

Aus dem Institut für Wassergüte u. Landschaftswasserbau, TU Wien

WOHER KANN DER PHOSPHOR IN UNSERE GEWÄSSER GELANGEN?

H. FLECKSEDER

1. Einleitung

Bei stehenden Gewässern ist die Bedeutung von Phosphor im allgemeinen bekannt, doch ist darauf zu verweisen, daß er nicht in jedem Fall den maßgebenden Minimumfaktor darstellt. Bei Fließgewässern ist seine Bedeutung auf diese selbst bezogen wesentlich weniger bekannt als bei stehenden Gewässern. Da jedoch Fließgewässer nicht ständig fließen, sondern je nach dem vorhandenen Zustand auch sehr langsam fließen können bzw. stehen, sind Auswirkungen durch das "Ergebnis der Eutrophierung" d.h. durch die Tatsache, daß Phosphor zusammen mit anderen "Wachstumsfaktoren" an der Entstehung nicht ortgemäßer phototropher Biomasse mitwirkt fallweise bei Laufstauen, bei Interaktionen zwischen Laufstauen und umgebenden stehenden Gewässern sowie im Übergang zwischen fließenden und stehenden Gewässern zu erwarten.

Im Zusammenhang mit dem vorstehenden Abschnitt ist die zur Zeit in Fachkreisen innerhalb der BRD geführte Diskussion zu sehen, einerseits die weitere Vorgangsweise bezüglich des Gehaltes von Poly-P in den Textilwaschmitteln festzulegen und andererseits zu beraten, ob und in welchem Ausmaß eine generelle Begrenzung von gesP in den Abläufen der Abwasserreinigungsanlagen erfolgen soll.

Ohne auf die vorstehende Darstellung weiter fachlich eingehen zu können, bleibt doch die Frage zu stellen, woher und auf welchem Weg der Phosphor in unsere Gewässer gelangt und wie er in ihnen verbleibt. Diese Frage ist deshalb zu stellen, da nur dann die Bedeutung von schon ergriffenen oder diskutierten Maßnahmen richtig abgeschätzt werden kann, wenn die vorstehende Frage im großen und ganzen beantwortet werden kann.

Bezogen auf P (bzw. gesP) bedeutet dies, daß nicht nur Poly-P in Textilwaschmitteln, gesP aus dem menschlichen Metabolismus, gesP aus sonstigen Einträgen in Abwasser, Maßnahmen zum Rückhalt von P auf Abwasserreinigungsanlagen (ARAs), sondern auch gesP aus der Fläche (Auswaschung, Düngepraxis, Erosion, Transfer von befestigten Flächen) berücksichtigt werden müssen.

Es gilt festzuhalten, daß eine "Bilanzierung" nur auf der Basis von gesP möglich ist, wobei gleichzeitig mit zu bedenken ist, daß nicht gesP selbst, sondern nur der für das jeweilige Wachstum verfügbare Anteil von gesP das maßgebende mitwirkende Eutrophierungspotential darstellt.

Im folgenden wird versucht, eine gewässerbezogene Phosphorbilanz für Österreich zu erstellen. Damit wird bezweckt, erstens eine Methodik darzulegen, die auch in anderen Einzugsgebieten angewendet werden kann, zweitens zu zeigen, welche spezifischen Einträge aus verschiedenen Quellen ansetzbar sind und mit welchen Unsicherheitsfaktoren diese Ansätze verknüpft sind, drittens die österreichweite Abschätzung darzustellen, viertens einen Bezug

zur Donau herzustellen, und fünftens auf zu bearbeitende Problemstellungen aufmerksam zu machen, wenn das dargelegte Thema weiter verfolgt werden soll.

2. Abschätzungen zur Herkunft und den damit verknüpften Wegen

Die Darstellung zu diesem Punkt erfolgt anhand einer absteigenden Reihe bezüglich der Verlässlichkeit der dargestellten spezifischen Frachten.

2.1. Abwasserbürtige Einträge

Als abwasserbürtige Einträge sind jene aus dem Gebrauch von Waschmitteln, aus menschlichem Metabolismus und aus sonstigen Einträgen in Abwasser aufzufassen.

2.1.1. Waschmittel

Die derzeitigen Verordnungen begrenzen den Gebrauch von Poly-P, das in den Waschmittelrezepturen zur Verzögerung oder auch der Verhinderung der Ausfällung der Wasserhärte eingesetzt wird. Die in den Waschmitteln enthaltenen Frachten an gesP bzw. auch an Poly-P können über die Kenntnis der Waschmittelrezepturen und über die im jeweiligen Einzugsgebiet in Verkehr gebrachte Menge an Waschmitteln ermittelt werden. Da in den Waschmitteln z.B. auch phosphorhaltige Enzyme und Phosphonsäuren enthalten sind, ist die Menge an gesP stets größer als die Menge an Poly-P

2.1.2. Phosphor aus menschlichem Metabolismus

Wieviel gesP pro Einwohner und Tag mit den menschlichen Ausscheidungen in das Abwasser gelangt, wurde bisher in Österreich und unseres Wissens nach auch im deutschen Sprachraum nicht ermittelt. Aus den USA liegen dazu drei

getrennte Erhebungen (R.LAAK, 1975; K.LIGMAN et al., 1974; R.SIEGRIST et al., 1976) vor. Da anzunehmen ist, daß in der Art der Nahrungsaufnahme zwischen den USA und Österreich keine wesentlichen Unterschiede vorhanden sind, wird gefolgert, daß die in den USA ermittelten Werte auch auf die österreichischen Verhältnisse anwendbar sind. Der anhand dieser drei Arbeiten erhobene Mittelwert beträgt 1,85 g gesP/(E.d), und wenn Speisereste und Spülmittel mit berücksichtigt werden, erscheint ein Wert von 2,0 g gesP/(E.d) als zutreffend. Die Ermittlung der interessierenden Fracht erfolgt über Einwohnerzahlen bzw. beim Fremdenverkehr über die Nächtigungszahlen. So das betrachtete Einzugsgebiet nicht ein extremes Fremdenverkehrsgebiet ist, wird der Einfluß des Fremdenverkehrs auf die P-Frachten i.a. überschätzt. Dazu ein Hinweis: Die jährlich ca. 100 Mio Ausländernächtigungen in Österreich ergeben in der Jahresverteilung ca. 275.000 zusätzliche Einwohner, was ca. 3,5 % der österreichischen Bevölkerung ausmacht.

2.1.3. Einträge aus sonstigen Quellen in das Abwasser

Diese Einträge stammen z.B. aus verschiedenen Bereichen der Lebensmittelbranche bzw. auch aus Gewerbe- und Industriebetrieben anderer Branchen. In Österreich liegen dazu keine gezielten Untersuchungen vor. In der BRD (PHOSPHOR-WEGE UND VERBLEIB IN DER BRD, 1978) und auch in der Schweiz (GEWÄSSERSCHUTZ 2000, 1977) wurden ebenfalls keine spezifischen Werte genannt, doch zeigt sich, daß ein Wert von 0,9 g gesP/(E.d) dann zutrifft, wenn für den menschlichen Metabolismus und für gesP in den Waschmitteln vor Inkrafttreten der heutigen Maßnahmen zur Reduktion von Poly-P in Textilwaschmitteln 4,0 g gesP/(E.d) angesetzt werden. Die an einzelnen ARAs in Österreich (HKA Wien, ARAs im Burgenland und in Vorarlberg) mit einer gesamten

angeschlossenen Einwohnerzahl von ca. 1,5 Mio durchgeführten Erhebungen und Abschätzungen ergeben, daß der Wert von 0,9 g gesP/(E.d) nicht pro EGW! auch heute noch in Österreich seine Gültigkeit hat. Die Ermittlung der interessierenden Fracht erfolgt über Einwohnerzahlen bzw. beim Fremdenverkehr über Nächtigungszahlen.

2.2 Flächenbürtige Einträge

Flächenbürtige Einträge werden nach einem anderen Sprachgebrauch auch "Diffuser Eintrag" genannt, wobei unter dem Begriff "diffus" in der Vergangenheit alle jene Einträge in Gewässer verstanden wurden, über deren Herkunft man nicht allzuviel sagen konnte. Im englischen Sprachraum unterscheidet man heute primär über "point sources", d.h. Einträge aus Abwasser, und "non-point sources", worunter eben der flächenbürtige Eintrag zu verstehen ist. Ohne Zweifel ist auch heute noch der Eintrag aus der Fläche im Vergleich zum Eintrag aus Abwasser wesentlich schwerer quantifizierbar; andererseits ist er durchaus quantifizierbar, und nicht wie in der Vergangenheit angenommen nicht eruierbar. Als Wege aus der Fläche sind die Auswaschung, die Erosion und der Transfer von befestigten Flächen, als Quellen der Boden und die Stapelung von Hofdünger zu nennen. Eine gedankliche Beschäftigung zeigt, daß wahrscheinlich der größere Frachtenanteil aus dem Boden durch Erosion in unsere Gewässer gelangt.

Zur Quantifizierung des spezifischen Eintrages für eine österreichische Abschätzung dienen drei voneinander unabhängige Beobachtungen, die im Folgenden dargestellt werden:

2.2.1. Das Einzugsgebiet der Bregenzer Ache

Am betrachteten Pegel vor der Einmündung der Bregenzer Ache in den Bodensee weist diese ein Einzugsgebiet (EZGB)

mit einer Fläche von 826 km² auf; dies ist ca. 1 % der Fläche Österreichs. Im Rahmen des Meßprogramms der INTERNATIONALEN GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE wurden in den Jahren 1967/68, 1971/72 und 1978/79 Messungen durchgeführt, die an der EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) im Hinblick auf Jahresfrachten ausgewertet wurden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse lauten wie folgt:

Meßperiode 1967/68	250 t gesP/a
Meßperiode 1971/72	188 t gesP/a
Meßperiode 1978/79	265 t gesP/a

Anhand statistischer Unterlagen (Bayern, Vorarlberg) und bei Ausrichtung dieser statistischen Unterlagen auf das EZGB der Bregenzer Ache gelang es, folgenden Überblick zu erhalten (Ansatz für 1978/79)

Wohnbevölkerung ca. 47.030E (ca. 57E/km²) Fremdenverkehr ca. 2,8 Mio Nächtigungen, wobei anzunehmen ist, daß dieser tatsächlich von außerhalb des hydrographischen Einzugsgebietes der Bregenzer Ache her ausgelöst ist; auf das Jahr umgelegt macht der Fremdenverkehr ca. 16 % zusätzlich zur Wohnbevölkerung aus und muß daher berücksichtigt werden. Die ausgewiesene landwirtschaftliche Nutzfläche beträgt 31.500 ha, die Viehhaltung ca. 500 Pferde, ca. 38.900 Rinder, ca. 19.400 Schweine, ca. 2.000 Schafe und Ziegen sowie ca. 84.600 Hühner. Statistische Unterlagen über befestigte Flächen waren nicht eruierbar.

Für die Frachten aus Haushalten wurden 4,0 g gesP/(E.d), aus Fremdennächtigung 6,0 g gesP/(Gast.d), für sonstige Einträge in Abwasser 1,2 g gesP/(E.d) angesetzt, woraus

gesamthaft bei den vorstehend angegebenen statistischen Größen sich der abwasserbürtige Eintrag vor Reinigung (sog. Bruttofracht) zu ca. 105 t gesP/a ermittelt.

Nun besteht das Ziel dieses Abschnittes darin, abzuschätzen, welche Menge an gesP flächenspezifisch im EZGB der Bregenzer Ache in der letzten Meßperiode eingetragen wurde. Wird die abgeschätzte Bruttofracht als vollständig in die Bregenzer Ache eingetragen angesehen, was aus verschiedenen Gründen sicher nicht als richtig zu bezeichnen ist, dann ist der sich ergebende flächenspezifische Eintrag kleiner als wenn von einem Rückhalt durch Abwasserreinigung (1978/79 fast nicht vorhanden) bzw. im Boden bei Abwasserversickerungen ausgegangen wird.

Werden nun von 265 t gesP/a die abgeschätzten abwasserbürtigen 105 t gesP/a abgezogen, so sind 160 t gesP/a als flächenbürtig anzusehen. Auf die Flächeneinheit des EZGB bezogen ermittelt sich dabei ein Wert von

$$194 \text{ kg gesP}/(\text{km}^2 \cdot \text{a}),$$

der als vergleichsweise hoch anzusehen ist.

2.2.2 Das Einzugsgebiet der Wulka

Am Pegel Schützen, der für die hier uminterpretierte Darstellung als Beobachtungsstelle diente, beträgt die Fläche des EZGB 384 km² entsprechend nicht ganz 0,5 % der Staatsfläche Österreichs. Im Rahmen der Arbeiten für die AGN (Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept Neusiedlersee) wurden an diesem Pegel Untersuchungen zum Nährstofftransport durchgeführt. Die Fragen des Nährstofftransportes in der Wulka während Hochwasserereignissen wurden von W.v.d.EMDE,

N.MATSCHÉ & F.PLAHL-WABNEGG (1985), die Fragen des Nährstoffeintrages in den Neusiedler See über oberirdische Zuflüsse von W.STALZER, G.SPATZIERER & U.WENNINGER (1985) dargestellt. Die Arbeiten von W.v.d.EMDE et al. zeigen, daß während Starkregenereignissen in der dabei im Vergleich zum Trockenwetterabfluß in wesentlich größerem Umfang transportierten Feinfraktion an diese gebundener Phosphor verfrachtet wird. Die untersuchten Hochwasserereignisse zeigten dabei eine recht gute lineare Korrelation zwischen den Konzentrationen an gesP sowie an abfiltrierbaren Stoffen; die Masseinheit an abfiltrierbaren Stoffen enthielt bei drei sehr unterschiedlichen Abflußereignissen (2,0 m³/s, 4,5 m³/s, und 24,5 m³/s als jeweils maximalem Scheitelabfluß) einen mittleren Gehalt an gesP von 1,64 Promille mit einer "Standardabweichung" von 0,83 Promille. In einer Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur (S.HAIDER, 1983) wurden Abschätzungen für ein Durchschnittsjahr angestellt, da der Untersuchungszeitraum durch sehr starke Hochwasserereignisse geprägt war. Dabei zeigt sich, daß im Durchschnittsjahr mehr gelöster Phosphor transportiert wird als im Beobachtungszeitraum, der der Bearbeitung von W.v.d.EMDE et al. zugrunde liegt. Die Fracht an gesP am Pegel Schützen wurde von W.v.d.EMDE et al. mit 43,1 t/a angegeben, von S.HAIDER für das "Durchschnittsjahr" mit 42 t gesP/a.

Die Arbeiten von W.v.d.EMDE et al. und S.HAIDER wurden von W.STALZER et al. in den Jahren 1983/84 fortgesetzt und erbrachten aus einer besser fundierten Datenbasis, daß im "Normaljahr" die Fracht der Wulka an der Mündung in den Schilfgürtel mit 50 t gesP/a anzusetzen sei. Gleichzeitig legten W.STALZER et al. dar, daß in der Jahresreihe 6/82-6/84 der Frachtenabstoß aus den Abwasserreinigungsanlagen

mit 9,3 t gesP/a anzusetzen war, sodaß sich die als flächenbürtig aufzufassende Fracht an gesP zu ca. 40 t gesP/a bzw.

$$104 \text{ kg gesP}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$$

ergibt. Diese spezifische Fracht ist deutlich niedriger als im EZGB der Bregenzer Ache, doch sind die Geländeneigungen ja abgesehen von den Hängen des Leithagebirges im Vergleich mit jenen des Bregenzerwaldes wesentlich flacher.

2.2.3 Das Einzugsgebiet des Genfersees

Das EZGB umfaßt Anteile Frankreichs und der Schweiz und beträgt ohne Seefläche ca. 6.550 km² (diese Fläche entspricht ungefähr 8 % der Staatsfläche Österreichs) Der Anteil an Hochgebirge kann als ausgesprochen groß bezeichnet werden, doch gibt es in den Tal- und Beckenlagen auch eine ausgeprägte Intensivlandwirtschaft (Getreide, Obst); Viehhaltung (Fleischproduktion, Milchwirtschaft) ist ebenfalls vorhanden.

Die Arbeit, auf die sich die folgende Darstellung bezieht, stammt aus Frankreich (GROUPE DE TRAVAIL PHOSPHORE, SOUS-GROUPE DE TRAVAIL "REDON", MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1986) Die in dieser Arbeit ausgewiesenen 100 300 kg gesP/(km².a) sind in der vorhandenen Darstellung nicht nachvollziehbar. Die durch Messungen an den Zuflüssen zum Genfersee (Aubonne, Dranse, Rhone, Venoge) ausgewiesenen mittleren Jahresfrachten betragen in der Jahresreihe 1980-1985 ca. 850 t gesP/a und umfassen die vorhandenen Direkt-einleitungen nicht. Die vom BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Bern, 1985) herausgegebene Gewässerschutzstatistik zeigt,

daß zum 1.1.1983 im Kanton Waadt 90 % der Bevölkerung an zentrale ARAs anschließbar und 85 % angeschlossen waren, während die respektiven Prozentsätze im Kanton Wallis 65 % bzw. 59 % betragen. Zur Situation in Frankreich liegen keine Unterlagen vor, doch läßt sich das französische Einzugsgebiet zu ca. 870 km² dh. ca. 13 % des gesamten EZGB, abschätzen. Die beiden Schweizer Kantone weisen folgende Kennzahlen auf: Waadt 3.219 km² mit 525.000E, davon ca. 300.000E mit Direkteinleitung (Raum Lausanne, Montreux, Nyon, Rolle, Vevey) als den wichtigsten und ca. 30.000E als Indirekteinleiter, d.h. nur ca. 330.000 der ca. 530.000E entwässern zum Genfer See. Das Wallis ist ein Indirekteinleiter, wobei der gesamte Kanton als zum Genfersee entwässernd aufgefaßt werden kann. Er weist eine Fläche von 5.226 km² mit 220.000E auf. Das in der vorstehenden Abschätzung enthaltene französische Einzugsgebiet von 870 km² dürfte, bei Ausschluß der Direkteinleiter wie z.B. Evian und Thonon, eine mittlere Siedlungsdichte in der Größe des Kantons Wallis haben, sodaß sich dafür eine Indirekteinleiterzahl von ca. 40.000E ergibt; das Ausmaß der an ARAs angeschlossenen Einwohner im Hinterland wird zu 30 % festgelegt.

In der weiteren Abschätzung wurde nun davon ausgegangen, daß bei den an ARAs angeschlossenen Einwohnern (d.h. nur bei den hier maßgebenden auf den See bezogenen Indirekteinleitern!) eine P-Fällung mit einem 70 %igen Wirkungsgrad installiert sei. Zusätzlich gilt, wie auch im EZGB der Bregenzer Ache, der Ansatz, daß der für das Abwasser abgeschätzte Phosphor tatsächlich in den ausgewiesenen Indirekteinleitungen enthalten ist. Bei Ansatz von 4,9 g gesP/(Einwohner.d) folgt aus allen hier angegebenen bzw.

abgeschätzten Zahlen eine Jahresfracht an Indirekteinleitung von 310 t gesP/a, sodaß die Differenz von $(850-310) = 540$ t gesP/a als flächenbürtiger Eintrag aufzufassen ist. Umgelegt auf die Fläche des EZGB von 6.550 km² ergibt sich ein flächenspezifischer Eintrag von

$$82 \text{ kg gesP}/(\text{km}^2 \cdot \text{a}),$$

der in Anbetracht des ausgeprägt hohen Anteiles an Hochgebirge als durchaus hoch einzustufen ist.

2.2.4 Folgerungen

(*) Die vorstehenden Daten zeigen, daß aus gar nicht so kleinen Einzugsgebieten flächenbürtige Einträge an gesP in der Größenordnung von 80 200 kg/(km²·a) stammen.

(*) Über die Ursachen dieses flächenbürtigen Austrages liegen keine Untersuchungen vor. Die vermuteten Ursachen umfassen als Herkunft den Boden, befestigte Flächen und die Stapelung von Hofdünger, als Weg des Austrages die Auswaschung, die Erosion sowie den Transfer von befestigten Flächen.

(*) Es wird vermutet, daß der größte Anteil dieser flächenspezifischen Frachten auf dem Wege der Wassererosion vom Boden in die beobachteten Gewässer gelangte, doch kann es durchaus auch sein, daß bei drainagierten Böden der Frachtanteil aus Auswaschung hoch ist. Auch eine unsachgemäße Hofdüngerlagerung kann in gewissen Fällen wesentlich zu den beobachteten Werten beigetragen haben.

(*) In Ermangelung eines besser fundierten Wertes wird vorgeschlagen, für eine österreichweite Bilanz für gesP von

$$100 \text{ kg gesP}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$$

(grober Schätzwert!)

als der maßgebenden flächenspezifischen Eintragsgröße auszugehen.

(*) Im Hinblick auf zu erwartende administrative bzw. landeskulturelle Maßnahmen wird vorgeschlagen, diesen spezifischen Wert in anderen größeren Einzugsgebieten noch weiter zu untersuchen bzw. bei Vorhandensein von Datenmaterial dieses weiter aufzuarbeiten. Um eingreifen zu können, müssen jedoch die Fragen der Herkunft und des Transportweges abgeklärt werden.

3. Eine gewässerbezogene Phosphorbilanz Österreichs

Mit der vorstehend geschilderten Methodik der spezifischen Phosphorfrachten, noch auszuweisenden Zahlenwerten und unter Berücksichtigung der vorhandenen Infrastruktur im Bereich der Abwasserreinigung läßt sich nun eine gewässerbezogene Phosphorbilanz Österreichs abschätzen.

3.1 Der Bilanzrahmen mit seinen internen Beziehungen

Der Bilanzrahmen mit seinen internen Beziehungen ist in Abbildung 1 dargestellt. Innerhalb des Bilanzrahmens d.h. des österreichischen Staatsgebietes werden drei Bereiche unterschieden: (a) die Lithosphäre (Bodennutzung), (b) Anthroposphäre (Haushalte, Gewerbe, Industrie), und schließlich die Hydrosphäre (Gewässer) In die Lithosphäre gelangen als Eingangsgrößen der gesP in Mineraldünger und Kraftfutter, wobei bezüglich des maßgebenden Eintrages an Mineraldünger Angaben von P GRUBER (1985) und für die Fracht an gesP im Kraftfutter Abschätzungen aus PHOSPHOR WEGE UND VERBLEIB IN DER BRD (1978) herangezogen werden können. In die Anthroposphäre gelangt der Phosphor mit den Nahrungsmitteln aus der Lithosphäre

(wobei hier die Frachten in den Nahrungsmittelimporten unberücksichtigt blieben), mit den Wasch- und Geschirrspülmitteln, und schließlich in einem gewissen nicht weiter bekannten Umfang auch von außerhalb Österreichs mit einem Übergang in das Abwasser. In der Hydrosphäre sind nun Einträge aus der Atmosphäre die jedoch vergleichsweise gering sind aus der Anthroposphäre aus dem Abwasser sowie aus der Lithosphäre vorhanden.

Die Vorratsveränderungen sind in der Anthroposphäre als (fast) inexistent, in der Hydrosphäre wegen des großen Anteiles an Fließgewässern in Österreich als gering, in bezug auf den Feststofftransport und seine Ablagerung in Seen und den Überschwemmungsgebieten als jedoch durchaus gegeben, in der Lithosphäre wegen der großen Akkumulation im Boden als ausgeprägt zu bezeichnen.

In den folgenden Abschnitten werden ausgewählte Abschätzungen dargestellt, wobei als Basisjahr das Jahr 1981, als Jahr mit dem "Greifen" der ersten Stufe der in Österreich gültigen Waschmittelverordnung das Jahr 1985, und bezüglich Vorhersagen das Jahr 1990 mit drei unterschiedlichen Annahmen (Einführung einer Simultanfällung für 80 % der zu ARAs gelangenden Frachten; Einführung einer raschen "Nullvariante" etwa entsprechend dem Schweizer Weg ohne Simultanfällung; Einführung einer raschen "Nullvariante" plus Simultanfällung bei 80 % der zu ARAs gelangenden Frachten) ausgewählt wurden.

3.2 Das Basisjahr 1981

Die für den Basisfall maßgebenden Flüsse an gesP sind in der Abbildung 2 dargestellt. Die Eintragsgrößen von außen

beziehen sich auf den gesP in Mineraldünger und Kraftfutter einerseits und in Wasch- und Geschirrspülmitteln (C.AUER-WELSBACH, 1983; Fachverband der chemischen Industrie, 1986) andererseits. In den Bereich der Anthroposphäre gelangten in Summe ca. 13.300 t gesP/a, wobei 1981 österreichweit der Anschluß an ARAs mit 50 % abschätzbar war und eine Fracht von ca. 350 t gesP/a wasserrechtlich gesichert einer Simultanfällung unterworfen wurde. Für die ARAs mit P-Fällung wurde ein Rückhalt in der Abwasserreinigung von 90 %, für alle übrigen ARAs ein solcher von 25 % angesetzt. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, daß bei 20 % der abwasserbürtigen Phosphorfrachten die Entsorgung über den Untergrund erfolgte und deshalb ein Eintrag direkt aus Abwasser in den Bereich der Lithosphäre gegeben ist. Aus all diesen Abschätzungen ergibt sich, daß im Jahre 1981 ca. 8.700 t gesP/a aus Abwasser und ca. 8.400 t gesP/a aus der Fläche in die österreichischen Gewässer gelangten.

3.3 Das Jahr 1985

Die für das Jahr 1985 maßgebenden Flüsse an gesP sind in der Abbildung 3 dargestellt. Im Vergleich zum Basisjahr wurde der Eintrag in Mineraldünger und Kraftfutter gleich angesetzt, jener in den Wasch- und Geschirrspülmitteln auf die in Verkehr gebrachten Frachten reduziert. In den Bereich der Anthroposphäre gelangten in Summe ca. 12.500 t gesP/a, wobei 1985 der Anschluß an ARAs zu ca. 58 % und die wasserrechtlich gesichert einer P-Fällung zugeführte Fracht zu ca. 380 t gesP/a abgeschätzt wurde. Bei Anwendung gleichartiger Prozentsätze im Rückhalt (ARAs ohne Fällung 25 %, ARAs mit Fällung 90 %, Rückhalt von 20 % der anfallenden Fracht vor Reinigung im Untergrund) ergibt

sich, daß ca. 7.900 t gesP/a aus Abwasser und ca. 8.400 t gesP/a aus der Fläche in die österreichischen Gewässer gelangten.

3.4 Das Jahr 1990, "Nullvariante" bei Textilwaschmitteln

Die für diesen Fall maßgebenden Flüsse an gesP sind in der Abbildung 4 dargestellt. Im Vergleich zum Basisjahr wurde der Eintrag an Mineraldünger und Kraftfutter wiederum gleich angesetzt, jener in den Wasch- und Geschirrspülmitteln jedoch auf jene Menge bei Verkaufsmengen an Wasch- und Geschirrspülmitteln wie im Jahre 1985 begrenzt, die den nach der schweizerischen Gesetzgebung maßgebenden Mengen entsprechen. Es wurde zusätzlich angesetzt, daß im Jahre 1990 68 % des gesamten Abwasseranfalles einer biologischen Reinigung zugeführt werden, daß ca. 320 t gesP/a einer Fällung zugeführt werden, daß 20 % der anfallenden P-Fracht im Untergrund rückgehalten werden, und daß die Rückhalteprozente in der Reinigung 25 % bzw. 90 % (für Fällung) betragen. Aus all diesen begründbaren! Annahmen ergibt sich, daß ca. 5.400 t gesP/a aus Abwasser und ca. 8.400 t gesP/a aus der Fläche in die österreichischen Gewässer gelangen würden.

3.5 Das Jahr 1990, mit Simultanfällung

Die für diesen Fall maßgebenden Flüsse an gesP folgen aus der Abbildung 5. Der Eintrag an gesP im Mineraldünger und Kraftfutter blieb gleich, jener in den Wasch- und Geschirrspülmitteln entspricht der hier nicht näher dargestellten Vorhersage für 1987 (weiteres Absinken des Gehaltes an Poly-P in Waschmitteln gemäß der gesetzlich beschlossenen zweiten Stufe zur Reduktion, unter Annahme der 1985 verkauften Mengen) Folgende Annahmen wurden angesetzt: 68 % des gesamten Abwasseranfalles zur biologischen

Reinigung, für 20 % Entsorgung über den Untergrund, für 80 % der Frachten zur biologischen Reinigung Anwendung der Simultanfällung. Aus all diesen begründbaren! Annahmen ergibt sich, daß ca. 3.200 t gesP/a aus Abwasser und ca. 8.400 t gesP/a aus der Fläche in die österreichischen Gewässer gelangen würden.

3.6 Das Jahr 1990, "Nullvariante" mit Simultanfällung

Die für diesen Fall maßgebenden Flüsse an gesP folgen aus der Abbildung 6. Die Einträge von außen entsprechen jenen des Abschnittes 3.4, die Annahmen für die Reinigung jenen des Abschnittes 3.5. Aus all diesen begründbaren! Annahmen folgt, daß ca. 2.500 t gesP/a aus Abwasser und ca. 8.400 t gesP/a aus der Fläche in die österreichischen Gewässer gelangen würden.

3.7 Sind die ausgewiesenen Frachten stichhältig?

Es bleibt schließlich noch zu fragen, ob die ausgewiesenen Frachten bezogen auf ihre Größenordnung, jedoch nicht auf die letzten Stellen tatsächlich so groß sind wie genannt. Ein möglicher Ansatz, dies zu überprüfen, besteht darin, den mittleren Gehalt an gesP im größten Oberflächengewässer Österreichs, der Donau, mit dem mittleren Jahresabfluß Österreichs zu vervielfachen und die so erhaltene Jahresfracht mit den ausgewiesenen Frachten zu vergleichen. Wegen des Ausuferns der Donau bei Hochwasserereignissen, d.h. der Verfrachtung von Donausilt in die Überschwemmungsflächen, und des Rückhaltes von Phosphor in Seen sollte dabei der durch Messung errechnete Wert trotz der etwas anderen Art der Relation zwischen Fläche und Einwohnerzahl bei den Oberliegern niedriger ausfallen als die für 1981 bzw. für 1985 in den Bilanzen ausgewiesenen Frachten.

Der Mittelwert der Konzentrationen an gesP der Donau für den Pegel Nußdorf in der Zeitreihe 1979 1986 beträgt für die monatlichen Stichprobenentnahmen der Bundesanstalt für Wassergüte 240 µg gesP/l. Dies wurde aus Angaben der BUNDESANSTALT FÜR WASSERGÜTE ermittelt. Nach W.KRESSER (1968) beträgt der mittlere Jahresabfluß Österreichs 700 mm, was auf das Hoheitsgebiet umgerechnet einen Jahresabfluß von 58,7 Mia m³/a ergibt. Bei Multiplikation folgt daraus eine "gemessene" Jahresfracht von ca. 14.100 t gesP/a, der rechnerisch ermittelte Jahresfrachten von ca. 17.300 t gesP/a für 1981 und ca. 16.500 t gesP/a für 1985 gegenüberstehen. Diese Zahlen zeigen, daß die in den Bilanzen enthaltenen Zahlenwerte doch nicht allzuweit von der Wirklichkeit entfernt sind und daß deshalb auch Folgerungen aus diesen Bilanzen gezogen werden können.

4. Folgerungen

4.1 Allgemeine Folgerungen

Aus den vorliegenden Bilanzen können sowohl Schlüsse in bezug auf den gesP (dh. inklusive der Einträge aus der Fläche) als auch in bezug auf den abwasserbürtigen P gezogen werden. Es folgt daraus ganz klar, daß

(*) die administrative Maßnahme "Nullvariante an Poly-P in Textilwaschmitteln" alleine mit Bezug auf das Basisjahr 1981 im Hinblick auf den gesP nur eine 20 %ige Reduktion, in bezug auf den abwasserbürtigen P nur eine 38 %ige Reduktion ergibt. Bei dieser Maßnahme muß jedoch mitberücksichtigt werden, daß bei einer "Nullvariante an Poly-P in Textilwaschmitteln" zumindest zurZeit die biologische Abbaubarkeit der Waschmittelinhaltsstoffe zurückgeht (A.HAMM & H.REMETH, 1985).

(*) die technische Maßnahme der Phosphatfällung bei der Abwasserreinigung alleine mit Bezug auf das Basisjahr 1981 im Hinblick auf den gesP nur eine 32 %ige Reduktion, in bezug auf den abwasserbürtigen P eine etwa 63 %ige Reduktion ergibt. Je größer der abwassertechnische Entsorgungsgrad, desto wirksamer kommt die P-Fällung zum Tragen. Dabei ist mit zu berücksichtigen, daß von 1981 auf 1990 eine 18 %ige Steigerung im Anschluß an ARAs abgeschätzt wurde; in der weiteren Zukunft wird diese Steigerungsrate flacher verlaufen.

(*) die Kombination beider Maßnahmen (Nullvariante bei den Waschmitteln, jedoch unter der Voraussetzung einer zufriedenstellenden biologischen Abbaubarkeit der Waschmittelinhaltsstoffe, plus Phosphatfällung) den besten Rückhalt ergibt. Er beträgt 36 % mit Bezug auf den gesP und 72 % mit Bezug auf den abwasserbürtigen P. Auch hier gilt, daß beide Maßnahmen mit steigendem Anschlußgrad an die abwassertechnische Entsorgung effizienter werden.

(*) weder eine Nullvariante bei den Polyphosphaten der Textilwaschmittel noch eine Phosphatfällung alleine, noch beide Maßnahmen zusammen in der Lage sind, den Eintrag an Gesamtposphor mit Bezug auf das Jahr 1985 mehr als zu halbieren. Da Einträge aus der Fläche in unsere Gewässer gelangen, müssen auch Mittel und Wege gefunden werden, einerseits die Herkunft und Größe dieser Einträge besser als bisher zu erfassen und andererseits auch dafür zu sorgen, daß das Ausmaß dieser Einträge geringer wird.

4.2 Folgerungen im Hinblick auf die Donau

Bei Fließgewässern gilt, daß der Zustand an einem Pegel durch die Einträge in dieses vor dem Pegel bestimmt ist.

Diese Aussage trifft auch auf die Donau zu.

Der folgende Überblick ermöglicht dabei eine Einschätzung der Gegebenheiten an der österreichischen Donau:

Pegel	EW Mio.	EZGB km ²	MQ m ³ /s	E/MQ E.s/m ³	Mq l/s.km ²
Kasten/ Obernzell	ca. 10	76.600	1.410	ca. 7.100	18,5
Wolfsthal/ Karlova Ves	16	131.100	2.050	ca. 7.800	15,6
(Wien	Δ 1,5		1.920	Δ 780)

Aus diesem Überblick ergibt sich, daß der Zustand der Donau auf österreichischem Staatsgebiet sowohl im Hinblick auf gleichartige Maßnahmen bei abwasserbürtigem Phosphor als auch im Hinblick auf Einträge aus der Fläche in recht großem Umfang durch die Maßnahmen bei den Oberliegern geprägt ist. Die spezifischen Kenngrößen zeigen wegen ihrer ähnlichen Größendabei an, daß an den beiden betrachteten Pegeln ähnliche Zustände vorliegen. Der Einfluß selbst einer Großstadt wie Wien auf den Donaustrom ist als gering zu bezeichnen.

Bezogen auf fallweise geforderte Frachtenrückhalte bezüglich gesP ergibt sich, daß der Zustand der Donau nicht alleine nur durch Maßnahmen in Österreich, sondern nur durch Maßnahmen im gesamten Donaueinzugsgebiet verbessert werden kann. Dabei dürfte die Phosphatfällung wahrscheinlich am raschesten verwirklicht werden können, die Nullvariante bezüglich Poly-P dann verwirklicht sein, wenn die biologische Abbaubarkeit der Waschmittelinhaltsstoffe besser ist als zur Zeit, und die Frage der Einträge aus

der Fläche sollte bezüglich der Unklarheiten rasch angegangen werden, damit die Verwirklichung der zu beschreibenden Lösungswege nicht zu lange auf sich warten läßt.

Ob und in welchem Umfang Forderungen bezüglich einer generellen Reduktion an Frachtereinträgen an der Donau erhoben werden, muß die Zukunft erweisen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, als eine erste Diskussionsgrundlage zu dem angeschnittenen Themenbereich mit beizutragen.

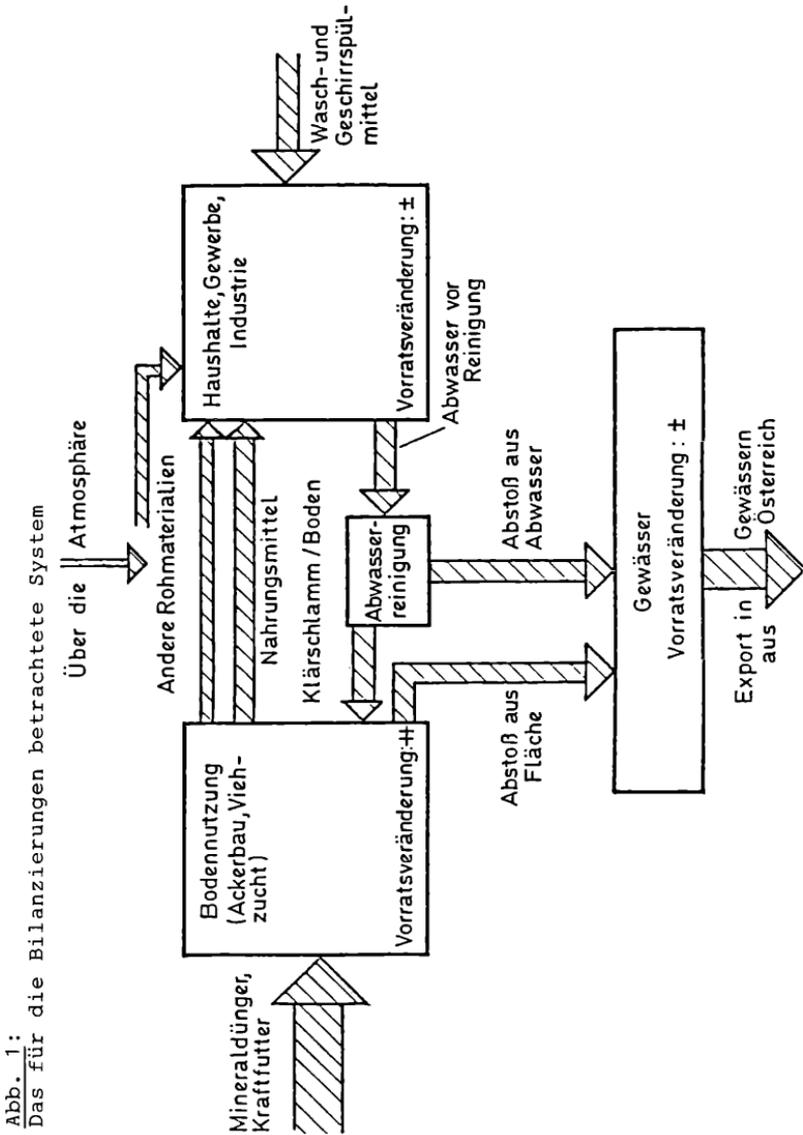


Abb.2:
Das Basisjahr 1981

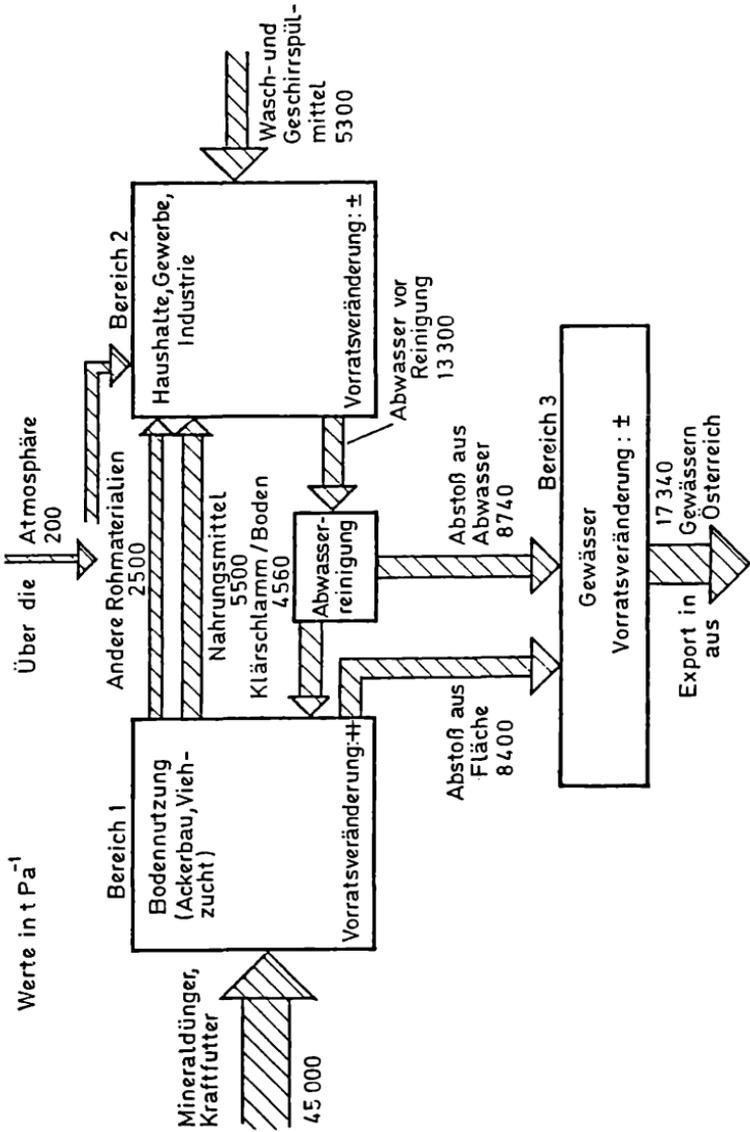


Abb. 3:
Das Jahr 1985 (Auswirkungen der ersten Stufe der gesetzlichen Regelungen in der
Waschmittelverordnung)

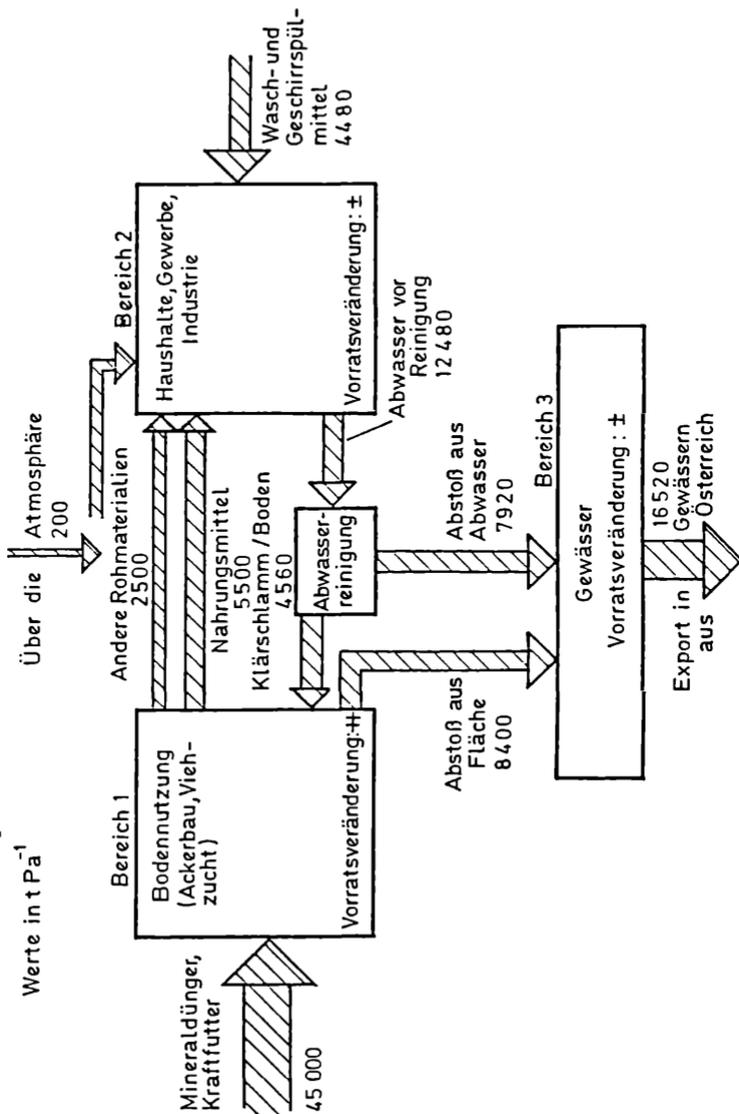


Abb.: 4: Vorhersage für das Jahr 1990 unter der Annahme einer raschen Einführung einer "Nullvariante" bei Waschmitteln, ungefähr dem schweizerischen Weg entsprechend, plus der Entwicklung im System Abwassererfassung/Abwasserreinigung

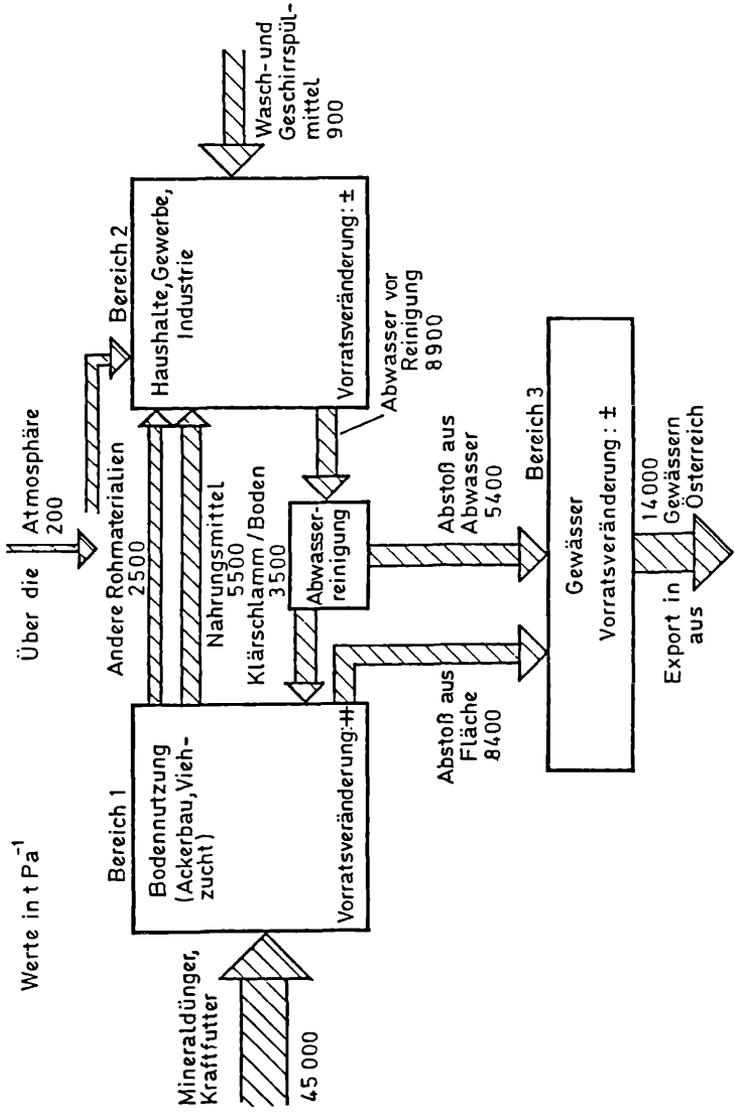


Abb. 5: Vorhersage für das Jahr 1990 unter der Annahme einer Simultanfällung für 80 % der Zulaufmengen zu ARAs, mit den P-Frachten für 1987, plus der Entwicklung im System Abwassererfassung/Abwasserreinigung

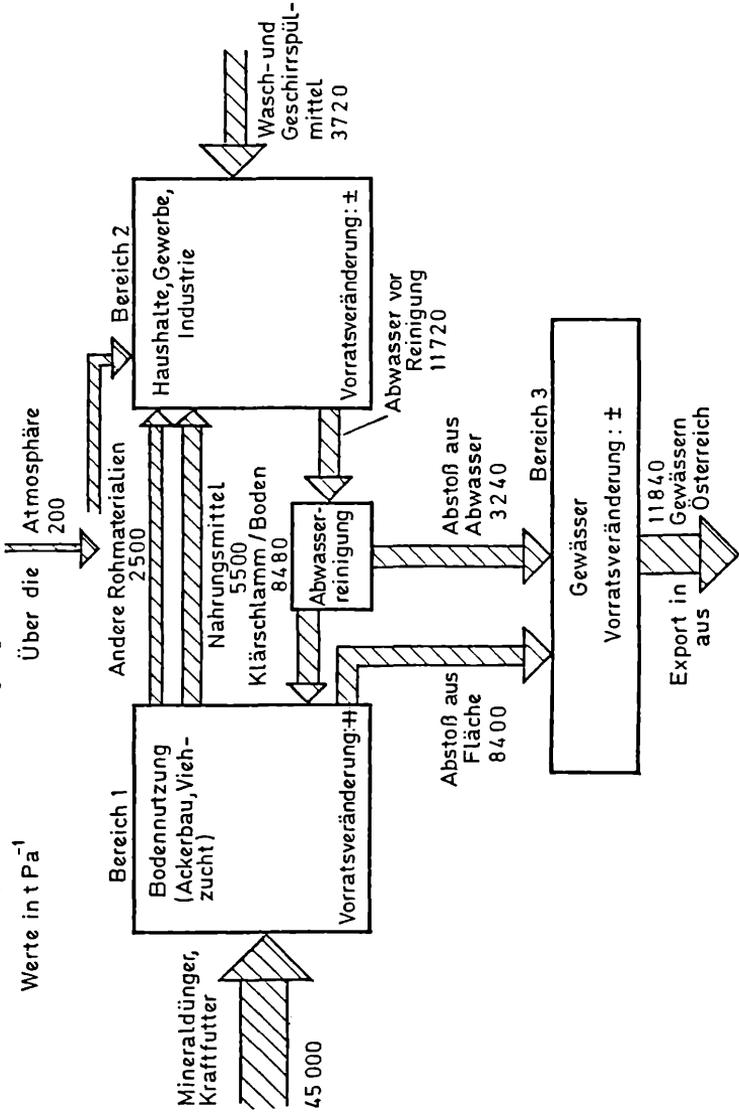
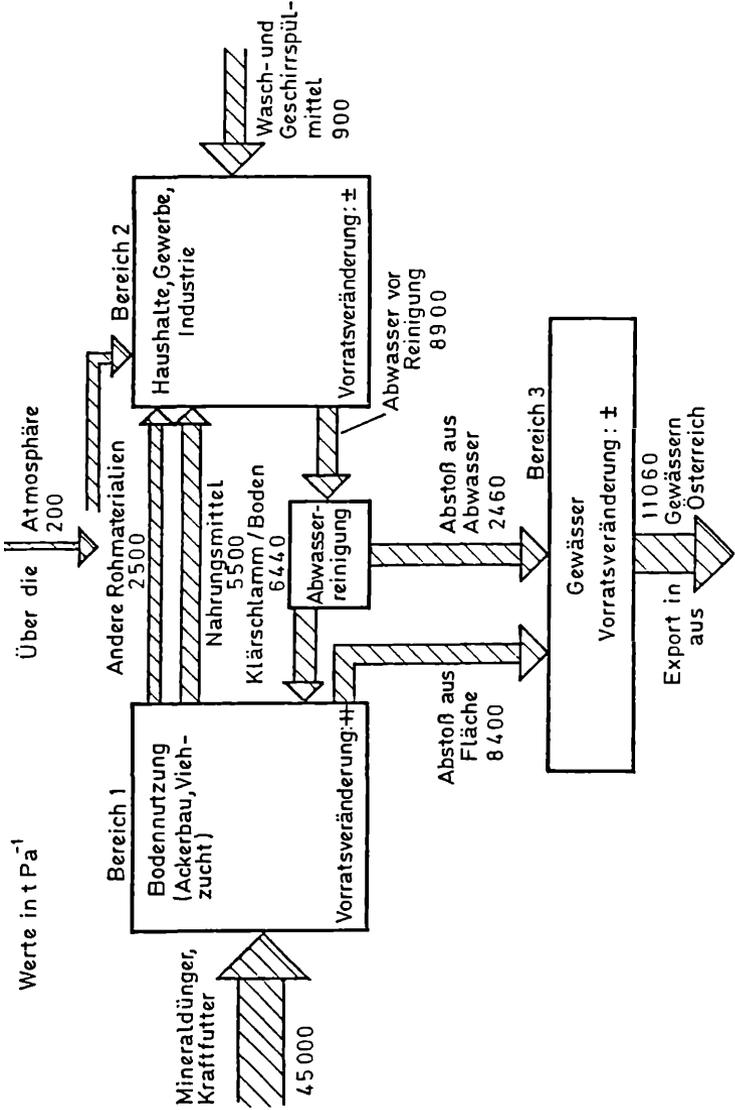


Abb. 6: Vorhersage für das Jahr 1990 unter der Annahme einer raschen Einführung einer "Null-variante" bei Waschmitteln, einer Simultanfällung für 80 % der Zulauffrachten zu ARAs, plus der Entwicklung im System Abwasserfassung/Abwasserreinigung



Dank

Die Darstellung der Kapitel 3 und 4 der vorliegenden Veröffentlichung entstand aus einer Überarbeitung des Kapitels 3 der von W.v.d.EMDE, H.FLECKSEDER und N.MATSCHÉ für das Umweltbundesamt durchgeführten Arbeit "Auswirkungen der Herabsetzung des Phosphatgehaltes in Waschmitteln" (Wien, 1986) Ich bedanke mich beim Umweltbundesamt für die an mich mit übertragene interessante Aufgabenstellung.

Zusammenfassung

Ausgehend von Hinweisen auf Fragen zur P-Fällung in der Abwasserreinigung bzw. zur Nullvariante für Poly-P in Textilwaschmitteln wird die Frage gestellt, woher und auf welchem Wege der Phosphor (als Gesamtphosphor, gesP) eigentlich in unsere Gewässer gelangt. Dabei zeichnet sich ab, daß drei maßgebenden Einträge in das Abwasser (menschlicher Metabolismus; gesP in Wasch- und Spülmitteln, wobei die Menge an Poly-P zur Zeit in Österreich überwiegt; sonstige Übergänge in Abwasser) und von dort über das jeweils vorhandene technische System der Abwasserableitung und Abwasserreinigung ein großer Eintrag aus der Fläche direkt in die Gewässer gegenübersteht. Ziel der Arbeit ist es, die angewandte Methodik aufzuzeigen, spezifische Zahlen zur Anwendung dieser Methodik (abwasserrelevante als auch flächenspezifische Werte) und deren jeweilige Verlässlichkeit aufzuzeigen, gewässerrelevante Bilanzen für gesP für Österreich anzugeben und die allgemeinen Folgerungen als auch auf die Donau bezogenen Folgerungen aus diesen Bilanzen zu nennen.

SUMMARY

Sources of phosphorus input into fresh-waters

The precipitation of phosphates in wastewater treatment and the requirement of a "zero content" of poly-P in detergents is discussed. The starting point of the present study is the sources of the total amount of phosphorus (totP) and the route by which it reaches its recipients. Three major sources of input into waste water can be named. These inputs reach the recipient through the existing infrastructure in sewage and waste water treatment but there has been identified a diffuse input from the surface of agricultural land into the recipients. A method to study these problems is presented, including the data which are needed to use this method. Finally, the balance of totP in respect to water quality for Austria is discussed and general as well as conclusions related to the River Danube are drawn from these balances.

Literatur

- AUER-WELSBACH, C. (1983): Wassergütewirtschaftliche Untersuchung der Fragenkreise Detergentien und Phosphate.- Wasserwirtschaft-Wasservorsorge (Wasserwirtschaftskataster), Hsg.: BMLF, Wien.
- BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, Bern (1985): Gewässerschutzstatistik.- Schrr. Umweltschutz 46, Hsg.: Eigenvlg.
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERGÜTE, Wien: Veröffentlichte und unveröffentlichte Messungen des Gesamtphosphors der Donau am Pegel Nußdorf.
- von der EMDE, W., MATSCHÉ, N., PLAHL-WABNEGG, F. (1985): Einfluß von Hochwasserereignissen auf die Nährstoffbelastung der Wulka und deren Auswirkungen auf die Stoffumsetzungen im Schilfgürtel des Neusiedler Sees.- Wiss.Arb.a.d.Bgld., Sonderband 72.

- von der EMDE, W., FLECKSEDER, H., MATSCHÉ, N. (1986): Auswirkungen der Herabsetzung des Phosphatgehaltes in Waschmitteln.- I.A. des Umweltbundesamtes, Wien.
- FACHVERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE (1986): Mündliche Mitteilung über die Frachten an Poly-P in Textilwaschmitteln.
- GEWÄSSERSCHUTZ 2000 (1977): Gewässerschutz in der Schweiz Bericht über eine von der EAWAG und den Planungsbüros Basler & Hofmann sowie Infras verfaßte Studie.- Gas-Wasser-Abwasser (CH) 57, 745-798.
- GROUPE DE TRAVAIL PHOSPHORE, Sous-Groupe de travail "Redon", Ministère de l'Environnement (1986): Ein Arbeitsbericht zur Frage von Poly-P in Waschmitteln aus dem französischen Umweltministerium.
- GRUBER, P. (1985): Der Kreislauf des Phosphates in der Landwirtschaft.- Symposium "Das Phosphatproblem" 12.-13. März 1985, TU Wien, 136-146.
- HAIDER, S. (1983): Der Einfluß von Hochwasserereignissen auf die Nährstoffbelastung des Neusiedler Sees am Beispiel der Wulka.- Diplomarbeit an der Univ. für Bodenkultur, Wien.
- HAMM, A., REMETH, H. (1985): Gewässerökologische Prüfung von Phosphatersatzstoffen.- Münchener Beiträge 39, 239-277.
- INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE -IGKB- (1982): Die Belastung des Bodensees mit Phosphor- und Stickstoffverbindungen und organischem Kohlenstoff im Abflußjahr 1978/79.- Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee 28.
- KRESSER, W. (1968): Das Wasser.- Wien. Mitt. Bd. 1.
- LAAK, R. (1975): Relative Pollutional Strength of Undiluted Waste Materials Discharged in Households and the Dilution Water Used for Each.- Manual of Grey Water Treatment Practice Part II, Monogram Industries, Inc., Santa Monica/Cal/USA.
- LIGMAN, K., HUTZLER, N., BOYLE, W.C. (1974): Household Wastewater Characterization.- JEED, ASCE, 100, 201 ff.
- PHOSPHOR - WEGE UND VERBLEIB IN DER BRD (1978): Eine Überblicksarbeit.- Hsg.: Hauptausschuß "Phosphate und Wasser" i.d. Ges. Deutscher Chemiker; Vlg. Chemie, Weinheim.

- SIEGRIST,R., WITT,M., BOYLE,W.C. (1976): Characteristics of Rural Household Wastewaters.- JEED, ASCE,102,533 ff.
- STALZER,W., SPATZIERER,G., WENNINGER,U. (1985): Nährstoffeintrag in den Neusiedler See über die oberirdischen Zuflüsse.- Wiss.Arb.a.d.Bgld., Sonderband 72.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz.Dipl.-Ing.Dr.techn. Hellmut FLECKSEDER, M.S.,
Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13, A-1040 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [1987](#)

Autor(en)/Author(s): Fleckseder Helmut

Artikel/Article: [Woher kann der Phosphor in unsere Gewässer gelangen?
55-84](#)