



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz

Wasser



Fachbeiträge des LUGV

Heft Nr. 126

Regionales Nährstoffreduzierungskonzept Rhin

Endbericht

**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

Regionales Nährstoffreduzierungskonzept Rhin

Endbericht

Bearbeitung: Antje Barsch, Nadine Baadke, Lutz Höhne, Jens Pätzolt, Jörg Schöfelder
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Referate Ö4, RW5

Anschrift: Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam, OT Groß Glienicke

Inhalt

1	Einführung	1
2	Bewirtschaftungsziele für Gewässer im Rhingebiet	2
3	Defizitanalyse	5
3.1	Ökologische Defizite	5
3.2	Trendanalyse zur Entwicklung der Nährstoffbelastung	7
3.2.1	Fließgewässer	7
3.2.2	Seen	12
4	Nährstoffbilanzierung und Ableitung von Maßnahmen	15
4.1	Auswahl der Untersuchungsgewässer und Vorgehensweise	15
4.2	Vielitzsee und Adderlaake	18
4.2.1	Gewässer und Einzugsgebiet	18
4.2.2	Aktueller und historischer Zustand des Sees	18
4.2.3	Referenzzustand und Bewirtschaftungsziele	19
4.2.4	Ergebnisse des investigativen Monitorings	21
4.2.5	Nährstofffrachten und Nährstoffbilanz	23
4.2.6	Empfohlene Maßnahmen	32
4.2.7	Wirksamkeit der empfohlenen Maßnahmen	40
4.2.8	Auswirkungen einer verminderten Phosphorlast auf den See	42
4.2.9	Prognosen zur Zielerreichung	44
4.3	Temnitz und Landwehrgraben Kränzlin	46
4.3.1	Gewässer und Einzugsgebiet	46
4.3.2	Aktueller Zustand und Bewirtschaftungsziele	46
4.3.3	Investigatives Monitoring: Untersuchungsumfang und Ergebnisse	48
4.3.4	Nährstofffrachten und Nährstoffbilanz	51
4.3.5	Empfohlene Maßnahmen	66
4.3.6	Wirksamkeit der empfohlenen Maßnahmen	74
4.3.7	Auswirkungen einer verminderten Nährstofflast auf die Gewässer	78
4.3.8	Prognosen zur Zielerreichung	81
4.4	Weitere Untersuchungsgebiete	82
5	Fazit und Ausblick für das Rhin-Einzugsgebiet	83
6	Quellenverzeichnis	84

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht der Trendmessstellen an Rhin und Nebengewässern	8
Abb. 2: Entwicklung der Konzentrationen für Gesamtphosphor an der Messstelle Zippelsförde zwischen 1993 und 2009	10
Abb. 3: Entwicklung der Konzentrationen für anorganischen Stickstoff an der Messstelle Zippelsförde zwischen 1993 und 2009	11
Abb. 4: Das Einzugsgebiet des Rhin mit Hot Spots (rote Markierung)	16
Abb. 5: Vorgehensweise bei Aufstellung der Nährstoffbilanz als Grundlage zur Ableitung nährstoffbezogener Maßnahmen	16
Abb. 6: Übersicht über das Einzugsgebiet Vielitzsee mit der von Süden zufließenden Adderlaake	19
Abb. 7: Teileinzugsgebietes des Vielitzsee-Einzugsgebietes	24
Abb. 8: Anteile der verschiedenen P-Quellen am Gesamteintrag	29
Abb. 9: Mittlere Fließgeschwindigkeiten (v) im Sicker- und Grundwasser	31
Abb. 10: Differenz der Frachten zwischen den Messstellen im Verlauf der Adderlaake: Der Schwerpunkt der Belastung zeigt sich am Mittellauf anhand des großen Frachtzuwachses. 31	
Abb. 11: Diese schematische Darstellung verdeutlicht die Mächtigkeit des Sediments im Südteil des Vielitzsees.	39
Abb. 12: Ergebnisse der Simulation der Szenarien im Einbox-Modell SIMPL (SCHAUSER et al. 2003), zur Gestaltung der Szenarien siehe Tab. 19.....	43
Abb. 13: Einzugsgebiet der Temnitz mit Landnutzung	47
Abb. 14: Teileinzugsgebiete zur Bilanzierung mit den zugehörigen Messstellen.....	52
Abb. 15: Anteile einzelner Pfade und Nährstoffquellen an der im Gewässer gemessenen P- Fracht	55
Abb. 16: Anteile einzelner Pfade und Nährstoffquellen an der im Gewässer gemessenen N- Fracht	57
Abb. 17: Prozentuale Anteile der wichtigsten Flächennutzungen an der Gesamtfläche des (Teil-)einzugsgebietes	61

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Potenzielle natürliche Konzentrationen (Referenzbedingungen) an Gesamtphosphor und LAWA-Trophieindex für die Seen größer 50 ha des Rhingebiets	3
Tab. 2: Werte für die Grenze zwischen gutem und mäßigem (GM-Grenze) sowie mäßigem und unbefriedigendem Zustand (MU-Grenze) für die Seen größer 50 ha im Rhingebiet.....	4
Tab. 3: Übersicht über die Seen des Rhingebietes (geordnet vom Oberlauf zur Mündung)....	6
Tab. 4: Mittlere Gesamtphosphor-Konzentrationen im Einzugsgebiet des Rhin	9
Tab. 5: Veränderungen der Gesamtphosphor-Konzentrationen im Rhin und Nebengewässern im Vergleich der Jahre 1993 und 2008	12
Tab. 6: Trophische Entwicklung der Seen im Rhin-Einzugsgebiet zwischen 1993 und 2009	13
Tab. 7: Untersuchte punktuelle und diffuse Quellen im Einzugsgebiet und die Berücksichtigung für die Bilanzierung	17
Tab. 8: Untersuchungen und Maßnahmen am Vielitzsee seit den 1960er Jahren	20
Tab. 9: Entwicklung der trophierelevanten Parameter im Vielitzsee in den letzten Jahrzehnten	20
Tab. 10: Ist-Zustand, Bewirtschaftungsziele und Referenzzustand für Vielitzsee und Adderlaake bzgl. Nährstoffen und Trophie-Index.....	21
Tab. 11: Jahresmittel der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen sowie Abflüsse an den Messstellen des investigativen Monitorings 2009/2010	22
Tab. 12: Ergebnisse des Monitorings vom September 2010 an zusätzlichen Messstellen an der Adderlaake	22
Tab. 13: Terme der Wasserbilanz für das Einzugsgebiet des Vielitzsees	23
Tab. 14: Berücksichtigte punktuelle und diffuse Phosphorquellen im Einzugsgebiet	25
Tab. 15: Übersicht über die Phosphoreinträge (kg/a) in die Gewässer Vielitzsee und Adderlaake (TEZG getrennt) sowie insgesamt	26
Tab. 16: Übersicht über die zur Verbesserung der Gewässergüte von Vielitzsee und Adderlaake vorgeschlagenen Maßnahmen	32
Tab. 17: Länge der benötigten Gewässerrandstreifen in den Teileinzugsgebieten	35
Tab. 18: Berechnungsansätze für die Auswirkungen der Maßnahmen und dazugehörige Quellen	40
Tab. 19: Beschreibung der in SIMPL verwendeten Szenarien mit Angaben zur generellen Umsetzbarkeit	42
Tab. 20: Frachtreduzierung durch verschiedene Maßnahmenkombinationen in den Szenarien 1 (Ist-Zustand) bis 6 (Maximalvariante).....	43
Tab. 21: TP-Jahresmittel an der Messstelle 0020 bei Wildberg	47
Tab. 22: Einstufungen gemäß EU-WRRL für die Komponenten TP, TN, Diatomeen und die Gesamtbewertung als ökologische Zustandsklasse	48
Tab. 23: Vergleich gemessener mit den gemäß Bewirtschaftungsziel angestrebten Frachten 2009/2010)	48
Tab. 24: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und ten an den Messstellen der Temnitz 2009/2010	49
Tab. 25: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und Jahresfrachten an ausgewählten Messstellen des Landwehrgrabens 2009/2010.....	50

Tab. 26: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und Jahresfrachten am Gebietsauslass von Rhingraben und Graben K101	50
Tab. 27: Teileinzugsgebiete mit zugehörigen Abschnitten ergänzend zu Abb. 13.....	52
Tab. 28: Relevante Nährstoffquellen im Einzugsgebiet und die Zuordnung zu den verschiedenen Eintragspfaden.....	53
Tab. 29: P-Einträge in die Fließgewässer Temnitz (5 TEZG), Landwehrgraben und Graben K101 in kg/a.	54
Tab. 30: N-Einträge in die Fließgewässer Temnitz, Landwehrgraben und Graben K101 in kg/a.	56
Tab. 31: Im Einzugsgebiet vorhandene kommunale Kläranlagen mit Kennzahlen	59
Tab. 32: Umfang der abtragsgefährdeten Ackerflächen und P-Abtrag (=P-Eintrag) in Gewässer	60
Tab. 33: Einträge durch Abwasser aus undichten Sammelgruben und Kleinkläranlagen.....	60
Tab. 34: Anteile genutzter und ungenutzter Flächen in % (nicht kumulativ)	61
Tab. 35: Retention im Einzugsgebiet und in den Gewässern	62
Tab. 36: Übersicht über die vorgeschlagenen Maßnahmen für das EZG der Temnitz	67
Tab. 37: Gesamtflächengröße für die Gebietskulisse zur Extensivierung gewässer- und Grundwassernaher Flächen	68
Tab. 38: Größe der Gebietskulisse für die Extensivierung von Acker und Grünland	69
Tab. 39: Benötigte Randstreifen an den Hauptgewässern des Gebietes (Angabe in m) zum Schutz vor Einträgen durch Erosion.....	71
Tab. 40: Berechnungsansätze für die Auswirkungen der Maßnahmen und dazugehörige Quellen.....	74
Tab. 41: Aktuelle und reduzierte TP-Frachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet.....	75
Tab. 42: Resultierende TP-Frachten und Frachtreduzierungen für die untersuchten Teileinzugsgebiete	75
Tab. 43: Durch Extensivierung der LNF auf nährstoffsensiblen Standorten zurückgehaltene Frachten bezogen auf das Einzugsgebiet oberhalb des genannten Pegels	76
Tab. 44: Resultierende P-Frachten aus Ackerflächen und deren Differenz zur ursprünglichen Fracht nach Extensivierung verschiedener Flächenanteile	77
Tab. 45: P-Frachten und deren Reduzierung durch die Anlage von Gewässerrandstreifen..	77
Tab. 46: P-Frachten und deren Reduzierung durch bodenkonservierende Bearbeitung derzeit abtragsrelevanter Flächen.....	77
Tab. 47: TP- und TN-Frachten an den Messstellen und zum Erreichen des Bewirtschaftungsziels nötige Reduzierungen.....	78
Tab. 48: Mögliche Maßnahmenkombinationen (gelb unterlegte Felder) zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels für Phosphor für die entsprechende Messstelle	79
Tab. 49: Mögliche Maßnahmenkombinationen (Markierung) zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels für Stickstoff für die entsprechende Messstelle	80
Tab. 50: Im Großen Zechliner See an 2 Messstellen ermittelte Gesamtphosphor- und ortho-Phosphat-Werte	82

Abkürzungen

a	Jahr
BWZ	Bewirtschaftungsziel im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie
CIR	Colorinfrarot
EZG	Einzugsgebiet
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
GEK	Gewässerentwicklungskonzept
GW	Grundwasser
ha	Hektar
KA	Kläranlage
kg	Kilogramm
kg/(ha*a)	Kilogramm pro Hektar und Jahr
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA-TI	Trophie-Index nach LAWA (1998)
LNf	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LPG	Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft
LUA	Landesumweltamt
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Mst.	Messstelle
N	Stickstoff
NRK	Nährstoffreduzierungskonzept
OP	Oberpegel
o-PO ₄ -P	Ortho-Phosphat-P
P	Phosphor
PHYLIB	Leitbildbezogenes Bewertungsverfahren
pot. nat.	potenziell natürlich
TEZG	Teileinzugsgebiet
TN	Gesamtstickstoff
TP	Gesamtphosphor
UP	Unterpegel

1 Einführung

Trotz einer vielfach positiven Entwicklung der Gewässergüte der Seen und Fließgewässer Brandenburgs zeigen die Ergebnisse des operativen Monitorings, dass eine Vielzahl an Gewässern derzeit noch signifikant mit Nährstoffen belastet ist.

Dies trifft auch für das Einzugsgebiet des Rhin zu. Das Hauptgewässer selber weist bezüglich der Nährstoffe in vielen Abschnitten bereits den nach EU-WRRL angestrebten guten Zustand auf. Während der letzten zwei Jahrzehnte zeigte sich insgesamt eine Verringerung der Nährstoffkonzentrationen. Im gesamten Einzugsgebiet entsprechen jedoch lediglich 25 % der nach EU-WRRL bewerteten Fließgewässer bezüglich Phosphor dem guten oder sehr guten Zustand, für Stickstoff sind es 70 %.

Eine Nährstoffbelastung kann ein Verfehlen des guten ökologischen Zustandes bewirken, da die physikalisch-chemischen ebenso wie die hydromorphologischen Randbedingungen im Gewässer grundlegend für die Ausprägung der biologischen Komponenten sind.

Phosphat und Nitrat wirken in Gewässern auf Organismen nicht toxisch, erhöhte Nährstoffkonzentrationen führen jedoch sowohl in Seen als auch in Fließgewässern zu einer veränderten Artenzusammensetzung, im Extremfall zur Verödung. Die Veränderungen in einem Gewässer vollziehen sich somit vor allem über einen Konkurrenzvorteil bestimmter Organismengruppen, beispielsweise des Phytoplanktons und Phytobenthos gegenüber den Makrophyten. Vor allem Phosphor bewirkt in langsam fließenden und stehenden Gewässern die sogenannte Eutrophierung und damit neben einer veränderten Zönose auch einen stark veränderten Stoffhaushalt.

Da gemäß EU-WRRL ein guter ökologischer Zustand der Gewässer bis spätestens 2027 erreicht werden muss, müssen für nährstoffbelastete Gewässer Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes geplant und durchgeführt werden.

Dazu ist es nötig, die Höhe der Nährstoffbelastung im Gewässer einzuschätzen und die Nährstoffeinträge pfad- bzw. verursacherbezogen zu quantifizieren. Hier geht es um Einträge aus Punktquellen, wie aus Kläranlagen, vor allem aber auch um diffuse Einträge, z.B. durch Abschwemmung und Erosion von der Bodenoberfläche, durch Auswaschung über das Sickerwasser ins Grundwasser oder durch Prozesse im Gewässersediment.

Nach Durchführung eines investigativen Monitorings an belasteten Gewässern werden diese Informationen in den regionalen Nährstoffreduzierungskonzepten dokumentiert und bewertet. Darauf basierend werden verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffbelastung für Gewässer und Einzugsgebiete empfohlen. Innerhalb der folgenden Bewirtschaftungszyklen werden diese Maßnahmen entweder als landesweites Konzept oder mit ausschließlich regionalem/lokalem Bezug umgesetzt.

2 Bewirtschaftungsziele für Gewässer im Rhingebiet

Die EU-WRRL gibt für Seen und Fließgewässer Umweltziele vor, die durch Maßnahmen der Bewirtschaftungsplanungen erreicht werden müssen:

- (1) Gewässer mit sehr gutem Zustand müssen in sehr gutem Zustand erhalten werden
- (2) Gewässer mit gutem Zustand müssen in mindestens gutem Zustand erhalten werden
- (3) Gewässer in mäßigem, unbefriedigendem oder schlechtem Zustand müssen in einen guten Zustand entwickelt werden.

Die Seen im Einzugsgebiet des Rhin sind hinsichtlich ihrer Wasserbeschaffenheit sehr verschieden. Eine Ursache ist der von See zu See unterschiedlich starke Einfluss des Menschen auf den Eintrag eutrophierender Nährstoffe. Eine zweite Ursache ist die von Natur aus sehr unterschiedliche Hydrologie der Seen, die bei isoliert liegenden Seen zu sehr kleinen und bei stark durchflossenen Seen zu sehr großen Frachten an eingetragenen Nährstoffen (Phosphor und Stickstoff) führt.

Berücksichtigt man ferner, dass die Sedimentation der eingetragenen Nährstoffe nur über sehr lange Zeiträume und unvollständig erfolgt, so wird deutlich, dass Seen mit geringer Eintragsfracht und sehr langer Verweilzeit, wie der Wummsee und der Wittwesee einem Seetyp mit oligo-mesotrophem Referenzzustand angehören sollten (LAWA-Typ 13), der Dreetzer See und der Gülper See im Unterlauf jedoch dem natürlich hoch eutrophen Typ des Flusseees (LAWA-Typ 12).

Liegen, wie im Rhingebiet, mehrere Seen kettenartig aneinander gereiht, so sind bezüglich der eingetragenen Phosphatfracht diejenigen bevorteilt, denen geschichtete Seen mit langer Verweilzeit vorgelagert sind, so dass große Teile der P-Fracht aus dem Einzugsgebiet hier schon absedimentiert werden. Als klassisches Beispiel für dieses Phänomen kann der Südliche Giesenschlagsee gelten, der trotz seines polymiktischen (ganzjährig zirkulierenden) und stark durchflossenen Charakters schwach mesotroph ist.

Für die Bewirtschaftungsplanung ist es bedeutungsvoll, die (ehemals) natürlichen Nährstoffbedingungen der Seen eines Planungsgebiets möglichst genau zu beschreiben, um die Bewirtschaftungsmaßnahmen gezielt nur auf den anthropogen bedingten Erhöhungsbetrag auszurichten. Für die Seen des Rhingebietes wurden daher differenziertere Gesamtposphorkonzentrationen und ein differenzierterer LAWA-Trophieindex des potenziellen natürlichen Zustandes abgeleitet, als im Hintergrundpapier des Landes Brandenburg (LUGV 2009). Das angewendete Vollenweidermodell (OECD 1982) wurde dazu regional anhand der derzeit im Referenzzustand vorliegenden Seen Wummsee, Twernsee, Wittwesee und Großer Tietzensee angepasst (vgl. Methodikhandbuch zum NRK bzw. LUGV 2009). Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Tab. 1 zeigt die Ergebnisse modellbasierter Abschätzungen der potenziellen natürlichen Konzentrationen (Referenzbedingungen) an Gesamtphosphor und den LAWA-Trophieindex für die Seen > 50 ha des Rhingebiets, Tab. 2 zeigt dementsprechend die Werte für die Klassengrenzen „gut“ / „mäßig“ (GM) und „mäßig“ / „unbefriedigend“ (MU).

Die Grenzwerte vom „sehr guten“ zum „guten“ Zustand (HG) wurden durch Erhöhung der Trophieindizes um 0,25 Indexeinheiten, für die Klassengrenzen „gut“ / „mäßig“ (GM) um 0,5 Indexeinheiten und die Klassengrenzen „mäßig“/„unbefriedigend“ um 1,0 Indexeinheiten abgeleitet.

Für die vier echten EU-Referenzgewässer (Wummsee, Twernsee, Wittwesee und Tietzensee) entsprechen die Referenzwerte den Orientierungswerten, die Werte für die Klassengrenze „sehr gut“/ „gut“ den Imperativ-Grenzwerten für die Bewirtschaftungsplanung. Die LAWA-Trophieindizes für das imperative Bewirtschaftungsziel wurden deshalb farbig hinterlegt.

Tab. 1: Potenzielle natürliche Konzentrationen (Referenzbedingungen) an Gesamtphosphor und LAWA-Trophieindex für die Seen größer 50 ha des Rhingebiets (geordnet vom Oberlauf zur Mündung) sowie die entsprechenden Werte für die Grenze zwischen sehr gutem und gutem Zustand (HG-Grenze)

Seename	pot. nat. TP _{Frühjahr} [µg/l]	pot. nat. TP _{Sommer} [µg/l]	TI _{pot.nat.}	HG-Grenze TP _{Frühjahr}	HG-Grenze TP _{Sommer}	HG-Grenze TI
Wummsee	11,9	8,2	1,53	17,9	12,1	1,77
Twernsee	20,7	14,0	1,86	31,1	20,6	2,10
Zechliner See	15,3	10,5	1,68	23,0	15,4	1,92
Zootzensee	17,8	14,7	1,82	26,7	21,6	2,06
Braminsee	49,6	98,1	3,40	69,1	134,6	3,65
Dollgowsee	38,7	41,2	2,37	58,1	60,7	2,61
Schlarnsee	32,2	38,3	2,87	44,9	52,6	3,12
Rheinsberger See	22,3	16,7	1,93	33,4	24,5	2,17
Grienericksee	20,3	21,4	1,98	30,5	31,5	2,22
Wittwensee	17,9	18,9	1,90	26,9	27,9	2,14
Tietzensee, Gr.	18,2	22,4	2,44	25,4	30,8	2,69
Wutzsee bei Lindow	27,6	24,5	2,11	41,4	36,1	2,35
Vielitzsee	43,5	79,3	3,27	60,7	108,8	3,52
Gudelacksee	21,5	17,3	1,93	32,3	25,5	2,17
Möllensee	19,6	29,3	2,57	27,4	40,2	2,82
Kalksee	41,9	31,3	2,31	62,9	46,1	2,55
Tornowsee	31,3	32,6	2,23	47,0	48,0	2,47
Zermützelsee	34,1	44,0	2,94	47,5	60,4	3,19
Tetzensee	37,4	47,8	3,01	52,2	65,6	3,26
Ruppiner See	23,4	18,6	1,98	35,1	27,3	2,22
Bützsee	19,9	35,0	2,65	27,7	48,1	2,90
Katerbower See	31,9	62,4	3,06	44,5	85,6	3,30
Dreetzer See	45,4	66,6	3,21	63,3	91,4	3,46
Gülper See	50,6	129,4	3,51	70,5	177,5	3,76

Tab. 2: Werte für die Grenze zwischen gutem und mäßigem (GM-Grenze) sowie mäßigem und unbefriedigendem Zustand (MU-Grenze) für die Seen größer 50 ha im Rhingebiet (Seen geordnet vom Oberlauf zur Mündung)

Seename	GM-Grenze TP _{Frühjahr}	GM-Grenze TP _{Sommer}	GM-Grenze TI	MU-Grenze TP _{Frühjahr}	MU-Grenze TP _{Sommer}	MU-Grenze TI
Wummsee	26,9	17,8	2,01	60,7	38,7	2,49
Twernsee	46,7	30,4	2,34	105,3	65,8	2,81
Zechliner See	34,5	22,7	2,16	77,8	49,2	2,64
Zootensee	40,0	31,8	2,30	90,3	68,9	2,78
Braminsee	96,4	184,7	3,90	187,5	347,6	4,40
Dollgowsee	87,2	89,3	2,85	196,7	193,5	3,33
Schlarnsee	62,6	72,2	3,37	121,7	135,9	3,86
Rheinsberger See	50,2	36,1	2,41	113,2	78,3	2,89
Grienericksee	45,8	46,3	2,46	103,3	100,4	2,93
Wittensee	40,4	41,1	2,38	91,1	89,0	2,86
Tietensee, Gr.	35,4	42,2	2,94	68,9	79,4	3,44
Wutzsee	62,2	53,2	2,59	140,3	115,3	3,07
Vielitzsee	84,7	149,2	3,76	164,6	280,9	4,26
Gudelacksee	48,5	37,6	2,41	109,3	81,4	2,89
Möllensee	38,2	55,1	3,07	74,2	103,8	3,57
Kalksee	94,4	67,9	2,79	212,9	147,2	3,27
Tornowsee	70,6	70,7	2,71	159,3	153,3	3,19
Zermützelsee	66,2	82,8	3,44	128,8	155,9	3,94
Tetzensee	72,7	90,0	3,51	141,4	169,4	4,01
Ruppiner See	52,7	40,2	2,46	118,7	87,2	2,94
Bützsee	38,6	66,0	3,15	75,1	124,2	3,65
Katerbower See	62,1	117,5	3,55	120,7	221,2	4,05
Dreetzer See	88,2	125,5	3,71	171,5	236,2	4,21
Gülper See	98,3	243,6	4,01	191,2	458,5	4,51

3 Defizitanalyse

3.1 Ökologische Defizite

Mittels der Defizitanalyse werden die Seen und Fließgewässer(abschnitte) identifiziert, bei denen die Anforderungen der WRRL aktuell nicht erfüllt sind und ein guter Zustand wahrscheinlich nur durch Maßnahmen erreicht werden kann.

Für Fließgewässer werden hierzu die Ergebnisse der Untersuchungen von Aufwuchsdiatomeen (PHYLIB-Verfahren) herangezogen. Die Artenzusammensetzung der Aufwuchsdiatomeen indiziert in Verbindung mit deren Häufigkeiten den ökologischen Zustand des untersuchten Fließgewässerkörpers in Bezug auf die Nährstoffverfügbarkeit. Für die Fließgewässer, an denen keine Diatomeenuntersuchungen durchgeführt wurden, wird die Notwendigkeit für Maßnahmen an der Einhaltung bzw. relevanten Überschreitung des Bewirtschaftungszieles für Phosphor abgeleitet.

Die Auswahl der Seen, bei denen Defizite zu den Zielen der WRRL bestehen erfolgt anhand der Kenngröße LAWA-Trophieindex und der ökologischen Zustandsklasse. Diese ist das Ergebnis aus der Bewertung von Phytoplankton, Litoraldiatomeen und Makrophyten und physikalisch-chemischer Qualitätskomponenten. Das Bewirtschaftungsziel ist hier erreicht, wenn mindestens die Zustandsklasse 2 (guter Zustand) erreicht ist.

Beim LAWA-Trophieindex wird der aktuellste Wert mit dem angestrebten Trophieindex für den 1. Bewirtschaftungszeitraum (GM-Grenze siehe Tab. 2) verglichen. Gemäß der Differenz zwischen beiden erfolgt eine Beurteilung des Defizits. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse für die Seen im Rhingebiet zusammengestellt.

Ein weiteres Entscheidungskriterium zur Notwendigkeit eines Maßnahmenprogramms ist der Trend der Trophieentwicklung.

Karte 4 zeigt die Messstellen der Diatomeenuntersuchungen im betrachteten Gebiet mit den entsprechenden ökologischen Zustandsklassen. Im Oberlauf des Rhin (oberhalb Zootensee) und im Mühlbach unterhalb des Braminsees zeigten die Diatomeenuntersuchungen einen sehr guten ökologischen Zustand an. Im weiteren Verlauf des Rhin wird der gute ökologische Zustand eingehalten. Defizite im Sinne eines mäßigen oder unbefriedigenden ökologischen Zustandes liegen für einige grabenartig ausgebaute Nebenflüsse vor.

Folgende Wasserkörper weisen eine deutliche Überschreitung der Bewirtschaftungsziele für Phosphor sowie einen mäßigen bis schlechten ökologischen Zustand auf:

- Mühlbach oberhalb Braminsee
- Adderlaake
- Landwehrgraben / Klappgraben
- Temnitz (Ober-, und Mittellauf)
- Königgraben
- D-Graben
- Vietznitzgraben
- Kleiner Havelländischer Hauptkanal
- Großer Grenzgraben Rhinow

Tab. 3: Übersicht über die Seen des Rhingebietes (geordnet vom Oberlauf zur Mündung) mit zugeordneter potenzieller natürlicher Trophie (TI pot. nat.), der für den ersten Bewirtschaftungszeitraum angestrebten Trophie (TI 1. BWP), der aktuellen Trophie (TI aktuell), dem Trend der Trophieentwicklung aus heutiger Sicht (TI Trend) und den daraus abgeleiteten Defiziten. ÖZK bezeichnet die aktuelle Ökologische Zustandsklasse, die Spalte Defizit zeigt die Ausprägung ökologischer Defizite (- kein Defizit bis +++ starkes Defizit)

	TI pot. nat.	TI 1. BWP	TI aktuell	TI Trend	Defizit TI	ÖZK	Defizit ÖZK
Wummsee	1,53	-	1,60	-	-	1	-
Twernsee	1,86	-	1,7	-	-	2	-
Gr. Zechliner See	1,68	1,91	2,39	-	+	4	++
Zootensee	1,82	2,39	2,75	steigend	+	3	+
Braminsee	3,4	3,59	3,73	fallend	+	3	+
Dollgowsee	2,37	2,67	3,22	steigend	++	4	++
Schlabornsee	2,87	3,49	3,10	-	-	4	++
Rheinsberger See	1,93	2,45	2,96	fallend	+	4	++
Grienericksee	1,98	2,8	2,70	fallend	-	2	-
Wittwese	1,90	-	1,84	-	-	2	-
Gr. Tietzensee	2,44	-	2,20	-	-	3	+
Wutzsee	2,11	2,28	1,87	-	-	2	-
Vielitzsee	3,27	3,43	4,20	-	++	5	+++
Gudelacksee	1,93	2,38	2,70	-	+	3	+
Möllensee	2,57	3,64	3,52	-	-	4	++
Kalksee	2,31	2,53	2,50	-	-	3	+
Tornowsee	2,23	2,62	2,80	-	+	2	-
Zermützelsee	2,94	3,60	3,40	fallend	-	3	+
Tetzensee	3,01	3,68	3,70	fallend	-	3	+
Ruppiner See	1,98	2,54	3,30	-	+	3	+
Bützsee	2,65	3,77	3,31	-	-	2	-
Katerbower See	3,06	3,31	3,03	-	-	2	-
Dreetzer See	3,21	3,78	3,54	-	-	2	-
Gülper See	3,51	3,98	4,40	-	+	5	+++

3.2 Trendanalyse zur Entwicklung der Nährstoffbelastung

Anhand von über einen Zeitraum von mehreren Jahren in regelmäßigen Zeitabständen erhobenen chemisch-physikalischen Beschaffenheitsdaten von Gewässern können Veränderungen potenzieller Belastungsparameter erkannt werden. Im Falle von signifikanten Beschaffenheitsverschlechterungen sind die Ursachen zu ermitteln und Maßnahmen zur Belastungsreduzierung zu ergreifen. Werden signifikante Verbesserungen der Beschaffenheit analysiert und ist das Erreichen der stoffbezogenen Bewirtschaftungsziele in einem definierbaren Zeitraum möglich, so kann vorerst auf Maßnahmen zur Reduzierung stofflicher Belastungen verzichtet werden.

Die nachstehende Trendanalyse für das Einzugsgebiet des Rhin fokussiert auf die Entwicklung der Phosphor-Konzentrationen als prägendes Element für die trophischen Eigenschaften eines Gewässers.

3.2.1 Fließgewässer

Der Rhin und seine Nebenflüsse werden bereits seit den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts regelmäßig hinsichtlich chemischer und physikalischer Beschaffenheitsparameter untersucht. Für die Fließgewässerabschnitte des Rhin liegen Beschaffenheitsdaten von 14 Messstellen vor. Somit wird der Rhin mit einer Lauflänge von 125 km im Mittel alle ca. 9 Kilometer überwacht. Hierbei sind die in Seen gelegenen Messstellen nicht berücksichtigt. Insgesamt werden im betrachteten Gebiet aktuell 31 Messstellen regelmäßig chemisch-physikalisch untersucht.

In diesem Abschnitt werden die entlang des Rhin seit 1993 erhobenen Monitoringdaten für ausgewählte repräsentative Messstellen dargestellt und hinsichtlich eines Trendverhaltens analysiert. Die in den Rhin im Unterlauf einmündenden Nebengewässer Temnitz und Kleiner Havelländischer Hauptkanal werden ebenfalls bezüglich eines Trendverhaltens analysiert. Die Lage der für die Analyse berücksichtigten Trendmessstellen ist in Abb.1 ersichtlich.

Die Messstelle *Wolfsbruch* beschreibt die Qualität des dem betrachteten Gebiet aus dem nördlich gelegenen Müritz-Seengebiet mittels eines Überleiters temporär zugeführten Wassers. Die mit Rhin vor *Zechliner Hütte* beschriebene Messstelle charakterisiert die aus den nördlich gelegenen, vom Rhin direkt durchflossenen Seen, sowie der nordwestlich angebotenen Seenkette Schwarzer See - Zechliner See - Zootzensee resultierende Wasserbeschaffenheit. Mit der Messstelle *Zippelsförde* werden die Veränderungen während der Passage der Seen unterhalb von Zechliner Hütte sowie diverser im Seitenschluss des Rhin liegender kleiner Fließgewässer und Seen abgebildet. Der Messpunkt *Altfriesack* charakterisiert die Nährstoffsituation des vom Rhin durchflossenen Ruppiner Sees. Die Qualität des Rhin an der Probenahmestelle unterhalb *Fehrbellin* wird neben der Be- und Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen (Rhinluch) im Oberlauf auch durch Abschnitte der Stadtentwässerung Fehrbellins geprägt. Die Messstelle *Gahlberg Mühle* liegt am Ablauf des Gülper Sees, einem vom Rhin durchflossenen polytrophen Flachsee. Von Fehrbellin bis zum Gülper See ist der Rhin stark kanalisiert (Rhinkanal). Das Einzugsgebiet ist durch eine eher extensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt.

Entwicklung der Phosphor-Konzentrationen im Zeitraum 1993 – 2008

In Tab. 4 ist für den Zeitraum 1993 – 2011 die Entwicklung der mittleren Konzentrationen für Gesamtphosphor an den Messstellen des Rhin dargestellt. Grundlage der Berechnung sind monatliche und z. T. 14tägliche Stichproben.

Für die überwiegende Anzahl der Messstellen ist eine sehr deutliche Reduzierung der Phosphorbelastung eingetreten. Für die mittleren Konzentrationen des anorganisch gebundenen Stickstoffs kann eine analoge Reduzierung beschrieben werden. Die grafische Darstellung von Einzelwerten für Gesamtphosphor und anorganischen Stickstoff (in Abb. 2 und Abb. 3 exemplarisch für die Messstelle Zippelsförde) zeigt, dass diese Entwicklung ein

annähernd kontinuierlicher Prozess war, dennoch mit einem Reduzierungsschwerpunkt im Jahr 2004.

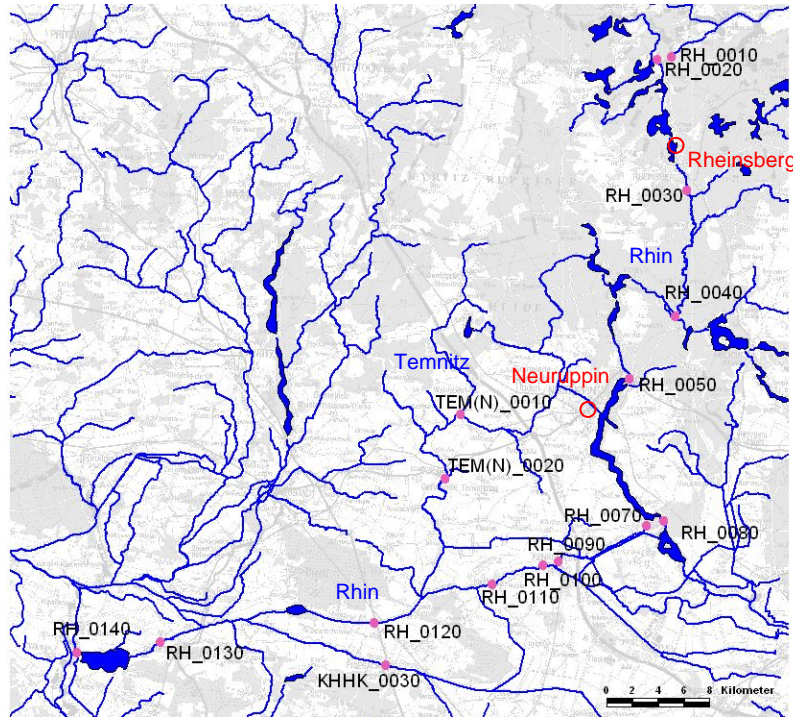


Abb. 1: Übersicht der Trendmessstellen an Rhin und Nebengewässern

Der Vergleich mit den aufgeführten Bewirtschaftungszielen (BWZ) für den Zeitraum 2010 bis 2015 zeigt, dass das BWZ für Gesamtphosphor an vielen Trendmessstellen bereits erreicht ist. Bis zur Messstelle Zippelsförde besteht bezüglich TP der sehr gute oder gute Zustand. Für die Fließstrecke des Rhin unterhalb von Fehrbellin bis zur Mündung gibt es Überschreitungen, diese sind aber überwiegend moderat. Des Weiteren werden die BWZ an den Seeabläufen von Molchowsee, Ruppiner See und Gülper See überschritten, an letzterem sehr stark. Sehr deutliche Überschreitungen des BWZ liegen für die Temnitz vor. Die detailliertere Betrachtung zeigt den Umfang der im betrachteten Zeitraum (1994 bis 2011) eingetretenen Entlastung des Rhin hinsichtlich Gesamtphosphor. Mit einem Rückgang der Phosphorkonzentrationen um rund 60 % weist die Trendmessstelle Zechliner Hütte die stärkste Reduzierung auf. Für den Mittellauf des Rhin werden Phosphorreduzierungen bis rund 40 % ermittelt. An der Messstelle uh. Fehrbellin ergibt sich eine nur geringe Phosphorreduzierung von 8 %, und im weiteren Verlauf steigen die mittleren Konzentrationen an, was sich vor allem aus der Entwicklung in den Jahren 2009-2011 ergibt. Ein sehr deutlicher Anstieg von rund 70 % ist für die Temnitz zu verzeichnen, während der Kleine Havelländische Hauptkanal einen Rückgang an Phosphor von 5 % aufweist.

Tab. 4: Mittlere Gesamtphosphor-Konzentrationen in mg/l an den Messstellen des Rhin (RH_), des Kleinen Havelländischen Hauptkanals (KHHK_) und der Temnitz (TEMN_) der Jahre 1993-2011; () = weniger als 8 Untersuchungstermine/Jahr; BWZ = Bewirtschaftungsziel für den Zeitraum 2010 – 2015, dieses ist rot markiert, wenn es derzeit überschritten wird

	RH_008	RH_0010	RH_0020	RH_0030	RH_0040	RH_0050	RH_0070	RH_0080
	Abfluss Krummer See	Überleitung Wolfsbruch	vor Zechliner- hütte	unterhalb Rheinsberg	Zippels- förde	Altruppin	Wustrau	Altfriesack
1993	-	0,079	0,070	-	-	0,089	0,118	0,119
1994	-	0,091	0,076	0,083	0,087	0,099	0,103	0,103
1995	-	(0,068)	0,050	0,070	0,064	0,089	0,078	(0,078)
1996	-	(0,096)	0,076	0,109	(0,085)	0,118	(0,105)	0,109
1997	-	0,111	0,088	0,098	0,104	0,118	0,120	0,121
1998	-	0,114	0,090	0,094	0,097	0,108	0,117	0,114
1999	-	0,083	0,058	0,078	0,083	0,101	0,125	0,101
2000	-	0,052	0,038	0,052	0,057	0,070	0,080	0,086
2001	-	0,096	0,045	0,058	0,064	0,074	0,074	0,074
2002	-	0,051	0,039	0,051	0,057	0,068	0,072	0,072
2003	-	0,052	0,038	0,054	0,054	0,067	0,061	0,065
2004	-	0,056	0,042	0,052	0,067	0,070	0,070	0,068
2005	-	0,052	0,038	0,056	0,058	0,070	0,064	0,065
2006	0,020	0,038	0,030	0,045	0,053	0,062	0,062	0,065
2007	0,022	0,046	0,040	0,050	0,052	0,065	0,063	0,061
2008	0,024	0,036	0,025	0,040	0,045	0,056	0,057	0,057
2009	0,024	0,039	0,029	0,042	0,047	0,062	0,066	0,065
2010	0,018	0,044	0,033	0,044	0,055	0,067	0,071	0,067
2011	0,015	0,039	0,030	0,045	0,060	0,060	0,064	0,067
BWZ	0,042	0,080	0,042	0,042	0,080	0,042	0,042	0,042

	RH_0090	RH_0100	RH_0110	RH_0120	RH_0130	RH_0140	KHHK_0030	TEMN_0020
	oberhalb Fehrbellin	unterhalb Fehrbellin	Lentzke	Friesack	Kietz	Gahlberg Mühle	unterhalb Friesack	Wildberg
1993	-	-	-	-	0,088	0,117	0,113	0,096
1994	0,105	0,111	0,102	0,099	0,101	0,105	0,086	0,12
1995	(0,075)	(0,101)	0,084	0,09	0,093	0,169	0,094	0,078
1996	(0,106)	(0,103)	(0,105)	(0,092)	0,121	0,120	0,102	(0,085)
1997	0,111	0,135	0,122	0,134	0,129	0,198	0,117	0,124
1998	0,112	0,121	0,120	0,130	0,126	0,176	0,164	0,126
1999	0,103	0,123	0,114	0,106	0,109	0,151	0,12	0,146
2000	0,073	0,083	0,075	0,094	0,081	0,131	0,083	0,117
2001	0,073	0,089	0,083	0,098	0,085	0,161	0,087	0,118
2002	0,066	0,082	0,083	0,098	0,114	0,171	0,091	0,130
2003	0,053	0,075	0,069	0,085	0,070	0,206	0,085	0,144
2004	0,062	0,071	0,067	0,083	0,059	0,122	0,071	0,141
2005	0,061	0,081	0,078	0,087	0,080	0,155	0,063	0,122
2006	0,052	0,087	0,082	0,092	0,076	0,145	0,056	0,189
2007	0,070	0,090	0,084	0,101	0,086	0,105	0,080	0,149
2008	0,066	0,080	0,094	0,089	0,078	0,126	0,076	0,153
2009	0,058	0,097	0,079	0,154	0,100	0,193	0,061	0,160
2010	0,063	0,107	0,104	0,117	0,110	0,153	0,077	0,203
2011	0,061	0,102	0,105	0,121	0,104	0,126	0,082	-
BWZ	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,042	0,080	0,080

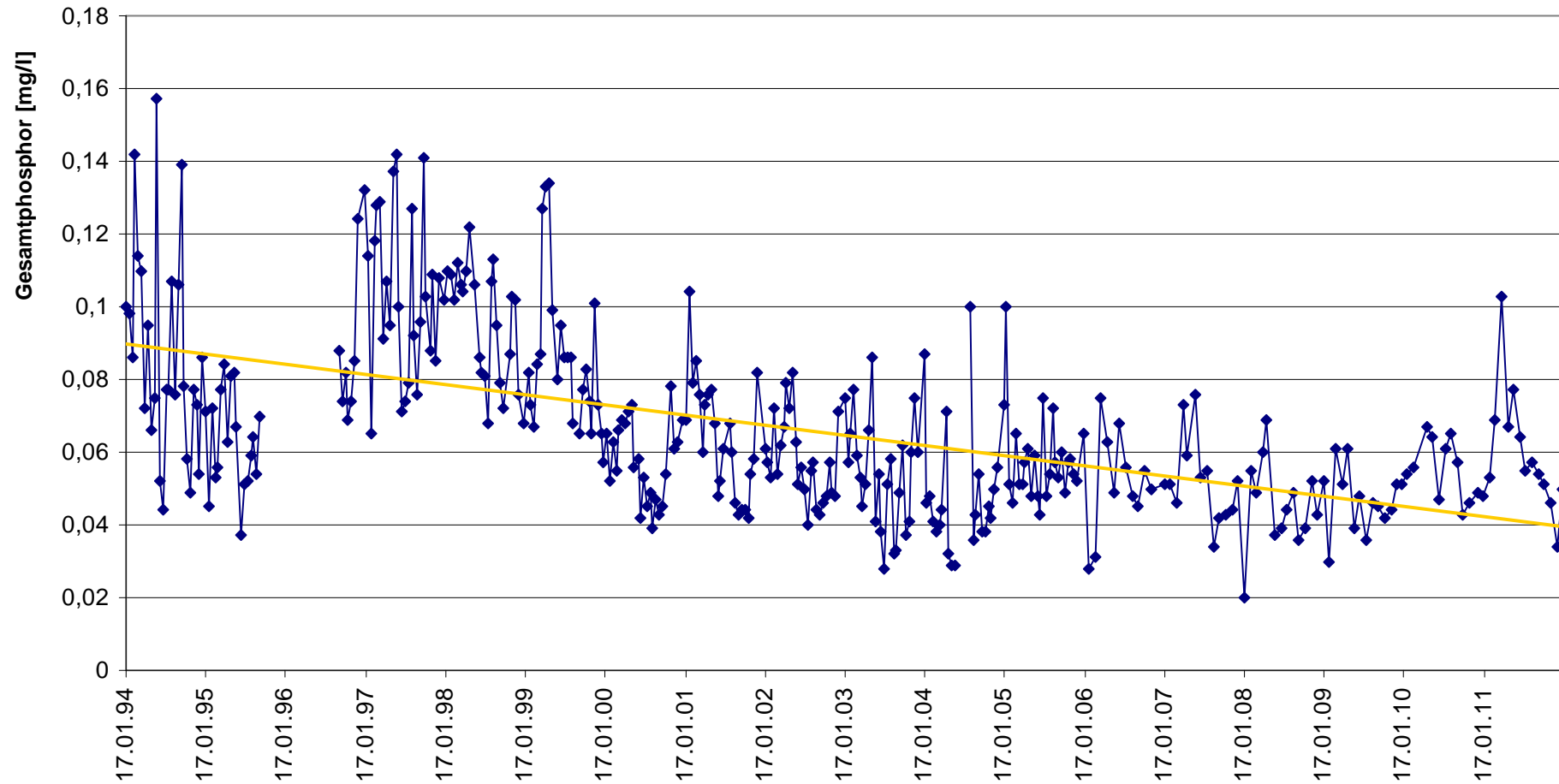


Abb. 2: Entwicklung der Konzentrationen für Gesamtphosphor an der Messstelle Zippelsförde zwischen 1993 und 2009

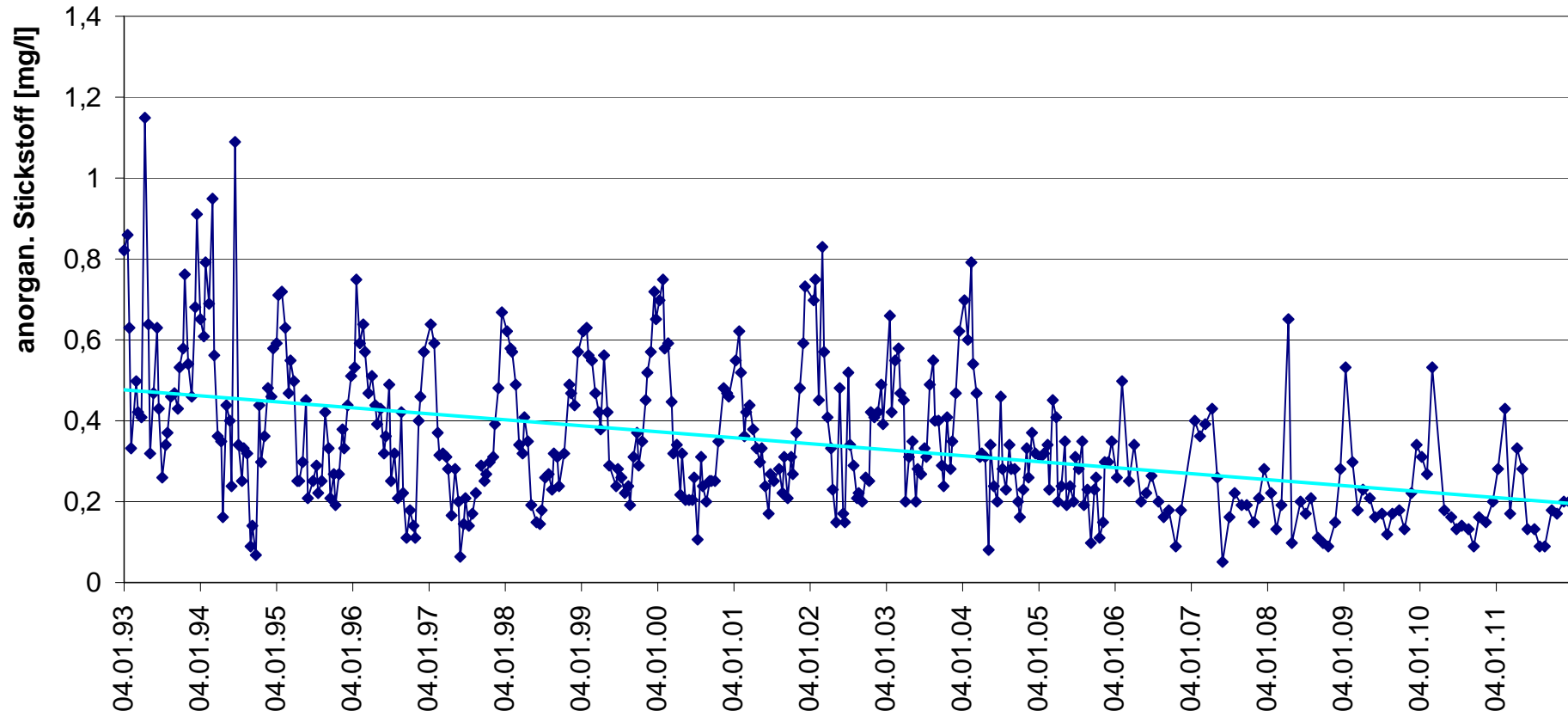


Abb. 3: Entwicklung der Konzentrationen für anorganischen Stickstoff an der Messstelle Zippelsförde zwischen 1993 und 2009

Tab. 5: Veränderungen der Gesamtphosphor-Konzentrationen im Rhin und Nebengewässern im Vergleich der Jahre 1993 und 2011

	RH_0010	RH_0020	RH_0030	RH_0040	RH_0050	RH_0070	RH_0080	RH_0090	RH_0100	RH_0110	RH_0120	RH_0130	RH_0140	KHHK_0030	TEMN_0020
Differenz (mg/l)	-0,052	-0,046	-0,038	-0,027	-0,039	-0,039	-0,036	-0,044	-0,009	0,003	0,022	0,003	0,021	-0,004	0,083
Anstieg bzw. Rückgang (%)	-57	-61	-46	-31	-39	-38	-35	-42	-8	+3	+22	+3	+20	-5	+69

Fazit: Insbesondere im Oberlauf und Mittellauf des Rhin sind in den beiden zurückliegenden Jahrzehnten die für die Ausprägung der trophischen Eigenschaften relevanten Konzentrationen an Phosphor und anorganischem Stickstoff signifikant rückläufig.

3.2.2 Seen

Zur Einschätzung der trophischen Entwicklung der Seen im betrachteten Gebiet wird der Trophieindex nach LAWA (1998) als Bewertungsmaßstab herangezogen. Die Bewertungsparameter des LAWA-Trophieindex gewährleisten die Berücksichtigung der trophischen Ausprägung (Sichttiefe, Chlorophyll-a) ebenso wie das trophische Potenzial (Gesamtphosphor).

Der LAWA-Trophieindex beschreibt den trophischen Zustand von Seen anhand der Parameter Sichttiefe, Chlorophyll-a und Gesamtphosphor. Aus den Untersuchungsergebnissen dieser Parameter werden die Teilindices ermittelt, die dann mittels unterschiedlicher Wichtungsfaktoren zum Gesamtindex verrechnet werden. Dem jeweils errechneten Gesamtindex können dann die Trophiegrade oligotroph, mesotroph, eutroph, polytroph und hypertroph zugeordnet werden.

Für alle Seen des betrachteten Gebietes mit einer Fläche > 50 ha sind in Tab. 6 die berechneten Trophieindices der jeweiligen Untersuchungsjahre eingetragen, und der resultierende Trophiegrad farblich hervorgehoben.

Entwicklung der Trophie im Zeitraum 1993 – 2008

Die Seen Wummsee, Twernsee, Wittwese, Zechliner See und Großer Tietzensee sind weitgehend stabil im mesotrophen Zustand bzw. im Falle des Wummsees im Wechsel zwischen oligotrophem und mesotrophem Zustand.

Die Seen Gülper See und Vielitzsee befinden sich stabil in einem polytrophen Zustand.

Die bemerkenswertesten Verbesserungen hat der Katerbower See durchlaufen. Vom hypertrophen Zustand (1992) hat er sich über den polytrophen Zustand (1997, 2000) hin zum eutrophen Zustand (2007) entwickelt.

Die im Abschnitt 2.3.1.1 beschriebene deutliche Reduzierung der Phosphorgehalte im Oberlauf des Rhin scheint insbesondere im Rheinsberger See und Grienericksee bereits Wirkung zu zeigen. Beide Seen haben sich von einem stark eutrophen Zustand (e2) deutlich hin zu einem schwach eutrophen Zustand (e1) entwickelt. In abgeschwächter Form ist diese Entwicklung auch am dem Ruppiner See vorgeschalteten Zermützelsee und Tetzensee erkennbar. Der Ruppiner See ist weiterhin stabil dem stark eutrophen Zustand zuzuordnen. Es ist anzunehmen, dass die reduzierte Phosphorbelastung des Rhin innerhalb der

See	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Braminsee	3,78							4,17						3,10		3,73		
Bützsee				3,78						3,31								
Dollgowsee	2,70						3,38						3,13			3,22		
Dreetzer See		3,90										3,54						
Gülper See		4,29										4,46	4,28	4,06	4,26			4,40
Grienericksee	3,22		3,14				3,28	3,36	3,16		3,09			2,80				2,70
Gudelacksee	2,86	2,27	3,14	2,97							2,48			2,38			2,70	
Kalksee	2,59	2,53					2,64									2,50		
Katerbower See	4,85					4,45			4,00							3,03		
Möllensee	4,24													2,90		3,52		
Rheinsberger See	3,28	3,07	2,94						3,22		2,97		2,40			2,96		
Ruppiner See	3,89		3,37	3,31	3,33	3,38	3,29	3,46	3,35	3,08	3,10	3,30	2,91	3,30	3,04			3,30
Schlabornsee	2,92		3,42									3,45		2,70		3,10		
Tetzensee	4,27											3,63		3,00			3,70	
Tietzensee, Gr.	2,44				2,50	2,38			2,51	2,40			2,20			2,20		
Tornowsee	3,03		3,14	2,74							2,56	3,00		2,60				2,80
Twernsee	1,93	2,16		1,67	1,72	1,56				1,57								1,70
Vielitzsee	4,42		3,90						3,39				3,89	4,14				4,20
Wittwese	1,60		1,23	1,41	1,81	1,84			1,65							1,84		
Wummsee	1,20			1,60	1,50		1,30	1,30	1,40	1,50	1,60			1,30				1,60
Wutzsee	2,10	2,12	3,60				2,67					1,87						
Zechliner See	2,08	2,16	2,16	2,22												2,39		
Zermützelsee	4,18		3,83	3,67							3,61		3,62				3,40	
Zootzensee	2,07		2,53							2,71						2,75		
						oligotroph	mesotroph	eutroph 1	eutroph 2	polytroph 1	polytroph 2	hypertroph						

Tab. 6: Trophische Entwicklung der Seen im Rhin-Einzugsgebiet zwischen 1993 und 2009

kommenden Dekade auch beim Ruppiner See zu einer Reduzierung der Trophiestufe führen wird.

Die Seenkette Kalksee – Tornowsee weist aktuell einen schwach eutrophen Zustand auf. Bei anhaltender positiver Entwicklung können sich mesotrophe Zustände einstellen.

Deutliche Schwankungen zwischen den trophischen Zuständen mesotroph und schwach eutroph sind für den Gudelacksee erkennbar.

Steigende Trophiegrade lassen sich derzeit bei Zootensee und beim Dollgowsee beobachten.

Fazit: Ein Rückgang der Trophie in den vom Rhin durchflossenen Seen ist insbesondere im oberen Rhingebiet sehr deutlich. In den nachgeschalteten Seen sind die Verbesserungen zumindest deutlich. Es wird erwartet, dass sich diese Entwicklung auch im Ruppiner See fortsetzen wird. Zur Unterstützung dieser Entwicklung können Maßnahmen zur Stabilisierung des Phosphorhaushaltes im Vielitzsee beitragen.

4 Nährstoffbilanzierung und Ableitung von Maßnahmen

4.1 Auswahl der Untersuchungsgewässer und Vorgehensweise

Grundlegend für die Ableitung nährstoffbezogener Maßnahmen sind die Quantifizierung der Nährstofflast in den Oberflächengewässern und das Ermitteln der Belastungsquellen.

Anhand der Ergebnisse der Defizit- und Trendanalyse (Kap. 3) und unter Hinzuziehung regionalen Expertenwissens wurden im Rhin-Einzugsgebiet die Gewässer ausgewählt, deren Belastung mit Nährstoffen als kritisch eingestuft werden kann. Hier besteht besonderer Untersuchungs- und ggf. Handlungsbedarf. Folgende Gewässer und ihre Einzugsgebiete (siehe auch Abb. 4 und Karte 1) wurden im Rahmen des NRK Rhin auf Basis eines umfangreichen investigativen Monitorings untersucht:

- 1.) Vielitzsee und Adderlaake
- 2.) Temnitz und Landwehrgraben Kränzlin
- 3.) Rheinsberger See
- 4.) Zootensee
- 5.) Zechliner See
- 6.) Mühlbach Kagar
- 7.) Dollgowsee

Zwischen Juli 2009 und Juni 2010 wurde innerhalb der Hot Spots ein investigatives Monitoring durchgeführt. Die erhobenen Daten wurden einzeln und aggregiert ausgewertet und nach der Berechnung der Nährstofffrachten an den Messstellen Nährstoffbilanzen für Gewässer bzw. Gewässerabschnitte aufgestellt. Für die Fließgewässer standen bei der Bilanzierung Stickstoff und Phosphor, für die Seen stand ausschließlich Phosphor im Mittelpunkt.

Neben den gemessenen Abflüssen und Nährstoffkonzentrationen gingen berechnete und abgeschätzte Abflüsse, Nährstoffkonzentrationen und Frachten aus verschiedenen punktuellen und diffusen Nährstoffquellen in die Bilanz ein. Grundlage dafür waren neben Geländebegehungen eine umfassende Datenrecherche für das betreffende Gebiet sowie eine Literaturrecherche. Alle im Rhingebiet berücksichtigten Eintragspfade sind in aufgeführt. Grundsätzlich wurden für die Nährstoffbilanzierung in den Hot Spots die in Abb. 5 dargestellten Schritte durchgeführt, wobei Methodik und Vorgehensweise davon abhängig waren, ob ein Fließgewässer- oder ein See-Einzugsgebiet betrachtet wurde.

Die Berechnungsansätze werden im vorliegenden Bericht nicht detailliert vorgestellt. Es wird diesbezüglich auf das Methodikhandbuch (LUGV 2012) verwiesen, in dem alle für die Bilanzierung notwendigen Berechnungsschritte ausführlich beschrieben sind. Wenn nötig, wird jedoch im vorliegenden Bericht auf gebietsspezifische Besonderheiten bezüglich der Eintragspfade eingegangen.



Abb. 4: Das Einzugsgebiet des Rhin mit Hot Spots (rote Markierung), in denen das investigative Monitoring durchgeführt wurde. Die Gewässer sind gemäß ihrer Phosphorbelastung bewertet (blau – sehr gut, grün – gut, gelb – mäßig, orange- unbefriedigend, rot – schlecht für die Fließgewässer und blau – gut sowie rot – schlecht für die Seen)



Abb. 5: Vorgehensweise bei Aufstellung der Nährstoffbilanz als Grundlage zur Ableitung nährstoffbezogener Maßnahmen

Tab. 7: Untersuchte punktuelle und diffuse Quellen im Einzugsgebiet und die Berücksichtigung für die Bilanzierung

	Nährstoffquelle	Eintragspfad	Berücksichtigung
Punktquellen	Kommunale Kläranlagenzuläufe	Direkter Eintrag	ja
	Industrielle Kläranlageneinläufe	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Niederschlagswassereinleitungen	Direkter Eintrag	ja
	Bewirtschaftete Teiche	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Zuläufe aus Dränagen	Direkter Eintrag	nicht möglich
Diffuse Quellen	Abwässer aus undichten Sammelgruben und Kleinkläranlagen	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Abwässer aus Kleingarten-/Bungalowanlagen	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Zufluss aus Zwischenabfluss und Grundwasserzufluss	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Wiedervernässte Niedermoore	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Sonderstandorte, Altlastenstandorte	Grundwasser, Zwischenabfluss	nicht möglich
	Erosion und Abschwemmung von landwirtschaftlich genutzten Flächen	Oberflächenabfluss	ja
	Abschwemmung von versiegelten Flächen	Oberflächenabfluss	ja
	Atmosphärische Deposition	Direkter Eintrag	ja
	Einträge durch Wasservögel	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Einträge aus Seeuferbereichen	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Badenutzung	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Fischereiliche Bewirtschaftung	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Einträge durch Laubfall	Direkter Eintrag	nein

Bei der Aufstellung der Bilanzen und deren Interpretation ist zu beachten, dass die Nährstoffkonzentrationen in den Oberflächengewässern von vielen verschiedenen Faktoren und Prozessen beeinflusst werden. Zu diesen zählen v.a.

- Sedimentation und Resuspension partikulär vorliegender Nährstoffe
- Aufnahme durch Phytoplankton, Benthos, Makrophyten, Mineralisation toter organischer Materie
- Sorption und Fällung von Phosphor sowie Rücklösung aus dem Sediment
- Denitrifikation

Auch in Boden und Grundwasser finden verschiedene Prozesse statt, wie der Stoffrückhalt durch die P-Sorption an die Bodenteilchen oder die Denitrifikation. Vor allem im Sicker- und Grundwasser spielen zudem außer den rezenten Prozessen auch historische Einflüsse eine Rolle. Die Nährstoffflüsse in einem Einzugsgebiet sind somit räumlich und zeitlich außerordentlich komplex.

Die Nährstoffbilanzen für die Hot-Spot-Gebiete geben einen Gesamtüberblick über die Situation im Untersuchungszeitraum 2009/2010. Sie stellen eine solide Basis für die Ableitung von nährstoffbezogenen Maßnahmen dar.

4.2 Vielitzsee und Adderlaake

4.2.1 Gewässer und Einzugsgebiet

Der 109 ha große rinnenartig angelegte Vielitzsee erstreckt sich südlich der Stadt Lindow mit einer Länge von rund 2,2 km in NW-SO-Richtung. Seine maximale Breite beträgt 0,67 km. Er kann als kalkreicher ungeschichteter See mit großem Einzugsgebiet eingestuft werden (Typ 11). Das oberirdische Einzugsgebiet des Vielitzsees umfasst eine Fläche von 3.080 ha.

In den Südteil des Vielitzsees mündet die Adderlaake, sie führte dem See 2009/2010 rund 50 l/s zu. An das morphologisch z.T. stark veränderte Fließgewässer schließen sich mehrere Gräben bzw. Grabensysteme an, darunter der Bäkegraben im Südwesten des Einzugsgebietes und ein Grabensystem, welches das Bruchwaldgebiet Harenzacken entwässert. Darüber hinaus fließen dem See mehrere kleine Gräben direkt zu, u.a. in und nahe Seebeck. Der See entwässert mit durchschnittlich 190 l/s (Messung 2009/2010) über den Vielitzer Kanal zum nordwestlich gelegenen Gudelacksee.

Beginnend in den 1960er Jahren wurde der Vielitzsee mehrfach untersucht (vgl. Tab. 8). Daten von 1975 zeigen einen bereits hochgradig mit Nährstoffen belasteten See mit Algenmassenentwicklungen und dementsprechend geringen Sichttiefen. Im Jahr 1986 wurden dem See fünf Millionen Kubikmeter Sediment entnommen. Seit dem Jahr 2005 wird der Vielitzsee durch das LUGV im operativen Monitoring untersucht.

Das Einzugsgebiet des Vielitzsees (Abb. 6) ist durch die landwirtschaftliche Nutzung geprägt; den mit 47% größten Anteil der Gesamtfläche nehmen Ackerflächen ein, Nadelwald und Weideland bzw. Wiesen bedecken 21 und 18%. Die Landwirtschaft ist somit die bedeutendste Flächennutzung. Betrachtet man Teileinzugsgebiete, zeigen sich mit dem Einzugsgebiet Bäkegraben und dem Oberlauf der Adderlaake zwei Schwerpunkte. Hier werden drei Viertel des Einzugsgebietes landwirtschaftlich, und davon über 80% ackerbaulich genutzt. Auch das unmittelbare Einzugsgebiet des Sees ist zu rund 50 % landwirtschaftlich genutzt, überwiegend als Acker. Die Flächen an Mittel- und Unterlauf der Adderlaake werden mit 15 bzw. 21 % landwirtschaftlichem Flächenanteil weniger intensiv genutzt, hier gibt es nur vereinzelt Ackerflächen und überwiegend Dauergrünland.

Im Einzugsgebiet befinden sich keine Kläranlagen bzw. deren Einleitungen. Die das Abwasser der Gemeinden behandelnden Anlagen sind Schönermark (OHV) und Grüneberg. Einleitungen in die untersuchten Gewässer sind nicht bekannt.

4.2.2 Aktueller und historischer Zustand des Sees

Der Vielitzsee wird anhand der Monitoringergebnisse von 2009 mit der ökologischen Zustandsklasse 5 (schlecht) bewertet. Während die Qualitätskomponente Diatomeen nur geringe anthropogene Einflüsse zeigt und mit „gut“ bewertet werden konnte, erreichten Phytoplankton und Makrophyten lediglich die Einstufung „schlecht“, was mit einem kompletten Fehlen der typischen Zönose gleichzusetzen ist. Submerse Makrophyten fehlen im See völlig, das Phytoplankton ist von fädigen Blaualgen geprägt.

Der Parameter Gesamtphosphor muss derzeit mit einem Jahresmittel von 0,096 mg/l als „schlecht“ bewertet werden. Seit 2005 zeigt sich jedoch eine positive Tendenz: beim sommerlichen und frühjährlichen TP-Gehalt lagen die Konzentrationen im Jahr 2005 bei 0,1 (Frühjahr) bzw. 0,228 mg/l (Sommer), 2009 wurden 0,094 bzw. 0,097 mg/l ermittelt.

Tab. 9 zeigt, dass die Trophie des Sees seit den 1970er Jahren auf sehr hohem Niveau liegt. Einzelne TP-Werte lagen 1976 bei über 0,9 mg/l, die schlechteste Gesamteinschätzung erhält der See für das Jahr 1989.

Mit der Jahrtausendwende zeigte sich eine leichte Verbesserung des Nährstoffstatus, was sich auch an geringeren Chl-a-Gehalten und höheren Sichttiefen widerspiegelte. Nachdem im Jahr 2000 das beste Trophieniveau erreicht wurde, zeigte sich in der Folge wieder ein Anstieg des TI, welcher vor allem auf gestiegene Chl-a-Gehalte zurückzuführen ist.

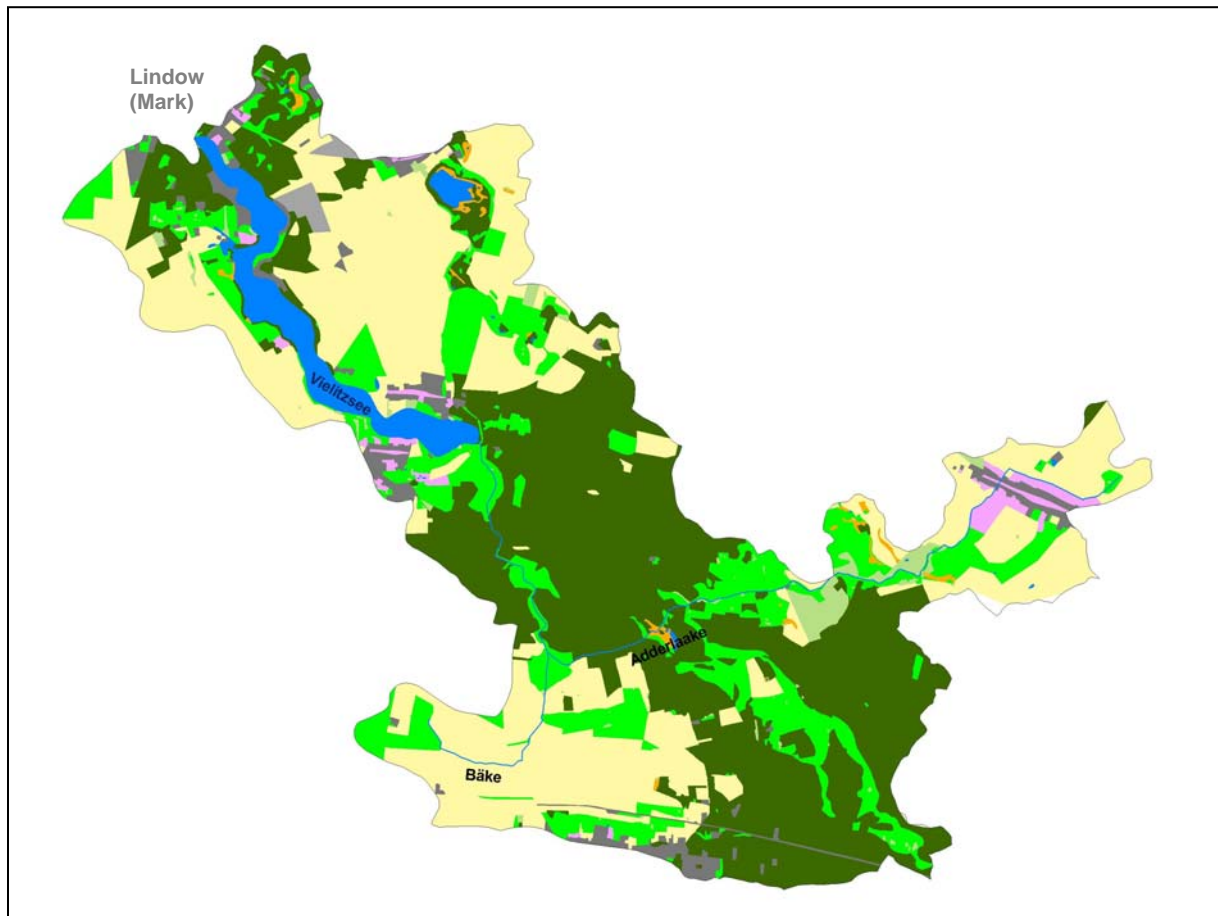


Abb. 6: Übersicht über das Einzugsgebiet Vielitzsee mit der von Süden zufließenden Adderlaake (Quelle: CIR-Biotoptypen, LUA 1993)

Mit einem TI von 4,20 liegt der See heute wieder im hochpolytrophen Bereich. Bei der Bewertung 2009 wirkten sich vor allem hohe Chl-a-Werte (sommerliches Mittel: 126 µg/l) und dementsprechend geringe Sichttiefen (sommerliches Mittel 0,49 m) negativ aus.

4.2.3 Referenzzustand und Bewirtschaftungsziele

Flache und somit polymiktische Seen sind naturgemäß empfindlicher gegenüber Nährstoffeinträgen als tiefe geschichtete Seen. Aufgrund der Durchmischung sedimentiert ein Teil der zugeführten Nährstoffe nicht, er wird mehrmals während der Vegetationsperiode umgesetzt und steht fast immer der Primärproduktion zur Verfügung. Flachseen weisen somit höhere Trophiezustände als geschichtete Seen mit vergleichbarem Einzugsgebiet auf. Im Referenzzustand können Flachseen meso- bis polytroph, jedoch nicht oligotroph sein.

Je größer das Einzugsgebiet im Vergleich zum Volumen des Wasserkörpers ist, desto größer ist die Nährstofflast für den See. Anhand des Volumenquotients von 8,8 m²/m³ wird deutlich, dass der Vielitzsee ein im Verhältnis zu seinem Volumen großes Einzugsgebiet besitzt. Dies bedeutet, dass dem flachen See von einer verhältnismäßig großen Fläche Nährstoffe zugeführt werden.

Die potenzielle natürliche Trophie liegt für den Vielitzsee bei einem Trophie-Index (TI) von 3,27 und damit im eutrophen Bereich (e1). Ziel für den 1. Bewirtschaftungszeitraum bis 2015 ist ein TI von 3,43 (e2). Dies entspricht einem frühjährlichen TP-Gehalt von 0,054 mg/l und einem sommerlichen TP-Gehalt von 0,097 mg/l (siehe Tab. 10), wobei das Sommermittel der Zielkonzentration bereits entspricht.

Für die Adderlaake werden ein TP-Gehalt von 0,080 mg/l und ein TN-Gehalt von 2,184 mg/l angestrebt.

Tab. 8: Untersuchungen und Maßnahmen am Vielitzsee seit den 1960er Jahren

1967	- „Erstbeschreibung“ durch Wasserwirtschaftsdirektion Oder-Havel - Einschätzung: hocheutroph, Phytoplankton stark entwickelt, keine Sauerstoffschichtung, starke Sauerstoffübersättigung im Sommer, mittlere Seetiefe 3 m, keine wesentlichen Belastungen
1975	- Untersuchungsprogramm durch Wasserwirtschaftsdirektion Oder-Havel - Einschätzung als polytropher Flachsee, sommerliche Sichttiefen ca. 30 cm, hervorgerufen durch „Algenblüten“ von Cyanobakterien, nur spärliche Makrophytenvorkommen (Phragmites spec.), Sauerstoff bis zum Grund, maximale Seetiefe 3 m, Feinfischintensivgewässer - Empfehlungen: Senkung insbesondere der hohen Stickstofffrachten der Zuflüsse, Abgrenzung der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch einen Schutzstreifen, der als düngungsfreies Grünland genutzt werden sollte
1976	- Gutachten zu „Einschränkungen der Nutzung des Vielitzsees“ (erarbeitet durch Kreishygieneinspektion und Gebietslabor Neuruppin der Wasserwirtschaft) - aufgrund der Überschreitung (Faktor 10) bakteriologischer Grenzwerte für Badegewässer wird der Vielitzsee als Badegewässer als auch als Beregnungswasser für Gemüsekulturen beanstandet - es werden wirksame Sanierungsmaßnahmen gefordert: Entschlammung und Vertiefung auf 8 m, Reduzierung und Verhinderung des Zulaufs von Abwasser und der Senkung des Nitratgehaltes in den Zuflüssen durch differenzierte N-Düngung im Gebiet
1982	- „Antrag zur Sanierung des Vielitzsee“ (durch Rat des Kreises Neuruppin): Entschlammung (5 Millionen m ³) und Vertiefung auf 8 m, Reduzierung und Verhinderung des Zulaufs von Abwasser und Senkung des Nitratgehaltes in den Zuflüssen durch differenziertere N-Düngung im Gebiet
1986	- Beginn der Entnahme von Seeschlamm, Nutzung als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft
1989	- Untersuchungsprogramm der WWD Oder-Havel
2000/2004 2005/2009	- Untersuchungen durch das Landesumweltamt Brandenburg
2009	- Investigatives Monitoring Landesumweltamt Brandenburg

Tab. 9: Entwicklung der trophierelevanten Parameter im Vielitzsee in den letzten Jahrzehnten (*zur exakten Berechnung des TI lagen zu wenige Werte vor, der TI gilt daher nur als Anhaltspunkt; e2 = eutroph2, p1 = polytroph1; p2 = polytroph2)

Jahr	TI (LAWA 1998)	TP gemittelt (mg/l)	TP Sommer (mg/l)	TP Frühjahr (mg/l)	Chl-a Sommer (µg/l)	Sichttiefe Sommer (m)
1975	4,28* (p2)	0,159	0,072	0,245	171	0,4
1989	4,40* (p2)	0,173	0,235	0,110	91	0,38
2000	3,39* (e2)	0,051	0,049	0,052	34	0,93
2004	3,89* (p1)	0,082	0,094	0,070	46	0,6
2005	4,14 (p2)	0,123	0,109	0,136	100	0,43
2009	4,20 (p2)	0,096	0,097	0,094	126	0,49

Tab. 10: Ist-Zustand, Bewirtschaftungsziele und Referenzzustand für Vielitzsee und Adderlaake bzgl. Nährstoffen und Trophie-Index

		TP Frühjahr	TP Sommer	TN	Trophie-Index (LAWA)
Vielitzsee	Potenzieller natürlicher Zustand	0,043 mg/l	0,079mg/l		2,93
	Bewirtschaftungsziel 1. BW-Zeitraum	0,054 mg/l	0,097mg/l	-	3,43
	Zustand 2009	0,094 mg/l	0,097 mg/l	2.743 mg/l	4,20
Adderlaake	Potenzieller natürlicher Zustand	< 0,040 mg/l		< 1,093 mg/l	-
	Bewirtschaftungsziel	0,080 mg/l		2.184 mg/l	-
	Zustand 2009	0,168 mg/l		2.610 mg/l	-

4.2.4 Ergebnisse des investigativen Monitorings

Im Rahmen des investigativen Monitorings wurden an Oberflächengewässern im Vielitzseeinzugsgebiet 8 Messstellen festgelegt (See: 1 Messstelle, Fließe 7 Messstellen, vgl. Karte 2). An diesen wurden von Juli 2009 bis Juni 2010 Proben entnommen (See: 8 Proben; Sediment 5 Proben, Fließe je 24 Proben) und chemische sowie chemisch-physikalische Parameter erhoben. In den Fließgewässern wurde parallel dazu der Durchfluss bestimmt. Zusätzlich wurden fünf Sedimentproben im See entnommen und die Gehalte an Gesamtphosphor (TP) und Eisen bestimmt. Eine genauere Untersuchung der Adderlaake an vier zusätzlichen Messstellen wurde im September 2010 durchgeführt.

Anhand der Monitoringergebnisse aus den Jahren 2009/2010 wurden zunächst die Nährstoffkonzentrationen im Vielitzsee und seinen Zuflüssen ausgewertet. Tab. 11 fasst die 14tägig ermittelten Phosphor- und Stickstoff- sowie Durchflusswerte in Jahresmitteln zusammen.

Der Vielitzsee wies im Jahr 2009 in der obersten Wasserlamelle TP-Konzentrationen zwischen 0,089 und 0,109 mg/l auf. Bis Juni zeigte sich der See weitestgehend durchmischt. Zwischen Juli und September stellte sich ein Temperaturgradient ein, welcher jedoch aufgrund der geringen Seetiefe nicht zur dauerhaften Schichtung führen konnte. Über dem Sediment wurden in dieser Zeit sehr geringe Sauerstoffgehalte überwiegend unter 1 mg/l festgestellt. Über Grund wurden in den betreffenden Proben TP-Konzentrationen von bis zu 0,660 mg/l gemessen, was auf eine Rücklösung von Phosphor unter anaeroben Verhältnissen hinweist.

Bereits im März traten hohe Chlorophyll-a-Gehalte von 90 µg/l auf, der Maximalwert zeigte sich im September mit 214 µg/l, was zu einer sehr geringen Sichttiefe von 0,3 m führte. Es wurden maximale Sichttiefen von 0,6 m (Juli 2009) beobachtet.

Die Gesamtstickstoffgehalte der Proben lagen überwiegend zwischen 1,0 und 3,7 mg/l, es zeigt sich jedoch parallel zu den stark erhöhten Phosphorwerten über Grund sehr hohe TN-Werte von 11,3 bzw. 14,9 mg/l in den Monaten Juli bis September. Das Verhältnis von TN zu TP zeigt mit 21 bis 30 in allen Proben eine P-Limitierung an.

Die bräunlich bis schwarz gefärbten Sedimente des Vielitzsees weisen TP-Gehalte zwischen 0,85 und 1,45 mg/g Sediment auf. Die Eisengehalte liegen zwischen 10 und 21 mg/g Sediment.

Die Adderlaake zeigt in ihrem gesamten Verlauf hohe TP-Konzentrationen. Bereits im Oberlauf (Messpunkt WP_AD_42) wurden im Untersuchungszeitraum 2009/10 mit 0,149 mg/l hohe TP-Gehalte vorgefunden (zum Vergleich – in den Jahren 2004 (wenige Messungen) und 2005 wurden Mittelwerte von 0,115 bzw. 0,116 mg/l bestimmt).

Im weiteren Verlauf zeigt sich zunächst eine steigende Tendenz (WP_AD_40 mit 0,190 mg/l), zur Mündung hin gehen die Werte leicht zurück. Die Einzelwerte schwankten z.T. erheblich, was besonders am Messpunkt WP_AD_42 deutlich wurde, welcher TP-Gehalte zwischen 0,038 und 0,500 mg/l aufwies. Der Mittellauf der Adderlaake führt die höchsten Konzentrationen an Phosphor. Zwei Probenahmen an mehreren Messstellen zwischen den Messpunkten WP_AD_42 und _40 im September 2010 dienten zur weiteren Eingrenzung der Belastungsquelle.

Auffällig sind die Phosphorkonzentrationen der Adderlaake nach Einmündung des Harenzacken-Zuflusses. Nach Zusammenfluss der Adderlaake mit dem vergleichsweise gering belasteten Zufluss sind die gemessenen Konzentrationen höher als es gemäß Mischungsverhältnis der Fall sein müsste.

Tab. 11: Jahresmittel der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen sowie Abflüsse an den Messstellen des investigativen Monitorings 2009/2010

Messstelle	WP_AD_42 Oberlauf Adderlaake	WP_AD_40 Mittellauf Adderlaake	WP_AD_Z_5 Unterlauf Adderlaake	WP_VIKA_ZA_6 Vielitzer Kanal bei Lindow	WP_GR_Z_26 Zufluss südlich Seebeck	WP_GR_Z_41 Strubensee- graben	Vielitzsee Haupt- messstelle
TP [mg/l] (gemittelt)	0,149	0,190	0,165	0,052	0,052	0,088	0,095
TN [mg/l] (gemittelt)	2,63	2,30	2,89	2,36	2,29	6,90	2,70
Durch- fluss [l/s] (gemittelt)	7,8	43,0	53,3	193,2	2,9	7,9	-

Tab. 12: Ergebnisse des Monitorings vom September 2010 an zusätzlichen Messstellen an der Adderlaake

		WP_AD_53 Adderlaake	WP_AD_52 Adderlaake	WP_AD_51 Zufluss Harenzacken	WP_AD_50 Adderlaake	WP_AD_40 Adderlaake
07.09.2010	TP (mg/l)	0,279	0,242	0,072	0,161	0,213
	Durchfluss (l)	1	5	6	14	18
15.09.2010	TP (mg/l)	0,264	0,303	0,110	0,282	0,309
	Durchfluss (l)	3	8	9	17	26

Da sich im Bereich des Zusammenflusses ein wiedervernässter Moorkörper befindet, wurde hier auf einen erhöhten Austrag von Phosphor geschlossen. Dessen Anteil betrug an den Messterminen 7,5 bzw. 28 % am TP-Gehalt der Adderlaake an Messpunkt WP_AD_50. Eine Herkunft der hohen TP-Konzentrationen aus dem Harenzacken konnte durch die ergänzende Probenahme ausgeschlossen werden.

Der Strubenseegraben und der Graben südlich Seebeck (Messstellen WP_GR_26 und _41) zeigten 2009/10 im Vergleich zur Adderlaake geringe Konzentrationen von 0,052 bzw. 0,088 mg/l TP.

Die mittleren TP-Konzentrationen im Seeabfluss (Messstelle WP_VIKA_ZA_6 im Vielitzer Kanal) entsprechen mit 95 µg/l den mittleren Konzentrationen im Seewasser.

Bezüglich Gesamtstickstoff ist der Strubenseegraben aufgrund seiner hohen TN-Gehalte von durchschnittlich 6,9 mg/l auffällig, die Werte schwanken zwischen 4,4 und 9,2 mg/l. Die

anderen Messstellen zeigen im Mittel noch moderate TN-Konzentrationen unter 3 mg/l, wobei sich in den Einzelwerten große Schwankungen und z. T. hohe Maximalwerte zeigen.

4.2.5 Nährstofffrachten und Nährstoffbilanz

Anmerkungen zur Methodik

Als Grundlage für die Berechnung von Nährstofffrachten wurde für das Einzugsgebiet des Vielitzsees zunächst eine Wasserbilanz aufgestellt. Der am Gebietsauslass 2009/10 gemessene Abfluss (Messstelle VIKA_Z6 im Vielitzer Kanal) und die Evaporation der Seefläche wurden dabei der Abflussspende der Teileinzugsgebiete und dem auf die Seefläche fallenden Niederschlag gegenübergestellt. Abflussspenden sowie Verdunstung und Niederschlag wurden aus einer Berechnung mit den Modellen ABIMO und Arc/EGMO entnommen. Aufgrund der überwiegend geringen Reliefenergie im Gebiet wurde der Oberflächenabfluss als unbedeutend für die Gesamtbilanz eingeschätzt.

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet lassen auf einen sehr geringen Grundwasseranstrom von Süden schließen. Hier dominiert der Zufluss über das Oberflächengewässer, dies wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

Der Nordteil des Sees ist in den oberen unbedeckten Grundwasserleiter eingebettet, östlich befindet sich dieser z.T. unter einer geringmächtigen Grundmoränenbedeckung, wobei oberflächlich Sande anstehen. Westlich und südwestlich werden die Grundwassergeringleiter von trockenen Sanden überlagert.

Aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet des Vielitzsees (vgl. Abb. 7) wird Grundwasserzuströmung vermutet. Aufgrund der Neigung des Geländes und oberflächlich anstehenden und Lehm überlagernden Sanden ist zudem mit einem umfangreicheren Zuström über den Zwischenabfluss zu rechnen.

Zwischen dem mittleren jährlichen Durchfluss im Vielitzer Kanal und der modellierten Abflussspende des Gebietes ergibt sich eine Differenz von über 2 Millionen Kubikmetern. Diese ist vermutlich auf Messunsicherheiten bei der Abflussmessung im Vielitzer Kanal zurückzuführen, welcher in seinem breiten Querschnitt oft kaum Fließbewegung zeigt. Auch die natürliche Schwankung der Wasserhaushaltsgrößen spielt eine Rolle, wobei die ArcEGMO- und ABIMO-Ergebnisse auf 20 bzw. 30jährigen Zeitreihen basieren. Von Bedeutung für die Phosphorbilanz sind zunächst jedoch die Zuflüsse. Der möglicherweise überschätzte Durchfluss am Gebietsauslass muss bei der Betrachtung des Nährstoffexportes berücksichtigt werden.

Die Anteile der einzelnen Abflusskomponenten am Gesamtabfluss zeigt Tab. 13.

Tab. 13: Terme der Wasserbilanz für das Einzugsgebiet des Vielitzsees

	l/s	m³/a	mm/a	Quelle; Jahr
Abflussspende direktes EZG Vielitzsee		1.736.823	188	ABIMO
Gräben bei Seebeck	11	339.656		Messung 2009/10
Adderlaake	53	1.680.724		Messung 2009/10
Niederschlag See		673.075	618	ArcEGMO
Summe Input		4.770.867		
Verdunstung von der Seefläche		969.119	889	ArcEGMO
Abfluss (Vielitzer Kanal)	193	6.092.755		Messung 2009/10
Summe Output	224	7.061.874		



Abb. 7: Teileinzugsgebiete des Vielitzsee-Einzugsgebietes und Messstellen: TEZG 1 - unmittelbares Einzugsgebiet des Sees, TEZG 2 - Einzugsgebiet der Adderlaake, rote Messstellen: 14tägliche Beprobung, grüne Messstellen: 2malige ergänzende Beprobung)

Phosphorbilanz

Allgemeines

Nach Prüfung der in Tab. 14 aufgeführten punktuellen und diffusen Nährstoffquellen wurde zur Einschätzung der Belastungssituation eine Phosphorbilanz für den Vielitzsee und sein Einzugsgebiet aufgestellt. Auf der Basis von Monitoringergebnissen und Berechnungen wurden die über verschiedene Pfade eingetragenen Phosphorfrachten bestimmt. Stickstoff wurde aufgrund seiner geringen Relevanz für die Eutrophierung des Sees nicht berücksichtigt.

Zur Berechnung wurde das Gesamteinzugsgebiet in zwei Teile aufgeteilt (Abb. 7): in das unmittelbare Einzugsgebiet des Vielitzsees (TEZG 1, Größe 1295 ha) und das Einzugsgebiet der Adderlaake (TEZG 2, Größe 1785 ha). Die Einträge in beide Teileinzugsgebiete und das gesamte Vielitzsee-Einzugsgebiet sind in Tab. 15 in absoluten Zahlen sowie in Abb. 8 relativ zur Gesamtfracht dargestellt. Die Werte sind zwar als konkrete Rechenwerte angegeben, für die Interpretation der Nährstoffbilanz ist jedoch die Größenordnung der jeweiligen Fracht entscheidend.

Verschiedene Nährstoffquellen im Gebiet sind in Karte 5 dargestellt.

Tab. 14: Berücksichtigte punktuelle und diffuse Phosphorquellen im Einzugsgebiet

Art der Quelle	Quelle	Quantifizierung des Nährstoffeintrages
	Abwässer aus undichten Sammelgruben	ja
	Abwässer aus Kleingarten-/Bungalowanlagen	ja
	Erosion/Abschwemmung von landwirtschaftlich genutzten Flächen	ja
	Einträge über das Sicker- und Grundwasser	ja
	Atmosphärische Deposition	ja
	Geogener Hintergrund	ja
	Einträge aus wiedervernässten Niedermooren	ja
	Rücklösung aus dem Sediment	ja

Untersuchung der Einträge nach Herkunft und Eintragspfaden

Insgesamt wurden im Untersuchungsjahr 703 kg TP in den Vielitzsee eingetragen. Über den Ablauf werden 579 kg TP exportiert.

Da der Anteil potenzieller natürlicher Einträge in die Gewässer für das gesamte Einzugsgebiet nur rund 10 % beträgt (15 % für das Gebiet der Adderlaake, 7 % für das direkte Einzugsgebiet), überwiegen deutlich die anthropogenen Einträge.

Insgesamt liegt der Schwerpunkt auf dem Grundwasserpfad: 56 % aller Einträge werden über Grundwasser und Zwischenabfluss eingetragen. Eine bedeutende Rolle spielt zudem die Rücklösung aus dem Seesediment, diese hat einen Anteil von 27 % am Input. Einträge über das Oberflächenwasser umfassen 12 %, atmosphärische Einträge 5 %. Im Folgenden werden die Nährstoffquellen einzeln beschrieben, in Karte 6 sind verschiedene Nährstoffquellen dargestellt.

Punktquellen

Punktquellen sind im Vielitzsee-einzugsgebiet nicht von Bedeutung. Es wurden weder Einleitungen aus kommunalen oder industriellen Kläranlagen noch aus Regenwasserzuläufen aufgefunden. Die Existenz von Dränagen ist anzunehmen, da nördlich des Sees mehrere Sammler in einen Graben münden, die Größe der angeschlossenen Fläche sowie die Intaktheit des Systems sind jedoch nicht bekannt.

Diffuse Einträge durch Abwasser aus undichten Sammelgruben

Der Anschlussgrad der Gemeinden im Gebiet an die zentrale Abwasserentsorgung ist mittlerweile sehr hoch: 96,5 % der Einwohner der Gemeinde Vielitzsee besitzen Anschluss an die Kläranlage Schönermark, 99,8% der Einwohner der Gemeinde Löwenberger Land entsorgen über die Kläranlage Grüneberg. Die verbleibenden 3,5 bzw. 0,2 % der Einwohner betreiben Kleinkläranlagen.

Die Situation stellt sich jedoch in Bezug auf den Anschluss an die Kanalisation und die dezentrale Entsorgung aus abflusslosen Sammelgruben sehr unterschiedlich dar. Während der Ort Vielitz überwiegend an die Kanalisation angeschlossen ist, besitzen die Haushalte

der Orte Grieben, Groß Mutz und Seebeck abflusslose Sammelgruben, aus denen das Abwasser durch Tankwagen auf die Kläranlage verbracht wird.

Die Plausibilität des errechneten Wertes von 8 kg TP pro Jahr für das unmittelbare Einzugsgebiet wurde zumindest für das Gebiet des TAV Lindow-Gransee (Herr Kellner, pers. am 23.03.2011) bestätigt. Aus dem gesamten Einzugsgebiet werden 37 kg/a über das Grundwasser in Gewässer eingetragen.

Diffuse Einträge durch Abwasser aus Kleingärten

Im unmittelbaren Einzugsgebiet des Sees befinden sich ca. 400 Kleingarten- bzw. Bungalowparzellen. Im Einzugsgebiet der Adderlaake spielen Kleingartenparzellen keine Rolle. Die für die Phosphorbilanz errechnete Jahresfracht bezieht sich auf 175 ufernahe Parzellen am Vielitzsee. Hier ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Anteil des Abwassers nicht der geregelten Entsorgung zugeführt und z. T. auch kleingärtnerisch verwendet wird. Emittierte Nährstoffe (0,14 kg pro Parzelle und Jahr, insgesamt 25 kg/a) gelangen hier auf relativ kurzem Wege (Grundwasser, Zwischenabfluss) in den Vielitzsee.

Diffuse Einträge durch Erosion/Abschwemmung von Böden

Am Westufer des Vielitzsees befinden sich rund 18 ha Ackerland, die ohne Schutzstreifen direkt an den See grenzen. Diese Flächen sind z. T. recht stark zum See hin geneigt. Auch am Oberlauf der Adderlaake, am Bäke Graben sowie am Strubenseegraben befinden sich

Tab. 15: Übersicht über die Phosphoreinträge (kg/a) in die Gewässer Vielitzsee und Adderlaake (TEZG getrennt) sowie insgesamt

Teileinzugsgebiete	TEZG Vielitzsee unmittelbar	TEZG Adderlaake	EZG Vielitzsee gesamt
zugeordnete Messstelle	VIKA_Z_6	AD_Z_5	VIKA_Z_6
Erosion	21	13	34
Abwasser aus undichten Gruben	8	29	37
Abwasser aus Kleinkläranlagen	0	0	0
Abwasser Kleingärten	25	0	25
Rücklösung	193	0	193
Moorgebiet	0	49	49
Atm. Deposition	32	0	32
Auswaschung	147	186	333
davon Acker (Niedermoor)	0	17	17
Grünland (Niedermoor)	0	36	36
Acker (mineralisch)	113	85	199
Grünland (mineralisch)	5	8	12
potenziell natürlich	29	40	69
Gesamtfracht	426	277	703

154 ha leicht geneigter Ackerflächen, die bis an die Böschungskante des Gewässers genutzt werden. Aus den am Vielitzsee gelegenen Flächen können 18 kg TP pro Jahr verfrachtet werden, im Bereich der Bäke 13 kg, 2 kg am Strubenseegraben und am Oberlauf der Adderlaake 2,9 kg. Bei Erosion und Abschwemmung von Ackerflächen handelt es sich um sporadische Ereignisse, die durch Starkregen in Zeiten unbedeckten Bodens (z.B. vor Aussaat) ausgelöst werden. Durch die geringe Reliefenergie im Einzugsgebiet des Sees bleiben die abgeschwemmten Nährstoffmengen auf vergleichsweise geringem Niveau. Trotzdem leisten sie einen jährlichen Beitrag zur Eutrophierung und verursachen lokal Sauerstoffmangel durch das Einsetzen von Zehrungsprozessen.

Diffuse Einträge über Grundwasser und Zwischenabfluss (Auswaschung)

Der aus der Auswaschung aus den Flächen resultierende Eintrag wurde für das gesamte Einzugsgebiet mit 333 kg/a berechnet. Dies umfasst rund 47 % der Einträge.

Die potenzielle natürliche Auswaschung, berechnet anhand der Austragsrate von 0,05 kg TP/ha/a, umfasst dabei 69 kg. Die Möglichkeit eines lokal höheren Hintergrundwertes durch den Einfluss stärker phosphorhaltigen Wassers aus tieferen Grundwasserstockwerken wurde für das Untersuchungsgebiet geprüft und wird als unwahrscheinlich angesehen, kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Auswaschungsraten der Einzelflächen im Gebiet je nach Intensität der Bewirtschaftung sehr unterschiedlich sind.

Diffuse Einträge aus atmosphärischer Deposition

Die trockene und nasse Deposition umfasst für die 109 ha große Seefläche rund 32 kg/a. Bezogen auf die Gesamtheit der Einträge entspricht dies 8 % davon.

Diffuse Einträge aus sonstigen Quellen

Weitere Nährstoffquellen wurden als unbedeutend für den See eingeschätzt, darunter die Badenutzung (aufgrund der geringen Sichttiefen ist die Anzahl der Badenden sehr gering), Wasservögel, der direkte Eintrag aus dem Uferbereich und der Eintrag durch Laubfall.

Da im Luftbild keine versiegelten Flächen mit Anschluss an Gewässer aufgefunden wurden, wurde dieser Pfad nicht berücksichtigt.

Sonstige potenziell als Nährstoffquellen wirksame Standorte im Untersuchungsgebiet sind verschiedene Tierhaltungsanlagen, Anlagen zur Biogasproduktion, Lagerflächen für Dünger (Misthaufen etc.), ehemalige und derzeit betriebene Fahrhilfen, alte LPG-Standorte und Deponien. Darunter sind auch zwei Altlastenverdachtsflächen in Seebeck und in Großmutz. Die genannten Standorte sind soweit möglich in Karte 5 dargestellt, sie konnten im Rahmen des vorliegenden Konzeptes jedoch nicht quantifiziert werden; dies ist auch generell kaum möglich.

Rücklösung aus dem Sediment des Vielitzsees

Am 24.07.2009 zeigte der Vielitzsee bei hochsommerlicher Witterung eine temporäre Schichtung, hier wurden bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen von weniger als 1 mg/l über Grund erhöhte TP-Werte von 0,66 mg/l gemessen. Dies weist auf eine Remobilisierung von P aus dem Sediment hin. Durch einen Vergleich mit dem TP-Gehalt in Oberflächennähe ergibt sich (unter Annahme eines homogen ausgeprägten Hypolimnions und eines Konzentrationsgleichgewichts zwischen Wasser und Porenwasser an der Sedimentoberfläche) die potenziell rücklösbare P-Menge für den See. Mit einem sedimentbürtigen Konzentrationsanstieg um 0,563 mg/l TP und einer Hypolimnionobergrenze bei 3m Tiefe wurde eine rückgelöste Phosphormenge von 193 kg berechnet.

Diese rücklösbare Menge stellt in der Bilanz eine Phosphorquelle für den See dar. Grundsätzlich ist zu beachten, dass eine Rücklösung mehrmals im Jahr in unterschiedlicher

Intensität auftreten kann, dass der freigewordene Phosphor mit beginnender Zirkulation jedoch auch zu einem bestimmten Teil wieder festgelegt wird. Die berechnete Menge bildet lediglich den Eintrag eines einzelnen Ereignisses ab, wie viel davon nach Zutritt von Sauerstoff wieder festgelegt wird, kann nicht abgeschätzt werden.

Da die für eine umfassende Einschätzung notwendigen Untersuchungen im Rahmen des Monitorings nicht durchgeführt werden konnten, wurde die TP-Menge von 193 kg/a für die Aufstellung der Bilanz verwendet.

Retention in den Gewässern

Die Retention in der Adderlaake ist aufgrund ihrer Größe und des Ausbaugrades mit kleinem hydraulischen Querschnitt und streckenweise stark eingetieftem Profil vernachlässigbar gering, sie beträgt 0,24 kg TP/a.

Anders ist es beim Vielitzsee. Seen fungieren über einen längeren Zeitraum betrachtet als Phosphorsenke. Meistens ist die Phosphorsedimentation bereits in der Jahresbilanz größer als die interne Freisetzung, auch wenn dieser Prozess saisonal sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann (DWA 2006).

Der Rückhalt von Phosphor im See wurde auf Basis der Frachten berechnet:

gesamter berechneter Input ($F_{\text{Einträge}}$):	703 kg
am Gebietsauslass gemessene Fracht ($F_{\text{Gebietsauslass}}$):	579 kg
Retention (Nettosedimentation):	124 kg/a

Die Nettosedimentation als Differenz zwischen der Fracht am Gebietsauslass und der rückgelösten Menge sowie der insgesamt eingetragenen Fracht beträgt 124 kg/a. Dieser Teil wird dauerhaft im Sediment festgelegt. Aufgrund der Annahme dass der Durchfluss am Gebietsauslass überschätzt wurde, kann es sein, dass auch der Nährstoffexport aus dem See zu hoch angesetzt wurde. Mit Verringerung der ausgetragenen Fracht vergrößert sich dann die Nettosedimentation entsprechend.

Auch wenn man allein die derzeitige Zu- und Abflusskonzentrationen im Jahresmittel betrachtet, wird die Rolle des Sees als Senke deutlich:

berechnete Input-Konzentration	0,116 mg/l
gemessene Konzentration am Seeausfluss:	0,095 mg/l

Phosphorbilanz: Zusammenfassung und Bewertung

Die in den See insgesamt eingetragene P-Menge einschließlich Rücklösung beträgt für den Bilanzzeitraum 2009/10 703 kg/a. 579 kg/a werden dem See über den Abfluss Vielitzer Kanal wieder entzogen, 124 kg/a werden im Sediment des Sees festgelegt.

Die wesentlichen Einträge erfolgen über die Adderlaake, über die Rücklösung von der zeitweise anoxischen Sedimentoberfläche und über das Grundwasser/Zwischenabfluss, wobei hier ein potenzieller natürlicher Anteil zu berücksichtigen ist.

Die über die Adderlaake zugeführten Nährstoffe entstammen zu 56 % diffusen Einträgen über das Grundwasser. Einen deutlichen Einfluss hat zudem eine an der Adderlaake gelegene und zeitweise wiedervernässte vermoorte Senke. Das mit rund 0,2 % Anteil an der Einzugsgebietsfläche eher unbedeutende Moorgebiet an der Adderlaake („Biberstau“) trägt mit 6% spürbar zum Gesamteintrag bei. Eine Retention in der Adderlaake (0,24 kg/a) ist aufgrund ihrer Größe und ihres Ausbaugrades nicht relevant.

Analysiert man die Einträge pfadbezogen für das gesamte Gebiet, wird deutlich, dass der diffuse Eintrag von Phosphor über das Grundwasser und den Zwischenabfluss dominiert. Auch nach Abzug der potenziellen natürlichen Hintergrundfracht resultiert hier mit 333 kg/a der Haupteintrag. Eine ebenfalls bedeutende Stellung nimmt die Rücklösung aus dem Sediment ein, welche gleichzeitig eine Folgeerscheinung der Einträge ist.

Die Erosion spielt im Gebiet mit 4 % Anteil am Gesamteintrag eine eher untergeordnete Rolle. Dasselbe gilt für die Einträge über Abwässer aus Siedlungen und Kleingärten.

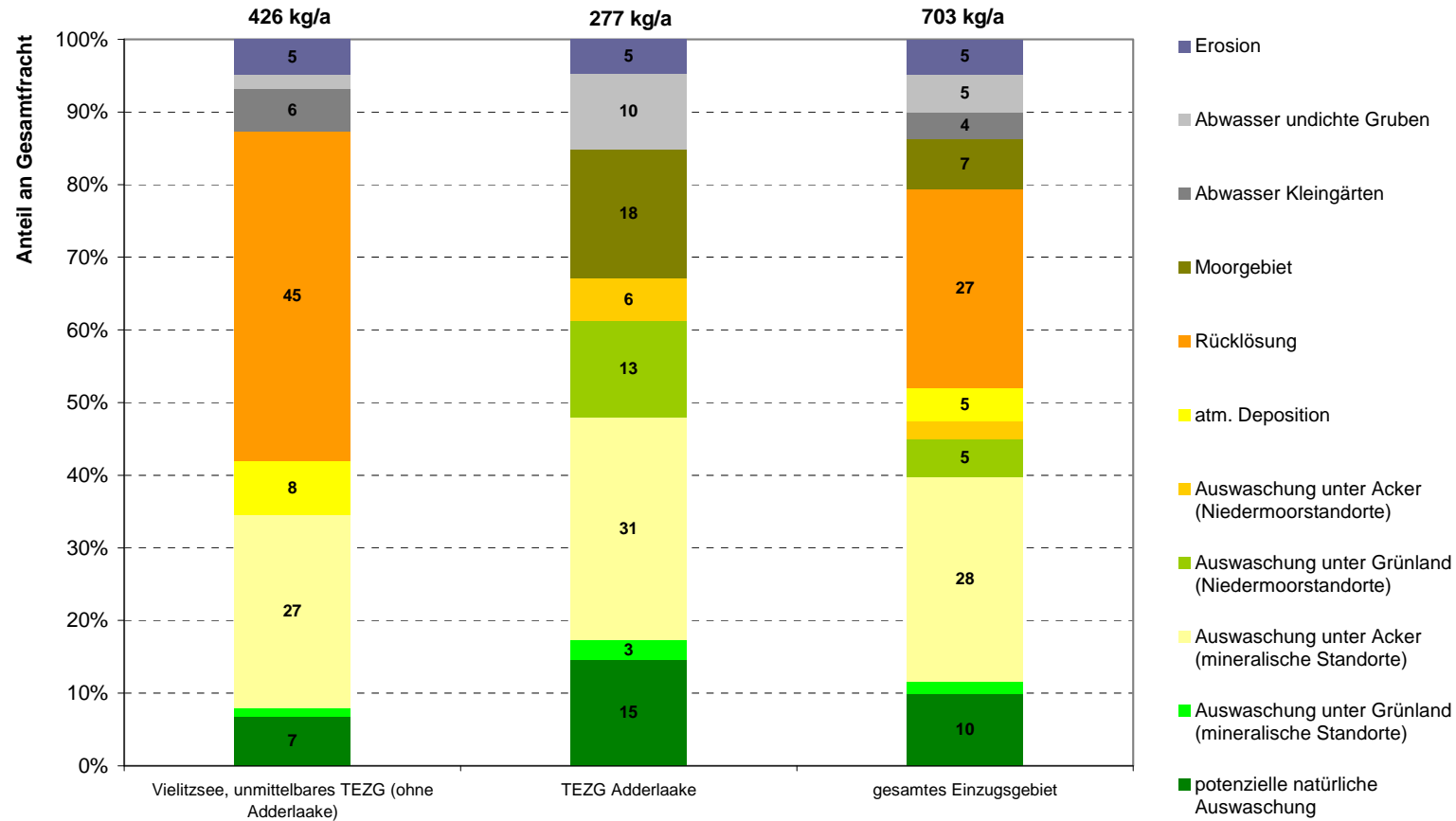


Abb. 8: Anteile der verschiedenen P-Quellen am Gesamteintrag in die einzelnen Teileinzugsgebiete (unmittelbares TEZG und TEZG Adderlaake) sowie Zusammenfassung der TEZG

Einflüsse früherer Nutzungen

Generell muss ein auch historisch bedingter Anteil an der heutigen Nährstoffbelastung der Gewässer berücksichtigt werden.

Vor 1990 waren wenige Haushalte in den ländlichen Gebieten an Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen. Das anfallende Abwasser wurde über Gruben versickert oder in abflusslosen Einzel- oder Mehrkammergruben aufgefangen. Aus letzteren wurde das Abwasser in die Gärten entleert oder per Tankwagen abgeholt und zur Kläranlage befördert, oft jedoch auch in Geländesenken verklappt. Ein solcher Platz ist nördlich der Ortschaft Grieben bekannt, wo bis in die Mitte der 1990er Jahre Abwasser entsorgt wurde.

Der gelöste Phosphor aus dem häuslichen Abwasser gelangte jahrzehntelang ins Grund- und Schichtenwasser. Aufgrund der Überfrachtung der Sickerwege ist u. U. nur noch von einer minimalen Sorptionskapazität der Bodenteilchen und einer geringen Retention durch die Bodenpassage auszugehen.

Zur Quantifizierung der historischen Einträge ins Oberflächengewässer wurde als „worst case“ die gesamte gelöste Fracht aus den Siedlungen als Eintrag ins Grund- und Schichtenwasser und damit in die Oberflächengewässer berechnet. Mit einer durchschnittlichen TP-Emission von 1 mg pro Einwohner pro Tag an gelöster Fracht (50 % des maximalen Einwohnergleichwertes von 2 mg gemäß ATV A 131) wurden folgende Immissionen in die Gewässer berechnet:

- Eintrag in die Adderlaake bis zur Mündung: 217 kg/a TP (ca. 0,130 mg/l abwasserbürtige TP-Konzentration)
- Eintrag in den Vielitzsee aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet: 137 kg/a TP
- gesamte Fracht in den Vielitzsee: 354 kg/a TP

Auch die Bewirtschaftung der Acker- und Grünlandflächen vor 1990 durch die örtlichen LPGen sowie die LPG-Standorte selbst (Güllegruben, Düngemittellagerplätze, Fahrhilfen, Flächen mit Güllelast) können heute noch einen Einfluss auf die Gewässergüte haben.

Vermerke in den Unterlagen aus den 1970er und 80er Jahren (vgl. WWD 1967-1989) bestätigen die Annahme, dass der Vielitzsee in der Vergangenheit einer erheblichen Nährstoffzufuhr aus dem Einzugsgebiet unterlag. Das Einzugsgebiet wurde bis an das See- bzw. die Grabenufer intensiv landwirtschaftlich genutzt. Über Gräben flossen Siedlungsabwässer zu, der Strubenseegraben entwässerte zumindest in den 1970er Jahren Schweinestall und Küche der LPG in Seebeck. Der Vielitzsee selbst wurde als Fischintensivgewässer genutzt.

Sowohl Nährstoffe aus dem Abwasser als auch aus der Landwirtschaft vor 1990 können durch lange Aufenthaltszeiten im Sicker- und Grundwasser noch heute wirken, jedoch ist diese Wirkung begrenzt. Für 4 verschiedene Punkte am Rand des Einzugsgebietes wurden die Transportzeiten des versickerten Wassers bis zum See zwischen 15 und 80 Jahren berechnet (Abb. 10). Durch die sandigen Substrate des östlichen See-Einzugsgebietes wurden alle Einträge aus der LPG-Bewirtschaftung bereits in den Vielitzsee transportiert, aus anderen Richtungen werden aufgrund langer Transportwege oder bindigen Materials noch Nährstoffe aus der Zeit vor 1990 antransportiert.

Der Mittellauf der Adderlaake als Belastungsschwerpunkt

Unter den gegebenen hydrogeologischen Bedingungen (schmale Sandbänder zwischen bindigen Schichten) ist anzunehmen, dass die Austräge aus den Orten Groß Mutz und Grieben nicht in tiefere Schichten versickern, sondern schwerpunktmäßig horizontal transportiert werden. Es ist möglich, dass dieses Wasser aufgrund der Lagerungsverhältnisse im Mittellauf der Adderlaake wieder in Kontakt mit Oberflächenwasser kommt, und damit eine Ursache für die hohen TP-Konzentrationen in diesem Bereich darstellt. Abb. 10 verdeutlicht den Konzentrationsanstieg.

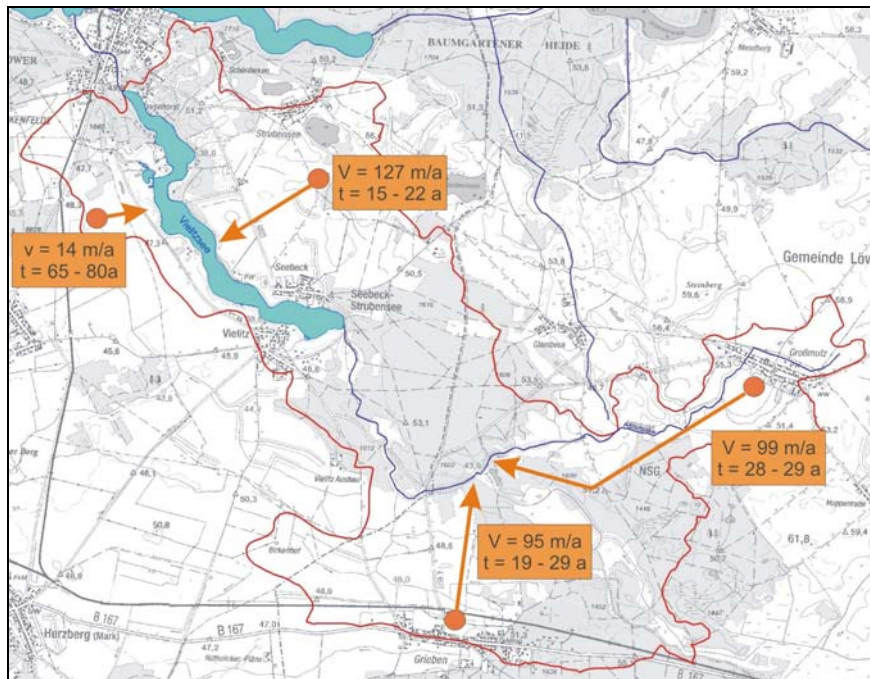


Abb. 9: Mittlere Fließgeschwindigkeiten (v) im Sicker- und Grundwasser des Vieltzseeinzugsgebietes und daraus resultierende Verweilzeiten (t) eingetragener Stoffe in gesättigter und ungesättigter Zone

Die zeitweise erhöhten Ammoniumgehalte (bei 50 % der Messwerte zwischen 0,5 und 0,8 mg/l) stützen die Vermutung, dass der Adderlaake Abwasser aus weiter entfernten Bereichen zufließt, möglich ist bezüglich des Ammoniums jedoch auch der Einfluss des Moorkörpers. Zudem fehlen im Umfeld des Gewässers direkte Einflüsse von Ackerflächen und Siedlungen.

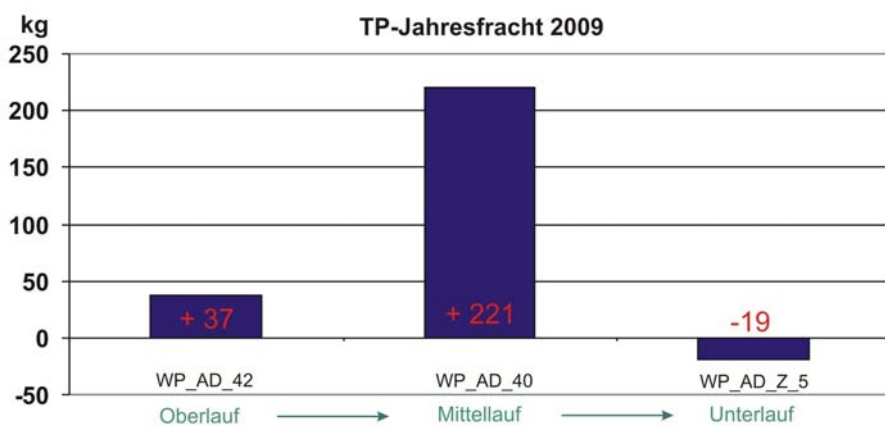


Abb. 10: Differenz der Frachten zwischen den Messstellen im Verlauf der Adderlaake: Der Schwerpunkt der Belastung zeigt sich am Mittellauf anhand des großen Frachtzuwachses.

4.2.6 Empfohlene Maßnahmen

Die Bereiche, in denen Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung im Wasser des Vielitzsees und seiner Zuflüsse greifen sollten, sind vor allem die Siedlungen und die landwirtschaftliche Nutzung. Eine hohe Priorität haben dabei landwirtschaftliche Maßnahmen, da diese am Haupteintragspfad Grundwasser/Zwischenabfluss ansetzen.

Die Einschätzung zu Priorität und Umsetzbarkeit in Tab. 16 zeigt, dass die Maßnahmen, die eine besondere Rolle für die Nährstoffreduzierung spielen, dies betrifft insbesondere die Landwirtschaft, aber auch den Wasserhaushalt, eher anspruchsvoll in der Umsetzung sind. Konkret werden die Maßnahmen in den folgenden Steckbriefen beschrieben, in den Karten 6-1 und 6-2 sind die Maßnahmen wenn möglich verortet.

Tab. 16: Übersicht über die zur Verbesserung der Gewässergüte von Vielitzsee und Adderlaake vorgeschlagenen Maßnahmen(- keine Priorität/+ geringe/++ mittlere/+++ hohe Priorität; - Umsetzbarkeit nicht gegeben/? Umsetzbarkeit unklar/++ Umsetzbarkeit gut/+++ Umsetzbarkeit sehr gut. * - Umsetzung nach Sanierung des Einzugsgebietes)

Bereich	Maßnahme	Priorität	Umsetzbarkeit	Wirkung
Siedlungen	Reduzierung der Stoffeinträge aus kommunalen Abwassersystemen - Dichtigkeitsprüfungen, ggf. Abdichtung	++	+++	mittel-langfristig
	Reduzierung der Stoffeinträge aus Bungalowsiedlungen und Gärten - ggf. Veränderung der Abwasserbehandlung - Dichtigkeitsprüfungen, Abdichtung von Sammelgruben - Beratung	++	+++	kurz-mittelfristig
Landwirtschaft	Anlage von Gewässerrandstreifen zur Reduzierung von Erosion/Abschwemmung	++	++	kurzfristig
	Maßnahmen zur Reduzierung der direkten und der auswaschungsbedingten Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser - Umwandlung Acker- Grünland, Nutzungsaufgabe - Grünlandextensivierung - konservierende Bodenbearbeitung - bedarfsgerechte Düngung	+++	?	mittel-langfristig
	Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Drainagen	(+++)	?	kurzfristig
Wasserhaushalt	Maßnahmen zur Förderung der Retention von Wasser und Nährstoffen in natürlichen Auebereichen - Revitalisierung ehemaliger Feuchtgebiete an der Adderlaake	+++	?	mittel-langfristig
Seeinterne Maßnahmen	Nahrungskettensteuerung	+	?	kurz-mittelfristig
	Entschlammung*	-	-	
	Nährstofffällung/ Sedimentkonditionierung*	-	+++	
	Belüftung*	-	+++	
	Behandlung des Zulaufs*	-	+++	

Diffuse Einträge aus der Landwirtschaft: Einträge ins Grund- und Sickerwasser

a) Extensivierung oder Nutzungsaufgabe gewässernahe Flächen

betroffene Flächen:

- intensiv bewirtschaftete Flächen in unmittelbarer Nähe zum Vielitzsee und seinen Zuflüssen

Ausweisung der Flächen:

- Acker- und Grünlandflächen, die sich innerhalb eines 200m breiten Puffers um die Gewässer befinden

Generell mögliche Maßnahmen:

- Umwandlung von Ackerland zu extensivem Dauergrünland bzw. Extensivierung von Intensivgrünland (es wird empfohlen: kein Umbruch, keine Düngung, keine Entwässerung, geringe Viehbesatzdichte)
- Auflassen der Nutzung, Bildung von Sukzessionsflächen
- Aufforstung
- Beenden der Entwässerung, Anhebung der GW-Flurabstände
- Beratung zur Problematik Nährstoffaustrag durch landwirtschaftliche Fachberater

Gebietskulisse:

- siehe Karte 6-1

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
 - Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger
-

b) Extensivierung oder Nutzungsaufgabe grundwassernahe Flächen

betroffene Flächen:

- intensiv bewirtschaftete Flächen mit geringen Grundwasserflurabständen
- ehemalige Moorflächen

Ausweisung der Flächen:

- Flächen mit Grundwasserflurabständen < 2 m

Generell mögliche Maßnahmen:

- Nutzung als extensives Grünland
- Auflassen der Nutzung, Bildung von Sukzessionsflächen
- Aufforstung
- Beenden der Entwässerung, Anhebung der GW-Flurabstände

Gebietskulisse:

- siehe Karte 6-1

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

c) Austragsmindernde Bewirtschaftung von Flächen

betroffene Flächen/Ausweisung der Flächen:

- alle Agrarflächen im Einzugsgebiet, wenn nicht bereits extensiv bewirtschaftet
- insbesondere Gülleflächen mit Grundwasserflurabständen unter 2 m und hohen Kf-Werten des Bodens

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anbau von Untersaaten (Anbau von Gelbsenf, Ölrettich, Rübsen, Phacelia, Klee etc. mit der Hauptkultur zusammen)
- Anbau von Zwischenfrüchten (Anbau von Gelbsenf, Phacelia o. Ä. nach Ernte der Hauptfrucht)
- Reduzierung der Düngung
- Gülleverbringung: Ausbringung per Injektion oder Schleppschuh, keine Verbringung auf grundwasser- und gewässernahen Standorten
- Vermeidung von düngereintensiven Kulturen
- Beratung zur Problematik Nährstoffaustrag durch landwirtschaftliche Fachberater

Gebietskulisse:

- alle landwirtschaftlich genutzten Flächen, siehe Karte 6-1

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- ggf. Ausgleich der Ertragsausfälle durch Förderprogramme
- Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

Diffuse Einträge aus der Landwirtschaft: Einträge durch Erosion/Abschwemmung

Anlage von Gewässerrandstreifen

betroffene Flächen:

- bewirtschaftete Flächen mit hydraulischem Anschluss an den Vielitzsee und seine Zuflüsse ohne Gewässerrandstreifen

Ausweisung der Flächen:

- Flächen mit Neigung zum Gewässer hin, die im Luftbild keinen oder einen zu schmalen Randstreifen aufweisen (siehe Erosionsberechnung)

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anlage eines Randstreifens zwischen Gewässer und Wirtschaftsfläche, optimale Ausstattung mit einem Bereich mit standorttypischen Gehölzen (Erlen, Weiden) direkt am Gewässer, einem Staudenbereich und einer unbewirtschafteten Pufferzone im Übergang zur Ackerfläche (Grasfilterstreifen oder zonierter Randstreifen am Fließgewässer: mindestens 5 m), je nach Ausprägung der angrenzenden Fläche, am See: 50 m zonierter Randstreifen)
- bei stärker geeigneten Flächen: Umwandlung in Grünland oder:
 - streifenweise Einsaat von Getreide in Maisäckern (10-15m Streifenbreite)
 - Vermeidung von Mais, Rüben, Winterraps und Kartoffeln
 - Verringerung der Schlaglänge (durch Gehölz- oder Grasstreifen) in Abflussrichtung
 - Konservierende Bodenbearbeitung
 - Beratung zur Problematik Abschwemmung durch landwirtschaftliche Fachberater
 - Auflassen der Nutzung, Bildung von Sukzessionsflächen
 - Aufforstung

Gebietskulisse:

- siehe Karte 6-1, Tab. 17

Tab. 17: Länge der benötigten Gewässerrandstreifen in den Teileinzugsgebieten

Gebiet	Angeschlossene Fläche (ha)	Randstreifen beidseitig (m)	Randstreifen einseitig (m)	Extensivierung/ erosionsmindernde Bewirtschaftung angeschlossener Flächen
Vielitzsee	18	985		dringend empfohlen
Strubensee-graben	16	640	60	-
Adderlaake	18	1.270	-	-
Bäke Graben	120	2.500	80	-
Graben nördl. Grieben				

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

Diffuse Einträge aus der Landwirtschaft: Einträge durch Winderosion

Extensivierung/konservierende Bewirtschaftung durch Winderosion gefährdeter Flächen im Nordwesten des Sees

betroffene Flächen:

- Flächen in Hauptwindrichtung, die zeitweise vegetationsfrei sind

Ausweisung der Flächen:

- Ackerflächen, Boden mit Feinsandanteil oder organisch in Hauptwindrichtung, die vom See nicht durch einen höheren Gehölzstreifen abgegrenzt sind

Generell mögliche Maßnahmen:

- der Witterung entsprechende Bewirtschaftung
- (möglichst dauerhaft) konservierende Bodenbearbeitung
- Mulchsaat möglichst ohne Saatbettbereitung
- Schlagunterteilung durch Flurelemente wie Gehölzstreifen und Feldraine
- Anlage eines Gehölzstreifens mit Bäumen am Westufer des Sees (dichter Gehölzstreifen ohne Lücken, Höhe mindestens 8m (vgl. Kraus 1984 zit. in LUA 1996)
- Beratung zur Problematik Winderosion durch landwirtschaftliche Fachberater

Verortung:

- 1.900 m am Westufer des Vielitzsees
- Ackerschläge nordwestlich und westlich des Sees, auch über das Einzugsgebiet hinaus

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
 - Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme
 - ggf. Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger
-

Diffuse Einträge aus den Siedlungsgebieten

a) Dichtigkeitsprüfung der abflusslosen Sammelgruben

betroffene Gemeinden/Haushalte:

- flächendeckende Überprüfung
- eine hohe Priorität haben dabei Haushalte, deren Abwassermenge kleiner ist als die zugeführte Trinkwassermenge

generell mögliche Maßnahmen:

- Dichtigkeitsprüfung nach den anerkannten Regeln der Technik (z.B. gemäß DIN EN 1610, DIN 1986 Teil 30 oder DIN 4261 Teil1) mit turnusmäßiger Wiederholung
- ggf. stellt es eine organisatorische Erleichterung für die Bürger dar, wenn der TAV Lindow-Gransee und die Gemeinde Löwenberger Land die Dichtigkeitsprüfung als Dienstleistung anbieten

Verortung:

- alle Haushalte im Untersuchungsgebiet, die abflusslose Sammelgruben unterhalten (siehe Karte 6-1)

Voraussetzungen:

- Anordnung durch die Untere Wasserbehörde
-

b) Erstellen eines Abwasserkonzeptes für die Kleingartenparzellen

betroffene Parzellen:

- flächendeckend, eine hohe Priorität haben seenahe Siedlungen

generell mögliche Maßnahmen:

- Untersuchung des aktuellen Standards
- wenn nötig weitere Erschließung mit Anschluss der Parzellen ans öffentliche Kanalnetz oder Errichten einer zentralen Sammelgrube mit mobiler Entsorgung bzw. Einrichten abflussloser Gruben für jede Parzelle
- Dichtigkeitsprüfung vorhandener Gruben nach den anerkannten Regeln der Technik (z.B. gemäß DIN EN 1610, DIN 1986 Teil 30 oder DIN 4261 Teil1) mit turnusmäßiger Wiederholung

Verortung:

- alle Kleingarten-/Bungalowsiedlungen und Einzelparzellen (siehe Karte 6-1)

Voraussetzungen:

- Anordnung durch die Untere Wasserbehörde

c) Beratung zur Düngepraxis in Klein- und Hausgärten

betroffene Gärten:

- flächendeckend

generell mögliche Maßnahmen:

- Beratung durch Fachkundige aus Landwirtschaft/Gartenbau zum Nährstoffbedarf von Böden und Gartenkulturen (Infoveranstaltungen, individuelle Termine, auf freiwilliger Basis)

Voraussetzungen:

- Interesse der Gartenbesitzer
-

Diffuse Einträge aus Mooren

Revitalisierung gewässerbegleitender Feuchtbioptope an der Adderlaake

betroffene Flächen:

- Flächen im natürlichen Auebereich der Adderlaake, die morphologisch geeignet sind, insbesondere Gebiet „Biberstau“
- sonstige Niedermoorflächen in Geländesenken

Ausweisung der Flächen:

- als Niedermoor kartierte Flächen der Preußischen Geologischen Karte oder der Moorkarte des LUGV (LUA 2007)

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anheben der Gewässersohle der z. T. stark eingetieften Adderlaake
- Beseitigung von Verwallungen und anderen Hindernissen zwischen Gerinne und Auebereich
- Laufverlängerung durch Anlegen oder Initiieren geschwungener bzw. mäandrierender Linienführung (Krümmungsgrad etc. aus historischen Karten ableiten)
- Plombieren der die Niedermoorflächen entwässernden Gräben
- Herstellung eines möglichst natürlichen Wasserregimes in den Flächen

Aufgrund des nicht unerheblichen Freisetzungspotenzials wiedervernässter Moore gelten im Sinne des Gewässerschutzes die folgenden Grundsätze:

- Die interne Konzentration von durch die Wiedervernässung beeinflussten Seen darf sich durch die wiedervernässungsbedingte Freisetzung von TP aus dem Torf nicht um mehr als 5% erhöhen
- In den direkt vom Moor beeinflussten Vorflutern darf der Anstieg der TP-Konzentration nicht dazu führen, dass die mäßig-unbefriedigend Grenze des ökologischen Zustands gemessen an TP (siehe: Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer im Land Brandenburg gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie für den 1. Bewirtschaftungsplan; LUA 2009a) überschritten wird
- Die Wiedervernässung ist durch ein Monitoring zu begleiten (Quartalsmäßige TP-Messungen den hydrologisch beeinflussten Vorflutern und Seen)
- es besteht die Möglichkeit, durch kompensatorische Maßnahmen (andere Maßnahmen und bereits langfristig wiedervernässte Flächen) den Umfang der Wiedervernässung in dem Masse zu erhöhen, in dem durch diese Maßnahmen TP zurückgehalten wird.

Verortung:

- siehe Karte 6-2

Voraussetzungen:

- Akzeptanz gegenüber erhöhtem Wasserspiegel von Adderlaake und Grundwasser in den betroffenen und angrenzenden Flächen durch die Flächeneigentümer und -nutzer (Nutzungsaufgabe oder Extensivierung)
- Ausgleich der Ertragsausfälle für Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger
- durch detaillierte Voruntersuchungen (v.a. die Bestimmung des Fe-Gehaltes im Zuflusswasser) sollten die Auswirkungen der Wiedervernässung nicht nur auf den Wasser- sondern auch auf den Nährstoffhaushalt so weit wie möglich abgeschätzt werden

Diskussion seeinterner Maßnahmen am Vielitzsee

Entschlammung

Mit einer Entschlammung können im Vielitzsee grundsätzlich folgende Ziele angestrebt werden:

- a) eine Reduzierung der internen Last durch die Entnahme der oberen, stark nährstoffhaltigen Sedimente

Eine grundlegende Voraussetzung für eine Entschlammung und andere seeinterne Maßnahmen ist die Senkung der externen Last, wenn möglich bis zu einem Basisniveau, welches durch Sanierungsmaßnahmen in absehbarer Zeit nicht mehr unterschritten werden wird. Mit minimaler P-Fracht aus dem Einzugsgebiet wird auch die P-Sedimentation im See auf ein Mindestmaß reduziert. Zudem kommt es dann seltener zu anoxischen Verhältnissen durch starke Zehrungsprozesse an der Sedimentoberfläche.

Zeigt sich, dass das P-Bewirtschaftungsziel für das Freiwasser auf diesem Weg nicht erreicht werden kann, weil die Rücklösung nach wie vor zur Belastung des Wasserkörpers beiträgt, kann eine Entschlammung empfohlen werden.

Hierbei ist zu bedenken, dass das mächtige Sediment unter dem Wasserkörper auch in tieferen Schichten sehr phosphorreich ist und der Effekt der Rücklösung auf diese Weise wahrscheinlich nur teilweise unterbunden werden kann.

- b) Veränderung des Stoffhaushaltes durch die Umwandlung des Flachsees in einen tiefen geschichteten See

Die theoretische Epilimniontiefe beträgt für den Vielitzsee 6,40 m. Zur Initiierung einer stabilen Schichtung müsste für einen größeren Teil des Sees eine Tiefe von mehr als 8m hergestellt werden. Im entstandenen Hypolimnion würde partikulärer Phosphor sedimentieren; dieser und ggf. rückgelöster Phosphor würden während der sommerlichen Stagnation nicht ins Epilimnion gelangen und somit für die Produktion von Algenbiomasse nicht zur Verfügung stehen.

Mechanische Entschlammungen können u. U. sehr kostenintensiv sein und sind daher genau abzuwägen. Gemäß entnommenem Schlammvolumen, der Lagerung oder Entsorgung des Schlammes und der Behandlung des Spülwassers sind nach DWA (2006) Kosten zwischen unter 20 Euro und 150 Euro pro Kubikmeter Schlamm möglich. Für die Herstellung eines Hypolimnions im Vielitzsee würden Kosten in mehrstelliger Millionenhöhe entstehen.

- c) das Anlegen einer Sedimentationsrinne

Da der sehr schmale Vielitzsee eine NW-SO-Ausrichtung besitzt und sich damit längs zur Hauptwindrichtung erstreckt, stellt sich die windinduzierte, für das Füllen der Sedimentationsrinne mit Lockersediment nötige Strömung nicht in ausreichendem Maße ein.

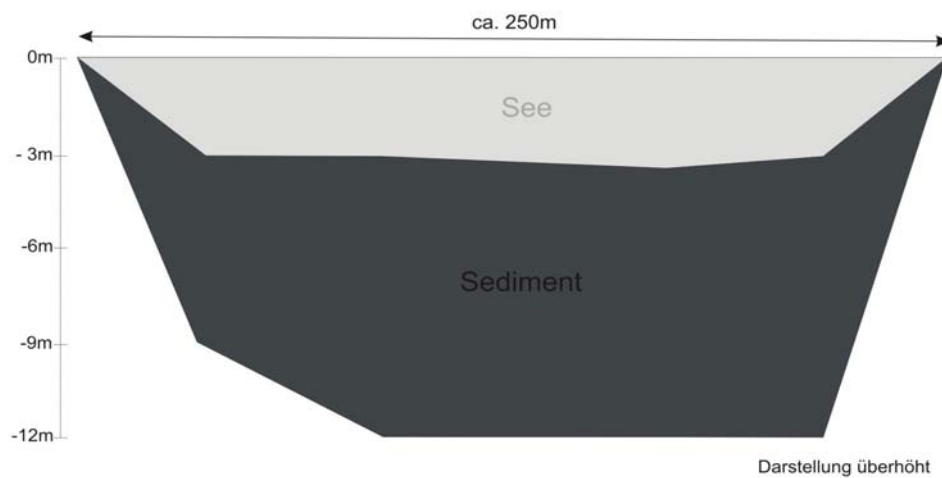


Abb. 11: Diese schematische Darstellung verdeutlicht die Mächtigkeit des Sediments im Südteil des Vielitzsees. In diesem Bereich wurde der See nicht entschlammt, der Mittelteil wurde bis auf eine Tiefe von knapp 9 m ausgebagert. Datengrundlage: WWD Oder-Havel (1986)

b) Nahrungsnetzsteuerung

Parallel zur Reduzierung der externen Phosphorlast kann eine Nahrungsnetzsteuerung („Biomanipulation“) im Vielitzsee empfohlen werden. Dabei sollte mit einer Reduzierung der Friedfische bzw. einem erhöhten Besatz mit Raubfischen der Fraßdruck auf das Zooplankton verringert werden. Durch diese Förderung des Zooplanktons, vor allem der großen, in Bezug auf das gefressene Phytoplankton weniger selektiven Arten (z.B. große Daphnien-Arten) wird das Phytoplankton zurückgedrängt.

Eine Nahrungsnetzsteuerung ist bereits zu Beginn der Sanierung im Einzugsgebiet möglich und förderlich und kann u. U. auch zu kurzfristigen Reaktionen der Sichttiefe führen.

Die praktische Durchführung einer solchen Maßnahme im Vielitzsee ist durch die Verbindung mit dem Gudelacksee erschwert, denn es ist davon auszugehen, dass eingesetzte Fische den See sukzessive über den Vielitzer Kanal verlassen. Ein Besatz wäre somit nicht nur einmalig, sondern wiederholt nötig.

4.2.7 Wirksamkeit der empfohlenen Maßnahmen

Eine genaue Quantifizierung der Auswirkungen von Maßnahmen bedarf flächenscharfer Untersuchungen und weiterer Recherchen, vor allem aber auch Daten zur Bewirtschaftung durch die landwirtschaftlichen Betriebe. Dies sollte Gegenstand von Maßnahmenvorplanungen sein. Im Rahmen des vorliegenden Konzepts wurde die Reduzierung der P-Einträge ins Gewässer durch die empfohlenen Maßnahmen überschlägig berechnet.

Verschiedene Studien und Projekte der letzten Jahre zeigen Erfolge und Misserfolge bei der Umsetzung nährstoffbezogener Maßnahmen sowie Ansätze zur Quantifizierung ihrer Auswirkungen auf den Stoffhaushalt. Die in Tab. 18 aufgeführten Ansätze wurden zur Aufstellung und Berechnung der Bewirtschaftungsszenarien für das Untersuchungsgebiet verwendet.

Tab. 18: Berechnungsansätze für die Auswirkungen der Maßnahmen und dazugehörige Quellen

Maßnahme	Austragsminderung generell	Quelle
Extensivierung von LNF	Reduzierung auf 0,05 kg/a Austrag pro Hektar	FREDE & DABBERT (1998)
Anlage von Gewässerrandstreifen (Wassererosion, Abschwemmung)	a) minus 45 % der Einträge in Fließe (5 m Streifenbreite)	LUA (1996)
	b) minus 80 % der Einträge in den See (50m Streifenbreite)	
Bodenkonservierende Bearbeitung	minus 45 % Oberbodenabtrag aus relevanten Flächen	DEUMLICH (2008)
Anlage von Gewässerrandstreifen (Winderosion)	minus 18 % der Einträge	LUA (1996)
Abdichtung Sammelgruben	minus 90 % der bisherigen Einträge	eigene Annahme
Abwasserbehandlung Kleingärten	minus 90 % der bisherigen Einträge	eigene Annahme
Revitalisierung Feuchtgebiete	a) minus 45 % der Austräge (Betrachtung rein wasserhaushaltlich)	STEIDL ET AL. (2004)
	b) Reduzierung auf 0,05 kg/a Austrag pro Hektar (langfristige gütebezogene Betrachtung)	GELBRECHT ET AL. (2003)

Berechnung der Frachtverminderung

Verminderung des Abwasserzuflusses

Unter der Annahme, dass nicht alle Undichtigkeiten beseitigt werden und damit die Austräge um 90% reduziert werden können wurden folgende Frachtverminderungen berechnet:

Sanierung undichter Sammelgruben:	33 kg/a
Geregelte Abwasserkonzepte für Kleingärten/Bungalowsiedlungen:	23 kg/a

Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzfläche

Insgesamt finden sich in der Literatur nur wenige auf das Untersuchungsgebiet übertragbare Angaben zum Umfang der P-Auswaschung ins Grundwasser bei veränderter Bewirtschaftung. Daher wurde lediglich die Reduzierung der Austräge nach Extensivierung im Sinne einer Nutzungsaufgabe oder Sukzession berechnet. Hierzu wurde die Differenz zwischen den Austragsraten der LNF (0,2 bis 0,5 kg/ha/a) und denen ungenutzter Flächen (0,05 kg/ha/a) der Austragsminderung gleichgesetzt. Durch Extensivierung kann die ausgetragene Fracht in folgendem Umfang vermindert werden:

für grundwasser- und gewässernahe Flächen:	224 kg/a
für die gesamte LNF:	333 kg/a

Anlage von Gewässerrandstreifen

Nach LUA (1996) kann die Rückhaltefunktion der Randstreifen sehr unterschiedlich sein. Für eine Randstreifenbreite von 5 m wird die Verringerung der Phosphatkonzentrationen des Oberflächenabflusses mit ca. 45 %, für eine Randstreifenbreite von 10 m mit 60 % und für eine Randstreifenbreite von 50 m Breite mit 80 % angegeben.

Die Einträge in die Gewässer des Untersuchungsgebietes verringern sich demnach folgendermaßen:

- mit 5 m breiten Streifen an betroffenen Fließgewässerabschnitten:	7 kg/a
- mit 10 m breiten Streifen an betroffenen Fließgewässerabschnitten:	10 kg/a
- mit 50 m breiten Streifen am Seeufer:	14 kg/a

Bodenkonservierende Bearbeitung

Mit einer Reduzierung des Bodenabtrages um 45 % wurde folgende Verminderung des P-Austrages für abtragsrelevante Flächen im Vielitzsee-EZG berechnet:

für Flächen am Vielitzsee:	9 kg/a
für Flächen an Fließgewässern:	6 kg/a

Wiedervernässung

GELBRECHT ET AL. (2003) geben an, dass, unter der Voraussetzung, dass das molare Fe(II):P-Verhältnis > 3 ist, die P-Konzentration des aus dem Moor ablaufenden Wassers bei 0,02 bis 0,03 mg/l, also auf Höhe des geogenen Hintergrundes, liegt.

Für das zeitweise wiedervernässte Niedermoor an der Adderlaake würde aufgrund fehlender Remobilisierung kein erhöhter Austrag mehr erfolgen, dieser läge also auf Höhe des potenziellen natürlichen Austrags (0,05 kg TP/ha/a).

Als Betrag der Frachtreduzierung gingen hier demnach 49 kg/a ein.

4.2.8 Auswirkungen einer verminderten Phosphorlast auf den See

Das Einbox-Modell SIMPL (SCHAUSER ET AL. 2003), bietet als einfaches P-Bilanzmodell die Möglichkeit, das Verhalten des Sees anhand der mittleren TP-Konzentration im Freiwasser abzuschätzen. In das Modell gehen neben verschiedenen Kenngrößen zu See und Einzugsgebiet eine seeinterne TP-Start-Konzentration, die mittlere Konzentration von Phosphor im Zufluss und die zuflussunabhängige externe Phosphorlast ein.

Für den Vielitzsee wurde simuliert, wie sich eine Verringerung der externen Belastung unter verschiedenen Rahmenbedingungen über die einzelnen Eintragspfade auf den See auswirkt. Dazu wurden mit verschiedenen Kombinationen der zu empfehlenden Maßnahmen 6 Bewirtschaftungsszenarien aufgestellt, die Lastreduzierung berechnet und das Verhalten der seeinternen P-Konzentration des Sees simuliert. Seeinterne Maßnahmen wurden nicht berücksichtigt, da sie vor erfolgter Sanierung des Einzugsgebietes nicht sinnvoll sind.

Tab. 19 beschreibt die verschiedenen Szenarien, in welche die in Kap. 4.2.6 genannten Maßnahmen einbezogen wurden, Tab. 20 stellt den Umfang der Frachtreduzierung für die einzelnen Szenarien dar und zeigt die Verminderung relativ zum Gesamteintrag in den Vielitzsee. Die aus den Szenarien resultierenden seeinternen P-Konzentrationen entstammen der Berechnung mit SIMPL, deren langfristige Entwicklung ist in Abb. 12 dargestellt.

Tab. 19: Beschreibung der in SIMPL verwendeten Szenarien mit Angaben zur generellen Umsetzbarkeit (+++ sehr gut, ++ gut, + mäßig, - schlecht/unrealistisch, ? keine Aussage möglich)

Szenario	Beschreibung	Umsetzbarkeit
S1	Beibehaltung des Status Quo	
S2	kein Abwasserzufluss aus Siedlungen und Kleingärten, Erosionsschutz	+++
S3	kein Abwasserzufluss Siedlungen und Kleingärten, Erosionsschutz, kontrollierte Vernässung des Feuchtgebietes an der Adderlaake	+++
S4	kein Abwasserzufluss aus Siedlungen und Kleingärten, Erosionsschutz, kontrollierte Vernässung des Feuchtgebietes an der Adderlaake, Extensivierung der grundwasser- und gewässernahen LNF	?
S5	kein Abwasserzufluss aus Siedlungen und Kleingärten, Erosionsschutz, kontrollierte Vernässung des Feuchtgebietes an der Adderlaake, Extensivierung der grundwasser- und gewässernahen LNF, Extensivierung von 50% der restlichen LNF	?
S6	kein Abwasserzufluss aus Siedlungen und Kleingärten, Erosionsschutz, kontrollierte Vernässung des Feuchtgebietes an der Adderlaake, Extensivierung der grundwasser- und gewässernahen LNF, Extensivierung der gesamten restlichen LNF, verminderte Rücklösung	-

Tab. 20: Frachtreduzierung durch verschiedene Maßnahmenkombinationen in den Szenarien 1 (Ist-Zustand) bis 6 (Maximalvariante). Die Wiedervernässung der in der Aue der Adderlaake befindlichen Niedermoore wurde hier aufgrund der geringen Auswirkung auf die Gesamtfracht vernachlässigt

Frachtreduzierung um (kg/a)	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
Erosion	34	12,4	12,4	0	0	0
Abwasser aus undichten Gruben	37	3,7	3,7	3,7	3,7	0
Abwasser Kleingärten	25	2,5	2,5	2,5	2,5	0
Rücklösung	193	193	193	193	193	138
Moorgebiet	49	49	0	0	0	0
Atm. Deposition	32	32	32	32	32	32
Auswaschung	333	333	333	178	124	69
<i>davon Acker (Niedermoor)</i>	17	17	17	0	0	0
<i>Grünland (Niedermoor)</i>	36	36	36	0	0	0
<i>Acker (mineralisch)</i>	199	199	199	109	55	0
<i>Grünland (mineralisch)</i>	12	12	12	0	0	0
<i>potenziell natürlich</i>	69	69	69	69	69	69
Gesamtfracht (kg/a)	703	626	577	409	355	239
TP seeintern (mg/l)	95	84	78	55	48	37

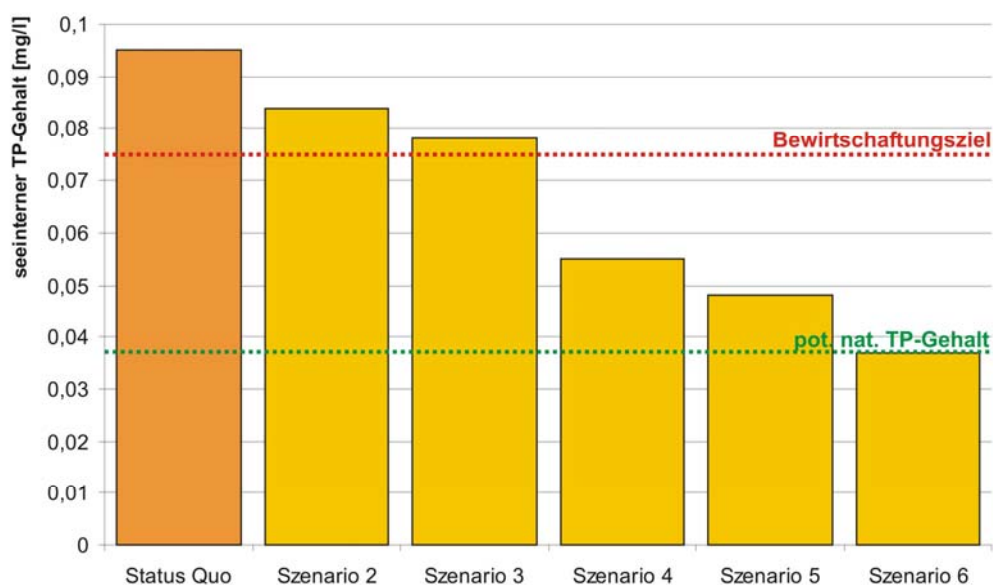


Abb. 12: Ergebnisse der Simulation der Szenarien im Einbox-Modell SIMPL (SCHAUSER et al. 2003), zur Gestaltung der Szenarien siehe Tab. 19

Verbleiben die dem See zugeführten Frachten auf dem derzeitigen Niveau, wird sich auch die TP-Konzentration im Seewasser nicht verringern und der See würde nach wie vor als polytroph eingestuft werden.

Bereits weniger umfangreiche Maßnahmen bewirken eine Veränderung der Konzentration im See. Mit der Abdichtung von Sammelgruben, einer geregelten Abwasserentsorgung aus Kleingärten und Bungalowsiedlungen sowie einem wirksamen Erosionsschutz (Szenario 2) kann beispielsweise bereits eine mittlere TP-Konzentration von 0,084 mg/l erreicht werden, wird die P-Befruchtung durch den Zufluss aus dem Moorgebiet minimiert, sind auch weniger als 0,08 mg/l TP möglich. Der See wäre somit einem eutrophen Zustand (e2).

Das Bewirtschaftungsziel nach EU-WRRL von 0,075 mg/l kann damit noch nicht sicher erreicht werden. In diesen Bereich kann der See gelangen, wenn zusätzlich LNF extensiv bewirtschaftet oder die Nutzung aufgelassen wird. In Szenario 4 wurde die Frachtreduzierung durch Extensivierung der gewässer- und grundwassernaher LNF berechnet. Dies betrifft 1.000 ha Acker und 300 ha Grünland. Dies hat einen deutlich sichtbaren Effekt, das Jahresmittel für TP würde sich bei 0,055 mg/l einpegeln und das Bewirtschaftungsziel wäre bereits weit unterschritten. Die Extensivierung einer so großen Fläche ist sicherlich unmöglich, eine Kombination aus unterbundenem Abwasserzufluss, Erosionsschutz und Extensivierung in geringerem Umfang sollte jedoch mittelfristig umsetzbar sein und zum Erreichen des Bewirtschaftungsziels führen.

Mit der Simulation potenzieller natürlicher Bedingungen in S6 (die Umsetzung eines solchen Szenarios ist natürlich unrealistisch) würde der See in einen eutrophen Zustand (e1) versetzt werden, hier wären 37 mg/l das TP-Jahresmittel.

Bei der Durchführung fast aller Maßnahmen sind Akzeptanz und Mitwirkung der Flächeneigentümer und -nutzer grundlegend. Je größer der Umfang der beanspruchten Flächen ist, desto schwieriger gestaltet sich die Umsetzung, aufgrund der wachsenden Nutzungsansprüche und der Zahl der Akteure.

4.2.9 Prognosen zur Zielerreichung

Der Vielitzsee soll bis spätestens 2027 in einen guten ökologischen Zustand überführt werden. Da Phosphor eine signifikante Einflussgröße für die biologischen Qualitätskomponenten (Phytoplankton, Makrophyten, Diatomeen) darstellt, ist zunächst das Erreichen des TP-Orientierungswertes von 0,075 mg/l für den ersten Bewirtschaftungszeitraum wichtig. Mit dieser Konzentration ist eine 50prozentige Wahrscheinlichkeit gegeben, dass die biologischen Qualitätskomponenten mit gut oder besser bewertet werden (vgl. LUA 2009).

Anhand der Simulation konnte gezeigt werden, dass eine Senkung des seeinternen Phosphorgehaltes durch eine Lastreduzierung aus dem Einzugsgebiet möglich ist.

Anders als im Zuge der Eutrophierung kann die Anpassungszeit biologischer Parameter an eine reduzierte externe Phosphorlast jedoch Jahre bis Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Oft tritt eine deutliche Reduzierung der Phytoplanktonentwicklung erst bei TP-Konzentrationen unter 40 µg/l ein (vgl. CHORUS 1995). Regionale Beispiele wie der Seddiner See südlich von Potsdam (laG GmbH 2011) zeigen, dass auch bei TP-Jahresmitteln von weniger als 0,02 mg/l eine zeitnahe Reaktion des Phytoplanktons ausbleiben kann und Blaualgenarten dominieren. Eine konkrete Prognose der Entwicklung der biologischen Parameter kann daher nicht gegeben werden.

Wahrscheinlich ist, dass die nötige Verbesserung des ökologischen Zustands um 3 Klassen mehr Zeit in Anspruch nimmt, als für den ersten Bewirtschaftungszeitraum vorgesehen ist. Neben der nicht abschätzbaren Reaktion der biologischen Parameter sind dafür auch folgende Punkte ausschlaggebend:

- Maßnahmen mit Bezug zum Grundwasser wirken aufgrund langer Transportwege des Wassers zum See erst nach längerer Zeit

- die Aushagerung von See und Sedimenten durch externe Ansätze steht im Vordergrund, kann jedoch nicht kurzfristig und durch eine gezielte Maßnahme, sondern nur durch die Summe verschiedener Maßnahmen erreicht werden; seeinterne Maßnahmen sollten erst nach erfolgter Sanierung des Einzugsgebietes durchgeführt werden
- die Entnahme der belasteten Sedimente würde u. a. aufgrund ihrer Mächtigkeit unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen

Zur Beobachtung der Entwicklung im Einzugsgebiet wird ab 2012 ein Messpunkt in der Adderlaake vor Mündung in den Vielitzsee als Teil des operativen Gütemessnetzes der Oberflächengewässer eingerichtet und regelmäßig untersucht.

4.3 Temnitz und Landwehrgraben Kränzlin

4.3.1 Gewässer und Einzugsgebiet

Die Temnitz entspringt nördlich der Ortschaft Netzeband und mündet nach rund 40 Fließkilometern bei Zootzen in den Rhin. Vor der Mündung erreicht das Gewässer eine Breite von über 5 m.

Die Temnitz ist den Gewässertypen 11 und 12 „organisch geprägter Bach/Fluss“ zuzuordnen, die Talaue des Flusses ist auf einem Dreiviertel der Lauflänge vermoort.

In seiner potenziellen natürlichen morphologischen Ausprägung hat das Gewässer einen überwiegend mäandrierenden Lauf. Die Gewässermorphologie der Temnitz kann heute nur noch in einem relativ kurzen Abschnitt unterhalb der Quelle als unbeeinflusst eingestuft werden, im restlichen Verlauf ist die Gewässerstruktur stark bis sehr stark verändert (Gewässerstrukturkartierung (LUA 2002)).

Die Zuflüsse zur Temnitz sind überwiegend künstlich angelegte Gräben. Insgesamt fließen der Temnitz 11 Gewässer mit einem Einzugsgebiet von jeweils über 10 km² zu.

Südlich von Paalzow mündet der Landwehrgraben Kränzlin in die Temnitz. Dieses rund 22 km lange Fließgewässer wird als künstlich eingestuft. Der Landwehrgraben beginnt u.h. des 54 ha großen Katerbower Sees und nimmt zahlreiche kleine Zuflüsse (v.a. Entwässerungsgräben) auf.

Das oberirdische Einzugsgebiet der Temnitz umfasst rund 363 km². Der nördliche Teil ist überwiegend bewaldet, nach Süden nimmt die landwirtschaftliche Nutzung zu, wobei die mineralischen Standorte größtenteils als Acker genutzt werden, die Niedermoorbereiche überwiegend als Grünland (Abb. 13). Im Jahr 2009 wurden 62% der Gesamtfläche landwirtschaftlich genutzt (rund 47% der Fläche als Ackerflächen), Wälder nehmen rund 24 %, Wiesen und Staudenfluren rund 7 % ein.

Im Einzugsgebiet befinden sich 7 kommunale Kläranlagen unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Ausbaugrades. Alle Kläranlagen behandeln häusliches und gewerbliches Abwasser aus Trennkanalisation, d.h. auf keiner der Anlagen wird Niederschlagswasser mitbehandelt. Mit weniger als 1000 angeschlossenen Einwohnern sind 5 der 7 Anlagen recht klein (Größenklasse 1 für 100 bis 1000 Einwohner). Wenn diese über eine Nährstoffelimination verfügen, dann nur für Stickstoff.

4.3.2 Aktueller Zustand und Bewirtschaftungsziele

Für die Temnitz liegen Ergebnisse langjähriger Güteuntersuchungen vor (vgl. Tab. 21). Seit 1993 zeigte das Gewässer an der Messstelle Wildberg lediglich in 2 Jahren TP-Mittelwerte kleiner 0,1 mg/l.

Das TP- Bewirtschaftungsziel für die Temnitz, welches bei 0,08 mg/l liegt, wurde bisher nur im Jahr 1995 erreicht. Vor Beginn des investigativen Monitorings im Jahr 2008 wurde eine mittlere TP-Konzentration von 0,153 mg/l bestimmt. Zudem ist der Trend bei den TP-Konzentrationen eindeutig steigend, so dass eine Zielerreichung derzeit unwahrscheinlich ist.

Eine fallende Tendenz zeigt sich bei den TN-Konzentrationen. Hier liegen einige Jahresmittelwerte zwar über dem Bewirtschaftungsziel von 2,184 mg/l, diese Überschreitungen sind jedoch nicht erheblich und der größere Teil der Mittelwerte liegt unterhalb des BWZ. Die Bewertung von Temnitz und Zuläufen gemäß EU-WRRRL gestaltet sich derzeit wie in Tab. 22 dargestellt. Tab. 23 zeigt kritische P- und N-Frachten für die untersuchten Messstellen.

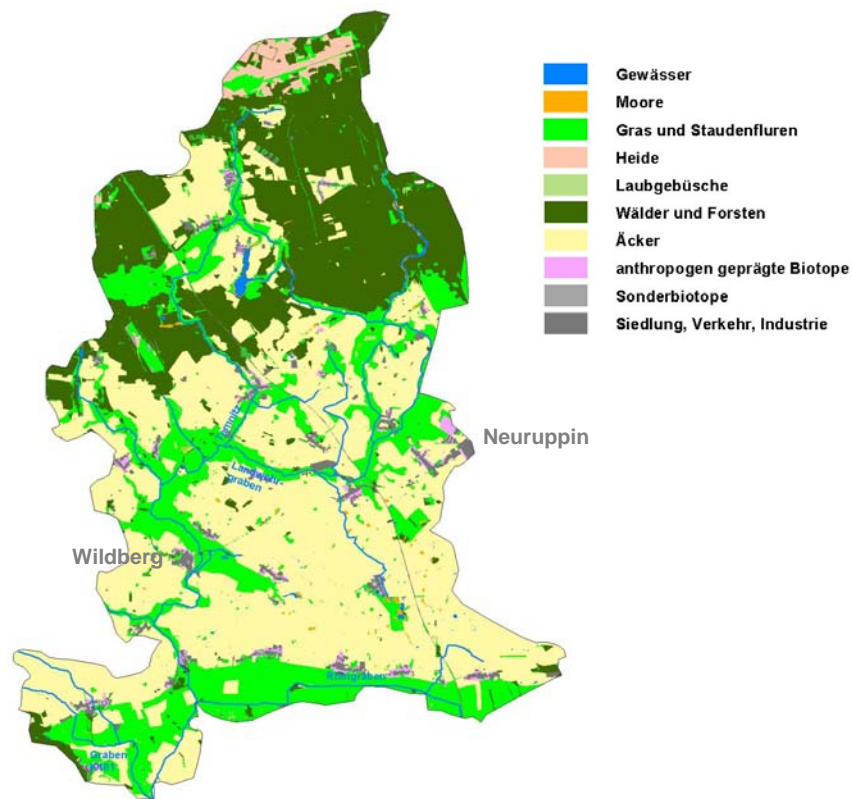


Abb. 13: Einzugsgebiet der Temnitz mit Landnutzung (Quelle: CIR-Biotopkartierung): Deutlich sichtbar ist die Veränderung von einer durch Wald dominierten Landnutzung im Oberlauf zu einer stark landwirtschaftlich geprägten an Mittel- und Unterlauf

Tab. 21: TP-Jahresmittel an der Messstelle 0020 bei Wildberg. (*Mittelwerte wurden aus weniger als 12 Einzelwerten berechnet)

Untersuchungsjahr	TP	TN
1993	0,096	
1994	0,120	
1995	0,078	
1996	0,085*	
1997	0,124	
1998	0,126	2,52*
1999	0,146	2,70
2000	0,117	2,18
2001	0,118	1,92*
2002	0,130	3,11*
2003	0,144	2,18
2004	0,141	1,64*
2005	0,122	
2006	0,189	
2007	0,149	
2008	0,153	

Tab. 22: Einstufungen gemäß EU-WRRL für die Komponenten TP, TN, Diatomeen und die Gesamtbewertung als ökologische Zustandsklasse

Gewässer	Ökologische Zustandsklasse	Bewertung TP	Bewertung TN	Bewertung Diatomeen
Temnitz	unbefriedigend	mäßig	gut bis mäßig	mäßig
Landwehrgraben	schlecht	schlecht	schlecht	-
Graben K101	mäßig	mäßig	mäßig	-

Tab. 23: Vergleich gemessener mit den gemäß Bewirtschaftungsziel angestrebten Frachten (Frachten des Bewirtschaftungsziels berechnet mit den Abflüssen für das Jahr 2009/2010)

Messstelle	TEMN_13	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	K101
TP Messung (kg/a)	206	803	3.914	4.854	5.225	6.277	295
TP gemäß Bewirtschaftungsziel (kg/a)	239	375	2.023	2.734	3.140	563	139
TN Messung (kg/a)	3.270	7.684	68.310	95.997	83.493	19.872	6.713
TN gemäß Bewirtschaftungsziel (kg/a)	6.529	10.249	55.224	74.646	85.721	15.359	3.788

4.3.3 Investigatives Monitoring: Untersuchungsumfang und Ergebnisse

Im Einzugsgebiet der Temnitz wurden ausschließlich Fließgewässer untersucht. An der Temnitz direkt wurden 10 Messstellen eingerichtet, an denen der Durchfluss bestimmt wurde, es wurden an 8 Messstellen Probenahmen durchgeführt und die Nährstoffsituation erfasst. Am Landwehrgraben wurden 11 Messstellen eingerichtet, 2 weitere Messstellen befanden sich an der Mündung des Grabens K101 und an der Mündung des Rhingrabens in die Temnitz. Durchflussmessungen und Probenahmen wurden 14tägig durchgeführt. Die Messstellen zeigt Karte 2, Einzelwerte sind im Diagramm in den Abb. A-2 bis A-6 im Anhang dargestellt.

Temnitz

Phosphor

Am Oberlauf der Temnitz an der Messstelle (Mst.) 13 tritt der geringste Wert von 0,069 mg/l TP im Jahresmittel auf. Die Einzelwerte schwanken nur geringfügig unterhalb 0,08 mg/l, nur an einem Termin wurden 0,1 mg/l gemessen. Hier liegt der P-Gehalt nahezu ganzjährig unter dem Bewirtschaftungsziel.

Mit zunehmendem Abstand zur Quelle nehmen Schwankungen und Mittelwerte zu. An Mst. 32 vor Einmündung des Landwehrgrabens führt die Temnitz im Mittel 0,17 mg/l TP, dies trifft auch für Mst. 39 nach der Einmündung des Landwehrgrabens zu. Die hohen TP-Werte, die im Landwehrgraben zumindest zwischen Juli und Oktober gemessen wurden (s.u.) zeigen sich in der Temnitz nicht.

Ein deutlicher Anstieg der TP-Gehalte zeigt sich nach den Zuflüssen der Kläranlagen Kerzlin und Wildberg. An Mst. 10 unterhalb der Einleitungen liegt das TP-Jahresmittel bei 0,313 mg/l, der Maximalwert erreicht 1,84 mg/l. Die gemessenen Werte schwanken deutlich, sie zeigen im Jahresverlauf kein bestimmtes Muster.

Stickstoff

Der Gesamtstickstoff zeigt generell Minima im Spätsommer, im Winter treten erwartungsgemäß höhere Werte auf.

Der Oberlauf zeigt an Mst. 13 TN-Gehalte zwischen 0,79 und 2,2 mg/l. Im Durchschnitt liegen die TN-Gehalten hier bei 1,09 mg/l. Mit durchschnittlichen Ammoniumwerten von 0,034 mg/l und Nitratwerten von 0,73 mg/l scheint der Oberlauf der Temnitz relativ unbelastet zu sein.

In Richtung der Mündung steigen die TN-Mittelwerte an bis maximal 2,60 mg/l an Messstelle 10, an Mst. 8 beträgt der Mittelwert 1,96 mg/l. Während die Mittelwerte im moderaten Bereich verbleiben, treten z.T. verhältnismäßig hohe Maxima auf. Besonders hohe Nitratgehalte zeigen sich nach Zufluss des Landwehrgrabens (Mst. 39), oberhalb treten niedrigere Werte auf. Nach den Einflüssen der Kläranlagen Wildberg und Kerzlin werden bei Mst. 10 zweitweise TN-Werte von bis zu 6,7 mg/l erreicht. Ammonium ist hier kaum erhöht, vielmehr zeigt sich, dass der Nitratanteil an den TN-Spitzenwerten sehr hoch ist. Hohe TN- und Nitratwerte setzen sich meist sichtbar bis zur Mündung fort.

Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten

Die Durchflusshöhen der Temnitz zeigten 2009/2010 einen für das norddeutsche Tiefland typischen Verlauf: Maxima traten im Winter auf, ab dem Frühjahr zeigten sich abnehmende Durchflüsse.

Unterhalb der Quelle an Messstelle 13 wurde 2009/10 ein mittlerer Durchfluss von rund 95 l/s gemessen, vor der Mündung in den Rhin beträgt der Durchfluss im Mittel rund 1,25 m³/s. Die Messstelle 39 nach Einmündung des Landwehrgrabens und zweier anderer rechtsseitiger Zuflüsse zeigt eine starke Durchflusserhöhung.

Je nachdem, wie der Gerinnequerschnitt an der Messstelle beschaffen war, konnten in den Wintermonaten messbare Abflüsse verzeichnet werden. An mehreren Messstellen waren Temnitz und Gräben im Winter jedoch bis zum Grund durchgefroren.

Landwehrgraben

Auffällig beim Landwehrgraben ist die sehr hohe Belastung sowohl mit Phosphor als auch mit Stickstoff, welche von der ersten Messstelle an (Mst. 15) bis zur Mündung in die Temnitz auftreten.

Beim TP zeigen die Mst. 15 bis 34 sehr hohe Maximalwerte, wobei die Mst. 15 durchgängig hohe Werte zwischen 0,27 bis 0,99 mg/l aufweist. Nach Mst. 17 befinden sich die Werte größtenteils unter 0,2 mg/l und nehmen langsam zur Mündung hin ab. Nach Einmündung des Kläranlagenzulaufs Werder treten an Mst. 16 sehr hohe Maximalwerte auf. Die TP-Gehalte schwanken zwischen 0,22 und 13,7 mg/l.

Tab. 24: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und Jahresfrachten an den Messstellen der Temnitz 2009/2010. Die Messstellen sind vom Oberlauf zur Mündung geordnet.

Messstelle	13	12	32	29	39	28	10	11	9	8
Q (l/s)	94,8	166,6	148,8	310,8	801,8	986,5	449,3	883,2	1083,8	1244,6
TP (mg/l)	0,069	0,106	0,171	-	0,170	-	0,313	0,166	0,159	0,136
TN (mg/l)	1,09	1,93	1,64	-	2,21	-	2,60	2,29	2,24	1,96
TP (kg/a)	206	-	443	-	3.914	-	-	-	4.854	5.225
TN (kg/a)	3.270	-	7.684	-	68.310	-	-	-	95.997	83.493

Der Parameter Stickstoff verhält sich ähnlich wie der Phosphor. Die Mst. 15 bis 34 zeigen insgesamt hohe Werte bis 6,7 mg/l. Im folgenden Verlauf verbleiben hohe Maximalwerte, insgesamt nimmt das Belastungsniveau jedoch ab. Erst nach Einmündung der Kläranlage steigen die Werte wieder an. Der Zusammenhang mit dem Kläranlagenzulauf ergibt sich aus dem Vergleich der Messstellen 16 und 38; im Mittel wird an Mst. 16 das Dreifache des TN-Wertes der Mst. 38 erreicht, im Sommer 2009 trat hier zeitweise der 15- bis 19fache TN-Gehalt auf.

Vor der Mündung in die Temnitz treten im Landwehrgraben mit einem Jahresmittel von 4,05 mg/l relativ hohe TN-Werte auf.

Der mittlere Durchfluss im Landwehrgraben beträgt an dessen Mündung in die Temnitz rund 220 l/s. An der Einmündung wird der Rückstau eines in der Temnitz befindlichen Wehres wirksam. Zwischen Messstelle 15 und der Mündung gab es mehrere Messstellen, an denen vor allem im Sommer kein Abfluss gemessen werden konnte. Nicht erklärbar ist die hohe Differenz zwischen dem Abfluss an Messstelle 35 und der oberhalb sowie unterhalb gelegenen Messstelle.

Tab. 25: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und Jahresfrachten an ausgewählten Messstellen des Landwehrgrabens 2009/2010.

Messstelle	17	35	38	30
Q (l/s)	172	418	188	223
TP (mg/l)	0,132	0,134	0,177	0,414
TN (mg/l)	2,05	1,72	1,88	2,91
TP (kg/a)	878	1.570	947	6.277
TN (kg/a)	15.766	31.126	14.595	19.872

Zuflüsse Rhingraben und Graben K 101

Der Rhingraben zeigt an der Messstelle vor Mündung in die Temnitz mit einem TP-Jahresmittel von 0,071 mg/l und einem TN-Jahresmittel von 1,21 Nährstoffgehalte unterhalb des Bewirtschaftungsziels. Die Maximalwerte liegen bei 0,15 mg/l TP und 4,4 mg/l TN. Graben K 101 weist höhere Werte auf: das Jahresmittel für TP betrug 2009/10 0,158 mg/l, es wurden maximal 0,3 mg/l erreicht. TN lag im Mittel bei 3,54 mg/l, wobei ein Maximalwert von 11 mg/l gemessen wurde.

Tab. 26: Jahresmittel der Abflüsse sowie der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen und Jahresfrachten am Gebietsauslass von Rhingraben und Graben K101

Messstelle	RHGR_27	K101_7
Q (l/s)	255	55
TP (mg/l)	0,071	0,158
TN (mg/l)	1,21	3,54
TP (kg/a)	576	295
TN (kg/a)	10.445	6.429

Nährstoffkonzentrationen im Grundwasser

Für das betrachtete Gebiet konnten Messungen von drei Gütepegeln des Landesmessnetzes sowie Daten mehrerer Wasserwerke ausgewertet werden. Tab. A-1 im Anhang gibt eine Übersicht über die aufgefundenen o-PO₄-P-Gehalte sowie die Nitrat- und Gesamtstickstoffgehalte an den Pegeln, in Karte 5 sind die Standorte der betreffenden Pegel und Wasserwerke verzeichnet.

Insgesamt weisen die Wässer keine außergewöhnlich hohen Nährstoffgehalte auf, die Werte liegen meist weit unter denen der Oberflächengewässer und das Mittel aller zwischen 1998 und 2010 gemessenen o-PO₄-P-Werte liegt bei 0,086 mg/l. Es traten jedoch auch einzelne erhöhte Werte auf.

Phosphor

Auffällig bzgl. ortho-Phosphat-P ist das Wasserwerk Buskow. Die Konzentrationen an Brunnen 2 schwanken stark zwischen sehr niedrigen (minimal 0,012 mg/l) und relativ hohen Werten (maximal 0,26 mg/l). Brunnen 1 weist 0,11 mg/l ortho-Phosphat-P auf.

In Brunnen 1 des WW Frankendorf (GWLK I) wurden 2004 0,09 mg/l ortho-Phosphat-P gemessen, im Brunnen 2 im Jahr 2005 0,022 mg/l, weitere Analyseergebnisse liegen mit Angaben <0,6 mg/l vor.

Das Reinwasser des WW Küdow-Lüchfeld zeigt 1998 und 1999 mit 0,01 und 0,02 mg/l sehr niedrige ortho-Phosphat-P-Werte, auch im Wasser des WW Dabergotz werden 0,04 mg/l nicht überschritten. Hohe Konzentrationen wurden in Netzeband (0,16 mg/l) und in Walsleben (0,100 mg/l) im Reinwasser vorgefunden.

Stickstoff

Während der UP Darritz unauffällige Nitratgehalte aufweist, zeigen sich beim OP erhöhte Werte über 9 mg/l (1999, 2002, 2003). Extrem hohe Nitratgehalte hat das Grundwasser am Gütepegel Lögow, hier liegt das Mittel aller seit 1998 gemessenen Werte bei 107 mg/l, es werden maximal 236 mg/l erreicht (2005).

Die Proben der Wasserwerke Frankendorf und Walsleben zeigen überwiegend Nitratgehalte unter 1 mg/l und nur vereinzelt erhöhte Werte bis maximal 4,6 mg/l (im Brunnen Frankendorf 2 im November 1999).

4.3.4 Nährstofffrachten und Nährstoffbilanz

Methodische Anmerkungen

Zur Erstellung von Phosphor- und Stickstoffbilanzen und zur Ermittlung von Belastungsquellen und deren Ursachen wurde die Temnitz in fünf Abschnitte unterteilt und diesen Abschnitten Teileinzugsgebiete zugeordnet. An mehreren für die Teileinzugsgebiete repräsentativen Messstellen wurden die Nährstofffrachten verglichen. Abb. 14 zeigt die Unterteilung des Einzugsgebiets mit den zugeordneten Messstellen.

Auf Basis der Monitoringergebnisse wurden an den o.g. Bilanzpunkten TP- und TN-Jahresfrachten für das Untersuchungsjahr 2009/2010 berechnet. Nach Prüfung relevanter punktueller und diffuser Nährstoffquellen wurde zur Einschätzung der Belastungssituation eine Phosphor- und Stickstoffbilanz aufgestellt.

In Tab. 28 sind alle Nährstoffquellen bzw. -pfade für das Einzugsgebiet aufgeführt. Einige Quellen wurden für das Einzugsgebiet als nicht relevant eingeschätzt. Dazu gehören industrielle Direkteinleiter oder bewirtschaftete Teiche mit Anschluss an das betrachtete Gewässernetz. Auch Kleingartensparten und Feriensiedlungen sind in relevanter Größe im Gebiet nicht aufzufinden. Des Weiteren wurden Einträge aus fischereilicher Nutzung, durch Wasservögel und aus dem Uferbereich als vernachlässigbar eingestuft.

Nicht berücksichtigt wurden aufgrund der nicht möglichen Quantifizierung Nährstoffausträge aus Altlastenstandorten und aus Dränagen.

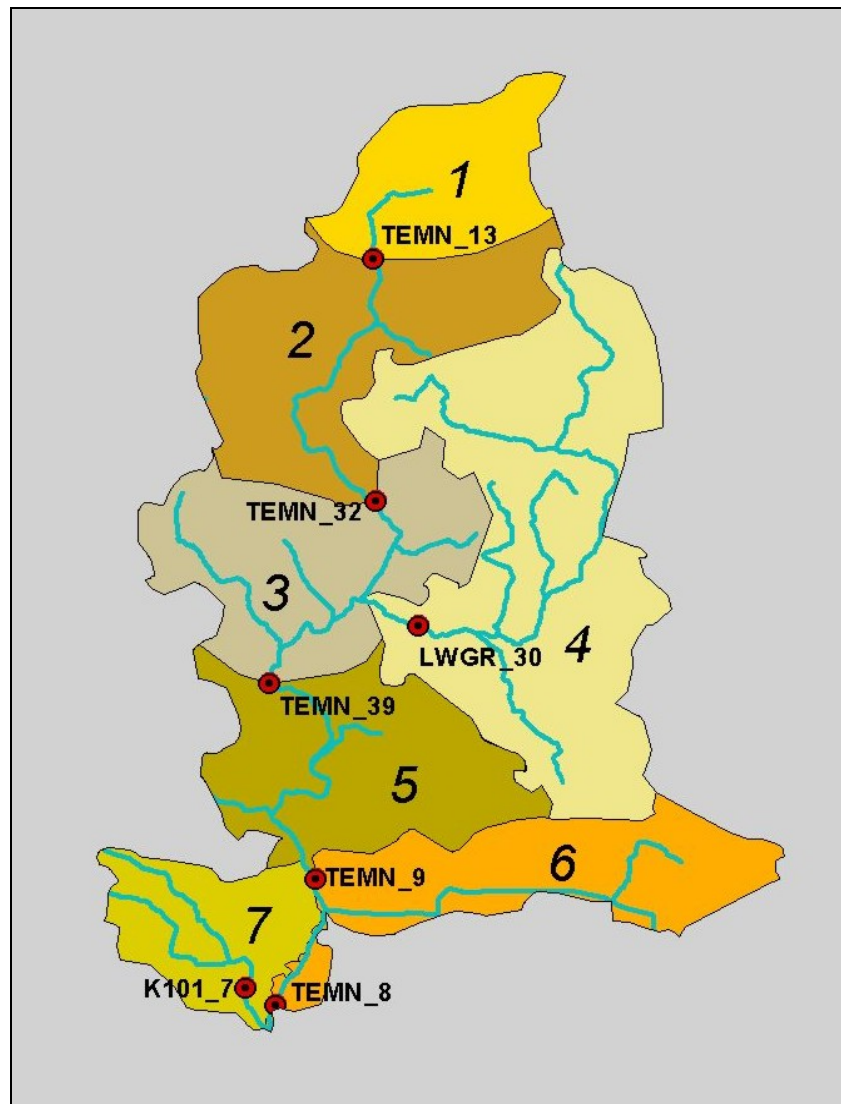


Abb. 14: Teileinzugsgebiete zur Bilanzierung mit den zugehörigen Messstellen (rote Punkte). Eine detaillierte Darstellung zeigen die Karten 1 und 2.

Tab. 27: Teileinzugsgebiete mit zugehörigen Abschnitten ergänzend zu Abb. 14

TEZG	Messstelle für Bilanz	Abschnitt (jeweils mit Zuflüssen)	Anmerkungen
1	TEMN_13	Quelle bis Messstelle _13	
2	TEMN_32	Messstelle _13 bis _32	
3	TEMN_39	Messstelle _32 bis _39	ohne TEZG Landwehrgraben
4	LWGR_30	gesamter Landwehrgraben	
5	TEMN_9	Messstelle _39 bis _9	
6	TEMN_8	Messstelle _9 bis _8 Mündung)	
7	GRK101_7	Gesamter Graben K101	Mündung uh. TEMN_8

Tab. 28: Relevante Nährstoffquellen im Einzugsgebiet und die Zuordnung zu den verschiedenen Eintragspfaden

	Nährstoffquelle	Eintragspfad	Berücksichtigung
Punktquellen	Kommunale Kläranlagenzuläufe	Direkter Eintrag	ja
	Niederschlagswassereinleitungen	Direkter Eintrag	über Abschwemmung
	Zuläufe aus Dränagen	Direkter Eintrag	nein
Diffuse Quellen	Abwässer aus undichten Sammelgruben und Kleinkläranlagen	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Abwässer aus Kleingarten-/Bungalowanlagen	Grundwasser, Zwischenabfluss	nicht relevant
	Zufluss aus Zwischenabfluss und Grundwasserzufluss	Grundwasser, Zwischenabfluss	ja
	Wiedervernässte Niedermoore	Grundwasser, Zwischenabfluss	nicht relevant
	Sonderstandorte, Altlastenstandorte	Grundwasser, Zwischenabfluss	nein
	Erosion von landwirtschaftlich genutzten Flächen	Oberflächenabfluss	ja
	Abschwemmung von versiegelten Flächen	Oberflächenabfluss	ja
	Atmosphärische Deposition	Direkter Eintrag	ja
	Einträge durch Wasservögel	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Einträge aus Seeuferbereichen	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Badenutzung	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Fischereiliche Bewirtschaftung	Direkter Eintrag	nicht relevant
	Einträge durch Laubfall	Direkter Eintrag	nein

Die Beschreibung der Nährstoffbilanz erfolgt zunächst auf Basis der Eintragspfade für das gesamte Gebiet. Hier soll der Gesamtcharakter der Einträge in die Gewässer des Einzugsgebietes beschrieben werden. Danach wird auf die einzelnen TEZG eingegangen, um die Wichtung verschiedener Nährstoffquellen im Fließverlauf der Temnitz darzustellen und schwerpunktmäßige Verursacher zu benennen.

Nährstoffbilanzen für die Einzugsgebiete Temnitz, Landwehrgraben und Graben K101

Die Einträge in Temnitz, Landwehrgraben und Graben K101 sind in den folgenden Tabellen und Diagrammen in absoluten Zahlen sowie relativ zur Gesamtfracht dargestellt. Hierzu soll noch einmal angemerkt werden, dass die Werte eine Genauigkeit suggerieren, die so nicht gegeben ist. Die Bilanz ist als Grobbilanz zu verstehen, entscheidend für ihre Interpretation ist vielmehr die Größenordnung der einzelnen Frachtanteile.

Tab. 29: P-Einträge in die Fließgewässer Temnitz (5 TEZG), Landwehrgraben und Graben K101 in kg/a. Die Werte wurden kumuliert berechnet und dargestellt, d.h. die Werte an Messstelle TEMN_8 stellen jeweils die Summe der Werte für die 5 oberhalb liegenden TEZG dar, umfassen hier also das gesamte Einzugsgebiet.

Teileinzugsgebiete	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 1-5	TEZG 1-6	TEZG 4	TEZG 7
zugeordnete Messstelle	Temn_13	Temn_32	Temn_39	Temn_9	Temn_8	LWGR_30	K101
Kommunale Kläranlagen	0	41	520	1.072	1.072	445	83
Abschwemmung von versiegelten Flächen	0	3	36	39	47	24	6
Erosion	7	7	249	257	335	208	85
Abwasser aus undichten Gruben	0	9	23	23	24	11	0
Abwasser aus Kleinkläranlagen	0	1	4	4	4	3	0
Atm. Deposition	0	1	7	9	12	4	1
Auswaschung	207	863	3.707	4.226	4.712	1.406	185
davon <i>Acker (Niedermoor)</i>	0	15	134	149	137	52	1
<i>Grünland (Niedermoor)</i>	0	261	759	823	1117	178	19
<i>Acker (mineralisch)</i>	86	339	2.053	2.484	2.675	1.025	80
<i>Grünland (mineralisch)</i>	7	29	155	147	159	93	20
<i>potenziell natürlich</i>	114	217	607	623	624	58	65
sonstige Quellen (z.B. Rücklösung)						4.706	
Gesamtheit Punktquellen	0	41	520	1.072	1.072	445	83
Gesamtheit diffuse Quellen	214	883	4.025	4.558	5.135	1.655	277
Retention im Gewässer	8	120	624	767	970	2.126	64
Gesamtfracht P	206	803	3.914	4.854	5.225	6.277	295

Phosphor: Anteile der Quellen an der Fracht der jeweiligen Messstelle

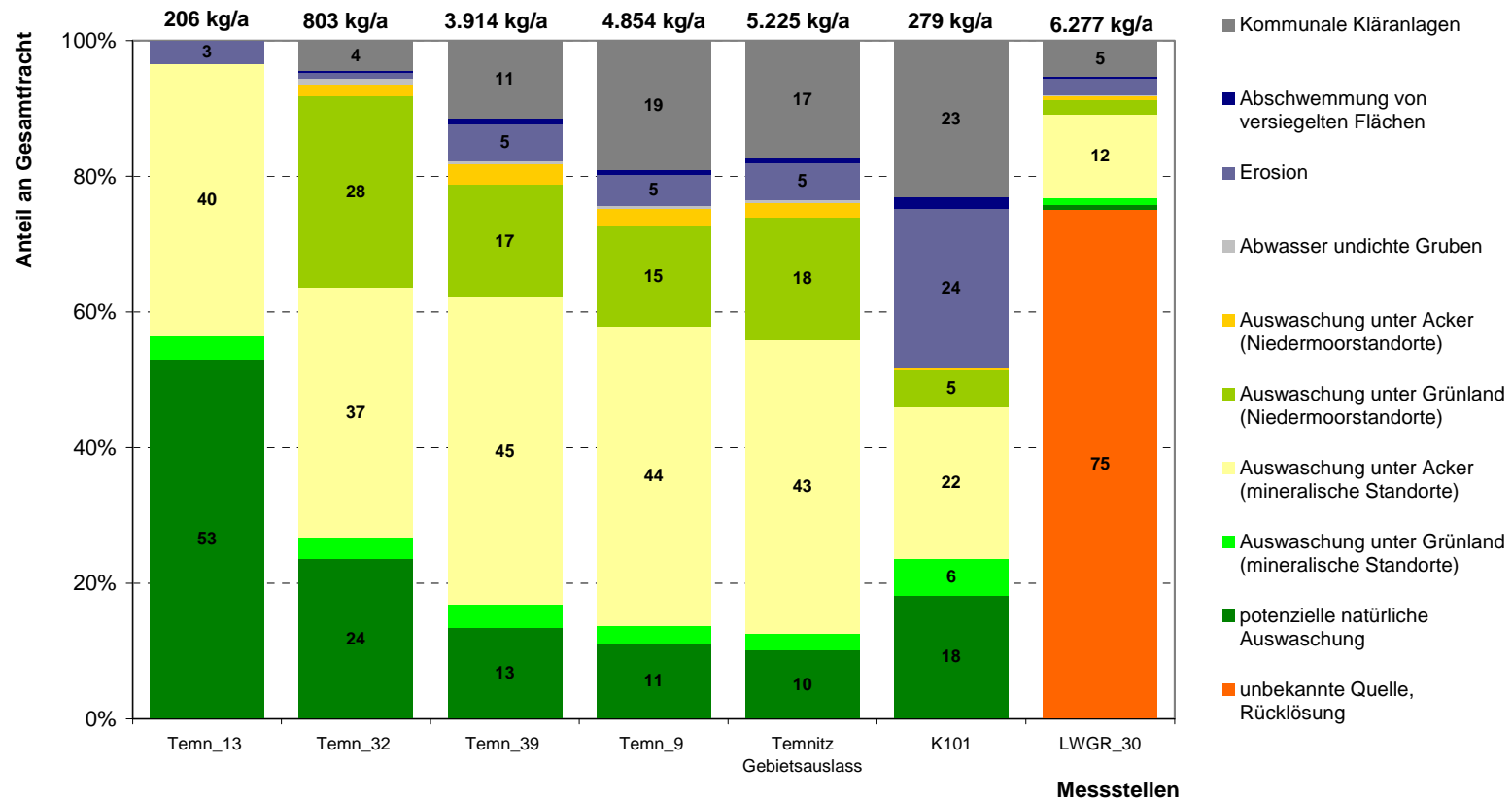


Abb. 15: Anteile einzelner Pfade und Nährstoffquellen an der im Gewässer gemessenen P-Fracht (die Gesamtfracht an der Messstelle ist über dem jeweiligen Balken aufgetragen)

Tab. 30: N-Einträge in die Fließgewässer Temnitz, Landwehrgraben und Graben K101 in kg/a. Die Werte wurden wie für die P-Bilanz kumuliert dargestellt (s.o.)

Teileinzugsgebiete	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 1-5	TEZG 1-6	TEZG 4	TEZG 7
zugeordnete Messstelle	Temn_13	Temn_32	Temn_39	Temn_9	Temn_8	LWGR_30	K101
Kommunale Kläranlagen	0	744	1299	4487	4487	555	252
Abschwemmung von versiegelten Flächen	0	19	145	169	226	60	40
Abwasser aus undichten Gruben	0	93	174	177	184	81	0
Abwasser aus Kleinkläranlagen	0	6	32	32	33	26	0
Auswaschung	3560	8315	77331	105583	94402	27135	7301
davon <i>Acker (Niedermoor)</i>	0	428	7220	9486	7112	2395	112
<i>Grünland (Niedermoor)</i>	0	2315	13087	16736	18434	2636	753
<i>Acker (mineralisch)</i>	2099	4101	48256	68885	60222	20677	4235
<i>Grünland (mineralisch)</i>	78	157	1637	1831	1614	843	473
<i>potenziell natürlich</i>	1383	1314	7131	8645	7020	583	1728
Gesamtheit Punktquellen	0	744	1299	4487	4487	555	252
Gesamtheit diffuse Quellen	3560	8433	77682	105962	94845	27302	7341
Retention im Gewässer	290	1375	10320	14073	15396	7818	1379
Gesamtfracht, gemessen	3270	7684	68.310	95.997	83.493	19872	6.174

Untersuchung der Einträge nach Herkunft und Eintragspfaden

Natürliche und anthropogene Einträge

Das Verhältnis zwischen natürlichen und anthropogenen P-Einträgen wird in der Temnitz zur Mündung hin kleiner, d.h. die anthropogenen Einträge nehmen zu. Während die Anteile im bewaldeten TEZG 1 jeweils ungefähr 50% einnehmen, steigt der anthropogene Anteil schon in TEZG 2 auf 76% und liegt an der Mündung bei 90%.

Im Landwehrgraben lässt sich die Situation aufgrund des hohen Anteils an unbekanntem P-Quellen (hier ist vermutlich die P-Rücklösung unter Sauerstoffmangel eine Ursache) schwer beurteilen, stuft man die unbekanntem Einträge jedoch wegen des Rückstaus als anthropogen ein, beträgt der potenzielle natürliche Anteil 1 %, 99 % sind dann anthropogen. Auch beim Graben K101 dominieren die anthropogenen P-Einträge mit 82 % deutlich.

Beim Stickstoff zeigt sich eine ähnliche Situation: Die natürlichen N-Einträge nehmen in TEZG 1 39 % ein, 61% sind als anthropogen einzuordnen. Bereits in TEZG 2 sind die Einträge nur noch 15 % natürlichen Ursprungs, bei alle anderen TEZG sind es 7 bis 9 %.

Graben K101 weist potenzielle natürliche Einträge von 23 % (N) auf.

Stickstoff: Anteile der Quellen an der Fracht der jeweiligen Messstelle

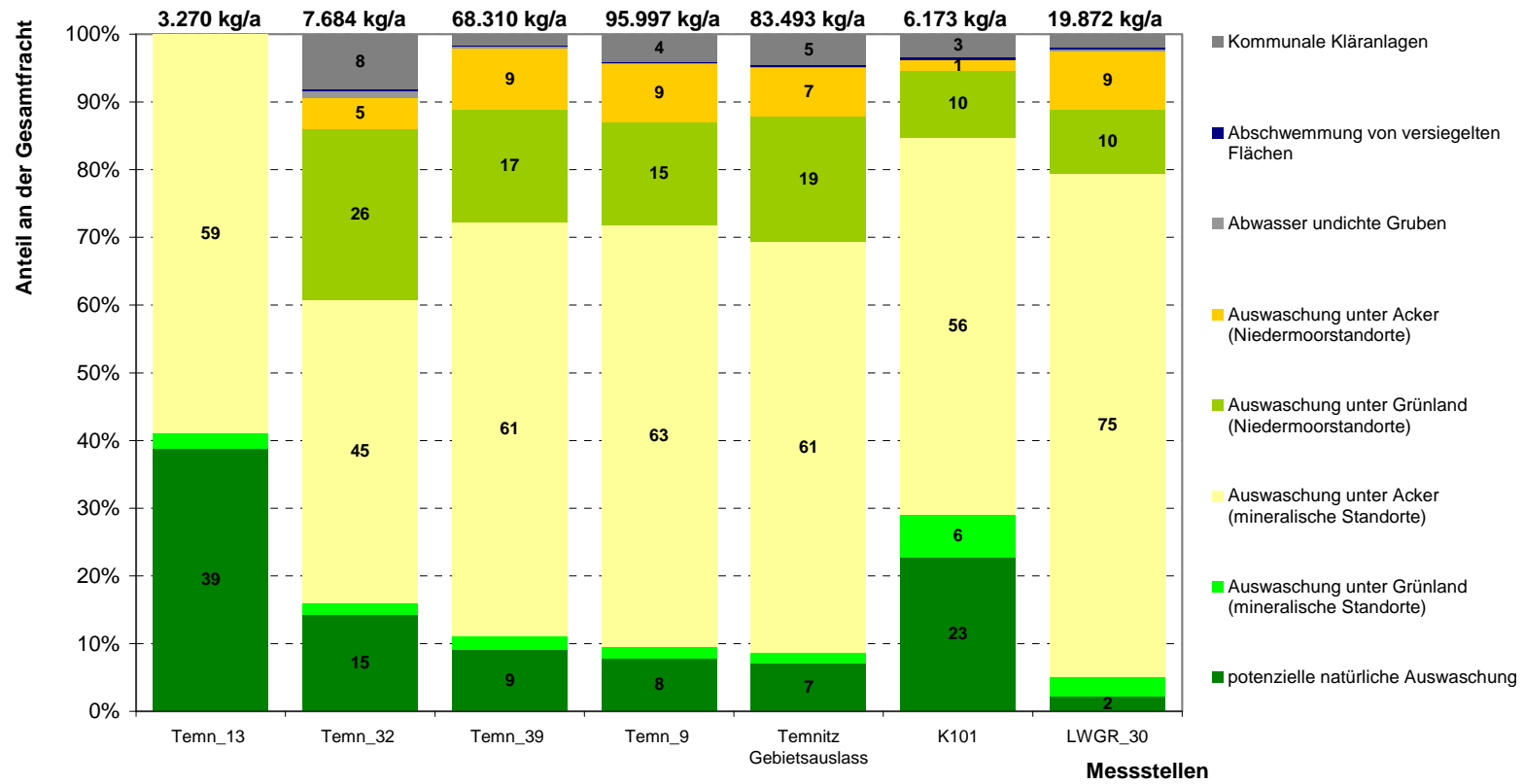


Abb. 16: Anteile einzelner Pfade und Nährstoffquellen an der im Gewässer gemessenen N-Fracht (die Gesamtfracht ist über dem jeweiligen Balken aufgetragen)

Eintragspfade

Bei Phosphor und bei Stickstoff dominiert in der Temnitz mit 52-97 bzw. 93 bis 100% deutlich der Eintragspfad Grundwasser und Zwischenabfluss (Auswaschung mit dem Sickerwasser). Hier hat die potenzielle natürliche Auswaschung aus den Flächen einen Einfluss (s.o.), der weitaus größere Teil entstammt jedoch der Nutzung des Einzugsgebietes. (Ausnahme: TEZG 1). Beim Landwehrgraben hat dieser Pfad in der P-Bilanz aufgrund der hohen sonstigen Belastung nur einen Anteil von 17 %.

Gegenüber dem Grundwasserpfad treten außer beim Landwehrgraben alle anderen Pfade zurück.

Die Punktquellen stehen quantitativ an zweiter Stelle, machen jedoch beim Phosphor 4-19 % (Temnitz und Landwehrgraben) bzw. 23 % (K101) aus. Punktuelle N-Einträge erreichen maximal 8% der Gesamtfracht.

Auch der Pfad Oberflächenabfluss (über Abschwemmung und Erosion) erlangt im Temnitz-Gebiet keine Bedeutung. Beim Stickstoff ist er ganz zu vernachlässigen (zwischen 0 und 1 %), beim Phosphor ergeben sich im Temnitz-Gebiet maximal 6 %, wobei hierzu überwiegend die Erosion beiträgt. Im Gebiet des Grabens K101 erreicht der Pfad Abschwemmung insgesamt 25 %, wovon 92 % durch Erosion bedingt sind.

Auswertung und Beschreibung der Nährstoffquellen

Punktuelle Einträge aus kommunalen Kläranlagen

Tab. 31 gibt einen Überblick über die im Gebiet vorhandenen Kläranlagen. Die größte Kläranlage Neuruppin Stadt befindet sich nordwestlich von Neuruppin, hier sind über 30.000 Einwohner und Gewerbebetriebe mit rund 7.900 EWG angeschlossen. Sie ist als einzige Anlage im Einzugsgebiet mit einer P-Elimination ausgestattet, die festgelegten Überwachungswerte sind sowohl bei P (2 mg/l) als auch bei N (18 mg/l) vergleichsweise niedrig.

Die Wassermenge von rund 0,05 m³/s wird über Gräben in den Klappgraben geleitet, welcher dem Landwehrgraben zufließt. An Messstelle LWGR_15 im Landwehrgraben hat das Abwasser bereits mehrere Kilometer in kleineren Gräben zurückgelegt und aufgrund der nicht messbaren Durchflüsse zwischen Juli und Oktober ist davon auszugehen, dass ein großer Teil aus den Gräben exfiltriert. An Messterminen mit Durchflussmessungen zeigten sich generell hohe Konzentrationen und Frachten (bis 120 kg/Monat) am Mittellauf des Landwehrgrabens. Ein Anteil der KA Neuruppin an diesen Frachten ist naheliegend, jedoch im Landwehrgraben nicht mehr quantifizierbar.

Am Unterlauf des Landwehrgrabens leitet die KA Werder ein, an welche rund 3.000 EW und Gewerbe mit 400 EWG angeschlossen sind. Mit 3,8 mg/l TP und 4,4 mg/l TN (ARBEITSGEMEINSCHAFT BORN/ERMEL/PWU 2011) liegen die mittleren Ablaufkonzentrationen auf vergleichsweise moderatem Niveau.

Der Einfluss der KA Werder wurde 2009/10 über 2 Messstellen (LWGR_38 davor, LWGR_16 danach) des investigativen Monitorings erfasst. Ein Vergleich der Nährstoffkonzentrationen zeigt, dass die Werte unterhalb der Einleitstelle um durchschnittlich 2 mg TP (maximal 13 mg/l Differenz) und 2,3 mg TN (maximal 14 mg/l Differenz) höher sind als oberhalb. Ein Vergleich der Frachten ist hier nur an wenigen Terminen möglich, da mehrfach keine Abflüsse gemessen werden konnten oder die Abflussmessung unplausibel war.

Eine Frachtberechnung für den Landwehrgraben war an der Mündung möglich, hier verursacht jedoch das Wehr in der Temnitz u.h. der Landwehrmündung einen Rückstau, so dass die Phosphorbilanz vermutlich aufgrund von P-Rücklösungsprozessen verzerrt wird. Der Kläranlagenanteil wird mit 5 % für P somit unterschätzt. Rechnet man den Anteil der Rücklösung, also der internen Belastung aus der Jahresfracht heraus, ergibt sich ein anderes Bild: der Anteil der Kläranlage nimmt ca. 10% ein.

Die Ablaufkonzentrationen der anderen Anlagen konnten nicht direkt zu den Konzentrationen im Gewässer in Beziehung gesetzt werden, da die Abstände zu den Messstellen zu groß waren. Es können nur allgemeine Aussagen getroffen werden.

Messstelle TEMN_10 liegt unterhalb der KA Wildberg, zudem fließt der Temnitz hier über Gräben das Wasser der beiden kleinen KA Küdow-Lüchfeld und Kerzlin zu. Der Vergleich zur Messstelle TEMN_39 oberhalb zeigt einen deutlichen Anstieg der Nährstoffgehalte, wobei die KA Wildberg dabei aufgrund der geringen Entfernung zur Messstelle den größten Einfluss haben wird.

Zusammengefasst ergibt sich für die 3 Anlagen ein Anteil von 11 bis 19 % an der TP-Gesamtfracht und 2 bis 5 % an der N-Gesamtfracht in den TEZG 3, 5 und 6. Die Fracht der Kläranlage in Netzeband erreicht einen Anteil von 4 % (P) und 8 % (N) an der Gesamtfracht im TEZG 2.

Tab. 31: Im Einzugsgebiet vorhandene kommunale Kläranlagen mit Kennzahlen, mittleren Ablaufkonzentrationen (TP und TN mg/l, berechnet aus der angegebenen Fracht und der Ablaufmenge) sowie Ablaufmengen und Frachten für 2009 (LUGV 2011; mb = mechanisch-biologische Reinigung, mbN = mechanisch-biologisch mit N-Elimination, mbNP = mechanisch-biologisch mit N- und P-Elimination, n.b. = nicht bestimmbar)

Anlage	Einleitung	Behandlung	Ablauf m ³ /d	TP [mg/l]	TN [mg/l]	Fracht TP [kg/a]	Fracht TN [kg/a]	Anteil an Bilanz des TEZG	
								TP [%]	TN [%]
Netzeband	Graben zur Temnitz	mb	33	3,4	62	41	744	4	8
Kerzlin	Graben zur Temnitz	mb	17	7,4	42	46	260	11-19	2-5
Küdow-Lüchfeld	Graben zur Temnitz	mbN	19	52	272	354	1.850		
Wildberg	Temnitz	mbN	38	10,9	77	153	1.078		
Neuruppin Stadt	Klappgraben	mbNP	4.293	0,8	7,4	1.254	11.595	n.b.	n.b.
Werder	Landwehrgraben	mbN	346	3,8	4,4	479	555	5-10	2
Wutzetz	Graben K 101	mbN	33	6,9	21	83	252	23	3

Erosion

Die Wassererosion spielt im Einzugsgebiet eine untergeordnete Rolle. Die insgesamt 335 kg Phosphor, die jährlich durch Erosion in Temnitz und Zuläufe eingetragen werden erreichen einen Anteil von maximal 5 % an der im Gewässer geführten Gesamtfracht. Lediglich am Graben K101 werden rund 24 % erreicht.

Zwar gibt es noch viele Flächen, die ohne ausreichenden Randstreifen an Gewässergrenzen (Tab. 32): Im gesamten Temnitz-Einzugsgebiet weisen 24%, am Graben K101 40% und am Landwehrgraben 40% der Äcker keinen Randstreifen als Abgrenzung auf. Das Gebiet ist jedoch gering reliefiert, woraus sich dementsprechend geringe Abtragsraten von maximal 0,1 t/(ha · a) ergeben. Zudem ist das Gebiet überwiegend durch sandige Böden geprägt, weshalb durch geringe P-Gehalte im Oberboden die Nährstoffeinträge in Grenzen gehalten werden. Die höhere Fracht am Graben K101 hat ihre Ursache vor allem in den vorwiegend lehmigen Böden mit im Vergleich zum Sand höherem Nährstoffgehalt.

Tab. 32: Umfang der abtragsgefährdeten Ackerflächen und P-Abtrag (=P-Eintrag) in Gewässer

TEZG	abtragsgefährdete Fläche [ha]	P-Abtrag im EZG [kg/a]	Anteil Bilanz [%]
1	61	7	3
1+2	61	7	1
1-4	1.807	248	5
1-5	1.862	257	5-8
1-6	2.332	335	5
4	1.540	208	2-5
7	491	85	24

Abschwemmung von versiegelten Flächen

Die Abschwemmung von versiegelten Flächen führt im insgesamt ländlich geprägten Gebiet mit überwiegend kleinen Ortschaften zu kaum nennenswerten Einträgen von Phosphor und Stickstoff. Im gesamten Temnitz-Einzugsgebiet sind rund 13 ha an versiegelter Fläche relevant für Nährstoffeinträge, am Graben K101 sind es lediglich 3 ha.

Die Einträge von 47 kg P und 226 kg N in die Temnitz, 24 kg P und 60 kg N in den Landwehrgraben und 6 kg P und 40 kg N in den Graben K101 nehmen einen sehr geringen Anteil in der Nährstoffbilanz der Gewässer ein: meist werden Anteile unter 1 % oder um 1% erreicht, P-Einträge durch Versiegelung beim Graben K101 nehmen 2 % der gesamten Einträge ein.

Auswaschung mit dem Sickerwasser

Abwässer aus undichten Sammelgruben und Kleinkläranlagen

Im Temnitz-Einzugsgebiet gibt es insgesamt 15 Ortschaften mit einer unterschiedlich hohen Anzahl an Einwohnern mit mobiler Entsorgung zur Kläranlage. Hieraus resultieren 28 kg P-Fracht in Gewässer pro Jahr (Tab. 33). Die Auswirkung auf die Frachten an den Messstellen ist begrenzt, maximal kann 1 % der Gesamtfracht dem zufließenden Abwasser zugeschrieben werden.

Die Ortschaften am Graben K101 entsorgen überwiegend über die Kläranlage Wutzetz, nur in einer Ortschaft wird mobil entsorgt. Die Fracht von 0,1 kg P und 0,4 kg N ist in der Gesamtbilanz verschwindend gering.

Tab. 33: Einträge durch Abwasser aus undichten Sammelgruben und Kleinkläranlagen

TEZG	Einwohner	TP-Eintrag		TN-Eintrag		Anteil Bilanz	
		aus undichten Sammelgruben (kg/a)	aus KKA (kg/a)	aus undichten Sammelgruben (kg/a)	aus KKA (kg/a)	TP [%]	TN [%]
1	0	0	0	0	0	0	0
1 + 2	369	8,8	0,6	67,4	4,7	1	1
1 - 4	1.054	22,7	4,2	173,7	32,3	1	0
1 - 5	1.072	23,2	4,2	177,2	32,3	0	0
1 - 6	1.112	24,1	4,3	184,0	33,3	0	0
4	547	10,5	3,4	80,5	26,4	0	0
7	2	0,1	0	0,4	0	0	0

Sickerwasser aus genutzten und natürlichen Flächen

Dieser Term der Nährstoffbilanz ist im vorliegenden Gebiet der bedeutendste. Die dafür mittels Austragsraten berechnete Auswaschung wird im Wesentlichen durch die Flächennutzung bestimmt. Mit Ausnahme des TEZG 1 sind alle TEZG durch eine mehr oder weniger intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt.

Das Gesamtgebiet weist einen Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche von 64 % auf, 29 % sind von Wald bedeckt, 4 % werden von sonstigen Flächen wie Siedlungen eingenommen. Tab. 34 stellt die Flächenanteile der einzelnen TEZG dar. Bei der Berechnung wurde zwischen dem potenziellen natürlichen Anteil und dem nutzungsbedingten Anteil der Auswaschung getrennt.

Tab. 34: Anteile genutzter und ungenutzter Flächen in % (nicht kumulativ)

	gesamtes EZG	TEZG 1	TEZG 2	TEZG 3	TEZG 4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 7
Acker (%)	46	8	23	54	49	79	49	41
Grünland (%)	18	2	17	20	15	14	43	39
intaktes Moor (%)	2	0	2	4	2	1	2	1
Wald und naturnahes Offenland (%)	29	86	48	15	26	2	3	7
sonstige Flächen (%)	4	4	10	6	8	3	3	13
Fläche gesamt (ha)	33.740	3.013	5.589	5.232	10.653	4.898	4.353	2.598

Verteilung der Landnutzung in den Teileinzugsgebieten und im Gesamteinzugsgebiet der Temnitz

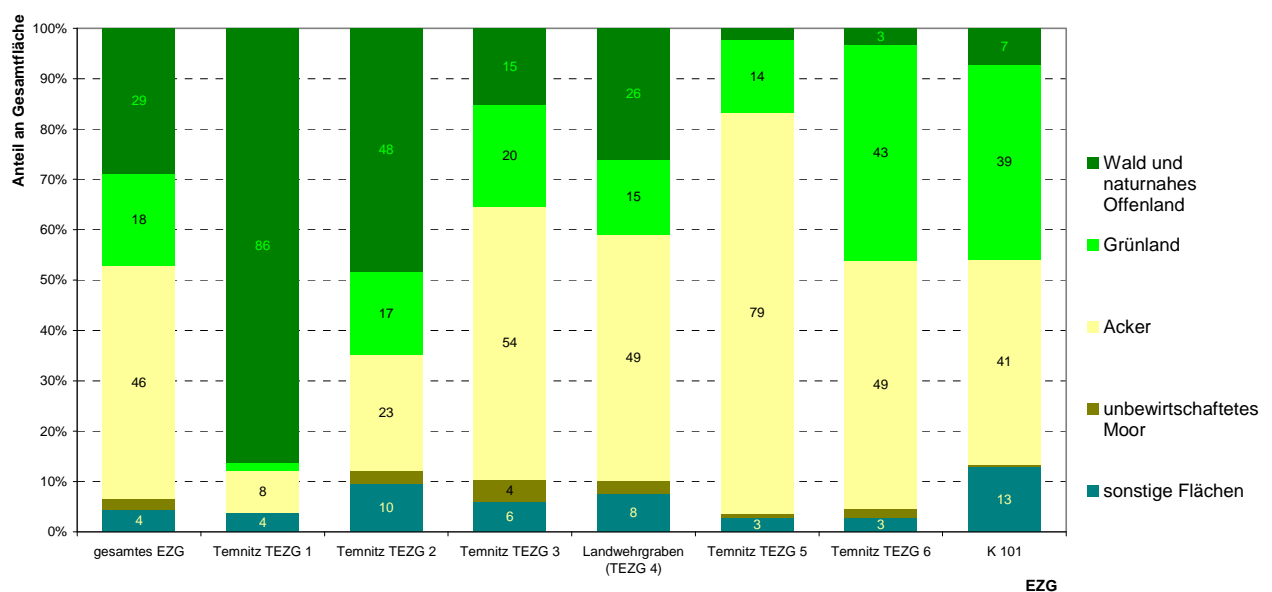


Abb. 17: Prozentuale Anteile der wichtigsten Flächennutzungen an der Gesamtfläche des (Teil)einzugsgebietes

Mit Ausnahme des Temnitz-Oberlaufes, hier ist der Anteil der potenziellen natürlichen Auswaschung höher als in allen anderen TEZG, da das TEZG 1 zu 86 % bewaldet ist, spielen Ackerflächen auf mineralischen Standorten die bedeutendste Rolle für die Belastung des Grundwassers mit Phosphor. Zwischen 16 und 70 % der P-Gesamtfracht an den Messstellen werden durch Austräge aus Ackerflächen verursacht.

Noch größer ist der Einfluss der Ackerflächen in der N-Bilanz. Bei den TEZG liegt der Anteil zwischen 61 und 98 %.

Der Einfluss ist vor allem darin begründet, dass diese Flächen den größten Anteil an der Fläche der TEZG haben (TEZG 3-7). Problematisch ist dahingehend vor allem das TEZG 5 mit einem Ackeranteil von fast 80%.

Auch Grünlandflächen auf Niedermoorböden sind eine nicht zu vernachlässigende Größe in der P- und N-Bilanz, wobei hier die vergleichsweise hohen jährlichen Austragsraten hohe Frachten bedingen. Ackerflächen auf Niedermoorböden und Grünland auf mineralischen Standorten sind bezüglich ihrer Flächengrößen eher unbedeutend.

Der Anteil der potenziellen natürlichen Auswaschung ist in TEZG 1 durch den hohen Waldanteil am größten, mit steigender Nutzung der TEZG-Flächen nimmt der potenzielle natürliche Anteil ab, für das gesamte Temnitz-Gebiet beträgt er 10 %.

Retention in Gewässern, Boden und Grundwasser

Mittels Eichung an der im Gewässer gemessenen Fracht konnte bezüglich der Sickerwasserfracht aus den Flächen eine Retention im Einzugsgebiet bestimmt werden. Diese beträgt über die TEZG gemittelt 55 % für P und 95 % für N (Einzelwerte siehe Tab. 35).

Die Temnitz und ihre größeren Zuflüsse weisen mit einer Gewässerlänge von rund 145 km eine Wasserfläche von ca. 40 ha auf. In den Gewässerläufen (der Katerbower See oberhalb des Landwehrgrabens wurde hier nicht berücksichtigt), werden im Mittel rund 13 % P und 14 % N zurückgehalten.

Tab. 35: Retention im Einzugsgebiet und in den Gewässern

TEZG	Retention in Gewässern (%)	Retention in Boden und Grundwasser (%)	Retention in Gewässern (%)	Retention in Boden und Grundwasser (%)
	TP		TN	
1	4	25	8	91
1+2	13	49	15	97
1-4	14	50	13	94
1-5	14	58	13	94
1-6	16	63	16	95
K101	18	88	18	97
LWGR_30	(25)	55	28	96

Sonstige Quellen

In Karte 5 sind verschiedene Standorte verzeichnet, die als Nährstoffbelastung im Einzugsgebiet wirken können. Dies sind die gegenwärtig vorhandenen Tierhaltungsanlagen und Anlagen zur Biogasproduktion.

Des Weiteren wurde eine Kartengrundlage mit Stand 1979 ausgewertet, die damals vorhandene Sonderstandorte enthält. In Karte 5 sind diese Standorte wegen ungenauer Lagebezüge nicht dargestellt.

Obwohl es Ansätze gibt, zumindest für die aktuellen Standorte Austräge zu quantifizieren, wird dies hier aufgrund der dürftigen Datenlage nicht vorgenommen. Es kann lediglich angemerkt werden, dass Agrarflächen im Umkreis von 3 bis 4 km von Tierhaltungs- und Biogasanlagen durch ein auf wenige Flächen konzentriertes Ausbringen von Gülle oder Gärresten gefährdet sind, mit Nährstoffen überversorgt zu werden.

Aus langjährig genutzten Fäkalienlagerplätzen, Fahrsilos, aus ehemaligen Stallanlagen, Ortschaften mit den früher üblichen Sickergruben und ähnlichen Standorten können noch jahre- oder jahrzehntelang Nährstoffe ausgewaschen werden. Die wichtigsten möglicherweise als Belastung wirkenden Standorte sind im Folgenden aufgeführt.

TEZG 1

Im Süden des TEZG 1, nordöstlich und nordwestlich von Rägelin befinden sich heute 2 Putenmastanlagen mit rund 38.000 bzw. 36.000 Tierplätzen.

TEZG 2

Für die Ortschaft Netzeband sind in der Kontaminationskarte mit Stand 1979 ein Fäkalienlagerplatz und ein Gärfuttersilo sowie die Ortschaften Rägelin, Netzeband und Katerbower Mühle als Ortschaften ohne Anschluss an eine Kläranlage vermerkt. Zwei weitere Gärfuttersilos befinden sich westlich der Temnitz im Süden des TEZG. Heute befindet sich westlich von Netzeband eine Schweinehaltung mit 500 Stallplätzen.

TEZG 3

Hier sind 5 Ortschaften als Orte ohne Anschluss an eine KA verzeichnet, u. a. Blankenburg, Kantow, Lögow und Walsleben. Des Weiteren sind eine Rinder- oder Schweinemastanlage sowie ein Fäkalienlagerplatz bei Walsleben verzeichnet.

Heute existieren hier 2 Rinderanlagen (Tierzahl unbekannt, mindestens 700 Tiere). Bei Lögow gab es 1979 eine Rinderanlage, heute werden dort 1000 Milchkühe gehalten. Auch in Blankenberg und Kantow gibt es Betriebe, die Rinder halten, hier sind 350 bzw. 1.065 Tiere genehmigt. In Kantow existiert des Weiteren eine Biogasanlage.

TEZG 4 (Landwehrgraben)

Für 1979 sind im Gebiet 8 Fäkalienlagerplätze, 8 Gärfuttersilos, 2 Rinderanlagen, 2 Rinder-/Schweineanlagen und 3 Schweineanlagen sowie 6 Orte ohne KA-Anschluss verzeichnet.

Heute befinden sich im TEZG 9 Tierhaltungsanlagen, vorwiegend mit Rindern: in Märkisch Linden (600, 790 und 150 Rinder), Neuruppin (400 und 360 Rinder), Storbeck-Frankendorf (360 Rinder und 1600 Schweine), Dabergotz (430 Rinder), St. Jürgen (294 Schweine).

TEZG 5

Heute befinden sich im TEZG 5 Tieranlagen: eine Rinderhaltung bei Kerzlin (Tierzahl unbekannt), eine bei Lüchfeld (346 Rinder) und einer Schweinemast bei Wildberg mit 4580 Schweinen.

In der Kontaminationskarte sind bei Wildberg 3 Rinder- bzw. Schweinemastanlagen verzeichnet, zudem 3 Fäkalienlagerplätze und ein Silo. Zwei weitere Silos befanden sich bei Lüchfeld und Kerzlin. Nördlich von Emilienhof befand sich eine Hausmülldeponie.

TEZG 6

Die Kontaminationskarte verzeichnet mehrere Tierhaltungen (vorwiegend Rinder, z.T. auch Schweine in Wustrau, Langen, Walchow, Protzen, Manker und Garz). Fäkalienlagerplätze

befanden sich in Walchow und Garz (je 1) sowie Protzen und Manker (je 2). Silos sind für Wustrau (2), Langen, Protzen und Manker verzeichnet. Keiner der Orte hatte Anschluss an eine Kläranlage.

Heute sind nördlich des Rhingrabens viele Betriebe mit Rinderhaltung zu finden: Garz (590 Tiere), Manker 600 Rinder, 520 Kälber) Protzen (470 Rinder), Langen (265 Rinder), Wustrau (1240 Rinder). In Wustrau befindet sich eine Biogasanlage.

TEZG 7 (Graben K101)

Früher befanden sich im TEZG 7 Silos (3 in Wutzetz und 3 in Vichel, 1 am Oberlauf des Graben K101), Tierhaltungsanlagen sind jedoch nicht verzeichnet. Aktuell werden in Nackel bzw. Läsikow und Wutzetz Rinder gehalten (790, 700 bzw. 460 Stallplätze).

Gesamteinschätzung des Hot Spots Temnitz/Landwehrgraben

Temnitz

Mit den Untersuchungen im Rahmen des NRK 2009/2010 wurden die im operativen Monitoring erfassten hohen P-Gehalte in der Temnitz bestätigt. Die Berechnung der Frachten an den Messstellen zeigte eine Überschreitung der kritischen Fracht an Mittel- und Unterlauf (6 von 7 Mst.). Hier wird das Bewirtschaftungsziel derzeit nicht erreicht, wobei die Fracht oft um nahezu das Doppelte gegenüber dem Bewirtschaftungsziel erhöht ist. Das Bewirtschaftungsziel für N wird an weniger Messstellen überschritten (4 von 7 Mst.), zudem ist die Überschreitung nicht so erheblich wie beim P.

In erster Linie steuert die Beschaffenheit von Grundwasser und Zwischenabfluss die Güte der Temnitz und ihrer Zuflüsse. Die hohen P-Konzentrationen im Gewässer lassen darauf schließen, dass die hohe Grundwasserfracht nicht nur im Umfang der anströmenden Wassermenge begründet ist, sondern auch in deren Konzentrationen. Bei der Betrachtung der z.T. recht geringen Grundwasserkonzentrationen wird jedoch deutlich:

- eine höhere Belastung des Grundwassers ist nicht überall, vermutlich nur im Abstrom besonders belasteter Flächen oder Standorte gegeben (Altlastenbereiche, ehemalige Güllehochlastflächen und Rieselfelder, aktuell hoch beaufschlagte Gülleflächen)
- der Zwischenabfluss und auch der Abfluss über Dränagen (beides konnte nicht separat berechnet werden) muss eine bedeutende Rolle spielen (hier ist weniger Retention wirksam)

Insgesamt spiegelt sich die Beeinflussung durch anthropogene Quellen am Gewässer und im Einzugsgebiet deutlich in den Frachten der Temnitz wider. Betrachtet man die Einträge auf Verursacher-Basis, spielt die landwirtschaftliche Nutzung der Einzugsgebietsflächen mit 71 % an der P-Fracht und 88 % an der N-Fracht am Gebietsauslass die bedeutendste Rolle. Hier wirken vor allem Auswaschungsprozesse, aber auch die Erosion. Austräge aus Siedlungen haben wenig Einfluss, mit 17 % (P) und 5 % N-Anteil sind die kommunalen Kläranlagen (mb bzw. mbN) an der Gesamtfracht beteiligt.

Der Einfluss unbekannter Nährstoffquellen oder eines besonders hohen geogenen Hintergrundes zeigt sich im TEZG Landwehrgraben (Rücklösung, s.u.), in den anderen Teileinzugsgebieten jedoch nicht.

Im Längsverlauf zeigt sich bei der Untersuchung der Frachtkomponenten, dass die anthropogene Prägung des Einzugsgebietes zunimmt. Der Anteil der LNF an den TEZG steigt an, dazu kommen Einleitungen mehrerer Kläranlagen. Deutlich wird der Konzentrationsanstieg nach Zufluss des Landwehrgrabens. Die dortigen Konzentrationsspitzen zeigen sich jedoch – aufgrund von Verdünnung oder Festlegung des Phosphors nach Belüftung am Wehr – nicht im gleichen Maße wie im Landwehrgraben.

Landwirtschaftliche Flächen und kommunale Kläranlagen sind die wichtigsten Ansatzpunkte für nährstoffbezogene Maßnahmen zur Verbesserung der Gütesituation der Temnitz.

Im TEZG 1 sind dabei keine Maßnahmen nötig, jedoch bereits im TEZG 2 sollte die Zufuhr von P verringert werden. Dies gilt für das gesamte unterhalb liegende Einzugsgebiet bis zur

Mündung. Bei N sollte der Focus auf dem Mittellauf, insbesondere auf TEZG 4, 5 und 6 liegen.

Landwehrgraben

Die MONERIS-gestützte Einschätzung des Landwehrgrabens für den Parameter Phosphor bestätigte sich im investigativen Monitoring: es treten an allen Messstellen hohe P-Konzentrationen auf. Stickstoff zeigt z.T. sehr hohe Spitzenwerte, die Mittelwerte liegen jedoch nur an 5 von 10 Messstellen über dem Bewirtschaftungsziel.

An der Mündung in die Temnitz wird die kritische P-Fracht um das 11fache überschritten, die kritische N-Fracht um das 1,3fache.

Bei beiden Parametern zeigt sich deutlich der Einfluss der Kläranlagen Neuruppin (mbNP) und Werder (mbN). Die N-Gehalte sind an den unterhalb der Zuleiter gelegenen Messstellen LWGR_15 bis 17 und LWGR_16 bis 31 dementsprechend hoch ausgeprägt. Dies gilt auch für die P-Gehalte, wobei diese z.T. wegen Rücklösungsvorgängen aufgrund fehlender Fließbewegung nicht eindeutig interpretiert werden können. Die immer hohen Konzentrationen im Graben entstehen somit zum einen durch den Abwasserzufluss, wenn im Sommer jedoch angestaut wird und der gesamte Durchfluss gegen null geht, sind diese durch Rücklösung bedingt.

Es bestehen im Landwehrgraben also auch strukturelle und hydrologische Defizite, welche sich auf die Gewässergüte auswirken. Diese – insbesondere auch eine wassermengenbezogene Untersuchung des Zulaufs der KA Neuruppin – sollten Gegenstand des Gewässerentwicklungskonzeptes Temnitz sein.

Ähnlich wie bei der Temnitz stellen die landwirtschaftlich genutzten Flächen die wichtigste Nährstoffquelle für den Landwehrgraben dar. Es entstammen sogar rund 90 % des eingetragenen Stickstoffs dieser Quelle. Unbedeutende Quellen sind die ländlich geprägten Siedlungen im Einzugsgebiet.

Auch am Landwehrgraben sollten Maßnahmen in erster Linie bei der Flächenbewirtschaftung, aber auch bei den Kläranlagen ansetzen. Da sich hier strukturelle Defizite erheblich auf die Gütesituation auswirken, können auch Maßnahmen wie die Anpassung des Profils an die Abflüsse, die Überprüfung/Entfernung von Stauanlagen oder das Verlegen des Klärwerksableiters zielführend sein.

Graben K101

Der in der MONERIS-gestützten Bewertung als „mäßig“ eingestufte Graben zeigt anhand der Monitoringergebnisse 2009/2010 bei beiden Nährstoffen Überschreitungen des Bewirtschaftungsziels.

Die dafür maßgeblichen Belastungsquellen sind jedoch anders gewichtet als in den Einzugsgebieten von Temnitz und Landwehrgraben. Einen Anteil von 57 % (P) bzw. 74 % (N) an der Fracht im Gewässer nehmen hier die landwirtschaftlich genutzten Flächen im (vergleichsweise kleinen) Einzugsgebiet ein, wobei die Erosion beim Phosphor mit einem Anteil von 24 % eingeht.

Der Kläranlage Wutzetz (mbN) entstammen 23 (P) bzw. 3 % (N) der Fracht im Gewässer.

Dementsprechend sind vor allem Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich zielführend (Auswaschung und Erosion), eine Verbesserung der Gütesituation kann jedoch auch durch die Optimierung der Nährstoffelimination der Kläranlage erreicht werden.

4.3.5 Empfohlene Maßnahmen

Als Schlussfolgerungen aus der Untersuchung der Nährstoffbilanz werden für das gesamte Temnitzgebiet folgende Maßnahmenschwerpunkte empfohlen:

- Landwirtschaft (bzgl. N- und P-Austrägen, v.a. aus Ackerflächen mineralischer Standorte und Grünlandflächen auf Niedermoorstandorten)
- Kläranlagen (bzgl. N- und P-Austrägen, Nachrüstung von Reinigungsstufen)

Beim besonders rückstaugeprägten Landwehrgraben sollte ein weiterer Schwerpunkt auf hydromorphologischen Veränderungen liegen. Für das Gebiet des Grabens K101 kommt schwerpunktmäßig die Empfehlung zum Erosionsschutz auf Ackerflächen hinzu.

Aufgrund des hohen Anteils an der insgesamt eingetragenen Fracht haben Maßnahmen, die auf eine Verringerung der Einträge über Grundwasser und Zwischenabfluss abzielen die höchste Priorität. Gleichzeitig sind dies jedoch Maßnahmen, die erst mit mittel- bis langfristigem Zeithorizont greifen und zudem anspruchsvoll in der Umsetzung sind.

Maßnahmen wie die Verringerung der Erosion von Ackerflächen, die Entsiegelung von Flächen oder die Reduzierung des Abwasserzuflusses sind für die Gesamtbilanz weniger bedeutend. Sie können jedoch lokal oder für einen Gewässerabschnitt wesentlich zur Entlastung des Gewässers beitragen.

In den folgenden Steckbriefen sind generell mögliche Maßnahmen beschrieben. Tab. 36 gibt zunächst eine Übersicht über diese mit Hinweisen zu einer möglichen Priorisierung, der Umsetzbarkeit und der Wirkungen. Die Maßnahmen in den Steckbriefen sind in Karte 6-1 und 6-2 verortet.

Tab. 36: Übersicht über die vorgeschlagenen Maßnahmen für das EZG der Temnitz (- keine Priorität/+ geringe/++ mittlere/+++ hohe Priorität; - Umsetzbarkeit nicht gegeben/? Umsetzbarkeit unklar/++ Umsetzbarkeit gut/+++ Umsetzbarkeit sehr gut; *abhängig vom Teileinzugsgebiet)

Bereich	Maßnahme	Priorität	Umsetzbarkeit	Wirkung
Kommunale Kläranlagen	Nachrüsten fehlender Reinigungsstufen, Optimierung der Reinigungsleistung	+++	+++	kurzfristig
Landwirtschaft	Anlage von Gewässerrandstreifen zur Reduzierung von Erosion/Abschwemmung	+ bis +++*	++	kurzfristig
	Maßnahmen zur Reduzierung der direkten und der auswaschungsbedingten Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser - Umwandlung Acker- Grünland, Nutzungsaufgabe - Grünlandextensivierung - konservierende und austragsmindernde Bodenbearbeitung - bedarfsgerechte Düngung - Beschränkung der Gülleverbringung - betriebliche Beratung	+++	?	mittel-langfristig
	Begrenzung von Nährstoffausträgen aus Tierhaltungen - flächenangepasste Tierzahlen in Freilandhaltungen - Gestaltung der Regenentwässerung unter Gesichtspunkten des Gewässerschutzes	+++	?	mittel-langfristig
Wasserhaushalt/Landwirtschaft	Maßnahmen zur Förderung der Retention von Wasser und Nährstoffen in natürlichen Auebereichen - Revitalisierung der Aue der Temnitz	+++	?	mittel-langfristig
Siedlungen	Reduzierung der Stoffeinträge aus kommunalen Abwassereinleitungen - Dichtigkeitsprüfungen, ggf. Grubensanierung	+	+++	mittel-langfristig
	Reduzierung abschwemmungsrelevanter Flächen - Entsiegelung - geregelte Versickerung	+	++	kurz-mittelfristig
Hydro-morphologie und Hydrologie	Beseitigung/Verminderung der Auswirkungen eines Rückstaus - Entschlammung - Anpassung des Querprofils an die aktuellen Durchflüsse - verändertes Staumanagement - Entfernen von Wehranlagen	++*	?	kurz-mittelfristig

Punktquellen

Verminderung der Ablaufwerte von Kläranlagen

betroffene Anlagen:

- Anlagen Netzeband, Werder, Wildberg, Küdow-Lüchfeld und Wutzetz

Generell mögliche Maßnahmen:

- Festlegen strengerer Überwachungswerte für beide Nährstoffe
- Nachrüstung bzw. Optimierung der N- und P-Eliminierung
 - N- und P-Elimination für die Anlagen Netzeband und Kerzlin
 - P-Elimination für die Anlagen Werder, Wildberg, Küdow-Lüchfeld und Wutzetz
- ggf. umfassender Umbau bzw. Neubau der Anlagen, die baulich in schlechtem Zustand sind (Kerzlin, Küdow-Lüchfeld)

Verortung: siehe Karte 6-1

Diffuse Einträge aus der Landwirtschaft: Einträge ins Sicker- und Grundwasser
Extensivierung gewässer- und grundwassernahe Flächen

betroffene Flächen:

- intensiv bewirtschaftete Flächen in unmittelbarer Nähe zur Temnitz und ihren Zuflüssen, insbesondere Grünlandflächen auf Niedermoor und Ackerflächen auf mineralischen Standorten sowie generell organisch gedüngte Flächen
- bewirtschaftete Flächen mit geringen Grundwasserflurabständen und stark wasserleitender Bodenart, hier insbesondere intensiv bewirtschaftetes Grünland auf degradierten Niedermoorböden sowie organisch gedüngte Flächen

Ausweisung der Flächen:

- Flächen, die sich innerhalb eines 200 m breiten Puffers um die Gewässer befinden, siehe Tab. 37

Tab. 37: Gesamtflächengröße für die Gebietskulisse zur Extensivierung gewässer- und Grundwassernahe Flächen (im Abstand von 200m zu Gewässern oder mit Grundwasserflurabständen unter 2m) für Grünland auf Niedermoor und Acker

Einzelne TEZG (Fläche)	TEZG 1	TEZG 2	TEZG 3	TEZG 4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 7
Acker mineralisch [ha]	49	175	788	1697	1004	700	636
Grünland auf Niedermoor [ha]	0	689	1511	2489	4036	2043	205

Generell mögliche Maßnahmen:

- Umwandlung von Ackerland zu extensivem Dauergrünland bzw. Extensivierung von Intensivgrünland (es wird empfohlen: kein Umbruch, keine Düngung, keine Entwässerung, geringe Viehbesatzdichte)
- Auflassen der Nutzung, Bildung von Sukzessionsflächen
- Aufforstung
- Beenden der Entwässerung, Anhebung der GW-Flurabstände
- Beratung zur Problematik durch landwirtschaftliche Fachberater

Verortung:

- siehe Karte 6-1

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

Austragsmindernde Bewirtschaftung von Flächen

betroffene Flächen/Ausweisung der Flächen:

- alle Agrarflächen im Einzugsgebiet, wenn nicht bereits extensiv bewirtschaftet
- insbesondere Gülleflächen mit Grundwasserflurabständen unter 2 m

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anbau von Untersaaten (Anbau von Gelbsef, Ölrettich, Rübsen, Phacelia, Klee etc. mit der Hauptkultur zusammen)
- Anbau von Zwischenfrüchten (Anbau von Gelbsef, Phacelia o. Ä. nach Ernte der Hauptfrucht)
- Reduzierung der Düngung
- Änderung der Güllepraxis: Ausbringung per Injektion oder Schleppschuh, keine Verbringung auf grundwassernahen Standorten
- Vermeidung von düngintensiven Kulturen
- Beratung zur Problematik Nährstoffaustrag durch landwirtschaftliche Fachberater

Gebietskulisse:

- siehe Tab. 38 und Karte 6-1

Tab. 38: Größe der Gebietskulisse für die Extensivierung von Acker und Grünland (bereits austragsmindernd oder extensiv bewirtschaftete Flächen sind hier mitgezählt, da deren Umfang nicht bekannt war)

	Temnitz	Graben K101
Acker gesamt	9.670	1.245
Grünland gesamt	4.363	1.001

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- ggf. Ausgleich der Ertragsausfälle durch Förderprogramme
- Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

Einsatz von organischem Dünger unter Gesichtspunkten des Gewässer- und Grundwasserschutzes

betroffene Flächen/Ausweisung der Flächen:

- alle Gülleflächen, insbesondere grundwasser- (Grundwasserflurabstand kleiner/gleich 2m) und gewässernahe Flächen (200m-Abstand zur Uferkante)

Generell mögliche Maßnahmen:

- Verbringung mit Verfahren und Geräten gemäß dem Stand der Technik (Schleppschlauch, Schleppschuh, Schlitzgeräte etc.)
- Beaufschlagung der Schläge im Rahmen einer N- und P-Bilanz mit möglichst geringen Überschüssen

- Vermeidung von Hochlastflächen in Betriebsnähe, ggf. Gülle-Management für größere Tierhaltungen
- Tierzahlen entsprechend der Betriebsflächengröße gestalten
- Beratung durch landwirtschaftliche Fachberater

Gebietskulisse:

- alle mit organischem Dünger, insb. Flüssigdünger beaufschlagten Flächen, insbesondere grundwassernahe und gewässernahe Flächen

Voraussetzungen:

- Interesse und Akzeptanz des Landwirtes, ggf. Kontrolle durch Landwirtschaftsämter
-

Vermeidung/Begrenzung von Nährstoffeinträgen aus Tierhaltungen

Einträge aus Stallanlagen und angeschlossenen Wirtschaftsflächen

betroffene Betriebe:

- alle (siehe Karte 6-1)

Generell mögliche Maßnahmen:

- bei Freilandhaltung größerer Tierzahlen:
 - Nährstoffeinträge minimieren durch:
 - Tierbesatz pro Hektar entsprechend der Tragfähigkeit der Fläche (Nährstoffbilanz aufstellen)
 - Einrichten von Wechselweiden oder Verwenden mobiler Ställe
 - Geschlossenhalten der Grasnarbe auf Weideflächen
 - ggf. Nährstoffentzug durch Mahd, wenn Beweidung nicht ausreicht
 - regelmäßig ausgetauschte Auflage von Rindenmulch oder Holzhäckseln in stark frequentierten Bereichen wie Stallausgängen
 - Gabe N-/P-reduzierter Nahrung
 - Verteilen der Nährstoffe auf der Fläche (Vermeidung von Bereichen mit konzentrierter Nährstoffzufuhr) durch:
 - entsprechende Gestaltung der Freifläche je nach Tierart; Angebot an Unterständen etc. auf größeren Flächen
 - kontrolliertes Auslaufmanagement durch den Betreiber (u. A. führen eines Auslaufjournals)
- der Betriebsstruktur entsprechende Lagerkapazität für Gülle (6 bis 12 Monate)
- Flächenentwässerung: Wasser von Hofflächen und Fahrwegen nicht versickern, sondern in die Kanalisation ableiten oder in eigener Anlage gemäß Stand der Technik reinigen

Voraussetzungen:

- Interesse und Akzeptanz des Landwirtes, Kontrolle durch Landwirtschaftsämter
-

Diffuse Einträge aus entwässerten Niedermooren

Wiedervernässung von Moorflächen

betroffene Flächen:

- Flächen im natürlichen Auebereich der Temnitz, die morphologisch geeignet sind
- sonstige Niedermoorflächen

Ausweisung der Flächen:

- gemäß Bodenkarte (BÜK) oder Preußischer Geologischer Karte

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anheben der Gewässersohle der naheliegenden Gewässer
- Beseitigung von Verwallungen und anderen Hindernissen zwischen Gerinne und Auebereich
- Plombieren der die Niedermoorflächen entwässernden Gräben; Einstau

Gebietskulisse:

- siehe Karte 6-2

Voraussetzungen:

- Akzeptanz erhöhter Wasserstände in den Gräben und erhöhter Grundwasserstände in den betroffenen und angrenzenden Flächen durch die Flächeneigentümer und –nutzer (Nutzungsaufgabe oder Extensivierung)
- Ausgleich der Ertragsausfälle für Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger
- durch detaillierte Voruntersuchungen sollten die Auswirkungen der Wiedervernässung so weit wie möglich abgeschätzt werden

Diffuse Einträge aus der Landwirtschaft: Einträge durch Erosion/Abschwemmung

Anlage von Gewässerrandstreifen

betroffene Flächen:

- bewirtschaftete Flächen mit hydraulischem Anschluss an Temnitz und Zuflüsse ohne Gewässerrandstreifen

Ausweisung der Flächen:

- Flächen mit Neigung zum Gewässer hin, die im Luftbild keinen Randstreifen o. Ä. aufweisen (siehe Erosionsberechnung)

Generell mögliche Maßnahmen:

- Anlage eines Randstreifens zwischen Gewässer und Wirtschaftsfläche, optimale Ausstattung mit einem Bereich mit standorttypischen Gehölzen (Erlen, Weiden) direkt am Gewässer, einem Staudenbereich und einer unbewirtschafteten Pufferzone im Übergang zur Ackerfläche
- mindestens 5 m Breite, optimal 10 bis 20 m, je nach Ausprägung der angrenzenden Fläche
- bei stärker geneigten Flächen: Extensivierung eines 100m breiten Streifens oder:
 - streifenweise Einsaat von Getreide in Maisäckern (10-15m Streifenbreite)
 - Vermeidung von Mais, Rüben, Winterraps und Kartoffeln
 - Verringerung der Schlaglänge (durch Gehölz- oder Grasstreifen) in Abflussrichtung
 - Konservierende Bodenbearbeitung
 - Mulchsaat
 - Beratung zur Problematik Abschwemmung durch landwirtschaftliche Fachberater
 - Auflassen der Nutzung, Bildung von Sukzessionsflächen
 - Aufforstung

Kulisse:

- siehe Karte 6-1 und Tab. 39

Tab. 39: Benötigte Randstreifen an den Hauptgewässern des Gebietes (Angabe in m) zum Schutz vor Einträgen durch Erosion

	TEZG 1	TEZG 2	TEZG 3	TEZG 4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 7
beidseitig (m)	1.029	1.385	-	5.960	443	2.358	3.219
einseitig (m)	-	1.052	-	4.900	184	2.379	2.433

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
 - Ausgleich der Ertragsausfälle für die Landwirte durch Förderprogramme, Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger
-

Hydromorphologische/hydrologische Maßnahmen

betroffene Gewässer:

- Landwehrgraben, Temnitz

Ausweisung der Flächen:

- Bereiche mit Rückstau bzw. zu geringen Fließgeschwindigkeiten und damit verbunden starker Sedimentation von Schlamm und P-Rücklösung

Generell mögliche Maßnahmen:

- Entschlammung von Bereichen mit hohen Sedimentauflagen, vor allem dort, wo sommerlich Rücklösung auftritt (v. a. Landwehrgraben)
- Anpassen des Querprofils des Landwehrgrabens an die aktuellen Abflüsse (Einengung)
- Beseitigung des Rückstaus in den Landwehrgraben durch verändertes Staumanagement oder Entfernen des Wehres in der Temnitz

Verortung:

- siehe Karte 6-2

Voraussetzungen:

- weitere Untersuchungen zur hydrologischen Situation
- Veränderungen am Wehr im Einvernehmen mit den Flächennutzern, für die der Einstau betrieben wird

Weitere Maßnahmen, welche eher in Summe eine Wirkung auf die Nährstoffbilanz der Temnitz haben, jedoch für einzelne Zuflüsse bzw. lokal wirksam sind können sein, sind:

Diffuse Einträge aus den Siedlungsgebieten

Dichtigkeitsprüfung der abflusslosen Sammelgruben

betroffene Gemeinden/Haushalte:

- flächendeckende Überprüfung
- eine hohe Priorität haben dabei Haushalte, deren Abwassermenge kleiner ist als die zugeführte Trinkwassermenge

generell mögliche Maßnahmen:

- Dichtigkeitsprüfung nach den anerkannten Regeln der Technik (z.B. gemäß DIN EN 1610, DIN 1986 Teil 30 oder DIN 4261 Teil1) mit turnusmäßiger Wiederholung
- ggf. stellt es eine organisatorische Erleichterung für die Bürger dar, wenn der zuständige Verband die Dichtigkeitsprüfung als Dienstleistung anbieten

Verortung:

- alle Haushalte im Untersuchungsgebiet, die abflusslose Sammelgruben unterhalten (siehe Karte 6-1)

Voraussetzungen:

- Anordnung durch die Untere Wasserbehörde
-

P-Eliminierung bei Kleinkläranlagen

betroffene Gemeinden/Haushalte:

- alle Kleinkläranlagen ohne P-Eliminierung

generell mögliche Maßnahmen:

- Nachrüsten der P-Eliminierung

Verortung:

- siehe Karte 6-1

Voraussetzungen:

- Anordnung durch die Untere Wasserbehörde
-

Entsiegelung von Flächen

betroffene Flächen:

- versiegelte Bereiche innerhalb und außerhalb von Siedlungen mit hydraulischem Anschluss an Gewässer

Ausweisung der Flächen:

- Luftbild: große zusammenhängende Versiegelungsflächen

Generell mögliche Maßnahmen:

- Entsiegelung der Flächen
- Anschluss eines Filterstreifens zum Gewässer hin, wenn Entsiegelung nicht möglich ist

Voraussetzungen:

- Akzeptanz der Flächennutzer und -eigentümer
- ggf. Flächentausch oder Flächenerwerb durch den Maßnahmenträger

4.3.6 Wirksamkeit der empfohlenen Maßnahmen

Eine Berechnung der Wirksamkeit wurde nicht für alle empfohlenen Maßnahmen durchgeführt, da nur für einen Teil der Maßnahmen Berechnungsansätze formuliert werden konnten (Tab. 40). Die Auswirkungen verschiedener austragsmindernder Bodenbearbeitungsverfahren wurden beispielsweise nicht quantitativ betrachtet.

Zunächst wurden die innerhalb der TEZG reduzierbaren Frachten exemplarisch berechnet. Insgesamt wird also keine reelle Flächenauswahl getroffen (dies ist im Rahmen der konzeptionellen Bearbeitung nicht möglich), sondern die Maßnahme wird prozentual auf die Gebietskulisse angewendet (z.B. bezogen auf 10, 20 und 50% der Gebietskulisse) und die Frachtreduzierung entsprechend berechnet.

Anhand der Ergebnisse wird in einem weiteren Schritt entschieden, wie das Sanierungsziel am günstigsten zu erreichen ist.

Tab. 40: Berechnungsansätze für die Auswirkungen der Maßnahmen und dazugehörige Quellen

Maßnahme	Austragsminderung generell	Quelle
Optimierung Kommunaler Kläranlagen	Reduzierung auf 2 mg/l TP, wenn nicht bereits unterschritten	ARGE Born/Ermel/PWU (2011)
Verlegen der Einleitstelle der Kläranlage	Entfallen von 100 % der Belastung, Berücksichtigung an anderer Stelle	-
Extensivierung von LNF (grundwassernahe Flächen, Flächen im 200m-Puffer um Gewässer, Renaturierung von Niedermoorflächen)	Reduzierung auf 0,05 kg/a Austrag pro Hektar	FREDE & DABBERT (1998)
Anlage von mindestens 5m breiten Gewässerrandstreifen (Wassererosion, Abschwemmung)	minus 45 % der Nährstoff-Einträge	LUA (1996)
Bodenkonservierende Bearbeitung	minus 45 % Oberbodenabtrag aus relevanten Flächen	DEUMLICH (2008)
Abdichtung Sammelgruben	minus 90 % der bisherigen Einträge	eigene Annahme
Entsiegelung versiegelter Flächen; Versickerung oder Ableitung anfallenden Regenwassers	Entfallen von 100 % der Belastung aus der Fläche	eigene Annahme

P-Frachtreduzierung durch die Optimierung kommunaler Kläranlagen

Die folgenden Empfehlungen und Berechnungen zur Frachtreduzierung stützen sich auf die Studie „Ermittlung von Optimierungspotenzialen bestehender Kläranlagen“ (ARGE BORN/ERMEL/PWU 2011). Mit Ausnahme der Kläranlage Neuruppin haben alle Anlagen im Gebiet derzeit ein Optimierungspotenzial. Dies betrifft vor allem die Eliminierung von Phosphor, welche durch das Nachrüsten einer P-Fällung oder die Optimierung von Verfahrensabläufen in den Anlagen erhöht werden kann.

Für die Anlagen Küdow-Lüchfeld und Kerzlin, die in einem baulich schlechten Zustand sind, wurde eine Anlagenoptimierung als nicht zielführend eingeschätzt. Hier sind grundsätzlich umfassende Umbaumaßnahmen nötig. Für die Berechnung wird von einem Neubau ausgegangen.

Für die Maßnahmenberechnung wird für alle Anlagen ein Ablaufwert von 2mg/l TP verwendet. Mit Ausnahme der Anlage Neuruppin überschreiten alle Anlagen im Ablauf 2 mg/l TP z.T. um ein Vielfaches (ARGE BORN/ERMEL/PWU 2011), Tab. 41 und Tab. 42 zeigen daher eine meist deutliche P-Frachtreduzierung. Der TN-Gehalt wird für die Berechnung nicht verändert, da die durch Optimierung zu erreichende Verbesserung der Ablaufwerte in diesem Rahmen nicht quantifiziert werden kann. Lediglich für die Anlagen Kerzlin und Küdow-Lüchfeld werden 20 mg/l TN verwendet.

Tab. 41: Aktuelle und reduzierte TP-Frachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet

Anlage	TP-Jahresmittel aktuell [mg/l]	TP-Fracht aktuell [kg/a]	TP-Fracht entsprechend 2 mg/l TP [kg/a]	Reduzierung der P-Fracht [kg/a]
Kerzlin	7,4	46	12	34
Küdow-Lüchfeld	52	354	13	340
Netzeband	3,4	41	14	27
Neuruppin Stadt	0,8	1.254	-	-
Wildberg	10,9	153	22	131
Werder	3,8	479	234	245
Wutzetz	6,9	83	20	63

Tab. 42: Resultierende TP-Frachten und Frachtreduzierungen für die untersuchten Teileinzugsgebiete

TEZG/Messstelle	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 4	TEZG 7
	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	GRK101_7
Gesamtfracht des TEZG	803	3.914	4.854	5.225	6.277	295
derzeitige Fracht aus KA [kg/(ha*a)]	41	520	1072	1072	479	83
Fracht nach Optimierung [kg/(ha*a)]	14	248	295	295	234	20
Reduzierung [kg/(ha*a)]	27	272	777	777	245	63

P- und N-Frachtreduzierung durch Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzfläche

Für Maßnahmen, die eine veränderte Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Nutzflächen erfordern wurden zwei verschiedene Gebietskulissen ausgewiesen. Die generelle Gebietskulisse für landwirtschaftliche Maßnahmen umfasst die Gesamtheit der landwirtschaftlich genutzten Acker- und Grünlandflächen, die Gebietskulisse mit höherer Priorität für landwirtschaftliche Maßnahmen umfasst die nährstoffsensiblen Standorte (vgl. Karte 7). Die Reduzierung der Fracht durch die Extensivierung der Bewirtschaftung (in diesem Falle eine komplette Nutzungsaufgabe) wurde für 50 und 100 % der nährstoffsensiblen Flächen berechnet. Zudem wurden für zusätzliche 10, 20 und 50 bzw. 70 % der Ackerflächen auf mineralischen Standorten die Reduzierung der Austräge gegenüber dem Status quo berechnet. Die nährstoffsensiblen Flächen umfassen nahezu alle Grünlandflächen auf Niedermoor, so dass außerhalb dieser Gebietskulisse nur noch geringe Möglichkeiten gegeben sind, Grünland auf Niedermoor zu extensivieren. Tab. 43 und Tab. 44 zeigen kumulativ betrachtet, wie viel Fracht durch Extensivierung jeweils zurückgehalten werden kann.

Tab. 43: Durch Extensivierung der LNF auf nährstoffsensiblen Standorten zurückgehaltene Frachten bezogen auf das Einzugsgebiet oberhalb des genannten Pegels

	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 1-5	TEZG 1-6	TEZG 4	TEZG 7
P							
Acker (mineralisch)	17	51	604	709	734	340	35
Grünland (Niedermoor)	0	261	759	792	1119	178	19
N							
Acker (mineralisch)	382	581	13410	18569	15610	6474	1754
Grünland (Niedermoor)	0	2209	12492	15376	17636	2507	698

P-Frachtreduzierung durch konservierende Bodenbearbeitung und Anlage von Gewässerrandstreifen

Die Berechnung der Wirkung konservierender Bodenbearbeitung erfolgte mit Bezug auf den von den Ackerflächen abgetragenen Oberboden, für Randstreifen erfolgte die Berechnung anhand des Nährstoffaustrages. Es wurden jeweils die Frachtreduzierungen durch Maßnahmen auf 50 und 100 % der Flächen berechnet.

Tab. 44: Resultierende P-Frachten aus Ackerflächen und deren Differenz zur ursprünglichen Fracht nach Extensivierung verschiedener Flächenanteile (einbezogen wurden Ackerflächen außerhalb der Gebietskulisse nährstoffsensible Standorte)

TEZG/Messstelle	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 4	TEZG 7
	TEMN_13	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	GRK101_7
derzeitige P-Fracht [kg/(ha*a)]	70	288	1449	1775	1941	685	45
P-Fracht nach Extensivierung von 10 % der Fläche [kg/(ha*a)]	63	260	1304	1597	1747	617	40
Reduzierung [kg/(ha*a)]	7	29	145	177	194	69	4
P-Fracht nach Extensivierung von 20 % der Fläche [kg/(ha*a)]	56	231	1159	1420	1553	548	36
Reduzierung [kg/(ha*a)]	14	58	290	355	388	137	9
P-Fracht nach Extensivierung von 50 % der Fläche [kg/(ha*a)]	35	144	724	887	971	343	27
Reduzierung [kg/(ha*a)]	35	144	724	887	971	343	18

Tab. 45: P-Frachten und deren Reduzierung durch die Anlage von Gewässerrandstreifen

TEZG/Messstelle	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 4	TEZG 7
	TEMN_32	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	GRK101_7
derzeitiger Eintrag durch Erosion [kg/ha*a]	7	7	249	257	335	208	85
Reduzierung um 50 % [kg/ha*a]	5,7	5,7	192,6	199,0	259,7	161,2	65,8
Reduzierung um 100 % [kg/ha*a]	4,0	4,0	137	141	184	114	47

Tab. 46: P-Frachten und deren Reduzierung durch bodenkonservierende Bearbeitung derzeit abtragsrelevanter Flächen

TEZG/Messstelle	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 5	TEZG 6	TEZG 4	TEZG 7
	TEMN_13	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	GRK101_7
derzeitiger Eintrag durch Erosion [kg/ha*a]	7	7	249	257	335	208	85
Fracht für 50 % der Flächen mit bodenkons. Maßnahmen [kg/ha*a]	2	2	77	80	104	65	26
Reduzierung [kg/ha*a]	5	5	172	177	231	143	59

4.3.7 Auswirkungen einer verminderten Nährstofflast auf die Gewässer

Sanierungsziele

An den betrachteten Messstellen sollen im Jahresmittel Gehalte von 0,08 mg/l TP und 2,184 mg/l TN nicht überschritten werden, damit das Bewirtschaftungsziel für die Nährstoffe erreicht wird und sich dementsprechend auch der Zustand der nährstoffsensiblen biologischen Komponenten (Diatomeen, Makrophyten) verbessert. Für dieses Ziel sind die in Tab. 47 genannten Frachten für die entsprechenden Messstellen maßgeblich.

Für den ersten Oberlaufabschnitt der Temnitz müssen keine Maßnahmen festgelegt werden. Alle anderen Gewässerabschnitte erreichen das Bewirtschaftungsziel nur mit entsprechenden Maßnahmen (siehe Tab. 48 und Tab. 49). Deren Umfang ist z.T. recht groß. Die Wichtung der Maßnahmen ist aufgrund der ähnlichen Ausprägung der Nährstoffquellen in allen Teileinzugsgebieten gleich: Der erste Schwerpunkt liegt aufgrund der zeitnahen und günstigeren Umsetzbarkeit bei den Kläranlagen. Den zweiten Schwerpunkt bildet die Reduzierung der Auswaschung aus landwirtschaftlichen Flächen, hier in erster Linie der nährstoffsensiblen Flächen. Nur ergänzend wird die Erosion einbezogen, da diese nur wenig Frachtreduzierung für den entsprechenden Abschnitt leisten kann.

Tab. 47: TP- und TN-Frachten an den Messstellen und zum Erreichen des Bewirtschaftungsziels nötige Reduzierungen

Messstelle	TEMN_13	TEMN_32	TEMN_39	TEMN_9	TEMN_8	LWGR_30	K101
Einzugsgebiet	TEZG 1	TEZG 1+2	TEZG 1-4	TEZG 1-5	TEZG 1-6	TEZG 4	TEZG 7
TP (kg/a)	206	803	3.914	4.854	5.225	6.277	295
TP gemäß Bewirtschaftungsziel (kg/a)	239	375	2.023	2.734	3.140	563	139
nötige TP-Reduzierung im TEZG	keine	428	1891	2120	2085	5714	156
Maßnahmen nötig	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
TN (kg/a)	3.270	7.684	68.310	95.997	83.493	19.872	6.713
TN gemäß Bewirtschaftungsziel (kg/a)	6.529	10.249	55.224	74.646	85.721	15.359	3.788
nötige N-Reduzierung im TEZG	keine	keine	13.086	21.351	keine	4.513	2.925
Maßnahmen nötig	nein	nein	ja	ja	nein	ja	ja

Tab. 48: Mögliche Maßnahmenkombinationen (gelb unterlegte Felder) zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels für Phosphor für die entsprechende Messstelle. In den Spalten ist jeweils der Betrag dargestellt, der durch die jeweilige Maßnahme reduziert wird (alle Angaben in kg/a). Die Maßnahmen zur Bodenkonservierenden Bearbeitung und Randstreifen wurden dort nicht einbezogen, wo ein Erosionsschutz bereits durch die Extensivierung von Flächen im 200m-Puffer um Gewässer gegeben ist

Gebiet	Komm. Kläranlagen	Extensivierung nährstoffsensibler Flächen (Acker und Grünland)			Extensivierung weiterer Ackerflächen (mineralisch) außerhalb der nährstoffsensiblen Flächen			Rücklösung/ unbekannte Quellen
		30%	90%	100%	5%	40%	50%	
TEZG1+2	27	94	281	312	14	115	144	-
TEZG1-4	272	409	1227	1.363	72	580	724	-
TEZG 1-5	777	450	1351	1.501	89	710	887	-
TEZG 1-6	777	556	1.668	1.853	97	776	971	-
TEZG 4	245	155	466	518	34	274	343	4.560
	479	155	466	518	34	274	343	4.560
TEZG7	63	16	49	54	2	18	22	-

Tab. 49: Mögliche Maßnahmenkombinationen (Markierung) zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels für Stickstoff für die entsprechende Messstelle. In den Spalten ist jeweils der Betrag in kg/a dargestellt, der durch die jeweilige Maßnahme reduziert wird.

Gebiet	Komm. Kläranlagen	Extensivierung nährstoffsensibler Flächen (Acker und Grünland)		
		50%	90%	100%
TEZG1-4	0	12.951	15.541	25.902
TEZG 1-5	1850	16.972	20.367	33.945
TEZG 4	555	4.491	5.389	8.981
	0	4.491	5.389	8.981
TEZG7	0	1.226	1.472	2.453

Um die P-Fracht am Gebietsauslass dem Bewirtschaftungsziel anzupassen ist z.B. die folgende Maßnahmenkombination möglich:

- Optimierung der Kläranlagen im Gebiet
- Extensivierung von 90% der Acker- und Grünlandflächen auf nährstoffsensiblen Standorten (4.413 ha Acker und 4.036 ha Grünland)

Mit dieser Kombination würde der TP-Gehalt am Gebietsauslass auf 0,076 mg/l sinken und so dem guten Zustand entsprechen.

Die Maßnahmen beziehen sich auf die Einzugsgebietsfläche unterhalb der Messstelle TEMN_13 bis zum Gebietsauslass, im TEZG 1 sind somit keine Maßnahmen nötig, hier werden die Bewirtschaftungsziele bereits erreicht.

Die Verortung der Maßnahmen muss in Abhängigkeit von der vorhandenen Fläche in den TEZG durchgeführt werden. In einigen TEZG reicht die Fläche der nährstoffsensiblen Standorte nicht aus, um mit einer Extensivierung die nötige Reduzierung von P an der Messstelle zu erreichen. Dies ist z.B. im TEZG 2 der Fall. Dort müsste über diese Gebietskulisse hinaus die Bewirtschaftung von Acker oder Grünlandflächen auf „sonstigen“ Standorten verändert werden.

Betrachtet man den Gebietsauslass sind für N keine Maßnahmen nötig, jedoch für einzelne TEZG oberhalb. Zum Erreichen den Bewirtschaftungsziels müssen in den TEZG 2, 3 und 4 sowie 5 und 7 zwischen 50 und 100 % der nährstoffsensiblen Flächen extensiviert werden.

Eine Extensivierung von nährstoffsensiblen Flächen kann mit der Umwandlung von Intensivgrünland zu extensivem oder ungenutztem Grünland auch die Einstellung der Entwässerung umfassen. Wird so eine Wiedervernässung von Niedermoorflächen angestrebt, ist zu beachten, dass die Nährstoffausträge während der ersten Jahre höher sein können als vor Wiedervernässung. Die Auswirkungen auf das Gewässer und dessen Vermögen, den Nährstoffeintrag abzupuffern sollten detailliert geprüft werden.

Landwehrgraben

Die Berechnung der Maßnahmen zeigt, dass eine Reduzierung der Rücklösungsprozesse durch die Veränderung des morphologischen und hydraulischen Zustandes (durch Ausbaggerung, Profilveränderung oder veränderte Stauhaltung) höchste Priorität hat. Da die

Beträge, die durch eine Extensivierung der Flächen reduziert werden können viel geringer sind als die durch Rücklösung freigesetzten Mengen, hat es kaum einen Sinn, den derzeitigen Zustand beizubehalten und zunächst die Einträge aus dem Einzugsgebiet zu reduzieren.

Wurde das Problem der Rücklösung zumindest zum Teil behoben, können weitere Reduzierungen wie in den anderen TEZG erreicht werden.

Graben K101

Hier divergieren die Maßnahmen für P und N: während das Erreichen des Bewirtschaftungsziels bezüglich P beispielsweise durch ein Optimieren der P-Eliminierung in der Kläranlage und die Extensivierung von 30 % der nährstoffsensiblen Flächen (252 ha) erreichbar ist, müssten bezüglich N alle nährstoffsensiblen Flächen (841 ha) extensiviert werden.

Für die Reduzierung von P sind mehrere Maßnahmenkombinationen möglich, z.B. auch die Kombination der Optimierung der Kläranlage mit der Anlage von Gewässerrandstreifen oder Anlage von Randstreifen – Extensivierung von Ackerflächen etc.

4.3.8 Prognosen zur Zielerreichung

Mit den beschriebenen Maßnahmen soll in den Gewässern das Bewirtschaftungsziel von 0,08 mg/l TP und 2,184 mg/l TN im Jahresmittel erreicht werden.

Die Berechnung der Maßnahmenwirkung zeigt, dass selbst für das knappe Erreichen des Bewirtschaftungsziels an den Messstellen sehr umfangreiche Maßnahmen nötig sind.

Wirkungsvolle Maßnahmen sind in erster Linie Veränderungen in der Flächenbewirtschaftung durch die Landwirtschaft sowie die Senkung der Nährstofffrachten aus den Kläranlagen. Vergleichsweise kurzfristig ließe sich dabei eine Optimierung der Kläranlagen umsetzen. Maßnahmen mit landwirtschaftlichem Bezug sind z.T. kurz- und mittelfristig umzusetzen, grundlegende Veränderungen der Bewirtschaftung bedürfen jedoch größerer Zeiträume. Hier ist zu beachten, dass die agrarpolitischen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle spielen, zudem ist für viele Betriebe der Spielraum für eine Verminderung der Nutzungsintensität klein und stellt oft eine existenzielle Frage dar.

Die Wirkung der auf die Auswaschung bezogenen Maßnahmen kann in Abhängigkeit davon, wie lange die Fließzeit von der betreffenden Fläche bis zum Gewässer ist mit größerer Zeitverzögerung eintreten. Wenn die Grundwasserbelastung ihren Ursprung jedoch – wie vermutet – vor allem in den gewässernahen Flächen hat, ist davon auszugehen, dass eine Verbesserung im Gewässer zumindest mittelfristig eintreten wird.

Förderlich kann sich die veränderte Bewirtschaftung der Flächen seit der politischen Wende 1989 auswirken (andere Betriebsstrukturen, geringerer Tierbesatz, Flächenstilllegung). Dieser Effekt kann jedoch durch einen gesteigerten Energiepflanzenanbau zukünftig aufgehoben werden. Insgesamt kann für das Erreichen der Bewirtschaftungsziele von einem größeren Zeithorizont ausgegangen werden.

Die Bewirtschaftungsziele für die Nährstoffe werden bis 2015 für die betrachteten Gewässer sehr wahrscheinlich nicht erreicht. Dies wird mindestens einen weiteren Bewirtschaftungszyklus in Anspruch nehmen, eine Fristverlängerung ist in diesem Falle nötig.

Reduzierte Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen in den Fließgewässern werden, sofern auch gravierende strukturelle Defizite (Rückstau etc.) behoben werden, sukzessive zu einer Zustandsverbesserung der biologischen Qualitätskomponenten führen.

4.4 Weitere Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen im Rahmen des investigativen Monitorings Rhin umfassten außer den oben beschriebenen Hot Spots noch vier weitere Untersuchungsgebiete: Großer Zechliner See, Zootensee, Dollgowsee und Rheinsberger See.

Im Zuge der Auswertung entstanden jedoch Schwierigkeiten mit der Interpretation der Analysenergebnisse. Beim Vergleich der Werte untereinander sowie mit den bereits vorhandenen Daten aus der Labordatenbank des LUGV zeigten sich unplausible Werte für Gesamtphosphor und ortho-Phosphat. Auch der Anteil des ortho-Phosphats am Gesamtphosphor, insbesondere im Jahresverlauf betrachtet, zeigte unplausible Werte.

Als Beispiel seien hier in Tab. 50 die Werte des Großen Zechliner Sees dargestellt. Auffällig sind hier zum einen die sehr niedrigen Litoralwerte. Die Werte des Freiwassers sind bei gleichem Chl-a-Gehalt und ähnlicher Sichttiefe um ein Vielfaches höher.

Während im Freiwasser recht plausible Gesamt-P-Gehalte gemessen wurden, fällt hier der verhältnismäßig hohe ortho-Phosphat-Gehalt auf. Sein Anteil am Gesamtphosphor beträgt im Durchschnitt über 80 %; im Mittel wurden 0,08 mg/l TP und 0,076 mg/l ortho-Phosphat gemessen.

Der Fehler ist vermutlich - zumindest teilweise (Litoralproben) - auf einen nicht vollständig erfolgten Aufschluss des Gesamtphosphors zurückzuführen. Dabei handelt es sich nicht um einen systematischen Fehler, so dass die richtigen Werte nicht über eine Rechenvorschrift aus den falschen Werten ermittelt werden können.

Aufgrund der unsicheren Datenbasis wurden die vier betroffenen Hot Spots aus der Nährstoffbilanzierung ausgeklammert. Ggf. wird das investigative Monitoring für die Seen erneut durchgeführt, so dass das bestehende Nährstoffreduzierungskonzept Rhin ergänzt werden kann.

Tab. 50: Im Großen Zechliner See an 2 Messstellen ermittelte Gesamtphosphor- und ortho-Phosphat-Werte

	Hauptstelle (Pelagial)		Litoral	
	TP [mg/l]	o-PO4 [mg/l]	TP [mg/l]	o-PO4 [mg/l]
8.7.09	0,073	0,047	0,020	0,012
23.7.09	0,090	0,069	0,010	0,000
4.8.09	0,082	0,067	0,030	0,009
18.8.09	0,087	0,075	0,030	0,004
1.9.09	0,093	0,084	0,010	0,000
15.9.09	0,095	0,087	0,009	0,003
27.10.09	0,133	0,105	0,005	0,003
16.4.10	0,052	0,026	0,031	0,000

5 Fazit und Ausblick für das Rhin-Einzugsgebiet

Ein großer Teil der Gewässer des Rhin-Einzugsgebietes muss derzeit noch als deutlich nährstoffbelastet eingestuft werden. Insgesamt zeigt sich jedoch ein positiver Trend. Während der letzten beiden Dekaden hat sich die Gewässergüte vieler Seen und Fließgewässer im Rhingebiet deutlich verbessert. Vor allem in den Fließgewässern zeigte sich eine Nährstoffentlastung. Dies gilt in den meisten Abschnitten auch für den Rhin selber, dessen Nährstoffgehalte vor allem in Ober- und Mittellauf stark zurückgingen und derzeit an vielen Messstellen das Bewirtschaftungsziel unterschritten haben.

Für einen Teil der Gewässer im Rhin-Einzugsgebiet ist das Erreichen bzw. Unterschreiten ihres Bewirtschaftungsziels hinsichtlich der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff unter den derzeitigen Rahmenbedingungen daher wahrscheinlich. Dies gilt vor allem für die Gewässer, die derzeit bereits einen guten oder mäßigen ökologischen Zustand aufweisen. Sollte das operative Monitoring zeigen, dass sich der positive Trend weiter fortsetzt, sind hier zunächst keine Maßnahmen notwendig. Die sinkenden Nährstofffrachten sollten sich in den kommenden Jahren in einer Verbesserung der biologischen Parameter widerspiegeln.

Neben dem allgemeinen Trend der Nährstoffentlastung bestehen jedoch lokal oder gebietsweise nach wie vor erhebliche Gütedefizite, die einen schlechten ökologischen Zustand bedingen. Die Ursachen sind hier beispielsweise Punktquellen oder eine intensive Nutzung des Einzugsgebietes.

Die Betrachtung der Nährstoffbilanzen in diesen „Hot Spots“ zeigte, dass unter Umständen auch umfangreiche Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte nötig sind.

In den betrachteten Gebieten spielen Grundwasser und Zwischenabfluss die bedeutendste Rolle für die Befruchtung der Oberflächengewässer mit Phosphor und Stickstoff. Ausschlaggebend für die Nährstoffgehalte im Grundwasser ist in den untersuchten Gebieten die Flächennutzung.

Aufgrund der hohen Frachten über den Grundwasserpfad beziehen sich die jeweils empfohlenen Maßnahmen schwerpunktmäßig auf die Flächennutzung. Hier zeigt sich, dass es in vielen Einzugsgebieten größerer Veränderungen bei der Bewirtschaftung bedarf. Zugleich sind Grundwasser und Zwischenabfluss Pfade, bei denen Maßnahmen erst mittel- oder langfristig greifen. In manchen Gebieten ist auch eine historische Komponente bei der Nährstoffbefruchtung zu berücksichtigen.

Die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte wird sich daher im Rhingebiet vielfach nicht einfach gestalten und sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Die derzeit belasteten Gewässer in den betrachteten Hot Spots in den guten ökologischen Zustand zu versetzen, wird voraussichtlich wesentlich mehr Zeit in Anspruch nehmen als den ersten Bewirtschaftungszeitraum (bis 2015). Hier werden vor allem die langen Fließzeiten im Grundwasser zum Tragen kommen, aber auch veränderte Bedingungen innerhalb der Gewässer (z.B. physikalisch-chemische Reaktionen bei der Aushagerung der Seesedimente). Zeitlich kaum abzuschätzen ist die biologische Antwort der Gewässer, insbesondere der Seen, auf die Nährstoffreduzierung.

Um die Ziele der EU-WRRL für die Gewässer im Rhingebiet bis spätestens 2027 zu erreichen, ist es zum einen nötig, den allgemeinen positiven Trend zu sichern und beizubehalten. Hier sollte besonderes Augenmerk auf die Bewirtschaftung der Flächen gerichtet werden, und eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (z.B. durch erweiterten Energiepflanzenanbau oder die Intensivierung und Konzentration der Tierhaltung (Gülleproblematik) sollte insbesondere in nährstoffsensiblen Gebieten vermieden werden. Zum anderen sollten in den Hot Spots schnellstmöglich Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffeinträge in Gewässer (z.B. Optimierung der Kläranlagen, Extensivierung der Nutzung) umgesetzt werden.

6 Quellenverzeichnis

- ATV (1998): Arbeitsblatt 262. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenbeeten für kommunales Abwasser bei Ausbaugrößen bis 1000 Einwohnerwerte; Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA); Hennef; 1998
- ATV (1991) Arbeitsblatt A 131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5.000 Einwohnerwerten, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA); Hennef; 1991
- BARJENBRUCH, M. & A. WRIEGE-BECHTHOLD (2006): Umgang mit Abwasser aus Kleingartenanlagen. Möglichkeiten der Abwasserentsorgung. Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät. Rostock
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1994): Auswirkungen des sauren Regens und des Waldsterbens auf das Grundwasser – Materialien, Nr. 40
- BEHRENDT, H., OPITZ, D., PAGENKOPF, W.-G. & O. SCHMOLL (2000): Stoffeinträge in die Gewässer Brandenburgs. Studie des IGB im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
- BOHNER, A. & M. SCHINK (2007): Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Einzugsgebiet des Mondsses und Irrsees mit besonderer Berücksichtigung des Phosphors. Schriftenreihe BAW, 26, 34-50.
- BROMBACH, H. & S. MICHELBAACH (1998): Abschätzung des einwohnerbezogenen Nährstoffaustrages aus Regenentlastungen im Einzugsgebiet des Bodensees (Studie). Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG UND BAUWESEN UND STÄDTEBAU; (Hrsg.) (1998): Städtebauliche, ökologische und soziale Bedeutung des Kleingartenwesens. Deichmanns Aue 31-37, Bonn-Bad Godesberg
- CHORUS, I. (1995): Müssen bei der Seesanieung Gesamtphosphat-Schwellenwerte unterschritten werden bevor das Phytoplankton eine Reaktion zeigt? In: (Hrsg.) Jäger, D., Koschel, R.: Verfahren zur Restaurierung stehender Gewässer. Limnologie aktuell 8: 225-238.
- DEUMLICH, D. (2004): Wassererosionsbedingte Stoffeintragspotenziale im Einzugsgebiet der Ucker. Poster zum Tag der Hydrologie 2004 in Potsdam. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 05.04
- DEUMLICH, D., STEIDL, J. DANNOWSKI, R. & S. SCHWEIGERT (2008): Modellgestützte Abschätzung der Nährstoffbelastung aus Wassererosion in einem agrarisch genutzten Einzugsgebiet in Brandenburg. Tagungsbeitrag zur DBG-Tagung Wasser- und Stoffflüsse in Landschaften 2008 in Kiel. Berichte der DBG; nicht begutachtete online-Publikation (www.dbges.de)
- DWA (2006): Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef; 114 S.
- FEHR (2000): Nährstoffbilanzen für Flusseinzugsgebiete.
- FREDE & DABBERT (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed
- GELBRECHT, J. , LENGSELD, H. & D. ZAK (2003): Stoffrückhalt und -freisetzung in grundwassergespeisten Mooren des nordostdeutschen Tieflandes. In: Stoffausträge aus wiedervernässten Niedermooren. Fachbeiträge Kolloquium Güstrow im Februar 2002. LUNG-Schriftenreihe Heft 2/2003

- GINZEL, G. & M. HANNEMANN (2002): Hohe Phosphatbelastungen in Gewässern des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) und deren geogene Ursachen. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 9 (2002), 1/2, S. 69-75
- GLUGLA, G. U. G. FÜRTIG (1997): Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushaltes für den Lockergesteinsbereich. Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogramms ABIMO. BfG, Außenstelle Berlin, 19 S. + Anhang
- IAG GMBH (2011): Abschlussbericht zum Restaurationsvorhaben Seddiner Seenkette.
- JESSEL, B. & J. JACOBS (2004): Leitbildorientierte Bewertung von Landschaftsszenarios als Grundlage für das Management. Bericht zum Teilprojekt 9 des Verbundvorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel
- KLIK, A., HEBEL, B. & J. ROSNER (2000): Erosionsschutz in der Landwirtschaft: Erfolgreiche Maßnahmen gegen Bodenerosion auf ackerbaulich genutzten Flächen. Broschüre der LAKO. Wien.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG [LUA] [HRSG.] (1996): Ausweisung von Gewässerrandstreifen. Studien und Tagungsberichte. Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Band 10, Potsdam.
- LUGV (2009): Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer im Land Brandenburg gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie für den 1. Bewirtschaftungsplan (2010–2015). Verbindliche Endversion vom 10.03.2009. Unveröffentlicht.
- LANDESUMWELTAMT NRW (2004): Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 19 Abschlussbericht des NRW-Verbundvorhabens “Boden- und Stoffabtrag von Ackerflächen - Ausmaß und Minderungsstrategien“. Essen.
- LANU SCHLESWIG-HOLSTEIN (1999): Empfehlungen zum integrierten Seenschutz. Broschüre. Kiel. 40 S.
- MLUR SCHLESWIG-HOLSTEIN (2008): Regeneration von Seen. Erläuterungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein.
- MLUV BRANDENBURG (2009): Wasserversorgungsplan 2009 für das Land Brandenburg. Potsdam
- PETERSEN, H. (1999): Einfahrtbetrieb einer Aufstauanlage mit besonderer Berücksichtigung der Schlammproblematik. Diplomarbeit. TU Berlin, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft. Berlin.
- PRASUHN, V. (2006): Erfassung der PO₄-Austräge für die Ökobilanzierung. Agroscope Reckenholz-Tänikon
- SCHAUSER, I.; LEWANDOWSKI, J. & M. HUPFER (2003): Seeinterne Maßnahmen zur Beeinflussung des Phosphorhaushaltes eutrophierter Seen – Leitfaden zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens. Berichte des Leibnitz – Institutes für Gewässerökologie und Binnenfischerei. Heft 16/2003.
- SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2010): Lehrbuch der Bodenkunde.
- STEIDL, J., DIETRICH, O. & O. BAUER (2004): Wasser- und Stoffrückhaltepotenziale in grundwasserregulierten Feuchtgebieten am Beispiel des Rhin-Einzugsgebietes. Vortrag zum Tag der Hydrologie 2004 in Potsdam. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 05.04
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (HRSG.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart

TREPEL, M. (2004): Vorschläge zur Beurteilung der redoxabhängigen Phosphorfreisetzung durch die Vernässung von Niedermoorböden. Studie im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Ökologie-Zentrum an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

VENOHR, M., HIRT, U., HOFMANN, J., OPITZ, D., GERICKE, A., WETZIG, A., ORTELBACH, K., NATHO, S., NEUMANN, F. & J. HÜRDLER (2009): Das Modellsystem Moneris. Handbuch. Leibnizinstitut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin

VOLLENWEIDER 1976, OECD 1983, NÜRNBERG 1999

SCHOENER, Kristina (2010): Ermittlung der Versiegelung für das Land Brandenburg. Büro für Angewandte Hydrologie. Berlin.

SCHULZ, L. (1981): Nährstoffeintrag in Seen durch Badegäste.-Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Abteilung 1. Originale. Reihe B. Hygiene, Betriebshygiene, präventive Medizin 173: 528-548.

WASSERWIRTSCHAFTSDIREKTION ODER-HAVEL (WWD) (1967-1989): Verschiedene unveröffentlichte Untersuchungen und Berichte zum Zustand des Vielitzsees.

DATEN

DEUMLICH, D. (2009): Karte der potentiellen Bodenabtragsgefährdung Brandenburgs nach DIN 19708 (ABAG) in der Bearbeitung des ZALF Müncheberg e.V. (IfBLF) V. 2009.

KOSCHITZKI, TH., MÖLLER, M. & D. WURBS (2008): Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser und Wind im Land Brandenburg. Bericht der geoflux GbR Halle im Auftrag der sciLands GmbH Göttingen und des LBGR Brandenburg.(unveröffentlicht), 67 S.; Kleinmachnow.

LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ LAND BRANDENBURG (LUGV) (2011a): „Karte der potentiellen Kontaminierungsherde“ und „Karte anthropogener und geogener Umweltbeeinflussungen“ von 1979. Referat Ö4.

LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ LAND BRANDENBURG (LUGV)(2011b): Datenbank Kommunalabwasser. Referat Ö4.

LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1993): Biotoptypen aus der CIR-Befliegung 1991 - 1993.

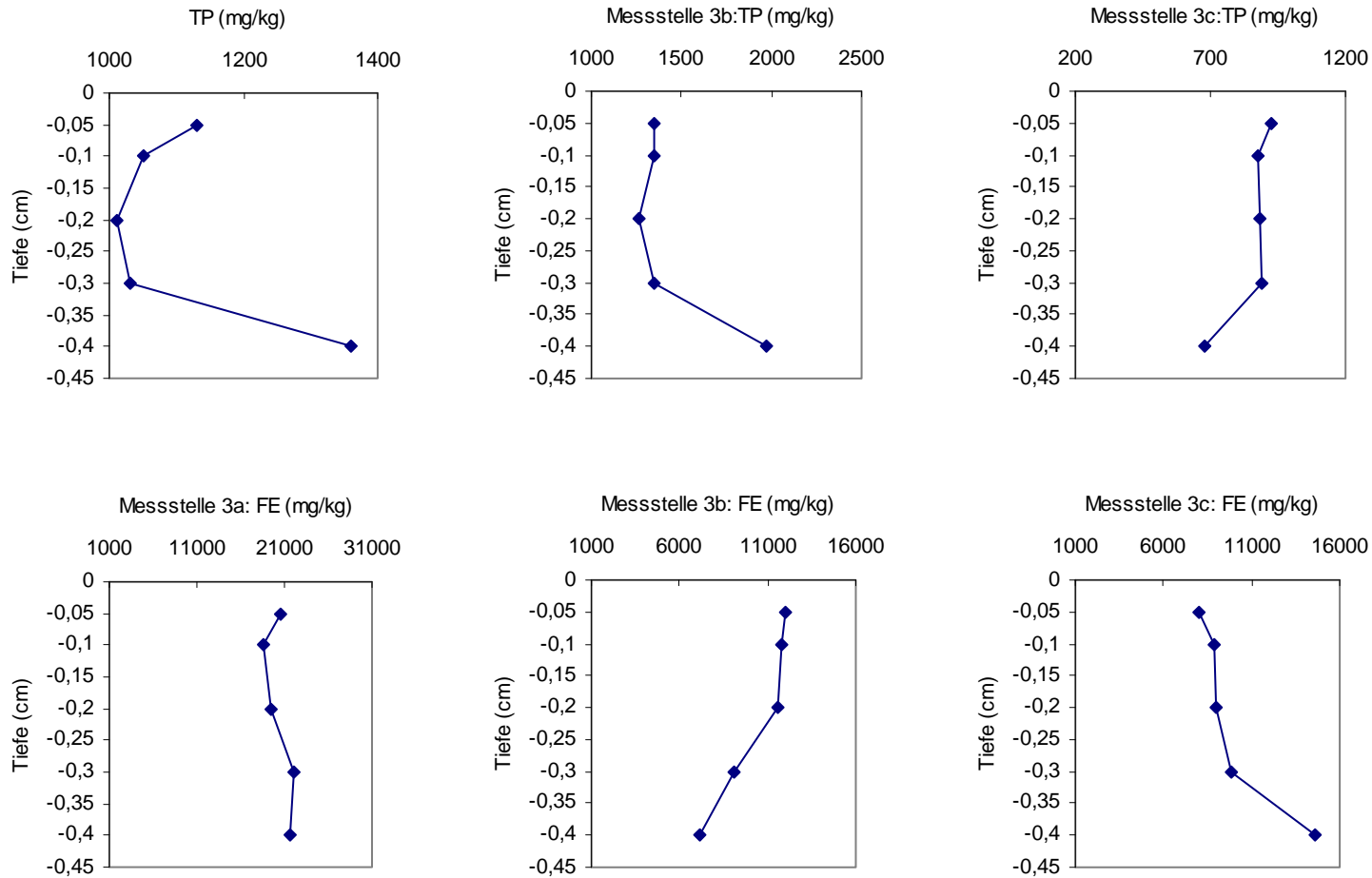
LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (2008a): Oberirdische Einzugsgebiete Version 3.0 (Teileinzugsgebiete). Referat Ö4. Stand 03.09.2008

LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (2009a): Mittlere Abflussspende für die Zeitreihe 1976-2005 (ABIMO). Referat Ö4, Stand: 04/2009.

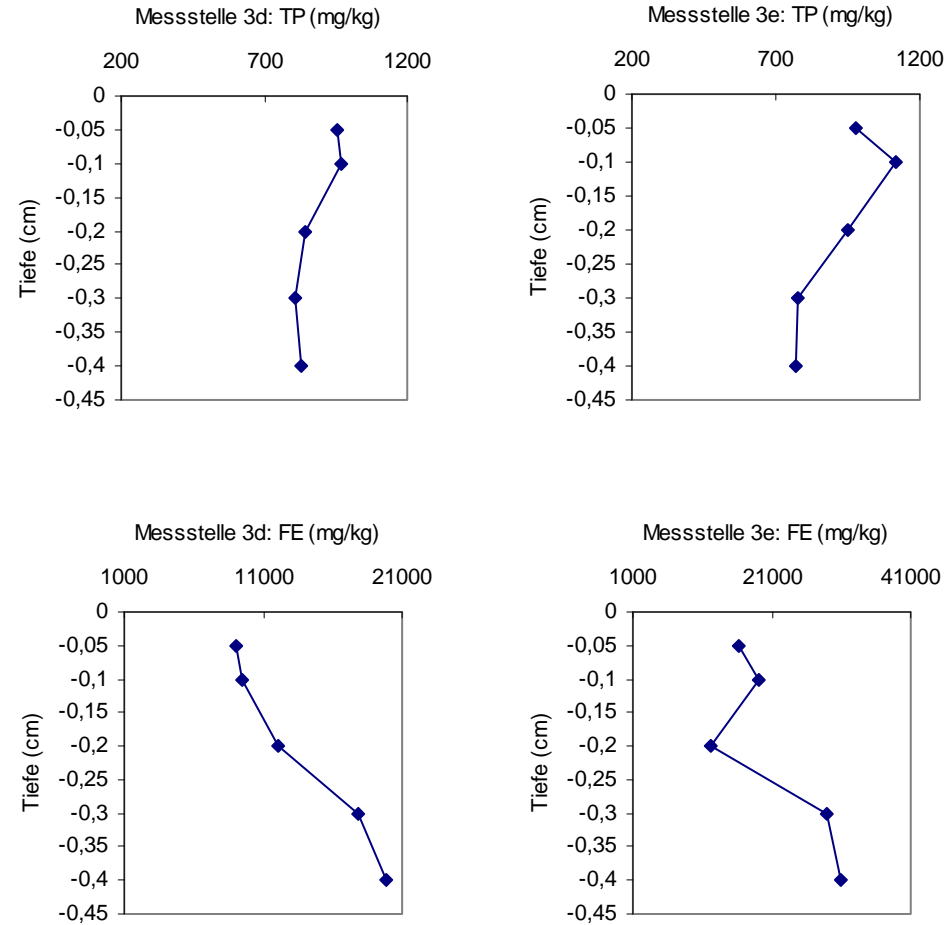
LANDESVERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION BRANDENBURG (LGB)(2011): Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM). ATKIS-Daten. Stand 01.07.2011

MINISTERIUM FÜR INFRASTRUKTUR UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (MIL) (2005-2009): GIS-InVeKoS-Antragsdaten des Landes Brandenburg 2005 – 2009.

Anhang



Tab. A-1: Gehalte an Gesamtphosphor und Eisen der Sedimente im Vielitzsee in verschiedenen Tiefen (Messstellen 3a, 3b und 3c)



Tab. A-2: Gehalte an Gesamtphosphor und Eisen der Sedimente im Vielitzsee in verschiedenen Tiefen (Messstellen 3d, 3e)

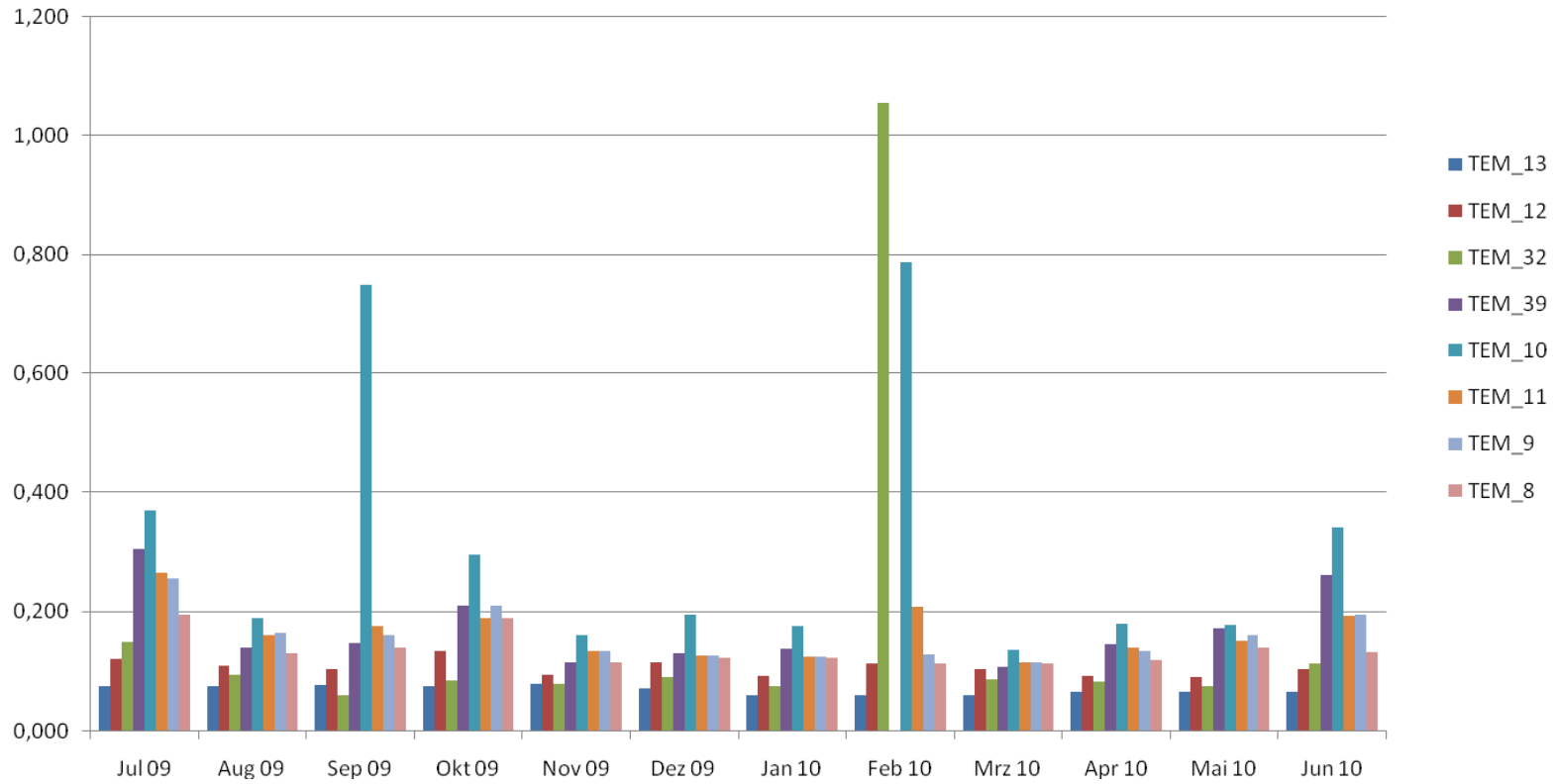


Abb. A-1: TP-Monatsmittel (mg/l) für die Messstellen der Temnitz (geordnet von der Quelle zur Mündung)

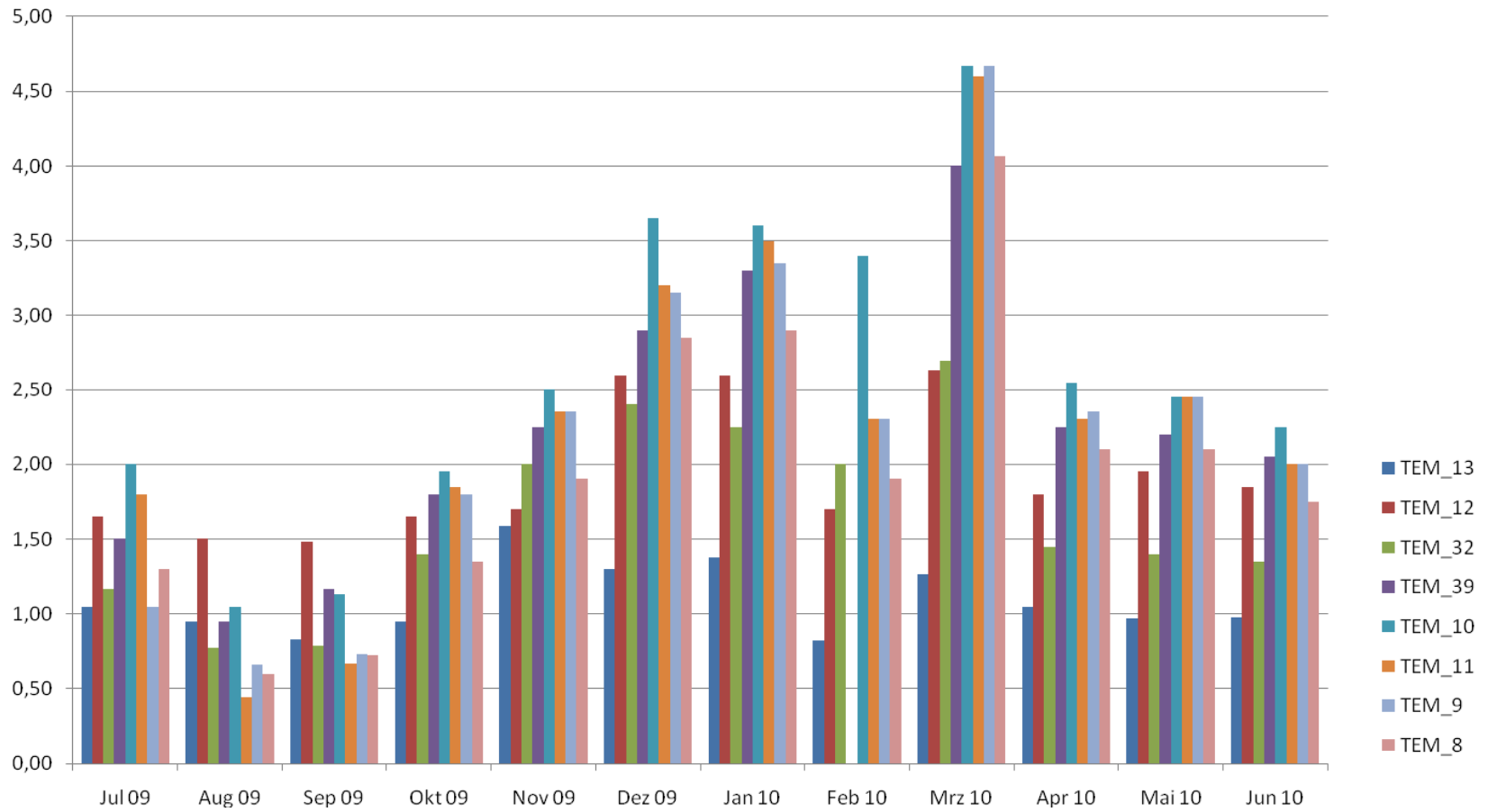


Abb. A-2: TN-Monatsmittel (mg/l) für die Messstellen der Temnitz (geordnet von der Quelle zur Mündung)

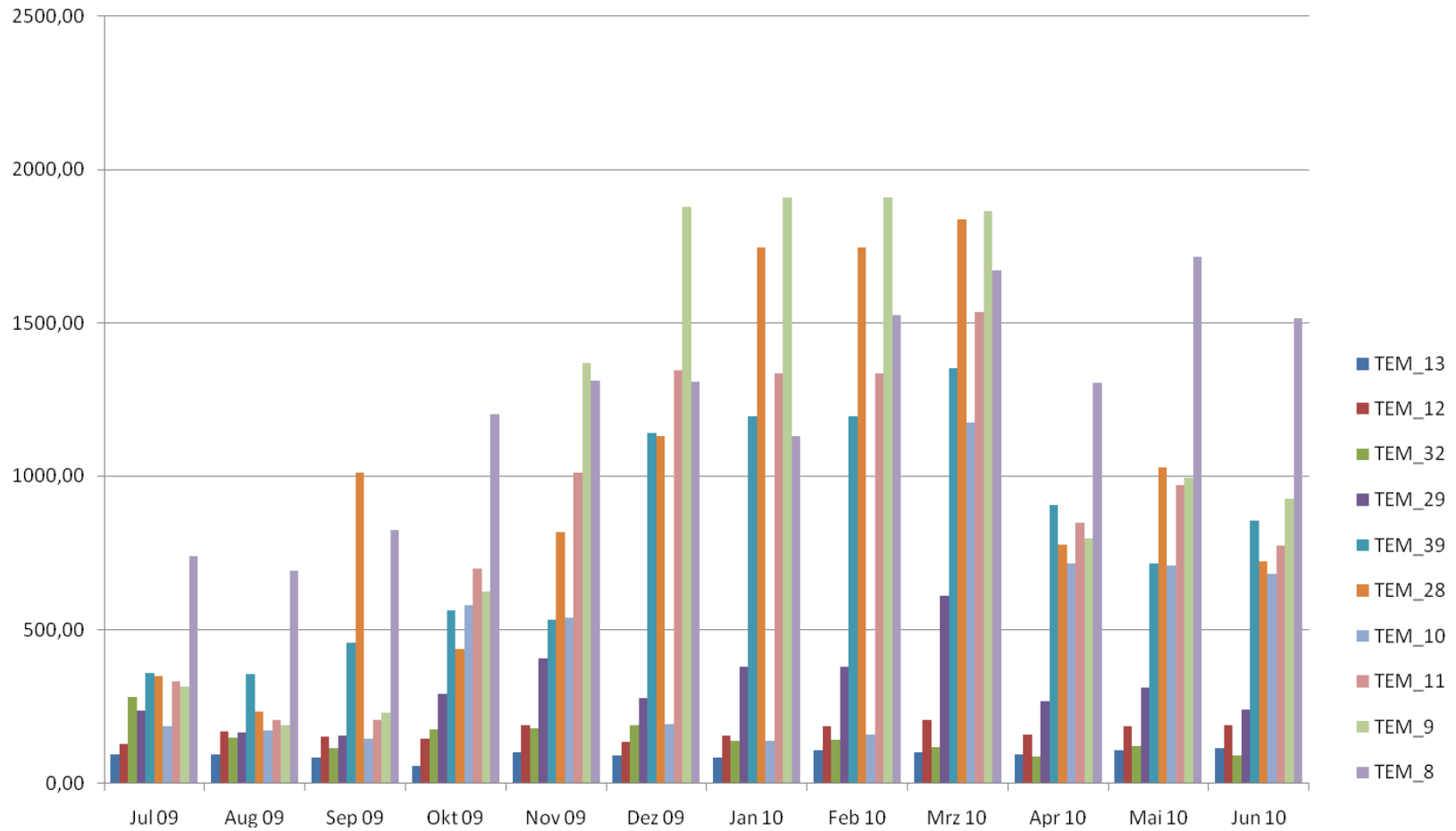


Abb. A-3: Abfluss-Monatsmittel (l/s) für die Messstellen der Temnitz (geordnet von der Quelle zur Mündung)

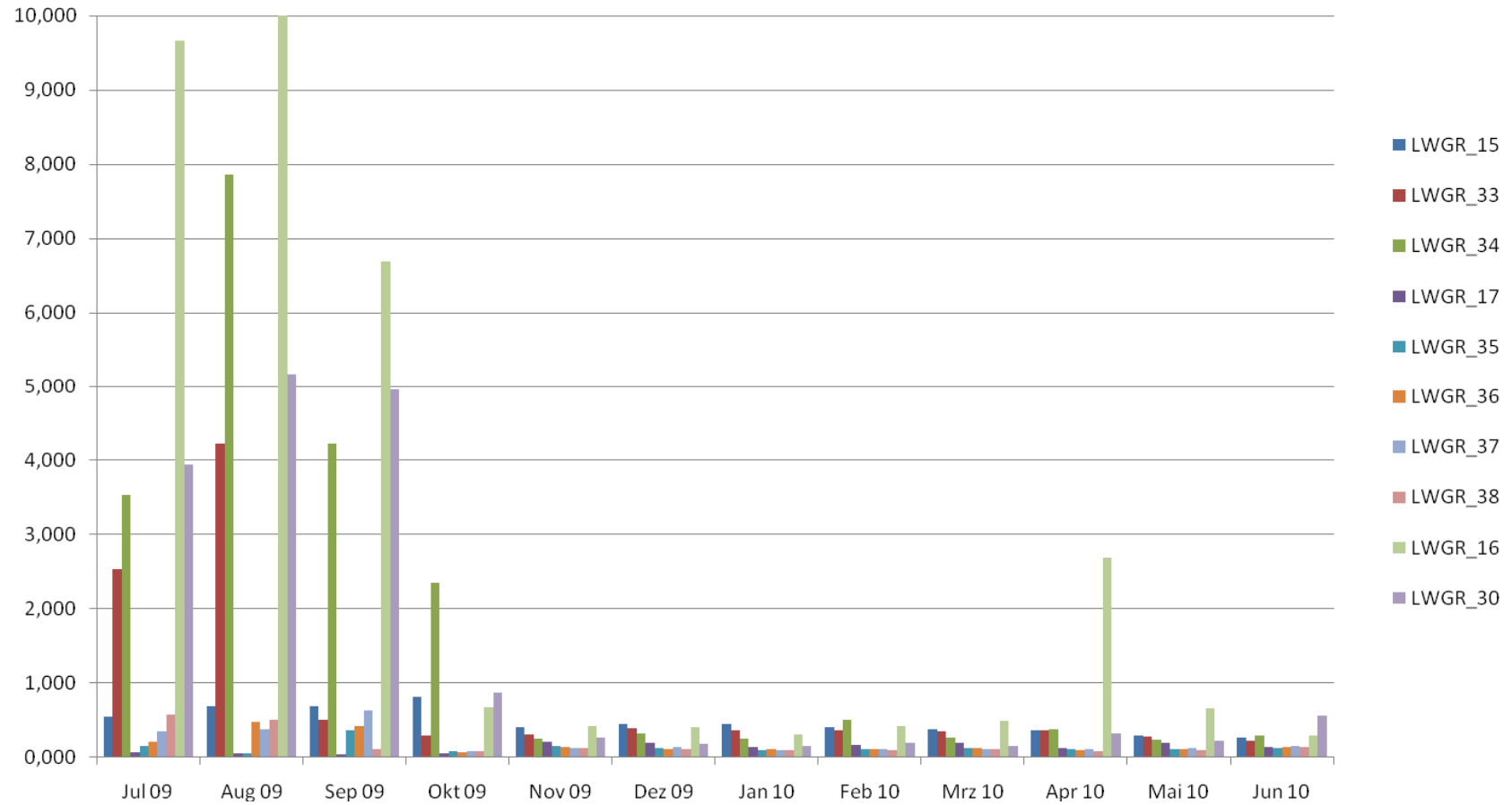


Abb. A-4: TP-Monatsmittel (mg/l) für die Messstellen des Landwehrgrabens (geordnet von der Quelle zur Mündung)

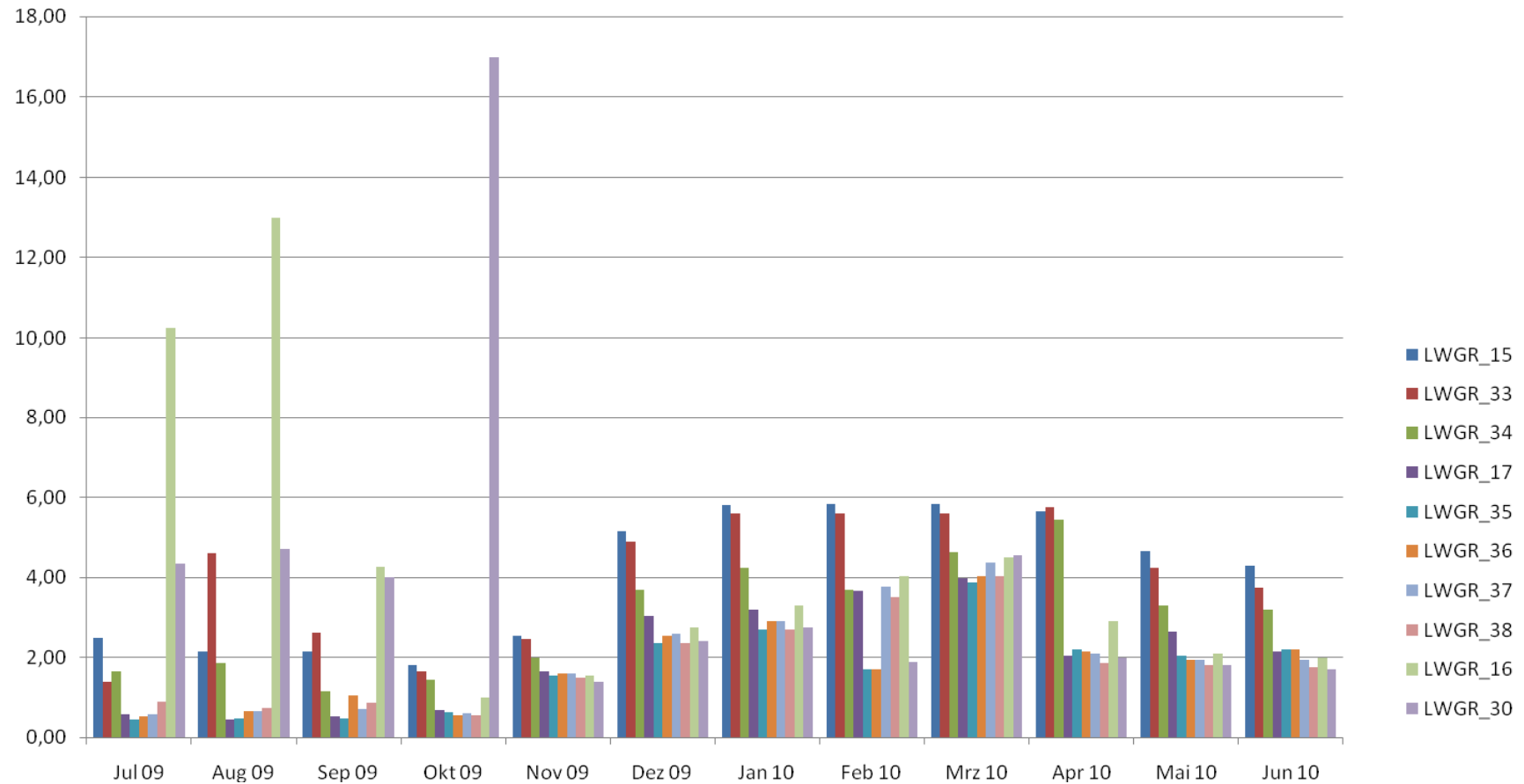


Abb. A-5: TN-Monatsmittel (mg/l) für die Messstellen des Landwehrgrabens (geordnet von der Quelle zur Mündung)

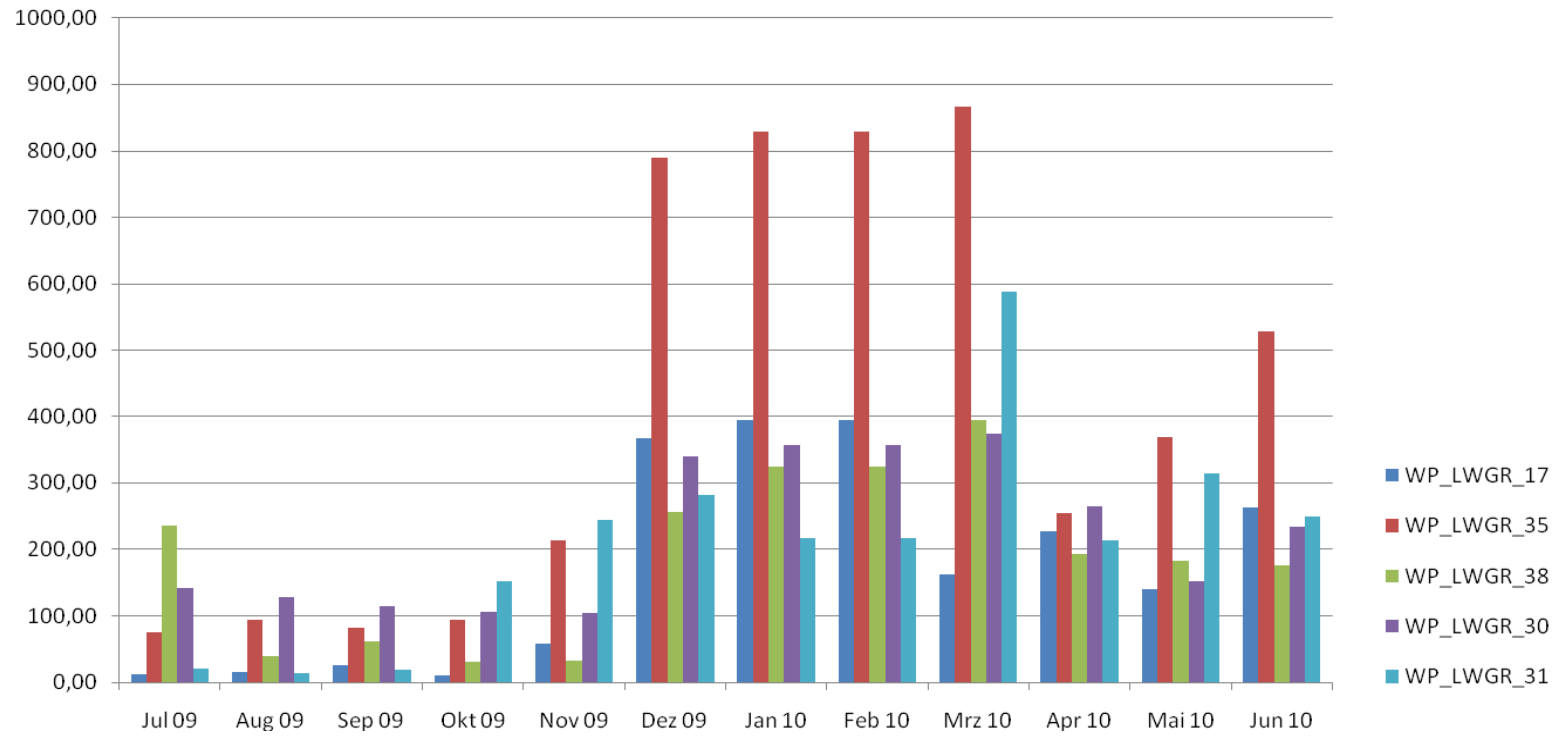


Abb. A-6: Abfluss-Monatsmittel (l/s) für die Messstellen des Landwehrgrabens (geordnet von der Quelle zur Mündung)

Tab. A-1: Jahresmittelwerte der Grundwassergütemessstellen des Landesmessnetzes

Pegel	Jahr	TP (mg/l)	DRP (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	Pegel	Jahr	TP (mg/l)	DRP (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)
Darritz OP	1999		0,034	9,08	0,17	Darritz UP	1999		0,054	0,22	0,14
	2000		0,015	6,845	0,140		2000		0,032	0,120	0,105
	2001		0,025	5,825	0,135		2001		0,047	0,020	0,110
	2002	0,028	0,019	4,950	0,170		2002	0,068	0,028	1,760	0,170
	2003	0,023	0,006	7,855	0,135		2003	0,039	0,009	0,800	0,100
	2004		0,020	3,870	0,115		2004		0,041	0,130	0,090
	2005		0,003	4,170	0,115		2005		0,012	0,073	0,095
	2006		0,004	1,106	0,120		2006		0,017	0,057	0,090
	2007	0,033	0,005	1,770	0,185		2007	0,075	0,016	0,079	0,155
	2008	0,024	0,009	3,035	0,090		2008	0,051	0,013	0,057	0,065
	2009	0,028	0,010	1,285	0,165		2009	0,064	0,019	0,025	0,105
	2010	0,036	0,009	0,66	0,090		2010	0,059	0,013	0,025	0,070
Pegel	Jahr	TP (mg/l)	DRP (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)						
Lögow	1998		0,030	102	0,07						
	1999		0,039	118,250	0,100						
	2000		0,038	102,560	0,110						
	2001		0,030	85,055	0,095						
	2002	0,036	0,021	54,205	0,105						
	2003	0,025	0,013	138,550	0,070						
	2004	0,022	0,024	183,650	0,060						
	2005	0,036	0,013	156,345	0,080						
	2006	0,027	0,013	146,105	0,060						
	2007	0,027	0,017	65,850	0,105						
	2008	0,024	0,010	78,095	0,325						
	2009	0,026	0,062	56,615	4,725						

**Ministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke
Tel. 033201 442 171
Fax 033201 43678
E-Mail infoline@lugv.brandenburg.de
www.lugv.brandenburg.de

