



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik
Studiengang Naturschutz und Landnutzungsplanung

**Welchen Einfluss hat die Landnutzung im Einzugsgebiet des
Tollensesees, im Zeitraum März 2016 bis März 2017, auf stoffliche
Einträge in seinen Zuflüssen**

Bachelorarbeit

Vorgelegt von: Malte Haack

Zum Erlangen des akademischen Grades

„Bachelor of Science (B. Sc.)“

Betreut durch:

Prof. Dr. rer. nat. Lutz Vetter

Dipl.-Ing. Michael Thomas

Abgabe 04.09.2017

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2017-0521-2

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	1
Tabellenverzeichnis.....	3
1. Einleitung.....	4
2. Grundlagen stoffliche Einträge in Gewässersysteme	6
2.1. Gesetzliche Rahmenbedingung.....	6
2.1.1. Wasserrahmenrichtlinie.....	6
2.1.2. Wasserhaushaltsgesetz	10
2.1.3. Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern	12
2.2. Stoffliche Einträge durch Punktquellen	12
2.2.1. Kommunale Kläranlagen	12
2.2.2. Industrielle Direkteinleiter	14
2.3. Stoffliche Einträge durch diffuse Quellen.....	14
2.3.1. Atmosphärische Deposition auf die Gewässerfläche	14
2.3.2. Erosion.....	16
2.3.3. Nährstoffüberschuss der Landwirtschaft.....	18
2.3.4. Versiegelte urbane Flächen.....	19
3. Hydrologisches Einzugsgebiet des Tollensesees	21
3.1. Geographische Lage	22
3.2. Genese des Einzugsgebiets.....	24
3.3. Geologie.....	25
3.4. Landnutzung	26
4. Parameter zur stofflichen Belastung	33
4.1. Vor-Ort Parameter.....	34
4.1.1. Lufttemperatur.....	34
4.1.2. Wassertemperatur.....	35
4.1.3. Leitfähigkeit.....	36
4.1.4. Redox-Wert.....	37
4.1.5. pH-Wert.....	38

4.1.6.	Sauerstoffkonzentration	39
4.1.7.	Sauerstoffsättigung	40
4.2.	Analytische-Parameter	41
4.2.1.	Chlorid.....	41
4.2.2.	Biochemischer Sauerstoffbedarf.....	43
4.2.3.	Gesamter organischer Kohlenstoff	45
4.2.4.	Total Phosphorus	46
4.2.5.	Orthophosphat	48
4.2.6.	Gesamter anorganischer Stickstoff.....	49
4.2.7.	Nitritstickstoff.....	50
4.2.8.	Nitratstickstoff.....	51
4.2.9.	Ammonium.....	52
4.2.10.	Gesamtstickstoff	53
5.	Stoffliche Einträge in den Seezuflüssen.....	54
5.1.	Gätenbach (Linde).....	56
5.2.	Steepengraben.....	58
5.3.	L130 bei Klein Nemerow	60
5.4.	L131 zwischen Klein Nemerow und Bornmühle.....	62
5.5.	Borne	63
5.6.	Nonnenbach.....	66
5.7.	L111 aus Ehrenhof	68
5.8.	L108 Zippelower Mühlbach	70
5.9.	Ziemenbach	72
5.10.	L89 Bach aus Wustrow	73
5.11.	L89C Bach bei Alt Meiershof.....	75
6.	Ergebnisse	77
	Literaturverzeichnis	79
	Eidesstattliche Erklärung	82
	Anhang.....	83

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einleitung häuslicher Abwässer (LUNG, 2004)	13
Abbildung 2: Schmutzwasser-Teilringleitung Tollensesee (IGB&StAUN-NB,1992).....	13
Abbildung 3: Atmosphärische Phosphor-Deposition in Deutschland (EMEP, 2013).....	15
Abbildung 4: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in Deutschland (EMEP, 2013)	15
Abbildung 5: Misch- und Niederschlagswassereinleitungen im EZG des Tollensesees (LUNG, 2004)	20
Abbildung 6: Topographische Lage des Einzugsgebiets des Tollensesee (eigene Darstellung auf Grundlage DTK, GeoPortal-MV)	22
Abbildung 7: Angrenzende EZG des Tollensesees, eigene Darstellung auf Grundlage (GeoPortal BafG)	23
Abbildung 8: Wege des Schmelzwassers durch das von Spalten durchzogene Inlandeis (Regionaler Planungsverband MS)	25
Abbildung 9: Oberflächengeologie im Einzugsgebiet des Tollensesees nach OK500 (GeoPortal-MV).....	26
Abbildung 10: Landnutzung im EZG des Tollensesees nach CLC-Klassifizierungsschlüssel (EEA,1999).....	27
Abbildung 11: Landnutzung im Einzugsgebiet in Überkategorien	32
Abbildung 12: Messstellen der Seezuflüsse, eigene Darstellung auf DTK (GeoPortal-MV) ..	34
Abbildung 13: Lufttemperatur im Jahresverlauf.....	35
Abbildung 14: Wassertemperatur im Jahresverlauf	36
Abbildung 15: Leitfähigkeit im Jahresverlauf.....	37
Abbildung 16: Redoxwert im Jahresverlauf.....	38
Abbildung 17: ph-Wert im Jahresverlauf	39
Abbildung 18: Sauerstoffkonzentration im Jahresverlauf	40
Abbildung 19: Sauerstoffsättigung im Jahresverlauf	41
Abbildung 20: Chlorid im Jahresverlauf	42
Abbildung 21: BSB ₅ im Jahresverlauf.....	44
Abbildung 22: Gesamter Kohlenstoff im Jahresverlauf	45
Abbildung 23: Total Phosphorus im Jahresverlauf	47
Abbildung 24: Orthophosphat im Jahresverlauf	48
Abbildung 25: Gesamter anorganischer Stickstoff im Jahresverlauf	50
Abbildung 26: Nitritstickstoff im Jahresverlauf	51
Abbildung 27: Nitratstickstoff im Jahresverlauf	51
Abbildung 28: Ammoniumstickstoff im Jahresverlauf	52

Abbildung 29: Gesamtstickstoff im Jahresverlauf	53
Abbildung 30: Teilung der Linde (eigene Fotografie)	56
Abbildung 31: Übersicht Landnutzung EZG Linde	57
Abbildung 32: Übersicht Landnutzung EZG Steepengraben.....	59
Abbildung 33: Zufluss L130 in Tollensesee (eigene Fotografie).....	60
Abbildung 34: Übersicht Landnutzung EZG L130	60
Abbildung 35: Braunfärbung durch Huminstoffe aus Schichtquellen (eigene Fotografie)	61
Abbildung 36: Übersicht Landnutzung EZG L131	62
Abbildung 37: Übersicht Landnutzung EZG Borne	64
Abbildung 38: Zufluss Borne in Tollensesee (eigene Fotografie)	65
Abbildung 39: Übersicht Landnutzung EZG Nonnenbach.....	66
Abbildung 40: Zufluss Nonnenbach in Tollensesee	67
Abbildung 41: Übersicht Landnutzung EZG L111	69
Abbildung 42: Übersicht Landnutzung EZG Zippelower Mühlbach	71
Abbildung 43: Übersicht Landnutzung EZG Ziemenbach	72
Abbildung 44: Übersicht Landnutzung EZG Bach aus Wustrow	74
Abbildung 45: Übersicht Landnutzung EZG Bach bei Alt Meiershof.....	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verzeichnis der wichtigsten Schadstoffe (WRRL)	9
Tabelle 2: Matrix zur Anfälligkeit von Winderosion (verändert, nach BMELV, 2001 und Lieberoth et al.).....	18
Tabelle 3: Umgebungsfaktoren der zehn größten Seen Mecklenburg-Vorpommerns (Werte aus: Nixdorf, Hemm, Hoffmann, & Richter, 2004)	21
Tabelle 4: Parameter der Messwerte (StALU MS, 2017)	33
Tabelle 5: Saprobitätsstufen (Baier, 2015).....	44
Tabelle 6: Vergleichsraster qualitative Merkmale der Seezuflüsse	54
Tabelle 7: Vergleichsraster flächenbezogene Jahresfrachten.....	55
Tabelle 8: Qualitative Merkmale Seezufluss Gätenbach (Linde).....	57
Tabelle 9: Quantitative Merkmale Seezufluss Gätenbach (Linde).....	58
Tabelle 10: Qualitative Merkmale Seezufluss Borne.....	59
Tabelle 11: Qualitative Merkmale Seezufluss L130	61
Tabelle 12: Quantitative Merkmale Seezufluss L130	62
Tabelle 13: Qualitative Merkmale Seezufluss L131	63
Tabelle 14: Quantitative Merkmale Seezufluss L131	63
Tabelle 15: Qualitative Merkmale Seezufluss Borne.....	65
Tabelle 16: Qualitative Merkmale Seezufluss Nonnenbach	67
Tabelle 17: Quantitative Merkmale Seezufluss Nonnenbach	68
Tabelle 18: Qualitative Merkmale Seezufluss L111	69
Tabelle 19: Quantitative Merkmale Seezufluss L111	69
Tabelle 20: Qualitative Merkmale Seezufluss Zippelower Mühlbach.....	71
Tabelle 21: Quantitative Merkmale Seezufluss Zippelower Mühlbach	72
Tabelle 22: Qualitative Merkmale Seezufluss Ziemenbach.....	73
Tabelle 23: Quantitative Merkmale Seezufluss Ziemenbach.....	73
Tabelle 24: Qualitative Merkmale Seezufluss Bach aus Wustrow.....	74
Tabelle 25: Quantitative Merkmale Seezufluss Bach aus Wustrow.....	75
Tabelle 26: Qualitative Merkmale Seezufluss Bach bei Alt Meiershof.....	76
Tabelle 27: Quantitative Merkmale Seezufluss Bach bei Alt Meiershof.....	76
Tabelle 28: Vergleichswerte der qualitativen Merkmale	78
Tabelle 29: Vergleichswerte der quantitativen Merkmale.....	78

1. Einleitung

Das Schutzgut Wasser ist im Leben des Menschen allgegenwärtig, benötigt er es doch zum Leben und besteht selbst zu einem großen Teil aus Wasser. Trotz der Bedeutung des Wassers für den Menschen belastet er das Wasser in der Umwelt durch seine immer intensivere Landnutzung. Auch wenn das Wasser durch seine schiere Masse eine große Resilienz zu besitzen scheint, sind Gewässer sensible Ökosysteme.

Der Tollensesee liegt am südlichen Rand der kreisfreien Stadt Neubrandenburg, sein hydrologisches Einzugsgebiet umfasst etwa 502km². Das Einzugsgebiet ist eine offene Agrarlandschaft, die nur geringe Anteile von Siedlungsfläche und Waldfläche aufweist. Der von der Landwirtschaft eingeschlossene Tollensesee besitzt zwei Hauptzuflüsse, Nonnenbach und Linde, zudem fließt der Lieps-Kanal in den Tollensesee ein. In der Arbeit werden die Zuflüsse von Tollensesee und Lieps gemeinsam als Zuflüsse des Tollensesees betrachtet.

Das Staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte beauftragte im Jahre 2016 erstmals eine Beprobung kleinerer Seezuflüsse des Tollensesees über den Zeitraum eines Jahres. Durch diese Beprobung stehen Messwerte von elf Seezuflüssen zur Verfügung. Die elf dazugehörigen Teileinzugsgebiete des Tollensesee ermöglichen die Betrachtung eines Großteils des Einzugsgebiets Tollensesees.

In dieser Arbeit soll versucht werden, den Einfluss der Landnutzung in den Einzugsgebieten der Zuflüsse, auf stoffliche Einträge in ihnen zu erörtern. Als Leitfaden für das Verständnis der verschiedenen Eintragsmöglichkeiten stofflicher Einträge in Gewässer, dient das „MONERIS-Model“ (Modelling Nutrient Emissions in River Systems) des „Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.“.

Als Grundlage zur Ermittlung der Landnutzung im Einzugsgebiet dienen die Klassifikationen des „CORINE Land Cover“ Projektes, welches die wichtigsten Formen der Landnutzung klassifiziert.

Um zu erfahren wie die Einbringung von stofflichen Einträgen in Gewässersysteme reguliert ist, werden die aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen ermittelt und anschließend analysiert.

Der Begriff des hydrologischen Einzugsgebiets wird geklärt und die Besonderheiten des zu betrachtenden Gebiets herausgearbeitet.

In einem weiteren Schritt werden die ermittelten Messwerte der elf Zuflüsse ausgewertet und der Landnutzung in den jeweiligen Teileinzugsgebieten gegenübergestellt. Dabei erfolgt anhand von Durchflussmessung an den Messstellen der Seezuflüsse eine Hochrechnung der flächenbezogenen Frachten, die durch sie eingetragen werden.

2. Grundlagen stoffliche Einträge in Gewässersysteme

2.1. Gesetzliche Rahmenbedingung

„Gewässerschutz ist eine der zentralen umweltrechtlichen Aufgaben unserer modernen Gesellschaft. Das Wasserrecht muss wichtige Antworten auf die unterschiedlichen Gefährdungen für die Wasserqualität und den Zustand der Gewässer finden.

Gewässerschutz durch Recht ist eine gesamtstaatliche Aufgabe, die nicht allein einer Ebene überantwortet wird.“ (BERGER, 2017, S. 1)

Die wasserrechtliche Gesetzgebungskompetenz in Deutschland teilen sich Bund und Länder, sie versuchen europäisches Recht umzusetzen. Das wasserrechtliche Gesetz auf Bundesebene heißt **Wasserhaushaltsgesetz** (WHG) es setzt die **Wasserrahmenrichtlinie** (WRRL) des Europäischen Parlamentes aus dem Jahr 2000 um.

Das 2009 novellierte WHG war vormals ein Rahmengesetz, welches nur Rahmenbedingungen im Wasserrecht regelte und den Ländern mit seinen Landeswassergesetzen mehr Kompetenzen überließ. Im Zuge der „Föderalismusreform I“ (2006) trat das WHG in konkurrierende Gesetzgebung mit den **Landeswassergesetzen**. Das WHG regelt das Wasserrecht nun abschließend. Den Ländern wird die Möglichkeit der gesetzlichen Ergänzung bzw. Abweichung gegeben um die Gesetze auf eigene Bedürfnisse anzupassen (vgl. BERGER, 2017, S.1-2).

Das **Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern** aus dem Jahr 1992 ist weiterhin rechtsgültig, wurde aber umfassend bereinigt um nicht mit dem WHG zu kollidieren (vgl. RASMAUER, 2010,S.270).

2.1.1. Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie nennt in Ihren vorangestellten Begründungen für die Schaffung der europarechtlichen Regelungen im Wasserrecht folgende Begründung:

„Im Gemeinschaftsrecht sollten für bestimmte Schadstoffgruppen oder -familien gemeinsame Umweltqualitätsnormen und missionsgrenzwerte als Mindestanforderungen festgelegt

werden. Für die Verabschiedung solcher Normen auf Gemeinschaftsebene sind entsprechende Bestimmungen zu erlassen.“ (Punkt 42, Begründung, WRRL)

Und führt weiter aus wie die Bestimmung der betreffenden Stoffe erfolgen soll und welche Einschränkungen es gibt:

„Die Wasserverschmutzung durch Einleitungen, Emissionen oder Verluste prioritärer gefährlicher Stoffe muss beendet oder schrittweise eingestellt werden. Das Europäische Parlament und der Rat sollten auf Vorschlag der Kommission festlegen, für welche Stoffe prioritär Maßnahmen zu ergreifen sind und welche spezifischen Maßnahmen gegen die Wasserverschmutzung durch solche Stoffe getroffen werden müssen, wobei alle bedeutenden Verschmutzungsquellen zu berücksichtigen und das Niveau und die Kombination von Begrenzungen unter dem Gesichtspunkt der Kostenwirksamkeit und der Verhältnismäßigkeit zu ermitteln sind.“ (Punkt 43 Begründung,WRRL)

Zudem wird eine Verknüpfung zwischen den Einleitungen und Emissionen von gefährlichen Stoffen, mit den Zielen für die Oberflächenwasserkörper hergestellt.

„Die Mitgliedstaaten sollten Maßnahmen ergreifen, um die Verschmutzung von Oberflächenwasser durch prioritäre Stoffe zu beseitigen und die Verschmutzung durch andere Stoffe, die sonst das Erreichen der für die Oberflächenwasserkörper festgelegten Ziele durch die Mitgliedstaaten verhindern würden, schrittweise zu verringern.“ (Punkt 45, Begründung, WRRL)

In Artikel I WRRL werden bezüglich Einleitungen und Emissionen folgende Ziele genannt:

„Anstrebens eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen;“ (Punkt C, Artikel I, WRRL)

Artikel II WRRL enthält die Begriffsbestimmungen, was im Sinne der Richtlinie als ein Einzugsgebiet gilt,

„[...] ein Gebiet, aus welchem über Ströme, Flüsse und möglicherweise Seen der gesamte Oberflächenabfluss an einer einzigen Flussmündung, einem Ästuar oder Delta ins Meer gelangt;“. (Punkt 13, Artikel II, WRRL)

Der Begriff Teileinzugsgebiet bezeichnet,

„[...] ein Gebiet, aus welchem über Ströme, Flüsse und möglicherweise Seen der gesamte Oberflächenabfluss an einem bestimmten Punkt in einen Wasserlauf (normalerweise einen See oder einen Zusammenfluss von Flüssen) gelangt;“. (Punkt 14, Artikel II, WRRL)

Demnach ist das, in dieser Arbeit betrachtete Einzugsgebiet des Tollensesee im Sinne der WRRL ein Teileinzugsgebiet, es wird aber im weiteren Verlauf der Arbeit als Einzugsgebiet angesprochen.

Die WRRL unterscheidet in drei Kategorien von Stoffen deren Eintrag zu Verringern oder zu Vermeiden ist.

- **Gefährliche Stoffe:** „[...] Stoffe oder Gruppen von Stoffen, die toxisch, persistent und bioakkumulierbar sind, und sonstige Stoffe oder Gruppen von Stoffen, die in ähnlichem Maße Anlass zu Besorgnis geben;“ (Punkt 29, Artikel II, WRRL)
- **Prioritäre Stoffe:** „[...] Stoffe, die nach Artikel 16 Absatz 2 bestimmt werden und in Anhang X aufgeführt sind. Zu diesen Stoffen gehören auch die prioritären gefährlichen Stoffe, das heißt die Stoffe, die nach Artikel 16 Absätze 3 und 6 bestimmt werden und für die Maßnahmen nach Artikel 16 Absätze 1 und 8 ergriffen werden müssen;“ (Punkt 30, Artikel II, WRRL)
- **Schadstoffe:** „[...] jeder Stoff, der zu einer Verschmutzung führen kann, insbesondere Stoffe des Anhangs VIII;“ (Punkt 31, Artikel II, WRRL)

Welche Stoffe als „**Gefährlichen Stoffe**“ gelten wird nicht weiter ausgeführt, die „**Prioritäten Stoffe**“ werden in Anhang I aufgelistet, die „**Schadstoffe**“ sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Verzeichnis der wichtigsten Schadstoffe (WRRL)

Nichterschöpfendes Verzeichnis der wichtigsten Schadstoffe	
1.	Organohalogene Verbindungen und Stoffe, die im Wasser derartige Verbindungen bilden können
2.	Organische Phosphorverbindungen
3.	Organische Zinnverbindungen
4.	Stoffe und Zubereitungen oder deren Abbauprodukte, deren karzinogene oder mutagene Eigenschaften bzw. steroidogene, thyreoide, reproduktive oder andere Funktionen des endokrinen Systems beeinträchtigenden Eigenschaften im oder durch das Wasser erwiesen sind
5.	Persistente Kohlenwasserstoffe sowie persistente und bioakkumulierende organische toxische Stoffe
6.	Zyanide
7.	Metalle und Metallverbindungen
8.	Arsen und Arsenverbindungen
9.	Biozide und Pflanzenschutzmittel
10.	Schwebstoffe
11.	Stoffe, die zur Eutrophierung beitragen (insbesondere Nitrate und Phosphate)
12.	Stoffe mit nachhaltigem Einfluss auf die Sauerstoffbilanz (und die anhand von Parametern wie BSB, CSB usw. gemessen werden können).

Nach Durchsicht der drei nach WRRL verschiedenen Stoffgruppen lässt sich feststellen, dass die vom StALU MS erhobenen Analytischen-Parameter (s. Tabelle 4) zu den „**Schadstoffe**“ zählen. Genauer handelt es sich um „Organische Phosphorverbindungen“, „Schwebstoffe“, „Stoffe, die zur Eutrophierung beitragen (insbesondere Nitrate und Phosphate)“ und „Stoffe mit nachhaltigem Einfluss auf die Sauerstoffbilanz (und die anhand von Parametern wie BSB, CSB usw. gemessen werden können).“

In Bezug auf Einleitung durch Punktquellen und diffuse Quellen sieht die WRRL den sogenannten „Kombinierten Ansatz“ vor. Dieser setzt sich aus „Grundlegende Maßnahmen“ und „Ergänzende Maßnahmen“ zusammen, die „Grundlegende Maßnahmen“ sind Maßnahmen, die notwendig sind um die Mindestanforderungen zu erfüllen (Punkt 3, Artikel 10, WRRL).

Die „Grundlegende Maßnahmen“ für Einleitungen **über Punktquellen** und für Einleitung über **diffusen Quellen** werden in der WRRL wie folgt beschrieben:

„[...]bei Einleitungen **über Punktquellen**, die Verschmutzungen verursachen können, das Erfordernis einer vorherigen Regelung, wie ein Verbot der Einleitung von Schadstoffen in das Wasser, oder eine vorherige Genehmigung oder eine Registrierung nach allgemein

verbindlichen Regeln, die Emissionsbegrenzungen für die betreffenden Schadstoffe, einschließlich Begrenzungen nach den Artikeln 10 und 16, vorsehen. Diese Begrenzungen werden regelmäßig überprüft und gegebenenfalls aktualisiert;" (Punkt 3g, Artikel 10, WRRL).

„[...]bei **diffusen Quellen**, die Verschmutzungen verursachen können, Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung der Einleitung von Schadstoffen. Die Begrenzungen können in Form einer Vorschrift erfolgen, wonach eine vorherige Regelung, wie etwa ein Verbot der Einleitung von Schadstoffen in das Wasser, eine vorherige Genehmigung oder eine Registrierung nach allgemein verbindlichen Regeln erforderlich ist, sofern ein solches Erfordernis nicht anderweitig im Gemeinschaftsrecht vorgesehen ist. Die betreffenden Begrenzungen werden regelmäßig überprüft und gegebenenfalls aktualisiert;" (Punkt 3h, Artikel 10, WRRL).

„**Ergänzende Maßnahmen**“, sind: „[...] Maßnahmen, die zusätzlich zu den grundlegenden Maßnahmen geplant und ergriffen werden, um die gemäß Artikel 4 festgelegten Ziele zu erreichen.“ (Punkt 4, Artikel 10, WRRL)

Um zu sehen wie der „kombinierte Ansatz“ zur Begrenzung von Einleitungen und Emissionen in Oberflächengewässer im deutschen Recht umgesetzt wurde, wird das Wasserhaushaltsgesetz dahingehend untersucht.

2.1.2. Wasserhaushaltsgesetz

In §1 des WHG ist der Zweck des Gesetzes wie folgt definiert:

„Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.“ (§1, WHG)

Erstmals wird in §6 „Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung“ ein allgemeines Ziel bezüglich der nachhaltigen Bewirtschaftung von Oberflächengewässern genannt, welches auch die Gewässereigenschaften und somit die Einleitung von stofflichen Einträgen betrifft.

„Die Gewässer sind nachhaltig zu bewirtschaften, insbesondere mit dem Ziel, [...] ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern, insbesondere durch Schutz vor nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften[...]“ (§1 Abs.1(1),WHG)

Konkreter werden die Regulierungen in §32 „Reinhaltung oberirdischer Gewässer“ hier ist festgelegt, dass feste Stoffe nicht in oberirdische Gewässer entsorgt werden dürfen, und Stoffe an oberirdischen Gewässern nur an jenen gelagert werden dürfen, wenn diese keine nachteilige Wirkung auf die Wasserbeschaffenheit haben (vgl. §32 Abs.1-2, WHG).

Der Gewässerrandstreifen, der eine Schutzfunktion vor diffusen Einträgen aus der landwirtschaftlichen Nutzung bieten soll ist in §38 „Gewässerrandstreifen“ definiert.

In § 54 „Begriffsbestimmungen für die Abwasserbeseitigung“ wird definiert was der Begriff Abwasser im Sinne des WHG ist, demzufolge ist Abwasser:

„[...]das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie [...] das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser). [...]“ (§54 Abs.1,WHG).

„Abwasserbeseitigung umfasst das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser [...]“ (§54 Abs.2, WHG)

In § 57 „Einleiten von Abwasser in Gewässer“ wird eine Regelung zu direkten Einleitung getroffen. Demnach wird eine Genehmigung nur erteilt wenn folgende Kriterien erfüllt sind. Die Schädlichkeit des Abwassers muss möglichst gering gehalten werden, die Abwassertechnik auf einem modernen Stand sein, die Einleitung muss mit anderen rechtlichen Grundlagen übereinstimmen und die Einleitung an die Anforderungen der jeweiligen Gewässereigenschaften angepasst sein.

Das WHG enthält mit seinen grundlegenden Schutzziele, die rechtliche Basis um die „Grundlegende Maßnahmen“ der WRRL zu erfüllen. Die geforderte Möglichkeit zu möglichen Verboten, Beschränkungen und vorangestellten Genehmigungsverfahren für Einleitungen sind im Gesetz gegeben. Hingegen konnten keine Regelungen im WHG bzgl. der „Ergänzenden Maßnahmen“ der WRRL ausgemacht werden.

2.1.3. Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern

Nach Durchsicht des Wassergesetzes des Landes Mecklenburg-Vorpommern, stellte sich heraus, dass das mit dem Wasserhaushaltsgesetz konkurrierende Landesgesetz, keine weiteren Regelungen bezüglich Einleitungen von stofflich belasteten Abwässern trifft.

2.2. Stoffliche Einträge durch Punktquellen

Einträge durch Punktquellen bezeichnen stoffliche Einträge in Gewässer, die an einem bestimmten Ort auftreten, diese Einträge sind durch menschliche Tätigkeiten bedingt und werden bewusst an dieser Stelle eingeleitet. Zu diesen Einleitungen zählen Abwässer aus kommunalen Kläranlagen oder Betriebswasser aus industriellen Direkteinleitungen (VGL. LUNG, 2004).

2.2.1. Kommunale Kläranlagen

Einleitungen durch kommunale Kläranlagen stellen einen Aspekt der Einträge durch Punktquellen dar. In BEHRENDT ET AL., 2003 dienen als Bemessungsgrundlage für den Einfluss von kommunalen Kläranlagen, Statistiken der Landesstatistikämter. Anhand von Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im geklärten Abwasser und dem Ort der Einleitung in das Gewässersystem, können stoffliche Frachten den Gewässern zugeordnet werden. Für die Gemeinden im Einzugsgebiet des Tollensesees ist zu prüfen, welche Gemeinden eigene Kläranlagen betreiben und wo deren Einleitungen erfolgen.

Das LUNG, 2004 zeigt in einem Bericht zum Stand der Umsetzung der WRRL aus dem Jahr 2004, in einer Kartendarstellung, die Einleitungsstandorte von kommunalen Kläranlagen mit vorwiegend häuslichen Abwässern. Im Einzugsgebiet des Tollensesees liegen zehn Kläranlagen die jeweils Abwässer von 50 bis 1.000

Einwohner einleiten. Eine größere Kläranlage befindet sich in der Gemeinde Blankensee, diese liegt in der Kategorie 1.000 bis 5.000 Einwohner angeschlossene Einwohner, siehe Abbildung 1.

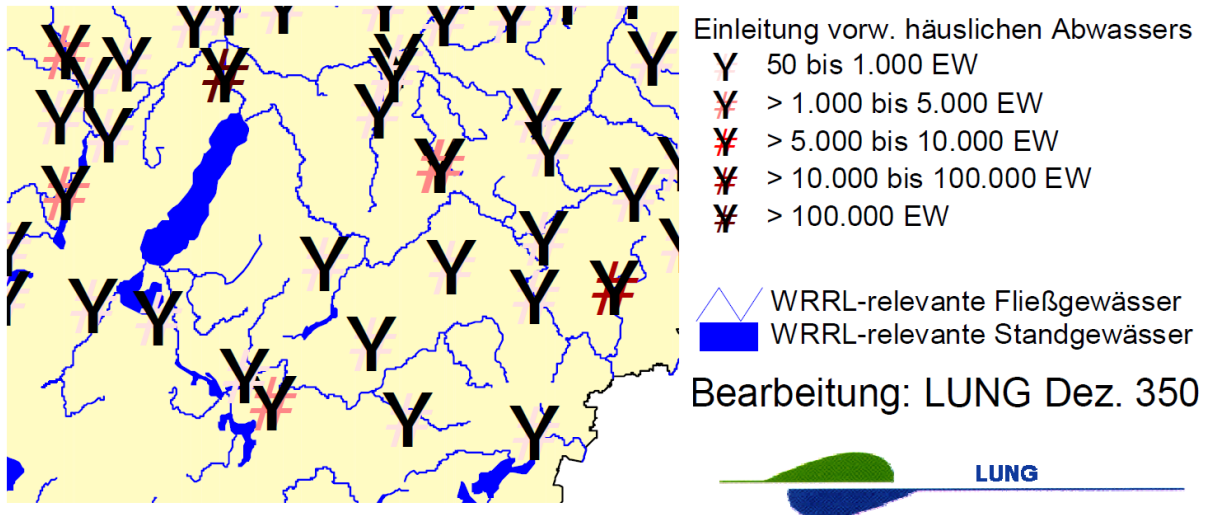


Abbildung 1: Einleitung häuslicher Abwässer (LUNG, 2004)

In Abbildung 2 fällt auf, dass ein gewisser Raum um den Tollensesee herum, frei von kommunalen Kläranlagen ist, dies ist auf die im Jahr 1992 beginnenden Sanierungsmaßnahmen zurückzuführen. Ein erster Schritt zur Bekämpfung von Abwassereinleitungen in den Tollensesee war der Anschluss der Stadt „Burg Stargard“, an die Kläranlage Neubrandenburgs. Ein weiterer Schritt war die Schmutzwasser-Teilringleitung um die Tollensesee, die ländliche Gemeinden anschließt und deren Abwässer nach Neubrandenburg pumpt. Dies ging mit einer drastischen Reduzierung der Schmutzwasserfracht in den Tollensesee und seine Zuflüsse einher (vgl. IGB&StAUN-NB,1994, S.44).

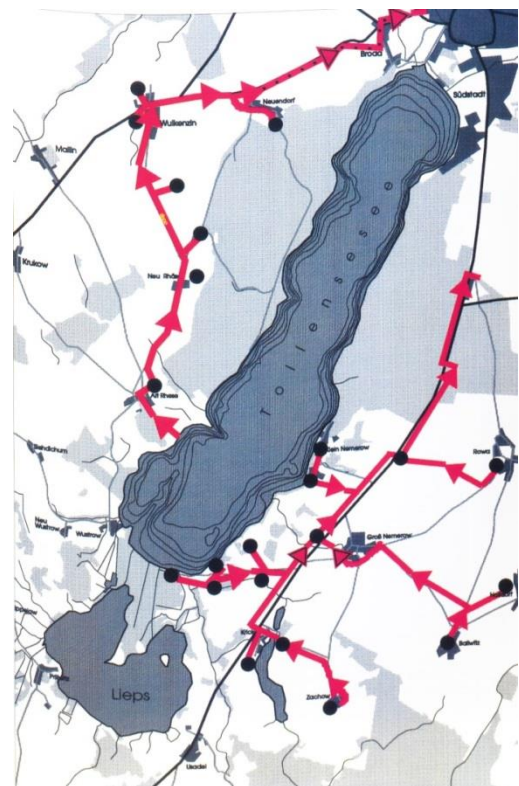


Abbildung 2: Schmutzwasser-Teilringleitung Tollensesee (IGB&StAUN-NB,1992)

2.2.2. Industrielle Direkteinleiter

Das Einzugsgebiet des Tollensesee ist ländlich geprägt, größere industrielle wasserintensive Betriebsstätten, die industrielle Direkteinleitungen verursachen, sind nicht zu erwarten. Anhand von Orthophotos des „Geoportals MV“ wurde der ländliche Bereich des Einzugsgebiets nach größeren Industrieanlagen abgesucht.

Das LUNG, 2004 gibt an, dass im gesamten Bundesland Mecklenburg-Vorpommern insgesamt nur 23 gewerbliche Direkteinleitungen stattfinden. Und führt weiter aus, aus „[...]der kleinen Zahl gewerblicher und industrieller Kläranlagen lässt sich deutlich die ländliche Struktur Mecklenburg-Vorpommerns ablesen“ (s. LUNG, 2004).

Die Suche nach industriellen Betriebsstätten im Einzugsgebiet des Tollensesees ergab keine Funde, zusammen mit den Informationen des LUNG lässt sich vermuten, dass es zu keinen industriellen Direkteinleitung im Untersuchungsgebiet kommt.

2.3. Stoffliche Einträge durch diffuse Quellen

Einträge durch diffuse Quellen umfassen stoffliche Einträge durch menschliche Tätigkeit und natürliche Gegebenheiten. Diese Einträge werden durch nicht genau lokalisierbare Pfade eingetragen.

2.3.1. Atmosphärische Deposition auf die Gewässerfläche

Ein Eintragungspfad für diffuse stoffliche Einträge in die Gewässersysteme, ist die atmosphärische Deposition auf die Oberfläche der Gewässer. Die Deposition findet auf Standgewässern und auf Fließgewässern statt. Die Größe der Einträge ist proportional abhängig von der Wasserfläche. Der Eintrag selbst findet durch Niederschläge auf die Wasserfläche aber auch durch Kontakt der Wasserfläche mit der Atmosphäre statt. Daten zur Wasserfläche liefert in BEHRENDT ET AL., 2003 das „CORINE Land Cover“ Projekt der Europäischen Umweltagentur aus dem Jahr 1999 mit Kartenwerk aus dem Jahr 2006. Depositionsraten für Phosphor- und Stickstoffverbindungen entnimmt BEHRENDT ET AL. aus dem EMEP-Programm der Europäischen Umweltagentur. Hier stehen lokale Depositionsraten in einem 50km x 50km Raster zur Verfügung. Die aktuellsten Daten für den Raum Neubrandenburg

stammen aus dem Jahr 2013, die Depositionsrates für die Phosphorverbindungen liegt bei etwa 300 bis 500 $\frac{mg}{m^2 \times a}$ also etwa bei 3 bis 5 $\frac{kg}{ha \times a}$, siehe Abbildung 3.

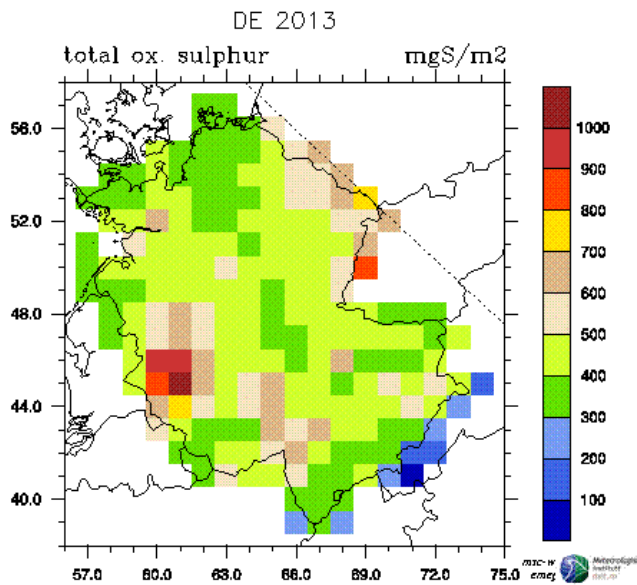


Abbildung 3: Atmosphärische Phosphor-Deposition in Deutschland (EMEP, 2013)

Die Depositionsrates für die Stickstoffverbindungen setzt sich aus den oxidierten und reduzierten Stickstoffformen zusammen. Diese liegen in Summe bei etwa 10,80 bis 14,40 $\frac{kg}{ha \times a}$, siehe Abbildung 4.

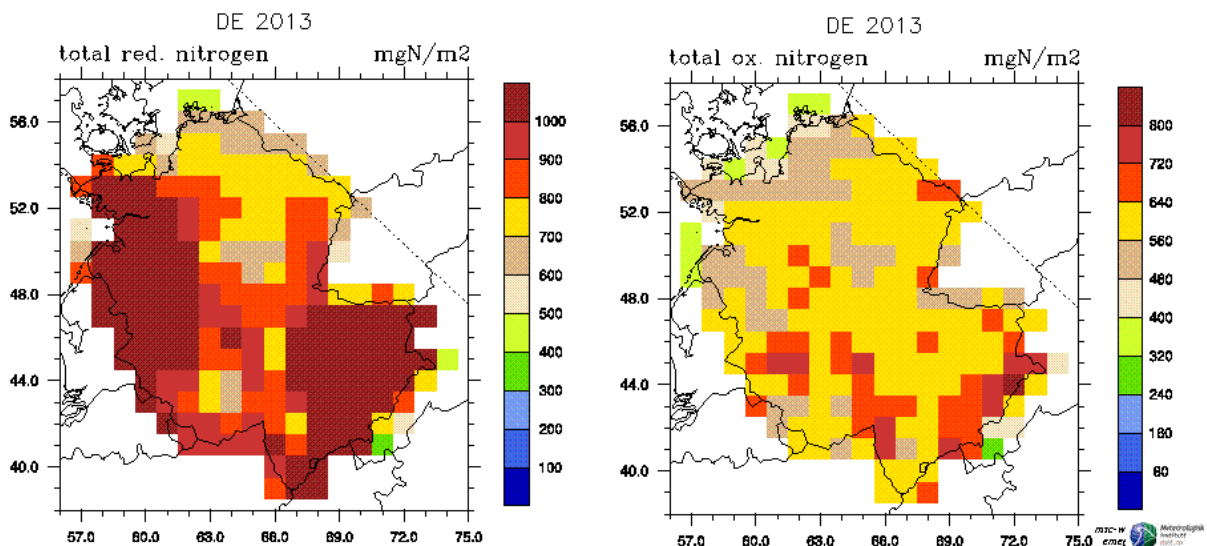


Abbildung 4: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in Deutschland (EMEP, 2013)

Der letztendlich Eintrag errechnet sich folglich aus Multiplikation der Wasserfläche des Untersuchungsgebiets und den Depositionsraten (vgl. BEHRENDT ET AL.,2003, S.40-42).

2.3.2. Erosion

Einen weiteren Teil der diffusen Stoffeinträge in die Stand- und Fließgewässer Mecklenburg-Vorpommerns stellen erosionsbedingte Stoffausträge der Landwirtschaft dar. Erosionsbedingte Stoffausträge aus landwirtschaftlichen „Quellflächen“ werden als flächenexterne Schäden bezeichnet. Die auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebrachten Dünge- und Pflanzenschutzmittel können dabei, anhaftend an Bodenteilchen oder auch in Wasser gelöst, in benachbarte aquatische Stoffhaushalte gelangen (vgl. LUNG, 2002, S.13-15).

Es wird die **Erosion durch Wasser und durch Wind** unterschieden. **Wassererosion** entsteht durch Niederschläge an Hanglagen oder in welligem Gelände. Die kinetische Energie, aufschlagender Regentropfen wirbelt Bodenteilchen auf, das Niederschlagswasser kann nicht schnell genug in die Poren des Bodens eindringen und sammelt sich an der Oberfläche. Es können Rinnsale entstehen, die hangabwärts fließen und weitere Sedimentteilchen mitschwämmen. Dabei gilt, je stärker und anhaltender der Niederschlag ist desto stärker ist die Erosion (vgl. LUNG, 2002, S.18).

Richtwerte für den Auftritt von Wassererosion sind Niederschlagsmengen, je nach Bodenart, größer als 5 bis 7,5mm je Stunde. Besonders anfällig sind „sandige Lehme“ und „lehmige Sande“. Hanglängen länger als 50m und Hangneigungen größer als 4% sind besonders anfällig für Wassererosion. Ebenso stellt ein Bodendeckungsgrad kleiner als 50% eine Gefahr für Wassererosion dar. Im Winter kann Schneeschmelze oder Regen auf gefrorenen Böden, Bodenmaterial erodieren. Zu beachten ist auch, dass einzelnen starke Niederschläge eine hohe Materialverlagerung verursachen können auch wenn die Niederschlagsmenge über das Jahr gesehen relativ niedrig ist. Eine Einschätzung der Insensitivität der Wassererosion über den Jahresniederschlag ist somit nicht möglich. Im Frühjahr und

Sommer ist die Bodenabdeckung durch Pflanzen, der bestimmende Faktor des Bodenabtrags. Im Winter bei geringer Bodendeckung, ist es die Dauer der intensiven Niederschläge auf gesättigten oder gefrorenen Boden (vgl. LUNG, 2002, S.18-19).

Die Zusammensetzung der Korngrößen des Bodens ist ebenfalls ein Faktor für die Verlagerungsfähigkeit der Böden. Zugleich entscheidet die Textur, insbesondere der Humusgehalt des Bodens über Stabilität des Sedimentgefüges und die Wasseraufnahmefähigkeit. Ein höherer Feinsand- und Schluffanteil lässt den Boden anfälliger für Wassererosion werden. Ein Tonanteil über 20% beeinflusst die Kohäsion in der Weise, dass der Zusammenhalt der Korngefüges so stabil ist, dass es nur noch zu oberflächigen Abfluss ohne Materialtransport kommt (vgl. LUNG, 2002, S.20-21).

Die **Winderosion** entsteht bei erhöhten Windgeschwindigkeiten in Bodennähe. Der Wind hebt kleinere Bodenteilchen an und trägt sie davon. Diese Teilchen können auf weitere Teilchen am Boden treffen, diese abrasieren, und einen lawinenartigen Effekt auslösen. Auch hier gilt je stärker der Wind, desto stärker die Erosion. Bei beiden Arten der Erosion gelangt das erodierte Material in vielen Fällen in Gräben, Vorfluter oder Oberflächengewässer und somit in das Gewässersystem (vgl. LUNG, 2002, S.18).

Richtwerte für das Auftreten von Winderosion sind eine Windgeschwindigkeit $>8\text{m/s}$ (gemessen in 10m Höhe). Die Windoffenheit des Geländes spielt eine Rolle, in einer Ackerlandschaft gilt ein Flurgeholzabstand quer zur Hauptwindrichtung von größer als 300m als potenziell erosionsgefährdet. Die anfälligsten Böden sind fluvial entstandene Feinsande und Mittelsande mit geringen Grobskellanteil in der Korngrößenzusammensetzung sowie Anmoore mit großen mineralisiertem Humusbestandteil. Ein weiterer Faktor ist eine geringe Wasserhaltefähigkeit von Böden, diese trocknen sehr schnell aus und die Oberfläche kann leicht verweht werden. Zu diesen Böden zählen tiefentwässerte Standorte und grundwasserferne Sande. Zudem ist eine Bodendeckung, die kleiner ist als 30% ist ein gefährdender Faktor, dies ist stark abhängig von der angebauten Fruchtart. So sind die höchsten Verlagerungswerte bei Fruchtarten, die den Boden nur unzureichend abdecken festzustellen, wie etwa Silomais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Sommergetreide (vgl. LUNG, 2002, S.15,23-24).

Das LUNG nennt einen Schwankungsbereich für Bodenabträge in Mecklenburg-Vorpommern von 0,2 bis $170 \frac{t}{ha \times a}$ nach Standort. Sowie einen durchschnittlichen, dabei verlagerten Anteil an Kohlenstoff von $3,1 \frac{kg}{t}$, Stickstoff $0,3 \frac{kg}{t}$ und Phosphor $0,3 \frac{kg}{t}$ (s. LUNG, 2002, S.15).

Aus den angesprochenen Faktoren für Winderosion lässt sich eine Matrix zur Einschätzung der Anfälligkeit von Standorten für Winderosion erstellen.

Tabelle 2: Matrix zur Anfälligkeit von Winderosion (verändert, nach BMELV, 2001 und LIEBEROTH et al.)

Zusammensetzung des Bodens	Grundwassernähe		
	vorwiegend Sickerwasser oder grundwasserfern	vorwiegend Staunässe oder Grundwasser nah	vorwiegend Grundwasser nah oder extreme Staunässe
vorwiegend Sand, Sandlöß oder Decklehmsand	stark und sehr stark	mäßig	ohne
Tieflehm, Torf über Sand	mäßig	mäßig	ohne
Lehm, Lehmsand, Auenlehm	gering	gering	ohne

2.3.3. Nährstoffüberschuss der Landwirtschaft

Einen großen Anteil an den diffusen Frachten haben die eingetragenen Nährstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft. Es gibt zwei methodische Ansätze zur Ermittlung dieser Überschüsse. Eine ist die Methode der Ermittlung der Flächenbilanz (Bilanzierung der Flächen-/Bodenproduktion) und der Gesamtbilanz (oder auch Nationalbilanz, Hoftorbilanz). Räumliche Bezugsgröße sind hierbei die Landkreise und kreisfreien Städte (vgl. BEHRENDT ET AL., 2003, S.42).

Der Flächenbilanzüberschuss errechnet sich aus:

„Flächenbilanzüberschuss (Saldo) = Mineraldüngung + organ. Düngung + SeRo-Dünger + atmosphär. Deposition + legume N-Bindung – Ernteabfuhr“ (siehe BEHRENDT ET AL., 2003, S.42)

Die Menge des anfallenden organischen Düngemittels errechnet sich aus der Kopf- bzw. Stallplatzanzahl des gehaltenen Viehs, multipliziert mit einem Faktor abhängig von Art des Viehs und der Haltungsart. SeRo(Sekundärrohstoff)-Dünger sind Düngemittel aus betriebsfremder Herstellung wie Klärschlämme, diese werden mit einem Pauschalwert 4 kg/ha N und 1,5 kg/ha P angesetzt. Die Raten zur

atmosphärischen Deposition wurden in Abschnitt 2.3.1 erläutert. Die Bindung von Stickstoffverbindungen durch Leguminosen wird durch Multiplikation der Fläche und eines Faktor, entsprechend der Pflanzenart berechnet. Auch die Ernteabfuhr wird mittels N- und P-Faktor der Erntepflanze multipliziert mit der Anbaufläche errechnet (vgl. BEHRENDT ET AL., 2003, S.42).

Alle Faktoren zu Tierhaltung, Leguminosen und Erntepflanzen sind in Anhang II erischtlich.

Eine genauere Betrachtung des Nährstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft, im Einzugsgebiet des Tollensesees, wird nicht vorgenommen. Die Datenverfügbarkeit ist nicht öffentlich gegeben. Zudem wäre ein Herunterbrechen der Flächenbilanzanteile auf die einzelnen Teileinzugsgebiete, der zu betrachtenden Seezuflüsse, nicht ausreichend genau genug, umzusetzen.

2.3.4. Versiegelte urbane Flächen

In BEHRENDT ET AL. wird in drei verschiedene Eintragspfade auf versiegelten urbanen Flächen unterschieden:

- Einträge von **versiegelten Flächen über die Trennkanalisation**
- Einträge von **Mischkanalisationsüberläufen**
- Einträge von Haushalten und von versiegelten Flächen, die **an eine Kanalisation, aber an keine kommunale Kläranlage angeschlossen sind**

Für versiegelte Flächen die an eine **Trennkanalisation** angeschlossen sind, wird die Eintragsmenge bedingt durch die atmosphärische Deposition von Stickstoff und Phosphor auf diese Flächen. Für die P-Deposition wird ein spezifischer Wert von $2,5 \frac{kg}{(ha \times a)}$ angenommen. Die N-Einträge setzen sich aus dem Wert der N-Deposition (etwa $15 - 20 \frac{kg}{(ha \times a)}$ im Raum Neubrandenburg) und einem Pauschalwert für Zersetzung von Laub und tierischen Exkrementen von $4 \frac{kg}{(ha \times a)}$ zusammen (vgl. BEHRENDT ET AL., 2003, S.38-40).

In versiegelten Flächen, die an eine **Mischkanalisation** angeschlossen sind, also Regen und Schmutzwasser in der gleichen Kanalisation in die kommunale

Kläranlage abgeführt werden, gibt es andere Berechnungsgrundlagen. In diesen Systemen kann es bei Starkregenereignissen dazu kommen, dass die Kanalisation die Wassermenge nicht mehr geregelt in die Kläranlage befördern kann. Für diesen Fall gibt es Überläufe, über die das Wasser direkt in die Gewässersysteme gelangt. Einfluss auf die transportierte stoffliche Fracht haben hierbei, die Menge an angeschlossenen Gewerbeeinheiten, die Einwohnerdichte und die wirksamen Starkregentage (vgl BEHRENDT ET AL., 2003, S.38-40).

Mischwassereinleitung sind im Untersuchungsgebiet nach LUNG, 2004 nicht anzutreffen, die versiegelten Flächen sind folglich an Trennkanalisationen angeschlossen, welche das Niederschlagswasser gesondert in die Fließgewässer abführt. Eine Übersicht der Einleitungspunkte im Untersuchungsgebiet zeigt Abbildung 5.

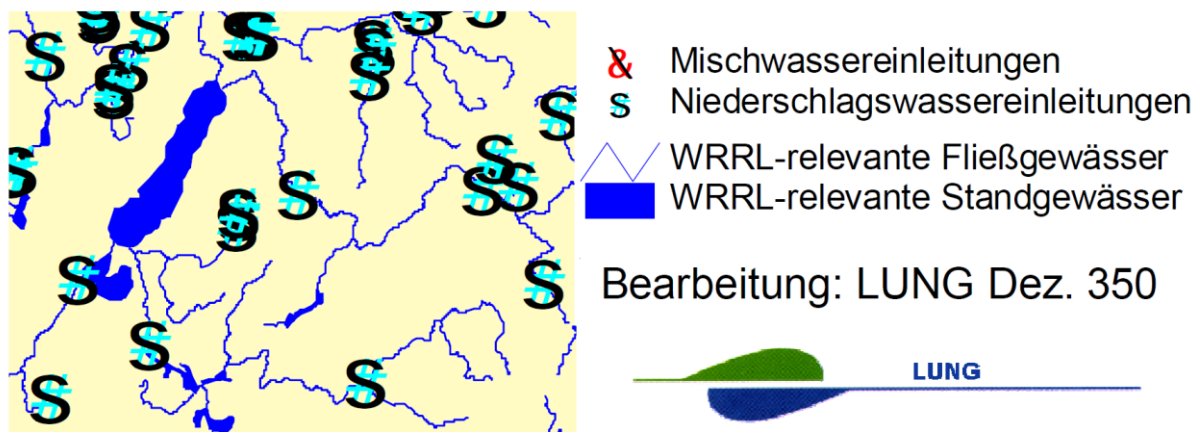


Abbildung 5: Misch- und Niederschlagswassereinleitungen im EZG des Tollensesees (LUNG, 2004)

Ein weiterer Eintragspfad sind die versiegelten Flächen, die an eine Kanalisation angeschlossen sind, welche aber **nicht an eine Kläranlage angeschlossen** ist. Hier gelangen die stofflichen Einträge aus Abwässern der Haushalte und Gewerbebetriebe über Sammelgruben oder Kleinkläranlagen in die Gewässersysteme. Dabei wird davon ausgegangen das die Nährstoffe aus menschlicher Quelle nur in Lösung in die Gewässer gelangen. Der restlich Nährstoffanteil wird durch partikuläre Abschwämmung in den Sammelgruben oder Kleinkläranlagen zurückgehalten (vgl BEHRENDT ET AL., 2003, S.38-40).

3. Hydrologisches Einzugsgebiet des Tollensesees

Als hydrologisches Einzugsgebiet bezeichnet man die Umgebung eines Sees, aus dem er sein Wasser bezieht. Das Einzugsgebiet eines Sees kann weitere Seen flussaufwärts einbeziehen und wiederum zum Einzugsgebiet anderer Seen flussabwärts gehören. Wie viel Wasser den See erreicht, wird bestimmt durch die Größe des Einzugsgebiets und der Menge des Niederschlags, der auf die Fläche niedergeht. Einen rechnerischen Ansatz zur Beschreibung eines Einzugsgebiets, bietet der Umgebungsfaktor UF in dem die Fläche des Einzugsgebiets A_E der Seefläche A_O entgegengestellt wird (vgl. DOKULIL, HAMM, & KOHL, 2001, S. 31).

Das Einzugsgebiet des Tollensesees umfasst etwa 502 km² und die Seefläche wird mit 17,9 km² angegeben, dies ergibt einen Umgebungsfaktor von 28,04. Der Tollensee liegt mit diesem Wert im Mittelfeld der flächenmäßig größten Seen Mecklenburg-Vorpommerns, siehe Tabelle 3.

$$UF = \frac{A_E}{A_O} \rightarrow UF = \frac{502}{17,9} \text{ km}^2 \rightarrow UF = 28,04$$

Ein hoher Umgebungsfaktor kann als Orientierungswert für die Gefährdung eines Sees durch stoffliche Einträge dienen (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S. 17)

Tabelle 3: Umgebungsfaktoren der zehn größten Seen Mecklenburg-Vorpommerns (Werte aus: NIXDORF, HEMM, HOFFMANN, & RICHTER, 2004)

See	Einzugsgebiet [km ²]	Seefläche [km ²]	Umgebungsfaktor
Fleesensee	894,20	10,78	82,95
Kölpinsee	826,90	20,29	40,75
Kummerower See	1155,00	32,55	35,48
Plauer See	1109,00	38,40	28,88
<u>Tollensee</u>	<u>502,00</u>	<u>17,90</u>	<u>28,04</u>
Malchiner See	199,00	13,95	14,27
Kraker See	165,90	15,07	11,01
Schaalsee	180,00	23,50	7,66
Schweriner See	414,00	61,54	6,73
Müritz	663,00	112,60	5,89

3.1. Geographische Lage

Das Einzugsgebiet des Tollensees erstreckt sich auf folgende geografische Maxima, nördlich 53.55726°N, südlich 53.33773°N, östlich 13.62268,53°E und 12.99692,53°E (Dezimalgrad WGS84). Das Gebiet liegt im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte. Nördlich des Einzugsgebiets befindet sich die kreisfreie Stadt Neubrandenburg, zu dessen Stadtgebiet der nach Süden verlaufende Tollenseesee gehört. Südlich berührt das Einzugsgebiet die Stadt Neustrelitz sowie den Müritz Nationalpark. Die östlichen Ausmaße erstrecken sich bis auf wenige Kilometer an die Grenze des Landes Brandenburg und folgen dem Grenzverlauf bis zur Stadt Woldegk. Im maximalen östlichen Ausmaß des Gebiets befinden sich die Helpter Berge, die höchste Erhebung des Landes Mecklenburg-Vorpommerns. Der westliche Bereich des Einzugsgebiets, ist ein dem Verlauf des Tollensees folgender Streifen der meist nicht breiter als 2,5km ist, siehe Abbildung 6.

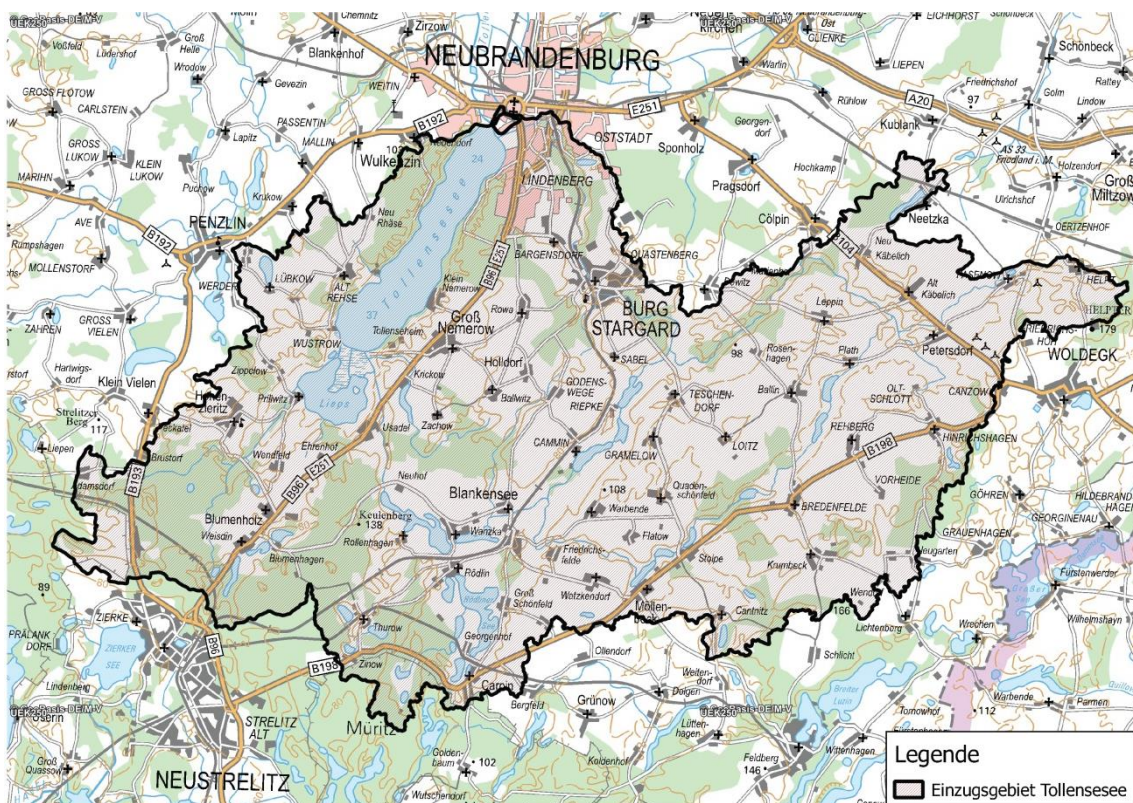


Abbildung 6: Topographische Lage des Einzugsgebiets des Tollensees (eigene Darstellung auf Grundlage DTK, GEOPORTAL-MV)

Die Ermittlung der Teileinzugsgebiete des Tollensees erfolgte unter zur Hilfenahme eines Datensatzes des StALU MS im Geoinformationssystem. Die kleineren, nicht im

Datensatz enthaltenen Einzugsgebiete, wurden mittels Algorithmen der GIS-Software QGIS über das DGM50 aus dem GeoPortal-MV ermittelt, eine Übersicht der Teileinzugsgebiete ist in Anhang VI ersichtlich.

Das Einzugsgebiet des Tollensesee gehört zum Einzugsgebiet der Tollense und somit fließt das im Tollensesee eingezogene Wasser über die Tollense, Peene und den Peenestrom in die Ostsee ab. Damit gehört das Einzugsgebiet des Tollensesees zum Flusseinheitsgebiet Warnow/Peene siehe Anhang III. Die an das Einzugsgebiet des Tollensesee grenzenden Einzugsgebiete, sind das Einzugsgebiet des Landgrabens welches ebenfalls in die Tollense mündet, das Einzugsgebiet der Ucker welches direkt in das „Stettiner Haff“ mündet sowie das Einzugsgebiet der Havel, welches über die Elbe in die Nordsee entwässert. Die südliche Grenze des Einzugsgebiets des Tollensesee ist somit ein Teil „Nord-Ostsee-Wasserscheide“, siehe Abbildung 7.

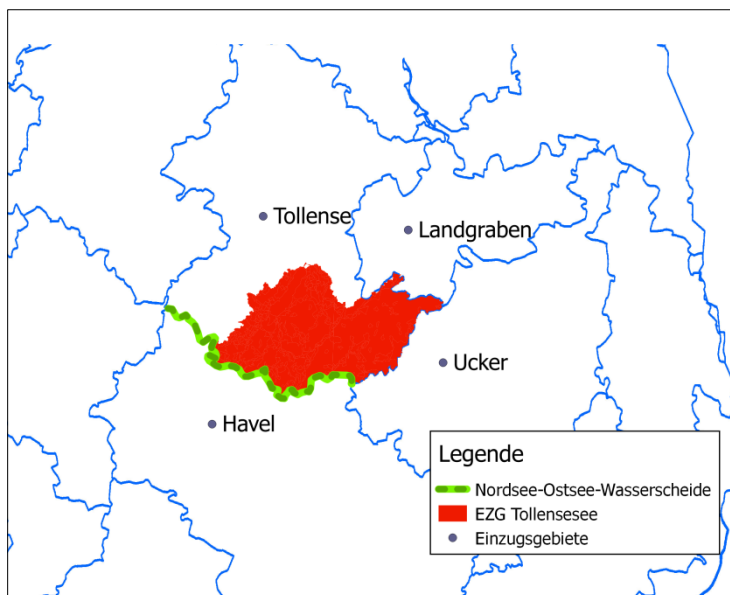


Abbildung 7: Angrenzende EZG des Tollensesees, eigene Darstellung auf Grundlage (GeoPortal BAFG)

Das Einzugsgebiet des Tollensesee liegt in der kühlgemäßigten Klimazone und im Klima des feuchten Kontinentalklima, nach KÖPPEN & GEIGER. Gekennzeichnet ist dieses Klima durch kalte Winter und warme Sommer, ganzjährige Feuchte, die Jahrestemperaturschwankung beträgt mehr als 25°C und die

Jahresniederschlagsmenge ist kleiner als 750mm. Die größte Niederschlagsmenge fällt in diesem Klima im Sommer durch starke Gewitterregen an.

3.2. Genese des Einzugsgebiets

Das heutige morphologische Erscheinungsbild des Einzugsgebiets des Tollensesee ist im pommerschen Stadium der Weichsel-Kaltzeit entstanden. Das Gebiet liegt an der pommerschen Haupttrandlage, der größte Anteil des Gebiets liegt im Grundmoränen Bereich der südliche Teil liegt im Bereich der Endmoräne.

Zur Entstehung der „Tollense-Rinne“ gibt es verschiedene Ansätze, der älteste ist das „Gletscherzungenbecken-Modell“ nach JANKE (1966). Das „Gletscherzungenbecken-Modell“ vermutet die Entstehung der „Tollense-Rinne“ durch einen Vorstoß einer Gletscherzunge. Eine Theorie von SCHULZ (1998), postuliert, das es sich bei der „Tollense-Rinne“ um ein Zungenbecken handelt, welcher durch glaziale Erosion entstanden ist. Bereits 1967 stellte EIERMANN (1967) das „Tunneltal-Modell“ auf, in diesem Modell wird davon ausgegangen, dass Schmelzwasser auf dem Inlandeis durch Risse im Eis auf die Unterseite des Eises gelangt ist und darunter einen Tunnel ausgespült hat, siehe Abbildung 8. Im Jahr 2000 griff RÜHBERG die „Tunneltal-Modell“ auf und führt folgende Gründe für das „Tunneltal-Modell“ gegen das „Gletscherzungenbecken-Modell“ an (vgl. GRANITZKI, 2010, S.78-79).

- „Im Gegensatz zu Gebirgsgletschern fehlt dem Untergrund bei Neubrandenburg ein ausreichendes Gefälle, das die Ausbildung einzelner Gletscherzungen in Richtung Vorland verursachen könnte. Demgegenüber steigt das Gelände in der Tollense-Rinne in Fließrichtung nach Süden an.
- Am Talboden finden sich keine diamiktischen Reste dieses Gletschervorstoßes.
- Die am Talrand bzw. an den Uferhängen ungestört ausstreichenden Sedimente wurden als Seitenmoränen falsch interpretiert“ (vgl. GRANITZKI, 2010,S.78).

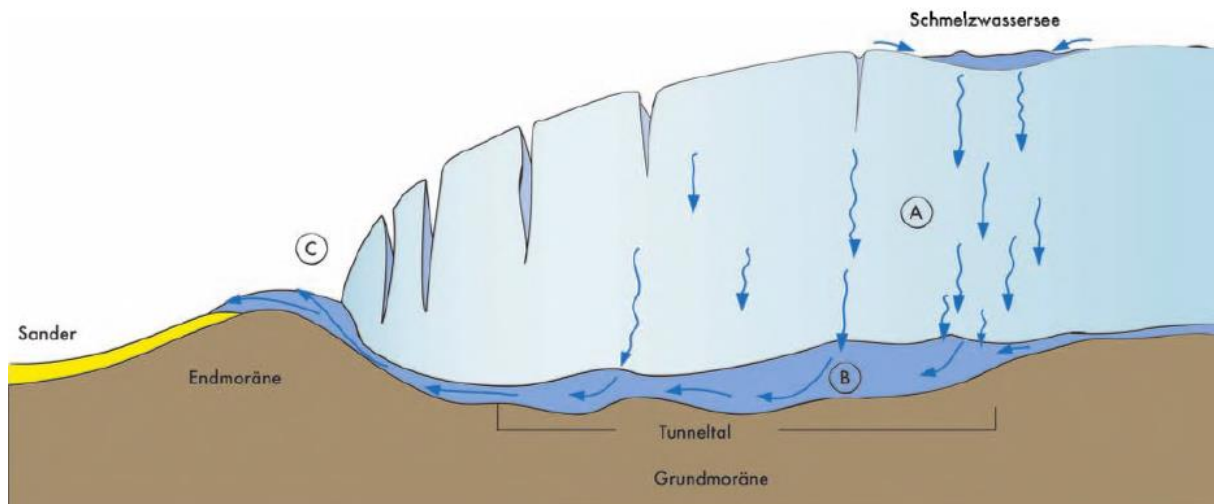


Abbildung 8: Wege des Schmelzwassers durch das von Spalten durchzogene Inlandeis (REGIONALER PLANUNGSVERBAND MS)

Für KANTER (2000) der die Ansätze verglichen hat, gibt es für das „Tunneltal-Modell“ die meisten wissenschaftlichen Befunde und gibt diesem Modell den Vorzug.

3.3. Geologie

Für die Betrachtung des Einfluss der geologischen Gegebenheiten im Einzugsgebiet, auf stoffliche Einträge in die Zuflüsse des Tollensesees, sind die oberflächlich anstehenden geologischen Schichten von besonderem Interesse. Denn wie im Abschnitt 2.3.2 Erosion erläutert sind gewisse Oberflächen anfälliger für Erosionsereignisse.

Eine Übersicht der Oberflächengeologie, welche im Einzugsbiet des Tollensesees ansteht ist in Anlage IV ersichtlich.

Den größten Anteil der oberflächlich anstehenden Schichten machen „Geschiebelehme und –mergel der Grundmoräne“ mit 72,2% aus, diese Bereiche erstrecken sich über weite Teile des Einzugsgebiets. Diese Oberfläche ist nach Abschnitt 2.3.2 Erosion für Winderosion wenig gefährdet, Wassererosion hingegen kann auf lehmigen Böden verstärkt auftreten. Den nächstgrößeren Anteil nehmen die „Sande der Hochfläche (glazifluviatil)“ mit 7% ein, die in Verlängerung der Tollenserinne und am Rande der Endmoräne zu finden sind. Noch 5% des oberflächlichen Anteils nehmen die „Sande und Kieselnde, Geschiebemergel, Blockpackungen in Endmoräne“ ein, ebenfalls anzutreffen im südlich Verlauf der

Tollenserinne, in einer kreisringartigen Anordnung, siehe Anhang IV. Die prozentualen Anteile der Oberfläche sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich.

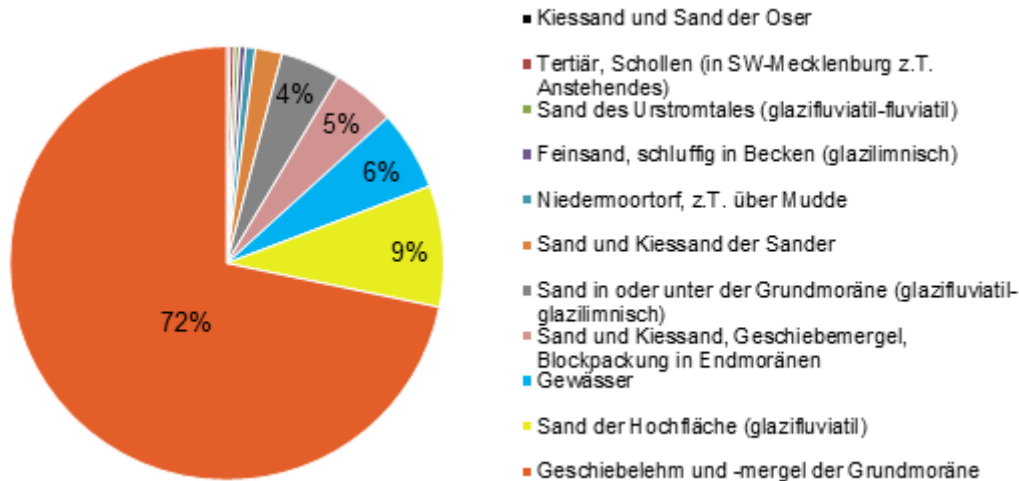


Abbildung 9: Oberflächengeologie im Einzugsgebiet des Tollensesees nach OK500 (GeoPortal-MV)

3.4. Landnutzung

Die Analyse der Landnutzung im Einzugsgebiet erfolgte mit Hilfe der Klassifizierungen des „CORINE Land Cover“-Projekt. Es wurde eine Einteilung der verschiedenen Landnutzungen mit dem „CLC-Kartierungsschlüssel“ vorgenommen, nach (EEA, 1999). Die prozentualen Flächenanteile im Einzugsgebiet sind in Abbildung 10 dargestellt. Anhand der vorgenommenen Einteilung ist zu erkennen, dass die Klassifizierung „Nicht bewässertes Ackerland“ mit 57% besonders stark ausgeprägt ist. Der kleinste Anteil „Abbauf Flächen“ liegt bei unter 1%. Die große Differenz zwischen Median 5,54% und Arithmetischem Mittel 34,84% zeigt die schiefe Verteilung der Flächenanteile. Eine Übersicht der Verteilung der Landnutzung im Einzugsgebiet des Tollensesee ist in Anhang V ersichtlich.

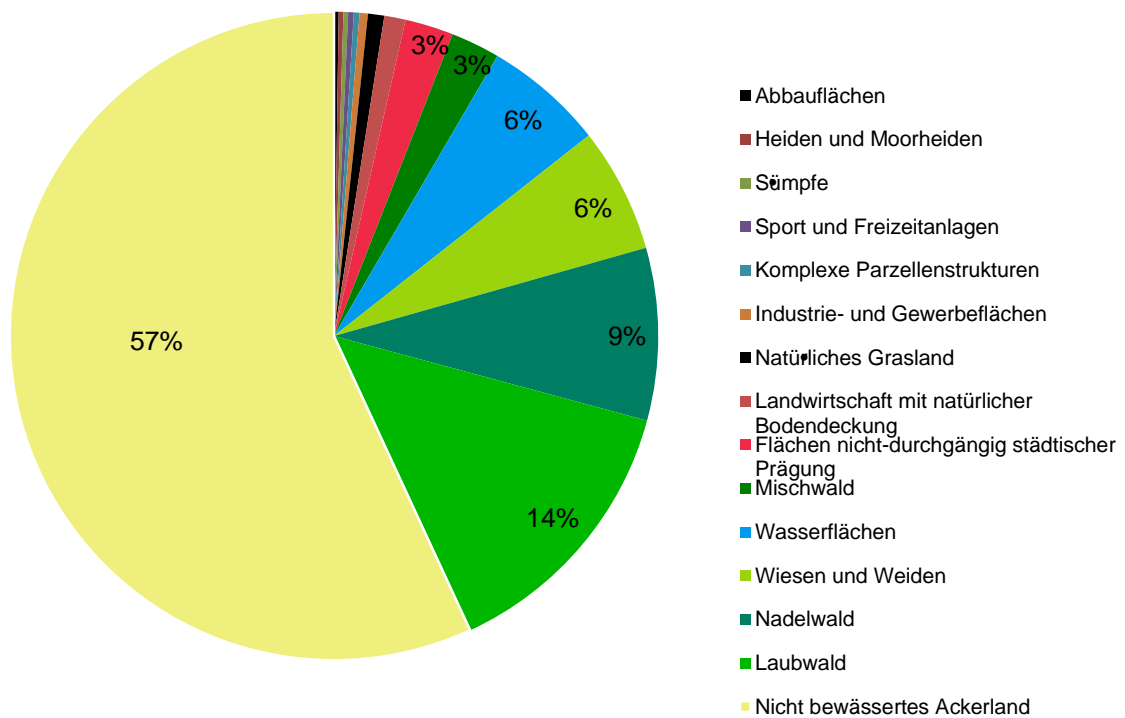


Abbildung 10: Landnutzung im EZG des Tollensesees nach CLC-Klassifizierungsschlüssel (EEA,1999)

Es zeigt sich, dass sich die erarbeiteten Erkenntnisse zu Faktoren von stofflichen Einträgen in Gewässer, nicht ohne Anpassungen, auf die Klassifizierungen des „CLC-Kartierungsschlüssel übertragen werden können.

Klassifizierungen der Landnutzung, die ähnliche Faktoren, für stoffliche Einträge in Gewässer, besitzen werden weiter zu Überkategorien zusammengefasst, um deren flächenmäßigen Anteil im Einzugsgebiet zielführend Auswerten zu können.

So finden sich in den Klassifizierungen „**Heiden und Moorheiden**“, „**Sümpfe**“, „**Natürliches Grasland**“, „**Mischwald**“, „**Nadelwald**“ und „**Nadelwald**“ ähnliche Faktoren für stoffliche Einträge in Gewässer. In den genannten Formen der Landnutzung gibt es eine hohe Vegetationsdichte, die Schutz vor Winderosion bietet. Die hohe Bodendeckung schützt auch vor Wassererosion, da die kinetische Energie der Niederschläge vom Laubgeflecht der Bäume oder durch dichten Grasbewuchs gemindert wird. Zudem gibt es keinen bis schwachen Einfluss durch Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

- Im Einzugsgebiet ist eine Fläche als „**Heiden und Moorheiden**“ ausgewiesen, diese Fläche liegt im Südwesten des Einzugsgebiets im Müritz Nationalpark und unterliegt damit einem hohen Schutzstatus.
- Die Ausweisung „**Sümpfe**“ ist zweimal im Einzugsgebiet vergeben worden, eine Fläche davon liegt ebenfalls im Müritz Nationalpark. Die zweite Fläche liegt in der Nähe der Ortschaft „Neu Wustrow“ die in der DTK10 als „Läddicksee“ bezeichnet wird.
- Als „**Natürliches Grasland**“ wurden vier Flächen ausgewiesen auch hier liegen zwei Flächen im Müritz Nationalpark, die anderen beiden Flächen liegen im Stadtgebiet Neubrandenburgs. Die Flächen innerhalb Neubrandenburgs sind der „Stargarder Bruch“ am Ostufer des Tollensesees sowie eine dem „Standortübungsplatz Neubrandenburg“ zugehörige Fläche zwischen der Neubrandenburger Südstadt und dem Ortsteil „Fünfeichen“.
- Die Klassifizierungen „**Mischwald**“, „**Nadelwald**“ und „**Nadelwald**“ verteilen sich gleichmäßig im Einzugsgebiet. Größere zusammenhängende Flächen gibt es an West- und Ostufer des Tollensesees sowie im südlichen Bereich des Einzugsgebiets, in dem sich Ausläufer der Waldflächen des „Müritz Nationalparks“ befinden.
- Das Zusammenfassen der aufgezählten Klassifizierungen zur Überkategorie „**Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachem anthropogenem Einfluss**“ ist nach Analyse der Größe der Flächen, der Luftbilder und der Verteilung der Flächen im Einzugsgebiet weiterhin plausibel. Die hohe Vegetationsdichte ist auch in den Flächen der Klassifizierung „**Heiden und Moorheiden**“, „**Sümpfe**“ und „**Natürliches Grasland**“ im Luftbild erkennbar. Für die den schwachen anthropogenen Einfluss spricht, dass ein großer Teil der angesprochenen Flächen im „Müritz Nationalpark“ oder in militärischen Sperrgebiet liegt. Die forstliche Nutzung der Wälder wird in Bezug auf stoffliche Einträge in Gewässer als schwacher anthropogener Einfluss eingeschätzt.

Zusammengefasst werden ebenfalls die Klassifizierungen „**Flächen nicht-durchgängig städtischer Prägung**“, „**Industrie- und Gewerbeflächen**“, „**Sport und Freizeitanlagen**“ und „**Abbauflächen**“ zur Überkategorie „**Flächen mit**

anthropogener Prägung und geringer Vegetationsdichte“. Die Flächen dieser Überkategorie besitzen eine hohe Versiegelungsrate und bieten somit einen Schutz vor den Wind- und Wassererosion. Es gibt keine großflächige Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und die Vegetationsdichte ist im Durchschnitt gering. Als Faktor für stoffliche Einträge in Gewässer sind hier anthropogene Einträge zu beachten wie Schadstoffe aus Industrie und Verkehr.

- Die „**Flächen nicht-durchgängig städtischer Prägung**“ befinden sich gleichmäßig verteilt im Einzugsgebiet, die größten Flächenanteile haben die Stadt Neubrandenburg (3,77km²) und die Stadt Burg Stargard (1,55km²). Die größte der 21 ländlichen Gemeinden im Einzugsgebiet hat eine Fläche von 0,38km², die kleinste 0,23km², das arithmetische Mittel der Flächen der Gemeinden liegt bei 0,31km².
- Als „**Industrie- und Gewerbeflächen**“ sind Flächen am südlichen Stadtrand Neubrandenburgs ausgezeichnet ein großer Teil davon ist die Fläche des ehemaligen „VEB Reparaturwerk Neubrandenburg“ auch als „RWN-Gelände“ bekannt. Ein anderer Teil ist das Industriegebiet auf dem „Lindeberg“.
- Die „**Sport und Freizeitflächen**“ beschränken sich ebenfalls auf das Stadtgebiet Neubrandenburgs es wurden Kleingärtenanlagen mit dieser Ausweisung versehen sowie das Naherholungsgebiet „Hinterste Mühle“ im „Lindetal“.
- Zwei „**Abbauflächen**“ wurden deklariert, eine davon liegt am östlichen Stadtrands Neubrandenburg auf der „Carlshöhe“, hierbei handelt es sich um eine Fläche für den Kiesabbau. Die Zweite Fläche, das „Kieswerk Steinwalde“ an der „Bundesstraße 193“, liegt im äußersten Südwesten des Einzugsgebiets in der Nähe von Neustrelitz.
- Die Analyse der Größe der Flächen, der Luftbilder und der Verteilung der Flächen im Einzugsgebiet zeigt, dass die Einteilung der Überkategorie „**Flächen mit anthropogener Prägung und geringer Vegetationsdichte**“ die Kriterien für stoffliche Einträge in Gewässer passend zusammenfasst. Die größtenteils versiegelten Flächen der Städte, werden ausreichend genau von angrenzenden Wald oder landwirtschaftlichen Flächen getrennt. Die Flächen der „**Industrie- und Gewerbeflächen**“ sind im Stadtgebiet Neubrandenburg nur unzureichend genau eingeteilt eine weitere Aufschlüsselung in Bezug auf

stoffliche Einträge durch Industrie, wären mit der vorhandenen Einteilung nicht vertretbar. Dies zeigt sich besonders deutlich im angesprochenen Industriegebiet auf dem „Lindeberg“, in dem ein Großteil der Fläche de facto ein Wohngebiet ist. Da die **„Sport und Freizeitflächen“** zum großen Teil Kleingartenanlagen sind, wäre auch eine Einteilung in die **„Landwirtschaftlich geprägten Flächen“** denkbar aber die extensive Nutzung dieser Gärten und der hohe Versiegelungsgrad in diesen Flächen, rät zur getroffenen Einteilung. Die **„Abbauflächen“** sind aufgrund des anthropogenen Einfluss und der geringen vegetationsdichte in diese Überkategorie eingeteilt worden auch wenn es hier eine gewisse Erosionsanfälligkeit gibt, sind die potenziell zu verlagernden Stoffe im Sediment als nicht ausreichend genug zu beurteilen um sie den **„Landwirtschaftlich geprägten Flächen“** gleichzustellen.

Die Überkategorie **„Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“** bestehend aus **„Nicht bewässertes Ackerland“**, **„Wiesen und Weiden“**, **„Landwirtschaft mit natürlicher Bodendeckung“** und **„Komplexe Parzellenstrukturen“** wird gebildet. In dieser Überkategorie sind die Flächen einem starken anthropogenen Einfluss unterlegen. Sie sind anfällig für Wind- und Wassererosion und haben einen starken Einfluss durch Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

- Die Klassifizierung **„Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“** weist den größten Flächenanteil im Einzugsgebiet auf. Die Verteilung ist gleichmäßig im Einzugsgebiet verteilt, größere zusammenhängende Ausnahmen stellen das Stadtgebiet Neubrandenburg, der **„Müritz Nationalpark“** sowie Wasserflächen mit angrenzenden Waldflächen dar.
- Die Flächen die als **„Wiesen und Weiden“** ausgewiesen worden sind, finden sich oft an Standorten, die für die intensive Landwirtschaft ungeeignet sind wie etwa Flächen mit starkem Gefälle oder Grundwassernähe.
- Flächen mit **„Landwirtschaft mit natürlicher Bodendeckung“** sind nach dem CORINE technischen Leitfaden Flächen mit 25-75% landwirtschaftlich genutzter Fläche durchzogen von natürlicher Bodendeckung. Diese sind im

Einzugsgebiet überwiegend an Flussläufen und Gewässern zu finden, wie etwa am Flusslauf des „Nonnenbachs“ oder am „Camminer See“.

- **„Komplexe Parzellenstrukturen“** sind im CORINE technischen Leitfaden als landwirtschaftliche Flächen beschrieben, die zusammenhängend erscheinen und größer als 25ha sind, die angebauten Kulturen sich aber in kleingliedrigen Parzellen befinden. Eine Fläche im südlichen Bereich des Einzugsgebiet am Rande des „Müritz Nationalparks“ bei der Ortschaft Thurow, ist eine Fläche mit dieser Klassifizierung versehen worden.
- Die Zusammenfassung der **„Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“** fast alle landwirtschaftlichen Nutzungen zusammen, die jeweilige Form der landwirtschaftlichen Nutzung in den Flächen wird nicht weiter unterschieden. Eine detailliertere Unterscheidung nach angebauten Kulturen wurde nicht vorgenommen. Es ist davon auszugehen, dass landwirtschaftliche Flächen ihre angebauten Kulturen wechseln und sich die Intensivität der Düngung, Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Bodendeckung ändert. Betrachtet über einen längeren Zeitraum aber die Faktoren für stoffliche Einträge in Gewässer vieler landwirtschaftlich genutzten Fläche auf einem ähnlichen Niveau bleiben.

Die sich aus der Einteilung in Überkategorien ergebenden prozentualen Flächenanteile im Einzugsgebiet sind in Abbildung 11 ersichtlich. Der größte Anteil von 65% liegt bei den **„Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“**, der kleinste Anteil bei 3% für die **„Flächen mit anthropogener Prägung und geringer Vegetationsdichte“**. Die **„Wasserflächen“** machen 6% aus und die **„Flächen mit hoher vegetationsdichte und schwachem anthropogenem Einfluss“** liegen bei 26%, siehe Abbildung 11.

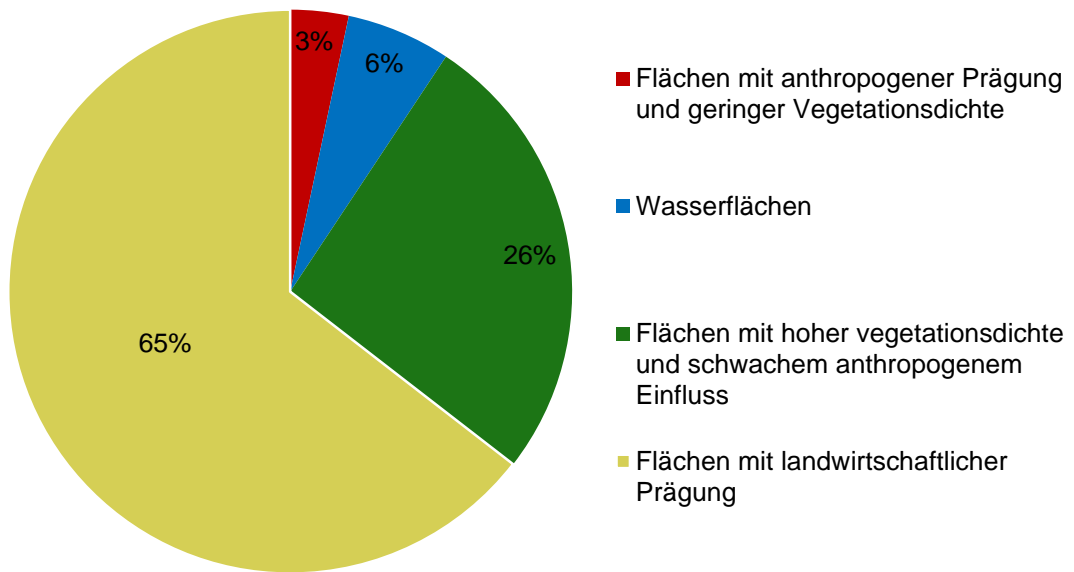


Abbildung 11: Landnutzung im Einzugsgebiet in Überkategorien

4. Parameter zur stofflichen Belastung

Die vom StALU MS beauftragten monatlichen Beprobungen von elf Seezuflüssen des Tollensesee wurden im Zeitraum März 2016 bis März 2017 durchgeführt. Hierbei wurden folgende Vor-Ort-Parameter und Analytische-Parameter erfasst, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4: Parameter der Messwerte (StALU MS, 2017)

Abkürzung:	Erläuterung:
<i>Vor-Ort-Parameter</i>	
TL	Temperatur Luft in °C
TW	Temperatur Wasser in C°
PH_VO:	pH-Wert
L:	Leitfähigkeit in µS/cm
REDOX:	Redoxwert in mV
O ₂ _VO:	Sauerstoffkonzentration in mg/l
SSI_VO:	Sauerstoffsättigung in %
<i>Analytische-Parameter</i>	
Cl:	Chlorid in mg/l
BSB ₅ :	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen in mg/l
TOC:	„total organic carbon“ dt. „Gesamter organischer Kohlenstoff“ in mg/l
oPO ₄ -P:	Menge des Phosphor im Orthophosphat in mg/l
TP-P:	„total Phosphorus“, Gesamtphosphor in mg/l
NO ₃ _N:	Nitrat-N, Nitratstickstoff, die Menge Stickstoff (N) im Nitrat in mg/l
NO ₂ _N:	Nitrit-N, Nitritstickstoff, die Menge Stickstoff (N) im Nitrit in mg/l
NH ₄ _N:	Ammonium-N, Ammoniumstickstoff, die Menge Stickstoff (N) im Ammonium in mg/l
AN_N:	Gesamter anorganischer Stickstoff, nur der N-Anteil in mg/l = Summe(NO ₃ _N, NO ₂ _N, NH ₄ _N)
GN_N:	Gesamtstickstoff, nur der N-Anteil in mg/l

Es wurde, neben den nach WRRL berichtspflichtigen Zuflüssen, eine Auswahl an weiteren potenziell bedeutsamen Seezuflüssen des Tollensesees getroffen. Dazu zählen der Steepengraben in Neubrandenburg, die L130 in Klein Nemerow, die L131 zwischen Klein Nemerow und Bornmühle, die Borne bei Bornmühle, die L111 aus Ehrenhof, der Zippelower Mühlbach, die L89 Bach aus Wustrow und die L89C Bach bei Alt Meiershof, siehe Abbildung 12.

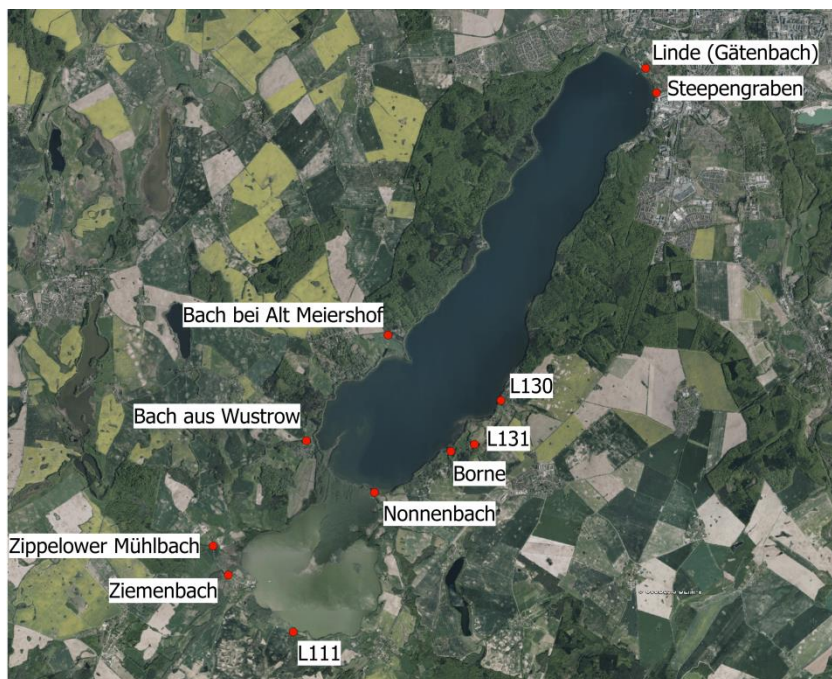


Abbildung 12: Messstellen der Seezuflüsse, eigene Darstellung auf DTK (GeoPORTAL-MV)

4.1. Vor-Ort Parameter

4.1.1. Lufttemperatur

Die vor Ort aufgenommene Lufttemperatur zeigt über den gesamten Verlauf des lymnischen Jahres, die für das Klima des „feuchten Kontinentalklima“ typischen Merkmale wie eine Jahrestemperaturschwankung von mehr als 25°C, siehe Differenz Monat „August 16“ und „Dezember 16“, sowie das generelle Merkmal der kalten Winter und warmen Sommer, ersichtlich im Verlauf aller Messstellen. Im Zeitraum „März 16“ bis „März 17“ wurde ein Minimalwert von 0°C und ein Maximalwert von 30°C gemessen. Tagesaktuell gemessene Lufttemperaturen sind nur als Trendzeiger

geeignet, weitere Ableitung aus den Lufttemperaturen sind nicht möglich, da diese von Tageszeit und von Tag zu Tag stark schwanken können siehe Abbildung 13.

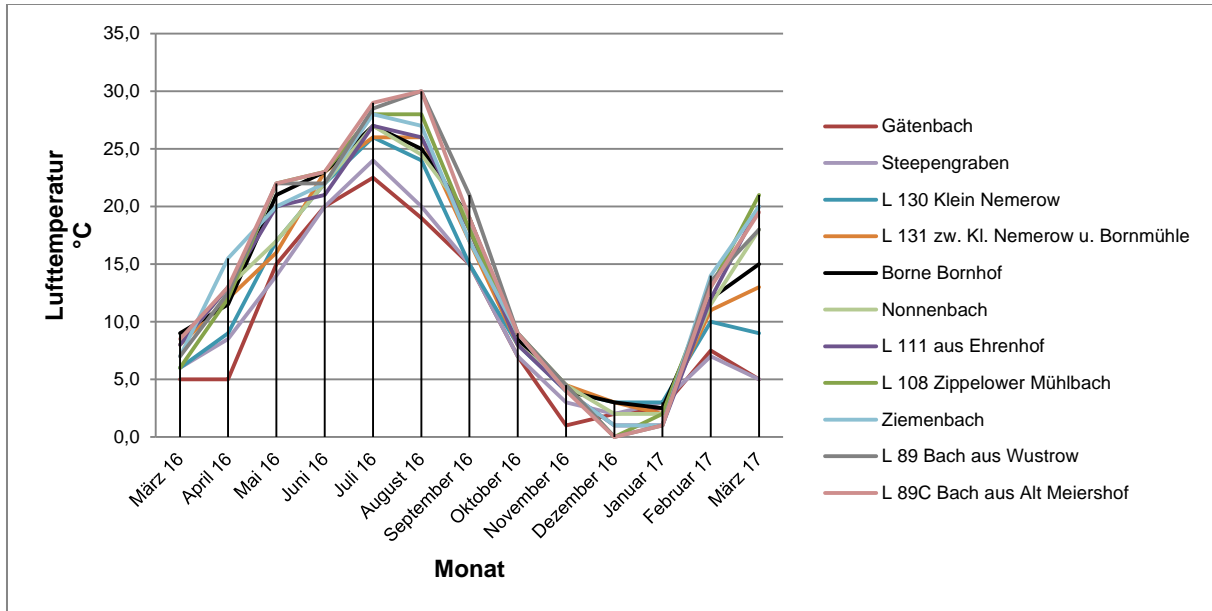


Abbildung 13: Lufttemperatur im Jahresverlauf

4.1.2. Wassertemperatur

Die Wassertemperatur in den Seezuflüssen folgt im Jahresverlauf der Lufttemperatur. Hierbei fällt auf, dass der Kurvenverlauf der Wassertemperatur glatter ist als der Kurvenverlauf der Lufttemperatur. Dies könnte auf das hohe thermische Pufferungsvermögen von Wasser gegenüber tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen zurückzuführen sein (vgl. (BRENDELBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.30).

Es lässt sich feststellen, dass sich im Band der Messwerte ein Teil der Seezuflüsse im Sommer stark erwärmt und wiederum im Winter stark abkühlt. Zu den Seezuflüssen mit großer Temperaturamplitude gehören die Zuflüsse mit den drei größten Einzugsgebieten Gätenbach (Linde), Nonnenbach und Ziemenbach. Wiederum weisen aber auch Zuflüsse mit kleinen Einzugsgebieten wie der „L89C Bach aus Meiershof“ diese Temperaturamplitude auf, welcher zusammen mit dem „Gätenbach“ die größte Temperaturspanne aufweist.

Unter zur Hilfenahme von BRENDENBERGER & SCHWOERBEL (S.40-41) ist zu vermuten, dass die Größe des Einzugsgebiets, Breite des Fließgewässers, Strömung, Tiefe und die Fließstrecke von Quelle bis zur Messstelle sowie die überwiegende Art der Wasserspeisung der Zuflüsse hierbei einen Einfluss hat. Erkennbar ist nämlich auch, dass Zuflüsse welche stark quellwassergeprägt sind wie etwa die „Borne“, eine kleine Temperaturamplitude aufweisen siehe Abbildung 14.

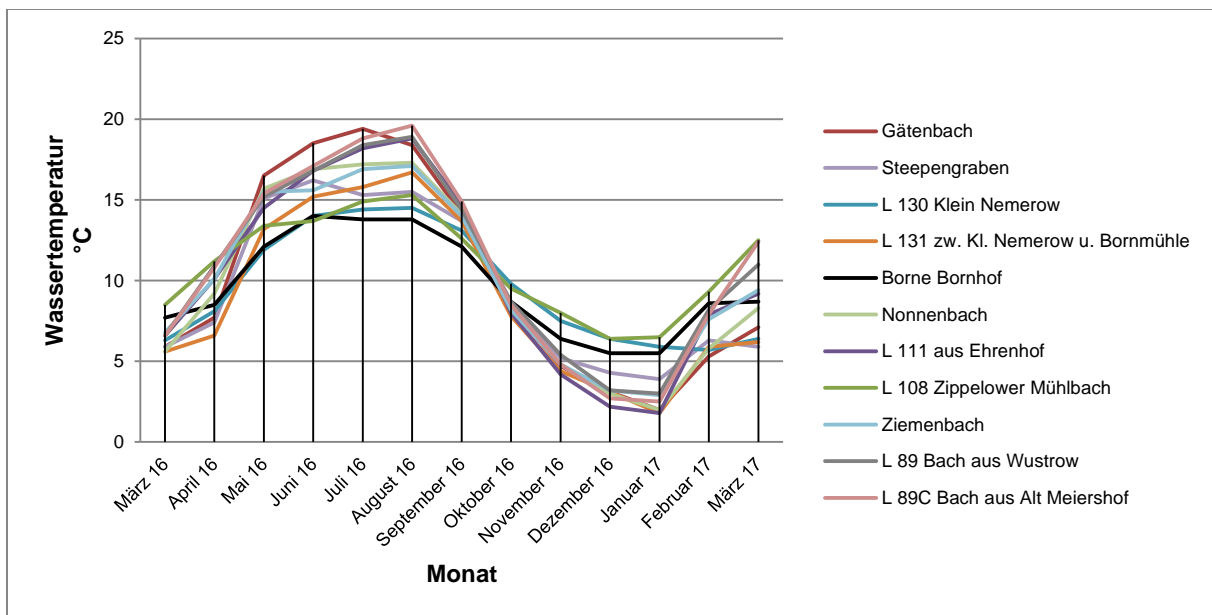


Abbildung 14: Wassertemperatur im Jahresverlauf

Die Wassertemperatur hat einen direkten Einfluss auf die „Vor-Ort-Parameter“ und „Analytische-Parameter“ wie etwa die Löslichkeit von Sauerstoff und Stickstoff im Wasser. So nimmt die Löslichkeit der voran genannten Gase mit steigender Wassertemperatur ab, wohingegen die Löslichkeit der meisten organischen und anorganischen Feststoffe bei steigender Wassertemperatur zunimmt (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, S.102,111).

4.1.3. Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit einer Flüssigkeit gibt Auskunft über die Gesamtheit einer Probe. Ist die Leitfähigkeit deutlich erhöht, gibt dies schon ohne weitere analytische Verfahren einen Hinweis auf die Belastung des Wassers. Die elektrische Leitfähigkeit hängt von der Zahl der gelösten Ionen im Wasser ab und gibt damit den Mineralisationsgrad des Wassers an (vgl. BAIER, 2015).

Die gemessenen Werte der Seezuflüsse liegen zwischen $500\mu\text{S}/\text{cm}$ bis $1250\mu\text{S}/\text{cm}$ den Höhenpunkt finden alle Messwerte zwischen „November 2016“ und „Dezember 2016“, danach fallen die Werte im „Januar 2017“ auffällig ab, siehe Abbildung 15.

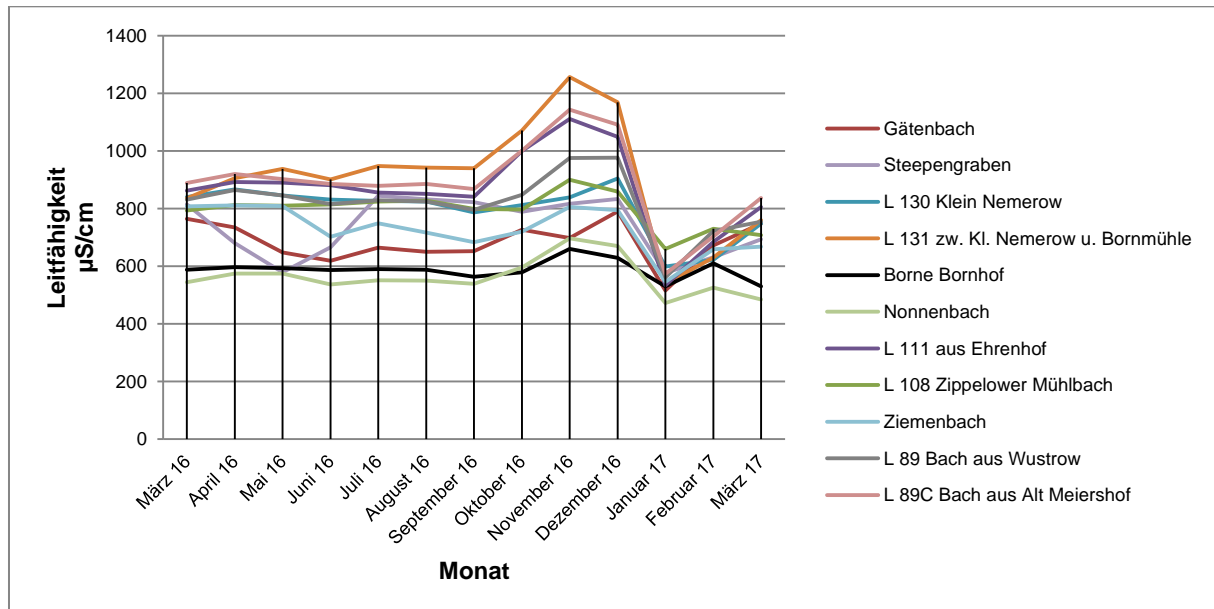


Abbildung 15: Leitfähigkeit im Jahresverlauf

4.1.4. Redox-Wert

Das Redox-Potential einer Wasserprobe gibt Auskunft über die elektrochemischen Bedingungen im Wasser. Im sauerstoffreichen Milieu herrscht ein hohes Redox-Potential, ein niedriges Potential weist auf Sauerstoffmangel hin (vgl. BAIER, 2015).

Über das Jahr gesehen liegen die Werte meist unter 5mV nur der „Bach aus Alt Meiershof“ liegt etwas höher bei 8mV. Im „Februar 2017“ steigt der Wert bei der Hälfte der Messreihen stark an auf über 15mV, Abbildung 16.

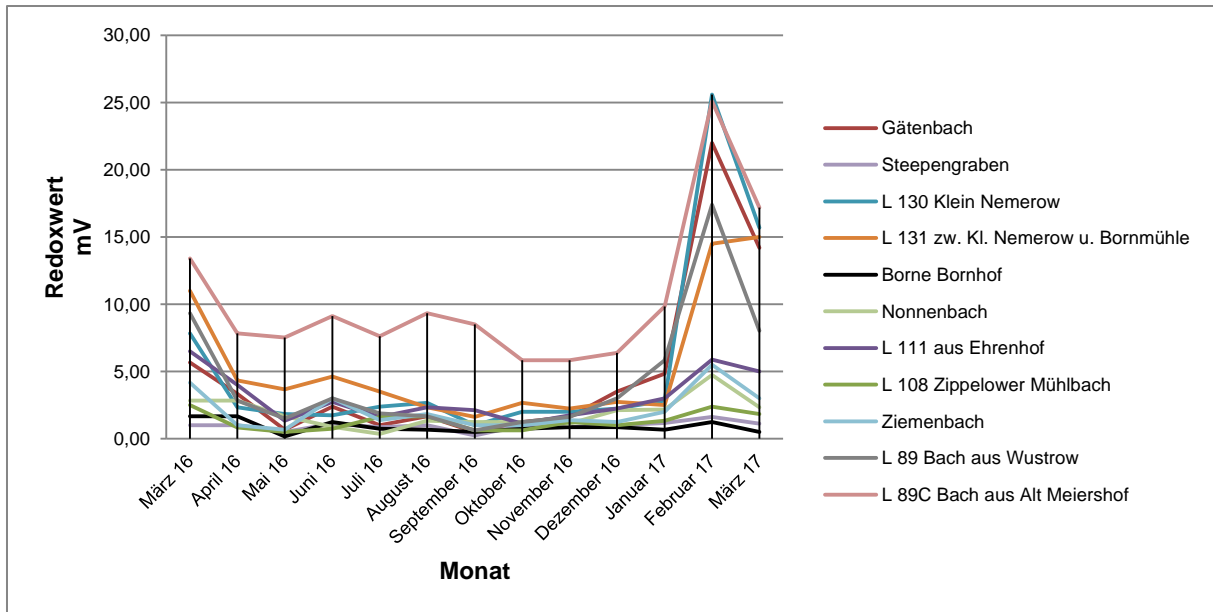


Abbildung 16: Redoxwert im Jahresverlauf

4.1.5. pH-Wert

Die gemessenen pH-Werte der Seezuflüsse liegen allesamt im leicht alkalischen Bereich. Es zieht sich ein Band der Messwerte von etwa pH-Wert 7,8 bis 8,5 über den Jahresverlauf der Messstellen, die Messwerte folgen schwachen jahreszeitlichen Schwankungen. Auffallende Ausreißer sind der Messwert des Gätenbachs im Februar 2017 mit gemessenen pH-Wert 7,71 sowie die Messwerte von Ziemenbach und Zippelower Mühlbach im März 2017 mit pH-Wert 8,66 und 8,6 siehe Abbildung 17.

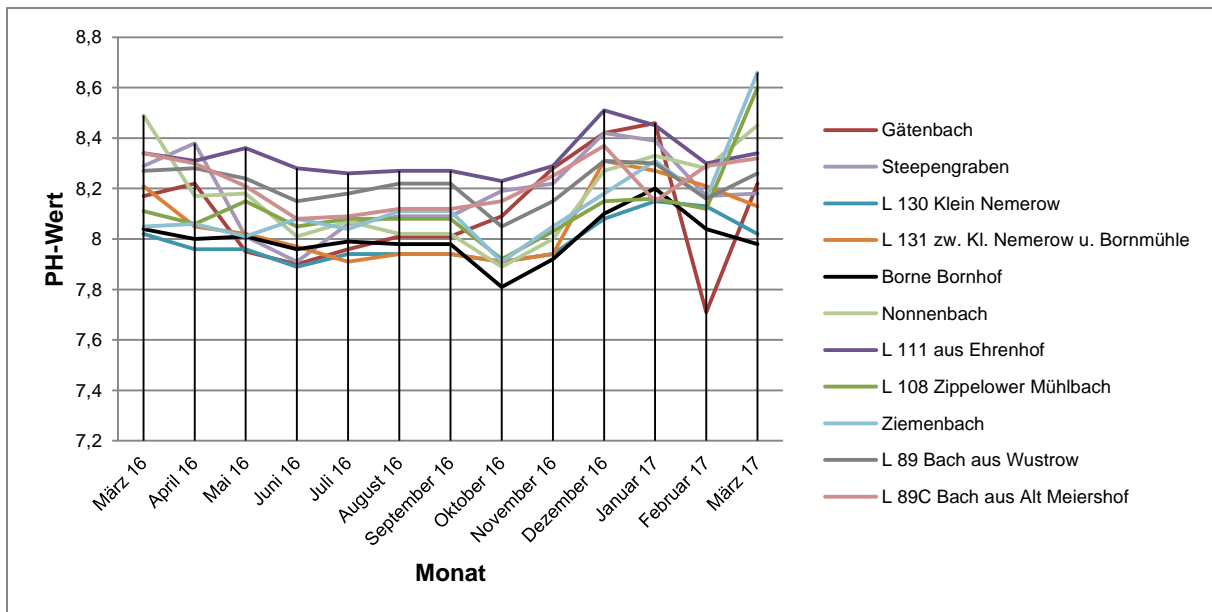


Abbildung 17: ph-Wert im Jahresverlauf

Die allgemeine Alkalinität der Messwerte über den gesamten Jahresverlauf hinweg, könnte durch den geologisch anstehenden Geschiebemergel bedingt sein. Das Quellwasser auf dem Weg zum Quellaustritt wäscht hierbei Kalk aus dem Geschiebemergel aus, auch Auswaschungen aus kalkhaltigen Flussbetten könnten zu diesem Effekt beitragen.

4.1.6. Sauerstoffkonzentration

In BRENDENBERGER & SCHWOERBEL (S.103-106) werden zur Sauerstoffkonzentration in Fließgewässern folgende Aussagen getätigt, Fließgewässer haben gegenüber Standgewässern eine günstigere Sauerstoffbilanz, durch ständiges Verwirbeln und Vermischen des Wasserkörpers mit der Luft. Zudem wirkt sich die Zufuhr von organischem Material durch ständigen Forttransport nicht so nachhaltig aus, wie in Standgewässern. Trotzdem gelten für Fließgewässer sowie Standgewässer die selben Zufuhr- und Verbrauchsarten. Die Zufuhr von Sauerstoff im Wasser geschieht durch Kontakt mit Atmosphäre und durch Photosynthese der Wasserpflanzen, Moose und Algen bzw. Phytoplankton. Der Verbrauch von im Wasser gelöstem Sauerstoff setzt sich aus der Atmung der vorher genannten Wasserorganismen, Destruktion organischer Stoffe und dem Verlust an die Atmosphäre zusammen.

Im Zeitraum von „Mai 2016“ bis „September 2016“ sind die Werte der Sauerstoffkonzentration geringer als in den Zeiträumen „März 2016“ bis „Mai 2016“ sowie zwischen „September 2016“ und „März 2017“. In den sonnenreichen Monate Mai bis Oktober gibt es die besten Voraussetzungen zur Photosynthese. Zudem gibt es vermutlich die größte Biomasse, die Sauerstoff für ihre Atmung benötigt. Ebenfalls gibt es Einträge von organischen Stoffen aus der Landwirtschaft, die abgebaut werden und dabei Sauerstoff verbrauchen. Die sonnenarmen Monate von Oktober bis Mai weisen schlechtere Voraussetzungen zur Photosynthese weniger Biomasse und weniger organischen Einträgen auf. Es lässt sich in Abbildung 18 erkennen, dass der letzteres genannte Zeitraum eine bessere Bilanz der Sauerstoffkonzentration in den Seezuflüssen ausweist.

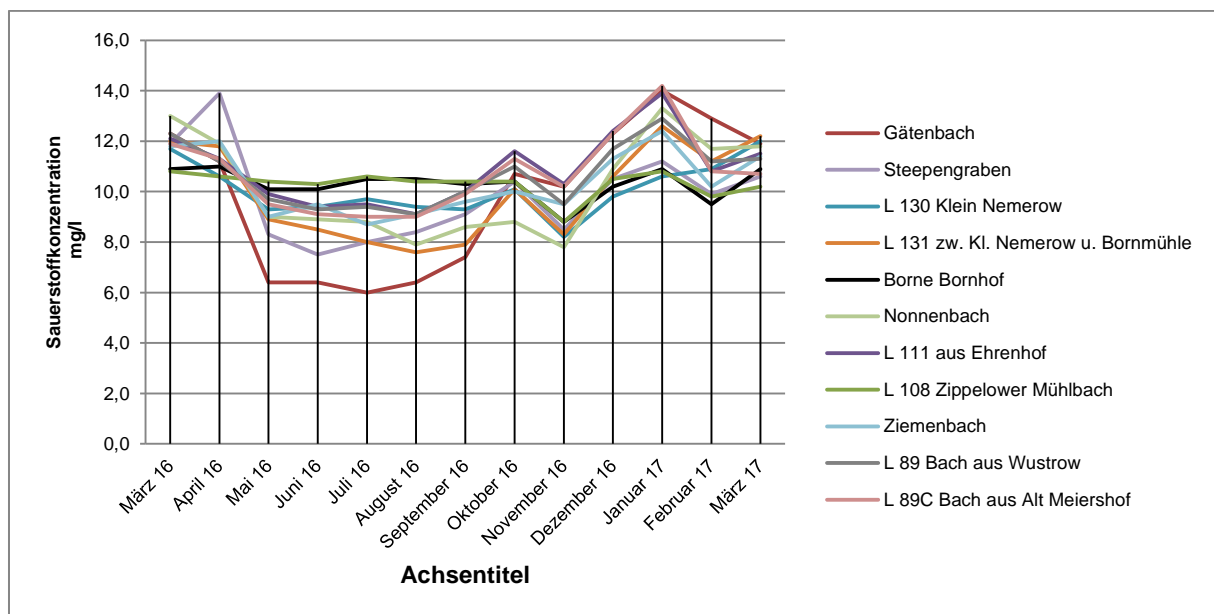


Abbildung 18: Sauerstoffkonzentration im Jahresverlauf

4.1.7. Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung des Wassers ist abhängig von der Wassertemperatur, kaltes Wasser kann mehr Sauerstoff aufnehmen als warmes Wasser. Somit sind die Vor-Ort gemessenen Werte unter Berücksichtigung der Wassertemperatur zu betrachten (vgl. BAIER, 2015).

Analysiert man die Sauerstoffsättigung der Seezuflüsse über den Jahreslauf zeigt sich der Zusammenhang zwischen Wassertemperatur und Sauerstoffsättigung, anhand der Verläufe der Kurven. In den Monaten Juli, August und „August 2016“ ist die Wassertemperatur am höchsten und somit die potenzielle Sauerstoffsättigung am niedrigsten. Die gemessene Sauerstoffsättigung ist hier auf einem hohen Level, betrachtet über den gesamten Messzeitraum, obwohl sich die absolute Sauerstoffkonzentration in diesen Monaten auf dem niedrigsten Level befindet. Der Monat November 2016 stellt im Jahresverlauf eine Besonderheit dar, hier ist die Wassertemperatur recht niedrig und die Sauerstoffkonzentration im Vergleich zu Vor- und Folgemonat ebenfalls niedrig, durch dieses Zusammenspiel von Wassertemperatur und absoluter Sauerstoffkonzentration kommt es zu der statistischen Auffälligkeit im Jahresverlauf. Die Monate mit kühler Wassertemperatur haben hingegen durchgehend eine hohe Sauerstoffkonzentration, somit ergibt sich ein recht gleichmäßiger Jahresverlauf der Sauerstoffsättigung siehe Abbildung 18 und Abbildung 19.

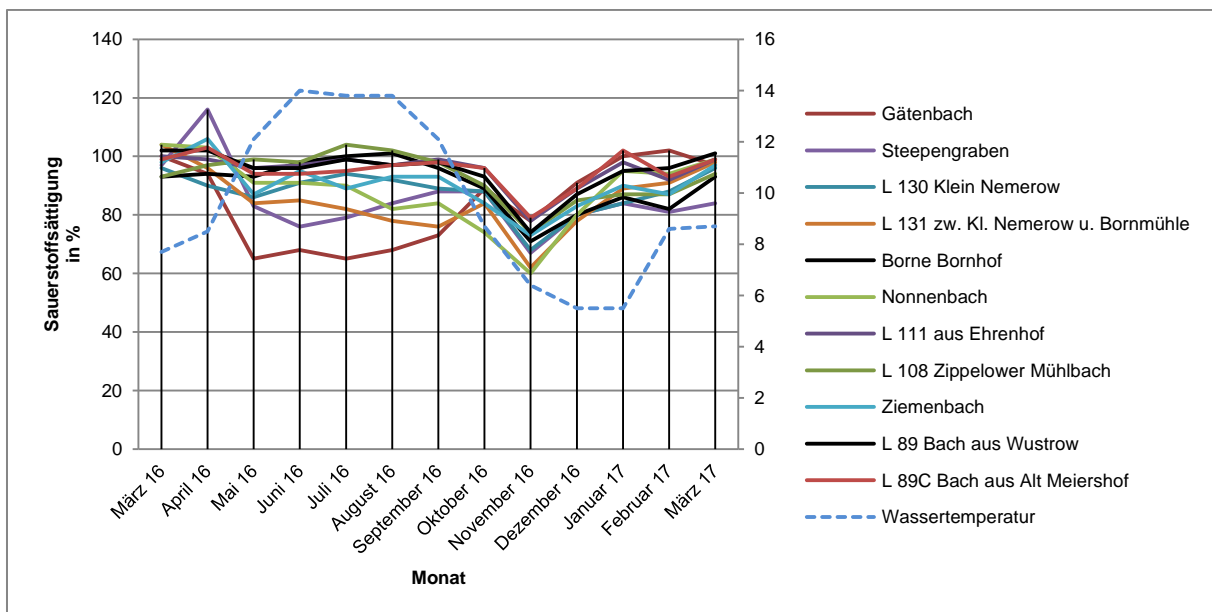


Abbildung 19: Sauerstoffsättigung im Jahresverlauf

4.2. Analytische-Parameter

4.2.1. Chlorid

Die gemessenen Chlorid-Werte in den Seezuflüssen sind im Zeitraum März 2016 bis August 2016 mit wenigen Ausnahmen stabil, von August 2016 bis Dezember 2016

zeigen alle Messstellen einen Anstieg um etwa 5-20 mg/l, ab Dezember 2016 fallen die Messwerte wieder auf das Niveau des vorherigen Zeitraums. Einen nicht homogenen Verlauf zu den anderen Messwerten zeigt der Ziemebach, welcher im Zeitraum März 2016 bis Mai 2016 höhere Werte aufweist als im Zeitraum August 2016 bis Dezember 2016, in dem alle anderen Messstellen ihr Maximum aufweisen. Eine weitere statistische Auffälligkeit zeigt der Steepengraben im Januar 2017 mit einem Peak von 80 mg/l was einem Zuwachs von 150% entspricht und im Folgemonat wieder auf das Ausgangsniveau fällt siehe Abbildung 20.

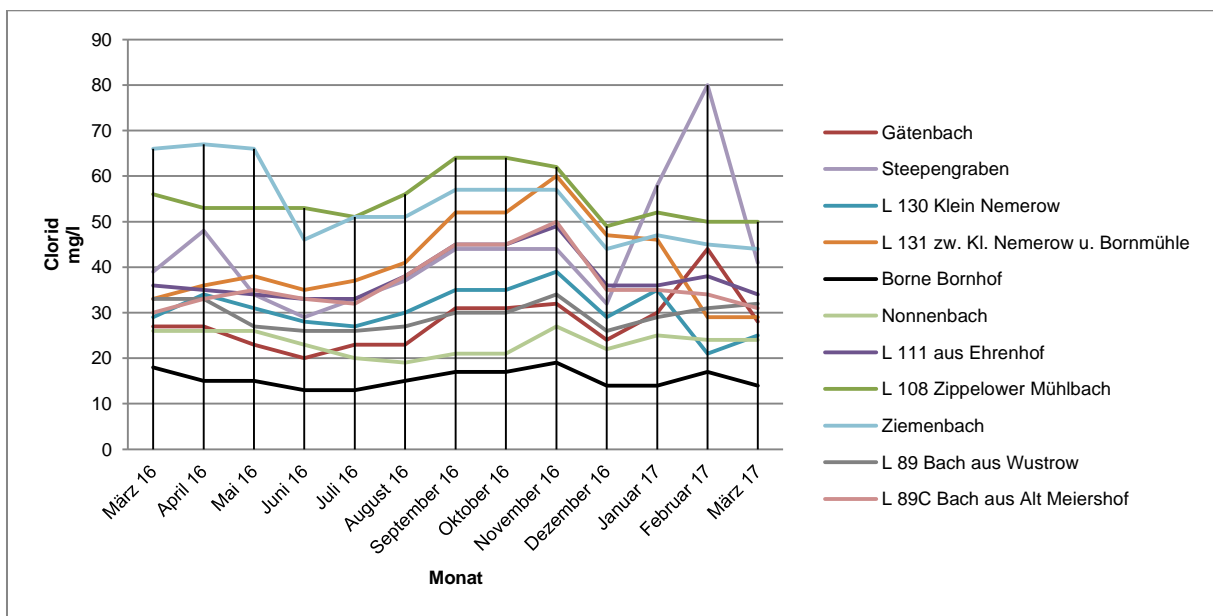


Abbildung 20: Chlorid im Jahresverlauf

Die Höhe der Chlorid-Werte ist möglicherweise durch die geogenen Gegebenheiten begründet, gerade da der Chlorid-Grundwert der Messstellen auf den jeweiligen Niveaus stabil ist. Der Zeitraum „August 2016“ bis „Dezember 2016“ mit erhöhten Werten könnte aus landwirtschaftlicher Düngung resultieren (vgl. BAIER, 2015).

Der starke Ausschlag des Messwertes im Steepengraben im „Januar 2017“ könnte durch Streusalzeintrag aus dem Winterdienst bedingt sein. Das kleine Einzugsgebiet des Steepengrabens liegt größtenteils im Stadtgebiet Neubrandenburgs, bei einer einsetzenden Schneeschmelze könnte somit eine große Menge Streusalz in den Graben geraten sein.

4.2.2. Biochemischer Sauerstoffbedarf

Der biochemische Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen ist ein Richtwert für die Belastung von Wasserproben mit organischen Stoffen. Der Wert gibt an wie viel mg/l Sauerstoff benötigt werden um innerhalb einer Zeit von fünf Tagen die organischen Stoffe in der Wasserprobe aufzubrechen (vgl. BAIER, 2015).

Der Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen ist abhängig von folgenden Faktoren:

- „von der Menge und den vorhandenen Arten an Mikroorganismen,
- von der Menge an Nährstoffstoffen und deren Verfügbarkeit für die Organismen,
- vom Gehalt an Spurenelementen und Nährstoffen wie Stickstoff oder Phosphor,
- weiteren Bedingungen, wie pH-Wert oder Salzgehalt,
- vom Vorhandensein hemmender Stoffe.“ (BAIER, 2015)

Der Verlauf der Messwerte über das Jahr ist in Gegensatz zu vielen vorherigen Messwerten nicht gleichmäßig und daher schwer zu beschreiben. Die ermittelten Messwerte der einzelnen Seezuflüsse schwanken innerhalb des Jahres ohne erkennbaren Trend. Einzig im „Januar 2017“ zeigt sich eine Gemeinsamkeit in vielen Messstellen, hier gibt es ein auffälliges Maximum der Messwerte siehe Abbildung 21.

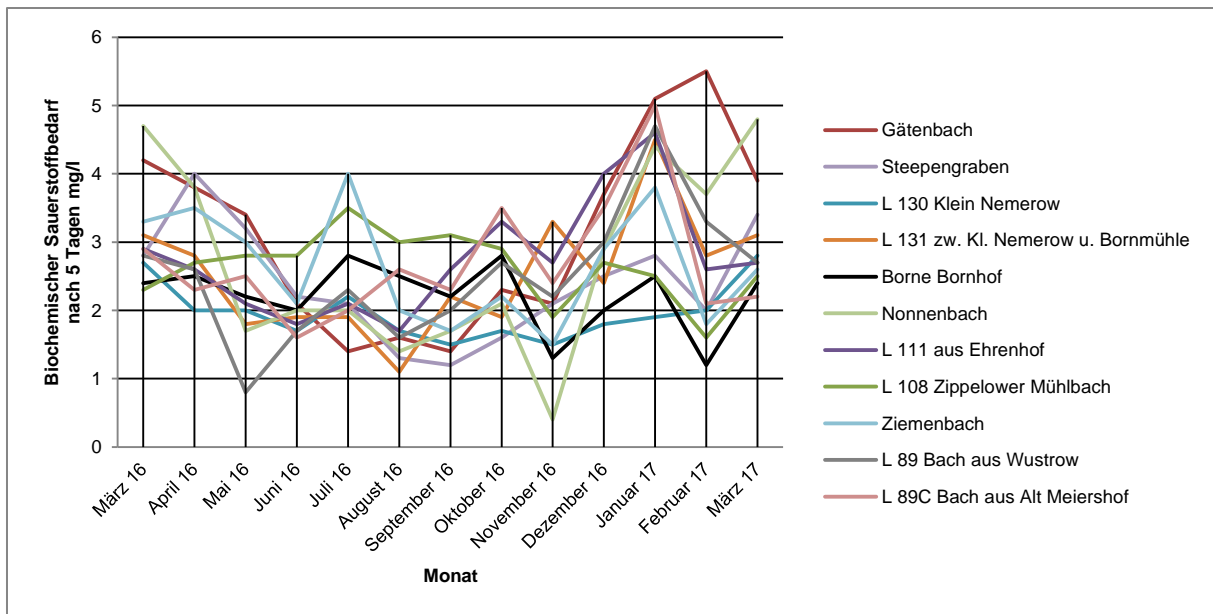


Abbildung 21: BSB₅ im Jahresverlauf

Im angewandten Fall zeigt sich, dass durch die Vielzahl der beeinflussenden Faktoren für den biochemischen Sauerstoffbedarf, der letztendlich ermittelte Wert für einen Vergleich, über den Jahresverlauf der Messwerte untereinander, nicht geeignet ist. Nimmt man Tabelle 5 nach BAIER zur Hilfe lässt sich einordnen, dass ein Großteil der genommenen Proben als „Saprobitätsstufe I - unbelastet“ bis an der Grenze zu „Stufe I/II - gering belastet“ gelten. Ein weiterer kleiner Teil insbesondere im „Januar 2017“ gilt als „Stufe II - mäßig belastet“ und drei Messwerte sind „Stufe II/III - kritisch belastet“.

Tabelle 5: Saprobitätsstufen (BAIER, 2015)

Güteklasse:	Saprobitätsstufe:	BSB ₅ [mg/L]:
I	unbelastet	2
I/II	gering belastet	3
II	mäßig belastet	4
II/III	kritisch belastet	4 bis 7
III	stark verschmutzt	20
III/IV	sehr stark verschmutzt	40 bis 120
IV	übermäßig verschmutzt	> 120

4.2.3. Gesamter organischer Kohlenstoff

Der Summenparameter „gesamter organischer Kohlenstoff“ ist die Summe des nicht gelösten organischen Kohlenstoffs im Wasser, dazu zählen auch Schwebstoffe wie Algen und andere Mikroorganismen (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.118-199).

Der Verlauf der Messwerte ist an vielen Messstellen ähnlich, die Werte sinken stetig bis zum „September 2016“ und steigen dann wieder stetig an und erreichen im „Februar 2017“ ein z.T. ein deutliches Maximum. Aus dieser Reihe fallen die „L130 Klein Nemerow“ und die „L131 zwischen Klein Nemerow“ und Bornmühle siehe Abbildung 22.

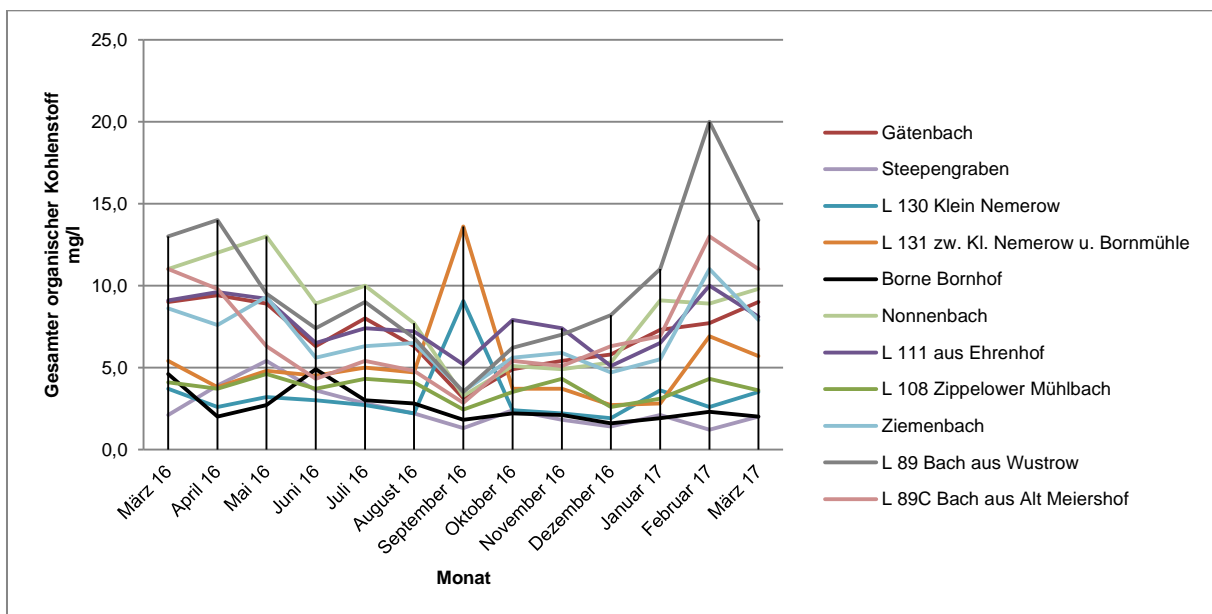


Abbildung 22: Gesamter Kohlenstoff im Jahresverlauf

Die statistischen Ausreißer im September 2016 befinden sich in Seezuflüssen deren Einzugsgebiete nah aneinander liegen. Es ist also möglich, dass auf den landwirtschaftlichen Flächen, die sich über die Einzugsgebietsgrenzen erstrecken, kurz vor der Messung Düngemittel ausgebracht worden sind. Eine Abspülung durch starke Sommerniederschläge, kurz nach Ausbringung der Düngemittel, könnte Grund hierfür sein, aber auch Erosionsereignisse mit Einträgen von pflanzlichem Kohlenstoff sind eine mögliche Eintragsquelle sein.

4.2.4. Total Phosphorus

Der Begriff „Total Phosphorus“ bezeichnet die Summe der drei Phosphatfraktionen, die sich aus dem organisch gelöstem Phosphat, organisch partikulärem Phosphat (Organismen und Detritus) und dem anorganisch gelöstem Phosphat (Orthophat), welches später beschrieben wird, zusammensetzen. Grundsätzlich sind anorganische Phosphorverbindungen in unbelasteten nicht anthropogen beeinflussten Gewässern in sehr geringen Mengen vorhanden (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.113).

BAIER nennt einen Wert von $<0,05\text{mg/L}$ als durch geogene Umstände entstandene Menge in Gewässern, etwa durch die Auswaschung des Gesteins Apatit.

Dieser Wert von $0,05\text{mg/L}$ wird in keiner der Messwerte, über den gesamten Jahresverlauf eingehalten bzw. unterschritten, damit ist davon auszugehen die ausgewählten Seezuflüssen zu keiner Jahreszeit unbelastet sind. Es zeigt sich aber, dass der Jahresverlauf zwei Hochphasen der Belastung aufweist, zum einen die Phase „Juli 2016“ bis „September 2016“ und zum anderen die Phase „Januar 2017“ bis „Februar 2017“. Der „Dezember 2016“ ist auffällig gering belastet an allen Messstellen siehe Abbildung 23.

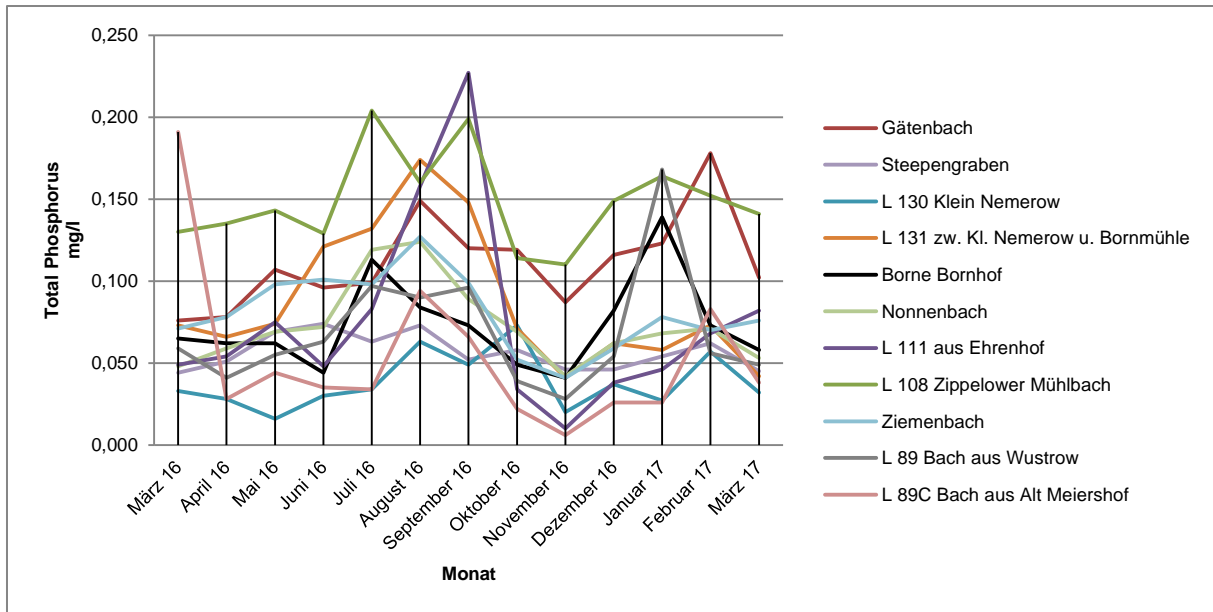


Abbildung 23: Total Phosphorus im Jahresverlauf

4.2.5. Orthophosphat

Wie bereits in Abschnitt 4.2.4 Total Phosphorus erwähnt handelt sich bei „Orthophosphat“ um anorganisches gelöstes Phosphat. Quellen hierfür sind die landwirtschaftliche Düngung und Phosphorverbindungen aus Wasch- und Reinigungsmitteln, die als Restbelastungen aus Klärwässern eingetragen werden können. Von besonderer Bedeutung sind Phosphorverbindungen wie das „Orthophosphat“, da sie oft einen limitierenden Faktor im Pflanzenwachstum darstellen. Das heißt ein Eintrag dieser Stoffe hat einen direkten Einfluss auf die Biomasse von Algen und Wasserpflanzen und trägt somit zur Eutrophierung bei (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.113).

Vergleicht man den Jahresverlauf des „Total Phosphorus“ mit dem des „Orthophosphats“ zeigt sich, dass sich erste Hochphase des „Total Phosphorus“ im Zeitraum „Juli 2016“ bis „September 2016“ mit erhöhten Werten des „Orthophosphats“ überschneidet. Die zweite Hochphase des „Total Phosphorus“ im Zeitraum „Januar 2017“ bis „Februar 2017“ scheint hingegen, nicht durch den Anteil des „Orthophosphats“ geprägt zu sein, siehe Abbildung 23 und Abbildung 24.

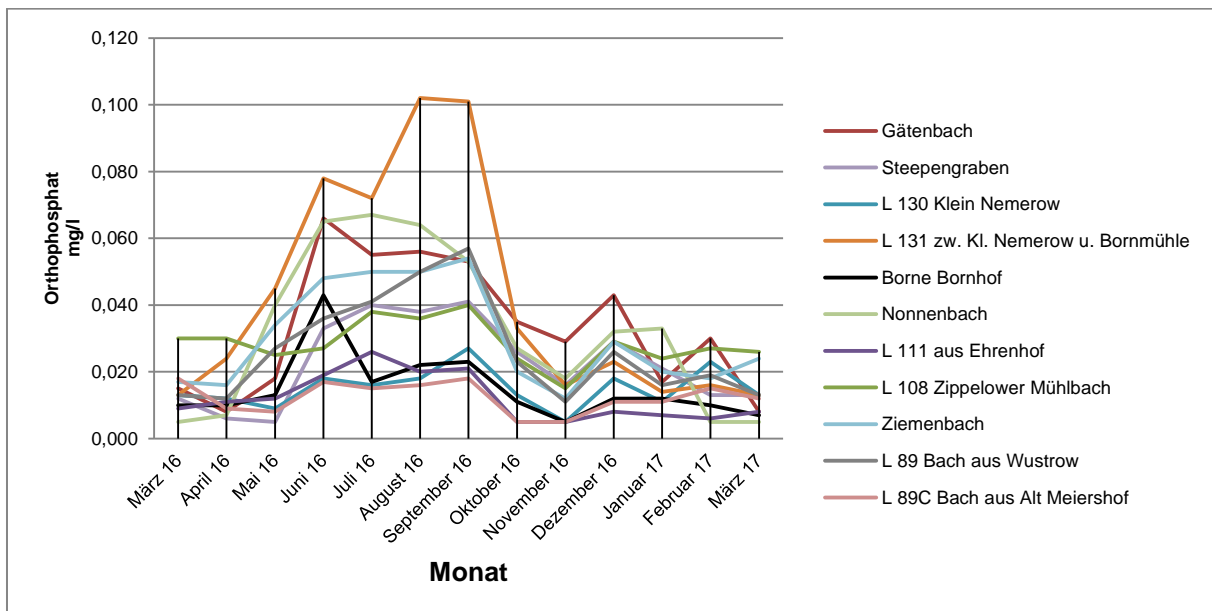


Abbildung 24: Orthophosphat im Jahresverlauf

4.2.6. Gesamter anorganischer Stickstoff

Stickstoff kann in anorganischer Form in den Verbindungen Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), und Ammonium (NH_4^+) vorkommen, die Summe dieser drei Verbindungen ist der „Gesamte anorganischer Stickstoff“. Die bedeutendsten Verbindungen sind hierbei Nitrat und Ammonium, da sie die hauptsächlichen Stickstofflieferanten der photoautotrophen Pflanzen sind (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.112).

Die Datengrundlage des StALU MS wurde leicht modifiziert um die Vergleichbarkeit der Diagramme zu gewährleisten. Bei der Erfassung der Stickstoffverbindungen wurden nur Nitrat-Werte größer als 0,06mg/L, Nitrit-Werte größer als 0,005mg/L und Ammonium-Werte größer als 0,03mg/L erfasst. In der Datengrundlage wird ein Wert der unter dieser Schwelle liegt auch nicht zu der Summe des anorganischen Stickstoffs addiert. In den folgenden Auswertungen werden Werte unter den genannten Schwellen mit den jeweiligen Grenzwerten angesetzt und auch in die Summe des anorganischen Stickstoffs aufgenommen.

Über das Jahr gesehen fällt auf, dass die Messwerte der Seezuflüsse in ihrer Konzentration eng beieinander liegen, ein großer Teil davon unter 1mg/L. Die einzige Messstelle, die auf einem höheren Niveau liegt ist die des „L89C Bachs aus Alt Meiershof“ welcher z.T. um 8mg/L höher liegt als alle anderen Messstellen. Auffällig ist auch das starke Maximum im Januar 2017, fünf Messstellen weisen ein eine Steigerung um das sechs bis siebenfache des Vormonats auf. Die restlichen Messstellen weisen in diesem Monat ebenfalls eine geringe Steigerung auf siehe Abbildung 25.

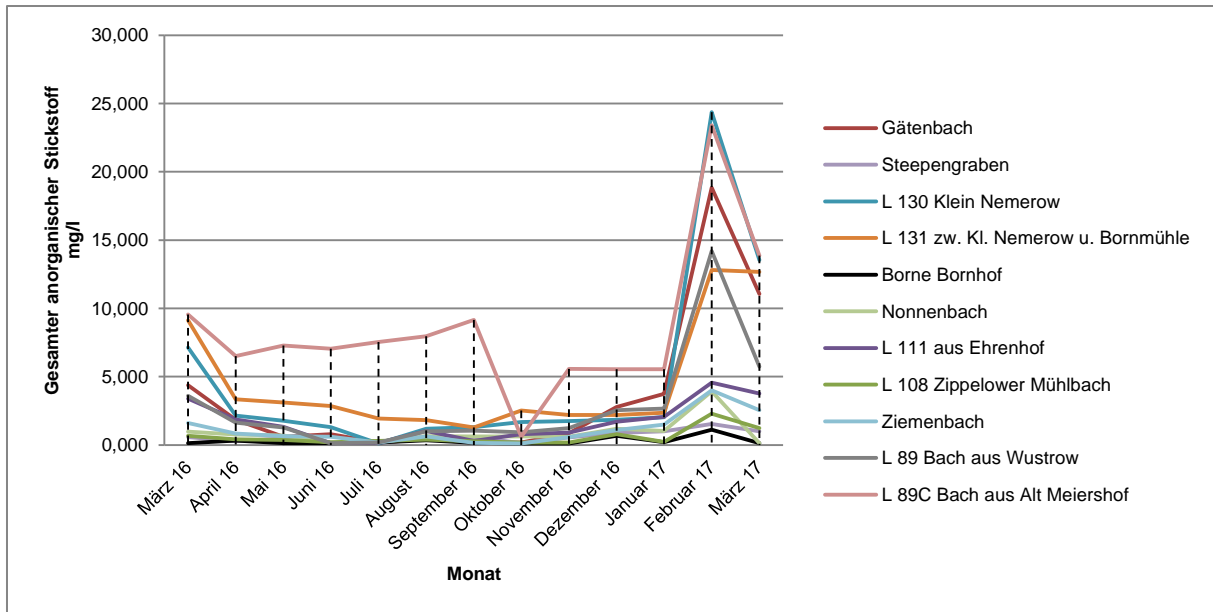


Abbildung 25: Gesamter anorganischer Stickstoff im Jahresverlauf

4.2.7. Nitritstickstoff

Nitrit ist in der Regel nur in geringen Mengen in Oberflächengewässern nachweisbar da es zügig durch Mikroorganismen verwertet wird (vgl. BRENDLBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.113).

Der Anteil des Nitrits am gesamten anorganischen Stickstoff ist aufgrund der geringen festgestellten Mengen nicht in Abbildung 25 erkennbar.

Zumeist liegen die Messwerte unter 0,02mg/L, nur vereinzelt übersteigen die Messwerte diese Grenze, im Zeitraum „Dezember 2016“ bis „März 2017“ finden sich an drei Messstellen Werte, die gegenüber den restlichen Werten deutlich erhöht sind. Der höchste erfasste Wert liegt im „Juni 2016“ im „L131 Bach zwischen Klein Nemerow und Bornmühle“ bei 0,108mg/L, dieser Wert ist mehr als das Zehnfache der durchschnittlichen Werte aller erfassten Messwerte, es handelt sich um einen extremen Maximalwert siehe Abbildung 26.

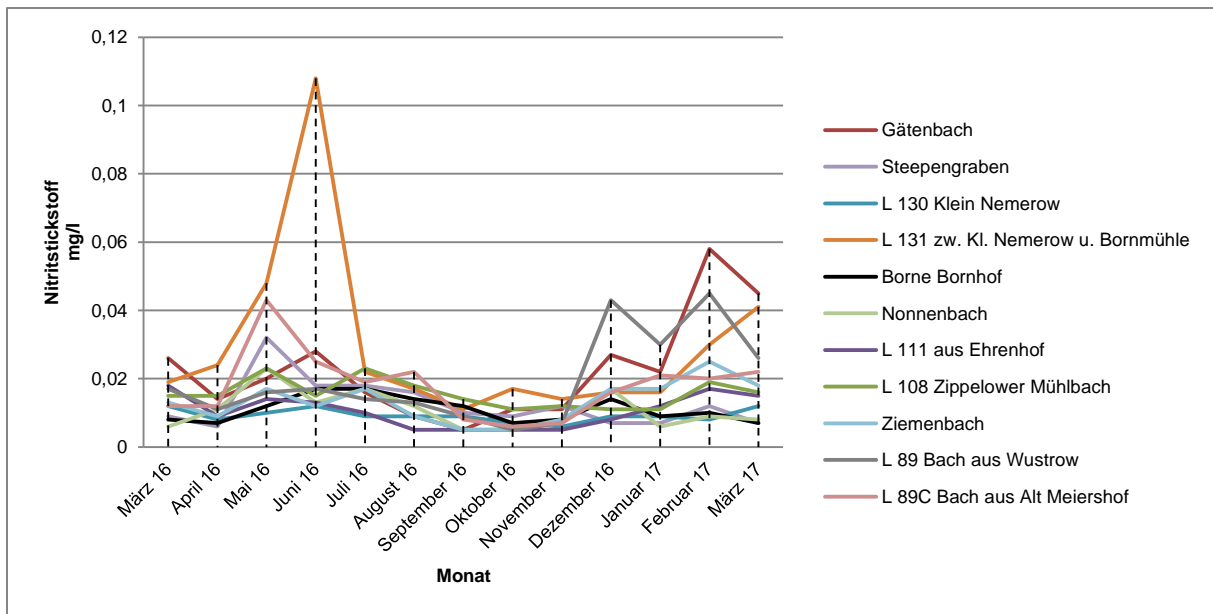


Abbildung 26: Nitritstickstoff im Jahresverlauf

4.2.8. Nitratstickstoff

Nitratstickstoff stellt mengenmäßig den größten Anteil am anorganischen Stickstoff im Wasser dar. Dies ist auch im Vergleich der Abbildung 25 und Abbildung 27 ersichtlich, so ist zwischen den Diagrammen kein augenscheinlicher Unterschied erkennbar.

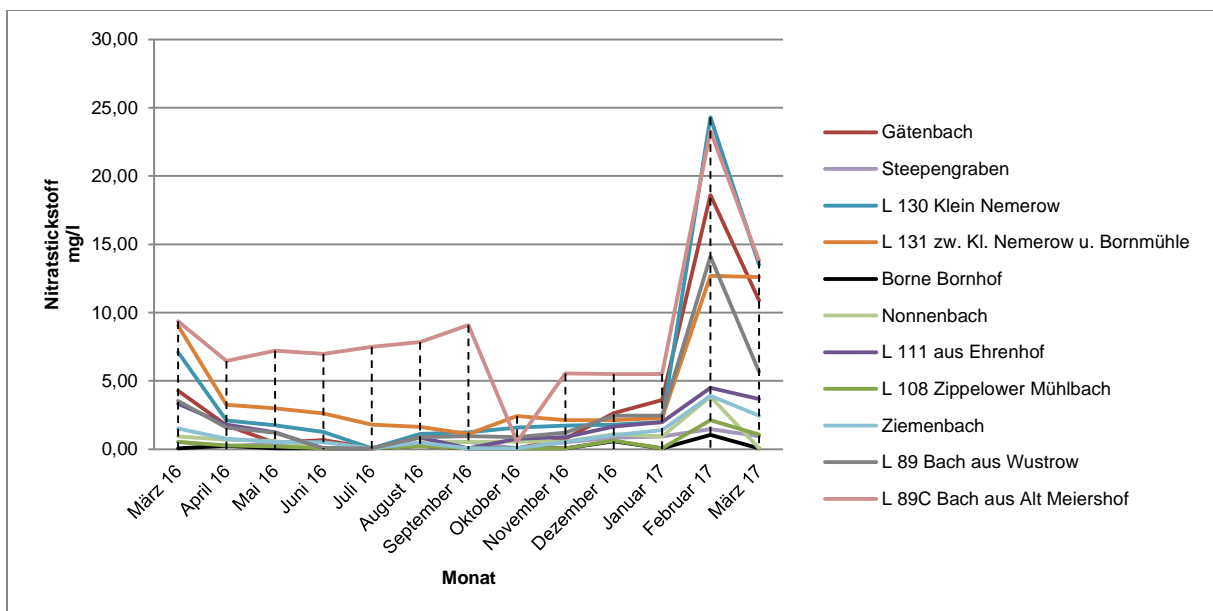


Abbildung 27: Nitratstickstoff im Jahresverlauf

4.2.9. Ammonium

Ammonium ist mit Nitrat der wichtigste Stickstofflieferant für Algen und höhere Wasserpflanzen. In nicht durch organische Abwässer belasteten Fließgewässern ist Nitrat die bedeutendste Stickstoffverbindung, in belasteten Fließgewässern hingegen können höhere Ammonium-Werte auftreten (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.113).

Die Ammonium-Werte verlaufen das Jahr über an den Messstellen mit leichten Schwankungen. In einem Bereich vom erfassten Grenzwert 0,03mg/L bis etwa 0,09mg/L. Nur der „L108 Zippelower Mühlbach“ bewegt sich auf einem anderen Niveau um 0,20mg/L. Im Januar 2017 gibt es ein an vielen Messstellen ein auffälliges Minimum, der „Gäitenbach“ wiederum weist dort sein Maximum auf. Die ökologischen Gegebenheiten im Zeitraum „Dezember 2016“ bis „März 2017“ scheinen einen starken Einfluss auf den Ammonium Gehalt in den Seezuflüssen zu haben, da die Schwankungen in diesem Zeitraum stärker ausgeprägt sind als im restlichen Jahresverlauf siehe Abbildung 28.

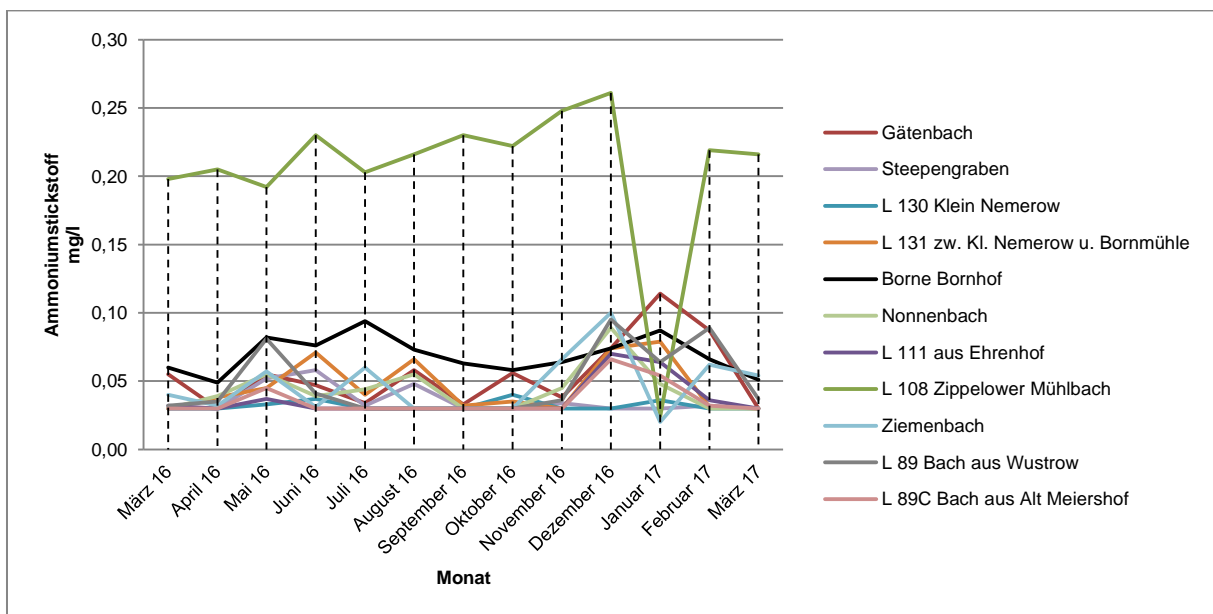


Abbildung 28: Ammoniumstickstoff im Jahresverlauf

4.2.10. Gesamtstickstoff

Der Gesamtstickstoff setzt sich aus „gesamten anorganischen Stickstoff“ und „organischem Stickstoff“ zusammen. Organisch tritt Stickstoff als Zwischenstufen des mikrobiellen Eiweißabbaues, als Exkretionsprodukt tierischer Konsumenten sowie in freien Verbindungen, Aminosäuren und Enzymen auf (vgl. BRENDENBERGER & SCHWOERBEL, 2005, S.113).

Das Diagramm des Jahresverlaufs des „Gesamtstickstoffs“ gleicht den Diagrammen des „Nitratstickstoffs“ und des „Gesamten anorganischen Stickstoffs“, die Verhältnisse der Seeflässe untereinander bleiben erhalten, lediglich die gemessene Stoffmenge ist deutlich erhöht, siehe Abbildung 25, Abbildung 27 und Abbildung 29.

Über den gesamten Jahreslauf und über alle Messstellen gerechnet beträgt der Anteil des „organischem Stickstoff“ 28,60%.

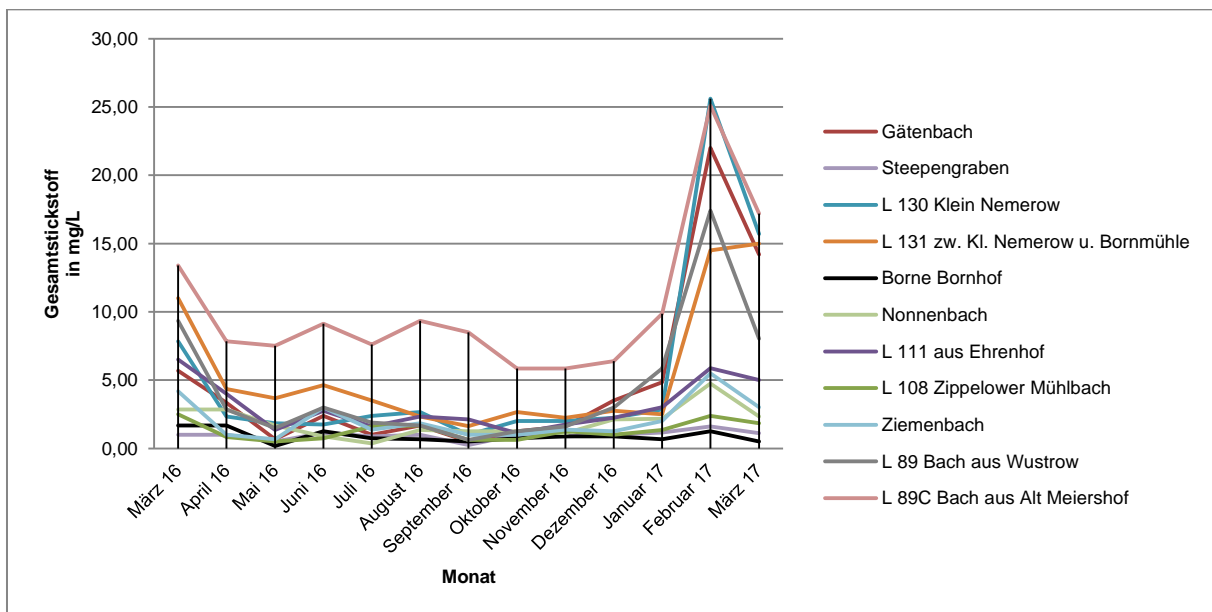


Abbildung 29: Gesamtstickstoff im Jahresverlauf

5. Stoffliche Einträge in den Seezuflüssen

Um eine Vergleichbarkeit der Wasserqualität der Seezuflüsse über das gesamte limnische Jahr herzustellen, mit der Vielzahl an Messwerten, muss ein Vergleichsraster erstellt werden. Zuerst wurde das arithmetische Mittel der 13 Monatswerte gebildet. Anschließend werden die Mittelwerte der einzelnen Messstellen gegenübergestellt und vier Bereiche gebildet. Der erste Bereich (**grün**) erstreckt sich vom Minimalwert zum 1.Quartil der zweite Bereich (**gelb**) von 1. Quartil zum 2. Quartil (Median) der dritte Bereich (**orange**) vom 2. Quartil zum 3. Quartil und der vierte Bereich (**rot**) vom 3. Quartil zum Maximum, siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Vergleichsraster qualitative Merkmale der Seezuflüsse

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Borne/Bornhof	588	15	10,32	90,46	2,2	2,6	0,015	0,073	0,203	0,011	0,069	0,287	0,892	344
Gätenbach	683	28	9,85	83,85	3,1	7,0	0,033	0,112	3,391	0,022	0,055	3,525	4,819	323
L 108 Zippelower Mühlbach	795	55	10,31	92,92	2,6	3,7	0,029	0,148	0,416	0,016	0,205	0,580	1,303	357
L 111 aus Ehrenhof	866	38	10,91	95,31	2,7	7,6	0,012	0,075	1,603	0,010	0,037	1,689	3,055	357
L 130 Klein Nemerow	796	31	10,08	87,85	2,0	3,3	0,015	0,038	4,579	0,009	0,032	4,627	5,402	335
L 131 zw. Kl. Nemerow u. Bornmühle	910	41	9,98	85,15	2,5	5,2	0,042	0,087	4,364	0,029	0,046	4,481	5,445	332
L 89 Bach aus Wustrow	819	30	10,66	95,08	2,5	10,0	0,026	0,069	2,699	0,019	0,048	2,787	4,462	366
L 89C Bach aus Alt Meiershof	891	37	10,71	95,23	2,7	7,1	0,012	0,053	8,357	0,018	0,036	8,428	10,275	361
Nonnenbach	563	23	10,18	88,23	2,7	8,4	0,032	0,073	0,804	0,011	0,043	0,887	1,920	358
Steepengrabe n	737	43	9,86	85,15	2,4	2,5	0,023	0,057	0,534	0,013	0,036	0,603	0,965	341
Ziemenbach	736	45	9,85	85,23	2,4	3,0	0,023	0,059	0,611	0,013	0,037	0,682	1,209	345

Neben den qualitativen Vergleichswerten sind auch quantitative Werte erstellt worden, hierzu wurden für die einzelnen Seezuflüsse Jahresfrachten ermittelt. Diese Frachten wurden durch Multiplikation der jeweiligen monatlichen Konzentration des stofflichen Eintrags, mit dem monatlichen Volumenstrom des Zuflusses berechnet. Es handelt sich bei diesen Jahreswerten um eine grobe Hochrechnung, denn für eine genauere Berechnung solcher Jahresfrachten wäre eine permanente Durchflussmessung notwendig sowie eine häufigere Beprobung der stofflichen Konzentrationen. Eine gewisse Einschätzung der Größenverhältnisse der Frachten der Seezuflüsse untereinander lässt diese Methode dennoch zu. Aus den Jahresfrachten und der Einzugsfläche der jeweiligen Seezuflüsse wurden

flächenbezogene Frachten erstellt. Auch hier wurde die Methode der Quartilsbildung innerhalb der Werte gewählt, um einen Vergleich der Seezuflüsse untereinander zu ermöglichen. Die Farbunterscheidung ist wie bei den qualitativen Merkmalen gewählt. Zu beachten ist, dass die flächenbezogenen Frachten der Borne und des Steepengrabens nicht in den Vergleich einbezogen worden sind, da die Werte so hoch sind, dass sie die Quartilsbildung verzerrt hätten. Die ermittelte Einzugsgebietsgröße von Borne und Steepengraben sind deutlich zu klein ausgefallen, sodass die flächenbezogenen Frachten enorm hoch sind, siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Vergleichsraster flächenbezogene Jahresfrachten

	Fläche [km ²]	Cl [t/km ²]	TOC [t/km ²]	oPO4-P [kg/km ²]	TP-P [kg/km ²]	NO3_N [kg/km ²]	NO2_N [kg/km ²]	NH4_N [kg/km ²]	AN_N [kg/km ²]	GN_N [kg/km ²]
Nonnenbach	218,71	0,32	0,13	0,32	0,80	9,70	0,12	0,50	10,62	27,84
Linde	146,35	1,02	0,27	1,09	3,80	66,88	0,66	2,17	71,34	111,80
Ziemenbach	58,45	1,45	0,17	0,73	1,98	21,17	0,33	1,24	23,49	54,14
Wustrow	9,28	0,50	0,17	0,37	1,63	37,87	0,39	0,92	28,08	85,32
Zippelower	5,07	5,55	0,36	2,74	14,64	18,59	1,46	20,27	34,68	111,68
Alt Meiershof	4,72	0,57	0,10	0,18	0,92	95,22	0,25	0,63	96,40	132,73
L131	3,4	0,74	0,08	1,58	2,82	42,28	0,31	1,16	45,41	56,51
L130	1,83	0,73	0,07	0,32	0,80	52,76	0,21	0,74	53,77	66,63
L111	1,68	1,60	0,29	0,33	1,93	71,14	0,42	1,89	73,49	121,14
Steepengraben	0,18	39,71	2,77	21,88	56,73	396,04	13,35	36,76	466,12	889,24
Borne	0,11	67,41	11,82	68,21	327,08	575,81	48,74	310,93	951,63	4011,39

5.1. Gätenbach (Linde)

Das zweitgrößte Teileinzugsgebiet des Tollensesees, mit einer Fläche von mit 146,35km², ist das der Linde, die Messstelle liegt im Gätenbach kurz vor dem Eintritt in den Tollensesee am Rande des „Kulturparks“ in der Stadt Neubrandenburg. Die Besonderheit an diesen Seezufluss ist es, dass sich die Linde vor Einlauf in den Tollensesee im Stadtgebiet Neubrandenburgs teilt, siehe Abbildung 30.



Abbildung 30: Teilung der Linde (eigene Fotografie)

Hier fließt ein Teil als „Lindebach“ direkt in den Abfluss des Tollensesees, die Tollense ein. Der andere Teil fließt als der erwähnte Gätenbach in den Tollensesee.. Das große Einzugsgebiet ist stark ländlich geprägt, 80,2% der Flächen sind landwirtschaftlich geprägt. Zu 15,1% besteht die Fläche aus „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachem antropogen Einfluss“, insbesondere entlang der Fließgewässer erstrecken sich diese Flächen. Trotz des innehabens eines Teils des Stadtgebiets Neubrandenburgs und Burg Stargards liegt der Anteil an „Flächen mit niedriger Vegetationsdichte und starken anthropogen Einfluss“ bei nur 3,4%. Die Wasserflächen machen lediglich 1,3% aus, siehe Abbildung 31.

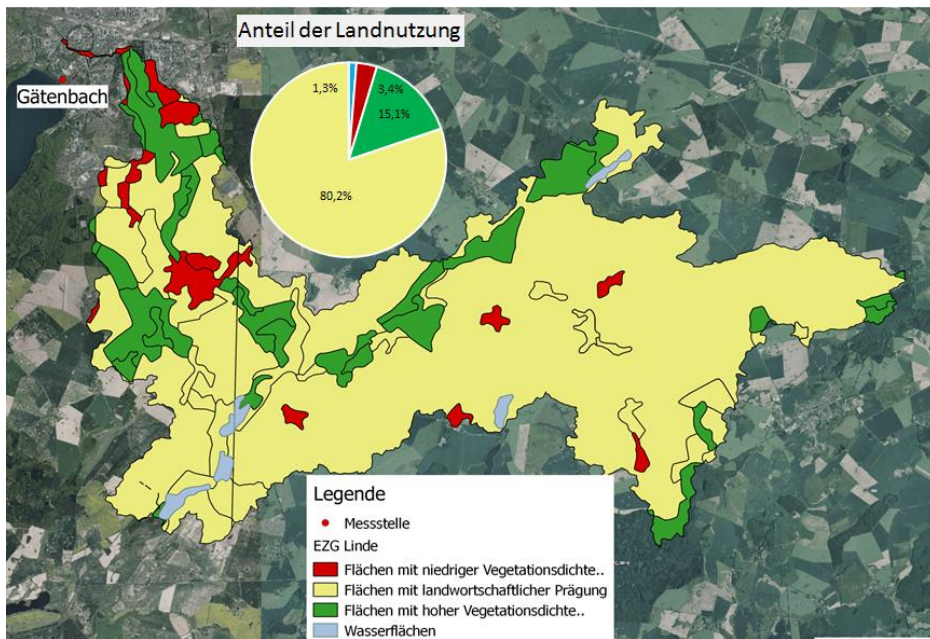


Abbildung 31: Übersicht Landnutzung EZG Linde

Sieben der 14 herangezogenen Parameter liegen über dem 3. Quartil also im roten Bereich. In den beiden mittleren Bereichen liegen vier Parameter darunter der totale Kohlenstoff, der gesamte anorganische und der gesamte organische Stickstoff. Nur pH-Wert, Chlorid-Wert und Redox-Wert liegen im grünen Bereich, siehe Tabelle 8.

Tabelle 8: Qualitative Merkmale Seezufluss Gätenbach (Linde)

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Gätenbach	683	28	9,85	83,85	3,1	7,0	0,033	0,112	3,391	0,022	0,055	3,525	4,819	323

Die quantitativen Werte zeigen ein negatives Bild der Linde fünf Werte liegen im roten Bereich, die restlichen Werte liegen im oberen mittleren Bereich. Die stofflichen Einträge in der Linde, welche im Vergleich der Seezuflüsse ein großes Einzugsgebiet besitzt, scheinen stark durch die über 80% Flächen landwirtschaftlicher Prägung bedingt zu sein. Die „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachem anthropogenen Einfluss“ mit 15,1% können die schlechten qualitativen und quantitativen Werte nicht puffern, siehe Tabelle 8 und Tabelle 9. Die Böden im Einzugsgebiet der Linde sind vorwiegend Geschiebelehme- und Mergel der Grundmoräne, welche wenig für Winderosion anfällig sind. An Hanglagen kann es aufgrund der geringen Wasseraufnahmefähigkeit dieser Böden hingegen zu Wassererosionsereignissen kommen, siehe Abschnitt 2.3.2 Erosion. In Abbildung 1 ist erkennbar, dass vier kleinere Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen im

Einzugsbereich der Linde liegen, auch dies wirkt sich auf die flächenbezogenen Frachten aus.

Tabelle 9: Quantitative Merkmale Seezufluss Gätenbach (Linde)

	Fläche [km ²]	Cl [t/km ²]	TOC [t/km ²]	oPO4-P [kg/km ²]	TP-P [kg/km ²]	NO3_N [kg/km ²]	NO2_N [kg/km ²]	NH4_N [kg/km ²]	AN_N [kg/km ²]	GN_N [kg/km ²]
Linde	146,35	1,02	0,27	1,09	3,80	66,88	0,66	2,17	71,34	111,80

5.2. Steepengraben

Das Einzugsgebiet des Steepengrabens liegt komplett im Stadtbereich der Stadt Neubrandenburg. Im Stadtgebiet zeigte sich, dass die gewählte Methode zur Ermittlung der Einzugsgebiete der Seezuflüsse hier nicht anwendbar war. Eine mögliche Begründung hierfür könnten die menschlich überformten Oberfläche sein, die im „digitalen Geländemodell“ mit erfasst sind und sich aus diesem Grund die natürlich Fließrichtungen im Gelände nicht errechnen lassen. Mangels anderen Herangehensweisen zur Ermittlung der Einzugsfläche wurde ein Puffer von 50m beidseitig um die vorhandenen Fließgewässer des Steepengrabens erzeugt und mit den GIS-gestützt ermittelten Flächen vereinigt. Den größten Flächenanteil an der Landnutzung haben hierbei die „Flächen mit niedriger vegetationsdichte und starken anthropogenem Einfluss“ bei 64,8%. Die „Flächen mit hoher vegetationsdichte und schwachem anthropogenem Einfluss“ und die „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“ liegen hier auf einem ähnlichem Niveau bei 18,2% und 17% siehe Abbildung 32.

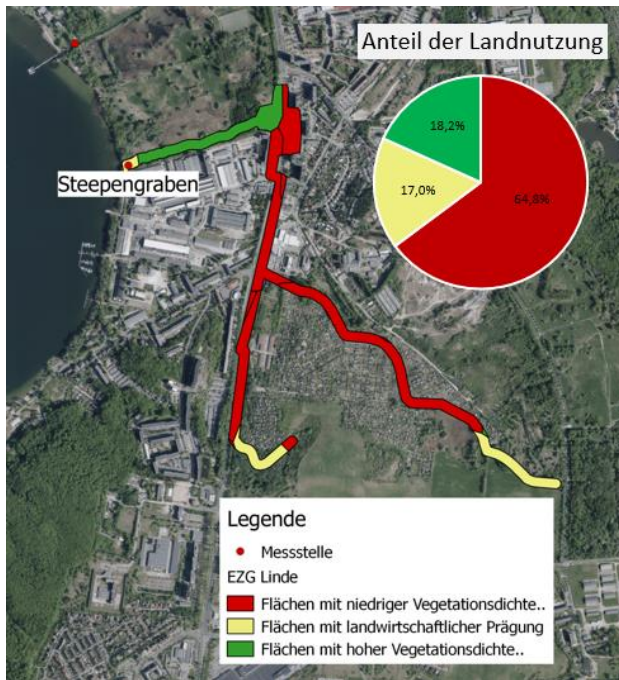


Abbildung 32: Übersicht Landnutzung EZG Steepengraben

Im Vergleich der Parameter liegen sechs der 14 Parameter im grünen Bereich. Vier Werte befinden sich im unteren mittleren Bereich, einer im oberen mittleren Bereich. Die drei Werte im roten Bereich sind der absolute Sauerstoff-Wert und die Sauerstoffsättigung. Zudem liegt der Chlorid-Wert im roten Bereich, dieser liegt aufgrund des extremen Maximums im Februar 2017 über dem 3. Quartil aller Zuflüsse, siehe Tabelle 10 und Abbildung 20.

Tabelle 10: Qualitative Merkmale Seezufluss Borne

	L	Cl	O2_VO	SSL_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Steepen-graben	737	43	9,86	85,15	2,4	2,5	0,023	0,057	0,534	0,013	0,036	0,603	0,965	341

Die quantitativen Werte der stofflichen Einträge des Steepengrabens werden aufgrund der vermutlich falsch ermittelten Einzugsgebietsfläche nicht weiter betrachtet.

5.3. L130 bei Klein Nemerow

Das Einzugsgebiet der „L130 bei Klein Nemerow“, besitzt eine Fläche von 1,83km², der Zulauf in den Tollensesee befindet sich in der Ortschaft Klein Nemerow in einer Art Park, siehe Abbildung 33.

Die Landnutzung im Einzugsgebiet besteht zu 92,3% aus „Flächen landwirtschaftlicher Prägung“, die sich in Richtung der Bundesstraße 96 und darüber hinweg erstrecken. Den restlichen Anteil an der Gesamtfläche von 1,83km² des Einzugsgebiets macht das Stadtgebiet von Klein Nemerow aus, siehe Abbildung 34.



Abbildung 33: Zufluss L130 in Tollensesee (eigene Fotografie)

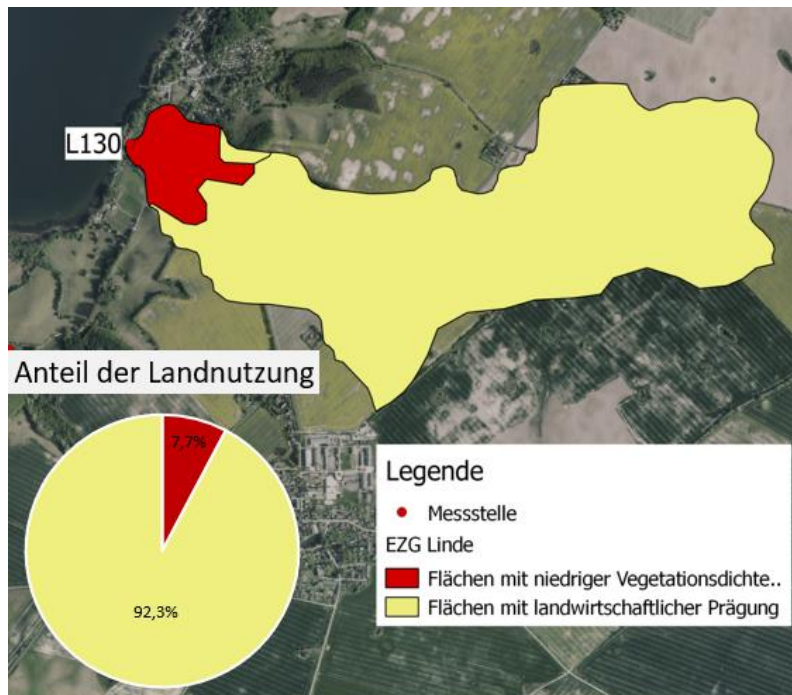


Abbildung 34: Übersicht Landnutzung EZG L130

Im Gebiet um Klein Nemerow gibt es viele Schichtquellen, die im Prozess der Ausspülung der Tollense-Rinne entstanden sind. Diese Schichtquellen treten an den Hängen der Tollense-Rinne auf, da dort wasserführende Schichten durchschnitten wurden. Sie sind oft sehr eisenhaltig und weisen durch die daraus folgende Oxidation in Verbindung mit der Luft eine bräunliche Färbung auf, siehe Abbildung 35 (vgl. GEOWISS.VEREIN-NB, 2002).



Abbildung 35: Braunfärbung durch Huminstoffe aus Schichtquellen (eigene Fotografie)

Die Parameter zur Wasserqualität zeigen drei Messwerte im roten Bereich, die allesamt zu den Stickstoff-Parametern zählen (NO3_N, AN_N, GN_N). Fünf Parameter liegen im grünen Bereich davon sind ebenfalls zwei Stickstoff-Parameter (NO2_N, NH4_N). Die Summen-Werte des Stickstoffs sind also ausschließlich aufgrund des Nitrats erhöht. Im den beiden mittleren Bereich liegen sechs Parameter darunter die die Sauerstoff-Parameter, der Phosphor-Parameter sowie der Redox-Wert siehe Tabelle 11.

Tabelle 11: Qualitative Merkmale Seezufluss L130

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	gPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
L 130 Klein Nemerow	796	31	10,08	87,85	2,0	3,3	0,015	0,038	4,579	0,009	0,032	4,627	5,402	335

Die flächenbezogenen Frachten der „L130 Klein Nemerow“ liegen in ausschließlich in den mittleren und unteren Bereichen, die qualitativ schlechten Werte des Nitrats, des anorganischen Stickstoffs und des gesamten Stickstoffs verschieben sich in mittlere Bereiche, siehe Abbildung 12.

Geologisch stehen an der Oberfläche im Einzugsgebiet vorwiegend Geschiebelehme und -Mergel an, nur im seenahen Bereich stehen Sande der Grundmoräne an, siehe Anhang IV. Das Einzugsgebiet der „L130 Klein Nemerow“ welches im Vergleich der Größe der Seezuflüsse im Mittelfeld liegt, weist mit 92,3% zwar einen sehr hohen

Prozentwert an landwirtschaftlich geprägten Flächen auf, ist aber was die flächenbezogenen Frachten betrifft ein geringer Einleiter von stoffliche Einträgen in den See.

Tabelle 12: Quantitative Merkmale Seezufluss L130

	Fläche [km ²]	Cl [t/km ²]	TOC [t/km ²]	oPO4-P [kg/km ²]	TP-P [kg/km ²]	NO3_N [kg/km ²]	NO2_N [kg/km ²]	NH4_N [kg/km ²]	AN_N [kg/km ²]	GN_N [kg/km ²]
L 130 Klein Nemerow	1,83	0,73	0,07	0,32	0,80	52,76	0,21	0,74	53,77	66,63

5.4. L131 zwischen Klein Nemerow und Bornmühle

Die Fläche des Einzugsgebiets der „L131 zwischen Klein Nemerow und Bornmühle“ besitzt eine Fläche von 3,40km². Das Gebiet erstreckt sich vom Tollensesee in westlicher Richtung über das Stadtgebiet von Groß Nemerow. Der größte Teil des Gebiets ist landwirtschaftlich geprägt, der Flächenanteil beträgt 85,2%. Auch hier erstreckt sich die landwirtschaftlich genutzte Fläche vom Tollensesee östlich über die Bundesstraße 96 hinweg. Die „Flächen mit niedriger vegetationsdichte und starker anthropogener Prägung“ der Gemeinde Groß Nemerow haben einen Anteil von 14,8%, siehe Abbildung 36.

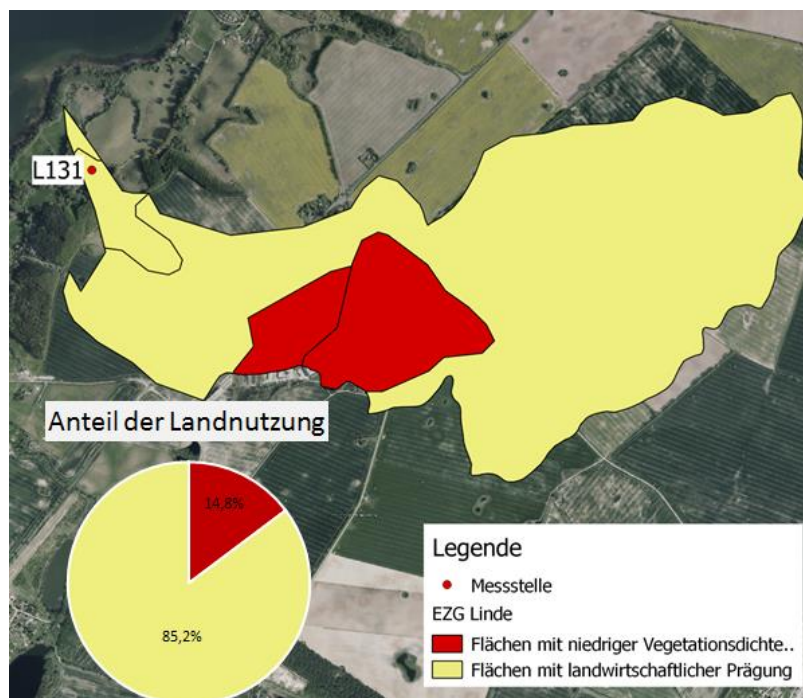


Abbildung 36: Übersicht Landnutzung EZG L131

Bei der Auswertung der Parameter zur Wasserqualität lässt sich feststellen, dass neun der 14 Parameter über dem 3. Quartil aller erfassten Messwerte liegen, vier weitere Parameter liegen im oberen mittleren Bereich, lediglich der Redox-Wert liegt unterhalb des 1. Quartil, siehe Tabelle 13.

Tabelle 13: Qualitative Merkmale Seezufluss L131

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
L 131 zw. Kl. Nemerow u. Bormühle	910	41	9,98	85,15	2,5	5,2	0,042	0,087	4,364	0,029	0,046	4,481	5,445	332

Im Vergleich der qualitativen Werte und der flächenmäßigen Frachten fällt auf, dass die Werte der flächenmäßigen Frachten deutlich positiver sind als die qualitativen Werte. Lediglich die Phosphorfrachten liegen im roten Bereich. Die geologischen Verhältnisse gleichen den des Zufluss der „L130 Klein Nemerow“. Die Anteile der landwirtschaftlichen Flächen sind etwas geringer als bei der „L130 Klein Nemerow“, trotz dessen fallen die flächenbezogenen Frachten hier höher aus, siehe Tabelle 14.

Tabelle 14: Quantitative Merkmale Seezufluss L131

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
L 131 zw. Kl. Nemerow u. Bormühle	3,4	0,74	0,08	1,58	2,82	42,28	0,31	1,16	45,41	56,51

5.5. Borne

Die Borne bei Börnühle hat ein sehr kleines Einzugsgebiet mit 0,11km², es besteht nach den erstellten Überkategorien ausschließlich aus „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“. Nach CLC-Klassifikation ist die gesamte Fläche als „Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe“ definiert. In diesem kleinen Einzugsgebiet ist die Klassifikation nicht genau genug, denn auch eine kleine Siedlung die zu Groß Nemerow gehört liegt mit einem großen Flächenanteile darin, siehe Abbildung 37.

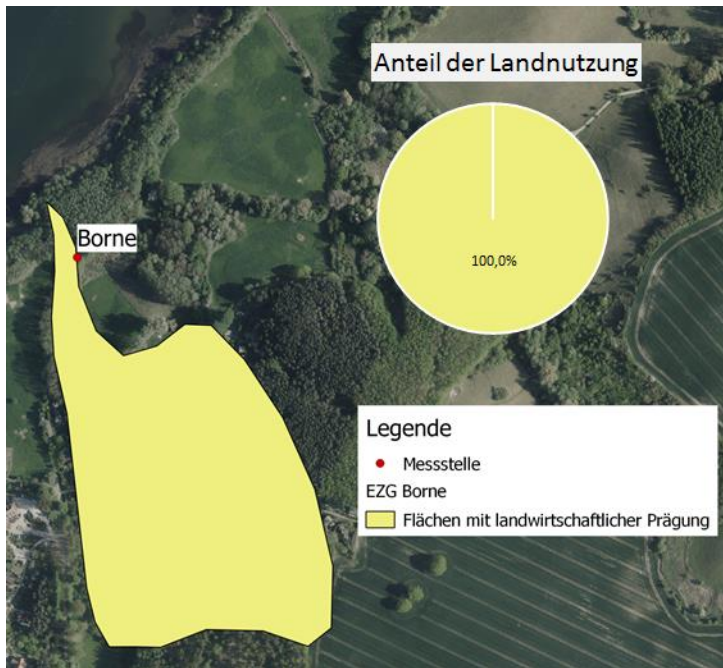


Abbildung 37: Übersicht Landnutzung EZG Borne

Für weitere Vergleiche mit den anderen Einzugsgebieten der Seezuflüssen muss die Aussagekraft der Ergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Borne kritisch hinterfragt werden.

Die Borne staut sich in einem kleinen Weiher am Quellaustritt auf und fließt hangabwärts Richtung Tollensesee und staut sich wieder Mals in einer Art kleinen Staustufe auf und fließt dann zwischen landwirtschaftlich geprägten Flächen in den Tollensesee. Begleitet wird der Flusslauf von einem in seiner Breite schwankenden Streifen Erlenbruchwald, siehe Abbildung 38.



Abbildung 38: Zufluss Borne in Tollenseesee (eigene Fotografie)

Der einzige Parameter zur Wasserqualität im roten Bereich ist der Ammonium-Wert, fünf Parameter liegen in den beiden mittleren Bereich. Im grünen Bereich liegen die restlichen acht Parameter siehe Tabelle 15.

Die gemessenen Durchflüsse der Borne liegen im betrachteten Zeitraum zwischen Trockenliegen und $0,021\text{m}^3/\text{s}$. Das sehr kleine Einzugsgebiet der Borne von $0,11\text{km}^2$ hat im Vergleich zu anderen Einzugsgebieten mit größeren Einzugsgebieten wie etwa das des „L89 Bach aus Wustrow“ einen großen Durchfluss. Das Einzugsgebiet des „L 89 Bach aus Wustrow“ hat eine Größe von $9,28\text{km}^2$ und die Durchflüsse liegen zwischen Trockenliegen und $0,020\text{m}^3/\text{s}$. Daraus lässt sich schließen, dass die Borne stark Quellwasser gespeist ist, und sich nur zu einem kleinen Teil aus Niederschlagswasser im Einzugsgebiet speist. Dies könnte auch die sehr wenigen erhöhten Parameter zur Wasserqualität begründen, da der Anteil des Wasser, welches mit stofflichen Einträgen aus der Landwirtschaft oder der aus angrenzenden Siedlung belastet ist, gering ist.

Tabelle 15: Qualitative Merkmale Seezufluss Borne

	L	Cl	O2_VO	SSL_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Borne/Bornhof	588	15	10,32	90,46	2,2	2,6	0,015	0,073	0,203	0,011	0,069	0,287	0,892	344

Die quantitativen Werte der stofflichen Einträge der Borne werden aufgrund der vermutlich falsch ermittelten Einzugsgebietsfläche nicht weiter betrachtet.

5.6. Nonnenbach

Das Einzugsgebiet des Nonnenbachs ist das größte Teileinzugsgebiet des Tollensesees, es hat eine Fläche von 218,71km². Den größten Anteil der Landnutzung haben die „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“ mit 72,4%, die „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachen anthropogenem Einfluss“ haben einen Anteil von 22,9%. Die kleineren Anteile haben die „Flächen mit niedriger Vegetationsdichte und starkem anthropogener Einfluss“ mit 1,7% und 2,9% machen die Wasserflächen aus, siehe Abbildung 39.

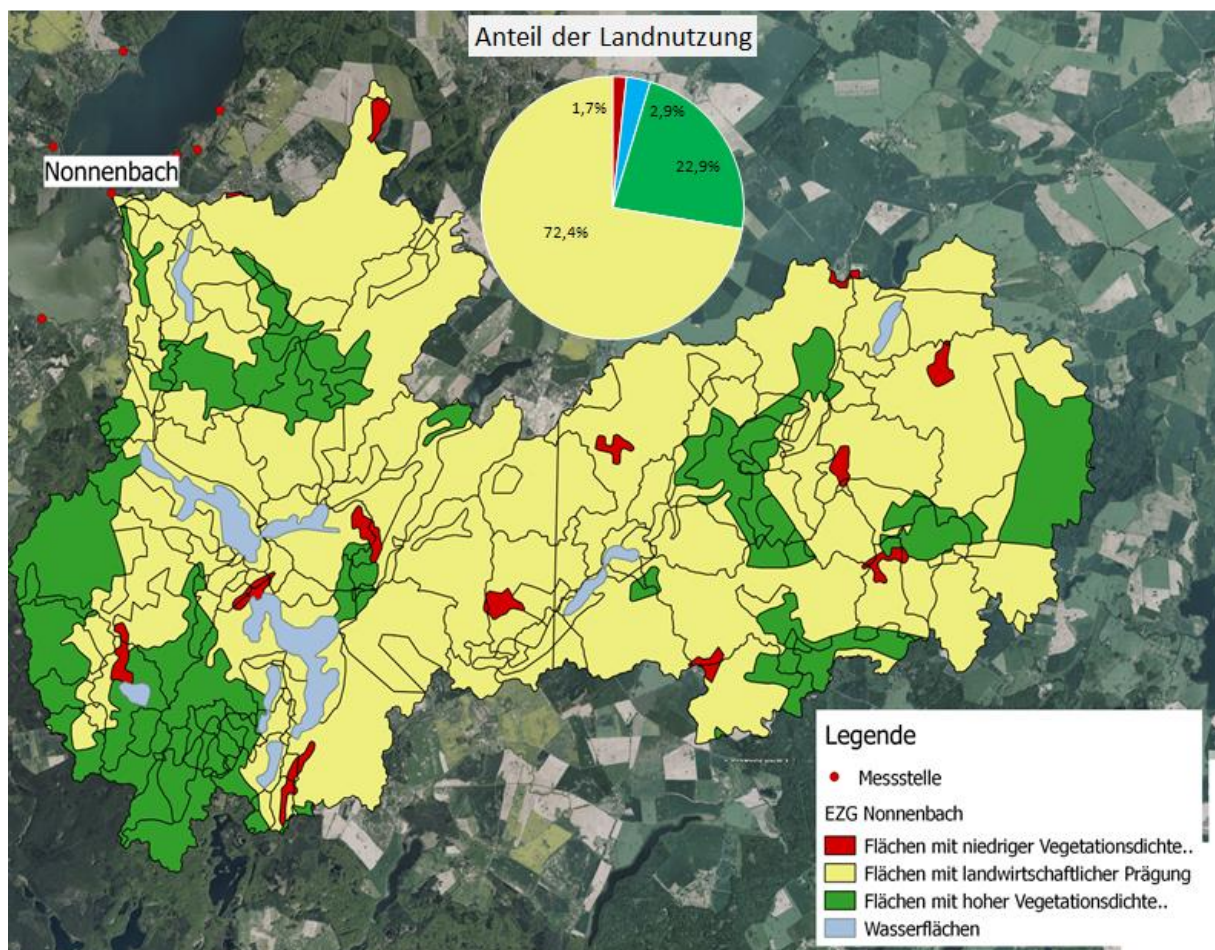


Abbildung 39: Übersicht Landnutzung EZG Nonnenbach

Der Nonnenbach mündet am südlichen Ende des Tollensesees im Bereich des „Naturschutzgebiet Nonnenhof“ in breitem Profil in den Tollensesee, siehe Abbildung 40.



Abbildung 40: Zufluss Nonnenbach in Tollensesee

Die Parameter zur Belastung des Seezuflusses liegen mit neun Werten zu einem großen Teil in den beiden mittleren Bereichen. Im oberen Bereich liegen der totale Kohlenstoff-Parameter, der Orthophosphat-Wert und der Redox-Parameter. Im Bereich unter dem 1. Quartil liegen die Werte der elektrischen Leitfähigkeit und des Chlorids, siehe Tabelle 16.

Tabelle 16: Qualitative Merkmale Seezufluss Nonnenbach

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Nonnenbach	563	23	10,18	88,23	2,7	8,4	0,032	0,073	0,804	0,011	0,043	0,887	1,920	358

Betrachtet man die flächenbezogenen Frachten des Nonnenbachs zeigt sich ein sehr positives Bild des Nonnenbachs. Neun der zehn herangezogenen Parameter liegen im grünen Bereich unterhalb des ersten Quartils aller Messwerte. Einziger Parameter im unteren mittleren Bereich ist der des totalen Kohlenstoffs, siehe Tabelle 17.

Tabelle 17: Quantitative Merkmale Seezufluss Nonnenbach

	Fläche [km ²]	Cl [t/km ²]	TOC [t/km ²]	oPO4-P [kg/km ²]	TP-P [kg/km ²]	NO3_N [kg/km ²]	NO2_N [kg/km ²]	NH4_N [kg/km ²]	AN_N [kg/km ²]	GN_N [kg/km ²]
Nonnenbach	218,71	0,32	0,13	0,32	0,80	9,70	0,12	0,50	10,62	27,84

Ein Grund für den sehr positive Ausfall der flächenbezogenen Frachten könnte durch den, im Vergleich großen Anteil der „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachen anthropogenem Einfluss“ sein, nur der „Zippelower Mühlbach“ und der „L89C Bach bei Alt Meiershof“ können hier höhere Prozentwerte aufweisen. Die geologisch anstehende Oberfläche im Einzugsgebiet des Nonnenbachs sind zum großen Teil Geschiebelehme und -Mergel der Grundmoräne. Kleinere Anteile haben Sande der Hochflächen und Blockpackungen der Endmoräne, diese treten in Verlängerung der Tollense-Rinne auf, siehe Anhang IV.

5.7. L111 aus Ehrenhof

Die Fläche des Einzugsgebiets der „L111 aus Ehrenhof“ beträgt 1,68km² und setzt sich aus 92% „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“ und 8% „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachen anthropogenem Einfluss“ zusammen. Die „L111 aus Ehrenhof“ fließt in die Lieps ein siehe Abbildung 41.

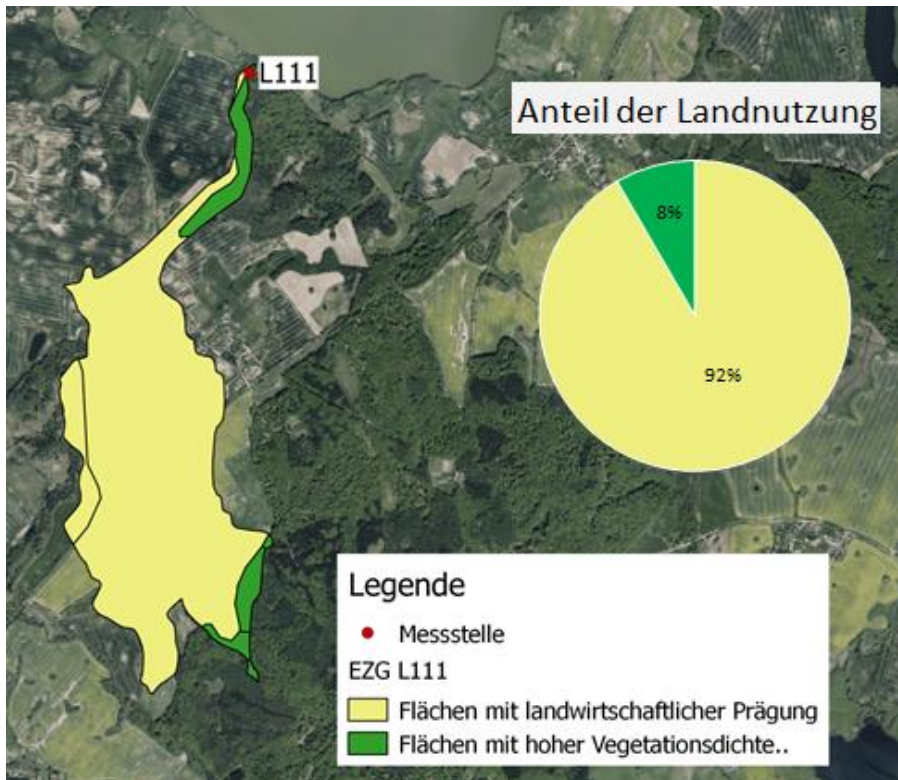


Abbildung 41: Übersicht Landnutzung EZG L111

Die Parameter zur Wasserqualität zeigen zwei Werte über dem 3. Quartil, dazu gehören die elektrische Leitfähigkeit und der Wert des totalen Kohlenstoffs. Im oberen mittleren Bereich liegen, der Chlorid-Wert, der Wert des totalen Phosphors und der Nitrat-Wert. Die restlichen Stickstoff-Parameter und der BSB5-Wert liegen im unteren mittleren Bereich. Unter dem 1. Quartil liegen die Sauerstoff-Parameter der Orthophosphat-Wert und der Nitrit-Wert, siehe Tabelle 18.

Tabelle 18: Qualitative Merkmale Seezufluss L111

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
L 111 aus Ehrenhof	866	38	10,91	95,31	2,7	7,6	0,012	0,075	1,603	0,010	0,037	1,689	3,055	357

Die quantitativen Merkmale der „L111 aus Ehrenhof“ zeigen sich allesamt über dem dritten Quartil. Sechs Werte liegen im oberen Bereich, darunter drei Stickstoffparameter sowie der Chlorid-Wert und der totale Kohlenstoff. Die restlichen Parameter liegen in den beiden mittleren Bereichen, siehe Tabelle 19.

Tabelle 19: Quantitative Merkmale Seezufluss L111

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
L 111 aus Ehrenhof	1,68	1,60	0,29	0,33	1,93	71,14	0,42	1,89	73,49	121,14

Die geologisch anstehenden Oberflächen sind hier zu einem großen Teil, wie in den großflächigen Einzugsgebieten der Linde oder der Nonne, Geschiebelehne und -Mergel der Grundmoräne, da sich das Einzugsgebiet der „L111 aus Ehrenhof“ genau in einem Streifen zwischen sandigen Oberflächen erstreckt, siehe Anhang IV.

Anhand des Einzugsgebiets der „L111 aus Ehrenhof“ lässt sich ein Zusammenhang zwischen der fast ausschließlichen landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet und erhöhten flächenbezogenen Frachten ausmachen.

5.8. L108 Zippelower Mühlbach

Das Gebiet aus dem der „Zippelower Mühlbach“ sein Wasser einzieht hat im Vergleich zu den anderen Seezuflüssen einen großen Anteil an „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachem anthropogenem Einfluss“ mit 36,3% der 5,07km² großen Gesamtfläche. Den größeren Anteil der Fläche machen die „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“ aus, „Flächen mit niedriger Vegetationsdichte und starkem anthropogener Einfluss“ haben einen Anteil von 0,8%. Der Zippelower Mühlbach fließt in die Lieps ein, siehe Abbildung 42.

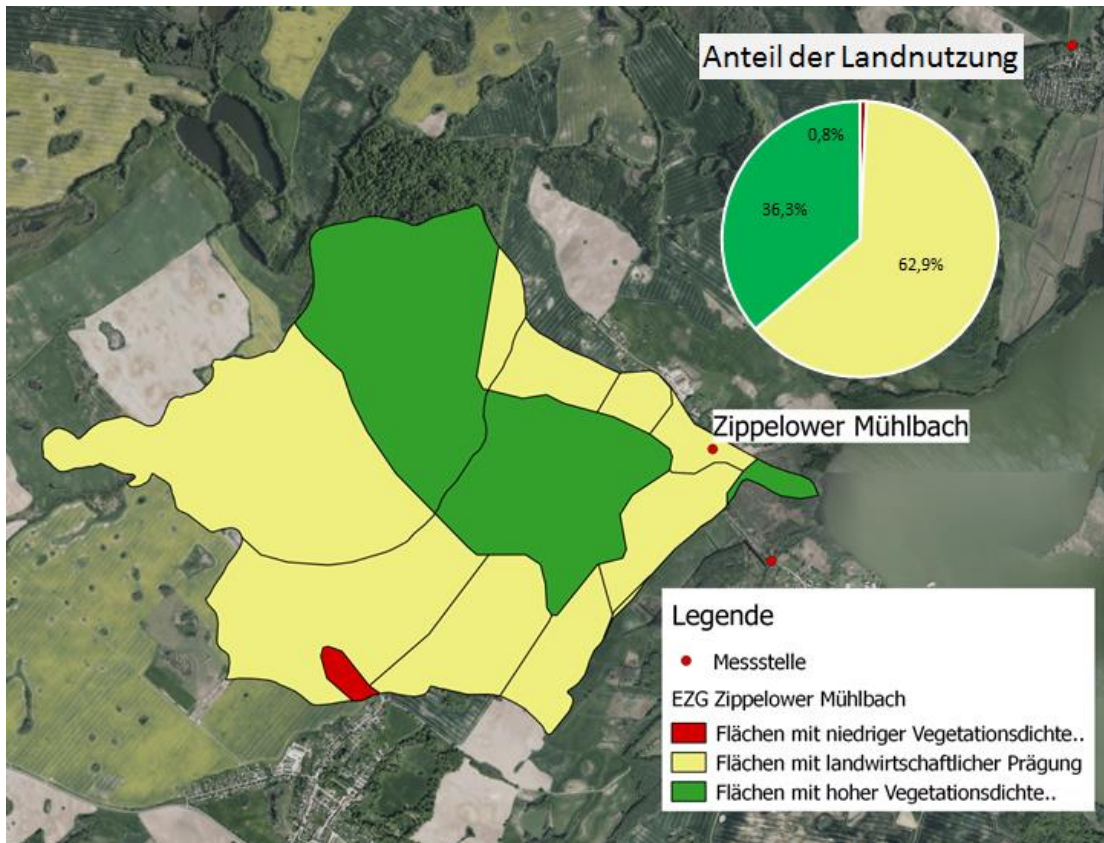


Abbildung 42: Übersicht Landnutzung EZG Zippelower Mühlbach

Im oberen Bereich der Parameter zur Wasserbelastung liegen drei Werte, der Chlorid-Wert, der totale Phosphor-Wert und der Nitrit-Wert. Im Bereich des oberen und unteren mittleren Bereichs liegen neun Parameter. Im unteren Bereich liegen der Nitrat-Wert und der Wert des gesamten anorganischen Stickstoffs, Tabelle 20.

Tabelle 20: Qualitative Merkmale Seezufluss Zippelower Mühlbach

	L	Cl	O2_VO	SSL_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Zippelower Mühlbach	795	55	10,31	92,92	2,6	3,7	0,029	0,148	0,416	0,016	0,205	0,580	1,303	357

Die ermittelten flächenbezogenen Frachten des „L108 Zippelower Mühlbachs“ liegen zu einem großen Teil unter über dem dritten Quartil, ein Wert liegt im oberen mittleren Bereich und zwei im unteren mittleren Bereich, siehe Tabelle 21. Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet ist niedriger als in Einzugsbieten mit ähnlichen hohen flächenbezogenen Frachten. Eine mögliche Erklärung hierfür wären die ausgeprägten Hanglagen der landwirtschaftlichen Flächen sowie ein höherer Anteil an sandigen Oberflächen im Einzugsgebiet, welche anfällig für Erosionsereignisse sind, siehe Abschnitt 2.3.2 Erosion und Anhang IV.

Tabelle 21: Quantitative Merkmale Seezufluss Zippelower Mühlbach

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
Zippelower Mühlbach	5,07	5,55	0,36	2,74	14,64	18,59	1,46	20,27	34,68	111,68

5.9. Ziemenbach

Der Ziemenbach stellt im Vergleich der größeren Teileinzugsgebiete des Tollensesee eine Ausnahme dar, hier überwiegen die „Flächen mit hoher vegetationsdichte und niedrigem anthropogenen Einfluss“ mit 61,2%, große Teile dieser Fläche macht das Naturschutzgebiet Ziemenbachtal aus, siehe Abbildung 43.

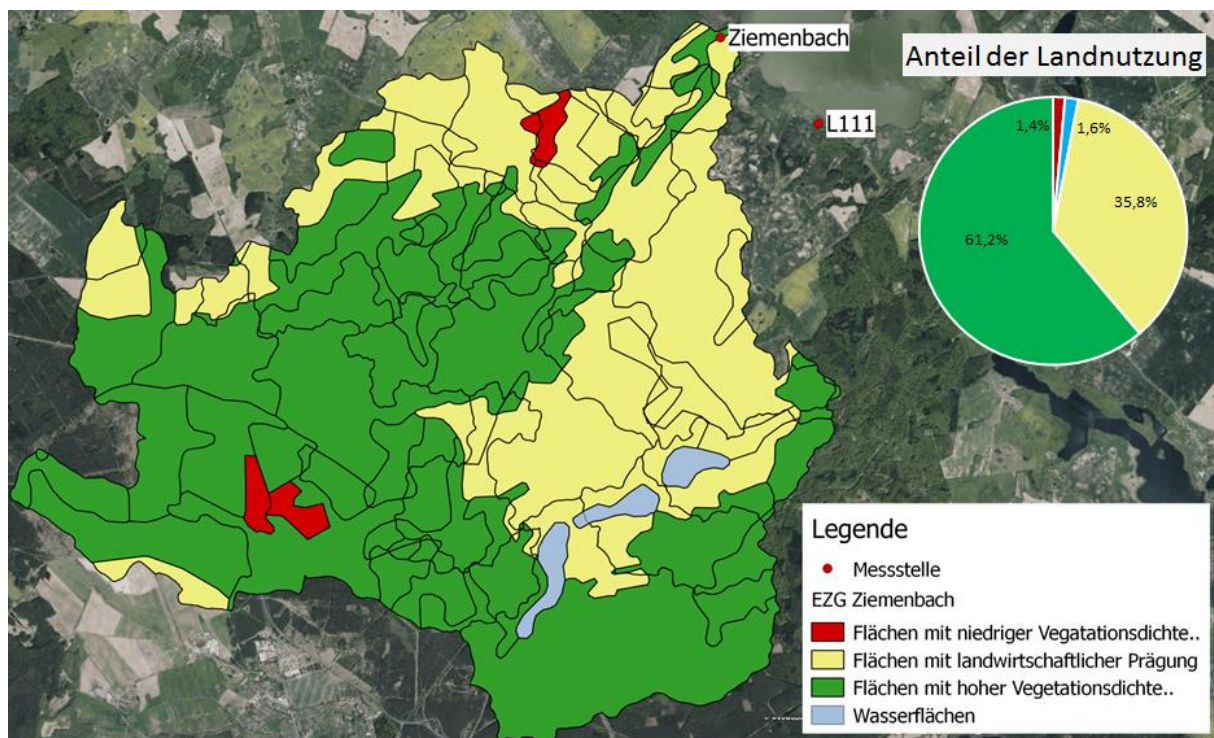


Abbildung 43: Übersicht Landnutzung EZG Ziemenbach

Die qualitativen Parameter des Ziemenbach liegen zur Hälfte in den beiden mittleren Bereichen, die beiden Sauerstoff-Werte und der Chlorid-Wert liegen über dem dritten Quantil, der BSB5-Parameter, der totale Kohlenstoff und der Summenparameter des Gesamten Stickstoffs im unteren Bereich, siehe Tabelle 22.

Tabelle 22: Qualitative Merkmale Seezufluss Ziemenbach

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Ziemenbach	736	45	9,85	85,23	2,4	3,0	0,023	0,059	0,611	0,013	0,037	0,682	1,209	345

Anders als durch den niedrigen Anteil an landwirtschaftlicher Fläche im Einzugsgebiet vermutet, liegen auch die flächenbezogenen Frachten zum großen Teil in den mittleren Bereichen. Nur die Summen-Parameter der Stickstofffrachten liegen im unteren Bereich.

Tabelle 23: Quantitative Merkmale Seezufluss Ziemenbach

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
Ziemenbach	58,45	1,45	0,17	0,73	1,98	21,17	0,33	1,24	23,49	54,14

5.10. L89 Bach aus Wustrow

Das Einzugsgebiet des Bachs aus Wustrow hat eine Gesamtfläche von 9,28km², 88,3% davon sind „Flächen mit landwirtschaftlicher Prägung“, 8,1% „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und schwachen anthropogenem Einfluss“ und 3,7% sind Wasserflächen, siehe Abbildung 44.

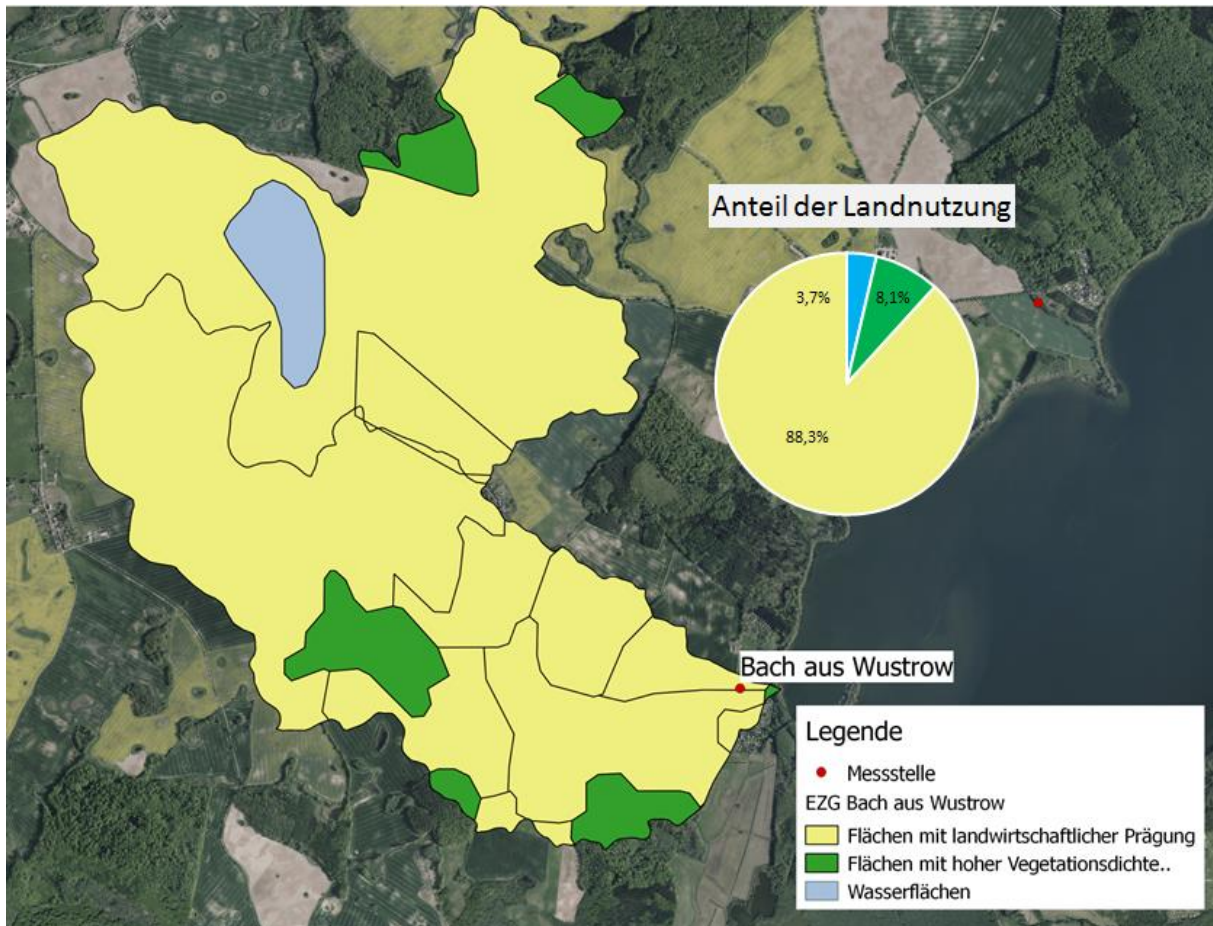


Abbildung 44: Übersicht Landnutzung EZG Bach aus Wustrow

Die Messwerte im Einzugsgebiet des Bachs aus Wustrow liegen tendenziell im leicht erhöhten Bereich. Der totale Kohlenstoff-Parameter, der Nitrit-Parameter und der Redox-Parameter liegen im roten oberen Bereich. Mit sieben Werten liegt ein großer Teil der Werte im oberen mittleren Bereich, darunter die restlichen Stickstoff-Werte, der BSB5-Wert und der Orthophosphat-Wert. Die einzigen Parameter im unteren grünen Bereich sind hier die Sauerstoff-Parameter, siehe Tabelle 24.

Tabelle 24: Qualitative Merkmale Seezufluss Bach aus Wustrow

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Bach aus Wustrow	819	30	10,66	95,08	2,5	10,0	0,026	0,069	2,699	0,019	0,048	2,787	4,462	366

Die in Tabelle 25 aufgelisteten Werte der flächenbezogenen Frachten des „L89 Bach aus Wustrow“ liegen fast ausschließlich in den mittleren Bereichen, nur der Chlorid-Wert liegt im unteren Bereich.

Tabelle 25: Quantitative Merkmale Seezufluss Bach aus Wustrow

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
Bach aus Wustrow	9,28	0,50	0,17	0,37	1,63	37,87	0,39	0,92	28,08	85,32

Der hohe Anteil von landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet wirkt sich insofern auf die flächenbezogenen Frachten aus, als dass es nur ein Wert im unteren Bereich liegt. Die Hanglagen der landwirtschaftlichen Flächen scheinen nicht zu übermäßig starken erosionsbedingten Einträgen zu führen. Die erosionsgefährdeten sandigen Böden liegen hier im Bereich des Zuflusses in den Tollenseesee, siehe Anhang IV.

5.11. L89C Bach bei Alt Meiershof

Der „L89C Bach bei Alt Meiershof“ ist zusammen mit dem „L89 Bach aus Wustrow“ einer der beiden Seezuflüsse auf der Westseite des Tollensees. Das Einzugsgebiet mit einer Größe von 4,72km liegt in einem stark profilierten Gelände, am Rande der Endmoräne, Abbildung 45.

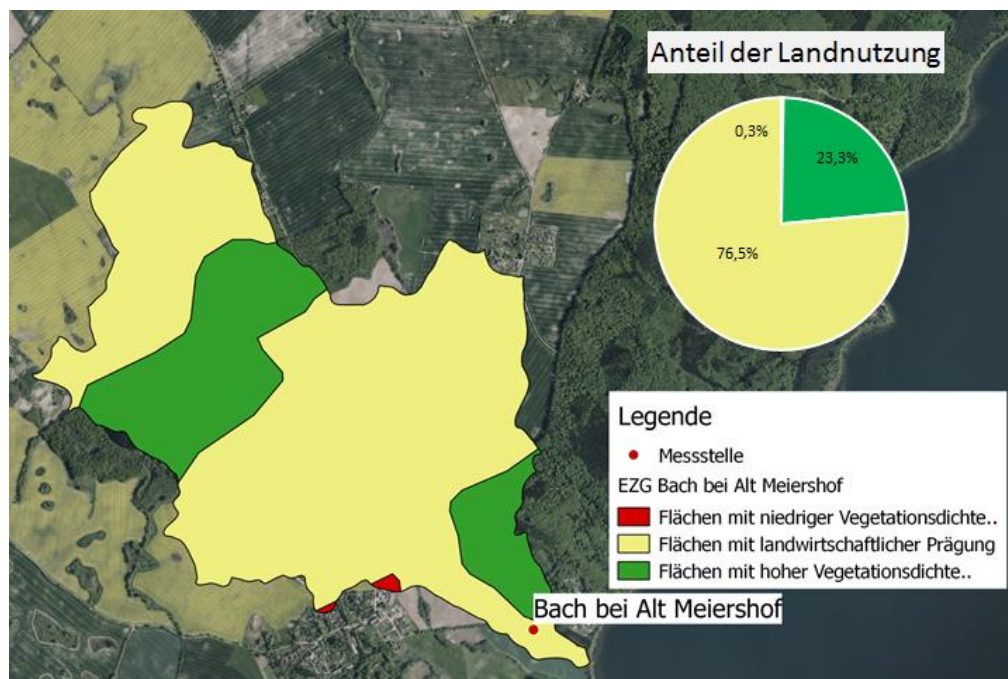


Abbildung 45: Übersicht Landnutzung EZG Bach bei Alt Meiershof

In Tabelle 26 zeigt sich eine starke Polarität der Parameter, fünf Parameter liegen im oberen roten Bereich und ebenfalls fünf Werte liegen im unteren grünen Bereich. In den beiden mittleren Bereichen liegen vier Werte. Die Summen-Parameter der Stickstoff-Werte sind stark erhöht, dies liegt an dem hohen Nitrat-Wert. Ebenfalls im erhöhten Bereich liegen der Redox-Wert und der Wert elektrischen Leitfähigkeit. Den mittleren Bereichen gehören der Chlorid-Wert, der BSB5-Parameter, der totale Kohlenstoff Wert und der Nitrit-Wert an. Im unteren grünen Bereich liegen die Sauerstoff-Parameter, der Wert des Orthophosphat, des totalen Phosphats und der Ammonium-Parameter.

Tabelle 26: Qualitative Merkmale Seezufluss Bach bei Alt Meiershof

	L	Cl	O2_VO	SSI_VO	BSB5	TOC	oPO4_P	TP	NO3_N	NO2_N	NH4_N	AN_N	GN_N	Redox
Bach aus Alt Meiershof	891	37	10,71	95,23	2,7	7,1	0,012	0,053	8,357	0,018	0,036	8,428	10,275	361

Die flächenbezogenen Frachten des „Bach bei Altmeiershof“ liegen zu einem großen Teil im unteren Bereich. Eine Ausnahme bildet der Nitratwert, welcher so stark erhöht ist, dass er sich auf die beiden Summenparameter des Stickstoffs auswirkt und diese in den oberen Bereich anhebt. Die Chlorid-Fracht liegt im unteren mittleren Bereich, siehe Tabelle 27.

Tabelle 27: Quantitative Merkmale Seezufluss Bach bei Alt Meiershof

	Fläche [km²]	Cl [t/km²]	TOC [t/km²]	oPO4-P [kg/km²]	TP-P [kg/km²]	NO3_N [kg/km²]	NO2_N [kg/km²]	NH4_N [kg/km²]	AN_N [kg/km²]	GN_N [kg/km²]
Bach aus Alt Meiershof	4,72	0,57	0,10	0,18	0,92	95,22	0,25	0,63	96,40	132,73

Der Anteil der „Flächen mit hoher Vegetationsdichte und niedrigem anthropogenem Einfluss“ im Einzugsgebiet ist im Vergleich mit den anderen Seezuflüssen hoch. Dies wirkt sich auf die flächenbezogenen Frachten aus, sodass fast alle Werte im unteren Bereich liegen. Der stark erhöhte Nitrat-Wert könnte etwa durch falsche Düngepraxis im Einzugsgebiet begründet sein, denn die erhöhten Nitrat-Frachten ziehen sich durch den kompletten Jahresverlauf, siehe Abbildung 27.

6. Ergebnisse

Aus der Betrachtung der Jahresverläufe der stofflichen Konzentrationen lässt für einen Großteil der betrachteten Vor-Ort-Parameter und Analytischen-Parameter sagen, dass sie gewissen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Diese Schwankungen unterliegen vermutlich natürlichen jahreszeitlichen Schwankungen. Die Stärke der Ausschläge aber ist vermutlich auf die Zusammensetzung der Landnutzung in den Einzugsgebieten der Seezuflüsse zurückzuführen, insbesondere was die stofflichen Parameter betrifft. Die Proportionen innerhalb der Parameter der Seezuflüsse sind z.T. über den Jahresverlauf stabil, unterliegen aber tendenziell den gleichen Schwankungen. Diese Abstände der einzelnen Kurven der Seezuflüsse sind ein möglicher Ausdruck der unterschiedlichen Zusammensetzung, der Landnutzung in den dazugehörigen Einzugsgebieten. Die Einflussgrößen sind hier aber zu komplex, als dass man sie mittels der gewählten CORINE-Landcover Klassifikation zielführend begründen könnte.

Die Annahme, dass etwa ein höherer Anteil an landwirtschaftlicher Fläche einen Anstieg der eingetragenen stofflichen Frachten bewirkt konnte mit der gewählten Methode zum Vergleich der Zuflüsse nicht bestätigt werden, obwohl in der Analyse einzelner Seezuflüsse zutreffend. Es zeigt sich bei Betrachtung von Tabelle 28 und Tabelle 29 weder bei den qualitativen Merkmalen noch bei den quantitativen Merkmalen ein Zusammenhang zwischen den gebildeten Vergleichswerten und dem prozentualen Anteil der landwirtschaftlichen Fläche im jeweiligen Einzugsgebiet.

Tabelle 28: Vergleichswerte der qualitativen Merkmale

Zufluss	Anzahl in Bereich				Vergleichswert	LW-Fläche
L131 zw. Kl. Nemerow u. Bornmühle	9	4	0	1	49	85,2%
Gätenbach / Linde	7	3	1	3	42	80,1%
Bach aus Wustrow	3	7	2	2	39	88,2%
Zippelower Mühlbach	3	4	5	2	36	62,9%
Bach aus Alt Meiershof	5	3	1	5	36	76,4%
Nonnenbach	3	3	6	2	35	72,4%
Ziemenbach	3	2	6	3	33	35,8%
L111 aus Ehrenhof	2	4	4	4	32	91,6%
L130 Klein Nemerow	3	3	3	5	32	92,2%
Steepengraben	3	1	4	6	29	18,2%
Borne	1	1	4	8	23	100%
	4-fach	3-fach	2-fach	1-fach		

Tabelle 29: Vergleichswerte der quantitativen Merkmale

Zufluss	Anzahl im Bereich				Vergleichswert	LW-Fläche
Nonnenbach	8	0	1	0	34	72,4%
L130 Klein Nemerow	4	3	2	0	29	92,2%
Bach aus Wustrow	1	6	2	0	26	88,2%
Alt Meiershof	5	1	0	3	26	76,4%
Ziemenbach	2	2	5	0	24	61,1%
L131 zw. Kl. Nemerow u. Bornmühle	2	3	2	2	23	85,2%
Gätenbach / Linde	0	4	0	5	17	80,1%
Zippelower Mühlbach	0	2	1	6	14	62,9%
L111 aus Ehrenhof	0	1	3	5	14	91,6%
	4-fach	3-fach	2-fach	1-fach		

Eine Abschätzung der Menge von stofflichen Einträgen in die Seezuflüsse des Tollensesees allein über die Zusammensetzung der Landnutzung ist demnach nicht möglich. Um eine Hochrechnung der zu erwartenden stofflichen Frachten in den Zuflüssen zu erstellen, müsste eine genauere Betrachtung der in Abschnitt 2. erarbeiteten Grundlagen stoffliche Einträge in Gewässersysteme erfolgen. Ein oberflächliches Heranziehen dieser Grundlagen, wie in dieser Arbeit erfolgt reicht nicht aus um alle Einflussgrößen zu erfassen.

Literaturverzeichnis

- BAFG. Bundesanstalt für Gewässerkunde. (2014). *Einzugsgebietsgrenzen*. Abgerufen am 21. Juni 2017 von Geoportal Bundesanstalt für Gewässerkunde: <https://geoportal.bafg.de/>
- BAIER, A. (2015). *Parameter zur Beurteilung einer Wasserprobe*. Abgerufen am 21. Juli 2017 von Universität Erlangen. Lehrstuhl für Angewandte Geologie: <http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen.de/paramete.htm>
- BEHRENDT, H., BACH, M., KUNKEL, R., OPITZ, D., & PAGENKOPF, W.-G. (2003). *Quantifizierung der Nährstoffeinträge der Oberflächengewässer Deutschlands auf der Grundlage eines harmonisierten Vorgehens*.
- BERGER, H. (2017). Die Länderkompetenz im Wasserrecht. *Zeitschrift für Landesverfassungsrecht und Landesverwaltungsrecht 1/2017*, (S.4-11).
- BMELV. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. (2001). *Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion*. Bonn.
- BRENDELBERGER, H., & SCHWOERBEL, J. (2005). *Einführung in die Limnologie*. Heidelberg.
- EEA - European environment agency. (1999). *CORINE Land Cover - Technical guide*. Kopenhagen.
- EIERMANN, J. (1967). *Aufnahmebericht zur Geologischen Übersichtskartierung (Maßstab 1:100000) der Mbl. Altentreptow (2345)*. Schwerin: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie.
- GEOPORTAL-MV. (2017). *Geodatenportal des Landes Mecklenburg-Vorpommern*. Von Layer DGM50, OK500, Orthophotos, DTK: <https://www.geoportal-mv.de/> abgerufen
- GEOWISSENSCHAFTLICHE VEREIN NEUBRANDENBURG E.V. (2002). Informationsschild - Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft. *Schichtquellen bei Klein Nemerow*.

- GRANITZKI, K. (2010). Der Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft – Eisrandlagen, jungquartäre Landschaftsgeschichte und Geotourismus. In R. Lampe, & S. Lorenz, *Eiszeitlandschaften in Mecklenburg-Vorpommern* (S. 72-91). Greifswald.
- IGB&STAUN-NB. Institut für Gewässerökologie und Binnenfischer Berlin e.V. & Staatliches Amt für Umwelt und Natur Neubrandenburg. (2002). *Der Tollensesee*.
- JANKE, W. (1966). Glazialmorphologische und bodengeologische Verhältnisse im Raum Neustrelitz-Feldberg. In *Das Quartär Ostmecklenburgs – Exkursionsführer zum 6. Treffen der Deutschen Gesellschaft für Geologische Wissenschaften in Güstrow* (S. 75-94).
- KÖPPEN, W., & GEIGER, R. (1936). *Handbuch der Klimatologie* (Bd. I). München, Graz.
- Lfl. Landesförderinstitut Mecklenburg-Vorpommern. (2015). *Die 100 größten Unternehmen in Mecklenburg-Vorpommern*. Schwerin.
- LIEBEROTH, I., DUNKELGOD, P., GUNIA, P., & THIÈRE, J. (1983). *Auswertungsrichtlinie MMK*. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.
- LUNG. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. (2002). Bodenerosion. *Beiträge zum Bodenschutz*.
- LUNG. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. (2004). *Bestandsaufnahme WRRL - Punktuelle Belastungen*. Güstrow.
- LWaG. Wassergesetz des Mecklenburg-Vorpommern. (1992).
- NIXDORF, B., HEMM, M., HOFFMANN, A., & RICHTER, P. (2004). *Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands*. Cottbus: Umweltbundesamt.
- POTT, R., & REMY, D. (2000). *Gewässer des Binnenlandes*. Stuttgart.
- RASMAUER, U. (2010). Die Rechtslage im Wasserrecht in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Niedersachsen nach der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes. *NordÖR*(12/2010), S. 469-477.

RÜHBERG, N. (1998). *Die eiszeitliche Schichtenfolge und Entwicklung im Gebiet um Neubrandenburg*. Neubrandenburg.

SCHULZ, W. (1998). *Streifzüge durch die Geologie des Landes Mecklenburg-Vorpommern*. Schwerin.

WHG. Wasserhaushaltsgesetz. (2009). *Bundesgesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts*.

WRRL. Wasserrahmenrichtlinie. (2000). *Europäische Richtlinie 2000/60/EG*.

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Malte Haack erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema „Welchen Einfluss hat die Landnutzung im Einzugsgebiet des Tollensesees, im Zeitraum März 2016 bis März 2017, auf stoffliche Einträge in seinen Zuflüssen“ selbstständig und ohne Benutzung anderer, als angegebener Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremder Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt oder auch noch nicht veröffentlicht.

Neubrandenburg, 04.09.2017

Unterschrift:

Anhang

Anhang I: Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik	I
Anhang II: Stickstoff- und Phosphorgehalte in Ernteabfuhr und in tierischen Ausscheidungen	III
Anhang III: Flusseinheitsgebiete in der deutschen Bundesrepublik.....	IV
Anhang IV: Geoglogische Oberfläche im EZG des Tollensesees (OK500)	V
Anhang V: Landnutzung im Einzugsgebiet des Tollensesees nach CLC.....	VI
Anhang VI: Teileinzugsgebiete des Tollensesees, auf Grundlage (GeoPortal-MV)	VII

Anhang I: Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik

„ANHANG X

LISTE PRIORITÄRER STOFFE IM BEREICH DER WASSERPOLITIK

Nummer	CAS-Nummer ⁽¹⁾	EU-Nummer ⁽²⁾	Bezeichnung des prioritären Stoffes ⁽³⁾	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
(1)	15972-60-8	240-110-8	Alachlor	
(2)	120-12-7	204-371-1	Anthracen	X
(3)	1912-24-9	217-617-8	Atrazin	
(4)	71-43-2	200-753-7	Benzol	
(5)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Bromierte Diphenylether	X ⁽⁴⁾
(6)	7440-43-9	231-152-8	Cadmium und Cadmiumverbindungen	X
(7)	85535-84-8	287-476-5	C ₁₀₋₁₃ -Chloralkane	X
(8)	470-90-6	207-432-0	Chlorfenvinphos	
(9)	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-Ethyl)	
(10)	107-06-2	203-458-1	1,2-Dichlorethan	
(11)	75-09-2	200-838-9	Dichlormethan	
(12)	117-81-7	204-211-0	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	X
(13)	330-54-1	206-354-4	Diuron	
(14)	115-29-7	204-079-4	Endosulfan	X
(15)	206-44-0	205-912-4	Fluoranthren	
(16)	118-74-1	204-273-9	Hexachlorbenzol	X
(17)	87-68-3	201-765-5	Hexachlorbutadien	X
(18)	608-73-1	210-168-9	Hexachlorocyclohexan	X
(19)	34123-59-6	251-835-4	Isoproturon	
(20)	7439-92-1	231-100-4	Blei und Bleiverbindungen	
(21)	7439-97-6	231-106-7	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	X
(22)	91-20-3	202-049-5	Naphthalin	
(23)	7440-02-0	231-111-4	Nickel und Nickelverbindungen	
(24)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Nonylphenole	X ⁽⁵⁾
(25)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Octylphenole ⁽⁶⁾	
(26)	608-93-5	210-172-0	Pentachlorbenzol	X
(27)	87-86-5	201-778-6	Pentachlorphenol	
(28)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ⁽⁷⁾	X
(29)	122-34-9	204-535-2	Simazin	
(30)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Tributylzinnverbindungen	X ⁽⁸⁾

Nummer	CAS-Nummer ⁽¹⁾	EU-Nummer ⁽²⁾	Bezeichnung des prioritären Stoffes ⁽³⁾	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
(31)	12002-48-1	234-413-4	Trichlorbenzole	
(32)	67-66-3	200-663-8	Trichlormethan (Chloroform)	
(33)	1582-09-8	216-428-8	Trifluralin	X
(34)	115-32-2	204-082-0	Dicofol	X
(35)	1763-23-1	217-179-8	Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)	X
(36)	124495-18-7	nicht anwendbar	Quinoxifen	X
(37)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen	X ⁽⁹⁾
(38)	74070-46-5	277-704-1	Aclonifen	
(39)	42576-02-3	255-894-7	Bifenox	
(40)	28159-98-0	248-872-3	Cybutryn	
(41)	52315-07-8	257-842-9	Cypermethrin ⁽¹⁰⁾	
(42)	62-73-7	200-547-7	Dichlorvos	
(43)	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Hexabromcyclododecane (HBCDD)	X ⁽¹¹⁾
(44)	76-44-8/ 1024-57-3	200-962-3/ 213-831-0	Heptachlor und Heptachlorepoxyd	X
(45)	886-50-0	212-950-5	Terbutryn	

(WRRL, Anhang X)

Anhang II: Stickstoff- und Phosphorgehalte in Ernteabfuhr und in tierischen Ausscheidungen

Nährstoff-Gehalte/Mengen in der Ernteabfuhr					
Fruchtarten mit Angaben der Erntemenge	Gehalt in kg/dt		Fruchtarten ohne Angaben der Erntemenge	Menge in kg/ha	
	N	P		N	P
Weizen	2,0	0,35	Grünland (Wiesen u. Weiden)	140	22
Roggen	1,5	0,35	Rebland	30	4
Wintergerste	1,7	0,35	Hülsenfrüchte	150	21
Sommergerste	1,4	0,35	sonstige ^c Hackfrüchte	120	22
Hafer	1,6	0,35	sonstige ^c Futterpflanzen ^b	200	25
Triticale	1,8	0,35	Gemüse u. Gartengewächse, sonst. ^c Dauerkulturen	50	3
Getreidestroh	0,5	0,13			
Kartoffeln	0,35	0,062			
Zuckerrüben	0,18	0,044	N-Fixierung durch Leguminosen		
Zuckerrübenblatt	0,4	0,048	Grünland	20	
Winterraps	3,3	1,06	Hülsenfrüchte	160	
Silomais	0,38	0,071	sonst. Futterpflanzen ^b	65	
Nährstoff-Anfall (Ausscheidung) in den Exkrementen					
	kg pro Kopf bzw. Stallplatz und Jahr			Verfügbare N ^d	
	N	P			
Milchkühe	110	16,7		66 %	
sonstige ^c Rinder	50	8,3		66 %	
Mastschweine (> 50 kg)	11,5	2,3		69 %	
Zuchtsauen	28,3	6,5		69 %	
sonstige ^c Schweine	6	1		69 %	
Schafe	9	2,5		60 %	
Legehennen (> 1/2 J.)	0,73	0,145		64 %	

a) 1995: Körnermais

b) Luzerne, Klee, Ackerweide

c) „sonstige ...“: jew. Differenz zwischen Summenangabe „insgesamt“ abzgl. der explizit genannten Kategorien „darunter: ...“

d) Pflanzenverfügbare N-Menge im organ. Dünger nach Abzug d. Lagerungs- u. Ausbringungsverluste

(Behrendt et al., 2003, S. 43)

Anhang III: Flusseinheitsgebiete in der deutschen Bundesrepublik



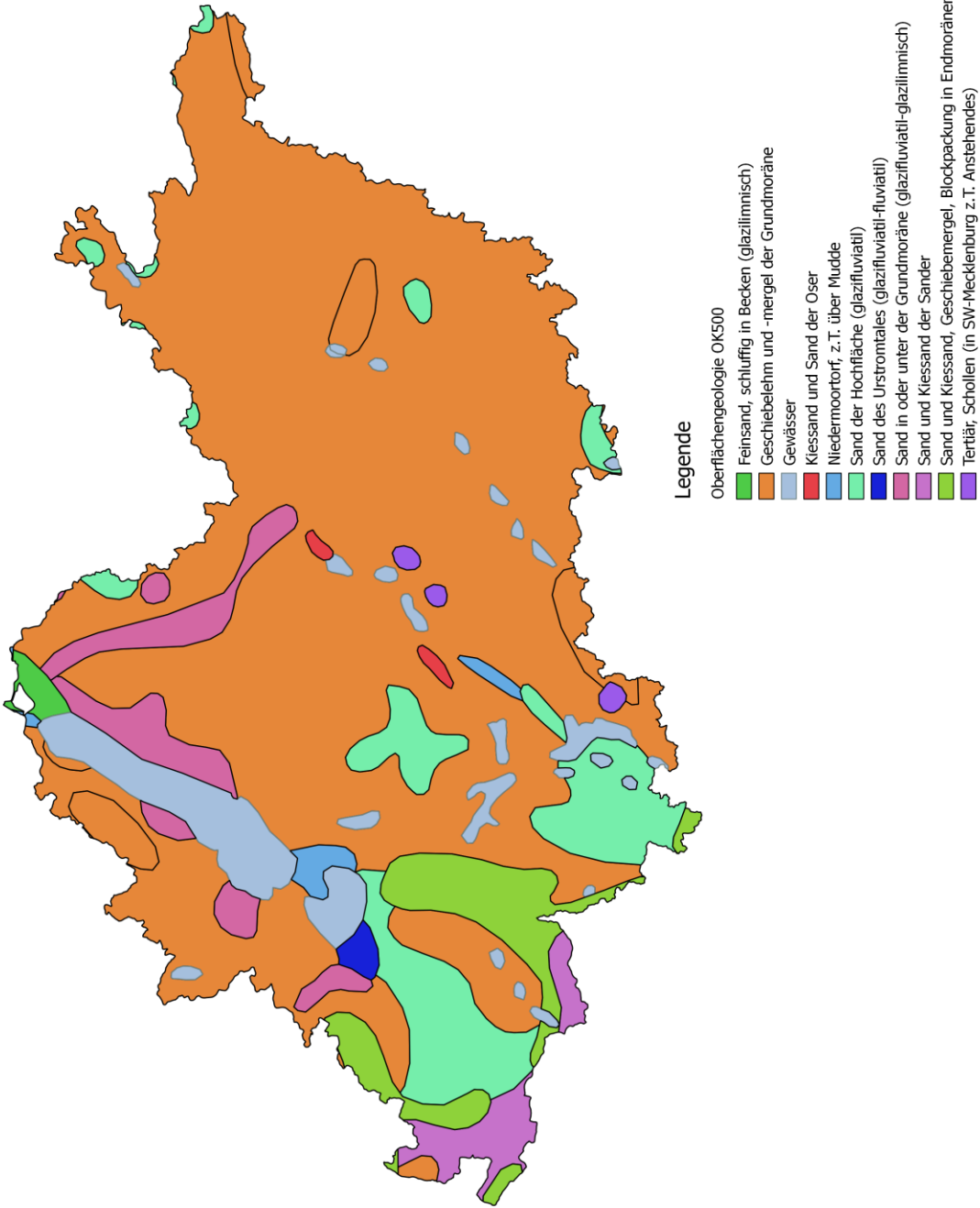
Flussgebietseinheiten in der Bundesrepublik Deutschland (Richtlinie 2000/60/EG - Wasserrahmenrichtlinie)

Die Markierung und Kennzeichnung der außerhalb der Grenzen der Bundesrepublik Deutschland liegenden Teile internationaler Flussgebietseinheiten dienen lediglich der Veranschaulichung und lassen Festlegungen anderer Staaten sowie internationale Abstimmungen unberührt.

Kartengrundlage:
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA),
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)

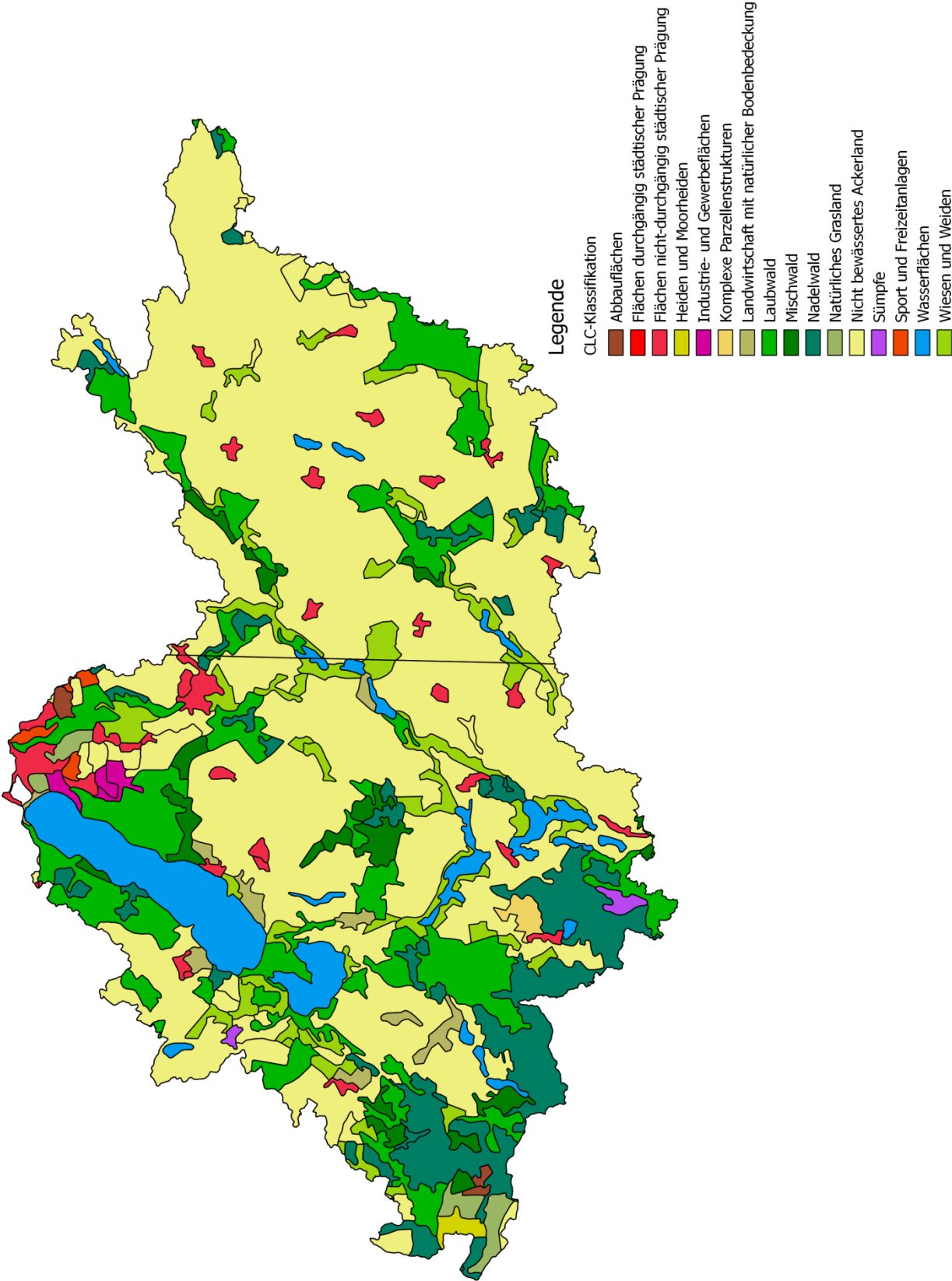
Quelle: Umweltbundesamt, Juni 2004

Anhang IV: Geologische Oberfläche im EZG des Tollensesees (OK500)



(GEOPORTAL-MV, LAYER OK500)

Anhang V: Landnutzung im Einzugsgebiet des Tollensesees nach CLC



Anhang VI: Teileinzugsgebiete des Tollensesees, auf Grundlage (GeoPortal-MV)

