14 Jahren die höchste Konzentration vor, ab dem bereits erwähnten Sprung im Jahr 2001 jedoch an vier von sechs Jahren die niedrigste.

Vergleicht man die Messstelle Berg und Kleblach so lässt sich in fast allen Jahren eine Konzentrationserhöhung flussabwärts beobachten.

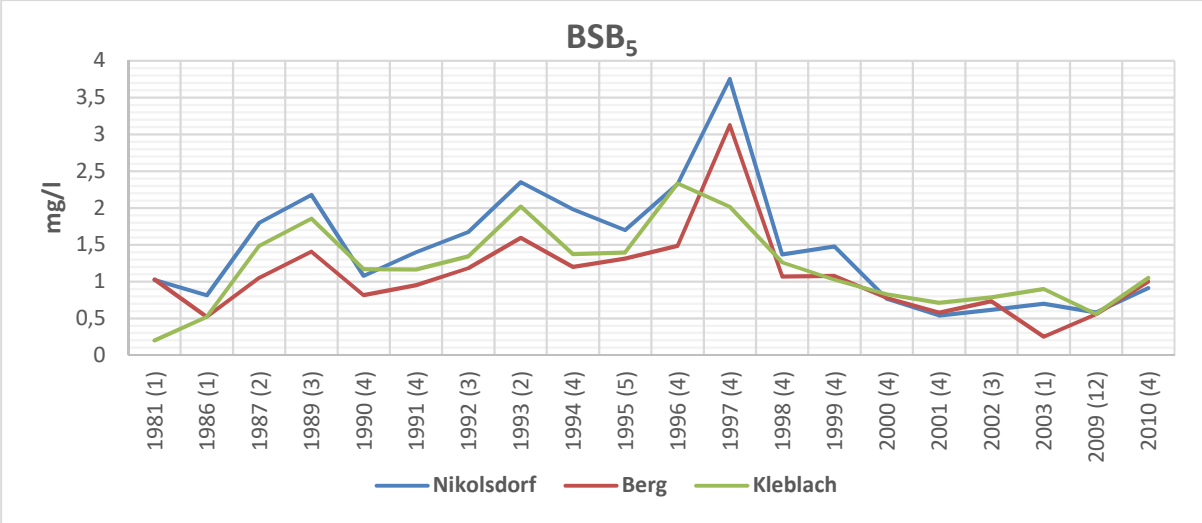

Abbildung 15: Mittelwerte der BSB_5 Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m³/s), Berg (63,12m³/s) und Kleblach (64,35m³/s), beprobt am selben Datum

Der Parameter Orthophosphat (PO_4-P) zeigt laut Abbildung 16 ein ähnliches Verhalten wie der biologische Sauerstoffbedarf (BSB_5). Auch hier erkennt man ein Absinken der Konzentration, beginnend im Jahr 1999. Die Messstelle Berg weist in 15 der 20 beprobten Jahre die niedrigsten Messwerte vor, welche sich flussabwärts Richtung Kleblach wieder ein wenig erhöhen. Die Höchstwerte können in fast allen Jahren in Nikolsdorf nachgewiesen werden.

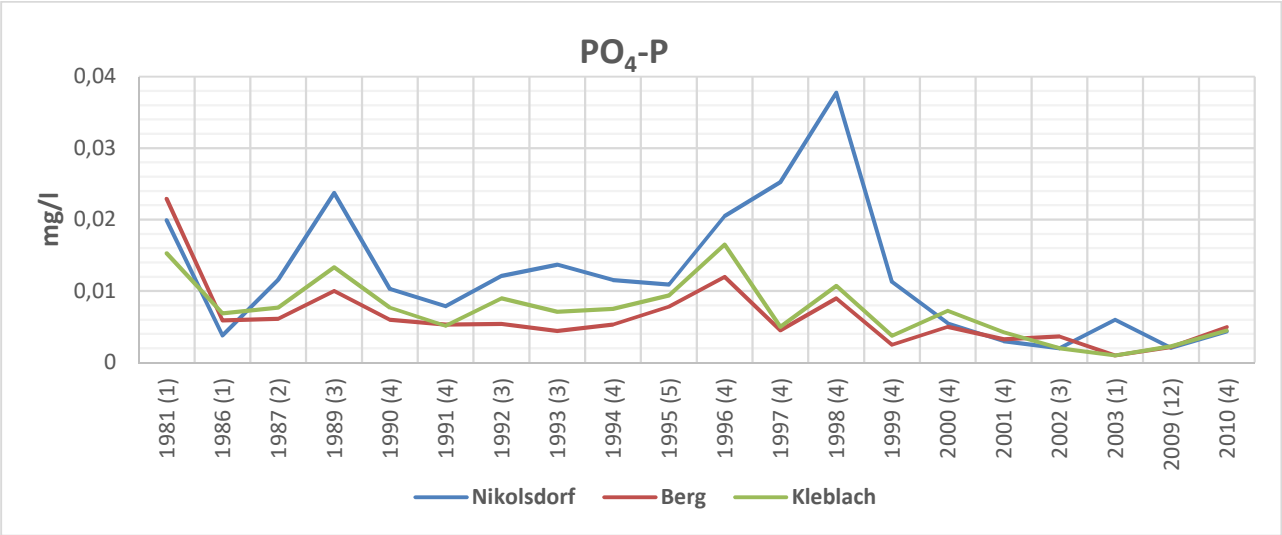

Abbildung 16: Mittelwerte der PO_4-P Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

Sieht man sich die Konzentrationen des Ammonium Stickstoffs (NH_4-N) in Abbildung 17 an, so erkennt man auch hier den gleichen Trend: Sprunghafter Konzentrationsabfall um das Jahr 2000, höchste Messwerte in Nikolsdorf, niedrigste Messwerte in Berg und eine sich leicht wieder erhöhende Konzentration flussabwärts in Kleblach.

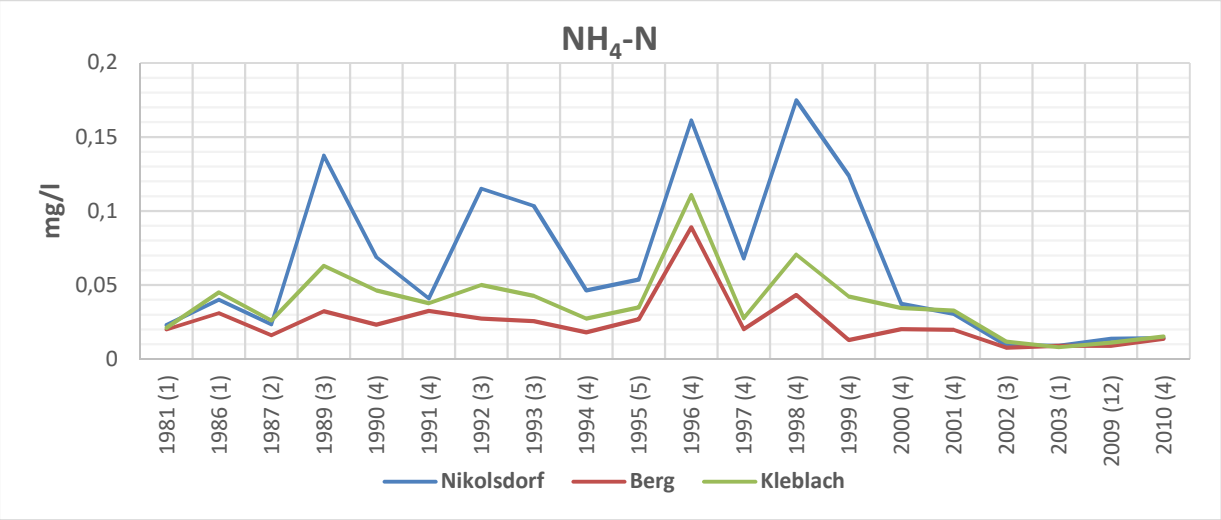

Abbildung 17: Mittelwerte der NH_4-N Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s) , Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

4.2.3 Beurteilung der Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Um festzustellen, ob es in den beprobten Jahren zu Überschreitungen der Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung (QZV Ökologie OG, 2009) kam, wurden in dieser Arbeit die Mittelwerte der einzelnen Parameter für den Vergleich herangezogen, da nicht in allen Jahren genügend Datensätze für die 90ste Perzentil Errechnung zur Verfügung standen.

Bei den angeführten Werten unter dem Grenzwert „sehr gut“ handelt es sich um einen „sehr guten“ Zustand des Fließgewässers. Bei Werten zwischen dem Grenzwert „sehr gut“ und „gut“ handelt es sich um einen „guten“ Zustand. Ab dem Grenzwert „gut“ schreitet der Zustand des Gewässers in den „mäßigen“ Zustand über.

An allen drei Messstellen (Nikolsdorf, Berg, Kleblach) gelten dieselben Grenzwerte.

Die Parameter totaler gelöster Kohlenstoff (TOC) und Nitrat (NO_3-N) können im Anhang nachgeschlagen werden. Aufgrund fehlender Datenreihen für den gelösten Kohlenstoff (DOC) wurde der totale organische Kohlenstoff (TOC) herangezogen. Da dieser trotz höherem Kohlenstoffgehalts unter dem für den gelösten Kohlenstoff (DOC) bestimmten Grenzwert liegt, spricht das für keine Überschreitung in den „mäßigen“ Zustand beim gelösten Kohlenstoff (DOC).

Nikolsdorf:

Der Biologische Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB_5) für den „sehr guten“ Zustand laut Qualitätszielverordnung beläuft sich auf maximal 2mg/l. Ab 2,1 mg/l wird dieser in „gut“, ab 3mg/l in „mäßig“ eingestuft. Die Messstelle in Nikolsdorf weißt in den beprobten Jahren von

1981 bis 2017 zwei Überschreitungen in den „mäßigen“ Zustand auf (Abbildung 18). Ab 1998 ergeben sich in Nikolsdorf nur mehr „sehr gute“ Zustände für den Parameter BSB_5.

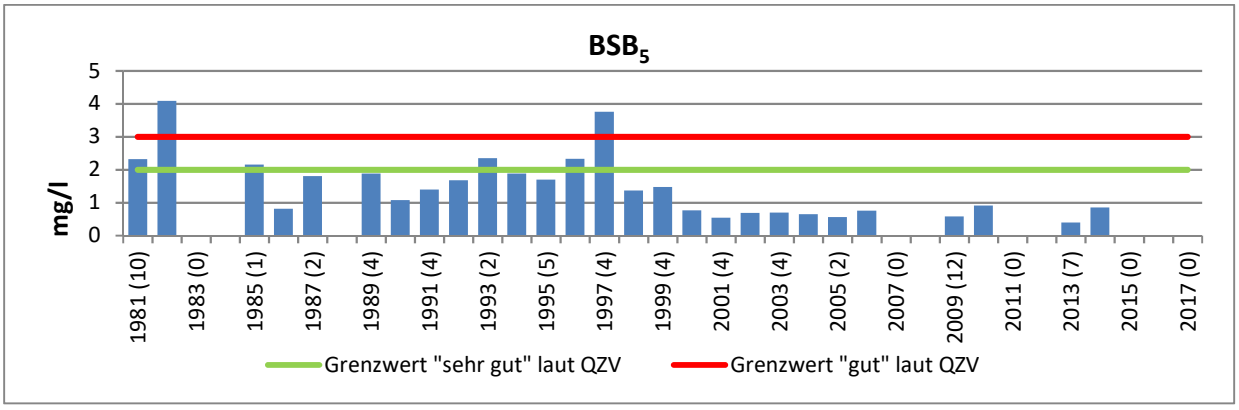

Abbildung 18: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Wie anhand der Abbildung 19 ersichtlich ist, mussten für den Parameter Orthophosphat (PO_4-P) zwischen 1981 und 2017 zwei der jährlichen Mittelwerte mit „mäßig“ eingestuft werden. Der Grenzwert zum Übergang in den „guten“ Zustand liegen hier bei 0,01mg/l, für den „mäßigen“ Zustand werden Wert von 0,03mg/l angesetzt. Ab dem Jahr 2000 ergeben sich nur mehr „sehr gute“ Zustände für Orthophosphat.

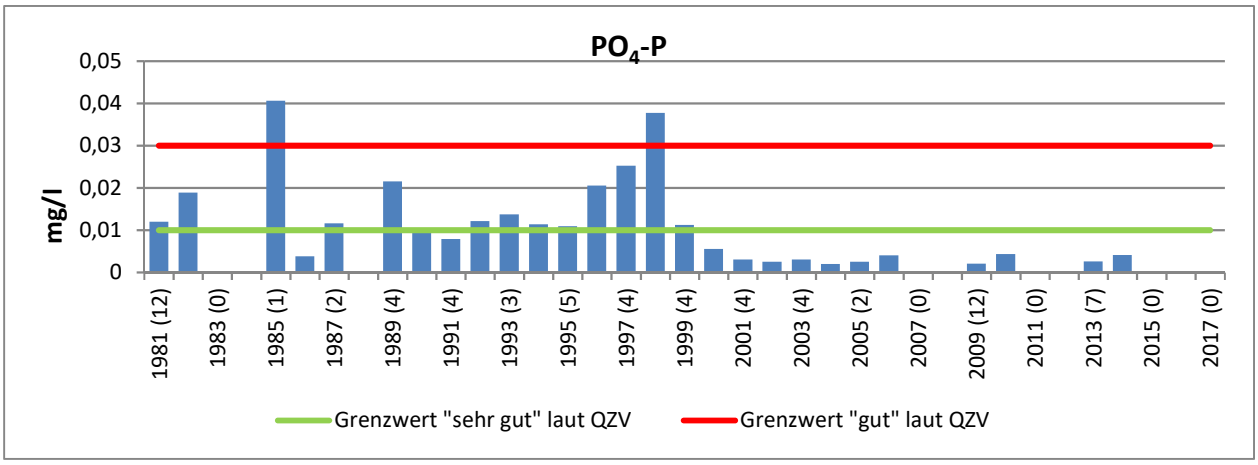

Abbildung 19: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Die Berechnung des Grenzwertes für den Parameter Ammonium Stickstoff (NH_4-N) wurde sowie in der Qualitätszielverordnung vorgesehen durchgeführt. Es ergab sich dabei ein Wert von 0,232mg/l. Für die Obere Drau wurde dabei mit einem durchschnittlichem pH-Wert von 8,5 und einer Wassertemperatur von 17°C gerechnet.

Anhand der Abbildung 20 zeigt sich an der Messstelle Nikolsdorf für jedes der beprobten Jahre der „sehr gute“ Zustand für Ammonium Stickstoff (NH_4-N). Der Grenzwert von 0,232mg/l wurde nicht überschritten.

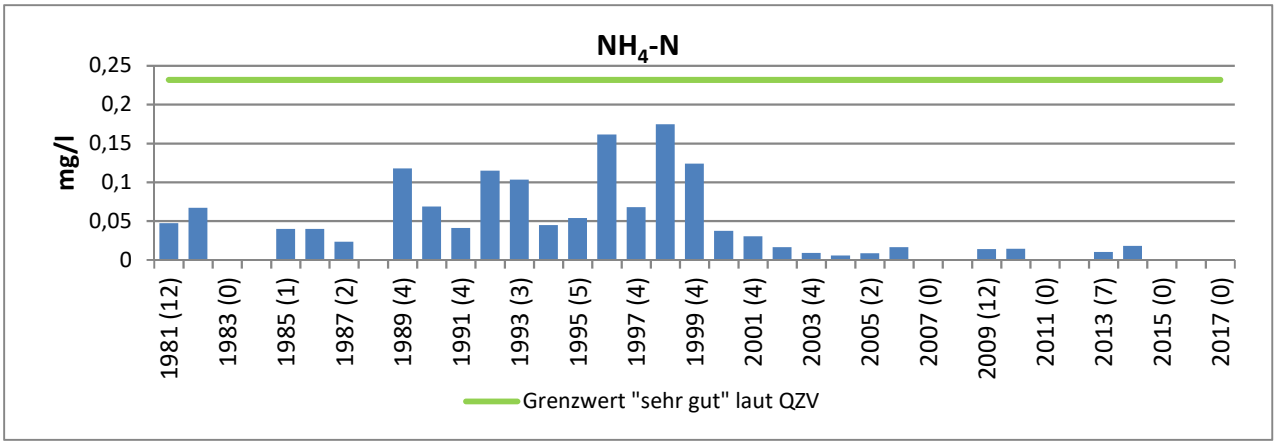

Abbildung 20: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Berg:

Anhand der Abbildung 21 ist zu erkennen, dass es an der Probestelle Berg in keinem der beprobten Jahre zum Übertritt in den „mäßigen" Zustand gekommen ist. Abgesehen von 1997 konnten für jedes Jahr der „sehr gute" Zustand für den Parameter BSB_5 festgestellt werden.

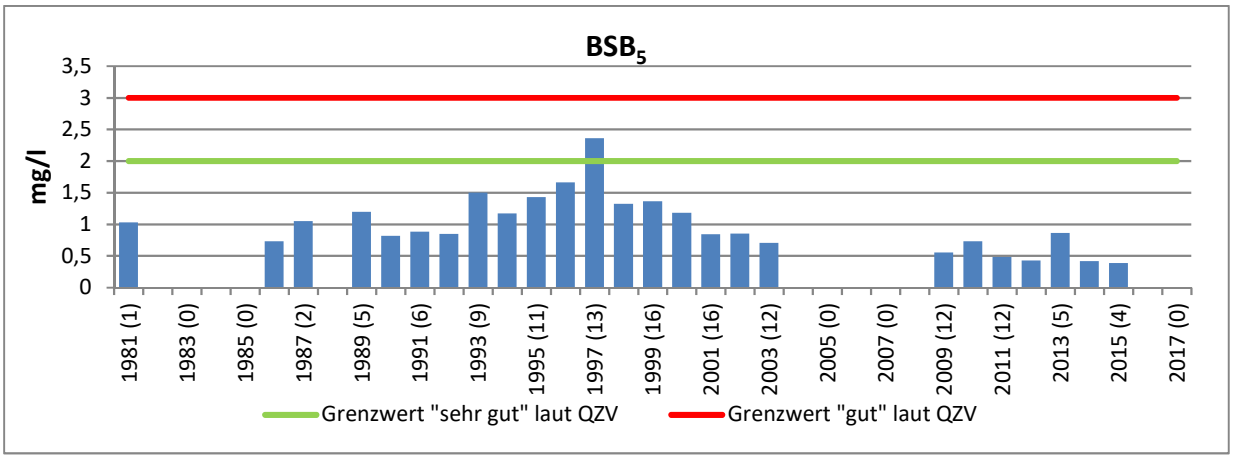

Abbildung 21: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Laut Abbildung 22 kommt es bei Orthophosphat in keinem der beprobten Jahre zu einem „mäßigen" Zustand. Es wurde nur zweimal (1981 und 1986) der „gute" Zustand vergeben. Alle restlichen Jahre befinden sich im „sehr guten" Zustand und unter 0,01mg/l.

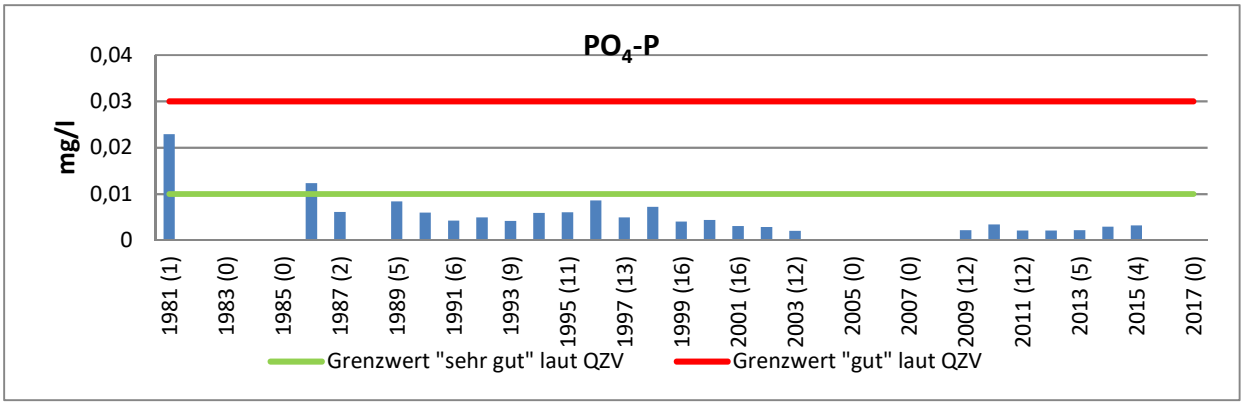

Abbildung 22: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

In den beprobten Jahren zwischen 1981 und 2017 liegen alle Ammonium Stickstoff (NH_4-N) Werte im Bereich des „sehr guten“ Zustandes und damit unter den errechneten Grenzwert von 0,232mg/l (Abbildung 23).

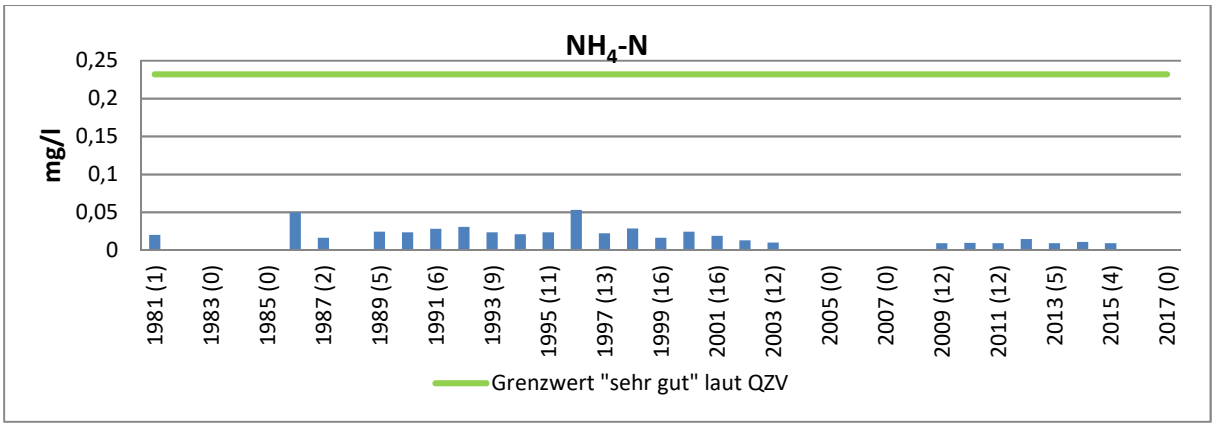

Abbildung 23: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

<u>Kleblach:</u>

Wie man anhand der BSB_5 Ergebnisse in der Abbildung 24 erkennt, befinden sich alle der beprobten Jahre von 1981 bis 2017 in einem „sehr guten“ Zustand.

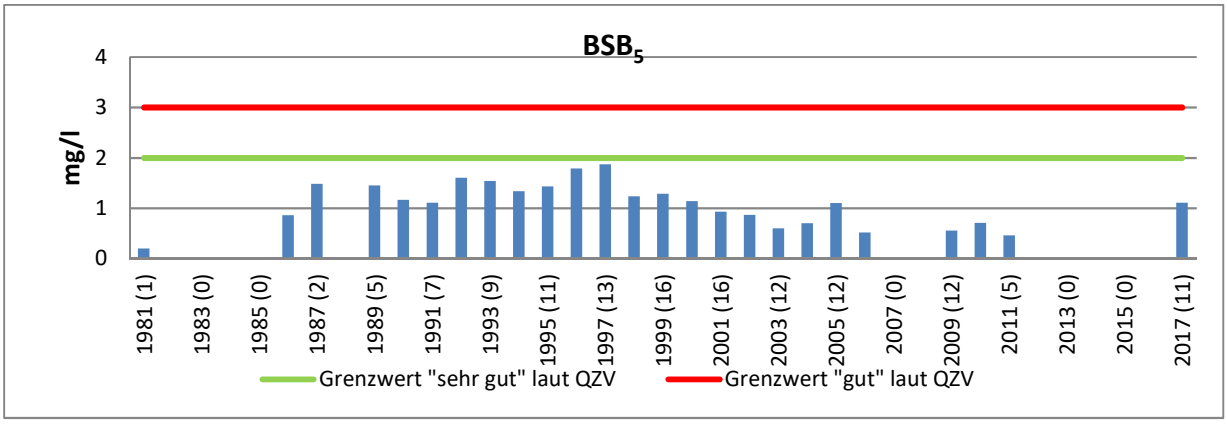

Abbildung 24: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Bei dem Parameter Orthophosphat (PO_4-P) kam es in vier (1981, 1986, 1989, 1996) der 25 beprobten Jahren zu einem Übertritt aus dem „sehr guten“ in den „guten“ Zustand. Es wurde kein „mäßiger“ Zustand festgestellt (Abbildung 25).

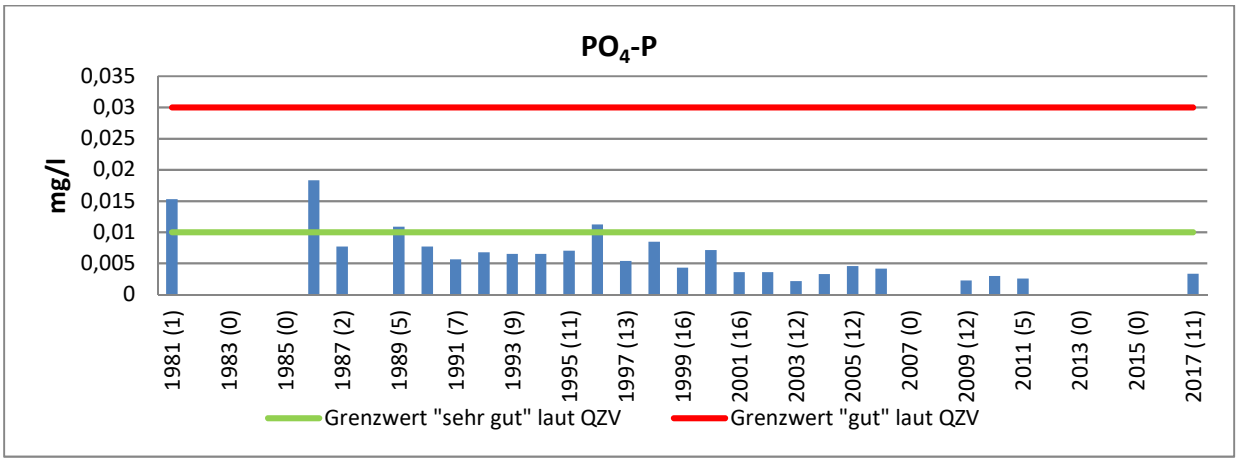

Abbildung 25: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Anhand der Ergebnisse in Abbildung 26 ist zu erkennen, dass beim Parameter Ammonium Stickstoff (NH_4-N) alle der beprobten Jahren zwischen 1981 und 2017 einen „sehr guten“ Zustand vorweisen.

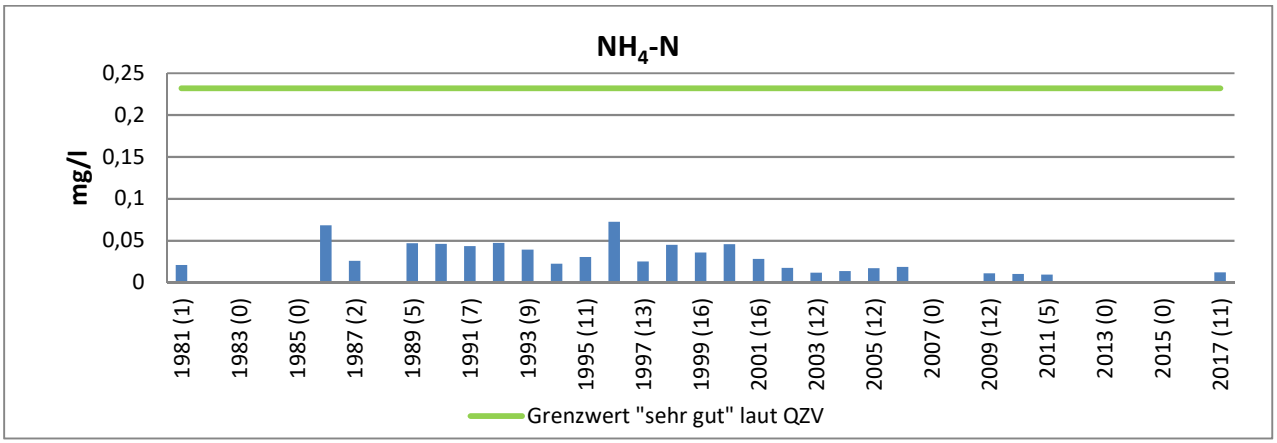

Abbildung 26: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

4.3 BENTHOS

Um zu analysieren, ob sich die saprobiellen Zustände des Makrozoo- und des Phytobenthos zwischen den Abschnitten Nikolsdorf und Kleblach verändert haben, wurden Messdaten von 1994 bis 2017 herangezogen.

Makrozoobenthos:

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der saprobiellen Indices des Makrozoobenthos über die Jahre hinweg (Abbildung 27), so kann weder eine sinkende, noch eine steigende Tendenz erkannt werden. Der Höchstwert von 1,89 wurde 1994 in Nikolsdorf berechnet.

Unterschiede zwischen den einzelnen Beprobungen liegen im Bereich von rund 0,25 bis 0,9 und kommen größtenteils innerhalb des „sehr guten“ Zustandes vor.

Aus den 38 durchgeführten Beprobungen lassen sich 28 als „sehr gut“ einstufen. Einen Wechsel in den „guten Zustand“ (Grenzwert 1,75) ergab sich an einer Beprobung in Nikolsdorf (1994), an fünf in Berg (1994, 1996, 1998, 2000, 2017) und an vier in Kleblach (1994, 1996, 2000, 2017). Kam es in einem Jahr also zu einem Wechsel in den „guten Zustand“, so passierte diese meist einheitlich an allen Probestellen.

Als „mäßig“ (Grenzwert 2,68) wurde keine der Makrozoobenthos Proben eingestuft.

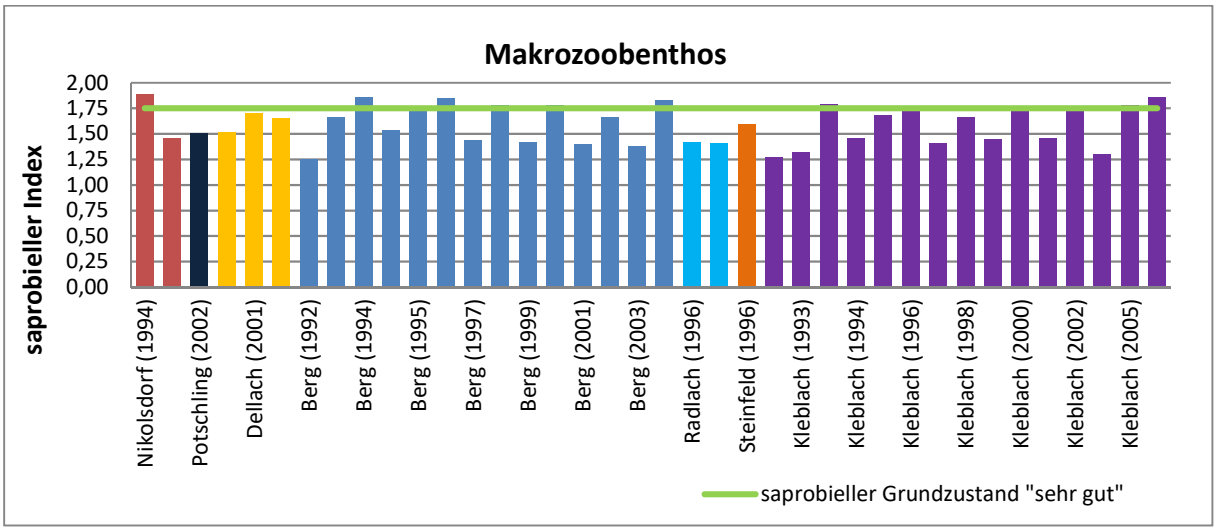

Abbildung 27: Saprobielle Indices des Makrozoobenthos im Zeitraum von 1994 bis 2017 zwischen den Abschnitten Nikolsdorf und Kleblach

Phytobenthos:

Auch bei den Phytobenthos Beprobungen lässt sich angesichts der Ergebnisse in Abbildung 28 weder eine steigende noch eine sinkende Tendenz der saprobiellen Indices erkennen.

Die saprobiellen Indices unterscheiden sich untereinander durch maximal 0,47, mit Höchstwerten von 1,92 im Jahr 1995, 1997 und 2003 in Kleblach und einem Tiefstwert von 1,45 im Jahr 1998 in Kleblach.

In Berg lassen sich die saprobiellen Zustände der Jahre 1998, 2000 und 2017 als „sehr gut“ (Grenzwert 1,72) einstufen. Die restlichen Proben fallen in die Kategorie „guter Zustand“ (Grenzwert 2,17).

In Kleblach befinden sich die meisten Indices im Bereich des „guten Zustandes“. Ein „sehr guter Zustand“ ergibt sich nur für die Jahre 1998, 2002 und 2017.

Keine Probe wurde als „mäßig“ (Grenzwert 2,57) befunden.

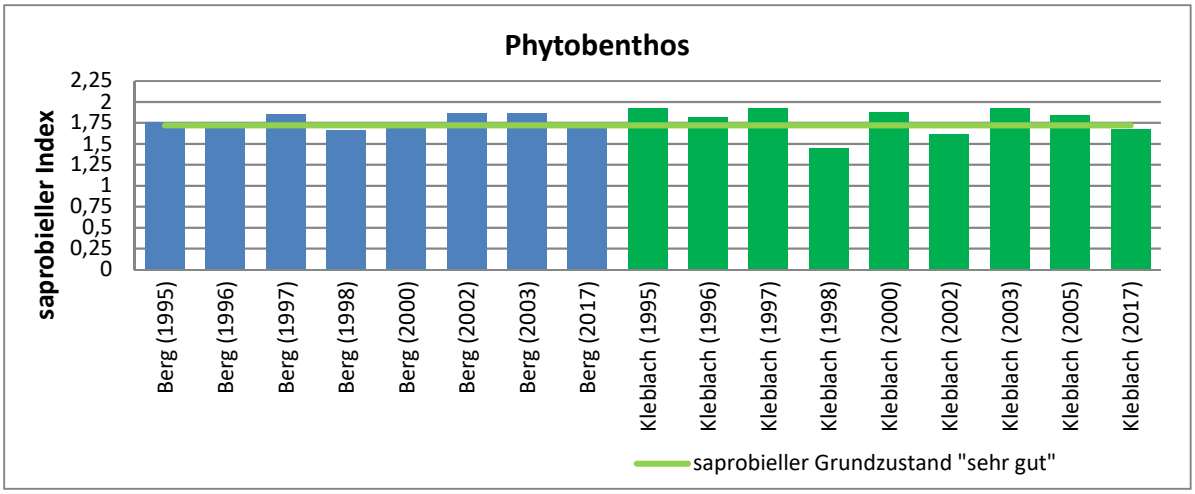

Abbildung 28: Saprobielle Indices des Phytobenthos im Zeitraum von 1995 bis 2017 an den Probestellen Berg und Kleblach

4.4 FISCHBESTANDSENTWICKLUNG

Um zu erfahren, wie sich die Fischbestände in der Oberen Drau im Abschnitt zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg im Laufe der Jahre verändert haben, wurden Gesamtbefischungen der Universität für Bodenkultur in Wien mittels Elektrobefischung durchgeführt. Die Fischharten Äsche, Bachforelle und Regenbogenforelle repräsentieren dabei je nach Jahr zwischen 95% und 98% des Gesamtbestandes.

Laut Abbildung 29 lässt sich eine deutliche Verringerung des Fischbestands für die Leitfischart Äsche feststellen, welche von 57kg/ha im Jahr 1998 auf 25kg/ha im Jahr 2017 sank. Der niedrigste Bestand ergab sich mit 20kg/ha im Jahr 2002.

Die Bachforellendaten zeigen eine in etwa gleichbleibende Tendenz. 1998 konnten 7kg/ha Bachforellen nachgewiesen werden, 2017 5,5 kg/ha.

Die aus Nordamerika eingeschleppte Regenbogenforelle erhöhte ihren Gesamtbestand seit 1998 minimal (von 2,8kg/ha auf 5,4kg/ha).

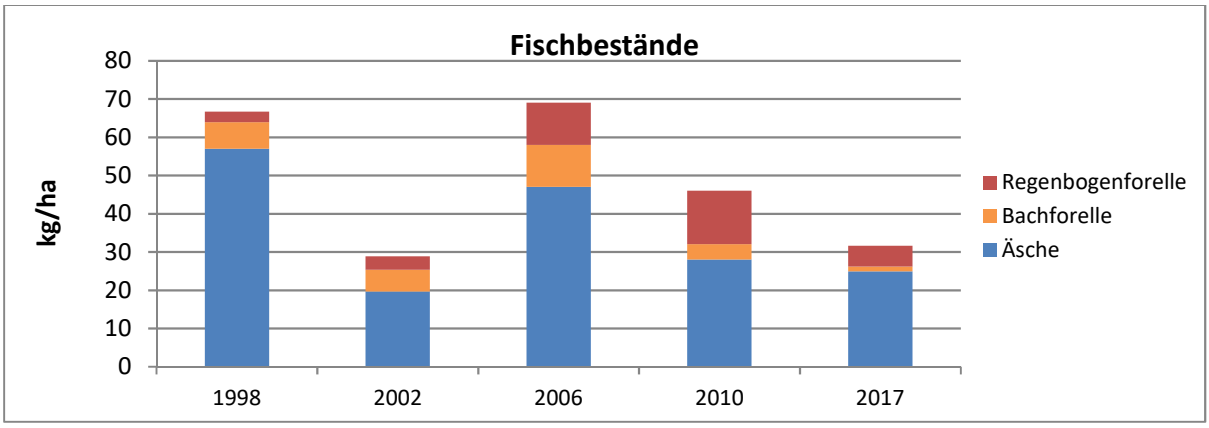

Abbildung 29: Gesamtbestände der Hauptfischarten Äsche, Bachforelle und Regenbogenforelle der Jahre 1998, 2002, 2006, 2010 und 2017 in Kilogramm pro Hektar.

5. DISKUSSION

Die Zusammensetzung sowie Biomasse und Individuenzahl der Fischbestände kann durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Ziel dieser Arbeit war es, die für den ökologischen Zustand wichtigen chemisch-physikalischen Qualitätselemente auf deren Veränderungen seit dem Jahr 1981 zu untersuchen und diese mit dem Rückgang der Fischbestände an der Oberen Drau in Verbindung zu bringen. Zudem werden die benthischen Lebensgemeinschaften als Indikatoren für organische Verschmutzungen herangezogen und die Ablauffrachten der Kläranlagen in Irschen, Dellach und Steinfeld auf deren Nährstoffeintrag und Einfluss untersucht.

5.1 KLÄRANLAGEN

Im Abschnitt zwischen Nikolsdorf und Sachsenburg sind drei Kläranlagen für die Reinigung des anfallenden Abwassers aus den umliegenden Gemeinden verantwortlich: Die Kläranlage Irschen mit einer Ausbaugröße von 4.950 EW60, die Kläranlage Dellach mit 7.800 EW60 sowie die Kläranlage Steinfeld mit 13.300 EW60. Diese wurden 2004, 2008 und 2008 in Betrieb genommen. In den Kläranlagen werden täglich Eigenüberprüfung der Ablauffrachten durchgeführt, welche in Form von Betriebsprotokollen vom Amt der Kärntner Landesregierung für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt wurden.

Die Erhaltung der gesunden und artenreichen Gewässerbiozönose ist eine wichtige Voraussetzung für die intakte Ökologie eines Gewässers. Um das vorhandene Gleichgewicht zwischen chemisch-physikalischen Parameter und Gewässerbewohner beizubehalten, sollten zu hohe Nährstoffzufuhren, wie beispielsweise durch unbehandeltes kommunales Abwasser, verhindert werden. Umgekehrt sollte jedoch auch darauf geachtet werden, dass die Nährstoffkonzentration nicht unter ein gewässertypisches Minimum sinkt, da dies zu einem Stillstand der Primärproduktion führen könnte. Das wiederum könnte negative Folgen für die Fischbestände haben, welche in direktem Zusammenhang mit den Primärproduzenten stehen (Hütter, 1994).

An der Oberen Drau wurde 2004 die erste der drei Kläranlagen in Betrieb genommen. Dadurch wurden die einstigen Klär- und Sickergruben sowie zahlreiche Direkteinleitungen durch moderne Reinigungsanlagen ersetzen. Anstatt hoch konzentrierte Ablauffrachten unbehandelt in den Fluss einzuleiten, verminderten die neu erbauten Kläranlagen nach mechanischer Grobreinigung und anschließender Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorreinigung die organische Schmutzfracht um durchschnittlich 90%. Es gelangten deshalb nur mehr geringe Nährstoffkonzentrationen in die Drau (Wartungsverband Abwasserentsorgung Oberes Drautal, 2018).

Die jährlichen Ablaufwerte der Kläranlange Irschen, Dellach und Steinfeld ergeben jährliche Gesamtablauffrachten zwischen 135kg für den Parameter Ammonium (NH_4-N), welcher den niedrigsten Wert darstellt, bis hin zu Höchstwerten von rund 6.000kg für den Parameter Nitrat (NO_3-N, 2009). Grundsätzlich befinden sich die Gesamtablauffrachten der drei Kläranlagen in Mengenbereichen von etwa 500kg bis 3.500kg.

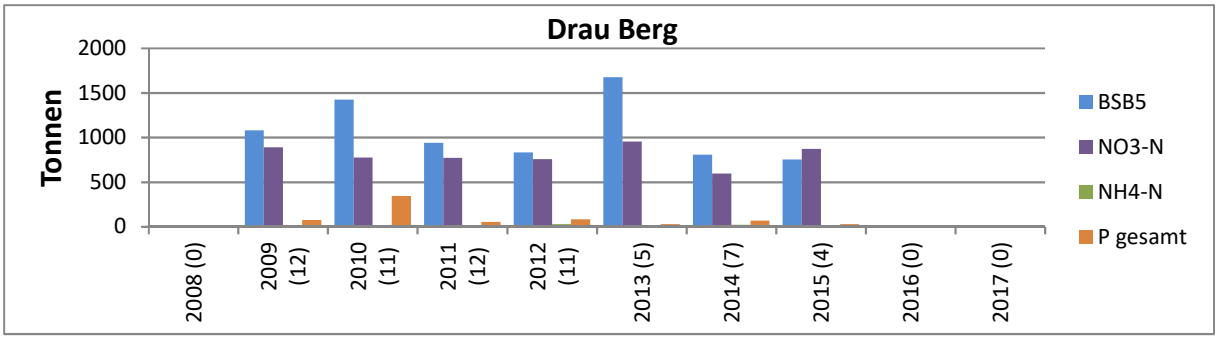

Abbildung 30: Gesamtfracht der Drau an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

Um den Einfluss der eingeleiteten Nährstoffe auf die Gesamtfracht der Drau zu analysieren wurden die chemisch-physikalischen Messwerte der Probestelle Berg herangezogen. Die Messwerte (Abbildung 30), welche als Anhaltspunkt für die Gesamtfrachten der Oberen Drau gesehen werden können, machen deutlich, dass die Ablauffrachten der Kläranlagen einen minimalen Teil der Gesamtfracht der Oberen Drau ausmachen. Während von den Kläranlagen Frachten zwischen 135kg und 6.000kg eingeleitet werden, so befinden sich in der Drau Mengen von mehreren tausenden Tonnen. Vergleicht man beispielsweise den höchsten gemessenen Wert an BSB_5 der Drau in Berg (1.700t im Jahr 2013) mit dem der drei Kläranlagen (4.500kg im Jahr 2013) so beläuft sich der Frachten-Anteil der Kläranlagen auf 0,26% der Gesamtfracht der Drau. Ein solch geringer Anteil an der Gesamtfracht hat für die Nährstoffbilanz des Flusses keinen signifikanten Einfluss.

Folglich wäre es interessant, etwaige Veränderungen der Nährstoffemissionen aus der Landwirtschaft, aus Kommunen und Industrien im gleichen Zeitraum zu betrachten. Diese zählen zusammen mit Verbrennungsprozessen und Gesteinsabtrieb laut Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zu den Hauptemissionsquellen für Stickstoff und Phosphor (BMLFUW, 2011).

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ließe sich demnach schließen, dass die Kläranlagen an der Oberen Drau keinen Einfluss auf den Bestandsrückgang der Fische haben können, da deren Ablauffrachten mit einem Anteil von unter 0,5% an der Gesamtfracht die vorhandene Nährstoffbilanz der Oberen Drau kaum beeinflussen.

Zu erwähnen ist, dass diese Schlussfolgerung sich jedoch nur treffen ließe, wenn ausgeschlossen werden könnte, dass die Abwasserentsorgung vor der Errichtung der Kläranlagen einen positiven Effekt auf die Nährstoffbilanz und die Fischbestände hatte. Da die Einleitung von ungeklärten, stark organisch belasteten Abwässern immer eine Steigerung der Nährstoffeinträge und eine daraus folgende Steigerung der pflanzlichen Primärproduktion mit sich bringt, gibt es Grund zur Annahme, dass die Fischpopulationen vor Errichtung der Kläranlagen durch ein erhöhtes Nahrungsvorkommen profitiert haben könnten.

Demnach kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Kläranlagen einen negativen Effekt auf die Fischbestände darstellen könnten. Es empfiehlt sich diesbezüglich weitere Forschung mit

historischen Daten zur Abwasserentsorgung, die aus dem Zeitraum vor der Errichtung der Kläranlagen stammen.

5.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER

5.2.1 Veränderungen an den einzelnen Messstellen

Sämtliche Lebensvorgänge wie Stoffwechselwege, Nahrungserwerb, Wachstum und Reproduktion der aquatischen Lebewesen hängen von der Zusammensetzung der Biozönose des Gewässers ab. Ausschlaggeben für das hydrobiologische Geschehen sowie für die Artenzusammensetzung eines Fließgewässers sind neben den geographischen Gegebenheiten die chemisch-physikalischen Parameter. Zu den wichtigsten Faktoren gehören dabei das Sonnenlicht, welches für die Primärproduktion eine Voraussetzung ist, die Temperatur und der pH-Wert, welche zahlreiche biochemische Prozesse beeinflussen, sowie der Sauerstoffgehalt, welcher im Zuge der Atmung benötigt wird. Weiteres spielen mineralische Nährstoffe eine wichtige Rolle, insbesondere Phosphor, Stickstoff sowie Kohlenstoffverbindungen (Hütter, 1994).

All diese Milieufaktoren stehen den Gewässerorganismen zur Verfügung und bilden durch die verschiedensten Interaktionen der einzelnen Bewohner unter sich ein biologisches Gleichgewicht, in dem sich die Neubildung organischer Substanzen und die Mineralisation die Waage halten. Kommt es zu starken natürlichen oder anthropogenen Veränderungen eines dieser Parameter, so kippt der Stoffkreislauf und die erfolgreiche Selbstreinigung sowie die guten Lebensbedingungen eines Gewässers können nicht aufrechterhalten werden (Hütter, 1994). Das wirkt sich wiederum negativ auf die Fischbestände aus, welche mit allen anderen aquatischen Organismen in direktem Kontakt stehen.

Zwischen den beprobten Jahren von 1981 bis 2015, wie auch bereits lange zuvor, erlebte die Obere Drau eine ganze Reihe solcher Veränderungen, welche sich je nach Ausmaß in den erhobenen Daten wiederspiegeln können.

Betrachtet man die Trendlinie der BSB_5 Konzentration in Abbildung 31, so kann eine sinkende Tendenz der Nährstoffparameter festgestellt werden. Diese Tendenz lässt sich auf alle drei Messstellen als auch auf die Parameter Orthophosphat (PO_4-P), Ammonium Stickstoff (NH_4-N), Ammoniak (NH_3), Ammonium (NH_4), Nitrat (NO_3.N) und totaler gelöster Kohlenstoff (TOC) umlegen. Die Messwerte der Wassertemperatur, des pH-Wertes, des Gesamtphosphors sowie der Sauerstoffsättigung blieben über die Jahre hinweg unverändert.

Auffällig ist, dass es vor allem um das Jahr 2000 zu einem sprunghaften Abfall der Werte kommt. Dieser Abfall ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Inbetriebnahme sowie den Ausbau mehrere Osttiroler Kläranlagen zurück zu führen. Die Kläranlage Huben, welche eine Ausbaugröße von 37.000 EW_{60} beträgt wurde 1999 in Betrieb genommen. Im selben Jahr wurde die 14.000 EW_{60} große Abwasserreinigungsanlage in Anras erweitert. Die größte Veränderung fand im Jahr 2002 statt, in welchem die Dölsacher Kläranlage, welche unter anderem die Schmutzfracht der Landehauptstadt Lienz bereinigt, von 25.000 EW_{60} auf 56.800 EW_{60} erweitert wurde (Amt der Tiroler Landesregierung, 2003). Durch solche technischen Veränderungen in der Abwasserreinigung kommt es zu einer starken Verringerung der eingeleiteten Nährstoffkonzentrationen. Wird also eine geringere Schmutzfracht in Osttirol in

die Drau eingeleitet, so spiegelt sich das auch an den Kärntner Messstellen wieder. Um diesbezüglich genauere Aussagen zu treffen müssen die Betriebsprotokolle der Osttiroler Kläranlagen sowie deren Nährstoffanteil an der Gesamtfracht der Drau analysiert werden, was in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt wurde.

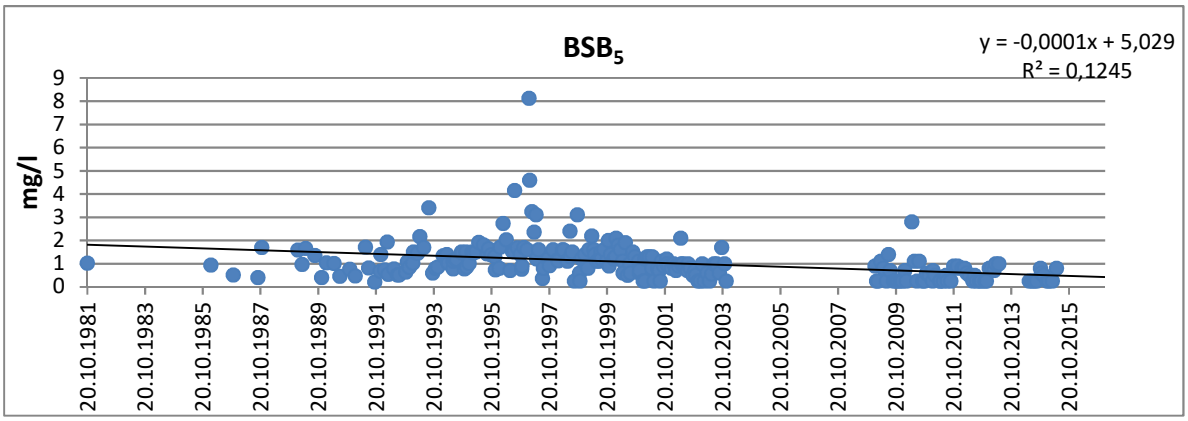

Abbildung 31: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m³/s

Einen weiteren Grund für die Abnahme der Nährstoffparameter um das Jahr 2000 könnten die Restrukturierungsarbeiten des LIFE-Projekts darstellen. Vor allem im Gewässerbereich von Dellach, Greifenburg, Kleblach und Sachsenburg wurden verstärkt Verbesserungen der Lebensraumsituation durchgeführt (Unfer et al. 2011). Dabei erfolgten vielzählige Baumaßnahmen, welche die historischen Landschaftselemente und Lebensräume wieder revitalisieren sollten (Uiblein et al. 2002). Auch solche Eingriffe in die Struktur des Flusses können die Nährstoffverteilung verändern und dadurch die Fischbestände beeinflussen.

5.2.2 Veränderungen im Längsverlauf der Drau

Die analysierten Messwerte zeigen einheitlich für alle Parameter den gleichen Trend, welcher hier am Beispiel des Orthophosphats aufgezeigt wird (Abbildung 32). Es ist zu erkennen, dass die Orthophosphatkonzentration an der Messstelle Nikolsdorf fast immer die Höchstwerte einnimmt. Flussabwärts Richtung Berg sinkt die Konzentration recht stark ab, um auf Höhe von Kleblach nochmals leicht anzusteigen.

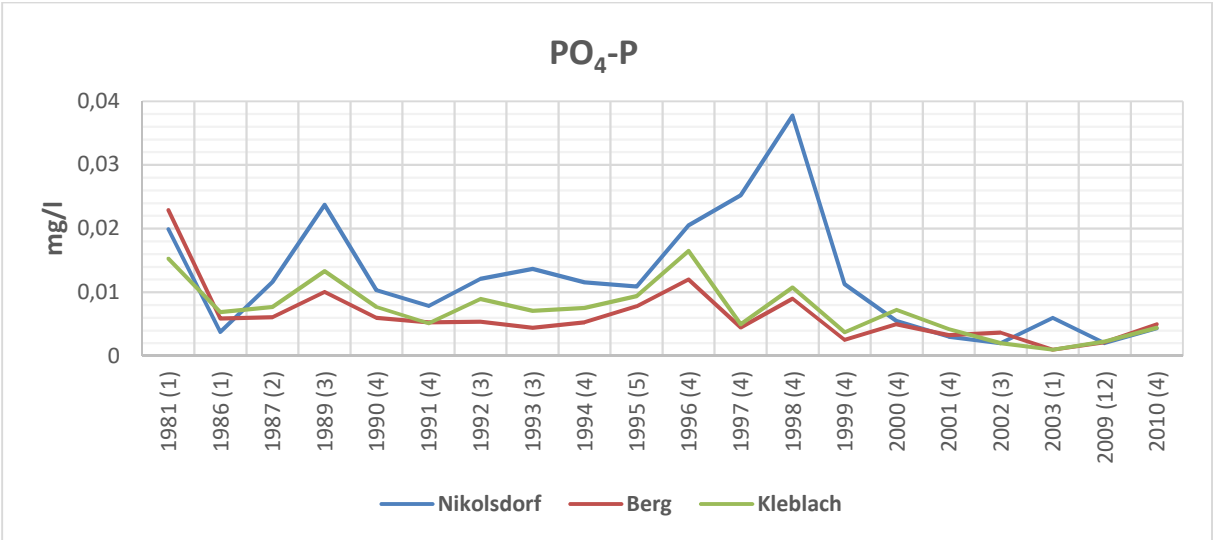

Abbildung 32: Mittelwerte der PO_4-P Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

Diese Konzentrationsunterschiede können aufgrund verschiedenster Einflussfaktoren zu Stande kommen. Vergleicht man die unterschiedlichen mittleren Abflussmengen der drei Messstellen, so erkennt man, dass sich diese von Nikolsdorf nach Berg um 8,19m^3/s und von Berg nach Kleblach um 1,24m^3/s erhöht. Das bedeutet, dass Nährstoffe, welche in Nikolsdorf bemessen wurden, sich auf der Höhe von Berg pro Sekunde mit 8,19 m^3 an zusätzlichem Wasser vermischt haben und deshalb einen niedrigeren Messwert ergeben. Zwischen den Probestellen Berg und Kleblach gibt es kaum einen Unterschied zwischen den mittleren Abflussmengen. Die Konzentrationserhöhung kann anhand der unterschiedlichen Wasserführung also nicht erklärt werden.

Grundsätzlich sollte die Nährstoffkonzentration eines Flusses relativ konstant verlaufen, jedoch können externe Nährstoffquellen wie beispielsweise Abwassereinleitungen, Nebengewässer, Industrien und Landwirtschaften als auch die gerade erwähnten Änderungen in der Wasserführung zu Konzentrationsunterschieden führen. Für genauere Aussagen sollten jene Faktoren unbedingt miteinbezogen werden. In der vorliegenden Arbeit konnten anhand der aufgeführten Ergebnisse keine solcher externen Nährstoffquellen gefunden werden. Es konnten im Flussverlauf weder positive noch negative Einflüsse auf die Fischbestände analysiert werden.

5.1.3 Beurteilung der Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

In Österreich muss für Fließgewässer laut Verordnung (QZV Ökologie OG, 2009) ein „sehr guter“ bzw. „guter“ Zustand nachweisbar sein. Dadurch werden optimale Lebensbedingungen für aquatischen Organismen garantiert. Sollte es zu einem Übergang in den „mäßigen“ Zustand kommen, so bedarf es an Handlung, um den Zustand wieder auf die geforderten Stufen zu bringen.

Betrachtet man die Ergebnisse der erhobenen Parameter BSB_5, Orthophosphat (PO_4-P) und Ammonium (NH_4-N) an den drei Messstellen, so konnten nur in Nikolsdorf Überschreitungen in den „mäßigen Zustand“ festgestellt werden. Von den vier Überschreitungen beliefen sich zwei auf den Parameter BSB_5 (1982 und 1997) und zwei auf Orthophosphat (PO_4-P) (1985 und 1998). Seit 1999 kam es dann aber an keiner Messstelle mehr zu einem Übergang in den „mäßigen“ Zustand. Die Nährstoffparameter befinden sich in einem laut Qualitätszielverordnung erwünschtem Zustand und es können auch in diesem Abschnitt der vorliegenden Arbeit keine negativen Einflüsse auf die Fischbestände der Drau nachgewiesen werden.

5.3 BENTHOS

Die Zusammensetzung des vorhandenen Benthos hängt stark von den chemisch-physikalischen Parametern des Gewässers ab und kann deshalb sehr gut als Indikator für verschiedenste Stressoren herangezogen werden (Konar, 2004). Das Modul Saprobie der Zustandsbewertung wird deshalb zur Feststellung organischer Belastung angewandt. Je nach Nährstoffkonzentration werden die benthischen Organismen entweder positiv oder negativ in ihrer Zusammensetzung, Entwicklung und Reproduktion beeinflusst. Dies wirkt sich wiederum auf die Fischbestände aus, für welche das Makrozoo- und Phytobenthos eine wichtige Nahrungsgrundlage darstellen.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der saprobiellen Indices des Makrozoo- sowie des Phytobenthos über die Jahre 1994 bis 2017 hinweg, so kann weder eine sinkende, noch eine steigende Tendenz erkannt werden. 28 der 38 erhobenen Makrozoobenthos- sowie sechs der

17 erhobenen Phytobenthos Messwerte konnten als „sehr gut“ eingestuft“ werden. Kein einziges Mal kam es zu einem „mäßigen“ Zustand. Demnach befindet sich die Obere Drau im Abschnitt zwischen Nikolsdorf und Kleblach in einem gewünscht guten Zustand, welcher weder Anzeichen für eine erhöhte noch für eine zu niedrige organische Belastung zeigt und demnach keinen Handlungsbedarf beansprucht. Betrachtet man also die Ergebnisse, so muss davon ausgegangen werden, dass sich die Zusammensetzung des vorhandenen Benthos seit 1994 kaum verändert hat und deshalb keinen Einflussfaktor für den Rückgang der Fischbestände darstellen kann.

Zu erwähnen ist jedoch, dass es sich bei benthischen Probennahmen um Stichproben handelt, welche nicht immer das gesamte Gewässer wiederspiegeln. Zudem gibt es zwischen den Jahren 2005 und 2017 keine fortlaufenden Datenreihen. Es wurde nach 2005 erst wieder im Jahr 2017 eine Beprobung durchgeführt. Wie sich die Zusammensetzung des vorhandenen Benthos in den 12 Jahren zwischen den letzten zwei Beprobungen verhielt, kann nicht in Betracht gezogen werden.

5.4 FISCHBESTANDSENTWICKLUNG

Um die Fischbestandsentwicklung der Oberen Drau im Abschnitt zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg im Laufe der Jahre zu analysieren, wurden die Gesamtbestände der Elektrobefischungen der Universität für Bodenkultur in Wien der Jahre 1998, 2002, 2006, 2010 sowie 2017 herangezogen.

Zwischen den Jahren 1981 und 1997 konnten keine historischen Fischbestandsdaten zum Vergleich in Betracht gezogen werden, da diese entweder gar nicht, nur für Teilstrecken oder mit nicht komparablen Methoden berechnet und erhoben wurden. Laut Schätzungen und historischen Aufzeichnungen ist jedoch davon auszugehen, dass die damaligen Fischpopulationen deutlich höher Bestandswerte als die heutigen aufwiesen (Unfer, 2004).

Vergleicht man die Fischbestände der ersten in dieser Arbeit betrachteten Erhebung des Jahres 1998 mit der heutigen Situation in der Drau, so ist ebenfalls ein Abfall der Fischbiomasse festzustellen.

Die Äsche stellt als Leitart ein wesentliches Element des Fischbestandes sowie des gesamten Ökosystems der Oberen Drau dar (Unfer, 2004). Dementsprechend gravierend ist die Verringerung deren Fischbiomasse, welche von 57kg/ha im Jahr 1998 auf 24,8kg/ha im Jahr 2017 sank.

Auch die zweitwichtigste Leitart, die Bachforelle, zeigt eine Verringerung, welche jedoch äußerst gering ist. Konnten 1998 rund 7kg/ha nachgewiesen werden, so findet man 2017 5,5kg/ha. Die aus Nordamerika eingeschleppte Regenbogenforelle erhöhte ihren Gesamtbestand seit 1998 minimal von 2,8kg/ha auf 5,4kg/ha.

Betrachtend man die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parameter sowie die Einflussfaktoren Benthos und Ablauffrachten der Kläranlagen im gesamten, so kann nicht zwingend ein Zusammenhang zwischen dem chemischen Zustand der Drau und den Fischbestands-Rückgängen gefunden werden.

Da stärker organisch belastete Flüsse bis zu einem gewissen Punkt grundsätzlich vorteilhaftere Lebensbedingungen für die Fischpopulationen darstellen, lässt sich ein möglicher Zusammenhang zwischen den Veränderungen der chemisch-physikalischen Parametern und

den Fischdaten erahnen. Erkennbar ist, dass die Nährstoffe in der Oberen Drau seit 1981 tendenziell sinken, wenn auch nur auf niedrigem Niveau. Zugleich kommt es auch bei den Fischpopulationen zu einer Verringerung.

Aufgrund der fehlenden Fischbestandsdaten vor dem Jahr 1998 konnten die Veränderungen der Nährstoffparameter nur teilweise mit diesen in Bezug gestellt werden. Anhand der vorhandenen Datenreihen dieser Arbeit konnten weder positive noch negative Beeinflussungen der Fischbestände durch die chemisch-physikalischen Parameter beobachtet werden. Es bleibt Raum für weitere Forschung.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Drau zählt als größter Fluss Kärntens sowie als längster rechtsufriger Zubringer der Donau zu einem der wichtigsten Lebensräume der österreichischen Fischfauna. Aufgrund komplexer Zusammenhänge zwischen verschiedensten Einflussfaktoren erschwert sich die Ursachenfindung für den Bestandsrückgang der heimischen Fischarten in der Oberen Drau erheblich.

Ziel dieser Arbeit war es, einen dieser Einflussfaktoren - die für den ökologischen Zustand wichtigen chemisch-physikalischen Qualitätselemente - im Abschnitt zwischen Nikolsdorf und Kleblach auf deren Veränderungen seit dem Jahr 1981 zu untersuchen und diese mit dem Rückgang der Fischbestände in Verbindung zu bringen. Zudem wurden die benthischen Lebensgemeinschaften als Indikatoren für organische Verschmutzungen herangezogen und die Ablauffrachten der Kläranlagen in Irschen, Dellach und Steinfeld auf deren Nährstoffeintrag und Einfluss untersucht.

Vergleicht man die Fischbestände des Jahres 1998 mit der heutigen Situation in der Drau, so ist ein Abfall der Fischbiomasse festzustellen. Die Äsche, welche als Leitart ein wesentliches Element des Fischbestandes sowie des gesamten Ökosystems der Oberen Drau darstellt, verringert ihre Fischbiomasse. von 57kg/ha im Jahr 1998 auf 25kg/ha im Jahr 2017 (Unfer, 2004).

Erkennbar ist, dass auch die Nährstoffe in der Oberen Drau seit 1981 tendenziell sinken, wenn auch nur auf niedrigem Niveau. Diese Tendenz lässt sich auf alle drei Messstellen (Nikolsdorf, Berg und Kleblach) und auf die Parameter Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5), Orthophosphat (PO_4-P), Ammonium Stickstoff (NH_4-N), Ammoniak (NH_3), Ammonium (NH_4), Nitrat (NO_3.N) und totaler gelöster Kohlenstoff (TOC) umlegen. Die Messwerte der Wassertemperatur, des pH-Wertes, des Gesamtphosphors sowie der Sauerstoffsättigung blieben über die Jahre hinweg unverändert.

Betrachtet man die Ergebnisse der erhobenen Parameter Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5), Orthophosphat (PO_4-P) und Ammonium (NH_4-N) an den drei Messstellen, so konnten laut Qualitätszielverordnung (QZV Ökologie OG, 2009) nur in Nikolsdorf Überschreitungen in den „mäßigen Zustand“ festgestellt werden. Von den vier Überschreitungen beliefen sich zwei auf den Parameter BSB_5 (1982 und 1997) und zwei auf Orthophosphat (PO_4-P) (1985 und 1998). Seit 1999 kam es dann aber an keiner Messtelle mehr zu einem Übergang in den „mäßigen“ Zustand. Die Nährstoffparameter befinden sich demnach in einem laut Qualitätszielverordnung erwünschtem Zustand.

Vergleicht man die Veränderungen der Nährstoffkonzentrationen im Längsverlauf der Drau so ist zu erkennen, dass diese an der Messstelle Nikolsdorf fast immer die Höchstwerte einnehmen. Flussabwärts Richtung Berg sinkt die Konzentration ab, um auf Höhe von Kleblach nochmals leicht anzusteigen. Es wird angenommen, dass diese Konzentrationsunterschiede aufgrund unterschiedlicher mittlerer Abflussmengen zwischen den drei Messstellen zu Stande kommen. Grundsätzlich sollte die Nährstoffkonzentration eines Flusses relativ konstant verlaufen, jedoch können externe Nährstoffquellen zu Konzentrationsunterschieden führen. In der vorliegenden Arbeit konnten anhand der aufgeführten Ergebnisse keine solcher externen Nährstoffquellen gefunden werden.

Auffällig ist, dass es vor allem um das Jahr 2000 zu einem sprunghaften Abfall der Nährstoffparameter kam. Dieser Abfall ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Inbetriebnahme sowie den Ausbau mehrere Osttiroler Kläranlagen zurück zu führen. Durch solche technischen Veränderungen in der Abwasserreinigung kommt es zu einer starken Verringerung der eingeleiteten Nährstoffkonzentrationen. Um diesbezüglich genauere Aussagen zu treffen müssen die Betriebsprotokolle der Osttiroler Kläranlagen sowie deren Nährstoffanteil an der Gesamtfracht der Drau analysiert werden, was in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt wurde.

Betrachtet man die Ablauffrachten der drei Kärntner Kläranlagen in Irschen, Dellach und Steinfeld, so konnte festgestellt werden, dass diese nur einen minimalen Teil der Gesamtfracht der Oberen Drau ausmachen. Während von den drei Kläranlagen Frachten zwischen 135kg und 6.000kg eingeleitet werden, so befinden sich in der Drau Mengen von mehreren tausenden Tonnen. Ein solch geringer Anteil an der Gesamtfracht hat für die Nährstoffbilanz des Flusses keinen signifikanten Einfluss, jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Abwasserentsorgung vor der Errichtung der Kläranlagen einen positiven Effekt auf die Nährstoffbilanz und die Fischbestände hatte.

Auch die saprobiellen Indices des Makrozoo- sowie des Phytobenthos über die Jahre 1994 bis 2017 hinweg zeigte kaum Veränderungen in der Zusammensetzung des vorhandenen Benthos. 28 der 38 erhobenen Makrozoobenthos- sowie sechs der 17 erhobenen Phytobenthos Messwerte konnten als „sehr gut“ eingestuft“ werden. Kein einziges Mal kam es zu einem „mäßigen“ Zustand. Demnach befindet sich die Obere Drau im Abschnitt zwischen Nikolsdorf und Kleblach in einem gewünscht guten Zustand, welcher weder Anzeichen für eine erhöhte noch für eine zu niedrige organische Belastung zeigt.

Da stärker organisch belastete Flüsse bis zu einem gewissen Punkt grundsätzlich vorteilhaftere Lebensbedingungen für die Fischpopulationen darstellen, lässt sich ein möglicher Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Nährstoffparameter und den Fischdaten erahnen. Betrachtend man die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parameter dieser Arbeit sowie die Einflussfaktoren Benthos und Ablauffrachten der Kläranlagen im gesamten, so kann jedoch nicht zwingend ein Zusammenhang zwischen dem chemischen Zustand der Drau und den Fischbestands-Rückgängen gefunden werden. Es bedarf an zusätzlicher Forschung.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- HÜTTER L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung, Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer, biologischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren, 6. erweitere und aktualisierte Auflage, Otto Salle Verlag und Verlag Sauerländer, 515 Seiten
- KONAR M. (2004): Weitere Tiere des Gewässerbodens (Makrozoobenthos), Das obere Drautal, Tiere Pflanzen und Lebensräume einer inneralpinen Flusslandschaft, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, 61. Sonderheft, 285 Seiten
- MADER H., STEINDL T. & WIMMER R. (1996): Abflussregime Österreichischer Fließgewässer. – Umweltbundesamt, Monographien Bd. 82, Wien, zitiert aus: Das Obere Drautal, Tiere, Pflanzen und Lebensräume einer inneralpinen Flusslandschaft, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, 61. Sonderheft, 285 Seiten, Beitrag von Habersack H. & Sereinig N. (2004): Die Obere Drau- Eine Flusscharakterisierung
- MOOG O., Fink M. H. & Wimmer R., (2000): Fließgewässer- Naturräume, Umweltbundesamt GmBH, Monographien, Band 128, Wien
- MOOG O. et al. (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs, 2. Lieferung 2002
- MOOG O. (2004): A standardized procedure for prorate Multi-Habitat-Sampling of benthic invertebrates from wadeable rivers
- POLZER, E. (1980): Anorganische und organische Frachten in den Draustauen und ihre Beziehung zu den benthischen Organismen - Diss. Univ. Graz: Kärntner Inst. F. Seenforschung: 275 Seiten, zitiert aus: Das Obere Drautal, Tiere, Pflanzen und Lebensräume einer inneralpinen Flusslandschaft, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, 61. Sonderheft, 285 Seiten, Beitrag von Habersack H. & Sereinig N. (2004): Die Obere Drau- Eine Flusscharakterisierung
- ROTT E., HOFMANN G., PALL K., PFISTER P. & PIPP E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation. – Publ. Wasserwirtschaftskataster, zitiert aus: zitiert aus: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (2015): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente Teil A3 – Phytobenthos
- UIBLEIN F., FRIEDL T. & PROCHINIG U. (2002): Fischökologischer und Fischereilicher Managementplan für das Natura 2000-Gebiet Obere Drau im Rahmen des LIFE-Projektes Auenverbund Obere Drau, 79 Seiten
- UNFER G., WIESNER C., JUNGWIRTH M. (2004): LIFE Projekt Auenverbund Obere Drau, Fischökologisches Monitoring, Endbericht, 94 Seiten
- UNFER G., HASLAUER M., WIESNER C. & JUNGWIRTH M. (2011): LIFE Projekt Lebensader Obere Drau, Fischökologisches Monitoring, Endbericht, 113 Seiten
- UNFER G., (2018): LIFE Projekt Auenverbund Obere Drau, Fischökologisches Monitoring, Endbericht – NOCH NICHT VERÖFFENTLICHT
- WIMMER R., PARTHL G. & WINTERSBERGER H. (2007): Hydromorphologische Leitbilder in Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- ZELINKA M., & MARVAN P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer, zitiert aus: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (2015): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente Teil A2 – Makrozoobenthos
- Europäisches Parlament (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2009): 99. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG)
- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011): Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugsgebietsebene (STOBIMO-Nährstoffe) als Grundlage für Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme, Endbericht
- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): Wasserverbrauch und Wasserbedarf, Zusammenfassung der Ergebnisse
- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (2015): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente Teil A2 – Makrozoobenthos

- BMLFUW, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2016): Kommunales Abwasser, Österreichischer Bericht 2016
- BMNT, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Abteilung IV/3: Nationale und Internationale Wasserwirtschaft, (2018): Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 2013-2016
- BMNT, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Abteilung IV/3: Nationale und Internationale Wasserwirtschaft, (2015): Abwasserkennzahlen, https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/masseinheiten.html, 15.10.2018, 14:48
- Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft, Sachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (2003): Abwasserbericht 2002
- Wartungsverband Abwasserentsorgung Oberes Drautal-Weissensee (2018): http://www.wv-oberesdrautal.at/infos-und-downloads.html , 18.9.2018, 14:02

8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets an der Oberen Drau zwischen Nikolsdorf und Sachsenburg 7
ABBILDUNG 2: Lage der Probestellen an der Oberen Drau 10
ABBILDUNG 3: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Irschen in kg 12
ABBILDUNG 4: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Dellach in kg 12
ABBILDUNG 5: Jährliche Ablauffrachten der Kläranlage Steinfeld in kg 13
ABBILDUNG 6: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m^3/s 14
ABBILDUNG 7: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m^3/s 14
ABBILDUNG 8: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s 15
ABBILDUNG 9: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m^3/s 15
ABBILDUNG 10: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 16
ABBILDUNG 11: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 16
ABBILDUNG 12: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s 16
ABBILDUNG 13: PO_4-P Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m^3/s 17
ABBILDUNG 14: NH_4-N Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m^3/s 17
ABBILDUNG 15: Mittelwerte der BSB_5 Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m^3/s), Berg (63,12m^3/s) und Kleblach (64,35m^3/s), beprobt am selben Datum 18
ABBILDUNG 16: Mittelwerte der PO_4-P Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 18
ABBILDUNG 17: Mittelwerte der NH_4-N Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s) , Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 19
ABBILDUNG 18: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 20
ABBILDUNG 19: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 20
ABBILDUNG 20: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 21
ABBILDUNG 21: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 21
ABBILDUNG 22: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 22
ABBILDUNG 23: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 22
ABBILDUNG 24: Jährliche BSB_5 Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 22
ABBILDUNG 25: Jährliche PO_4-P Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 23
ABBILDUNG 26: Jährliche NH_4-N Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 23
A**BBILDUNG 27:** Saprobielle Indices des Makrozoobenthos im Zeitraum von 1994 bis 2017 zwischen den Abschnitten Nikolsdorf und Kleblach 24
ABBILDUNG 28: Saprobielle Indices des Phytobenthos im Zeitraum von 1995 bis 2017 an den Probestellen Berg und Kleblach 25
ABBILDUNG 29: Gesamtbestände der Hauptfischarten Äsche, Bachforelle und Regenbogenforelle der Jahre 1998, 2002, 2006, 2010 und 2017 in Kilogramm pro Hektar. 25
ABBILDUNG 30: Gesamtfracht der Drau an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 27
ABBILDUNG 31: BSB_5 Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m^3/s 29
ABBILDUNG 32: Mittelwerte der PO_4-P Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 29

ABBILDUNG 33: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s 38
ABBILDUNG 34: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s 38
ABBILDUNG 35: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s 38
ABBILDUNG 36: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s 39
ABBILDUNG 37: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 39
ABBILDUNG 38: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 39
ABBILDUNG 39: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 40
ABBILDUNG 40: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s 40
ABBILDUNG 41: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s 40
ABBILDUNG 42: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s 41
ABBILDUNG 43: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s 41
ABBILDUNG 44: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s 41
ABBILDUNG 45: Mittelwerte der Nitrat (NO_3-N) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 42
ABBILDUNG 46: Mittelwerte der Phosphor gesamt Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 42
ABBILDUNG 47: Mittelwerte der Ammonium (NH_4) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 42
ABBILDUNG 48: Mittelwerte der Ammoniak (NH_3) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 43
ABBILDUNG 49: Mittelwerte der TOC Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum 43
ABBILDUNG 50: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 43
ABBILDUNG 51: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 44
ABBILDUNG 52: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung 44

9. ANHANG

9.1 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER

9.1.1 Veränderungen an den einzelnen Messstellen

Nikolsdorf:

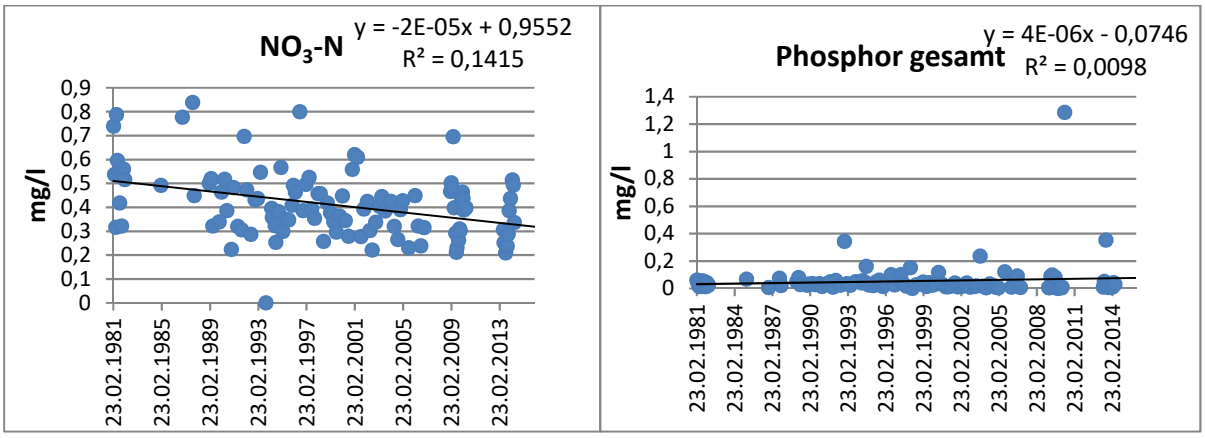

Abbildung 33: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s

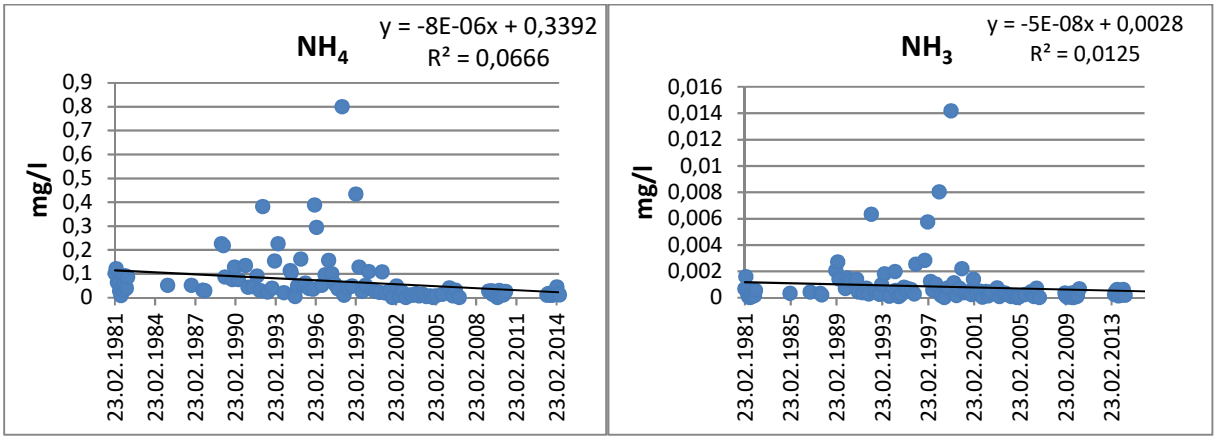

Abbildung 34: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s

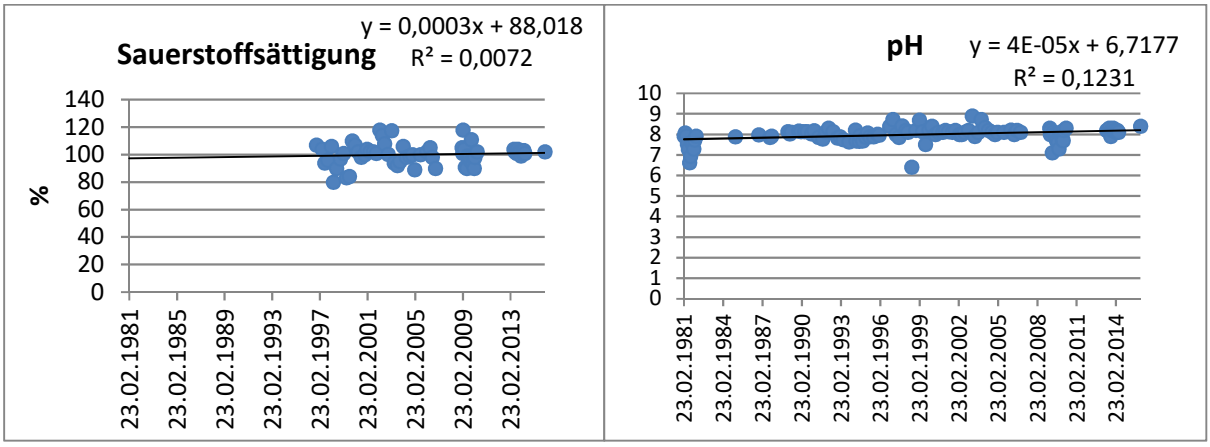

Abbildung 35: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s

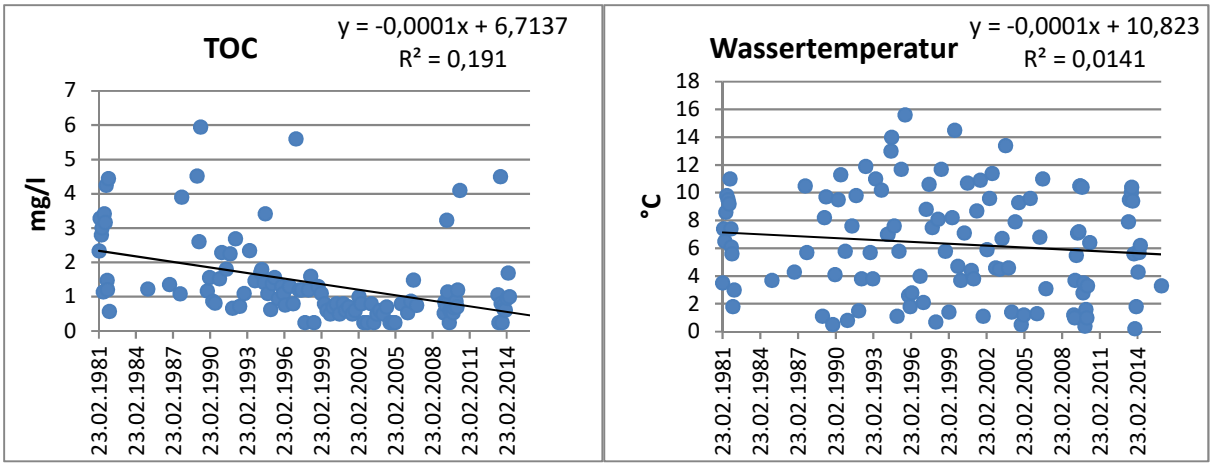

Abbildung 36: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Nikolsdorf bei einer mittleren Abflussmenge von 54,93m3/s

Berg:

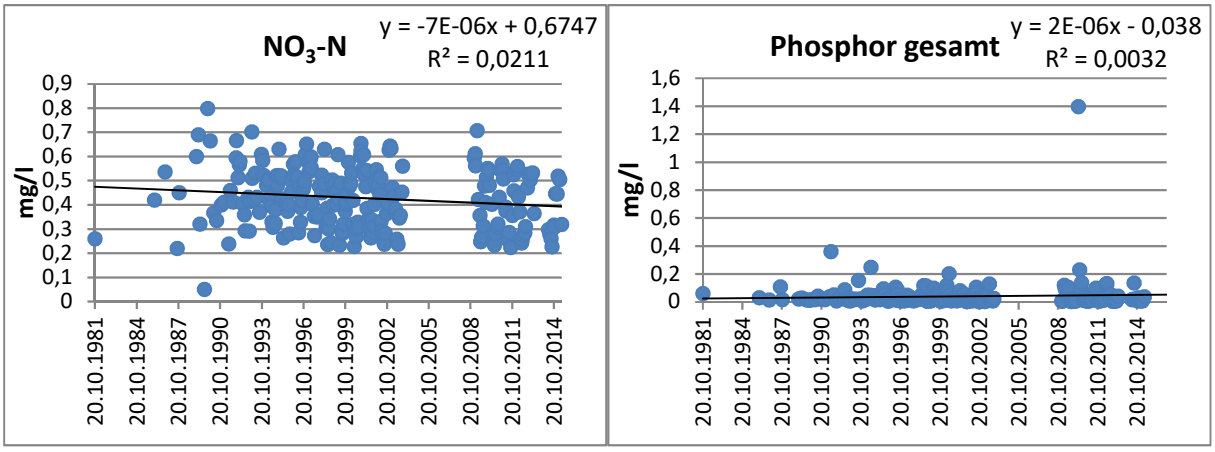

Abbildung 37: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

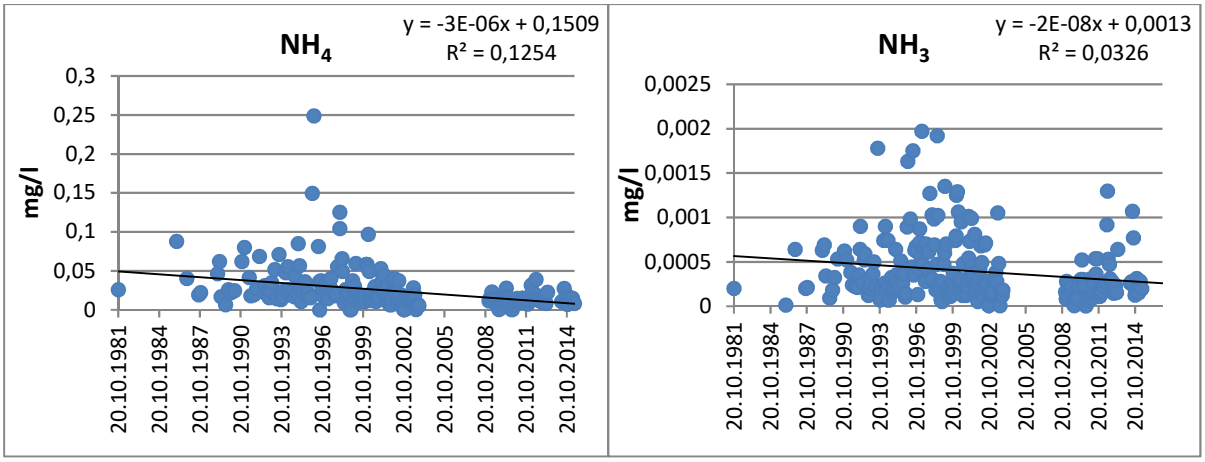

Abbildung 38: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

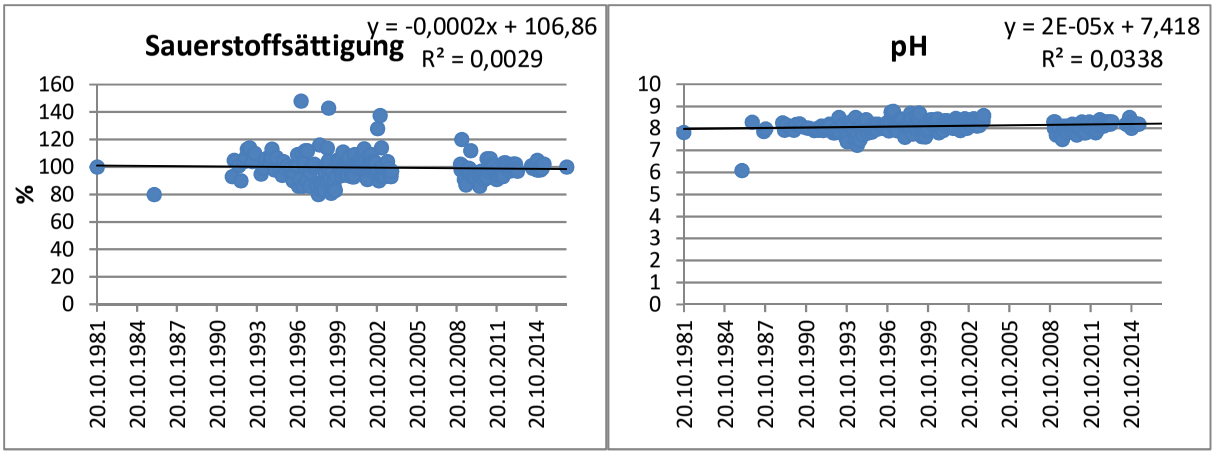

Abbildung 39: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

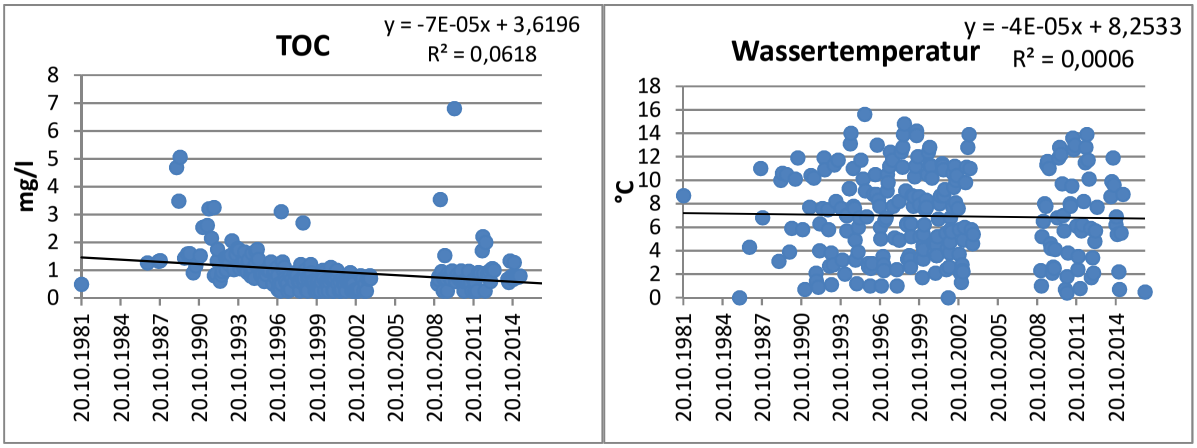

Abbildung 40: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Berg bei einer mittleren Abflussmenge von 63,12m3/s

Kleblach

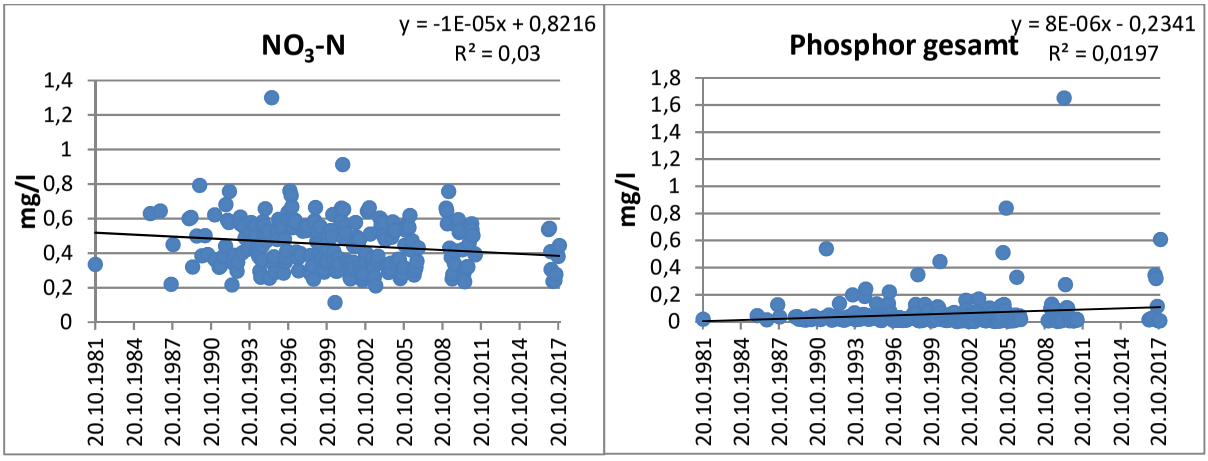

Abbildung 41: Nitrat (NO_3-N) und Phosphor gesamt Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s

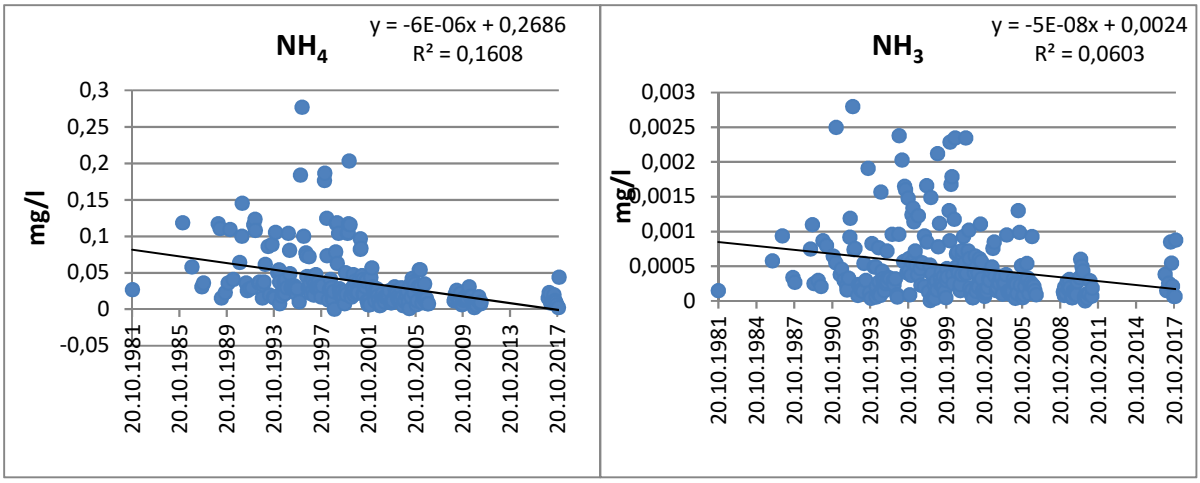

Abbildung 42: Ammonium (NH_4) und Ammoniak (NH_3) Konzentration an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s

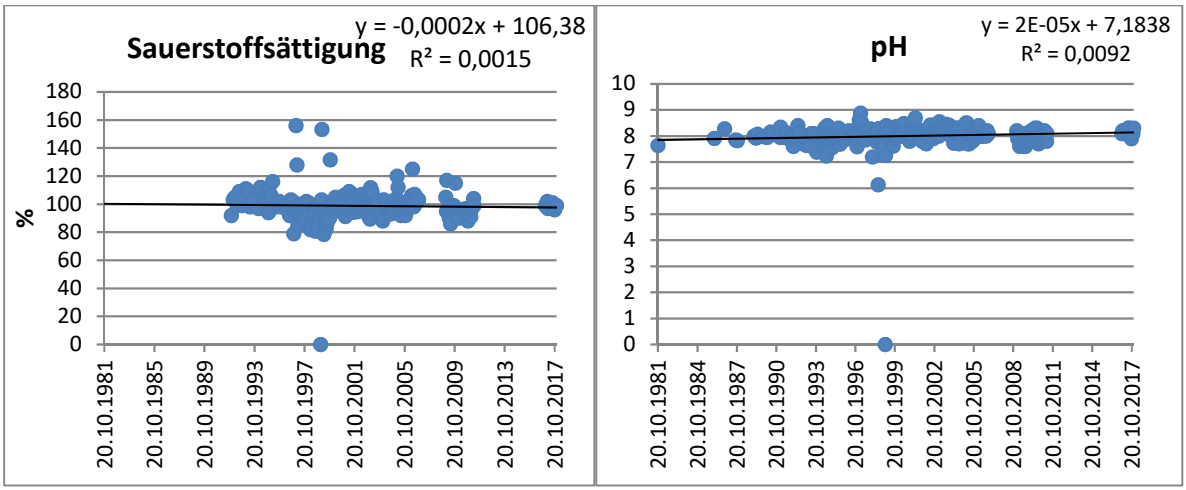

Abbildung 43: Sauerstoffsättigung und pH-Wert an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s

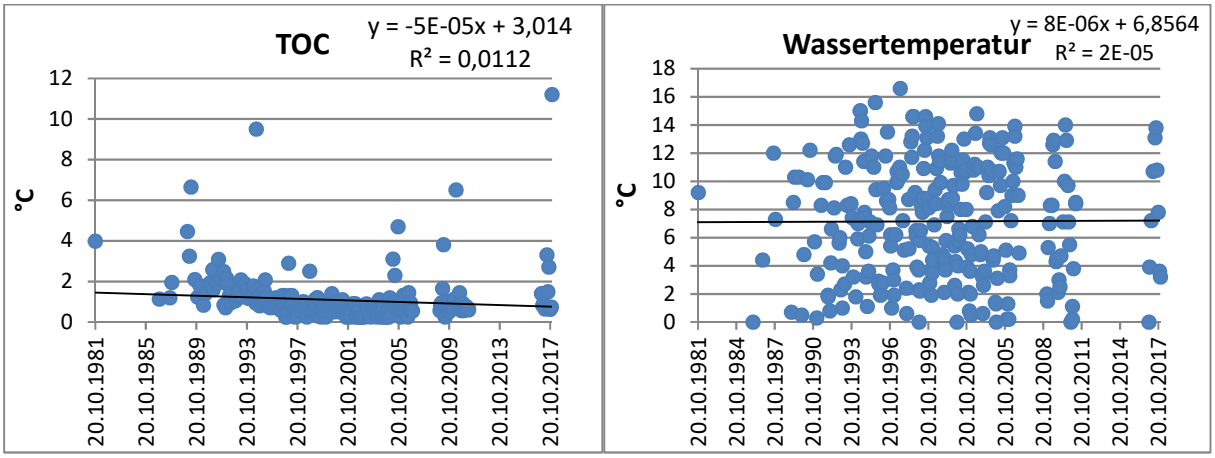

Abbildung 44: TOC und Wassertemperatur an der Probestelle Kleblach bei einer mittleren Abflussmenge von 64,36m3/s

9.1.2 Veränderungen im Längsverlauf der Drau

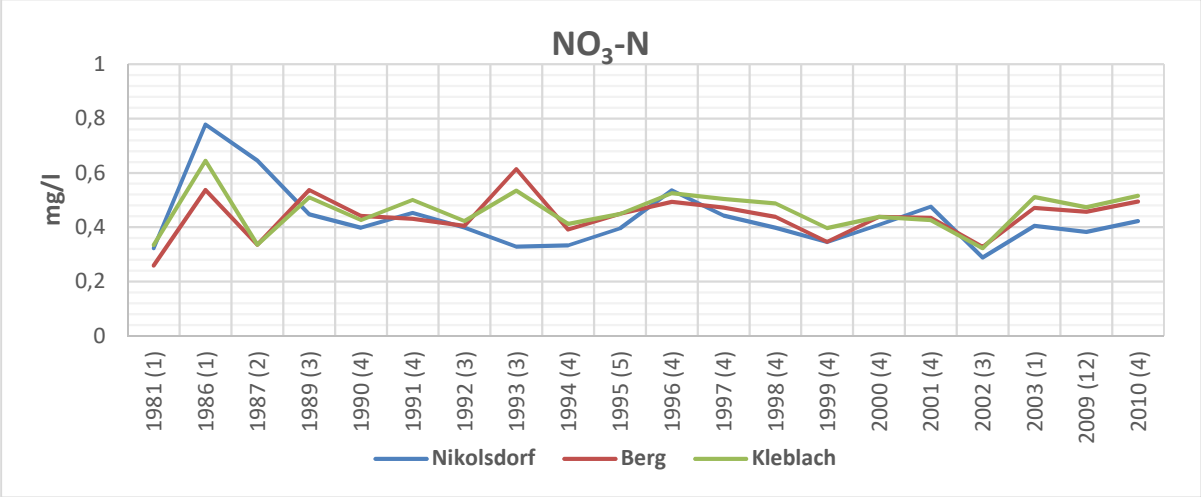

Abbildung 45: Mittelwerte der Nitrat (NO_3-N) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

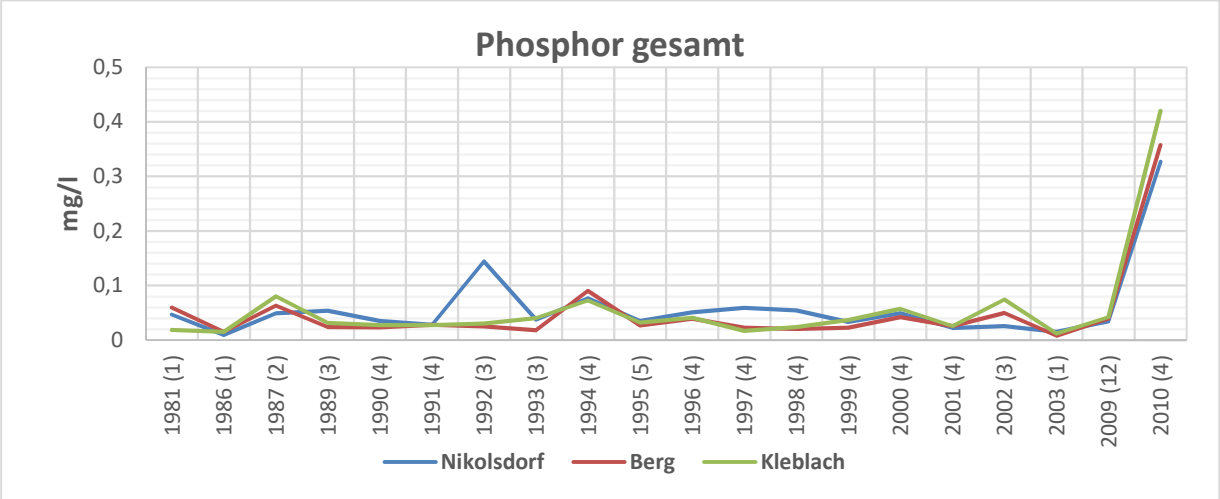

Abbildung 46: Mittelwerte der Phosphor gesamt Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

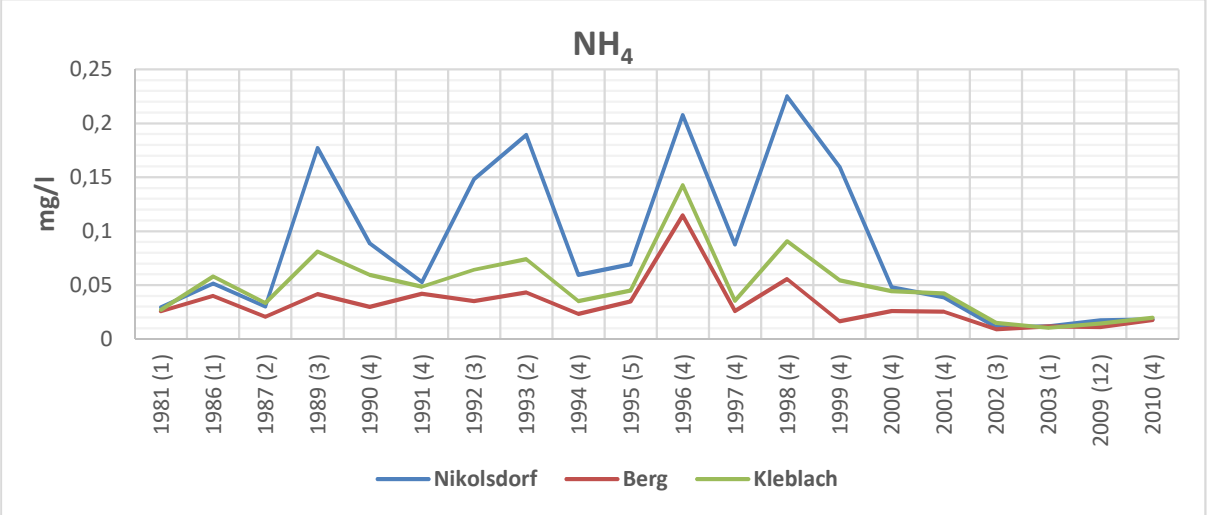

Abbildung 47: Mittelwerte der Ammonium (NH_4) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

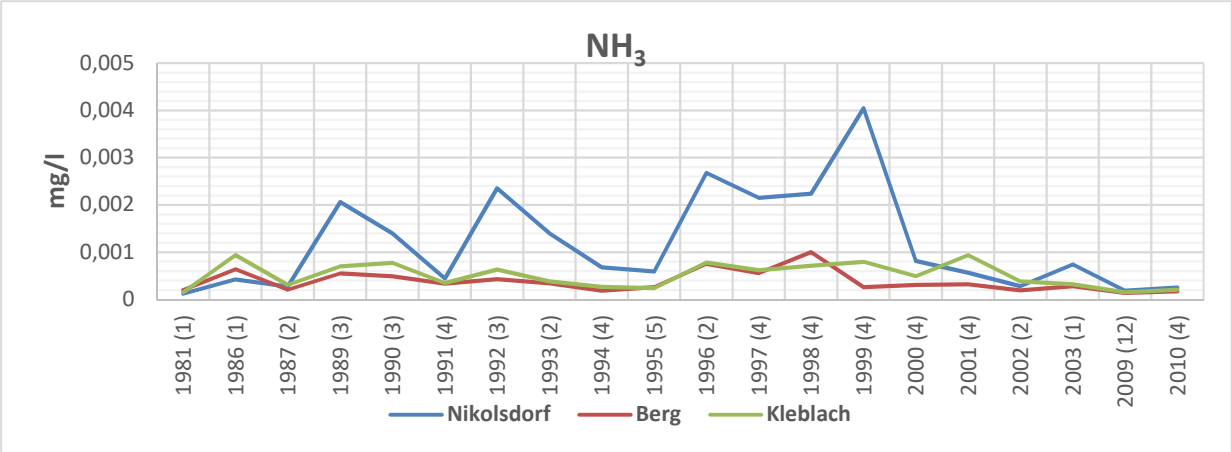

Abbildung 48: Mittelwerte der Ammoniak (NH_3) Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

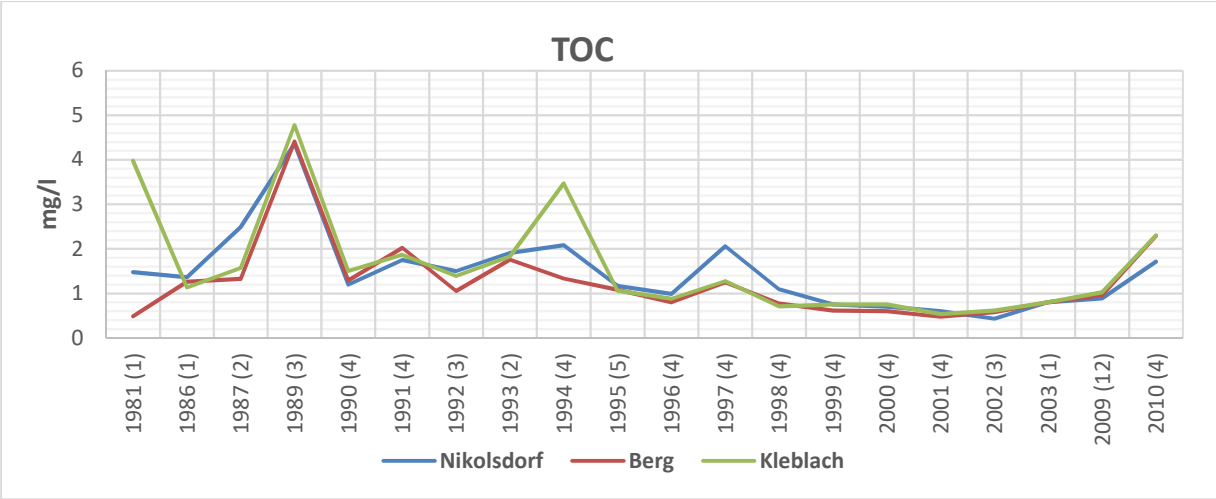

Abbildung 49: Mittelwerte der TOC Konzentration an den Messstellen Nikolsdorf (54,93m3/s), Berg (63,12m3/s) und Kleblach (64,35m3/s), beprobt am selben Datum

9.1.3 Beurteilung der Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Nikolsdorf:

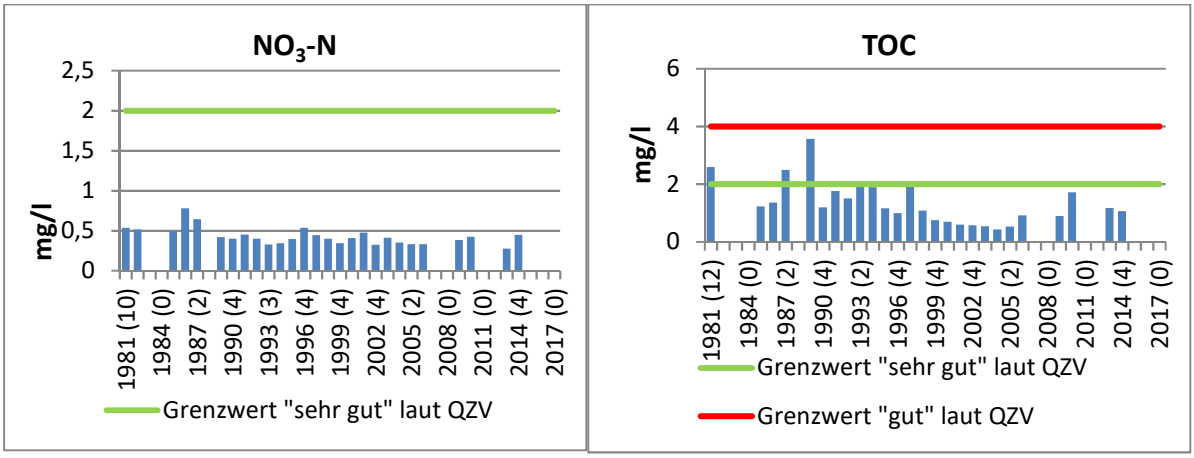

Abbildung 50: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Nikolsdorf und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Berg

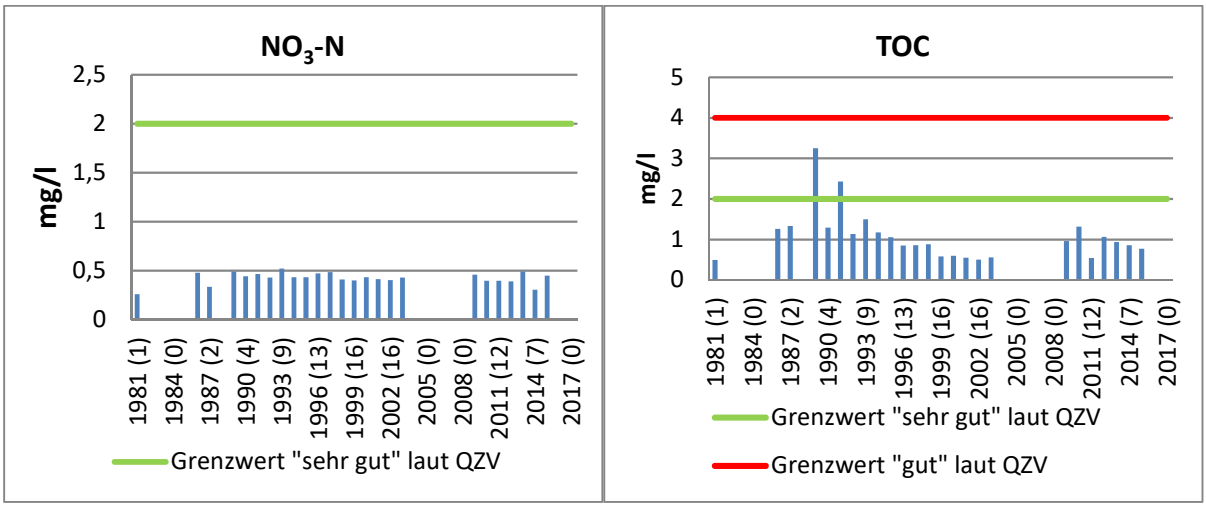

Abbildung 51: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Berg und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung

Kleblach

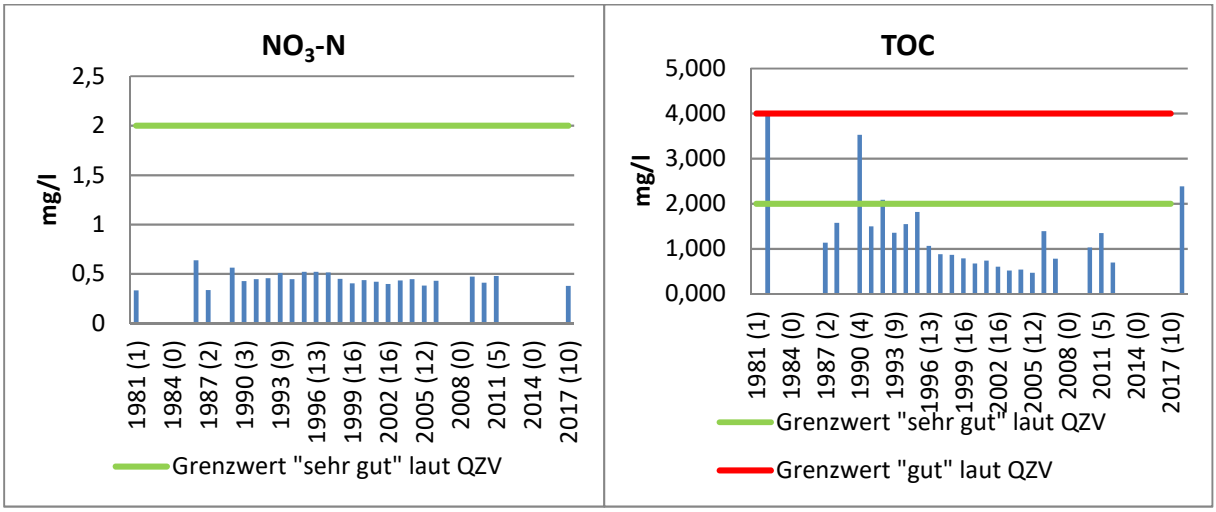

Abbildung 52: Jährliche Nitrat (NO_3-N) und TOC Mittelwerte der Drau in Kleblach und Darstellung deren Grenzwerte laut Qualitätszielverordnung