



Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
und Umwelt

Ministerium
für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz



Reduzierung der Nährstoffbelastungen von Dahme, Spree und Havel in Berlin sowie der Unteren Havel in Brandenburg

Gemeinsames Handlungskonzept der
Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer
Berlin und Brandenburg

Teil 2: Quantifizierung und Dokumentation der pfadspezifischen Eintragsquellen

Berlin/Potsdam, den 12.12.2012

Inhalt

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Veranlassung und Zielstellung | 2 |
| 2 | Kurzfassung der methodische Herangehensweise bei der Bilanzierung der Emissionen..... | 4 |
| 3 | Quantifizierung der Nährstoffeinträge (P) im Handlungsraum Brandenburgs | 5 |
| 3.1 | Erosion von landwirtschaftlichen Flächen | 5 |
| 3.2 | Dränagen | 7 |
| 3.3 | Nährstoffsensible Flächen..... | 9 |
| 3.4 | Nährstoffdynamik in Folge wasserhaushaltlicher Regulierungen | 11 |
| 3.5 | Abschwemmung von versiegelten Flächen | 11 |
| 3.6 | Punktquellen | 14 |
| 3.7 | Gesamtbilanz der Emissionen in den Brandenburgischen Teileinzugsgebieten | 16 |
| 4 | Quantifizierung der Nährstoffeinträge (P) im Raum Berlin | 19 |
| 4.1 | Punktquellen | 19 |
| 4.2 | Mischwassereinleitungen | 21 |
| 4.3 | Trennsystem | 23 |
| 4.4 | Gesamtbilanz in den Berliner Teilgebieten..... | 26 |
| 5 | Gesamtbilanz | 29 |
| 6 | Fazit und Ausblick | 31 |
| 7 | Literatur | 33 |

1 Veranlassung und Zielstellung

Aus der im Teil 1 des Nährstoffreduzierungskonzeptes Berlin-Brandenburg (NRK BE-BB) ermittelten Überschreitung der zum Erreichen des „Guten Zustands“ nach WRRL erforderlichen Zielkonzentrationen folgen nunmehr die Ermittlung der dafür verantwortlichen Eintragspfade und deren Quantifizierung. Hierfür wurden länderspezifische Daten Berlins und Brandenburgs ausgewertet. Diese Bilanz bildet die Grundlage für den sich anschließenden Prozess der Entwicklung transparenter und effizienter Handlungsstrategien.

Es stehen die Einzugsgebiete im Fokus, für die nach den Ergebnissen des Teil 1 des NRK BE-BB Anforderungen für notwendige Frachtreduzierungen festgestellt wurden. Für die Gebiete, die am Bilanzpegel die Zielkonzentrationen bereits einhalten, werden zunächst keine Anforderungen für Frachtreduzierungen formuliert, unabhängig von der in Phase 1 des Konzeptes BE-BB ermittelten Fracht. Die Gebiete, in denen Maßnahmen zur Frachtreduzierung erforderlich sind, werden im Weiteren als nährstoffrelevante Einzugsgebiete bezeichnet und ausschließlich in diesen erfolgt eine weitergehende Ermittlung der Emissionen. In der Tab. 1 sind die aus dem Teil I des NRK BE-BB zu reduzierenden Frachten von Gesamtphosphor angegeben. Die Notwendigkeit und der Erfolg der Maßnahmen werden dabei mit Messstellen differenzierter Funktion belegt: Die wichtigste Messstelle ist die Hauptmessstelle Havel Ketzin. An ihr werden sowohl Trends der Nährstoffgehalte als auch die Nährstoffbilanz für das gesamte Einzugsgebiet der Unteren Havel ermittelt und der Erfolg der Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge bilanziert. An den Bilanzmessstellen werden Nährstoffbilanzen von Teileinzugsgebieten berechnet und der Erfolg der Maßnahmen bilanziert. Wichtige Bilanzmessstellen sind z.B. der Pegel Hennigsdorf für die Oberhavel und der Pegel Babelsberg für die Nuthe. Trends der Nährstoffkonzentrationen werden an Trendmessstellen ermittelt. Wichtige Trendmessstelle ist z.B. der Pegel Havelberg für die Untere Havel. An den Trendmessstellen werden Nährstoffbilanzen nur für die landesinterne Plausibilisierung (Zwischenbilanzen) gerechnet.

Tab. 1: Wichtige Messstellen im Handlungsraum und zu reduzierende P-Frachten.

| Name der Messstelle | Art der Messstelle | Einzugsgebiet | zu reduzierende Fracht nach Konzept Phase 1 |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| Ketzin | Hauptmessstelle | Untere Havel | 108 t/a |
| Schmöckwitz | Bilanzmessstelle | Dahme | 12 t/a |
| Babelsberg | Bilanzmessstelle | Nuthe | 13 t/a |
| Hennigsdorf | Bilanzmessstelle | Oberhavel (bis Hennigsdorf) | 4 t/a |
| Spandau | Trendmessstelle | Oberhavel | 4 t/a |
| Dahlwitz | Bilanzmessstelle | Erpe | 0,3 t/a |
| vor Flakensee | Bilanzmessstelle | Löcknitz | - |
| Vogelsdorf | Bilanzmessstelle | Fredersdorfer Mühlenfließ | - |
| Zeestow | Trendmessstelle | Havelkanal | 5 t/a |
| Brandenburg | Bilanzmessstelle | Plane, Buckau | 1 t/a |
| Neuzittau | Bilanzmessstelle | Untere Spree | 0 t/a |
| Sophienwerder | Bilanzmessstelle | Untere Spree | 65 t/a |
| Havelberg | Trendmessstelle | Untere Havel | keine Angabe |
| Krughorn | Bilanzmessstelle | Untere Havel | 75 t/a |
| Nathanbrücke | Trendmessstelle | Teltowkanal | 32 t/a |

2 Kurzfassung der methodischen Herangehensweise bei der Bilanzierung der Emissionen

Berlin:

Für die Berechnung der P-Emissionen der Klärwerke (Abb. 6) wurden die Daten der Eigenüberwachung der Berliner Wasserbetriebe des Zeitraumes 2006 bis 2010 herangezogen. Die Ermittlung der Jahresfrachten bzw. der mittleren Tagesfrachten erfolgt auf Grundlage der 24 h Mischproben und der täglich erfassten Abwassermenge. Aus den durchschnittlichen Tagesfrachten wurden die Jahresfrachten ermittelt. Die Entlastungsmengen der Teilgebiete der Mischkanalisation liegen als Ergebnis hydrodynamischer Langzeitberechnungen für den Ausgangs- und den Sanierungszustand vor. Für den unsanierten und sanierten Zustand werden unterschiedliche mittlere Konzentrationen der Mischwasserüberläufe aus Messkampagnen angenommen. Die Angabe der Jahresfracht erfolgt als Jahresdurchschnittsfracht für den aktuellen Sanierungszustand (2010). Die Berechnung der Fracht der Trennkanalisation erfolgt ebenfalls modellgestützt. Der durchschnittliche Oberflächenabfluss eines Jahres der bebaut und unbebaut versiegelten Flächen wurde mit Hilfe des hydrologischen Modells ABIMO berechnet (Zustand 2009). Die Berechnung der Emissionen des Berliner Trennsystems erfolgt über die Multiplikation des Oberflächenabflusses mit der für Berlin aus umfassenden Messkampagnen gemittelten Konzentration im Regenwasser. Diese wird in Berlin mit 0,6 mg/l TP angesetzt (siehe Tab.). Das entspricht in etwa einer spezifischen Fracht von 2,3 kg/ha * a. Mit der Bilanzierung dieser Eintragspfade sind alle maßgeblichen Emissionen der Metropolenregion erfasst.

Brandenburg:

Für das Bundesland Brandenburg wurde zunächst der Handlungsraum definiert, für den weitergehende Betrachtungen der Phosphor-Emissionen erfolgen müssen. Zu diesem gehören die Einzugsgebiete der Nuthe, der Oberhavel, der Dahme, des Havelkanals, des Ballungsraumes Potsdam und der Plane, die wesentlichen Anteil an der Fracht des Wirkungsraumes haben und an deren Bilanz- bzw. Trendmessstellen in Phase 1 Überschreitungen der Zielkonzentrationen festgestellt wurden. Im Handlungsraum wurden die Emissionen von Kläranlagen (basierend auf der Selbstauskunft der Betreiber), Einträge durch Abwaschung von versiegelten Flächen durch Regenwasser, Nährstoffeinträge von nährstoffsensiblen Flächen, erosionsgefährdeten Flächen und Dränagen ermittelt. Weitere methodische Details sind in den Kapiteln 3.1 – 3.6 zu finden.

Die hier verwendete Bilanzierung umfasst zunächst lediglich die wahrscheinlichen Haupteintragspfade. Eine vollständige Bilanz wird mit den regionalen Nährstoffreduzierungskonzepten für diese Gebiete ermittelt.

3 Quantifizierung der Nährstoffeinträge (P) im Handlungsraum Brandenburgs

In den folgenden Kapiteln werden die für den Handlungsraum des Landes Brandenburg bedeutendsten Emissionspfade des Phosphors (Erosion und Abschwemmung, Dränagen, Kläranlagen, Auswaschung und Abschwemmung von versiegelten Flächen) benannt und soweit möglich analysiert und quantifiziert.

3.1 Erosion von landwirtschaftlichen Flächen

Rund 83.500 ha Ackerfläche in den Einzugsgebieten Nuthe, Dahme, Obere Havel und Plane (11% der Einzugsgebietsfläche) befinden sich auf erosionsgefährdeten Standorten mit hydraulischem Anschluss ans Gewässernetz und sind damit maßgeblich relevant für Nährstoffemissionen in die Gewässer (s. Abb. 1).

Die Berechnung des durch Erosion eingetragenen Phosphors erfolgte auf Basis der Karte der potenziellen Bodenabtragsgefährdung des Landes Brandenburg (DEUMLICH 2009), welche die langjährig zu erwartenden mittleren Bodenabträge gemäß ABAG (Schwertmann et al. 1987) rasterbasiert abbildet.

Von der Gesamtheit der im Einzugsgebiet vorhandenen Flächen trägt nur ein Teil zu den Einträgen in die Gewässer bei. Eine konkrete Auswahl dieser eintragsrelevanten Flächen konnte aufgrund des Bearbeitungsmaßstabs nicht getroffen werden, es wurden daher Flächen nach folgendem Kriterium ausgewählt:

- Entfernung der Ackerflächen (ATKIS, Objektart 4101) vom Gewässer weniger als 50 m. Für die Bilanzierung wurden lediglich Ackerflächen berücksichtigt, die nicht mehr als 200 m (Bereiche mit stärkerem Relief und kürzeren Hanglängen) oder 400m (Bereiche mit geringerem Relief und höheren Hanglängen) vom Gewässer entfernt liegen.

Bei der Berechnung aus ABAG-Werten wurden der schwerpunktmäßige P-Transport über kleine und leichte Bodenbestandteile mittels eines Anreicherungsfaktors (AUERSWALD 1989 und 1991) berücksichtigt,; die Sedimentation in der Fläche wurde über die SDR (Sediment delivery ratio) einbezogen. Durch Einträge aus den ausgewiesenen erosionsgefährdeten Standorten werden die Gewässer je Einzugsgebiet mit 275 bis 4.384 kg Gesamtphosphor belastet (siehe s. Kap. 2.6).

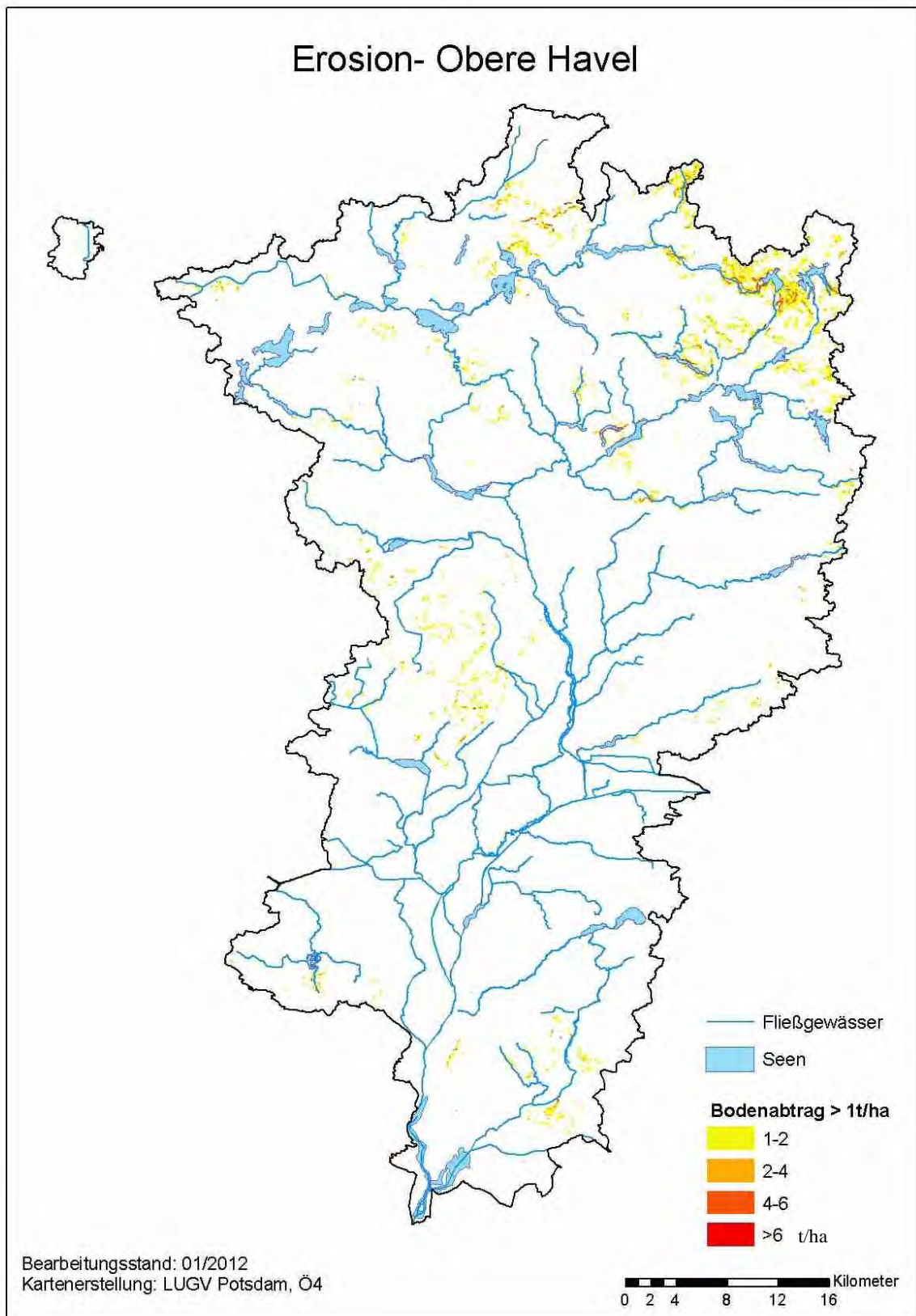


Abb. 1: Erosion im Einzugsgebiet der Oberhavel

3.2 Dränagen

Bis zu 6 % der Einzugsgebietsfläche der nährstoffsensiblen Einzugsgebiete werden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (>70%) durch Dränagen entwässert (s. Abb. 2). Dadurch wird ein erheblicher Teil des Sickerwassers ohne lange Bodenpassage quasi direkt in die Oberflächengewässer eingeleitet. Prozesse der Nährstoffakkumulation während der Bodenpassage werden dadurch stark verkürzt und damit auch erhöhte Nährstofffrachten in die Gewässer emittiert.

Die Höhe der Emission wurde ermittelt, indem zunächst (a) eine Karte der Dränagewahrscheinlichkeit erstellt wurde (LUGV 2011). Hohe Dränagewahrscheinlichkeiten bestehen z. B. an grundwassernahen Standorten mit geringen Wasserdurchlässigkeiten. Ab einer Dränwahrscheinlichkeit von mehr als 70 % wird davon ausgegangen, dass eine Dränung der Gebiete vorliegt und diese bei der Bilanzierung berücksichtigt.

Parallel dazu wurde die potenzielle Auswaschung von Phosphor aus dem Oberboden und eine Verlagerung mit dem Sickerwasser ins Grundwasser berechnet (b). Diese findet dann statt, wenn ein Phosphorüberschuss existiert und Phosphor im Boden nicht aufgenommen oder adsorbiert wird. Verschiedene Autoren weisen auf hohe Auswaschungsverluste mit Phosphor überversorgten landwirtschaftlich genutzten Böden hin (u. a. PRASUHN 2006, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2010). Aber auch gering mit Phosphor versorgte Böden neigen zur vertikalen P-Verlagerung und letztlich zur Auswaschung unabhängig vom P-Saldo (Godlinski 2005).

Die Fracht, die über das Grundwasser in die Gewässer gelangt, wurde anhand flächenspezifischer Austragsraten aus der Fachliteratur berechnet. Es wurde dabei zwischen Acker-, Grünland- und Gartenflächen jeweils auf organischem und mineralischem Boden sowie Wald und sonstigem Offenland differenziert.

Der Anteil der mit dem Dränwasser abgeführten Emissionen wurde aus Kombination von a) und b) entlang eines 200 bzw. 400 m breiten Streifens ermittelt und je Einzugsgebiet subsumiert. Es wurde davon ausgegangen, dass im Brandenburgischen Raum an dränierten Standorten ca. 80 % des Sickerwassers über Dränagen abgeführt werden (Müller et al. 1982). Danach werden zwischen 181 und 1880 kg/a der TP –Einträge in die Gewässer durch Dränagen verursacht.

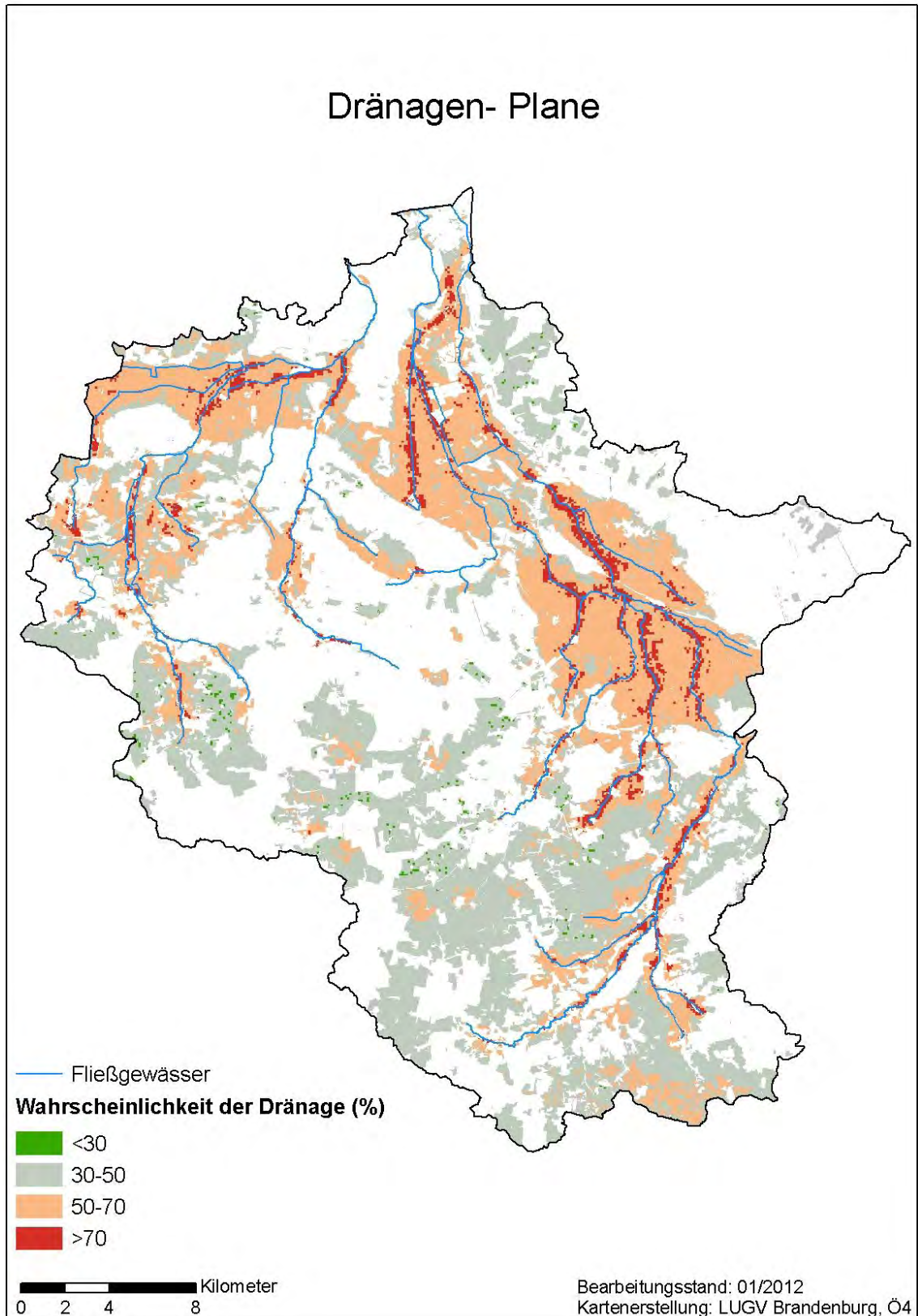


Abb. 2: Dränagewahrscheinlichkeit im Einzugsgebiet der Plane

3.3 Nährstoffsensible Flächen

Eine Auswaschung von Phosphor aus dem Oberboden und eine Verlagerung mit dem Sickerwasser ins Grundwasser findet dann statt, wenn ein Phosphorüberschuss existiert und Phosphor im Boden nicht aufgenommen oder adsorbiert wird. Verschiedene Autoren weisen auf hohe Auswaschungsverluste von mit Phosphor überversorgten landwirtschaftlich genutzten Böden hin (u. a. PRASUHN 2006, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2010). Trotzdem der Versorgungsgrad der Böden im Land Brandenburg aktuell meist gering ist, können auf Sandmischkulturen und tonarmen Sandböden insbesondere nach hohen Wirtschaftsdüngerapplikationen vertikale Verlagerungen und Anreicherungen von P im Unterboden beobachtet werden (Vetter & Steffens 1981, Früchtenicht et al. 1996).

Für die Ausweisung von durch Auswaschung betroffenen nährstoffsensiblen Flächen müssen folgende Eigenschaften zutreffen:

- Grundwasserflurabstand < 2 m (LBGR 2002),
- Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden (kf-Wert) > 3 m/Tag (LBGR 2011a),
- Grünland, Acker oder Gartenland (ATKIS 4101, 4102 oder 4103, LBG 2011).

Bei Flächen in einem Abstand von 200 m um die Gewässer (LGB 2011) wird davon ausgegangen, dass die überschüssigen Nährstoffe über den Zwischenabfluss in die Oberflächengewässer gelangen. Bilanziert wurden je Einzugsgebiet 234 bis ca. 1980 kg TP die jährlich in die Gewässer emittiert werden (s. Kap. 3.7).

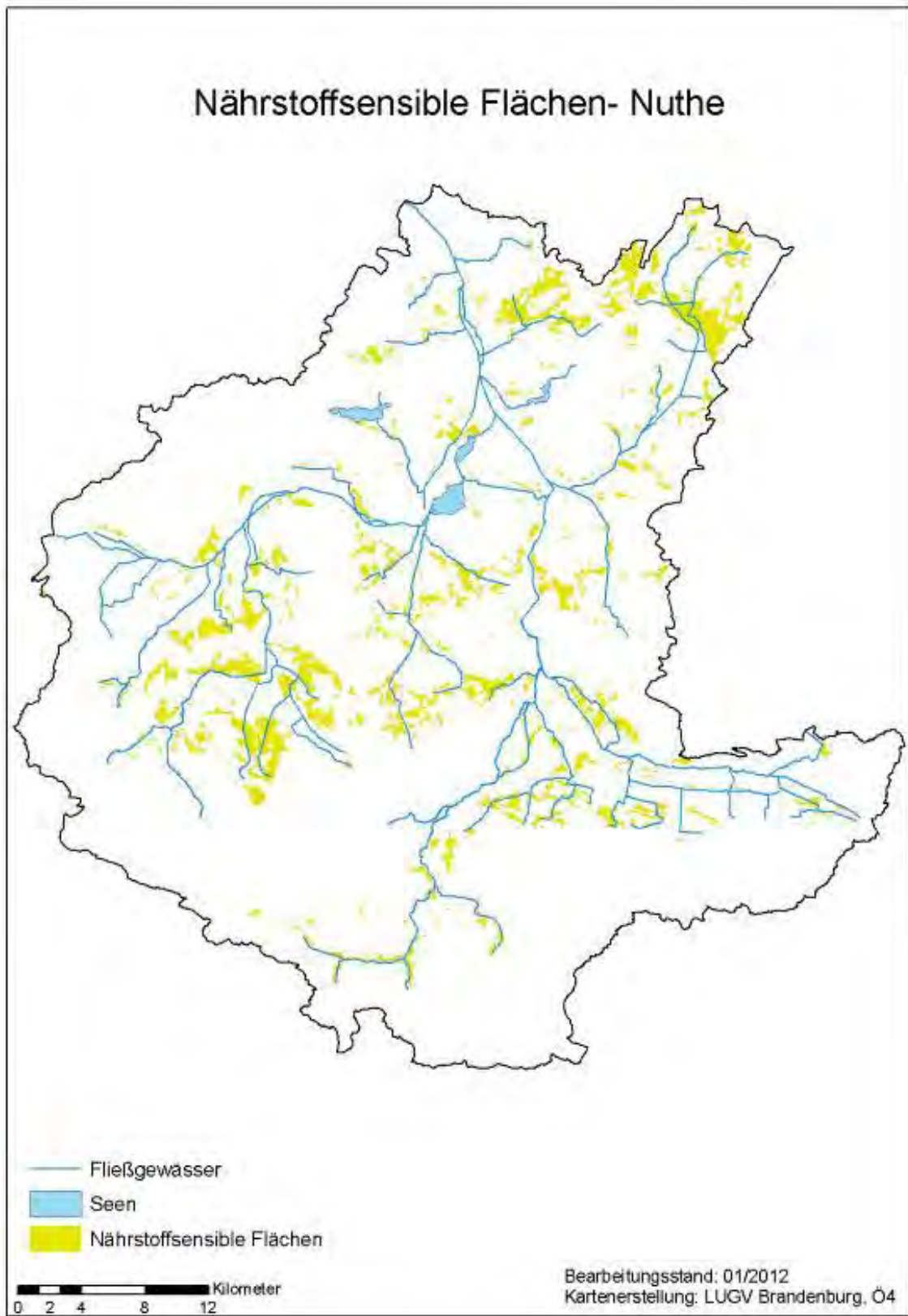


Abb. 3: Nährstoffsensible Flächen im Einzugsgebiet der Nuthe

3.4 Nährstoffdynamik in Folge wasserhaushaltlicher Regulierungen

Die großen Niederungsgebiete (z.B. Nuthe-Nieplitz, Rhinluch, etc.) müssen zur Sicherstellung der Flächenbewirtschaftung großflächig entwässert werden. Dies wird durch ein System von Abzugsgräben (im Zusammenspiel mit Wehren, Schöpfwerken etc.) realisiert. Mit denselben Systemen wird saisonal auch eine Einstaubewässerung vorgenommen. Die mit der Wasserstandsregulierung einhergehende Wechselfeuchtigkeit der Standorte bedingt eine regelmäßige Verlagerung der Redoxisokline und damit einhergehend die Forcierung von Mineralisierungs- und Auswaschungsprozessen.

Aus ökologischen Gesichtspunkten heraus ist ein Anheben der Wasserstände in den vormals tiefgründig entwässerten Niederungsgebieten erwünscht und wird modellhaft in einigen Regionen bereits über längere Zeit realisiert. Hierbei zeigte sich unter anderem, dass der damit ausgelöste Auswaschungsimpuls (Mobilisierung des mineralisierten Phosphors) über viele Jahre anhält und zu erhöhten P-Austrägen führt.

Beide Mechanismen sind bekannt und nachweisbar, entziehen sich gegenwärtig aber einer modelltechnischen Beschreibung. Zugleich gilt deren Relevanz für die Nährstoffbilanz von Niederungsgebieten als unstrittig. Da die klimatisch dominierten Einflussfaktoren nicht vernünftig vorhersagbar sind, wird eine modelhafte Abbildung erschwert. Hierzu zählt z.B. die ausgeprägt nasse Klima-Episode seit dem Winter 2010-2011, die im Folgejahr sogar in weiten Gebieten Binnenhochwässer nach sich zog, die mit den vorhandenen Entwässerungssystemen nicht vollständig bewirtschaftbar bzw. regulierbar waren.

Es muss davon ausgegangen werden, dass der Ursachenkomplex wasserhaushaltlicher Regulierungen für die Bilanzierung nach wie vor eine weitgehend unbekannte Größe ist und u.U. auch einen nennenswerten Anteil an den Bilanzdifferenzen tragen könnte.

3.5 Abschwemmung von versiegelten Flächen

Auf versiegelten Flächen (Straßen, Siedlungsbereiche, Industrie- und Gewerbeflächen) auftreffendes Regenwasser kann nicht versickern und wird oftmals direkt in die Gewässer eingeleitet. Es wird in Brandenburg davon ausgegangen, dass 2,5 kg P/ha-a (nach BROMBACH & MICHELBACH 1998) von versiegelten Flächen in die Gewässer eingetragen werden. Dieser Wert wurde für alle versiegelten Flächen des jeweiligen Einzugsgebietes bilanziert, insofern sie nicht weiter als 100 m von den Gewässern entfernt lagen. Daraus ergeben sich 161 bis 1.679 kg TP, die jährlich in die Gewässer eingetragen werden. Aufgrund der gesetzlichen Regelung in § 54 Abs. 4 Brandenburger Wassergesetz ist Niederschlagswasser, soweit eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu besorgen ist

und sonstige Belange dem nicht entgegenstehen, zu versickern. Insofern führt der oben genannte Ansatz für die Ermittlung der Emissionen von versiegelten Flächen voraussichtlich zu einer Überschätzung, deren Höhe nicht ermittelt werden konnte.



Abb. 4: Versiegelte Flächen und Kommunale Kläranlagen im Einzugsgebiet der Dahme.

3.6 Punktquellen

In den nachstehenden Tabellen sind die Kläranlagen jedes nährstoffrelevanten Einzugsgebietes und ihre mittleren Jahresemissionen aufgeführt. Die folgenden P-Emissionen der Kläranlagen (Frachten in kg/a) entstammen der Selbstauskunft der Betreiber oder wurden aus den von ihnen angegebenen Abwassermengen und einer mittleren TP-Konzentration im behandelten Abwasser berechnet (Jahresmittelwerte). Bei Kläranlagen der Größenklassen 1-3 konnte die Fracht aufgrund fehlender Messwerte oft nur grob geschätzt werden.

Tab. 2: Emissionen kommunaler Kläranlagen im Einzugsgebiet der Dahme (*Einleitung ins Grundwasser)

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor- Emission kg/a | | |
|----------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Baruth | 2 | 438 | 342 | 358 |
| Dahme | 3 | 93 | 138 | 91 |
| Friedersdorf | 1 | 22 | 21 | 25 |
| Glashütte | 1 | 4 | 9 | 8 |
| Gräbendorf | 2 | 244 | - | - |
| Halbe | 1 | 69 | 105 | 30 |
| Kemnitz | 1 | 31 | 55 | 55 |
| Kummersdorf | 1 | 25 | - | - |
| Ließen* | 1 | 19 | 2 | 13 |
| Merzdorf* | 1 | 21 | 24 | 20 |
| Prensdorf | 1 | 15 | 8 | 19 |
| Rehagen | 2 | 60 | 48 | - |
| Saalow | 2 | 151 | 142 | - |
| Sperenberg, Heegensee | 3 | 92 | 129 | 74 |
| Storkow | 4 | 328 | 365 | 356 |
| Teupitz | 3 | 33 | 45 | 35 |
| Teurow | 1 | 4 | 1 | 1 |
| Wolzig | 1 | 190 | 35 | 10 |
| Wünsdorf I Mellenseeweg | | 58 | 40 | - |
| Zossen Tandem-KA | 4 | 1.752 | 1.864 | 1.366 |
| Summe EZG | | 3.649 | 3.373 | 2.461 |

*Einleitung ins Grundwasser

Tab. 3: Emissionen kommunaler Kläranlagen im Einzugsgebiet der Nuthe

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor-Emission kg/a | | |
|------------------|--------------|-------------------------------|---------------|--------------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Ahrendorf | 1 | 227 | 192 | 265 |
| Beelitz | 4 | 266 | 699 | 465 |
| Glau | 2 | 29 | 26 | 36 |
| Jüterbog | 4 | 353 | 704 | 600 |
| Luckenwalde | 4 | 1.549 | 2.300 | 2.146 |
| Ludwigsfelde | 4 | 827 | 1.045 | 730 |
| Lühsdorf | 1 | 20 | 24 | 33 |
| Trebbin | 3 | 258 | 217 | 147 |
| Treuenbrietzen | 4 | 367 | 361 | 402 |
| Waßmannsdorf* | 5 | 4.900 | 4.900 | 4.900 |
| Summe EZG | | 8.796 | 10.637 | 9.688 |

*hier nur Anteil berücksichtigt der ins EZG Nuthe eingeleitet wird

Tab. 4: Emissionen kommunaler Kläranlagen im Einzugsgebiet der Oberhavel

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor-Emission kg/a | | |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Fürstenberg/Breder- eiche | 3 | 608 | 598 | 694 |
| Kappe | 1 | 60 | - | - |
| Kurtschlag | 1 | 61 | - | - |
| Liebenwalde | 3 | 486 | 919 | 503 |
| Neuglobsow | 2 | 191 | 217 | 264 |
| Neuholland | 1 | 131 | - | - |
| Schluf | 1 | 33 | 37 | 33 |
| Schönermark OHV | 4 | 740 | 879 | 1.079 |
| Templin | 4 | 411 | 520 | 447 |
| Zehdenick | 3 | 591 | 325 | 401 |
| Summe EZG | | 3.311 | 3.495 | 3.421 |

Tab. 5: Emissionen kommunaler Kläranlagen im Einzugsgebiet der Plane

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor-Emission kg/a | | |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Belzig | 3 | 194 | 241 | 202 |
| Borne* | 1 | 84 | - | - |
| Brück - Hackenhausen | 3 | 653 | 753 | 851 |
| Niemegk | 2 | 159 | 146 | 115 |
| Summe EZG^x | | 1.090 | 1.140 | 1.468 |

*Einleitung ins Grundwasser, x nicht Bestandteil der Bilanz für Ketzin

Tab. 6: Emissionen kommunaler Kläranlagen im Einzugsgebiet der Havel zwischen Stadtgrenze Berlin und Bilanzmessstelle Ketzin

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor-Emission kg/a | | |
|------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Potsdam-Nord | 4 | 2.740 | 1.917 | 1.394 |
| Satzkorn | 3 | 295 | 128 | 162 |
| Werder | 4 | 324 | 702 | 445 |
| Summe EZG | | 3.359 | 2.747 | 2.001 |

Tab. 7: Emissionen kommunaler Kläranlagen in den Havelkanal

| Kläranlage | Größenklasse | Gesamt-Phosphor-Emission kg/a | | |
|--------------|--------------|-------------------------------|-------|-------|
| | | 2005 | 2007 | 2009 |
| Wansdorf BWB | 5 | 5.987 | 5.500 | 6.300 |

3.7 Gesamtbilanz der Emissionen in den Brandenburgischen Teileinzugsgebieten

Eine Übersicht der Flächen, die für die diffusen Phosphoreinträge in die Brandenburgischen Gewässer besonders relevante Quellen sind, liefert die nachfolgende Tab. 8 (Stand 2009):

Tab. 8: Emissionsrelevante Flächennutzung im Handlungsraum Brandenburgs (ha)

| | Nuthe | Dahme | Obere Havel | Havel uh. Berlin bis Ketzin | Havelkanal | Plane |
|--|---------|---------|-------------|-----------------------------|------------|--------|
| Einzugsgebietsfläche [ha] | 180.590 | 210.097 | 268.506 | 28.959 | 25.779 | 95.458 |
| Einzugsgebietsfläche in Brandenburg [ha] | 180.524 | 180.524 | 245.609 | 28.833 | 24.225 | 95.079 |
| Acker auf erosionsgefährdeten Flächen [ha] | 34.341 | 28.675 | 33.180 | 2.001 | 3.242 | 12.992 |
| Nährstoffsensible Fläche [ha] | 12.610 | 10.599 | 16.989 | 6.363 | 10.701 | 2.203 |
| potenziell drainierte Fläche [ha] | 2.649 | 1.938 | 6.314 | 1.978 | 499 | 2.359 |
| versiegelte Fläche [ha] | 466 | 617 | 672 | 188 | 64 | 93 |

Die Phosphoremissionen der wichtigsten diffusen und punktuellen Quellen werden in nachfolgender Tabelle dargestellt.

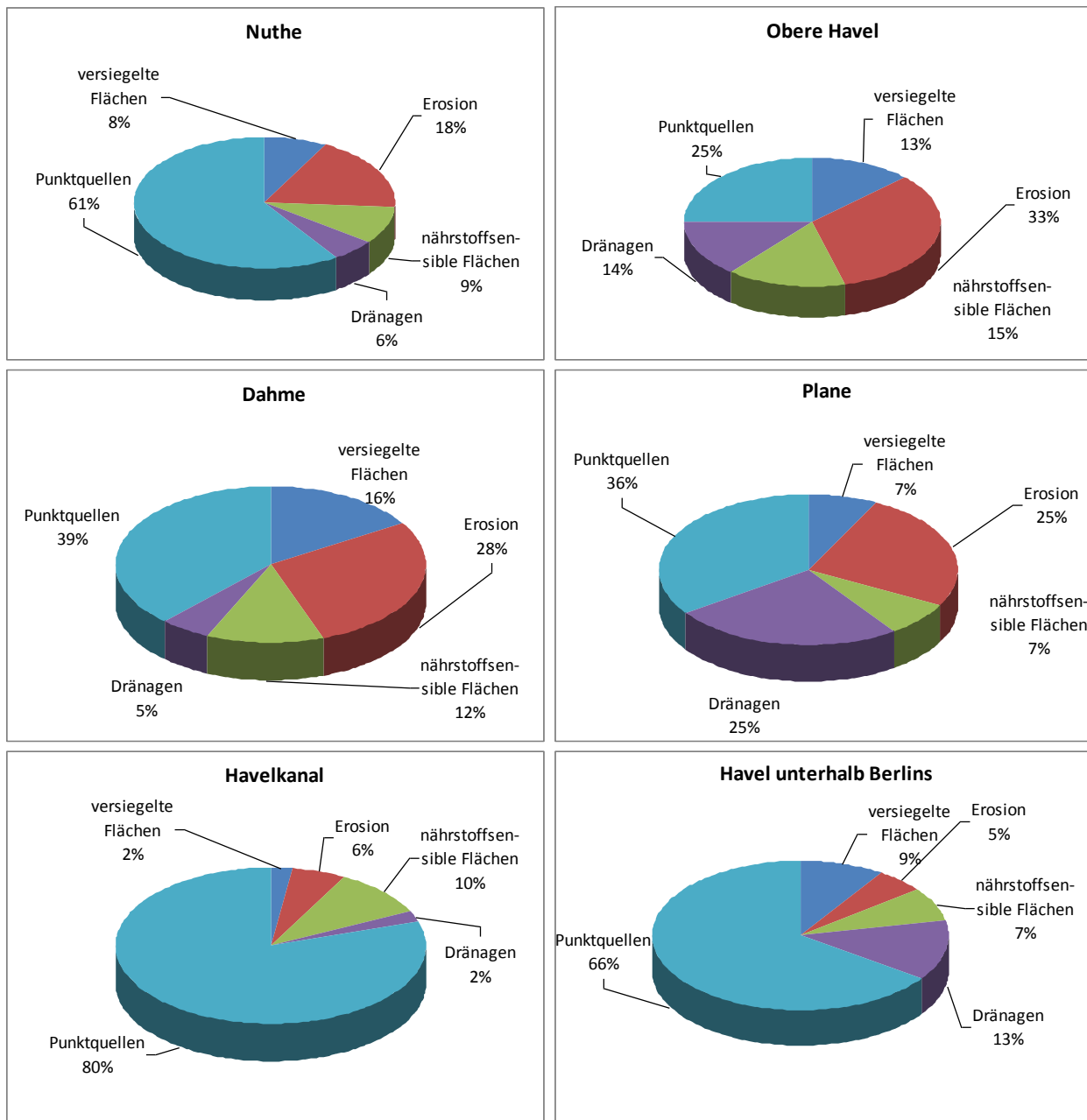
Tab. 9: Phosphoreinträge aus den wichtigsten Quellen in kg/a

| | Nuthe | Dahme* | Obere Havel* | Havel uh. Berlins | Havelkanal | Plane |
|---|---------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|--------------|
| P-Eintrag von versiegelten Flächen kg/a | 1.164 | 1.539 | 1.679 | 469 | 161 | 234 |
| P-Eintrag von erosionsgefährdeten Ackerflächen kg/a | 2.715 | 2.712 | 4.384 | 275 | 430 | 796 |
| P-Eintrag aus dem Dränwasser (kg/a) | 817 | 512 | 1.880 | 672 | 181 | 787 |
| P-Eintrag von nährstoffsensiblen Flächen kg/a | 1.352 | 1.170 | 1.980 | 366 | 736 | 234 |
| P-Eintrag aus Punktquellen (2005) kg/a | 8.796 (+) | 3.649 | 3.311 | 3.359 | 5.987 | 1.090 |
| Summe EZG | 14.899 | 9.613 | 13.353 | 4.771 | 7.395 | 3.196 |

*ohne Einträge aus Berlin, (+) mit Einträgen aus Berlin

Aus Abb. 5 wird deutlich, dass in den Einzugsgebieten der Nuthe, des Havelkanals und der Havel unterhalb Berlins (bis Ketzin) der Anteil der Punktquellen dominiert. Ursache hierfür sind hohe Abwasseranteile aus den Klärwerken Waßmannsdorf, Wansdorf (BE) und Potsdam-Nord (BB). In allen anderen Einzugsgebieten halten sich die Quellen aus landwirtschaftlichen und kommunalen Quellen die Waage.

Abb. 5: Zusammenfassung der bedeutendsten Phosphor-Emissionen aus den nährstoffrelevanten Einzugsgebieten Brandenburgs



4 Quantifizierung der Nährstoffeinträge (P) im Raum Berlin

4.1 Punktquellen

Für die Berechnung der P-Emissionen der Klärwerke (Abb. 6) wurden die Daten der Eigenüberwachung der Berliner Wasserbetriebe des Zeitraumes 2006 bis 2010 herangezogen. Die Eigenüberwachung erfolgt durch online-Analytik, Stichproben, 2 h Mischproben zur Erfassung des Tagesgangs und 24 h Mischproben. Die Ermittlung der Jahresfrachten bzw. der mittleren Tagesfrachten erfolgt auf Grundlage der 24 h Mischproben und der täglich erfassten Abwassermenge. Die 24 h Mischproben werden mindestens zweimal im Monat genommen, i.d.R. erfolgt sie wöchentlich. Aus den durchschnittlichen Tagesfrachten wurden die Jahresfrachten ermittelt.

Um die Emissionen den Bilanzpunkten zuordnen zu können, wurden die Teilströme und jahreszeitlich unterschiedlichen Ableitungswege differenziert berechnet. Die Tab. 10 spiegelt diese Zuordnung wieder.

Tab. 10: Ableitungsspezifische Zuordnung der Emissionen der Punktquellen der Berliner Wasserbetriebe zu den Bilanzpunkten

| Klärwerk | Ableitungsweg | Ableitungszeitraum | Zwischenbilanzpunkt |
|------------------------|--|----------------------|-------------------------------------|
| Münchehofe | Neuenhagener Mühlenfließ/Spree | ganzjährig | Spree – Sophienwerder ¹⁾ |
| Ruhleben | Altarm Ruhleben (Regenwetter) | April-September | Havel-Krughorn |
| Ruhleben | Altarm Ruhleben | Jan-März und Okt-Dez | Havel-Krughorn |
| Ruhleben | Teltowkanal (ADL) | April-September | Teltowkanal ²⁾ |
| Schönerlinde-OWA Tegel | Blankenfelder Graben-Norgraben-OWA Tegel (entphosphatet) | ganzjährig | Oberhavel Spandau |
| Wansdorf | Havelkanal | ganzjährig | Havelkanal |
| Waßmannsdorf | Rudower Graben-Teltowkanal | ganzjährig | Teltowkanal ³⁾ |
| Waßmannsdorf | Ableiter Schönefeld-Teltowkanal | ganzjährig | Teltowkanal ³⁾ |
| Waßmannsdorf | BÜL/Nuthegraben | ganzjährig | Nuthe |
| Stansdorf | Teltowkanal | ganzjährig | Teltowkanal ²⁾ |

¹⁾ Teilstrom der Spree fließt über den Britzer Verbindungskanal ab. Am Britzer Kreuz erfolgt erneut eine Abflussverteilung über den Neuköllner Schifffahrtskanal und Teltowkanal.

²⁾ Teilstrom des Teltowkanals von ca. 20% fließt über den Griebnitzkanal dem Großen Wannsee zu. Teilfracht ist somit dem Bilanzpunkt Havel-Krughorn zuzuordnen.

³⁾ Teilstrom des Rudower Arms des Teltowkanals fließt am Britzer Kreuz über den Neuköllner Schifffahrtskanal ab.

Abb. 6: Klärwerksstandorte und Ableitungswege (BWB 2012)



Der Tab. 11 können die P-Frachten entnommen werden. Die Abb. 9 zeigt die pfadspezifischen Frachtanteile der Klärwerke und die zuzuordnenden Bilanzpunkte. Der Ablauf des Klärwerks Schönerlinde emittiert in das Zwischengebiet Blankenfelder Graben - Nordgraben. In der Oberflächenwasseraufbereitungsanlage wird dieser Teilstrom mit behandelt. Für die Gesamtbilanz der Emissionen in die Havel wird daher die TP-Fracht der OWA Tegel zugrunde gelegt.

**Tab. 11: TP-Emissionen der Punktquellen der Berliner Wasserbetriebe
(Durchschnittswert der Jahre 2006 bis 2009; Quelle: BWB 2012)**

| Klärwerk | Zwischenbilanzpegel | Ableitungszeitraum | Jahresfracht TP in T/a |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Münchehofe | Spree – Sophienwerder ¹⁾ | ganzjährig | 8,5 |
| Ruhleben | Havel-Krughorn | April-September | 3,9 |
| Ruhleben | Havel-Krughorn | Jan-März und Okt-Dez | 18,8 |
| Ruhleben | Teltowkanal ²⁾ | April-September | 14,3 |
| Schönerlinde-OWA Tegel | Oberhavel Spandau | ganzjährig | 1,7 |
| Wansdorf | Havelkanal | ganzjährig | 6,9 |
| Waßmannsdorf | Teltowkanal ³⁾ | ganzjährig | 27,9 |
| Waßmannsdorf | Nuthe | ganzjährig | 4,9 |
| Stahnsdorf | Teltowkanal ²⁾ | ganzjährig | 6,3 |

¹⁾ Teilstrom der Spree fließt über den Britzer Verbindungskanal ab. Am Britzer Kreuz erfolgt erneut eine Abflussverteilung über den Neuköllner Schifffahrtskanal und Teltowkanal.

²⁾ Teilstrom des Teltowkanals von ca. 20% fließt über den Griebnitzkanal dem Großen Wannsee zu. Teilfracht ist somit dem Bilanzpunkt Havel-Krughorn zuzuordnen.

³⁾ Teilstrom des Rudower Arms des Teltowkanals fließt am Britzer Kreuz über den Neuköllner Schifffahrtskanal ab.

Zu berücksichtigen ist, dass bei der Darstellung der Frachten im Teil des Handlungskonzeptes für den Bilanzpegel Spree-Sophienwerder der Frachtanteil Ruhlebens nicht enthalten ist. Die Einleitung von Ruhleben erfolgt unterhalb der Messstelle. Diese Messanordnung erlaubt eine sensitivere Erfassung von Effekten im Einzugsgebiet und bessere Registrierung von langfristigen Trends.

4.2 Mischwassereinleitungen

Mischwassereinleitungen finden in Berlin ausschließlich im City-Bereich statt und sind dem Bilanzpunkt Spree-Sophienwerder zuzuordnen, mit Ausnahme von Teilgebieten in Spandau, die bei hydraulischer Überlastung direkt in die Havel entwässern.

Die Tab. 12 gibt einen Überblick über die Einzugsgebiete, den Grad der Sanierung (Realisierungsgrad der Stauraumerweiterung) und die P-Entlastungsfracht. Aufgrund der Effekte eines verstärkten P-Rückhalts im Zuge des Baus- oder der Aktivierung von Stauraumvolumen werden für die Berechnung der Entlastungsfrachten unterschiedliche P-Konzentrationen angesetzt. Für den unsanierten Zustand werden 2,1 mg/l als mittlere Konzentration der Mischwasserüberläufe angesetzt. Dieser Wert entspricht der mittleren Konzentration am Klärüberlauf des Regenüberlaufbeckens in Kreuzberg, Urbanstraße aus einem Messprogramm der Jahre 1993/94. Für den sanierten Zustand wurde die gemittelte P-Konzentration der Mischwasserüberläufe aus einem Messprogramm des Jahres 2010 in einem sanierten Mischwassereinzugsgebiet in Wedding, Seestraße mit 1,6 mg/l zugrunde

gelegt. Die Entlastungsmengen der Teilgebiete liegen als Ergebnis hydrodynamischer Langzeitberechnungen für den Ausgangs- und den Sanierungszustand vor. Für die Berechnung des aktuellen Zustands wird der prozentuale Grad der Sanierung jedes Teileinzugsgebiets mit Stand 2009, durch Interpolation zwischen Ausgangs- und Sanierungszustand, berücksichtigt.

Tab. 12: Kenndaten und P-Entlastungsfracht der Pumpwerkseinzugsgebiete des Berliner Mischsystems (Stand 2009)

| Pumpwerkeinzugsgebiet | Fläche des Einzugsgebietes [ha] | Angeschlossene befestigte Fläche m EZG [ha] | Grad der Sanierung bezogen auf Speichervolumen | Entlastungsvolumen in die Spree u. innerstädtische Kanäle [m ³ /a] | Entlastungsfracht Pges [t/a] ²⁾ |
|--|---------------------------------|---|--|---|--|
| APw Kreuzberg-RS I, Paul-Linke-Ufer | 334 | 243 | 67% | 242.703 | 0,43 |
| HPw Kreuzberg-RS II, Gitschiner Straße | 719 | 503 | 0% | 460.404 | 0,97 |
| APw Kreuzberg-RS III, Schöneberger Straße | 452 | 310 | 41% | 174.028 | 0,33 |
| APw Mitte RS IV, Scharnhorststraße | 963 | 571 | 19% | 909.447 | 1,82 |
| HPw Friedrichshain RS V, Holzmarktstraße | 811 | 507 | 95% | 347.128 | 0,56 |
| APw Tiergarten RS VII, Gentiner Straße | 414 | 241 | 100% | 167.170 | 0,27 |
| APw Tiergarten RS VIII, Alt-Moabit | 721 | 384 | 100% | 307.103 | 0,49 |
| APw Wedding RS IX, Seestraße | 770 | 312 | 100% | 246.626 | 0,39 |
| 9APw Wedding RS X, Bellermannstraße | 458 | 290 | 0% | 568.215 | 1,19 |
| APw Prenzlauer Berg RS XI, Erich-Weinert- Straße | 416 | 270 | 0% | 346.939 | 0,73 |
| APw Friedrichshain RS XII, Rudolfstraße | 459 | 321 | 56% | 304.054 | 0,55 |
| APw Neukölln I, Schandauer Straße | 577 | 378 | 41% | 430.140 | 0,82 |
| APw Neukölln II, Sonnenallee | 172 | 120 | 0% | 124.573 | 0,26 |
| HPw Spandau I, Betckestraße ¹⁾ | 219 | 170 | 0% | 133.129 | 0,28 |
| HPw Wilmersdorf, Hohenzollerndamm | 1.366 | 784 | 18% | 841.617 | 1,69 |
| HPw Charlottenburg I, Sophie-Charlotten-Straße | 1.111 | 699 | 0% | 869.694 | 1,83 |
| APw Charlottenburg III, Nonnendamm | 199 | 269 | 0% | 45.243 | 0,10 |
| APw Ruhleben, Freiheit | 59 | 31 | 0% | 13.917 | 0,03 |
| Summe | 10.220 | 6.404 | | 6.532.129 | 12,7 |

1) Einleitung in die Havel

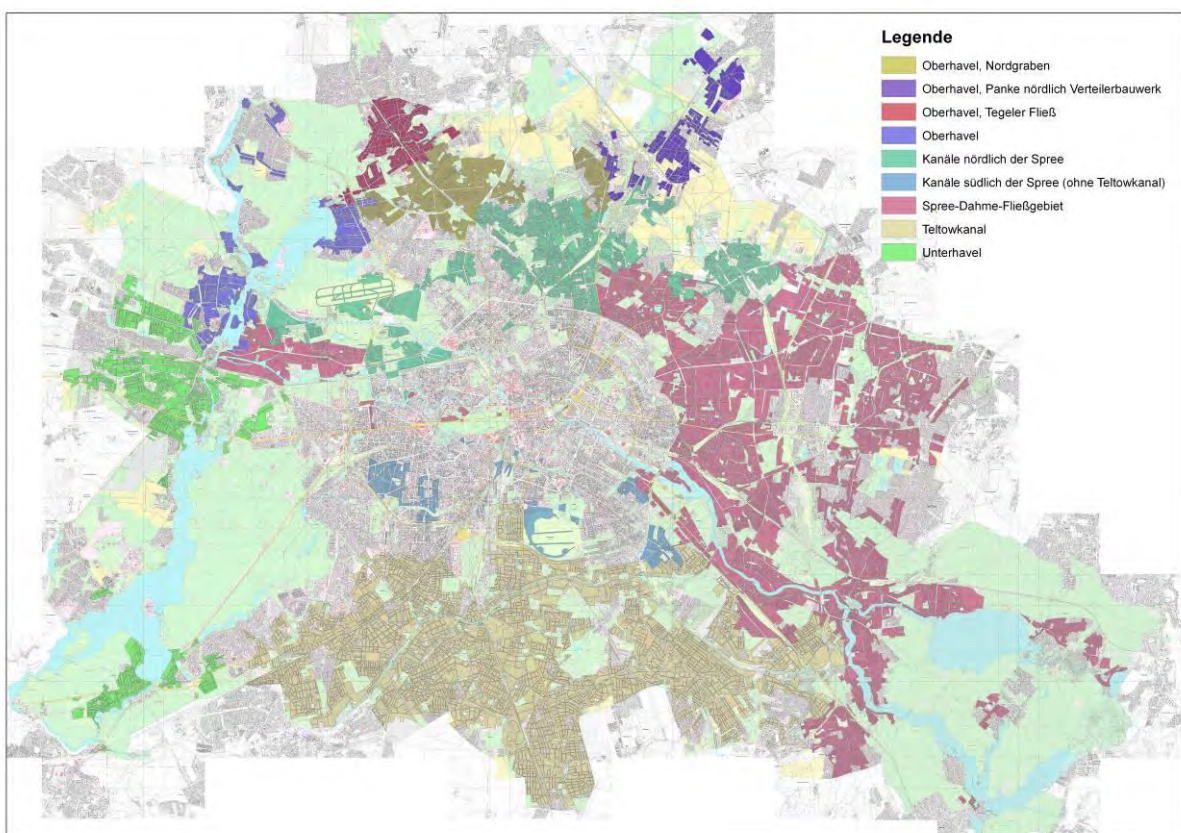
2) PT-Konzentrationen für Frachtberechnungen: 1,6 mg/l (saniert); 2,1 mg/l (unsaniert)

Die durchschnittliche jährliche aktuelle P-Gesamtfracht durch Mischwasserüberläufe beträgt ca. 13 t/a.

4.3 Trennsystem

Außerhalb des Citybereichs erfolgt die kanalgestützte Entwässerung des Oberflächenabflusses von bebaut und unbebaut versiegelten Flächen über das Trennsystem. Die Abb. 7 zeigt die Einzugsgebiete der Regenkanalisation.

Abb. 7: Einzugsgebiete der Regenkanalisation in Berlin differenziert für Teilgebiete



Der Oberflächenabfluss der bebaut und unbebaut versiegelten Flächen wurde mit Hilfe des hydrologischen Modells ABIMO berechnet.

Das von GLUGLA entwickelte Abflussbildungsmodell ABIMO ist auf der Grundlage bereits seit den 70er Jahren entwickelter Modelle zur Berechnung des Grundwasserdargebots entstanden, und in den Folgejahren um Bausteine erweitert worden, die der speziellen Situation in urbanen Gebieten Rechnung tragen. Bei der rechentechnischen Realisierung, wurde es außerdem an die spezielle Datenlage in Berlin angepasst. Das Berechnungsverfahren ermittelt zunächst die tatsächliche Verdunstung nach *Bagrov*, um den Gesamtabfluss (Niederschlag minus Verdunstung) zu errechnen. Nachdem der mittlere

Gesamtabfluss als Differenz aus Niederschlag und realer Verdunstung berechnet wurde, wird nun in einem zweiten Arbeitsschritt der **Oberflächenabfluss** bestimmt. Auf Dachflächen, die in die Kanalisation entwässern, entspricht der Oberflächenabfluss dem Gesamtabfluss. Flächen, die nicht an die Kanalisation angeschlossen sind, erzeugen keinen Oberflächenabfluss. Unbebaut versiegelte Flächen infiltrieren abhängig von der Art der Oberflächenbeläge (Belagsarten) einen Teil des Abflusses in den Untergrund. Dieser Infiltrationsfaktor ist abhängig von der Breite, dem Alter und der Art der Fugen. Der nicht versickernde Abfluss wird - abhängig von dem Anschlussgrad an die Kanalisation - als Oberflächenabfluss über die Kanalisation abgeleitet oder versickert am Rande der versiegelten Flächen. Ebenso versickern die Anteile der nicht an die Kanalisation angeschlossen Dachflächen. (Weitergehende Hinweise zum Modell und zu den Berechnungsgrundlagen siehe unter

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db213_03.htm#top)

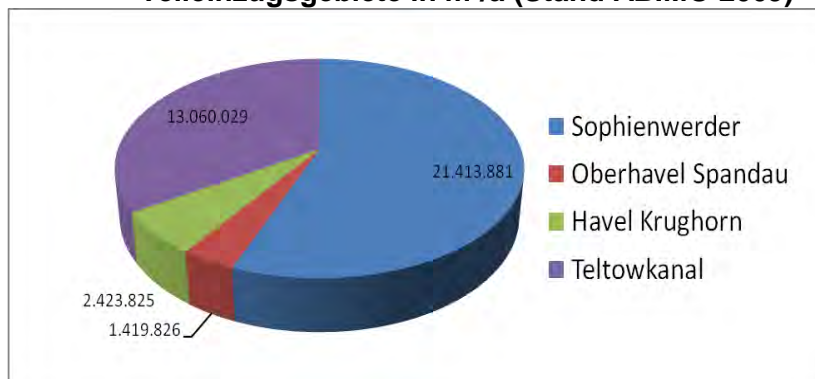
Die Tab. 13 zeigt die mit Hilfe des ABIMO-Modells errechneten Oberflächenabflüsse.

Tab. 13: Oberflächenabfluss der Einzugsgebiete der Regenkanalisation untergliedert in Teilgebiete mit Zuordnung zu den Bilanzpegeln

| Zwischenbilanzpunkte | Teilgebiete | Oberflächenabfluss in m³/a |
|----------------------|---|----------------------------|
| Sophienwerder | Spree und Dahme | 15.039.919 |
| | Panke ab Verteilerbauwerk bis Nordhafen | 3.070.938 |
| | Kanäle nördlich d. Spree | 1.606.775 |
| | Kanäle südlich der Spree | 1.696.249 |
| | Summe | 21.413.881 |
| Schleuse Spandau | Oberhavel direkt | 959.275 |
| | Panke nördlich Verteilerbauwerk | 679.065 |
| | Nordgraben | 1.599.673 |
| | Tegeler Fließ | 598.698 |
| | Tegeler See direkt | 460.552 |
| | Summe Oberhavel ohne OWA | 1.419.826 |
| Havel-Krughorn | Unterhavel | 2.423.825 |
| Teltowkanal | Teltowkanal | 13.060.029 |
| | Gesamt | 41.194.997 |

Der Abb. 8 können die anteiligen Oberflächenabflüsse der an der Trennkanalisation angeschlossenen versiegelten Flächen entnommen werden.

Abb. 8: Durchschnittlich jährlicher Oberflächenabfluss der an der Trennkanalisation angeschlossenen versiegelten Flächen mit Einleitung in die Teileinzugsgebiete in m³/a (Stand ABIMO 2009)



Die Berechnung der Emissionen des Berliner Trennsystems erfolgt über die Multiplikation des Oberflächenabflusses mit der für Berlin gemittelten Konzentration im Regenwasser. Diese wird in Berlin mit 0,6 mg/l TP angesetzt (siehe Tab. 14). Das entspricht in etwa einer spezifischen Fracht von 2,3 kg/ha * a.

Tab. 14: Variabilität der in Berlin gemessenen bzw. ermittelten Durchschnittskonzentrationen im Regenabfluss (BWB 2012)

| Messort bzw. Literaturangabe | P _{ges} in mg/l |
|------------------------------|--------------------------|
| Adlershof (n = 25) | 0,30 |
| Biesdorf (n = 42) | 0,24 |
| Fennsee (n = 9) | 0,63 |
| Pücklerteich (n = 12) | 0,50 |
| TERZIOGLU (1987) (n = 28) | 1,03 |
| HEINZMANN (1993) | 0,70 |
| SCHÜTTE (2001) | 1,20 |
| Halensee | 0,23 |
| BROMBACH/FUCHS (2002) | 0,51 |
| Bilanzwert für Berlin | 0,6 |

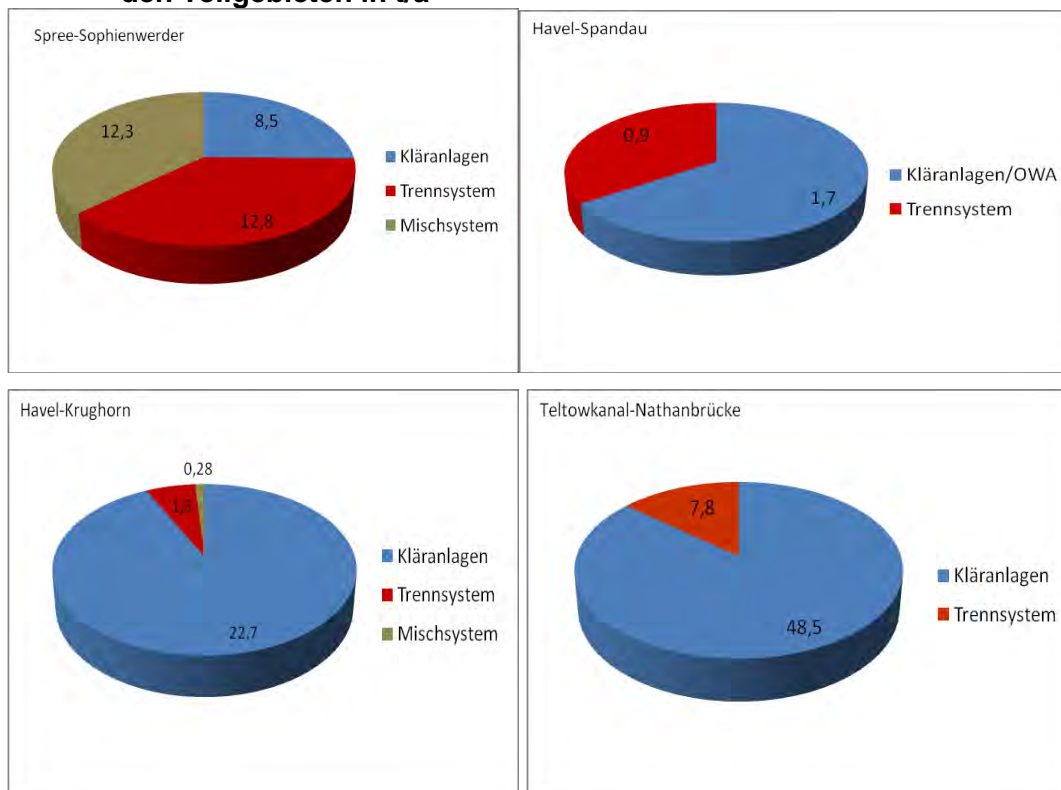
Tab. 15: Durchschnittliche jährliche TP-Frachten im Regenabfluss

| Zwischenbilanzpunkte | Abfluss im Trennkanal in m³/a | TP-Frachten in t/a |
|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| Sophienwerder | 21.413.881 | 12,8 |
| Oberhavel Spandau | 1.419.826 | 0,9 |
| Havel Krughorn | 2.423.825 | 1,5 |
| Teltowkanal | 13.060.029 | 7,8 |
| Summe | | 23,0 |

4.4 Gesamtbilanz in den Berliner Teilgebieten

Der Vergleich der pfadspezifischen Emissionen innerhalb Berlins in den Teilgebieten zeigt ein sehr heterogenes Bild. Zum einen divergieren die Gesamteinträge sehr stark. Zudem sind die relativen Anteile der Pfade sehr unterschiedlich ausgeprägt. Diese Verteilungen gibt die Abb. 9 wieder.

Abb. 9: Gegenüberstellung der Berliner pfadspezifischen Anteile der TP-Emissionen in den Teilgebieten in t/a



Die kumulativen Anteile aller Berliner Emissionen bezogen auf den Pegel Havel-Krughorn und Sophienwerder unter Einbeziehung der gemessenen Zulauffrachten aus Brandenburg über Spree, Dahme, Oberhavel und Fließgewässer vom Barnim zeigen die Abb. 11. Am innerstädtischen Pegel Sophienwerder (Abb. 10) dominiert die Gesamtfracht aus dem Dahme-Spree-System in Brandenburg. Der Berliner Anteil an der bilanzierten Fracht liegt hier bei ca. 30% (Abb. 10). Am Pegel Krughorn (Abb. 11) sind die Emissionen bzw. Frachten des Teltowkanals (mit Ausnahme des Umflutanteils über den Griebnitzseekanal in den Großen Wannensee) nicht enthalten. Auch hier dominieren die Gesamtfrachten aus Brandenburg, der städtische Einfluss macht sich aber bereits deutlicher bemerkbar. Dieser beträgt ca. 35% der Gesamtfracht.

Gegenüber der Darstellung der Frachten aus Brandenburg nach Berlin im ersten Bericht des Handlungskonzeptes ist im vorliegenden Bericht eine Ergänzung vorgenommen worden. Die Frachten über den Oder-Spree-Kanal in den Seddinsee in Höhe von 14 t/a waren irrtümlicherweise im ersten Bericht nicht aufgeführt worden. In der Gesamtbilanz der Zulauffracht nach Berlin über das Dahme-Spree-System einschließlich der Zuflüsse vom Barnim in Höhe von 83 t/a ist dieser Anteil nunmehr berücksichtigt worden.

Abb. 10: Zwischenbilanz Sophienwerder in t P/a (Summe: 117 tP/a; Dahme-Spree: gemessene Fracht)

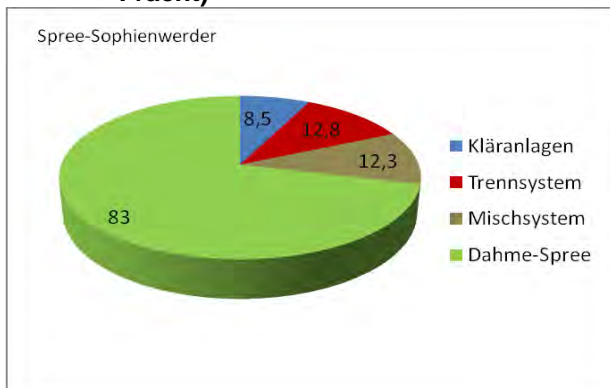
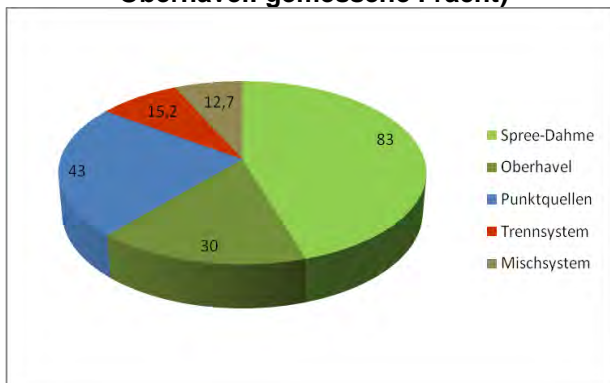


Abb. 11: Zwischenbilanz Havel Krughorn in t P/a (Summe 184 t P/a; Dahme-Spree und Oberhavel: gemessene Fracht)



Ein Vergleich der Einträge in das Berliner Gewässernetz aus den oberstromigen Zuläufen aus Brandenburg (Fracht gemessen) zuzüglich der Berliner Emissionen mit den an den Pegeln Sophienwerder und Krughorn gemessenen Frachten zeigt eine annähernd gute Übereinstimmung. Den P-Frachten (Mittel 2007-2009) mit ca. 161 t/a in Krughorn stehen bilanzierte Einträge von 181 t/a gegenüber, den kumulativ berechneten Frachten in Sophienwerder in Höhe von 117 t/a steht eine gemessene Fracht in Höhe von 128 t/a gegenüber.

Methodisch einschränkend ist anzumerken, dass im Rahmen dieses Bilanzabgleiches Emissionen mit tatsächlichen Frachten vermengt wurden. So sind bei der kumulativen Berechnung der Einträge die Emissionen Berlins mit den aus Brandenburg gemessenen Frachten aufsummiert worden. Dieses war erforderlich, weil die Emissionen in Brandenburg nur für die nährstoffrelevanten Gebiete bilanziert wurden, und dort auch nur für signifikante Pfade.

Ein Abgleich der Bilanzen des vorliegenden Berichts mit dem ersten Bericht (Ableitung der länderübergreifenden Bewirtschaftungsziele) zeigt für die einzelnen Pegel ebenfalls ein differenziertes Bild. Für die Messstelle Sophienwerder (Spreemündung in die Havel) im ersten Bericht stehen abgeleitete, erforderliche Frachtreduktionen in Höhe von 65 t/a Gesamteinträge innerhalb Berlins aus Trenn-, Mischsystem und Kläranlagen in Höhe von 33,6 t/a gegenüber. Bei der Annahme einer potenziell möglichen weiteren Reduktion der P-Einträge vom Klärwerk Münchehofe in Höhe von 80% (maximaler Ansatz für Flockungsfiltration) und einer Halbierung der Frachten aus den Trenn- und Mischsystemen, ergibt sich ein maximaler Beitrag Berlins zur Verringerung der Frachten in Höhe von 25 t/a. Unter Einbeziehung des Reduktionsansatzes aus Phase 1 des NRK BE-BB für die Dahme als nährstoffrelevantes Gebiet in Brandenburg von 12 t/a ergibt sich ein Verringerungspotenzial von insgesamt 37 t/a. Das entspricht einem Anteil am Gesamtbedarf von lediglich 57%. Der Bilanzabgleich für den Havel Pegel Krughorn als wesentlicher Berliner Bewirtschaftungspegel ist ebenfalls kritisch, zeigt aber deutlich weniger Diskrepanzen auf. Den kumulativen Frachten von 181 t/a (gemessen 165 t/a), stehen P-Emissionen innerhalb Berlins von ca. 71 t/a gegenüber. Unter Annahme der gleichen o.g. anteiligen Reduktionspotenziale für die drei Berliner Eintragspfade (Annahme P-Reduktion für KA Waßmannsdorf lediglich 65%), ergibt sich eine theoretische Frachtminderung von 46,8 t/a. Die für die Brandenburger Zuläufe erforderlichen Frachtminderungen in den nährstoffrelevanten Gebieten betragen ca. 16 t/a. Die Summe aller Frachtminderungsansätze (62,8 t/a) liegt somit bei ca. 85% der erforderlichen Frachtreduktion nach Teil 1 des Handlungskonzeptes für Krughorn in Höhe von 75 t/a. Der

Umgang mit diesen Diskrepanzen an den innerstädtischen Pegeln muss im weiteren Verlauf diskutiert werden. Eine Interpretation des Fehlbedarfs aus den Rücklösungspotenzialen in den Zwischengebieten ist vor dem Hintergrund der Bilanzvergleiche (Abb. 11) alleine nicht ausreichend. Hier sind noch methodische Verfeinerungen in der Berechnung der erforderlichen Frachtreduktionen an den einzelnen Bilanzpegeln und in diesem Zusammenhang insbesondere die Verifizierung und Verbesserung der Frachtberechnungen ($c \cdot Q$) als maßgebliche Stellgröße zu überprüfen. Ebenso ist die Einbeziehung weiterer Emissionsquellen im gesamten Handlungsraum in die Diskussion von Maßnahmenstrategien zu prüfen.

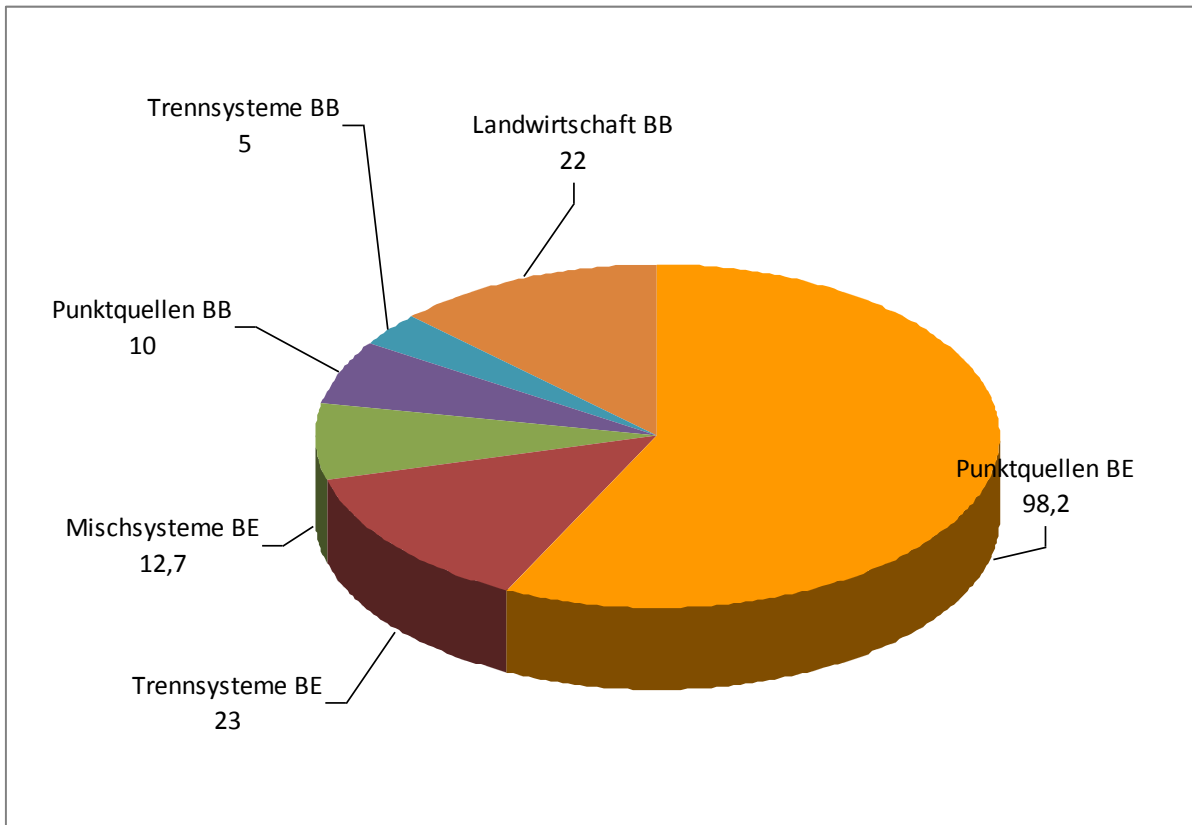
5 Gesamtbilanz

Im ersten Teil des NRK BE-BB wurden Einzugsgebiete ermittelt, die gemäß methodischer Herangehensweise zu einer Nährstoffbelastung der Unteren Havel und der Unteren Dahme führen. Die länderbezogene Bilanzierung der wichtigsten Emissionen in diesen Einzugsgebieten wurde im zweiten Teil des NRK BE-BB vorgenommen. Für die Hauptmessstelle Ketzin (Brandenburg) sind diese Emissionen in Abb.12 dargestellt. Demnach erfolgen die überwiegenden Phosphorbelastungen aus Punktquellen. Alle anderen Pfade liefern niedrigere Emissionen, sind aber deutlich vorhanden. Insgesamt sind 171 t/a Gesamtposphoremissionen in den nährstoffrelevanten Einzugsgebieten einschließlich innerhalb Berlins bilanziert worden (s. Tab. 16). Der Reduzierungsbedarf für den Pegel Ketzin beträgt demgegenüber 108 t/a. Insofern liegt der Reduktionsbedarf bezogen auf die bilanzierten Emissionen bei rund 68%. Die aktuelle Gesamtfracht liegt bei 242 t/a.

Tab. 16: Übersicht der Frachten und Emissionen für die Hauptmessstelle Havel-Ketzin.

| Bilanzmessstelle | Gemessene Fracht | Zielfracht | Zu reduzierende Fracht | Bilanzierte P-Emission in nährstoffrelevanten Gebieten |
|------------------|------------------|------------|------------------------|--|
| Ketzin | 242 | 134 | 108 | 171 |

Abb.12: Kumulative, pfadspezifische Anteile der TP-Emissionen an der Hauptmessstelle Havel Ketzin in t /a (Gesamtemission ca. 165 t/a-nur Anteile in den nährstoffrelevanten Gebieten; Brandenburgische Emissionen ohne Plane, Gesamtfracht am Pegel 242 t/a)



Ein direkter Vergleich zwischen Emissionen und aktuellen Frachten kann für den Haupt-Pegel Ketzin nicht vorgenommen werden, da nur die Einträge innerhalb der nährstoffrelevanten Gebiete und innerhalb dieser Gebiete in Brandenburg nicht alle Emissionspfade bilanziert wurden. Insofern ist eine explizite Überprüfung der modellgestützten Bilanzierung der Einträge hier nicht möglich.

Zudem sind naturgemäß eine Reihe von methodischen und naturwissenschaftlichen Unsicherheiten in der Bilanzierung von Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer zu berücksichtigen, ebenso nicht näher zu quantifizierende gewässerinterne Prozesse:

1. Unschärfen in der Bilanzierung der Emissionen der Trenn- und Mischgebiete
2. Überschätzung von Emissionen durch Erosion und von nährstoffsensiblen Ackerflächen durch Verwendung v. worst case scenario
3. Nicht berücksichtigte Bilanzgrößen wie direkte Depositionen und Altlastenflächen wie z.B. Rieselfelder um Berlin
4. Sedimentationen bzw. Nährstofffixierungen und Freisetzungen aus den Sedimenten
5. Entzug von gelöstem Phosphat durch Uferfiltration

Neben grundsätzlichen methodischen Verbesserungen in der Eintragsbilanzierung ist im weiteren Planungsprozess zu diskutieren, ob zusätzliche Bilanzgrößen einbezogen werden müssen und können, wie z.B. Rücklösungen aus Sedimenten.

Zur Begrenzung der Phytoplanktonentwicklung in Flusseen, ist die Kenntnis des Faktorengefüges, das die Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten steuert, erforderlich. Von KLEEBERG & HUPFER (2011) konnte gezeigt werden, dass sich bei etwa gleichbleibender, jedoch abflussabhängiger P-Retention im Sediment, die P-Freisetzung in Flusseen proportional zur Lastsenkung verringert. Eine der Schlüsselfragen zur Formulierung der Ziele einer weiteren Lastsenkung ist die Frage, welcher Anteil der saisonalen Erhöhung der P-Konzentration tatsächlich auf die Rücklösung aus dem Sediment zurückzuführen ist? Wie o.g. Studie anhand von Massebilanzen zeigt, ist die langjährige jährliche P-Retention zwischen 8 und 13% am P-Import eher gering, d. h. der Einfluss der Sedimente auf die Wasserqualität ist eher marginal (KLEEBERG & HUPFER 2011). Die Untersuchungen zum Gesamtkomplex, erweitert um Modellansätze zum temperaturabhängigen Abbau organischen Materials, werden in 2013 fortgesetzt.

6 Fazit und Ausblick

Mit dem zweiten Bericht zum „Konzept zur Reduzierung der Nährstoffbelastungen von Dahme, Spree und Havel in Berlin sowie der Unteren Havel in Brandenburg der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer Berlin und Brandenburg“ liegt eine Eröffnungsbilanz der Emissionen differenziert nach Eintragspfaden vor.

Die Ergebnisse der hiermit vorliegenden Phase 2 bilden eine wesentliche Grundlage für den sich anschließenden Planungsschritt (Phase 3). Gegenstand dieser nächsten Planungsphase ist die Diskussion von Maßnahmenstrategien. Dafür bietet die Eröffnungsbilanz eine gute Diskussionsgrundlage. Unter Einbeziehung von weiteren Faktoren wie Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Umsetzbarkeit von konkreten Maßnahmen sind raumspezifische Umsetzungsstrategien zu entwickeln und zu dokumentieren. Auch methodische Fragestellungen und die ggf. erforderliche Erweiterung des Handlungsraumes sind weiter zu diskutieren. Erste Bilanzvergleiche zeigen zwischen Ziel-Fracht und den möglichen Minderungspotenzialen an einigen Pegeln Diskrepanzen auf, denen im weiteren Planungsprozess nachgegangen werden muss. In diesem Zusammenhang ist ggf. eine kritische Überprüfung der methodischen Herangehensweise der Definition von nährstoffrelevanten Gebieten erforderlich. Die Beschränkung von erforderlichen Frachtreduktionen nur für diese Teilgebiete steht der Diskussion von effizienten Maßnahmenstrategien, insbesondere unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, unter Umständen entgegen.

Abb. 13: Phasen des Nährstoffreduzierungskonzeptes Berlin-Brandenburg (s. NRK, Phase 1).

| | |
|----------|---|
| Phase 1: | Festlegung der raum- und typspezifischen Immissionsziele, Trends, Frachtreduktionsanforderungen (Bewirtschaftungsziele) |
| Phase 2: | Quantifizierung und Dokumentation der pfadspezifischen Eintragsquellen (modellgestützt) |
| Phase 3: | Ableitung von Maßnahmenstrategien/Handlungsfeldern, Ermittlung der Effizienz von Maßnahmen bzw. Maßnahmenzenarien (z.T. modellgestützt) sowie Kosten. |
| Phase 4: | Umsetzung der Maßnahmenstrategien in ein konkretes Handlungskonzept für die Teil-Einzugsgebiete im Handlungsraum |

In den weiteren Planungsprozess (Phase 3) werden die maßgeblichen Akteure und Maßnahmenträger intensiv eingebunden. Es sind pfadspezifische Maßnahmenoptionen und die damit verbundenen Eintragsminderungspotenziale mit den Maßnahmenträgern konkreter zu identifizieren, die die Grundlage für die weitere Bewirtschaftungsplanung bilden. Die Überprüfung und Dokumentation der raumspezifischen Wirksamkeit von Maßnahmenzenarien soll modellgestützt erfolgen, wobei hier noch Festlegungen zu den konkreten Modellierungswerkzeugen zu treffen sind. Die Ergebnisse der Phase 3 werden voraussichtlich bis Ende 2013 vorliegen.

7 Literatur

AUERSWALD, K. (1989): Predicting nutrient enrichment from long-term average soil loss. – Soil Technology, Vol. 2

AUERSWALD, K. (1993): Gewässerschutz durch Bodenschutz. – Schriftenreihe agrarspectrum, Band 21: Belastungen der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft. Gemeinsame Lösungsansätze zum Gewässerschutz. und 1991

BROMBACH, H. & S. MICHELBAACH (1998): Abschätzung des einwohnerbezogenen Nährstoffaustrages aus Regenentlastungen im Einzugsgebiet des Bodensees (Studie). Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).

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

GEBEL, M., HALBFAß, S., BÜRGER, S., KAISER, M., GRUNEWALD, K., UHLIG, M. (2010): Stoffbilanz Modellerläuterung

GODLINSKI, F. (2005): ABSCHÄTZUNG DER PHOSPHORAUSTRÄGE AUS DER UNGESÄTTIGTEN BODENZONE ANHAND NUMERISCHER INTERPRETATIONEN VON LYSIMETERVERSUCHEN. DISS. UFZ. AGRAR- UND UMWELTWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

FRÜCHTENICHT, K.; STEFFENS, G.; MÄHLHOP, R. & FEYEN, A. (1996): Hat die P-Sättigung im Ober- und Unterboden einen Einfluss auf den P-Gehalt in Bodenextrakt und Grundwasser. Oldenburg, 25 S.

KLEEBERG, A. & M. HUPFER (2011): Untersuchungen zur Phosphormobilität von Berliner Flusseen im Spree-Dahme System. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Abschlussbericht, 49 S.

LUGV (2011): Karte der Dränagewahrscheinlichkeit des Landes Brandenburgs. Methodenpapier Ref. Ö4

Müller, G, Schreiber, G. (1982): Stand der Methodik zur Simulation von Dränabflüssen und Grundwasserneubildungen bei gedränten Deckschichten von Grundwasserleitern. Wasserwirtschaft – Wassertechnik, H. 6, S. 186-190

PRASUHN, V. (2006): Erfassung der PO₄-Austräge für die Ökobilanzierung. Agroscope Reckenholz-Tänikon

SCHIEFFER & SCHACHTSCHABEL (2010): Lehrbuch der Bodenkunde.

SCHWERTMANN, U., VOGL, W., KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - Eugen Ulmer, Stuttgart.