

Gliederung

| | |
|---|------------|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Einleitung | 5 |
| 1.1 Ausgangslage | 5 |
| 1.2 Zielsetzung und Problemstellung | 6 |
| 1.3 Generelle Aussagekraft und Genauigkeit der Erhebungen | 6 |
| 1.4 Definitionen | 8 |
| 2 Methoden | 9 |
| 2.1 Grundlagendaten | 9 |
| 2.1.1 Digitale Daten | 9 |
| 2.1.2 Weitere Grundlagendaten | 15 |
| 2.2 Berechnungen mit MODIFFUS | 35 |
| 2.2.1 Berechnung der Wasserflüsse | 35 |
| 2.2.2 Berechnung der Stoffflüsse | 37 |
| 2.2.2.1 Nährstoffeinträge durch Abschwemmung | 37 |
| 2.2.2.2 Nährstoffeinträge durch Erosion | 43 |
| 2.2.2.3 Nährstoffeinträge durch Auswaschung | 51 |
| 2.2.2.4 Atmosphärische Deposition auf die Gewässer | 64 |
| 2.2.2.5 Nährstoffeinträge durch landwirtschaftliche und sonstige Direkteinträge | 66 |
| 2.2.2.6 Natürliche Hintergrundlast | 66 |
| 3 Resultate im Überblick | 67 |
| 3.1 Landnutzung | 67 |
| 3.2 Phosphor und Stickstoff | 67 |
| 4 Resultate im Detail | 99 |
| 4.1 Landnutzung | 99 |
| 4.2 Wasserflüsse | 103 |
| 4.3 Phosphor | 107 |
| 4.4 Stickstoff | 122 |
| 5 Vergleich mit den Resultaten der Berechnung von PRASUHN & BRAUN | 134 |
| 5.1 Wichtige Hinweise für den Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit denen von PRASUHN & BRAUN (1994) | 134 |
| 5.2 Grobabschätzung der Auswirkungen verschiedener Veränderungen innerhalb der letzten 10 Jahre auf die Stoffverluste | 137 |
| 5.3 Vergleich der Ergebnisse der Modellberechnung | 143 |
| 6 Vergleich mit Messdaten aus Fließgewässern | 157 |
| 6.1 Langjährige Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den Fließgewässern | 158 |
| 6.2 Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den Fließgewässern in den vergangenen 10 Jahren | 158 |
| 7 Stoffrückhalt durch Kleinseen | 174 |
| 8 Literatur | 177 |
| 9 Anhang I: Statistische Auswertung der Betriebszählungsdaten im Kt. Bern | 181 |
| Anhang II: Tabellarische Zusammenstellung der Resultate pro Einzugsgebiet | 195 |



GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern

Volker Prasuhn & Reto Mohni
unter Mitarbeit von Kaspar Grünig

Interner Bericht FAL

z.H.

**Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft
Kanton Bern (GSA)**

2003

Gliederung

| | |
|---|------------|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Einleitung | 5 |
| 1.1 Ausgangslage | 5 |
| 1.2 Zielsetzung und Problemstellung | 6 |
| 1.3 Generelle Aussagekraft und Genauigkeit der Erhebungen | 6 |
| 1.4 Definitionen | 8 |
| 2 Methoden | 9 |
| 2.1 Grundlagendaten | 9 |
| 2.1.1 Digitale Daten | 9 |
| 2.1.2 Weitere Grundlagendaten | 15 |
| 2.2 Berechnungen mit MODIFFUS | 35 |
| 2.2.1 Berechnung der Wasserflüsse | 35 |
| 2.2.2 Berechnung der Stoffflüsse | 37 |
| 2.2.2.1 Nährstoffeinträge durch Abschwemmung | 37 |
| 2.2.2.2 Nährstoffeinträge durch Erosion | 43 |
| 2.2.2.3 Nährstoffeinträge durch Auswaschung | 51 |
| 2.2.2.4 Atmosphärische Deposition auf die Gewässer | 64 |
| 2.2.2.5 Nährstoffeinträge durch landwirtschaftliche und sonstige Direkteinträge | 66 |
| 2.2.2.6 Natürliche Hintergrundlast | 66 |
| 3 Resultate im Überblick | 67 |
| 3.1 Landnutzung | 67 |
| 3.2 Phosphor und Stickstoff | 67 |
| 4 Resultate im Detail | 99 |
| 4.1 Landnutzung | 99 |
| 4.2 Wasserflüsse | 103 |
| 4.3 Phosphor | 107 |
| 4.4 Stickstoff | 122 |
| 5 Vergleich mit den Resultaten der Berechnung von PRASUHN & BRAUN | 134 |
| 5.1 Wichtige Hinweise für den Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit denen von PRASUHN & BRAUN (1994) | 134 |
| 5.2 Grobabschätzung der Auswirkungen verschiedener Veränderungen innerhalb der letzten 10 Jahre auf die Stoffverluste | 137 |
| 5.3 Vergleich der Ergebnisse der Modellberechnung | 143 |
| 6 Vergleich mit Messdaten aus Fließgewässern | 157 |
| 6.1 Langjährige Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den Fließgewässern | 158 |
| 6.2 Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den Fließgewässern in den vergangenen 10 Jahren | 158 |
| 7 Stoffrückhalt durch Kleinseen | 174 |
| 8 Literatur | 177 |
| 9 Anhang I: Statistische Auswertung der Betriebszählungsdaten im Kt. Bern | 181 |
| Anhang II: Tabellarische Zusammenstellung der Resultate pro Einzugsgebiet | 195 |

Dank

Den Herren M.K. Meyer und M. Andrini vom Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA) danken wir für das entgegengebrachte Vertrauen, die Erteilung des Auftrages, die finanzielle Unterstützung und die gute Zusammenarbeit. Danken möchten wir auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Institutionen, die uns Daten zur Verfügung gestellt und bei der Durchführung dieses Projektes unterstützt haben:

C. Schmid (Bundesamt für Landwirtschaft, BLW),
H. Aschwanden, D. Streit (Bundesamt für Wasserwirtschaft, BWG, Landeshydrologie und -geologie),
B. Bangerter (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, GSA),
H. Krebs (BLW, Eidg. Meliorationsamt, Bern),
O. Chaix, D. Baumgartner, H. Wehse (Bonnard & Gardel Ingenieure und Berater, BG),
U. Ochsenbein (Gewässer- und Bodenschutzlabor Kt. Bern, GBL)

Weiter möchten wir E. Szerencsits, J. Nievergelt, W. Richner und U. Walther (alle Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL) für fachliche Hinweise danken. Ein besonderer Dank geht an die Arbeitskollegen E. Spiess und W. Stauffer für ihre Anregungen.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Modell MODIFFUS (Modell zur Abschätzung diffuser Stoffeinträge in die Gewässer) wurden im Rahmen des Vollzugskonzeptes Siedlungsentwässerung (VOKOS) des Kantons Bern die Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern abgeschätzt. Dazu wurden 38 hydrologische Einzugsgebiete sowie vier geographische Regionen (Alpen, Voralpen, Mittelland, Jura) ausgeschieden. Für jedes Einzugsgebiet bzw. für jede Region wurde eine GIS-gestützte Modellrechnung auf Hektarrasterbasis durchgeführt. Dazu wurden verschiedene digitale Informationslayer (Landnutzung, Topographie, Boden, Niederschlag etc.) verschnitten und mit weiteren Grundlagendaten (Hofdüngeranfall, P- und N-Bilanzen, P-Testzahlen etc.) verrechnet. Weiterhin wurde die Betriebszählungsdaten einer einzelbetrieblichen Analyse unterzogen und statistisch ausgewertet. Für jede der insgesamt 654'134 Hektaren wurden die P- und N-Verluste durch Abschwemmung, Auswaschung, Drainage, Erosion, Deposition und diffuse Direkteinträge berechnet. Die Stoffverluste wurden weiterhin in gelösten und partikulären Anteil sowie in natürliche Hintergrundlast und anthropogen diffuse Belastung unterteilt. Die Ergebnisse wurden abschliessend mit Messdaten aus den Fliessgewässern und den Ergebnissen einer früheren Modellberechnung verglichen.

Insgesamt gelangten nach den Modellrechnungen 544 t P/Jahr aus diffusen Quellen in die Gewässer im Untersuchungsgebiet. Dies entspricht 78% der gesamten P-Einträge in die Gewässer, 22% stammten aus punktuellen Quellen (Kläranlagen, Regenwasserentlastungen). Regional ergaben sich grosse Unterschiede. 71% der diffusen P-Einträge stammten aus den Alpen, 14% aus den Voralpen, 11% aus dem Mittelland und 4% aus dem Jura. 74% der diffusen P-Einträge waren partikulärer P, nur 26% gelöster P. In den Alpen war der partikuläre Anteil überdurchschnittlich hoch, in den übrigen Regionen überwiegte der gelöste Anteil. Die insgesamt 142 t gelösten P aus diffusen Quellen entsprechen 49% der gesamten gelösten bzw. bioverfügbaren P-Einträge, 51% entfallen auf die punktuellen Quellen. 34% der gelösten diffusen Einträge stammten aus den Alpen, 31% aus den Voralpen, 27% aus dem Mittelland und 8% aus dem Jura. 38% der diffusen P-Einträge stammten aus anthropogen diffusen Quellen (= überwiegend Landwirtschaft), 62% waren natürliche Hintergrundlast. Vor allem in den Alpen ist der Anteil an natürlicher Hintergrundlast hoch (74%), im Mittelland dagegen überwiegt deutlich die diffus anthropogene Belastung (71%). Wichtigster Eintragspfad diffuser Quellen war die 'sonstige Erosion' mit 70%, die Abschwemmung von Grasland erreichte 8%.

Die flächenspezifischen diffusen P-Verluste lagen durchschnittlich bei 0.83 kg P/ha und Jahr. Die gelösten flächenspezifischen P-Verluste schwankten zwischen 0.34 kg P/ha und Jahr in den Voralpen und 0.16 kg P/ha und Jahr in den Alpen. Die höchsten flächenspezifischen gelösten P-Verluste traten in den Gebieten Langete, Schwarzwasser, Gürbe, Rotache, Rot, Ilfis, Grüne, obere Emme und Chise auf.

Insgesamt gelangten nach den Modellrechnungen 10'216 t N/Jahr aus diffusen Quellen in die Gewässer im Untersuchungsgebiet. Dies entspricht 74% der gesamten N-Einträge in die Gewässer, 26% stammten aus punktuellen Quellen (Kläranlagen, Regenwasserentlastungen). Regional ergaben sich grosse Unterschiede. 47% der diffusen N-Einträge stammten aus dem Mittelland, 24% aus den Alpen, 21% aus den Voralpen und 8% aus dem Jura. 93% der diffusen N-Einträge waren gelöster N, nur 7% partikulärer N. In den Alpen war der partikuläre Anteil überdurchschnittlich hoch, in den übrigen Regionen überwiegte der gelöste

Anteil. Die insgesamt 9'465 t gelösten N aus diffusen Quellen entsprechen 72% der gesamten gelösten bzw. bioverfügbaren N-Einträge, 28% entfallen auf die punktuellen Quellen. 72% der diffusen N-Einträge stammten aus anthropogen diffusen Quellen (= überwiegend Landwirtschaft), 28% waren natürliche Hintergrundlast. Vor allem in den Alpen war der Anteil an natürlicher Hintergrundlast hoch (56%), im Mittelland dagegen überwiegte deutlich die diffus anthropogene Belastung (87%). Wichtigste Eintragspfade diffuser Quellen waren die Auswaschung/Drainage unter Ackerland mit 48% und die Auswaschung/Drainage unter Grasland mit 16%.

Die flächenspezifischen diffusen N-Verluste lagen durchschnittlich bei 15.6 kg N/ha und Jahr. Im Mittelland wurden mit 28.7 kg N/ha und Jahr die höchsten, in den Alpen mit 8.4 kg N/ha und Jahr die niedrigsten flächenspezifischen Verluste erreicht. Entsprechend wiesen die Gebiete Seeland, Limpach, Ösch, Önz und Urtenen die höchsten flächenspezifischen Einträge auf.

Der direkte Vergleich der Ergebnisse mit einer früheren Modellberechnung aus der Zeit um 1990 erwies sich als schwierig, da zu viele methodische Änderungen vorgenommen wurden. Beim Phosphor zeigen die Ergebnisse trotzdem, dass mit einer deutlichen Abnahme der Einträge in der Grössenordnung von rund 20% zu rechnen ist. Beim Stickstoff fällt diese Abnahme erheblich kleiner aus. Die Ergebnisse legen eine Reduktion von rund 5% nahe.

Beim Vergleich von den in Fliessgewässern gemessenen und den mit MODIFFUS berechneten Stickstofffrachten ergab sich eine relativ gute Übereinstimmung. Beim Phosphor gab es dagegen kaum eine Übereinstimmung. Die berechneten P-Frachten lagen immer deutlich über den gemessenen P-Frachten. Die über Messwerte ermittelten P-Frachten stammten jedoch nur aus Stichprobenmessungen und dürften Hochwasserereignisse mit grossen P-Frachten kaum erfasst haben.

1 EINLEITUNG

1.1 AUSGANGSLAGE

1991 wurde vom Grossen Rat des Kantons Bern der Auftrag zur Erarbeitung eines kantonalen Vollzugskonzeptes Siedlungsentwässerung (VOKOS) erteilt. Das Hauptziel des VOKOS ist der optimale Einsatz der finanziellen Mittel zur Sicherstellung des Gewässerschutzes. Dabei befasst sich VOKOS in erster Linie mit dem technisch-baulichen Gewässerschutz (Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationsnetze) sowie dem Zustand und der Qualität der Fliessgewässer und Seen (REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN 1997). Die Ziele des VOKOS wurden 1996 in das kantonale Gewässerschutzgesetz, Art. 8, integriert. Zur Übersicht wurde auch der landwirtschaftliche Gewässerschutz in das VOKOS einbezogen. Entsprechend wurde 1992 der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (heute Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau) der Auftrag erteilt, eine Abschätzung der diffusen Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Gewässer des Kantons Bern durchzuführen (PRASUHN & BRAUN 1994). Im Rahmen der Erfolgskontrolle erfolgt nun eine Nachführung des VOKOS. Diese Nachführung beinhaltet auch eine Neuberechnung der diffusen Stoffeinträge.

Mit dem Modell **MODIFFUS** (Modell zur Abschätzung diffuser Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Gewässer, SCHMID & PRASUHN 2000) liegt ein empirisch-statistischer Modellansatz, der Emissionsabschätzungen diffuser Eintragspfade ermöglicht, vor. Dieser Modellansatz wurde mehrfach weiterentwickelt und in verschiedenen Gebieten angewandt (BRAUN et al. 1991, LUTZ & FRICK 1995, PRASUHN 1999, PRASUHN & HURNI 1998 und 1999, PRASUHN et al. 1996, SCHMID & PRASUHN 2000) und kam auch bei der Erstberechnung für den Kanton Bern zum Einsatz (PRASUHN & BRAUN 1994). Die Grundlagen des Modells MODIFFUS wurden bei BRAUN (1999), PRASUHN & BRAUN (1994), PRASUHN et al. (1996) und SCHMID & PRASUHN (2000) bereits ausführlich beschrieben. Das Modell wird jedoch sehr flexibel eingesetzt und wird in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung, der verfügbaren Eingangsdaten und der finanziellen und materiellen Ressourcen optimal angepasst.

Die Abschätzung der Phosphor- (P) und Stickstoff- (N) Verluste aus diffusen Quellen, die mit Daten aus dem Zeitraum um 1990 für den Kanton Bern durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass die Gesamt-P-Einträge zu 70%, die gelösten P-Einträge zu 36% und die Gesamt-N-Einträge zu 68% aus diffusen Quellen stammten (PRASUHN & BRAUN 1994). Somit trugen die Einträge aus diffusen Quellen massgebend zur Gewässerbelastung bei. Dabei stammt allerdings vor allem beim P ein grosser Teil aus der natürlichen Hintergrundlast. Der diffus anthropogene Anteil betrug 20% der Gesamt-P-Einträge, 25% der gelösten P-Einträge und 50% der Gesamt-N-Einträge. In einer anderen Studie wurde prognostiziert, dass durch konsequente Umsetzung verschiedener Massnahmen der landwirtschaftlichen Praxis eine Reduktion der diffus anthropogenen Gesamt-P-Einträge von 30% und der diffus anthropogenen Gesamt-N-Einträge von 19% im Kanton Bern zu erzielen sei (PRASUHN et al. 1997).

Im VOKOS wurden Massnahmen und Prioritäten zur Verminderung der Gewässerbelastungen festgelegt (REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN 1997). So wurden für alle Abwasserreinigungsanlagen Prioritätenlisten erstellt, deren Umsetzung im Gange ist. Auch im Bereich der Landwirtschaft wurden Massnahmen gezielt eingeleitet (z.B. Sanierung der Güllegruben). Weiterhin wurden durch die neue Agrarpolitik des Bundes (z.B. Ökologischer Leistungsnachweis) und die Bernische Agrarstrategie 2000 (z.B. Förderung von Direkt- und Mulchsaat) weitere Massnahmen eingeführt, von denen man sich positive Auswirkungen auf die Gewässerqualität verspricht.

1.2 ZIELSETZUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Mit der Neuberechnung der P- und N-Verluste aus diffusen Quellen soll aufgezeigt werden, ob mit den eingeleiteten Massnahmen eine messbare Verbesserung der Gewässerqualität in Bezug auf P und N bereits nachweisbar ist und in welchen Einzugsgebieten allenfalls noch Handlungsbedarf besteht. Somit sollen wissenschaftliche Grundlagen für politische Entscheide bereitgestellt werden.

Dabei sollen die P- und N-Einträge aus diffusen Quellen einerseits mit einem Modellansatz möglichst räumlich hochauflösend, nach dem neuesten Stand des Wissens und der Technik und mit möglichst aktuellen Daten erfasst werden, andererseits mit den Ergebnissen der ersten Modellberechnung (PRASUHN & BRAUN 1994) vergleichbar sein, um Entwicklungen aufzeigen zu können. Dem ersten Punkt wurde im vorliegenden Bericht absolute Priorität eingeräumt. Dadurch haben sich viele methodische Veränderungen ergeben, so dass die Vergleichbarkeit nur noch eingeschränkt möglich ist. Eine erneute Berechnung mit dem neuen Modellansatz und den alten Zahlen für die Periode um 1990 scheitert daran, dass nicht alle benötigten Grundlagendaten für diesen Zeitraum zur Verfügung stehen.

Daher werden zunächst das methodische Vorgehen und die Ergebnisse der Neuberechnung vorgestellt. Diese repräsentieren aufgrund der zur Verfügung stehenden Grundlagendaten ungefähr den Stand um das Jahr 2000. Abschliessend werden die Resultate den Ergebnissen der Berechnungen für die Periode um 1990 gegenübergestellt und unter Berücksichtigung der methodischen Neuerungen Veränderungen aufgezeigt.

1.3 GENERELLE AUSSAGEKRAFT UND GENAUIGKEIT DER ERHEBUNGEN

Für die Abschätzung der P- und N-Einträge in die Gewässer der verschiedenen Einzugsgebiete wurden Daten aus amtlichen Statistiken mit durchschnittlichen Nährstoffgehalten in den entsprechenden Transportmedien (z.B. Oberflächenabfluss oder Erosionsmaterial) verknüpft. Die Daten der amtlichen Statistiken liegen mit unterschiedlichem räumlichen Bezug vor (Betrieb, Gemeinde, Hektarraster, 2-km-Raster, Karten in verschiedenen Masstäben). Die Daten der klimatischen Wasserbilanz wurden im Hektarraster berechnet. Die für die Abschätzung der Stoffeinträge bzw. -frachten benötigten nutzungsspezifischen Verlustkoeffi-

zienten konnten für Betriebe, Gemeinden oder Einzugsgebiete bestimmt werden. Hierzu wurden Literaturdaten aus der Schweiz und dem benachbarten Ausland, die überwiegend aus Feldmessungen resultieren, herangezogen.

Bei der Übertragung der Literaturdaten ist mit Unsicherheiten und Fehlern zu rechnen, da die an einem Standort oder in einem Einzugsgebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessenen Daten streng genommen nur für diesen Standort Gültigkeit haben. Entsprechend mussten relativ viele Annahmen getroffen werden, und es wurden viele Werte aufgrund von Analogieschlüssen festgelegt, so dass eine exakte Quantifizierung und eine statistische Fehlerrechnung unmöglich sind. Somit handelt es sich in der vorliegenden Studie um eine Abschätzung der Stoffeinträge in die Gewässer, die Grössenordnungen von verschiedenen Belastungsquellen in unterschiedlichen Gebieten zeigen soll. Es muss mit einem statistischen Fehler von schätzungsweise $\pm 20\%$ für langjährige Durchschnittswerte gerechnet werden. Da langjährige Durchschnittswerte verwendet wurden, bleiben bestimmte Einzelergebnisse wie z.B. extreme Starkniederschläge mit hoher Bodenerosion, Murgängen oder Überschwemmungen oder Unfälle mit Güllebehältern, die für ein Gewässer katastrophale Folgen haben können, unberücksichtigt.

Lokale, kleinräumige Besonderheiten (z.B. Deponien, kleine Moore etc.) wurden nicht erfasst. Zudem wurden durch die teilweise notwendige Zufallsverteilung einiger Nutzungskategorien (s. Kap. 2.1.1 und 2.1.2) gewisse Standorte nicht lagegetreu wiedergegeben. Die berechneten Stoffeinträge dürfen daher als durchschnittlicher Summenwert für das gesamte Einzugsgebiet, nicht aber einzelner Gemeinden, Parzellen oder Rasterzellen angesehen werden. Die regionale Differenzierung innerhalb eines Einzugsgebietes basiert auf heterogenen Datensätzen unterschiedlicher räumlicher Auflösung und kann nur erste Hinweise auf potentiell gefährdete Flächen liefern.

Von den punktuellen Quellen sind die Stofffrachten aus den Abwasserreinigungsanlagen relativ zuverlässig. Die Abschätzung der Frachten aus Entlastungen ist jedoch derart unsicher, dass eine Überprüfung erforderlich ist.

1.4 DEFINITIONEN

Im folgenden werden die wichtigsten Begriffe kurz erklärt:

- **Diffuse Quellen:** Einträge durch Oberflächenabfluss (Abschwemmung und Erosion), Sickerung (Auswaschung, Drainageverluste) und direkte atmosphärische Deposition auf Gewässeroberflächen aller unversiegelter Flächen (Landwirtschaftliche Nutzflächen, Wald, Siedlungsgrünflächen etc.) und versiegelter Flächen, die nicht an eine Kläranlage angeschlossen sind. Weiterhin landwirtschaftliche Direkteinträge, die beim Düngeraustrag, durch weidendes Vieh, von Hofplätzen etc. entstehen, sowie Direkteinträge durch Streu- und Laub, Badebetrieb und Wasservögel.
- **Punktuelle Quellen:** Kommunale oder industrielle Abwässer, die über Kläranlagen als gereinigtes Abwasser in die Gewässer gelangen. Weiterhin Regenwasserentlastungen und Direkteinleitungen von Einzelhöfen.
- **Natürliche Hintergrundlast:** Theoretische Belastung unter potentiell natürlicher Vegetation (meist Wald) und ohne anthropogene Luftverschmutzung.
- **Diffus anthropogene Quellen:** Diffuse Quellen abzüglich natürlicher Hintergrundlast. Belastung, die überwiegend durch landwirtschaftliche Aktivitäten verursacht wird, aber auch durch Luftverschmutzung und Besiedlung.

- **Gesamt-Phosphor:** Summe von gelöstem und partikulärem organischen und anorganischen Phosphor (unfiltrierte Wasserprobe).
- **Gelöster Phosphor:** Gesamter gelöster organischer und anorganischer Phosphor (filtrierte Wasserprobe), nicht nur Ortho-Phosphat. Gelöster Phosphor gilt überwiegend als bioverfügbar und somit eutrophierungswirksam. Vereinfacht werden im Folgenden alle Einträge über Abschwemmung, Auswaschung, Drainage, Deposition und landwirtschaftliche Direkteinträge als gelöster Phosphor betrachtet, auch wenn geringe Anteile jeweils partikulär sein können. Die sonstigen diffusen Direkteinträge werden zu 50% als gelöst angenommen.
- **Partikulärer Phosphor:** Im Filtrerrückstand enthaltener Phosphor. An Bodenpartikel adsorbierter Phosphor, in Mineralien enthaltener Phosphor, in Biomasse (Blätter, Algen etc.) enthaltener Phosphor. Partikulärer Phosphor wird meist am Seegrund abgelagert und wirkt nur bedingt eutrophierungswirksam (Rücklösung). Vereinfacht werden im Folgenden alle Einträge aus Bodenerosion und sonstiger Erosion, sowie 50% der sonstigen diffusen Direkteinträge als partikulärer Phosphor angesehen.
- **Bioverfügbarer Phosphor:** Im Folgenden wird vereinfacht der gesamte gelöste diffuse Phosphoreintrag sowie der gesamte Eintrag aus punktuellen Quellen als bioverfügbar angenommen.

2. METHODEN

2.1 GRUNDLAGENDATEN

Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten verwendeten Grundlagendaten.

Tab. 1: Überblick über die verwendeten Grundlagendaten.

| Daten | Typ | Auflösung/Massstab | Quelle |
|---|-----------|---|---|
| Landnutzung (15 Kategorien) | digital | Punktdaten, auf 1 ha generalisiert | Arealstatistik BFS GEOSTAT (1997) |
| Topographie (Höhe, Neigung, Exposition) | digital | Rasterdaten, auf 1 ha generalisiert | Höhenmodell DHM25 Landestopographie (L+T 1998) |
| Boden | digital | Polygone, 1:200'000, auf 1 ha gerastert | Bodeneignungskarte EJPD (1980), BFS GEOSTAT / BWG / GUIB (2001) |
| Einzugsgebietsgrenzen | digital | Vektor | BG (2001) |
| Gemeinde- und Kantonsgrenzen | digital | Vektor | BFS GEOSTAT / L+T (2001) |
| Gewässernetz | digital | Vektor | VECTOR25 (L+T 2001) |
| Niederschlag | digital | Raster 4 km ² | Landeshydrologie LHG (1992) |
| Landw. Kulturen | Statistik | Betrieb/Gemeinde | Betriebszählung BFS (2001) |
| Tierzahlen | Statistik | Betrieb/Gemeinde | Betriebszählung BFS (2001) |
| Drainageflächen | Statistik | Gemeinde | Meliorationsamt (BLW 2002) |
| P- und N-Bilanzen | Statistik | Gemeinde | Gewässerschutzamt (GSA 2002) |
| P-Testzahlen Boden | Statistik | Regionen | diverse Literatur |

2.1.1 DIGITALE DATEN

Folgende digitale Grundlagen wurden verwendet und im GIS überlagert bzw. miteinander verschnitten:

- **Hydrologische Einzugsgebiete (Abb. 1):** Die Abgrenzung der 38 hydrologischen Einzugsgebiete (EZG) erfolgte durch BG (2001) auf der Grundlage des Hydrologischen Atlas der Schweiz (LHG 1992) bzw. der hydrographischen Gliederung der Schweiz (BFS GEOSTAT 2001). Bilanzierungspunkt für die meisten Einzugsgebiete ist eine hydrologische Messstation, an der Konzentrationsmessungen durchgeführt wurden. Diese sind nicht immer identisch mit den Abflussmessstationen der Landeshydrologie oder des Kantons und entsprechen meist nicht der Mündung. Gegenüber der Abgrenzung von PRASUHN & BRAUN (1994) gibt es einige Unterschiede.
- **Geographische Regionen (Abb. 2):** Die Abgrenzung der vier geographischen Regionen erfolgte in Anlehnung an die digitale Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft 1:200'000 der Schweiz (BFS GEOSTAT / ARE / BLW 2001, EJPD 1977), die für die vorliegende Fragestellung als die am besten geeignete ausgewählt wurde. Jede Hektare wurde einer geographischen Region zugeteilt, unabhängig in welchem Einzugsgebiet sie liegt (Tab. 4). Gegenüber der Abgrenzung von PRASUHN & BRAUN (1994) gibt es grosse Unterschiede.

- **Gemeinde- und Kantonsgrenzen (Abb. 3):** Die digitalen Gemeinde- und Kantonsgrenzen stammen vom Bundesamt für Landestopographie (BFS GEOSTAT / L+T 2001). Sämtliche 11 an den Kanton Bern angrenzende Kantone haben Flächenanteile im Untersuchungsgebiet.
- **Fliessgewässernetz (Abb. 4):** Das digitale Fliessgewässernetz stammt aus dem Hydrologischen Atlas der Schweiz (LHG 1992) bzw. dem VECTOR25 der Landstopographie (L + T 2001). Die hydrologischen Messstationen wurden aus dem hydrologischen Jahrbuch der Schweiz (LHG 1999) über Koordinaten eingelesen. Es fällt die hohe Fliessgewässerdichte in den voralpinen Regionen Schwarzenburgerland, oberes Emmental und Napf auf, sowie die niedrige Dichte in den Karstgebieten im Jura.
- **Landnutzung (Abb. 5):** Die digitalen Landnutzungsdaten wurden von der Servicestelle GEOSTAT (BFS 1997) als Punktdaten geliefert. Sie haben eine räumliche Auflösung von einer Hektare. Entsprechend wurde ein Hektarraster (mit 654'134 Rastern) als kleinste geometrische Einheit verwendet. Alle anderen digitalen Daten wurden - soweit möglich - auf dieses Hektarraster angepasst. Die Landnutzung entspricht der Arealstatistik 1992/97 (BFS 1998). Erhebungsjahre für den Kanton Bern waren 1992-94. Die Landnutzung wurde wie folgt zusammengefasst (Definitionen: BFS 1992):
 - **Wald:** Bestockte Fläche: Wald (Normalwald, Waldstreifen, Waldecken, Aufforstungen, Waldschadenflächen, aufgelöster Wald), Gehölze (Feldgehölze, Hecken, Baumgruppen, Übrige Gehölze), Gebüschwald
 - **Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN):**
 - **Rebbau:** Rebanlagen, Pergolareben, Extensivreben
 - **Obstbau:** Obstanlagen, Geordnete Obstbestände, Streuobst
 - **Gartenbau:** Gartenbauflächen
 - **Günstiges Wies- und Ackerland**
 - **Übriges Wies- und Ackerland)**
 - **Heimweiden:** Heimweiden, Verbuschte Wiesen und Heimweiden
 - **Alpwirtschaftliche Nutzflächen:** Maiensässe, Heualpen, Bergwiesen, Alp- und Jura-weiden, Schafalpen, Wildheuplängen
 - **Unproduktive Flächen:**
 - **Vegetationslose Fläche:** Fels, Sand, Geröll, Gletscher, Firn
 - **Gewässer:** Stehende Gewässer, Fliessgewässer
 - **Unproduktive Vegetation:** Gebüsch, Strauchvegetation, Nassstandorte, Ufervegetation, Unproduktive Gras- und Krautvegetation, Lawinenverbauungen
 - **Siedlungsflächen:**
 - **Überbaute Siedlungsfläche:** Gebäudeflächen, Industriegebäude, besondere Siedlungsflächen, Parkplätze, Offene Bahnstrecken, Bahnhofgelände, Flugplätze
 - **Strassen und Wege:** Strassen und Wege, Autobahnen
 - **Siedlungsgrün:** Gebäudeumschwung, Industrieumschwung, Erholungs- und Grünanlagen, Autobahngrün, Strassengrün, Bahngrün, Graspisten und Flugplatzgrün

In EXCEL 97 erfolgte eine Zufallsverteilung von Daten, für die keine lagegetreue Zuordnung möglich war (Ackerland/Grasland, Drainageflächen und Strassen ohne ARA-Anschluss), um sie trotzdem im GIS darstellen zu können.

Verteilung des Ackerlandes: Eine Aufteilung des Wies- und Ackerlandes in Ackerland und Grasland ist über die Arealstatistik nicht möglich. Die Fläche des Ackerlandes (offenes Ackerland + Kunstwiesen) konnte der Eidg. Betriebszählung (BFS 2001) entnommen werden, allerdings nur gemeindeweise und nicht digital. Da dieser Quelle ein völlig anderes Verfahren zur Erfassung der Flächenanteile zugrunde liegt, stimmen die Angaben der LN aus der Arealstatistik und der Betriebszählung nicht überein. Die Abweichungen sind jedoch bei den zu Einzugsgebietswerten aufsummierten Gemeindewerten relativ gering. Gemäss der Beschreibung des übrigen Wies- und Ackerlandes (BFS 1992) kann angenommen werden, dass diese Kategorie v.a. Grasland beinhaltet. Die Kategorie günstiges Wies- und Ackerland enthält sowohl Ackerland als auch Grasland. Um eine Aufteilung zu erhalten, wurde das günstige Wies- und Ackerland der Arealstatistik dem Ackerland (= offenes Ackerland und Kunstwiese) der Betriebszählung gegenübergestellt. Die Differenz günstiges Wies- und Ackerland abzüglich dem Ackerland der Betriebszählung ergab den Anteil Grasland an der Kategorie "günstiges Wies- und Ackerland". Die Berechnung erfolgte auf Einzugsgebietsebene. Für die digitale Verteilung auf Hektarras-terebene wurde dieser Anteil Grasland nun zufällig (mit der EXCEL-Funktion "ZUFALLS-ZAHL") auf das günstige Wies- und Ackerland verteilt. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen: In Steillagen gibt es keine Ackerflächen; in starker Hanglage werden so viele Flächen auf das übrige Wies- und Ackerland verteilt, bis das Verhältnis 1:2 von günstigem zu übrigem Wies- und Ackerland entsteht. Die restlichen Flächen werden auf die beiden untersten Hangneigungsstufen verteilt. Gegenüber der Verteilung von PRA-SUHN & BRAUN (1994) gibt es grosse Unterschiede (s. Kap. 5). Die Einteilung ist nachfolgend zusammengestellt (AS = Arealstatistik, BZ = Betriebszählung):

Landwirtschaftliche Nutzfläche (AS)

- **Rebbau (AS)**
- **Gartenbau (AS)**
- **Ackerland (BZ)**
 - offene Ackerfläche (BZ)
 - Mais (BZ)
 - Zuckerrüben (BZ)
 - Winterweizen (BZ)
 -
 - Kunstwiese (BZ)
- **Grasland (berechnet)**
 - Alpwirtschaftliche Nutzfläche (AS)
 - Heimweiden (AS)
 - Obstbau (AS)
 - Dauerwiesen, Mähweiden (berechnet: übriges Wies- und Ackerland (AS) plus günstiges Wies- und Ackerland (AS) minus Ackerland (BZ))
 - Extensiv genutzte Wiesen (BZ)
 - Extensiv genutzte Weiden (BZ)
 - Wenig intensive Wiesen (BZ)
 - Extensive Wiesen auf stillgelegtem Ackerland (BZ)
 - Intensive Wiesen und Weiden (berechnet)

Bei der Verteilung des Ackerlandes auf Hangneigungsklassen ergibt sich, dass knapp 40% aller Ackerflächen in mehr oder weniger ebener Lage liegen (Tab. 2) und somit kei-

ne Bodenerosion aufweisen (vgl. Kap. 2.2.2.2) und 11% in relativ starken Hanglagen über 10% liegen.

Tab. 2: Verteilung des Ackerlandes auf Hangneigungsstufen.

| Neigung (%) | Ackerfläche (ha) | Ackerfläche (%) |
|-------------|------------------|-----------------|
| <2% | 39'919 | 39 |
| 2-4% | 18'266 | 18 |
| 4-6% | 13'798 | 14 |
| 6-7% | 5'845 | 6 |
| 7-10% | 12'782 | 13 |
| 10-15% | 8'959 | 9 |
| >15% | 2'428 | 2 |

Verteilung der Drainage (Abb. 6): Digitale Angaben zur drainierten Fläche existieren nicht. Die Drainageflächen wurden gemeindeweise aus den Karteikarten des Eidg. Meliorationsamtes entnommen (BLW 2001). Die Angaben sind mit Unsicherheiten behaftet, da häufig nicht ersichtlich ist, ob Flächen im Laufe der Zeit mehrmals entwässert wurden und es sich somit bei den angegebenen Drainagen um Rekonstruktionen handelt, ob sie seither überbaut wurden und ob die bestehenden Drainagen noch funktionsfähig sind. Weiterhin sind vielfach Gesamtmeliorationen über mehrere Gemeinden erfolgt, wobei häufig die Gesamtfläche bei jeder Gemeinde registriert wurde. Überschneidungen sind daher möglich. Andererseits werden am Eidg. Meliorationsamt nur subventionierte Drainagen erfasst, private Drainagen bleiben unberücksichtigt. Die Karteikarten am Eidg. Meliorationsamt wurden nur bis ca. 1990 geführt. Seither werden die Daten gemeindeweise elektronisch erfasst. Diese Daten abzurufen ist nur gemeindeweise möglich und mit grossem zeitlichen Aufwand verbunden, der nicht angebracht erscheint. Nach Auskunft von Herrn AMSLER wurden in den letzten 10 Jahren im Kanton Bern keine neuen, subventionierten Drainagen mehr erstellt. Es wurden nur zahlreiche Rekonstruktionen durchgeführt. Nach Einschätzung von Herrn AMSLER hat sich der Anteil der drainierten Fläche in den letzten 10 Jahren nicht wesentlich verändert. Hinzugekommene private Drainagen werden durch den Verlust drainierter Flächen durch Überbauung oder inzwischen nicht mehr funktionierende Drainagen ausgeglichen.

Vorgehen: Alle aufgeführten drainierten Flächen einer Gemeinde wurden aufsummiert, sofern nicht ersichtlich war, dass es sich um Rekonstruktionen handelt. Bei Gesamtmeliorationen wurde die gesamte drainierte Fläche flächenanteilmässig (bezogen auf die LN jeder Gemeinde) auf alle angeführten Gemeinden verteilt. Innerhalb der Gemeinden wurde der drainierte Anteil flächenanteilmässig (Gesamtfläche) auf die verschiedenen Einzugsgebiete verteilt. Danach wurde der prozentuale Anteil der Drainage an der LN für jeden Gemeindeteil in jedem Einzugsgebiet berechnet und kontrolliert, ob 100% überschritten werden. Falls ja, wurde die entsprechende Fläche auf max. 100% korrigiert. Abschliessend wurde einzugsgebietsweise und gemeindeweise anhand der topographischen Karte kontrolliert, ob die bestehenden Angaben realistisch erscheinen. Vor allem Gemeindeanteile mit sehr hohem prozentualen Anteil oder sehr niedrigen wurden überprüft. Gegebenenfalls wurden Drainageflächen von benachbarten Gemeinden umverteilt.

Die für jedes Einzugsgebiet als Summenwert aller Gemeinden berechneten Drainageflächen wurden am Eidg. Meliorationsamt sowie am Kantonalen Meliorationsamt diskutiert und wie folgt korrigiert: in den alpinen und voralpinen Regionen sowie im Jura wurden die ermittelten Drainageflächen um 5%, im Mittelland um 10% reduziert. Begründung:

- Überbauungen vor allem in Talböden (Siedlung, Autobahn etc.),
- Rekonstruktionen z.T. miterfasst,
- aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen (Naturschutzgebiete),
- alte Drainagen defekt bzw. nicht mehr oder nicht mehr voll funktionsfähig, viele Drainagen stammen aus der Zeit vor 1960, teilweise vor 1940,
- im Mittelland gibt es kaum private Drainagen, im Berggebiet dagegen häufiger
- laut VON WALDKIRCH (1993) sind im Kanton Bern mindestens 20'000 ha drainiert, die vorgenommene Zusammenstellung ergibt für den Kanton Bern rund 26'000 ha.
- Nach der Diplomarbeit von CHRISTELLER (1988) sind im Gebiet Emme 6'244 ha drainiert, die Zusammenstellung ergibt 6'068 ha.

Die räumliche Verteilung der Drainageflächen erfolgte auf Gemeindeebene in allen Einzugsgebieten zufällig (mit der EXCEL-Funktion "ZUFALLSZAHL"), verbunden mit folgenden Annahmen:

- nur Ackerland und Graslandflächen werden drainiert,
- in der Ebene und in leichter Hanglage sind theoretisch alle Flächen entwässerbar,
- in starker Hanglage entwässern sich 50% der Flächen von selbst,
- Grasland und Ackerland werden ihrem Anteil an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche entsprechend im selben Masse entwässert,
- der Vernässungsgrad der Böden gemäss Bodeneignungskarte 1:200'000 wurde berücksichtigt. Zunächst werden die grundnassen Böden drainiert, dann die schwach grundnassen und schliesslich die grundfeuchten Böden.

Daraus resultieren prozentuale Anteile der Drainageflächen an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche bis zu 46% (Limpach) (Tab. 5 und 6). Die räumliche Verteilung zeigt deutliche Konzentrationen im Grossen Moos, Limpachtal, Gürbetal, Aaretal zwischen Biel und Solothurn und südwestlicher Oberaargau. Gegenüber der Verteilung von PRASUHN & BRAUN (1994) gibt es grosse Unterschiede.

Verteilung der Strassen und Wege ohne ARA-Anschluss: Die Kategorie "Strassen und Wege" wurde in die Kategorien "Strassen und Wege mit ARA-Anschluss" und "Strassen und Wege ohne ARA-Anschluss" unterteilt. Die Kategorie "Strassen und Wege ohne ARA-Anschluss" setzt sich aus den Strassen ausserorts und 20% der Strassen innerorts zusammen. Der prozentuale Anteil an Strassen, die ausserorts liegen, wurde nach HÜSLER et al. (1989) und aus der topographischen Karte für jedes Einzugsgebiet abgeschätzt. Die 20% der Strassen innerorts berücksichtigen jene Strassen, welche zwar innerorts liegen, deren Abfluss jedoch nicht über die Kanalisation in die Kläranlage abgeleitet wird, sondern direkt in den Vorfluter gelangt. Zusätzlich gelangt Spritzwasser von Strassen auf Grünflächen. Die "Strassen ohne ARA-Anschluss" wurden in jedem Einzugsgebiet anteilmässig auf die Kategorie "Strassen und Wege" zufallsverteilt.

- **Gebietshöhe, -neigung und -exposition (Abb. 7 und 8):** Das digitale Höhenmodell (DHM25) der Landestopographie (L+T 1998) wurde mit dem Hektarraster der Arealstatistik so verschnitten, dass jeder Hektare eine mittlere Gebietshöhe, ein mittlerer Neigungswert und eine Exposition zugeordnet werden konnte. Sowohl bei der Gebietshöhe als auch bei der Neigung kommen die grossen Flusstäler klar zum Ausdruck. Die Neigungskarte zeigt deutlich die Abgrenzung der geographischen Regionen.
- **Niederschlag (Abb. 9):** Der langjährige mittlere Niederschlag (Periode 1973-92) wurde im 4 km²-Raster von der Landeshydrologie und -geologie (LHG 1992) zur Verfügung gestellt und beruht auf dem Ansatz von ROHMANN & MENZEL (1999). Der Niederschlag im Untersuchungsgebiet zeigt deutlich die niedrigen Niederschläge im Mittelland, sowie die extrem hohen Niederschläge in der Region Eiger/Mönch/Jungfrau.
- **Boden:** Die digitale Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200'000 (BFS GEOSTAT / BWG / GIUB 2001) wurde mit dem Hektarraster der Landnutzung verschnitten, und aus den Bodenattributen (EJPD 1980) wurden Gefährdungskarten abgeleitet.
- **Erosionsgefährdung aufgrund von Bodeneigenschaften (Abb. 10):** Die Bodeneignungskarte 1:200'000 liefert kaum geeignete Parameter, um die Erosionsanfälligkeit der Böden zu klassieren. Da keine direkten, klassifizierten Daten zur Körnung vorlagen, konnte kein automatisiertes Vorgehen anhand der vorhandenen Parameter gewählt werden. Die Klassierung erfolgte anhand von Expertenwissen bzw. bekannten K-Faktoren von verschiedenen Böden aus verschiedenen Regionen. So wurde die Einteilung anhand von Bodentypen und der Formenelementbeschreibung vorgenommen.
- **Abschwemmungsgefährdung aufgrund von Bodeneigenschaften (Abb. 11):** Hauptkriterium ist die Wasserdurchlässigkeit (doppelt gewichtet), Zweitkriterium der Vernässungsgrad (einfach gewichtet). Die entsprechenden Codes wurden miteinander verrechnet und klassiert (5 Klassen). Damit wird unterstellt, dass mit zunehmender Durchlässigkeit die Gefahr von Oberflächenabfluss abnimmt bzw. bei gehemmter Durchlässigkeit die Gefahr von Wassersättigung bis zur Oberfläche zunimmt und damit die Oberflächenabflussgefahr steigt. Liegt eine Vernässung vor, ist der Boden häufig bis zur Oberfläche gesättigt und in Hanglagen kann Oberflächenabfluss einsetzen.

- **Auswaschungsgefährdung aufgrund von Bodeneigenschaften (Abb. 12):** Hauptkriterium für die Auswaschungsgefährdung ist das Wasserspeichervermögen (doppelt gewichtet), weiteres Kriterium ist die Wasserdurchlässigkeit (einfach gewichtet). Je höher das Wasserspeichervermögen, desto geringer ist die Auswaschungsgefahr. Ist die Wasserdurchlässigkeit gehemmt, kann es zu Wasserstau kommen (Pseudogleye) und zu Denitrifikationsverlusten kommen, was die Nitratauswaschungsgefahr vermindert. Vernässung deutet auf Grund- oder Stauwasser hin (Gleye, Pseudogleye), was ebenfalls zu Denitrifikationsverlusten führen kann. Organische Moor- und Torfböden wurden generell in die höchste Klasse eingestuft, wegen des hohen Mineralisierungspotentials.

Jeder der 654'134 Punkte des Rasters hatte folgende Attribute: ID-Nummer, X-Koordinate, Y-Koordinate, Neigungswert, Gebietshöhe, Exposition, Niederschlag, Gemeinde-, Kantons-Regionen- und Einzugsgebietszugehörigkeit, Landnutzung, Bodenattribute, drei Bodenrisikoklassierungen (für Abschwemmung, Erosion, Auswaschung) und Drainage.

2.1.2 WEITERE GRUNDLAGENDATEN

Verdunstung

Die Verdunstung (= aktuelle Evapotranspiration) wurde nach dem gleichen Ansatz wie bei PRASUHN & BRAUN (1994) in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge und Landnutzung ermittelt (Tab. 3). Die Abstufung und die einzelnen Werte wurden aber nach den neuesten Erkenntnissen angepasst (MENZEL 1999) und mit den Werten aus dem Hydrologischen Atlas (LHG 1992) abgestimmt. Zusätzlich wurde die Exposition wie folgt berücksichtigt: An Nordhängen wurde die Verdunstung um 10% vermindert, an Südhängen <25% Neigung um 10% erhöht, an Südhängen >25% Neigung um 15% erhöht. An Nordost- und Nordwesthängen beträgt die Reduktion 5%, an Südost- und Südwesthängen der Zuschlag 5%.

Tab. 3: Angenommene Verdunstung abhängig von Niederschlagsmenge und Landnutzung.

| Niederschlag | Verdunstung | | | | |
|--------------|-------------|----------|----------|-------|----------------|
| | Wald | Grasland | Gewässer | Acker | Vegetationslos |
| (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| <1000 | 750 | 600 | 850 | 550 | 500 |
| 1000-1500 | 700 | 550 | 800 | 500 | 450 |
| 1500-1800 | 650 | 500 | 750 | 450 | 400 |
| 1800-2000 | 600 | 450 | 700 | 400 | 350 |
| 2000-2200 | 500 | 350 | 600 | 300 | 250 |
| 2200-2400 | 400 | 250 | 500 | 200 | 150 |
| >2400 | 350 | 200 | 450 | - | 100 |

Phosphor- und Stickstoffanfall aus Hofdüngern

Der Phosphor- und Stickstoffanfall aus Hofdüngern wurde aus den Tierzahlen der Eidg. Betriebszählung 2000 (BFS 2001) für jede Gemeinde berechnet. Der Nährstoffanfall wurde aus der Menge der Nährstoffausscheidungen in kg pro Einheit pro Jahr aus GRUDAF (2001, S. 48) entnommen. Der berechnete Nährstoffanfall wurde mit der düngbaren Fläche der Gemeinde verrechnet. Dabei bleiben Hofdüngerexporte oder -importe ebenso unberücksichtigt wie die Sömmerung und der Einsatz von Ökofutter. Relativ hohe DGVE pro Hektare düngbarer Fläche findet man in vielen Gemeinden der oberen Emme, der Langete, der Önz, der Rotache und der Aare Thun-Bern (Abb. 13). Entsprechend ist der Hofdüngeranfall pro Hektare düngbarer Fläche in den Gebieten Rotache, Rot, Langete, Ösch, Önz, untere Emme und Aare Thun-Bern am höchsten (Tab. 7). Hohe Anteile an Schweinen gibt es in den Gebieten Urtenen, Limpach und Rot.

P- und N-Bilanz (Abb. 14 und 15)

Für jede Gemeinde wurde für Phosphor und Stickstoff eine Anfall-Bedarf-Bilanz nach der Methode „Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt“ bzw. „Suisse-Bilanz“ mit dem Datensatz von 1999 vom Gewässerschutzamt des Kantons Bern (GSA 2002) gerechnet. Die P-Bilanz wurde in P_2O_5 , die N-Bilanz als verfügbarer Stickstoff gemäss GRUDAF (2001) berechnet. Bei der P-Bilanz zeigt sich, dass 37 Gemeinden einen Überschuss bis zu 110% und 12 Gemeinden einen Überschuss von >110% aufweisen. Vor allem im Emmental treten gehäuft Gemeinden mit Überschuss auf. Speziell in den Ämtern Aarwangen, Trachselwald und östlicher Teil Konolfingen sind die Tierzahlen und damit der P-Anfall vergleichsweise hoch, im Amt Signau ist der P-Bedarf relativ niedrig. Bei der N-Bilanz haben 39 Gemeinden einen Überschuss bis zu 110% und 2 Gemeinden einen Überschuss >110%.

P-Testzahlen:

Die P-Testzahlen (CO_2 -Methode) spiegeln den pflanzenverfügbaren P-Gehalt des Oberbodens wider. Die Einteilung in verschiedene P-Versorgungsklassen (A, B, C, D, E) erfolgt in Abhängigkeit des Tongehaltes des Bodens (GRUDAF, S. 24). Für die P-Testzahlen standen keine neuen Daten zur Verfügung, so dass auf dieselben Grundlagen wie in PRASUHN & BRAUN (1994) zurückgegriffen wurde. Die höchsten P-Testzahlen wurden danach für die Gebiete Limpach, Aare Bern-Hagneck, Urtenen und Worble ermittelt (Tab. 13). Es handelt sich jeweils um geschätzte Mittelwerte für alle Flächen in einem Einzugsgebiet.

P- und N-Einträge aus punktuellen Quellen:

Die Nährstoffeinträge aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) wurden vom Gewässerschutzamt des Kantons Bern (GSA 2002) für jedes Einzugsgebiet bzw. jede Region geliefert. Ausschlaggebend für die Zuteilung war der jeweilige ARA-Auslauf ins Gewässer. Auch ausserkantonale ARAs wurden berücksichtigt. Die Daten werden als recht zuverlässig eingestuft. Eine Abschätzung der Einträge aus Regenwasserentlastungen wurde von Bonnard & Gardel (BG 2003) vorgenommen. Hier wurde ein Minimal- und Maximal-Variante berechnet, da die Datenlage sehr unsicher ist. Für den vorliegenden Bericht wurde der Mittelwert beider Varianten verwendet. Ausserkantonale Anteile wurden nicht berücksichtigt.

Hydrologische Einzugsgebiete im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



- Kantonsgrenze
- Seen
- Hydrologische Einzugsgebiete

Datengrundlage:
 - Hydrologischer Atlas der Schweiz (LHG 1992)
 - Generalisierte Kantonsgrenzen (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
 - Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002

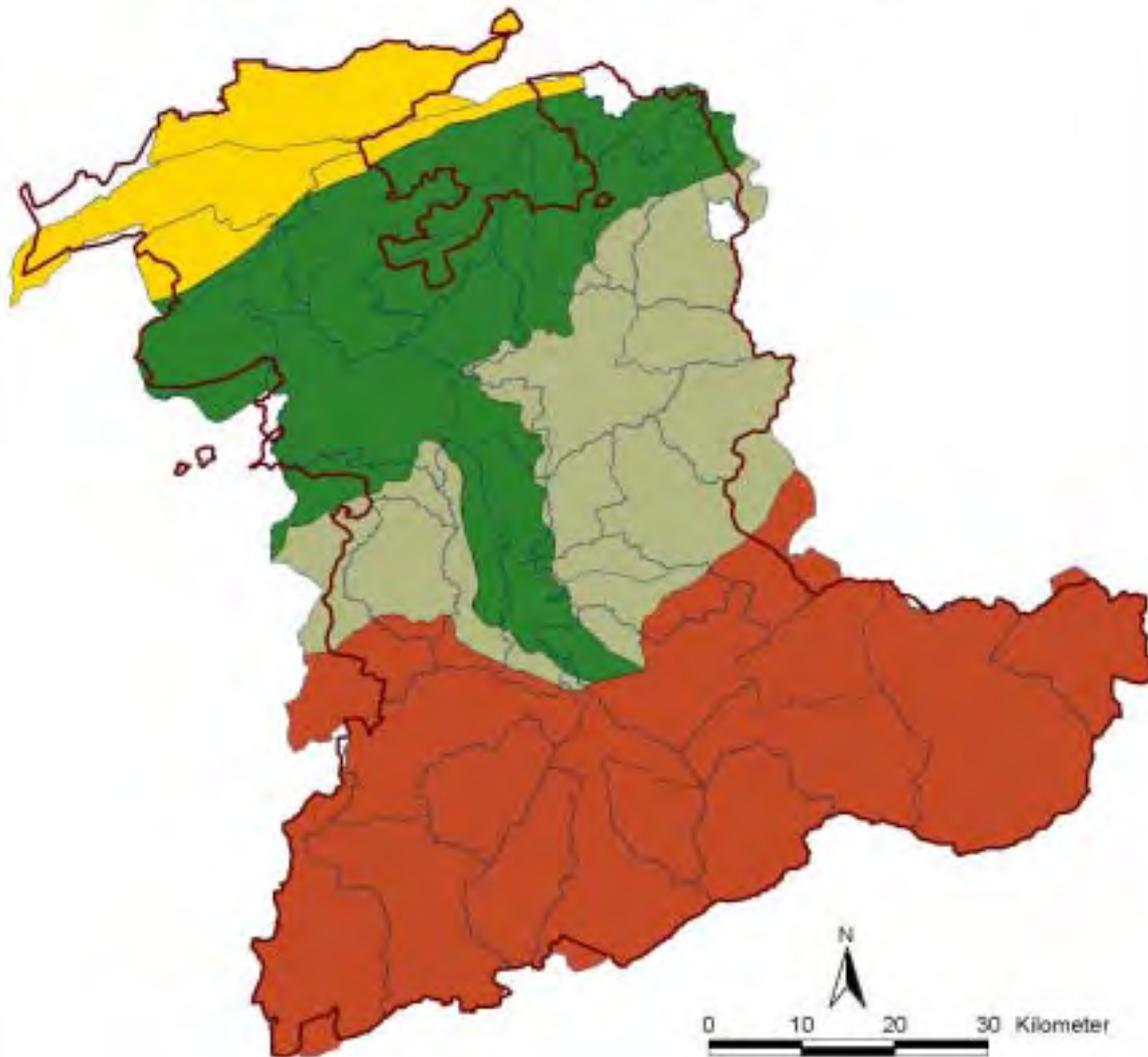


Abb. 1: Hydrologische Einzugsgebiete für die Abschätzung der diffusen Stoffeinträge.

Tab. 4: Regionale Flächenanteile pro hydrologisches Einzugsgebiet.

| Laufnummer | Hydrologisches Einzugsgebiet | Gesamtfläche (ha) | Alpen (ha) | Voralpen (ha) | Mittelland (ha) | Jura (ha) | Alpen (%) | Voralpen (%) | Mittelland (%) | Jura (%) |
|--------------|------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|-----------|--------------|----------------|----------|
| 1 | Gadmerwasser | 16'737 | 16'737 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Aare Oberhasli | 43'558 | 43'558 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Weisse Lütschine | 16'486 | 16'486 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Schwarze Lütschine | 22'627 | 22'627 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Brienzersee | 13'989 | 13'989 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Kiene | 9'168 | 9'168 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Engstligen | 14'629 | 14'629 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Kander | 26'636 | 26'190 | 294 | 152 | 0 | 98 | 1 | 1 | 0 |
| 9 | Fildrich | 13'203 | 13'203 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Oberes Simmental | 24'151 | 24'151 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Unteres Simmental | 21'669 | 21'597 | 72 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Thunersee | 22'123 | 15'988 | 2'553 | 3'582 | 0 | 72 | 12 | 16 | 0 |
| 13 | Saane (nur BE) | 25'816 | 25'816 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | Schwarzwasser | 13'026 | 1'350 | 11'676 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 |
| 15 | Sense | 30'614 | 12'074 | 12'093 | 6'447 | 0 | 39 | 40 | 21 | 0 |
| 16 | Zulg | 8'741 | 3'461 | 5'163 | 117 | 0 | 40 | 59 | 1 | 0 |
| 17 | Rotache | 4'060 | 0 | 3'795 | 265 | 0 | 0 | 93 | 7 | 0 |
| 18 | Chise | 7'160 | 0 | 6'754 | 406 | 0 | 0 | 94 | 6 | 0 |
| 19 | Gürbe | 13'581 | 1'913 | 5'701 | 5'967 | 0 | 14 | 42 | 44 | 0 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 15'393 | 992 | 2'208 | 12'193 | 0 | 6 | 14 | 79 | 0 |
| 21 | Worble | 6'902 | 0 | 2'413 | 4'489 | 0 | 0 | 35 | 65 | 0 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 24'621 | 0 | 902 | 23'719 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 |
| 23 | Seeland | 18'690 | 0 | 0 | 18'690 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 10'324 | 0 | 0 | 2'188 | 8'136 | 0 | 0 | 21 | 79 |
| 25 | La Suze | 21'763 | 0 | 0 | 727 | 21'036 | 0 | 0 | 3 | 97 |
| 26 | Obere Emme | 22'772 | 7'395 | 15'377 | 0 | 0 | 32 | 68 | 0 | 0 |
| 27 | Ilfis | 20'799 | 3'155 | 17'644 | 0 | 0 | 15 | 85 | 0 | 0 |
| 28 | Grüne | 8'191 | 0 | 8'191 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 29 | Urtenen | 9'522 | 0 | 476 | 9'046 | 0 | 0 | 5 | 95 | 0 |
| 30 | Limpach | 7'841 | 0 | 0 | 7'841 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 31 | Untere Emme | 29'694 | 0 | 19'342 | 10'352 | 0 | 0 | 65 | 35 | 0 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 9'566 | 0 | 0 | 9'566 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 33 | Ösch | 10'636 | 0 | 763 | 9'873 | 0 | 0 | 7 | 93 | 0 |
| 34 | Önz | 9'355 | 0 | 3'543 | 5'812 | 0 | 0 | 38 | 62 | 0 |
| 35 | Aare Biel-Murgentha | 34'546 | 0 | 0 | 28'150 | 6'396 | 0 | 0 | 81 | 19 |
| 36 | Langete | 13'860 | 0 | 10'963 | 2'897 | 0 | 0 | 79 | 21 | 0 |
| 37 | Rot | 5'994 | 0 | 2'796 | 3'198 | 0 | 0 | 47 | 53 | 0 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 25'691 | 0 | 0 | 0 | 25'691 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| Total | | 654'134 | 294'479 | 132'719 | 165'677 | 61'259 | 45 | 20 | 25 | 9 |

Regionen im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



- Kantonsgrenze
- Hydrologische Einzugsgebiete
- Regionen**
- Alpen
- Jura
- Mittelland
- Voralpen

| | | |
|-------------|-----------------------|-----|
| Alpen: | 2'945 km ² | 45% |
| Voralpen: | 1'328 km ² | 20% |
| Mittelland: | 1'656 km ² | 25% |
| Jura: | 612 km ² | 9% |

Datengrundlage:

- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Generalisierte Kantonsgrenzen (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 2: Geographische Regionen für die Abschätzung der diffusen Stoffeinträge.

Gemeinden und Kantone im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

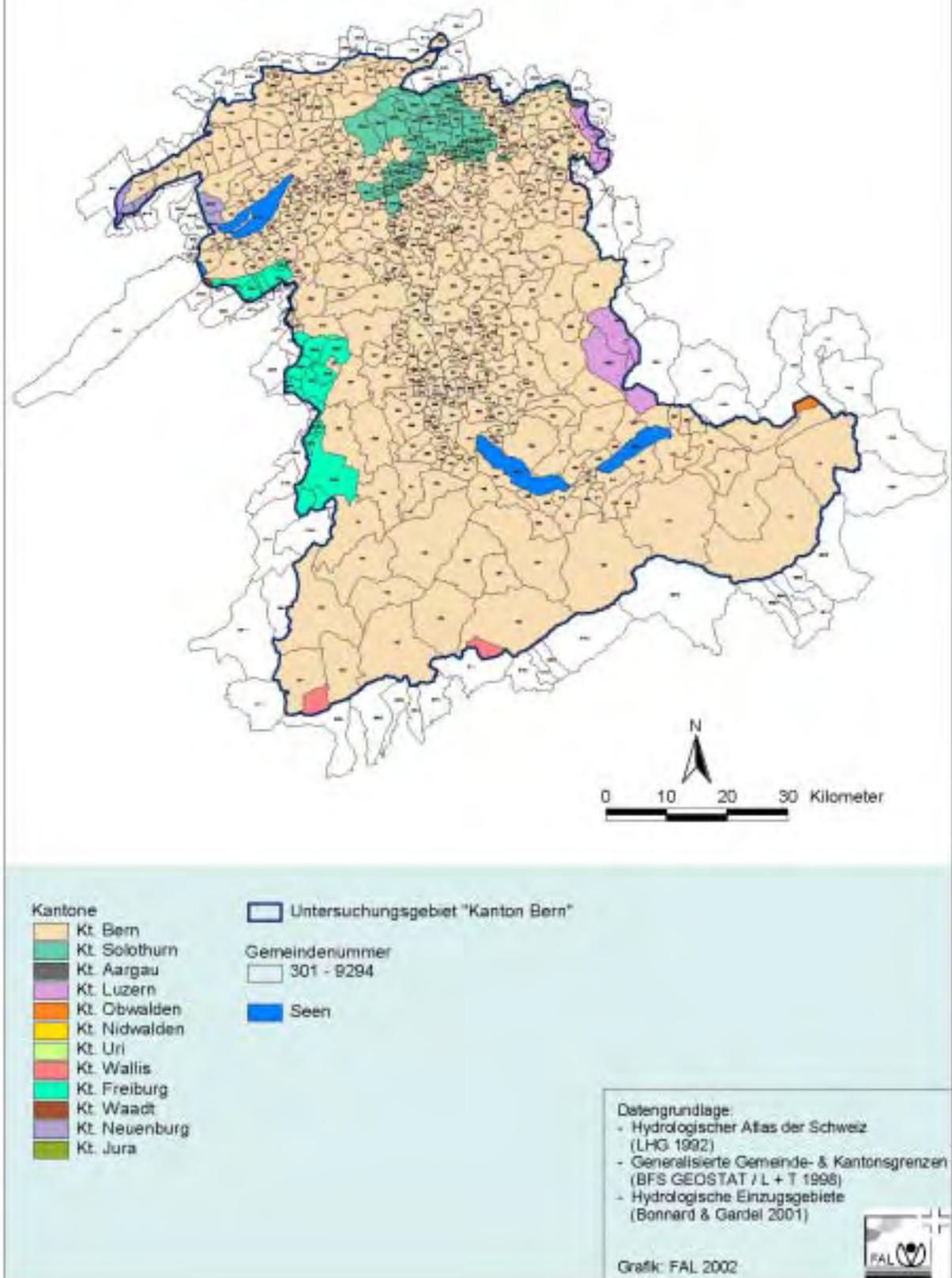
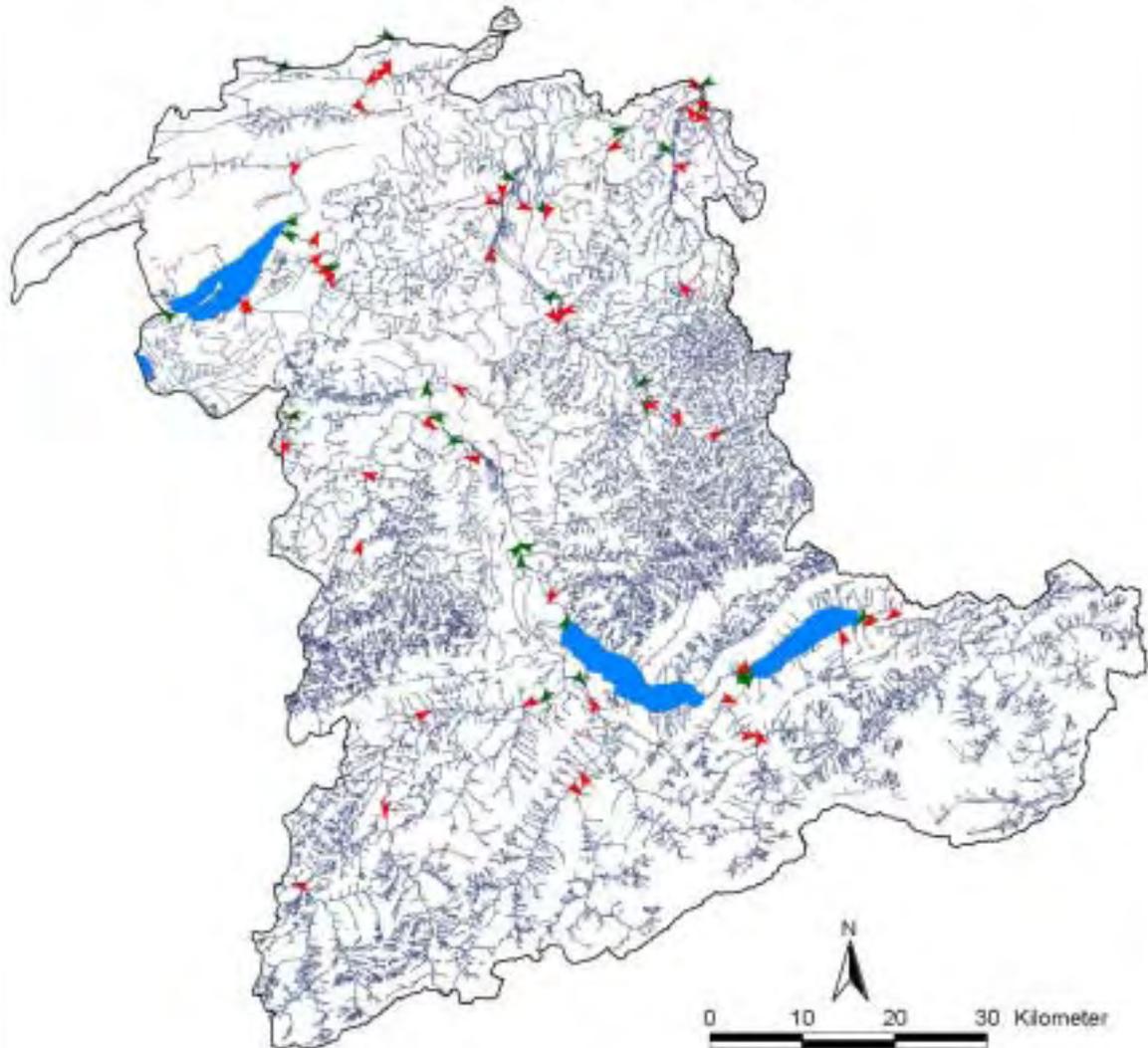


Abb. 3: Betroffene Gemeinden und Kantone im Untersuchungsgebiet.

Gewässernetz im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



-  Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"
-  Abflussmessstationen
-  Chemische Messstationen
-  Seen
-  Gewässernetz

Datengrundlage:
- Hydrologischer Atlas der Schweiz
(LHG 1992)
- Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz
(LHG 1997)
- Hydrologische Einzugsgebiete
(Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 4: Gewässernetz und Abflussmessstationen im Untersuchungsgebiet.

Landnutzung im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



□ Kantonsgrenze

Landnutzung

| | |
|--|---|
|  Wald |  Alpwirtschaftliche Nutzfläche |
|  Reben |  Vegetationslose Flächen |
|  Obstbau |  Gewässer |
|  Gartenbau |  Unproduktive Vegetation |
|  Ackerland |  Überbaute Siedlungsflächen |
|  Grasland |  Siedlungsgrün |
|  Heimweiden |  Strassen & Wege |

Datengrundlage:

- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT 1997)
- Generalisierte Kantonsgrenze (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählungsdaten der Schweiz (BFS 2000)

Grafik: FAL 2002

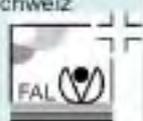
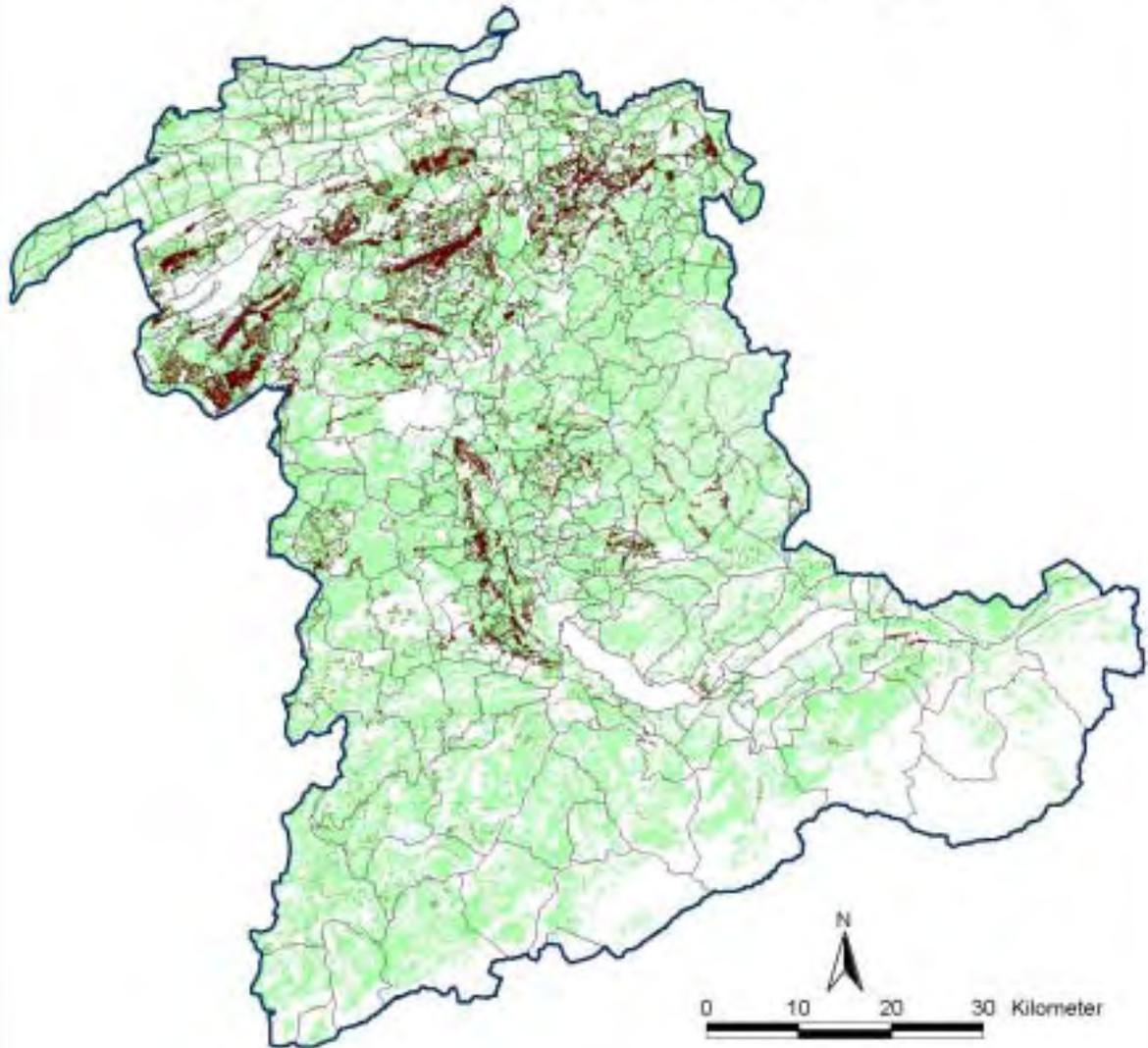


Abb. 5: Landnutzungskategorien im Untersuchungsgebiet.

Landwirtschaftliche Nutzfläche inklusive Drainagen im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Gemeindegrenzen

Landwirtschaftliche Nutzfläche

drainiert

undrainiert

| Region | Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (ha) | Drainagefläche (ha) | Drainagefläche in % der LN |
|--------------|--|---------------------|----------------------------|
| Alpen | 99369 | 2354 | 2 |
| Voralpen | 75465 | 4669 | 6 |
| Mittelland | 68074 | 20415 | 23 |
| Jura | 25064 | 2347 | 9 |
| Total | 267972 | 29785 | 10 |

Datengrundlage:

- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT 1997)
- Generalisierte Gemeindegrenzen (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählung Schweiz (BFS 2000)
- Drainageflächen (Eidg. Meliorationsamt Bern 2001)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

- Grafik: FAL 2002



Abb. 6: Drainierte Flächen innerhalb der Landwirtschaftlichen Nutzfläche im Untersuchungsgebiet.

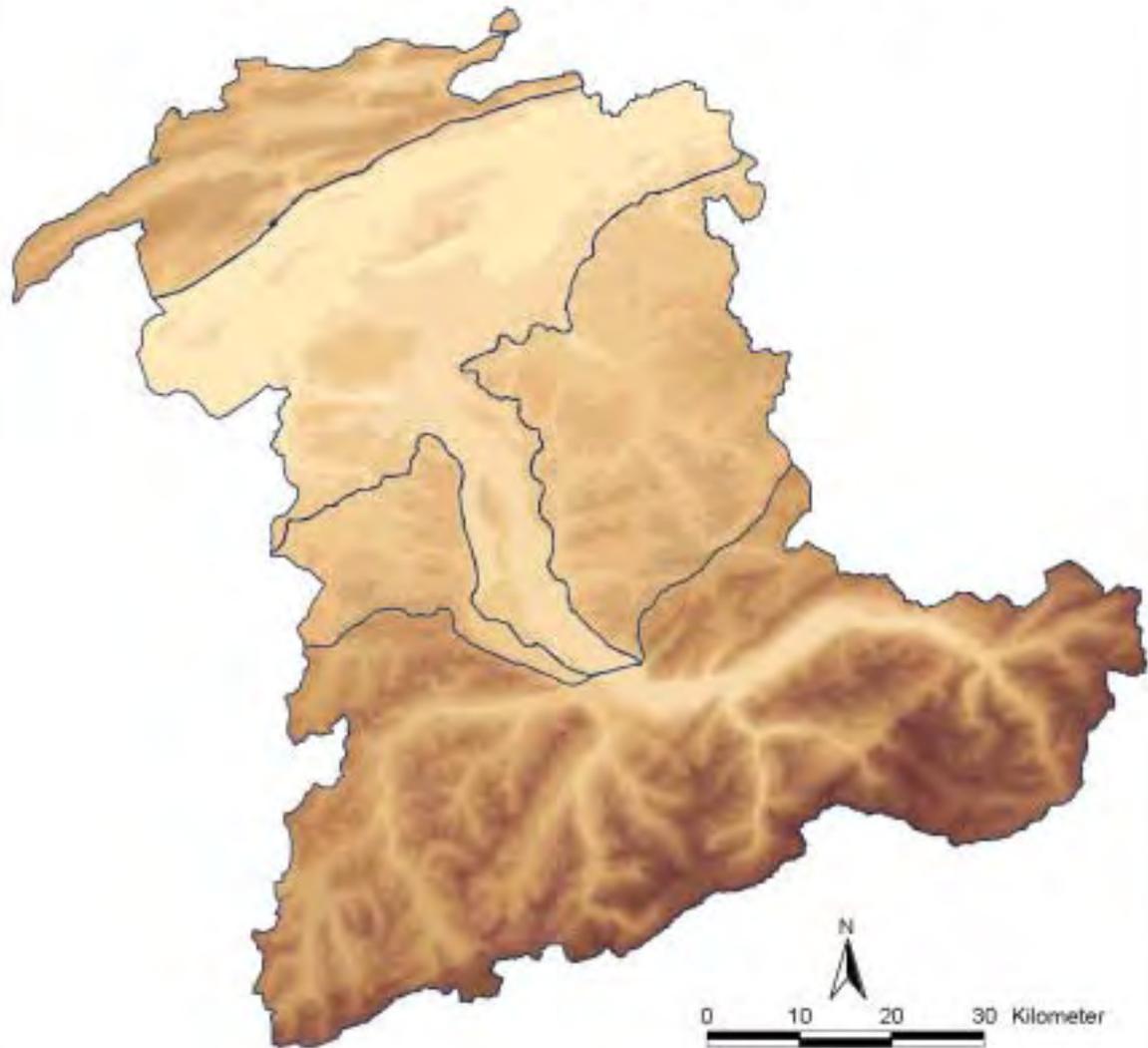
Tab. 5: Drainageflächen pro EZG im Verhältnis zur LN.

| EZG-Nr. | Einzugsgebiet | Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha) | Drainagefläche (ha) | Drainagefläche in % der LN |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | Gadmerwasser | 2'795 | 7 | 0 |
| 2 | Aare Oberhasli | 7'580 | 223 | 3 |
| 3 | Weisse Lütschine | 3'800 | 36 | 1 |
| 4 | Schwarze Lütschine | 6'899 | 37 | 1 |
| 5 | Brienzersee | 3'281 | 62 | 2 |
| 6 | Kiene | 3'182 | 16 | 1 |
| 7 | Engstligen | 6'708 | 25 | 0 |
| 8 | Kander | 7'374 | 100 | 1 |
| 9 | Fildrich | 6'561 | 184 | 3 |
| 10 | Oberes Simmental | 11'018 | 206 | 2 |
| 11 | Unteres Simmental | 10'962 | 249 | 2 |
| 12 | Thunersee | 6'290 | 280 | 4 |
| 13 | Saane (nur BE) | 11'199 | 179 | 2 |
| 14 | Schwarzwasser | 6'887 | 326 | 5 |
| 15 | Sense | 18'054 | 971 | 5 |
| 16 | Zulg | 4'095 | 70 | 2 |
| 17 | Rotache | 2'321 | 366 | 16 |
| 18 | Chise | 4'043 | 418 | 10 |
| 19 | Gürbe | 8'635 | 1'922 | 22 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 8'503 | 1'444 | 17 |
| 21 | Worble | 3'921 | 255 | 7 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 11'588 | 1'334 | 12 |
| 23 | Seeland | 10'745 | 4'060 | 38 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 3'797 | 1'256 | 33 |
| 25 | La Suze | 9'164 | 276 | 3 |
| 26 | Obere Emme | 11'755 | 881 | 7 |
| 27 | Ilfis | 9'520 | 280 | 3 |
| 28 | Grüne | 4'163 | 32 | 1 |
| 29 | Urtenen | 5'343 | 1'010 | 19 |
| 30 | Limpach | 4'821 | 2'216 | 46 |
| 31 | Untere Emme | 16'932 | 1'193 | 7 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 5'308 | 887 | 17 |
| 33 | Ösch | 6'019 | 1'629 | 27 |
| 34 | Önz | 5'346 | 1'664 | 31 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 16'293 | 3'968 | 24 |
| 36 | Langete | 8'801 | 506 | 6 |
| 37 | Rot | 3'581 | 495 | 14 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 10'688 | 722 | 7 |
| Total Untersuchungsgebiet | | 287'972 | 29'785 | 10 |

Tab. 6: Drainageflächen pro Region im Verhältnis zur LN.

| Region s-Nr. | Region | Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha) | Drainagefläche (ha) | Drainagefläche in % der LN |
|----------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | Alpen | 99'369 | 2'354 | 2 |
| 2 | Voralpen | 75'465 | 4'669 | 6 |
| 3 | Mittelland | 88'074 | 20'415 | 23 |
| 4 | Jura | 25'064 | 2'347 | 9 |
| Total Untersuchungsgebiet | | 287'972 | 29'785 | 10 |

Höhe (m.ü.M.) im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Regionsgrenzen

| Höhe (m.ü.M.) | |
|---------------|--|
| 400 - 500 | |
| 500 - 600 | |
| 600 - 800 | |
| 800 - 1000 | |
| 1000 - 1300 | |
| 1300 - 1600 | |
| 1600 - 1900 | |
| 1900 - 2200 | |
| 2200 - 2500 | |
| 2500 - 3000 | |
| 3000 - 3500 | |
| 3500 - 4000 | |
| > 4000 | |

Datengrundlage:
- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft
(EJPD & EVD 1976)
- Digitales Höhenmodell Vektor25
(BFS GEOSTAT 2001)
- Hydrologische Einzugsgebiete
(Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 7: Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet.

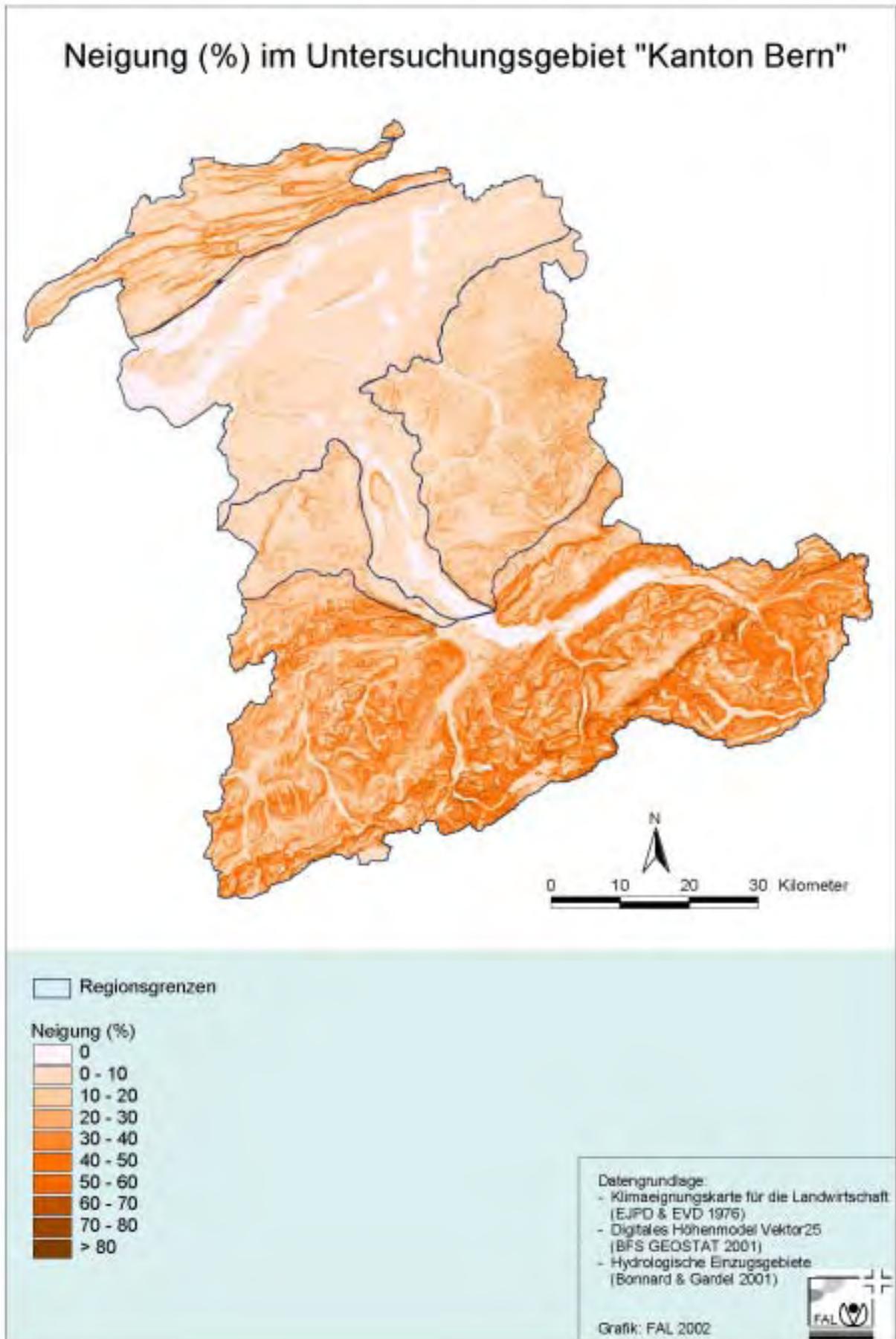
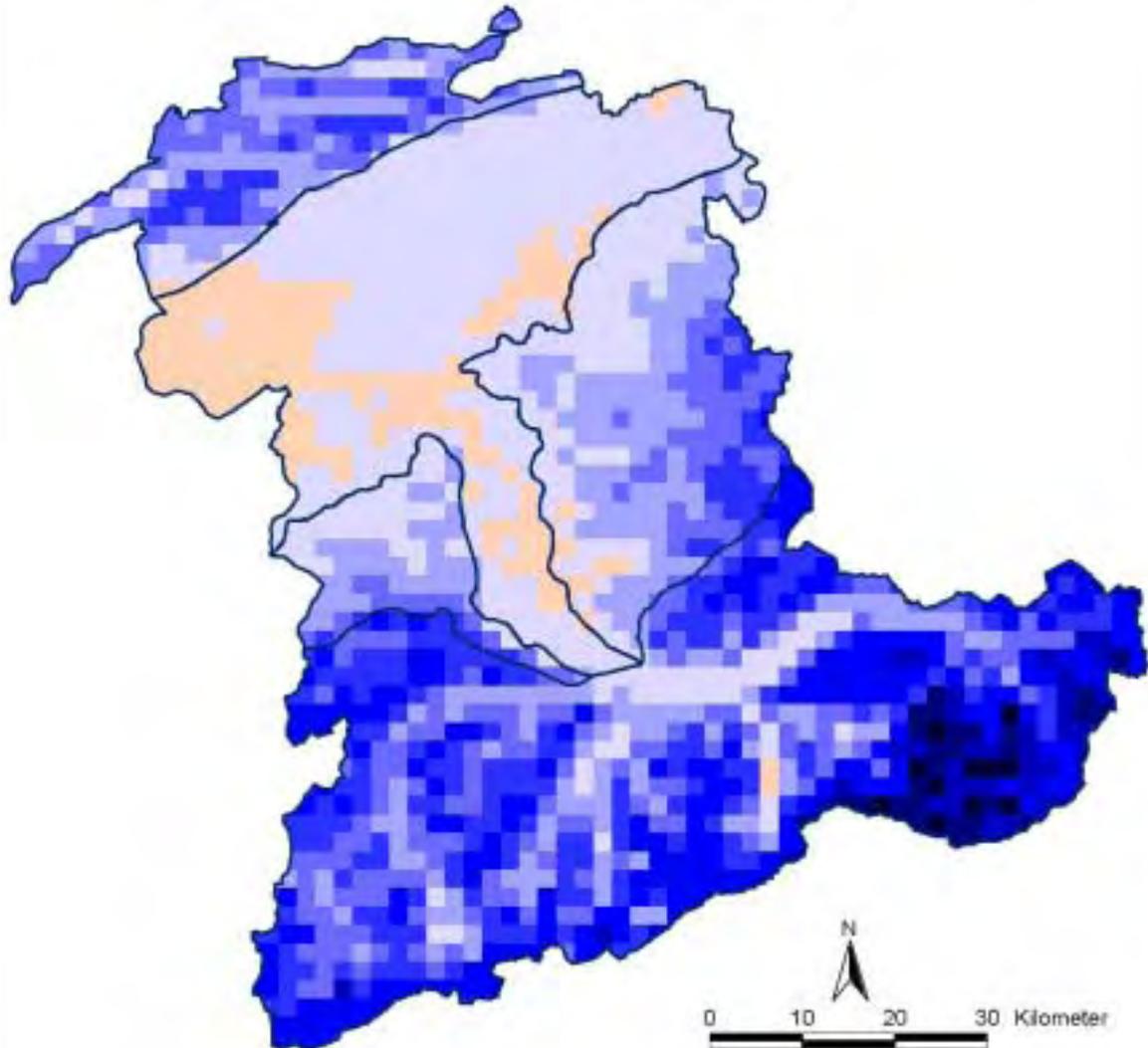


Abb. 8: Neigungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet.

Jahresniederschlag (mm) im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



□ Regionsgrenzen

Jahresniederschlag (mm)



Datengrundlage:

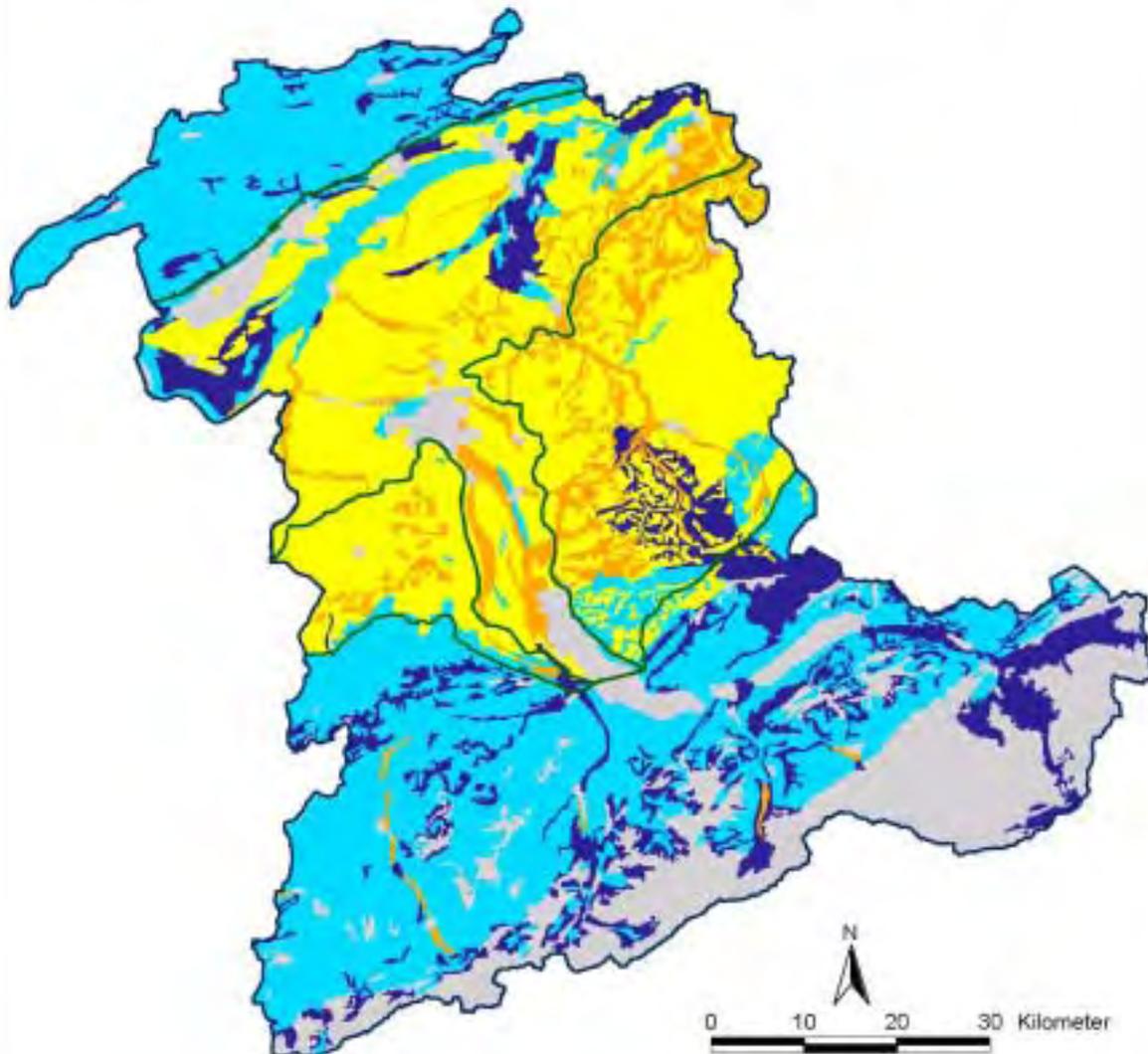
- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Hydrologischer Atlas der Schweiz (LHG 1992)

Grafik: FAL 2002



Abb. 9: Langjähriger mittlerer Jahresniederschlag im Untersuchungsgebiet.

Erosionsrisiko nach Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



 Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

 Regionsgrenzen

Erosionsrisiko

 Gebiete ohne Bodenangaben

 gering

 mässig

 mittel hoch

 hoch

 sehr hoch

| Risikostufe | ha | % |
|--------------------|---------------|------------|
| keine Bodenangaben | 111812 | 17 |
| gering | 83003 | 13 |
| mässig | 234956 | 36 |
| mittel hoch | 180897 | 27 |
| hoch | 43556 | 7 |
| sehr hoch | 0 | 0 |
| Total | 654134 | 100 |

Datengrundlage:

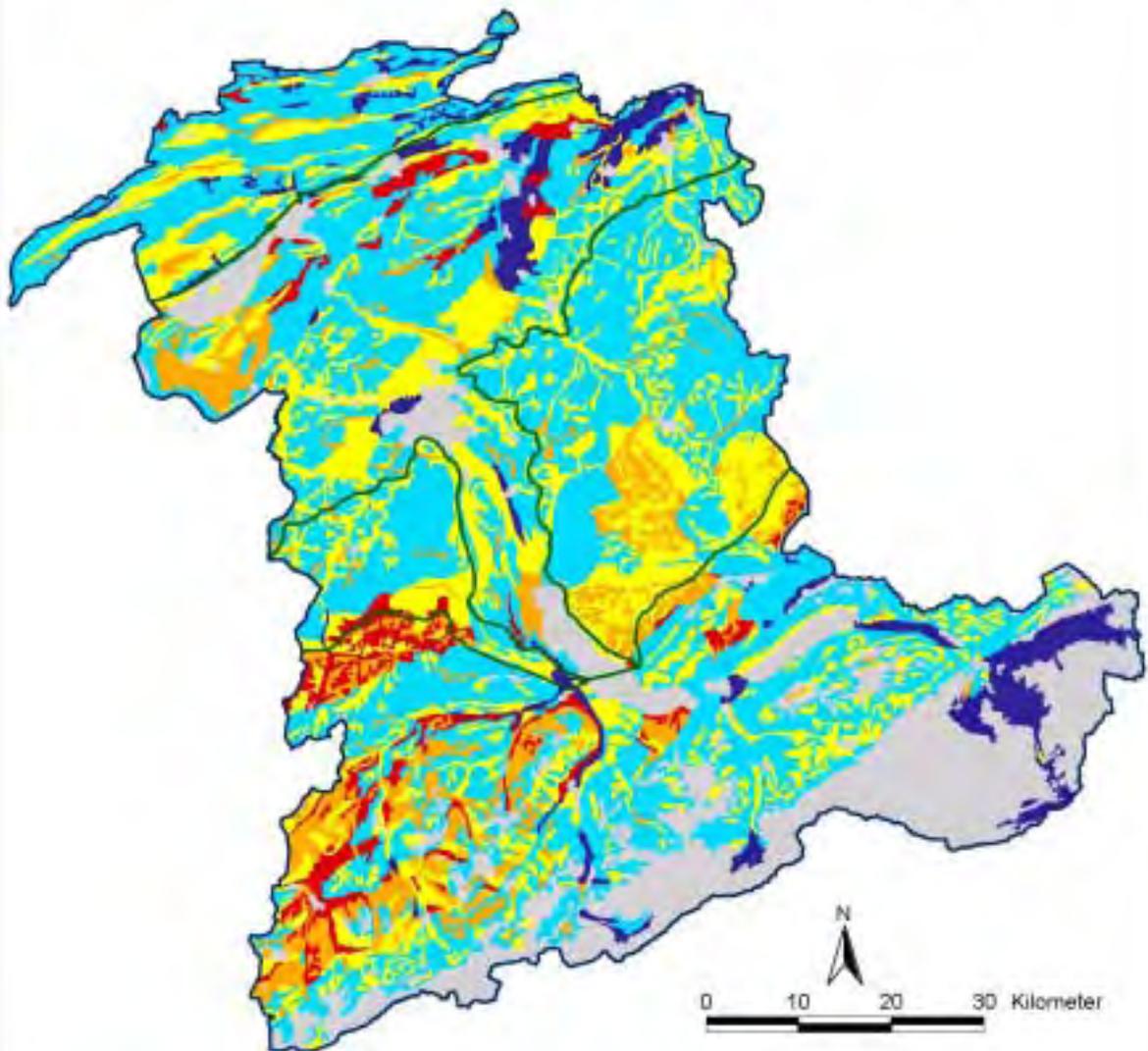
- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Bodeneignungskarte der Schweiz (EJP, EVD & EDI 1980)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 10: Erosionsrisiko aufgrund von Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet.

Abschwemmungsrisiko nach Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

Abschwemmungsrisiko

Gebiete ohne Bodenangaben

gering

mässig

mittel hoch

hoch

sehr hoch

| Risikostufe | ha | % |
|--------------------|--------|-----|
| keine Bodenangaben | 111812 | 17 |
| gering | 33131 | 5 |
| mässig | 274076 | 42 |
| mittel hoch | 153478 | 23 |
| hoch | 56621 | 9 |
| sehr hoch | 29022 | 4 |
| Total | 654134 | 100 |

Datengrundlage:

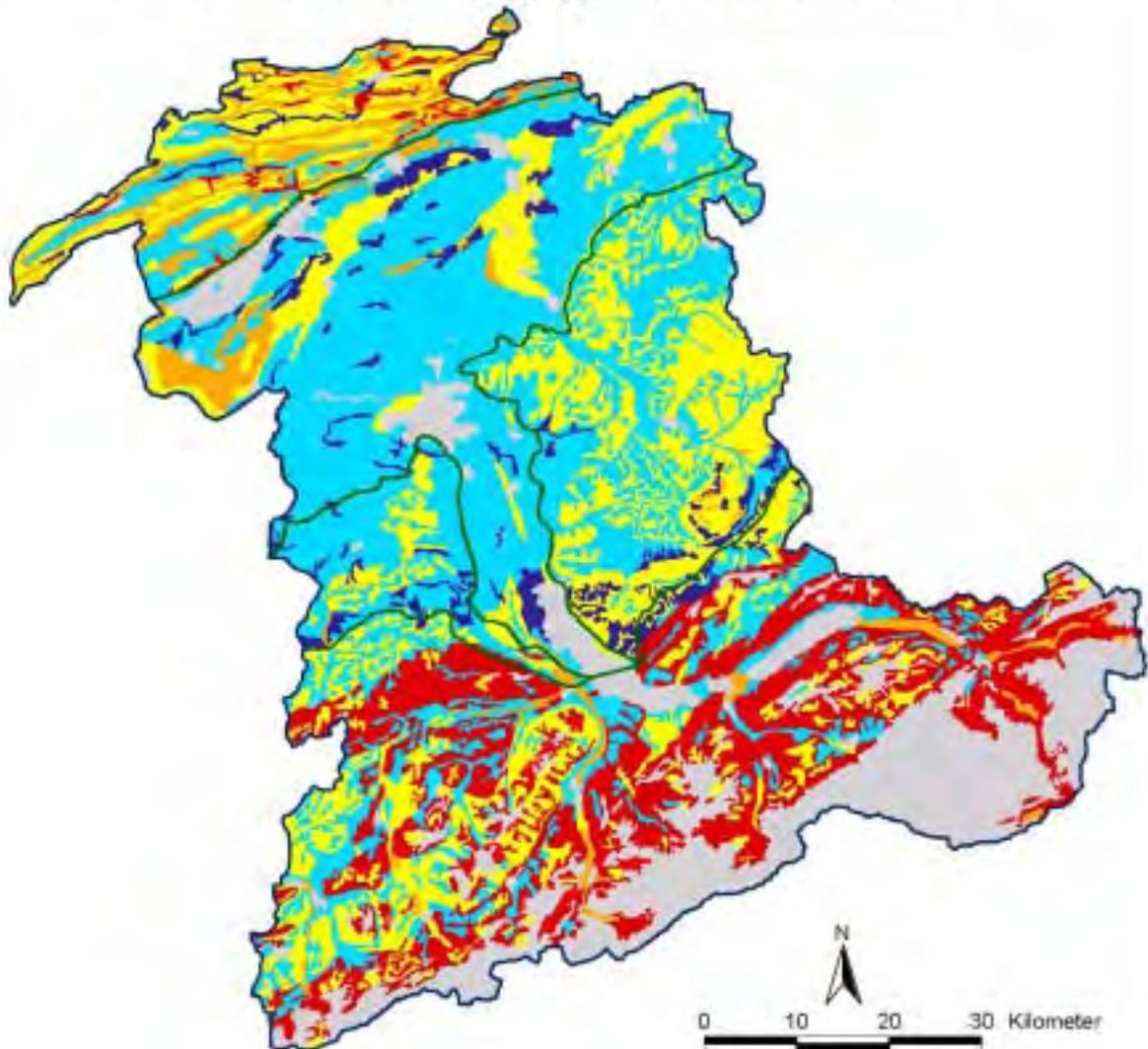
- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Bodeneignungskarte der Schweiz (EJP, EVD & EDI 1990)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 11: Abschwemmungsrisiko aufgrund von Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet.

Auswaschungsrisiko nach Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

Auswaschungsrisiko

Gebiete ohne Bodenangaben

gering

mässig

mittel hoch

hoch

sehr hoch

| Risikostufe | ha | % |
|--------------------|---------------|------------|
| keine Bodenangaben | 111812 | 17 |
| gering | 22999 | 4 |
| mässig | 227580 | 35 |
| mittel hoch | 151971 | 23 |
| hoch | 35343 | 5 |
| sehr hoch | 104420 | 16 |
| Total | 654134 | 100 |

Datengrundlage:

- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1975)
- Bodeneignungskarte der Schweiz (EJP, EVD & EDI 1980)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 12: Auswaschungsrisiko aufgrund von Bodeneigenschaften im Untersuchungsgebiet.

Tab. 7: Berechneter Nährstoffanfall aus Hofdüngern pro Einzugsgebiet.

| EZG-Nr. | Einzugsgebietsname | Gesamttotal (t N / Jahr) | % | | | Gesamttotal (t P / Jahr) | % | | | LN (ha) | Düngbare Fläche (ha) | Nährstoffanfall DF** | |
|---------|----------------------|--------------------------|------------------------------|----------|---------------|--------------------------|------------------------------|----------|---------------|---------|----------------------|----------------------|------------------|
| | | | Raufutter verzehr. Nutztiere | Schweine | Nutz-geflügel | | Raufutter verzehr. Nutztiere | Schweine | Nutz-geflügel | | | (kg N / ha DF**) | (kg P / ha DF**) |
| 1 | Gadmerwasser | 138 | 97 | 3 | 0 | 21 | 96 | 4 | 0 | 2'795 | 2'736 | 50 | 8 |
| 2 | Aare Oberhasli | 570 | 99 | 1 | 0 | 88 | 99 | 1 | 0 | 7'580 | 7'389 | 77 | 12 |
| 3 | Weisse Lüttschine | 109 | 100 | 0 | 0 | 17 | 99 | 0 | 0 | 3'800 | 3'760 | 29 | 4 |
| 4 | Schwarze Lüttschine | 386 | 100 | 0 | 0 | 59 | 99 | 0 | 0 | 6'899 | 6'711 | 57 | 9 |
| 5 | Brienzersee | 218 | 98 | 2 | 0 | 33 | 97 | 2 | 0 | 3'281 | 3'177 | 68 | 11 |
| 6 | Kiene | 239 | 100 | 0 | 0 | 36 | 99 | 0 | 0 | 3'182 | 3'105 | 77 | 12 |
| 7 | Engstligen | 709 | 100 | 0 | 0 | 108 | 99 | 0 | 0 | 6'708 | 6'433 | 110 | 17 |
| 8 | Kander | 556 | 99 | 1 | 0 | 85 | 99 | 1 | 0 | 7'374 | 7'102 | 78 | 12 |
| 9 | Fildrich | 428 | 99 | 1 | 0 | 65 | 98 | 1 | 0 | 6'561 | 6'464 | 66 | 10 |
| 10 | Oberes Simmental | 843 | 100 | 0 | 0 | 129 | 99 | 0 | 0 | 11'018 | 10'507 | 80 | 12 |
| 11 | Unteres Simmental | 993 | 99 | 1 | 0 | 151 | 99 | 1 | 0 | 10'962 | 10'614 | 94 | 14 |
| 12 | Thunersee | 664 | 99 | 1 | 0 | 102 | 99 | 1 | 0 | 6'290 | 6'097 | 109 | 17 |
| 13 | Saane (nur BE) | 914 | 99 | 0 | 0 | 140 | 99 | 1 | 0 | 11'199 | 10'585 | 86 | 13 |
| 14 | Schwarzwasser | 923 | 94 | 5 | 1 | 145 | 91 | 7 | 1 | 6'887 | 6'738 | 137 | 22 |
| 15 | Sense | 2'166 | 86 | 9 | 5 | 346 | 82 | 12 | 6 | 18'054 | 17'533 | 124 | 20 |
| 16 | Zulg | 499 | 97 | 2 | 1 | 77 | 96 | 3 | 1 | 4'095 | 4'001 | 125 | 19 |
| 17 | Rotache | 477 | 92 | 6 | 1 | 75 | 90 | 9 | 2 | 2'321 | 2'255 | 211 | 33 |
| 18 | Chise | 586 | 89 | 7 | 4 | 93 | 85 | 10 | 5 | 4'043 | 3'947 | 149 | 24 |
| 19 | Gürbe | 1'267 | 90 | 6 | 4 | 201 | 86 | 9 | 5 | 8'635 | 8'350 | 152 | 24 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 1'343 | 90 | 7 | 3 | 214 | 86 | 10 | 4 | 8'503 | 8'199 | 164 | 26 |
| 21 | Worble | 554 | 88 | 10 | 2 | 89 | 84 | 14 | 2 | 3'921 | 3'771 | 147 | 24 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 1'579 | 81 | 14 | 4 | 259 | 76 | 19 | 5 | 11'588 | 11'011 | 143 | 24 |
| 23 | Seeland | 755 | 84 | 10 | 6 | 123 | 80 | 13 | 7 | 10'745 | 10'054 | 75 | 12 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 294 | 96 | 3 | 1 | 46 | 94 | 4 | 1 | 3'797 | 3'382 | 87 | 14 |
| 25 | La Suze | 787 | 96 | 3 | 1 | 124 | 94 | 5 | 1 | 9'164 | 8'882 | 89 | 14 |
| 26 | Obere Emme | 1'488 | 93 | 6 | 1 | 233 | 91 | 8 | 1 | 11'755 | 11'450 | 130 | 20 |
| 27 | Ilfis | 1'249 | 90 | 9 | 1 | 199 | 86 | 13 | 1 | 9'520 | 9'106 | 137 | 22 |
| 28 | Grüne | 645 | 86 | 10 | 3 | 103 | 82 | 14 | 4 | 4'163 | 4'077 | 158 | 25 |
| 29 | Urtenen | 627 | 72 | 26 | 2 | 107 | 65 | 32 | 2 | 5'343 | 5'125 | 122 | 21 |
| 30 | Limpach | 624 | 76 | 21 | 3 | 105 | 69 | 28 | 3 | 4'821 | 4'584 | 136 | 23 |
| 31 | Untere Emme | 2'719 | 84 | 13 | 3 | 441 | 79 | 17 | 3 | 16'932 | 16'405 | 166 | 27 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 660 | 79 | 16 | 5 | 109 | 74 | 21 | 5 | 5'308 | 5'080 | 130 | 22 |
| 33 | Ösch | 970 | 81 | 16 | 4 | 160 | 75 | 20 | 4 | 6'019 | 5'759 | 169 | 28 |
| 34 | Önz | 849 | 79 | 19 | 2 | 141 | 73 | 24 | 3 | 5'346 | 5'176 | 164 | 27 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 1'867 | 82 | 15 | 3 | 308 | 76 | 20 | 4 | 16'293 | 15'429 | 121 | 20 |
| 36 | Langete | 1'535 | 80 | 18 | 3 | 254 | 74 | 23 | 3 | 8'801 | 8'661 | 177 | 29 |
| 37 | Rot | 619 | 74 | 23 | 4 | 104 | 67 | 29 | 4 | 3'581 | 3'423 | 181 | 30 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 1'065 | 95 | 3 | 2 | 167 | 93 | 4 | 2 | 10'688 | 10'429 | 102 | 16 |

* LN = Landwirtschaftliche Nutzfläche inklusive der Alpwirtschaftlichen Nutzfläche

** DF = Düngbare Fläche (LN exklusive Reben, extensiv genutzte Wiesen, extensiv genutzte Weiden, extensive Wiesen auf stillgelegtem Ackerland, Buntbrache, Rotationsbrache)

Berechnet aufgrund der Tierzahlen pro Gemeinde (BFS 2000, Grudaf 2001, Wirz 2001) ohne Hofdünger Export / Import und ohne Berücksichtigung der Sömmerung und Ökofutter.

DGVE pro Hektare düngbare Fläche und Gemeinde im Kanton Bern

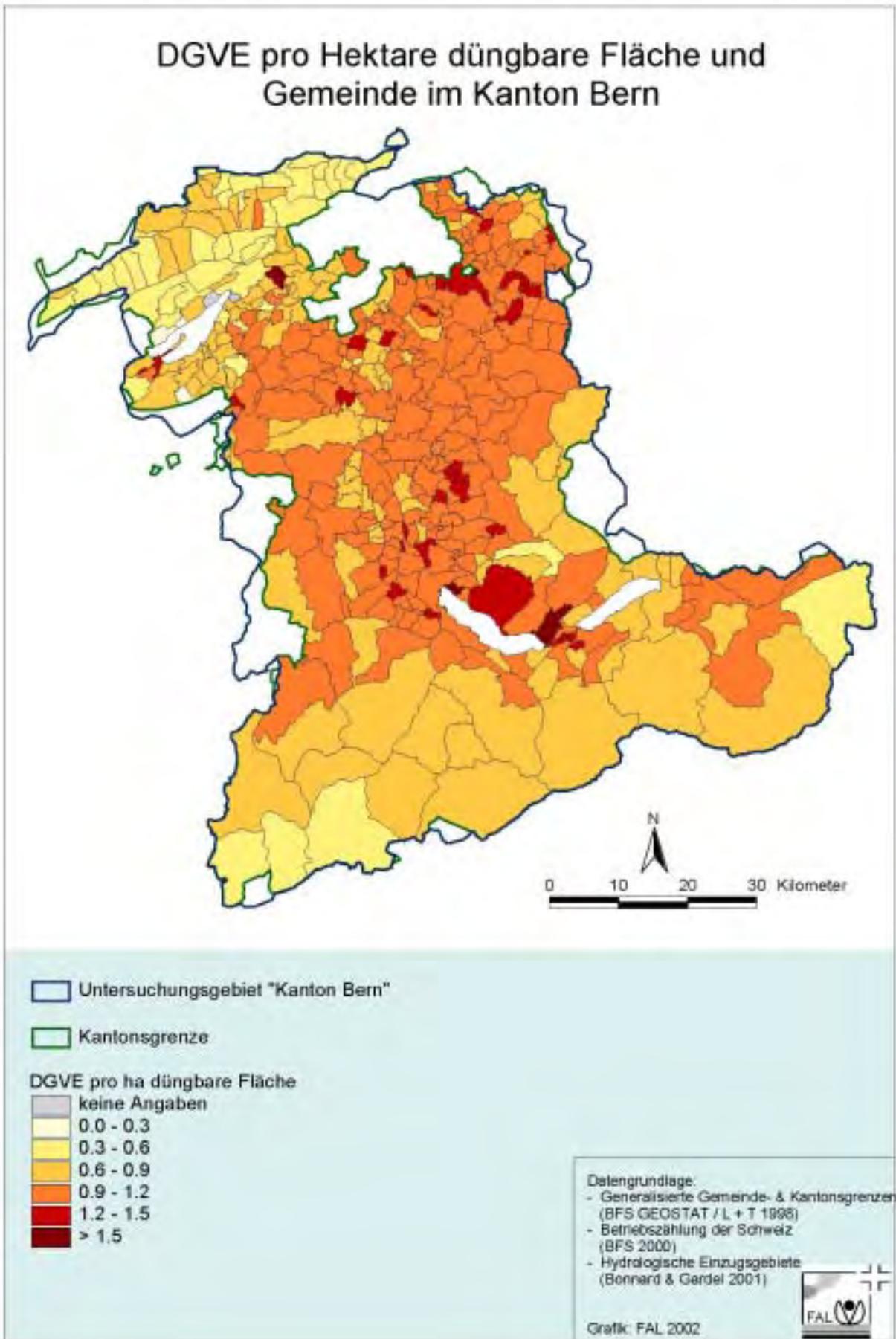


Abb. 13: DGVE pro Gemeinde im Untersuchungsgebiet.

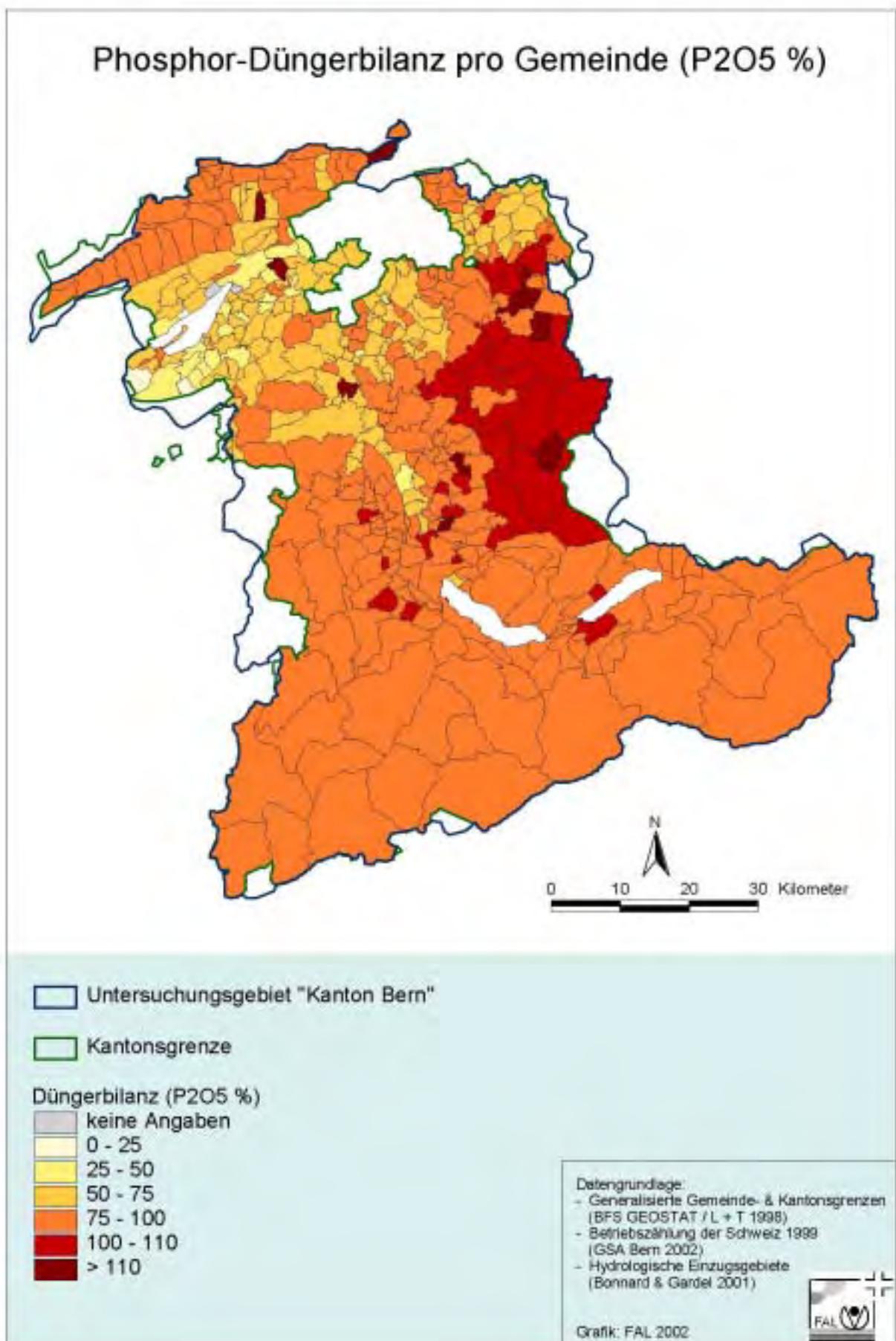


Abb. 14: P-Bilanz pro Gemeinde im Untersuchungsgebiet.

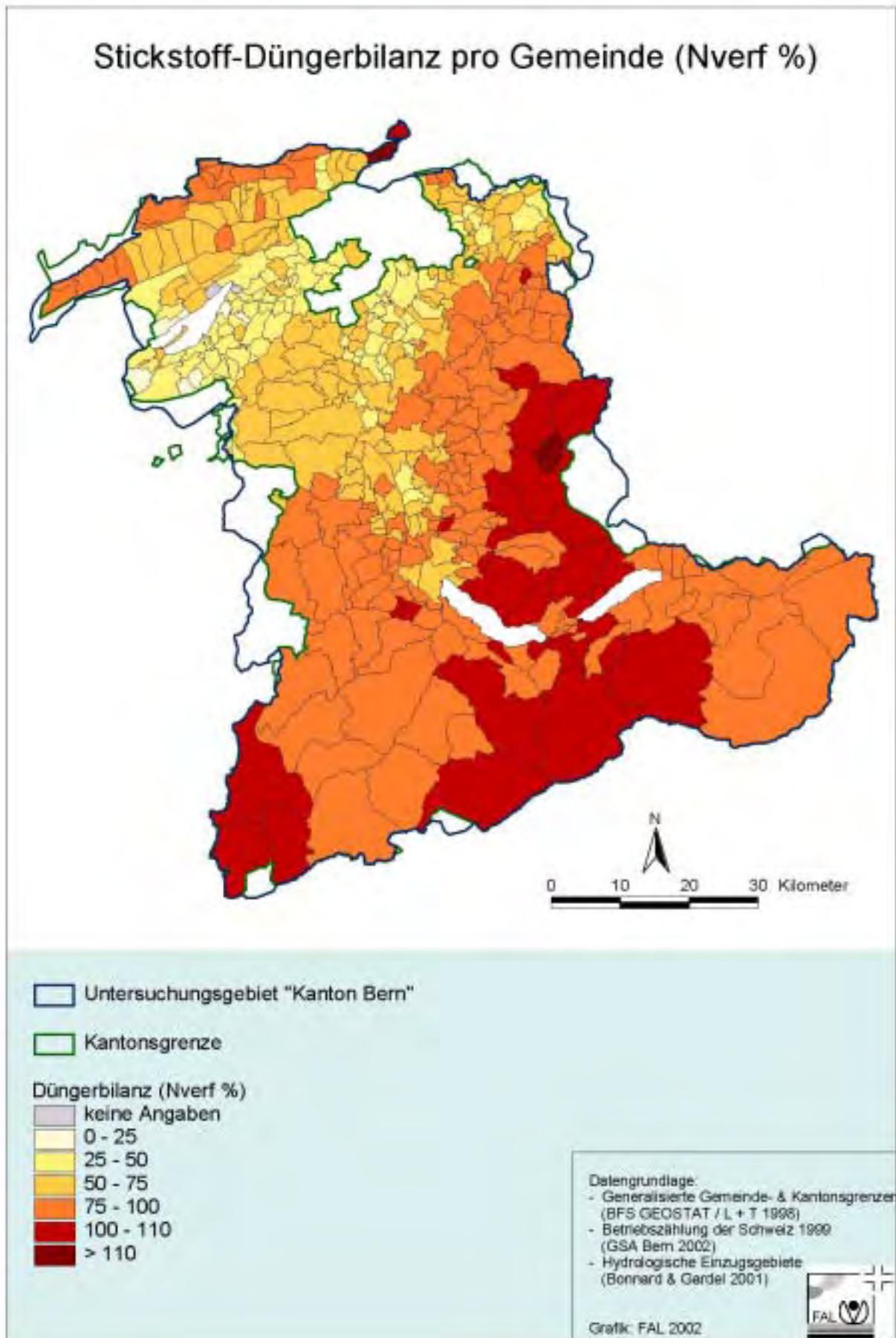


Abb. 15: N-Bilanz pro Gemeinde im Untersuchungsgebiet.

2.2 BERECHNUNGEN MIT MODIFFUS

Die Berechnung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer erfolgte über das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL für jeden Rasterpunkt einzeln. Zuerst wurde für jeden Rasterpunkt der potenzielle Abfluss (Niederschlag minus nutzungsspezifischer Verdunstung) ermittelt. Darauf wurden die verschiedenen Wasserflüsse (Oberflächenabfluss, Drainage- und Grundwasserabfluss) für die einzelnen Landnutzungskategorien berechnet. Die Berechnung der Stofffrachten erfolgte anschliessend durch Multiplikation der Wasserflüsse mit den entsprechenden nutzungs- und gebietsspezifischen Stoffkonzentrationen. Mit demselben Modellansatz wurde die natürliche Hintergrundlast berechnet.

2.2.1 BERECHNUNG DER WASSERFLÜSSE

OBERFLÄCHENABFLUSS (= Abfluss über die Geländeoberfläche):

Für die Berechnung des Oberflächenabflusses wurden die potenzielle Abflussmenge (= Niederschlag minus Verdunstung), die Landnutzung, die Hangneigung und die Bodeneigenschaften berücksichtigt. Auf Flächen mit weniger als 3% Hangneigung wurde kein Oberflächenabfluss angenommen. Der Einfluss der Bodeneigenschaften auf die Höhe des Oberflächenabflusses von der Landwirtschaftlichen Nutzfläche wurde über das Abschwemmungsrisiko der Böden (Abb. 11) berücksichtigt. Die Böden im Kanton Bern weisen hauptsächlich ein mässiges Abschwemmungsrisiko auf. Vor allem im Bereich der Alpen kommen auch Böden mit hohem oder sehr hohem Abschwemmungsrisiko vor. Die nachfolgend aufgeführten Oberflächenabflusswerte wurden der Risikoklasse 3 (mässig hoch) zugeordnet, da die Böden, auf denen Feldmessungen durchgeführt wurden, am ehesten diesen Bodeneigenschaften entsprechen. Bei Böden in Risikoklasse 2 wurde der Oberflächenabfluss um 10% gemindert, bei Risikoklasse 1 um 20%. Bei Risikoklasse 4 und 5 wurde der Oberflächenabfluss um 10% bzw. 20% erhöht.

In Anlehnung an die bei PRASUHN & BRAUN (1994) aufgeführten Literaturangaben sowie die in PRASUHN et al. (1996) verwendeten Oberflächenabflusswerte wurden 7% Oberflächenabfluss von der potenziellen Abflussmenge auf Graslandflächen in Hanglagen für alle Einzugsgebiete zugrunde gelegt. Auf Ackerflächen in Hanglagen wurden ebenfalls 7% der potenziellen Abflussmenge auf Ackerland als Oberflächenabfluss eingesetzt. Auf Flächen mit unproduktiver Vegetation wurden 4% der potenziellen Abflussmenge bei unproduktiver Vegetation, bei Wald in Höhenlagen über 1200 m ü.M. 2% als Oberflächenabfluss eingesetzt. Auf vegetationslosen Flächen, zu denen Fels, Sand und Geröll gehören, ist eine Unterscheidung von Oberflächenabfluss und Sickerwasser nicht möglich. Somit wurde der nicht verdunstende Teil des Niederschlages undifferenziert als Abfluss behandelt. Auf versiegelten Flächen (Strassen, Wege, Hofplätze etc.), die ausserorts liegen und nicht an eine Kläranlage angeschlossen sind, wurde für alle Gebiete mit einem Oberflächenabfluss von 30% der potenziellen Abflussmenge gerechnet.

Nicht die gesamte oberflächlich abfliessende Wassermenge gelangt in ein Fliessgewässer. Ein Teil des Wassers versickert auf der Fliessstrecke oder sammelt sich in Mulden oder Senken, wo es langsam versickert. Analog zu PRASUHN & BRAUN (1994) wurde unterstellt, dass 75% des Oberflächenabflusses auf Grasland und Ackerland in die Gewässer gelangen.

DRAINAGENABFLUSS (= Abfluss aus geschlossenen, künstlichen Drainagen):

Die Abschätzung der Abflussmengen durch Drainagen erfolgte anhand der Literaturangaben in PRASUHN & BRAUN (1994) und den dort für den Kanton Bern verwendeten Werten. Neu wurde für jede Hektare zwischen 60 und 80% der potenziellen Abflussmenge als Drainagewasser in Abhängigkeit von der Sickerwassermenge über eine lineare Beziehung ermittelt. Der Rest der in den Boden einsickernden Wassermenge gelangt entweder durch schnellen Zwischenabfluss ins Fließgewässer oder versickert weiter in die Tiefe und wird als Sickerwasser behandelt.

ZWISCHENABFLUSS, QUELLENABFLUSS UND GRUNDWASSERABFLUSS (= Sickerwasser):

Quantitative Angaben über Grössenordnungen von Zwischenabfluss, Quellenabfluss und Grundwasserabfluss waren in der Literatur kaum zu finden, so dass die Summe dieser Grössen analog zu PRASUHN & BRAUN (1994) berechnet wurde (vgl. auch BEHRENDT et al. 1999). Die totale Sickerwassermenge (exkl. Drainagenabfluss) errechnet sich aus der Differenz zwischen der potenziellen Abflussmenge und der Summe aus Oberflächenabfluss und Drainagenabfluss.

NATÜRLICHE HINTERGRUNDLAST

Bei der Berechnung der Wasserflüsse der natürlichen Hintergrundlast wurde davon ausgegangen, dass in allen Einzugsgebieten die potenziell natürliche Vegetation Wald ist. Neben dem Wald existieren noch wenige Flächen mit unproduktiver Vegetation, die vegetationslosen Flächen sowie die Gewässer. Durch das Retentionsverhalten des Waldes (grössere Evapotranspiration) gelangt insgesamt weniger Wasser zum Abfluss.

2.2.2 BERECHNUNG DER STOFFFLÜSSE

2.2.2.1 NÄHRSTOFFEINTRÄGE DURCH ABSCHWEMMUNG

Unter Abschwemmung wird der Transport von nicht an Bodenpartikel gebundenen Nährstoffen mit dem auf der Bodenoberfläche abfließenden Wasser verstanden, unabhängig davon, ob Bodenerosion stattfindet oder nicht. Dabei werden vor allem Nährstoffe abgeschwemmt, die sich in der obersten Bodenschicht oder nach einem Düngeraustrag auf der Boden- und Pflanzenoberfläche befinden. Die im Niederschlag selbst enthaltenen Nährstoffe tragen ebenfalls zu diesen Nährstoffeinträgen bei.

P-ABSCHWEMMUNG:

Bei der Berechnung der P-Abschwemmung wurde in Anlehnung an Literaturwerte zunächst eine mittlere P-Abschwemmungskonzentration pro Landnutzungskategorie für das Untersuchungsgebiet festgelegt:

| Landnutzungskategorie | Mittelwert (mg P/l) |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| vegetationslose Flächen | Konzentration im Niederschlag / 5 |
| Wald | Konzentration im Niederschlag * 2 |
| unproduktive Vegetation | Konzentration im Niederschlag * 2 |
| Strassen & Wege ausserorts | Konzentration im Niederschlag * 2 |
| Alpwirtschaftliche Nutzfläche | Konzentration im Niederschlag * 8 |
| extensive Wiesen und Weiden | Konzentration im Niederschlag * 8 |
| wenig intensive Wiesen | 0.60 |
| Dauerwiesen | 1.20 |
| Heimweiden | 1.20 |
| Obstbau | 1.20 |
| Kunstpflanzen | 1.20 |
| offenes Ackerland | 0.80 |
| Rebbau | 0.80 |
| Gartenbau | 0.80 |

Die aufgeführten Mittelwerte wurden als Ausgangswerte flächendeckend für das ganze Untersuchungsgebiet verwendet und mit folgenden Korrekturfaktoren regional angepasst:

$$\begin{aligned} & \text{Phosphorausgangswert (mg P/l)} \times \text{Niederschlagsfaktor} \\ & \quad \times \text{Hofdüngerfaktor} \\ & \quad \times \text{P-Testzahlfaktor} \\ & \quad \times \text{Graslandintensitätsfaktor} \\ & \quad \times \text{Ackerlandintensitätsfaktor} \\ & = \text{Phosphorkonzentration (mg P/l)} \end{aligned}$$

Die berechneten Konzentrationen wurden mit dem jeweiligen berechneten Oberflächenabflussmengen verrechnet. Hangneigung und Bodeneigenschaften wurden bereits bei der Berechnung der Oberflächenabflussbildung berücksichtigt.

Niederschlagskonzentrationsfaktor:

Für ungedüngte oder wenig gedüngte Flächen (Wald, extensive Wiesen und Weiden, alpwirtschaftliche Nutzfläche, unproduktive Vegetation, Strassen und Wege ausserorts, vegetationslose Flächen) wurde ausschliesslich die P-Konzentration im Niederschlag der jeweiligen Fläche herangezogen (Tab. 17). Für die anderen, gedüngten Flächen wurde pro Gebiet ein Niederschlagskonzentrationsfaktor in Abhängigkeit von der Höhe der jeweiligen P-Niederschlagskonzentration berechnet und mit 15% gewichtet.

Hofdüngerfaktor:

Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Hofdüngeranfall das P-Abschwemmungsrisiko steigt. Der Hofdüngerfaktor wird nur auf Dauerwiesen, Heimweiden, Obstbau und Kunstwiesen angewendet und bezieht sich auf den gemeindespezifischen Hofdüngeranfall in kg P/ha, der anhand der Hoftierstückzahlen der Betriebszählungsdaten (BFS 2001) für die düngbare Fläche berechnet wurde (Tab. 7). Die berechneten Faktoren schwanken zwischen 1,4 (Rotache) und 0,7 (Gadmerwasser).

P-Testzahlfaktor:

Es wird angenommen, dass der pflanzenverfügbare P-Gehalt im Oberboden einen Einfluss auf die Höhe der P-Abschwemmung hat, da mit zunehmendem P-Gehalt an der Bodenoberfläche die P-Konzentration im Oberflächenabfluss steigt. Der P-Testzahlfaktor wird bei den Dauerwiesen, Heimweiden, Kunstwiesen und Ackerland eingesetzt. Die Gewichtung liegt bei +10% (Faktor 1.1) bei einer P-Testzahl von 20 und -10% (Faktor 0.9) bei einer P-Testzahl von 10.

Graslandintensitätsfaktor:

Auf extensiv und wenig intensiv genutztem Grasland wird mit einer geringeren P-Abschwemmung gerechnet als auf intensiv genutztem. Es wurde der prozentuale Anteil an extensiven Wiesen und Weiden sowie wenig intensive Wiesen an den Dauerwiesen für jedes Einzugsgebiet berechnet und mit den entsprechenden Konzentrationswerten aus obiger Tabelle verrechnet. Da die Lage der extensiven und wenig intensiven Flächen im jeweiligen EZG nicht bekannt ist, wird die berechnete mittlere P-Konzentration auf die gesamte Dauerwiesenfläche im EZG umgelegt.

Ackerlandintensitätsfaktor:

Es wird davon ausgegangen, dass auf offenem Ackerland im Mittel weniger Hofdünger ausgebracht werden als auf Kunstwiesen und dass es auf offenem Ackerland eher zu Boden-erosion kommt als auf Kunstwiesen. So wird ein Teil des abgeschwemmten Phosphors an Bodenpartikel gebunden und mit dem Erosionsmaterial ausgetragen. Daher wurde der Anteil an Kunstwiesen am gesamten Ackerland für jedes Gebiet berechnet und mit dem entsprechenden Konzentrationswert aus obiger Tabelle verrechnet. Da die Lage der Kunstwiesen im jeweiligen EZG nicht bekannt ist bzw. von Jahr zu Jahr wechselt, wird die berechnete mittlere P-Konzentration auf die gesamte Ackerfläche im EZG umgelegt.

P-Konzentrationen:

Die in Tabelle 8 aufgeführten P-Konzentrationen im Oberflächenabfluss schwanken zwischen 0,04 und 1,60 mg P/l. Die höchsten Werte findet man bei Heimweiden und Obstbau, da bei den Dauerwiesen auch die extensiven und wenige intensiven Flächen enthalten sind. Die Werte beim Ackerland sind ähnlich hoch wie die der Dauerwiesen, da beim Ackerland die Kunstwiesen enthalten sind.

Tab. 8: Berechnete P-Konzentrationen im Oberflächenabfluss bei unterschiedlicher Nutzung.

| Einzugsgebiete | Abschwemmung Phosphor (mg P/l) | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|-------------|------------|---------|------------------------|-----------|-------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| | Wald | Dauerwiesen | Heimweiden | Obstbau | Alpwirtsch. Nutzfläche | Ackerland | Reben | Gartenbau | unproduktive Vegetation | Strassen und Wege | Vegetationslos |
| 1. Gadmerwasser | 0.04 | 0.60 | 0.73 | 0.75 | 0.16 | 0.73 | 0.70 | 0.70 | 0.04 | 0.04 | 0.00 |
| 2. Aare Oberhasli | 0.04 | 0.78 | 0.85 | 0.86 | 0.16 | 0.79 | 0.70 | 0.70 | 0.04 | 0.04 | 0.00 |
| 3. Weisse Lütschine | 0.05 | 0.62 | 0.66 | 0.67 | 0.19 | 0.68 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 4. Schwarze Lütschine | 0.05 | 0.67 | 0.78 | 0.80 | 0.19 | 0.75 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 5. Brienersee | 0.06 | 0.71 | 0.85 | 0.87 | 0.22 | 0.81 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 6. Kiene | 0.05 | 0.64 | 0.87 | 0.88 | 0.19 | 0.77 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 7. Engstligen | 0.05 | 0.79 | 1.00 | 1.02 | 0.19 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 8. Kander | 0.05 | 0.77 | 0.87 | 0.89 | 0.19 | 0.79 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 9. Fildrich | 0.05 | 0.73 | 0.82 | 0.84 | 0.19 | 0.76 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 10. Oberes Simmental | 0.05 | 0.69 | 0.87 | 0.89 | 0.19 | 0.87 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 11. Unteres Simmental | 0.05 | 0.83 | 0.93 | 0.95 | 0.19 | 0.83 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 12. Thunersee | 0.06 | 0.96 | 1.03 | 1.06 | 0.22 | 0.86 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 13. Saane (nur BE) | 0.05 | 0.71 | 0.90 | 0.91 | 0.19 | 0.88 | 0.72 | 0.72 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 14. Schwarzwasser | 0.06 | 1.16 | 1.28 | 1.20 | 0.22 | 1.07 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 15. Sense | 0.06 | 1.02 | 1.21 | 1.15 | 0.22 | 0.95 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 16. Zulg | 0.06 | 0.98 | 1.14 | 1.14 | 0.22 | 1.01 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 17. Rotache | 0.06 | 1.43 | 1.60 | 1.60 | 0.26 | 1.34 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 18. Chise | 0.06 | 1.13 | 1.30 | 1.30 | 0.26 | 1.07 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 19. Gürbe | 0.06 | 1.16 | 1.39 | 1.31 | 0.26 | 1.10 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 20. Aare Thun-Bern | 0.09 | 1.32 | 1.56 | 1.48 | 0.35 | 1.17 | 0.82 | 0.82 | 0.09 | 0.09 | 0.01 |
| 21. Worble | 0.08 | 1.24 | 1.52 | 1.36 | 0.32 | 1.18 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 0.09 | 0.99 | 1.55 | 1.38 | 0.35 | 1.10 | 0.82 | 0.82 | 0.09 | 0.09 | 0.01 |
| 23. Seeland | 0.08 | 0.71 | 0.98 | 0.98 | 0.32 | 0.83 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 24. Nordufer Bielersee | 0.06 | 0.81 | 0.95 | 0.95 | 0.26 | 0.84 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 25. La Suze | 0.06 | 0.76 | 0.90 | 1.00 | 0.26 | 0.79 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 26. Obere Emme | 0.06 | 1.04 | 1.17 | 1.17 | 0.22 | 1.07 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 27. Ilfis | 0.06 | 1.02 | 1.20 | 1.20 | 0.22 | 1.12 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 28. Grüne | 0.06 | 1.16 | 1.35 | 1.32 | 0.22 | 1.16 | 0.74 | 0.74 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |
| 29. Urtenen | 0.08 | 0.98 | 1.42 | 1.27 | 0.32 | 1.02 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 30. Limpach | 0.08 | 0.89 | 1.49 | 1.33 | 0.32 | 1.05 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 31. Untere Emme | 0.08 | 1.23 | 1.50 | 1.47 | 0.32 | 1.14 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 0.08 | 0.83 | 1.29 | 1.29 | 0.32 | 0.91 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 33. Ösch | 0.08 | 0.88 | 1.51 | 1.48 | 0.32 | 1.03 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 34. Önz | 0.08 | 1.05 | 1.51 | 1.48 | 0.32 | 1.10 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 0.08 | 1.02 | 1.30 | 1.23 | 0.32 | 0.96 | 0.80 | 0.80 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| 36. Langete | 0.07 | 1.28 | 1.55 | 1.52 | 0.29 | 1.22 | 0.78 | 0.78 | 0.07 | 0.07 | 0.01 |
| 37. Rot | 0.07 | 1.12 | 1.56 | 1.53 | 0.29 | 1.14 | 0.78 | 0.78 | 0.07 | 0.07 | 0.01 |
| 38. La Birse (nur BE) | 0.06 | 0.84 | 0.96 | 1.06 | 0.26 | 0.82 | 0.76 | 0.76 | 0.06 | 0.06 | 0.01 |

N-ABSCHWEMMUNG:

Bei der Berechnung der N-Abschwemmung wurde analog zu P-Abschwemmung in Anlehnung an Literaturwerte zunächst eine mittlere N-Abschwemmungskonzentration pro Landnutzungskategorie für das Untersuchungsgebiet festgelegt:

| Landnutzungskategorie | Mittelwert (mg N/l) |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| vegetationslose Flächen | Konzentration im Niederschlag * 1.1 |
| Wald | Konzentration im Niederschlag * 1.1 |
| unproduktive Vegetation | Konzentration im Niederschlag * 1.1 |
| Strassen & Wege ausserorts | Konzentration im Niederschlag * 1.1 |
| Alpwirtschaftliche Nutzfläche | Konzentration im Niederschlag * 1.2 |
| extensive Wiesen und Weiden | Konzentration im Niederschlag * 1.2 |
| wenig intensive Wiesen | 0.80 |
| Dauerwiesen | 1.60 |
| Heimweiden | 1.60 |
| Obstbau | 1.60 |
| Kunstwiese | 1.60 |
| offenes Ackerland | 1.60 |
| Rebbau | 1.60 |
| Gartenbau | 1.60 |

Die aufgeführten Mittelwerte wurden als Ausgangswerte flächendeckend für das ganze Untersuchungsgebiet verwendet und mit folgenden Korrekturfaktoren regional angepasst:

$$\begin{aligned} &\text{Stickstoffausgangswert (mg N/l)} \times \text{Niederschlagsfaktor} \\ &\quad \times \text{Hofdüngerfaktor} \\ &\quad \times \text{Graslandintensitätsfaktor} \\ &\quad \times \text{Ackerlandintensitätsfaktor} \\ &= \text{N-Konzentration (mg N/l)} \end{aligned}$$

Die berechneten Konzentrationen wurden mit dem jeweiligen berechneten Oberflächenabflussmengen verrechnet. Hangneigung und Bodeneigenschaften wurden bereits bei der Berechnung der Oberflächenabflussbildung berücksichtigt.

Niederschlagskonzentrationsfaktor:

Für ungedüngte oder wenig gedüngte Flächen (Wald, extensive Wiesen und Weiden, alpwirtschaftliche Nutzfläche, unproduktive Vegetation, Strassen und Wege ausserorts, vegetationslose Flächen) wurde ausschliesslich die N-Konzentration im Niederschlag herangezogen (Tab. 17). Für die anderen, gedüngten Flächen wurde pro Gebiet ein Niederschlagskonzentrationsfaktor in Abhängigkeit von der Höhe der jeweiligen N-Niederschlagskonzentration berechnet und mit 40% gewichtet.

Hofdüngerfaktor:

Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Hofdüngeranfall das N-Abschwemmungsrisiko steigt. Der Hofdüngerfaktor wird nur auf Dauerwiesen, Heimweiden, Obstbau und Kunstwiesen angewendet und bezieht sich auf den gemeindespezifischen Hofdüngeranfall in kg N/ha, der anhand der Nutztierzahlen der Betriebszählungsdaten (BFS 2001) für die düngbare Fläche berechnet wurde (Tab. 7). Die berechneten Faktoren schwanken zwischen 1,3 (Rotache) und 0,7 (Weisse Lutschine).

Graslandintensitätsfaktor:

Analog zur P-Abschwemmung

Ackerlandintensitätsfaktor:

Analog zur P-Abschwemmung

N-Konzentrationen:

Die in Tabelle 9 aufgeführten N-Konzentrationen im Oberflächenabfluss schwanken zwischen 0,2 und 2,57 mg N/l. Die höchsten Werte findet man bei Heimweiden und Obstbau, da bei den Dauerwiesen auch die extensiven und wenige intensiven Flächen enthalten sind. Die Werte beim Ackerland sind ähnlich hoch wie die der Dauerwiesen, da beim Ackerland die Kunstwiesen enthalten sind.

Tab. 9: Berechnete N-Konzentrationen im Oberflächenabfluss bei unterschiedlicher Nutzung.

| Einzugsgebiete | Abschwemmung Stickstoff (mg N l) | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|------------|---------|-----------------------|-----------|-------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| | Wald | Dauerwiesen | Heimweiden | Obstbau | Alpirtsch. Nutzfläche | Ackerland | Reben | Gartenbau | unproduktive Vegetation | Strassen und Wege | Vegetationslos |
| 1. Gadmerwasser | 0.20 | 0.65 | 0.77 | 0.77 | 0.22 | 0.77 | 0.96 | 0.96 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 2. Aare Oberhasli | 0.20 | 0.79 | 0.85 | 0.85 | 0.22 | 0.89 | 0.96 | 0.96 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 3. Weisse Lüttschine | 0.25 | 0.72 | 0.75 | 0.75 | 0.27 | 0.87 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 4. Schwarze Lüttschine | 0.25 | 0.75 | 0.83 | 0.83 | 0.27 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 5. Brienersee | 0.35 | 0.81 | 0.92 | 0.92 | 0.38 | 0.98 | 1.08 | 1.08 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 6. Kiene | 0.25 | 0.70 | 0.88 | 0.88 | 0.27 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 7. Engstligen | 0.25 | 0.82 | 0.97 | 0.97 | 0.27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 8. Kander | 0.30 | 0.84 | 0.92 | 0.92 | 0.32 | 0.98 | 1.04 | 1.04 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 9. Fildrich | 0.30 | 0.82 | 0.89 | 0.89 | 0.32 | 0.97 | 1.04 | 1.04 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 10. Oberes Simmental | 0.25 | 0.74 | 0.88 | 0.88 | 0.27 | 0.88 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 11. Unteres Simmental | 0.30 | 0.88 | 0.96 | 0.96 | 0.32 | 1.00 | 1.04 | 1.04 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 12. Thunersee | 0.50 | 1.10 | 1.16 | 1.16 | 0.54 | 1.18 | 1.20 | 1.20 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 13. Saane (nur BE) | 0.30 | 0.79 | 0.94 | 0.94 | 0.32 | 0.95 | 1.04 | 1.04 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 14. Schwarzwasser | 0.69 | 1.33 | 1.43 | 1.43 | 0.76 | 1.40 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 15. Sense | 0.69 | 1.23 | 1.37 | 1.37 | 0.76 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 16. Zulg | 0.69 | 1.24 | 1.38 | 1.38 | 0.76 | 1.37 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 17. Rotache | 0.84 | 1.71 | 1.85 | 1.85 | 0.92 | 1.74 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 18. Chise | 0.84 | 1.44 | 1.60 | 1.60 | 0.92 | 1.55 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 19. Gürbe | 0.84 | 1.43 | 1.61 | 1.61 | 0.92 | 1.54 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 20. Aare Thun-Bern | 0.99 | 1.60 | 1.79 | 1.79 | 1.08 | 1.68 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 21. Worble | 0.99 | 1.53 | 1.71 | 1.71 | 1.08 | 1.65 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 0.99 | 1.34 | 1.69 | 1.69 | 1.08 | 1.62 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 23. Seeland | 0.99 | 1.24 | 1.39 | 1.39 | 1.08 | 1.57 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 24. Nordufer Bielersee | 0.84 | 1.20 | 1.31 | 1.31 | 0.92 | 1.41 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 25. La Suze | 0.84 | 1.19 | 1.35 | 1.35 | 0.92 | 1.42 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 26. Obere Emme | 0.69 | 1.29 | 1.40 | 1.40 | 0.76 | 1.39 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 27. Ilfis | 0.69 | 1.26 | 1.42 | 1.42 | 0.76 | 1.41 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 28. Grüne | 0.69 | 1.36 | 1.51 | 1.51 | 0.76 | 1.46 | 1.36 | 1.36 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| 29. Urtenen | 0.99 | 1.32 | 1.60 | 1.60 | 1.08 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 30. Limpach | 0.99 | 1.29 | 1.66 | 1.66 | 1.08 | 1.61 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 31. Untere Emme | 0.99 | 1.58 | 1.80 | 1.80 | 1.08 | 1.69 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 0.99 | 1.29 | 1.63 | 1.63 | 1.08 | 1.61 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 33. Ösch | 0.99 | 1.31 | 1.80 | 1.80 | 1.08 | 1.66 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 34. Önz | 0.99 | 1.42 | 1.79 | 1.79 | 1.08 | 1.68 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 0.99 | 1.40 | 1.59 | 1.59 | 1.08 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 36. Langete | 0.89 | 1.53 | 1.77 | 1.77 | 0.97 | 1.66 | 1.52 | 1.52 | 0.89 | 0.89 | 0.89 |
| 37. Rot | 0.89 | 1.43 | 1.76 | 1.76 | 0.97 | 1.63 | 1.52 | 1.52 | 0.89 | 0.89 | 0.89 |
| 38. La Birse (nur BE) | 0.84 | 1.27 | 1.40 | 1.40 | 0.92 | 1.44 | 1.48 | 1.48 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |

2.2.2.2 NÄHRSTOFFEINTRÄGE DURCH EROSION

BODENEROSION AUF ACKERLAND

Unter Bodenerosion wird der durch die menschliche Bewirtschaftung ausgelöste Abtrag des Bodens durch Wasser auf Ackerland (inkl. Wein- und Gartenbau) verstanden (PRASUHN 1991). Die Höhe der Bodenerosion wurde auf der Grundlage der Ergebnisse der Erosionsschadenskartierungen in der Region Frienisberg (PRASUHN & GRÜNIG 2001) unter Berücksichtigung der Faktoren Hangneigung, Erodibilität des Bodens, Erosivität der Niederschläge und eines gebietspezifischen Kultur- und Bodenbearbeitungsfaktor ermittelt.

Der mittlere Bodenabtrag in der Region Frienisberg lag gemäss Kartierungen 1997-2001 bei 0.7 t/ha und Jahr, bezogen auf alle Ackerflächen (PRASUHN & GRÜNIG 2002). Dies entspricht rund 1.0 t/ha und Jahr für alle Ackerflächen in Hanglagen. Dieser Wert wurde als Ausgangswert für Ackerflächen mit 6-7% Neigung angenommen. Diese Neigung entspricht der mittleren Neigung der Ackerflächen in der Region Frienisberg. Unter der Annahme, dass mit zunehmender Hangneigung die Abträge steigen (vgl. S-Faktor, SCHWERTMANN et al. 1990), erhalten die Ackerflächen mit anderen Hangneigungen folgende Abtragswerte:

| Hangneigung | Bodenabtrag |
|-------------|--------------------|
| <2% | = kein Bodenabtrag |
| 2-4% | = 0.4 t/ha |
| 4-6% | = 0.6 t/ha |
| 6-7% | = 1.0 t/ha |
| 7-10% | = 1.4 t/ha |
| 10-15% | = 1.8 t/ha |
| >15% | = 2.2 t/ha |

Die Erodibilität der Ackerböden (K-Faktor) wurde aus der Bodeneignungskarte der Schweiz (EJPD 1980) abgeleitet (Kap. 2.1.1) und schwankt im Untersuchungsgebiet entsprechend der kleinmassstäbigen Erfassung (1: 200'000) nicht stark. Im Jura und in den Alpen liegen überwiegend wenig erosionsanfällige Böden vor. Diese Böden sind in der Regel tonreich und stark skeletthaltig. Im Mittelland wurden einige stark tonige oder stark sandige Bodentypen ebenfalls als unterdurchschnittlich erosionsanfällig eingestuft. Ansonsten überwiegen im Mittelland lehmige Böden, die als mittel-erosionsanfällig eingestuft wurden. Nach PRASUHN & GRÜNIG (2001) liegt der K-Faktor dieser Böden bei 0.33, wobei es kleinräumig aber zu starken Schwankungen kommen kann. Höher erosionsanfällig wurden feinsandige und feinkörnige Böden eingestuft. Diese befinden sich einerseits in Talauen, andererseits in der feinsandigen Molasse des Mittellandes und der Voralpen. Sehr hoch anfällige Lössböden kommen im Untersuchungsgebiet nicht vor.

54% aller Ackerflächen liegen in der Klasse mittel hoch, 18% in der Klasse hoch, 18% in der Klasse mässig und 10% in der Klasse gering. Die Risikoklasse 3 entspricht von den Bodeneigenschaften den Bodeneinheiten aus der Region Frienisberg, aus der der angenommene Mittelwert für den Bodenabtrag stammt (PRASUHN & GRÜNIG 2001). Für die Risikoklasse 1 und 2 wurde der Bodenabtrag um 10% bzw. 5% vermindert, für die Klassen 4 und 5 um 5% bzw. 10% erhöht.

Die Erosivität der Niederschläge (R-Faktor) wurde pro Hektare Ackerfläche, Reben und Gartenbau nach der Formel (ROGLER & SCHWERTMANN 1981) berechnet.

$$R = -1,77 + (0.083 \times \text{Jahresniederschlag})$$

Die durchschnittliche Jahreserosivität der Niederschläge liegt im Untersuchungsgebiet für die Ackerflächen bei 105 Newton/Stunde (N/h). Der Maximalwert beträgt 188 N/h, der Minimalwert 73 N/h. Die höchsten mittleren Einzugsgebietswerte werden in den alpinen und voralpinen Gebieten Gadmerwasser (148 N/h), Ilfis (134 N/h) und Saane (128 N/h) erreicht, wobei in diesen Gebieten nur wenige Ackerflächen liegen. Die niedrigsten Werte haben Einzugsgebiete aus der Ackerbauregion des Mittellandes: Seeland (82 N/h), Aare Bern-Hagneck (89 N/h), Urtenen (92 N/h) und Ösch (92 N/h).

Der gebietsspezifische Kultur- und Bodenbearbeitungsfaktor (C-Faktor) wurde gemeindeweise nach PRASUHN & GRÜNIG (2001) ermittelt. Für die wichtigsten Kulturen wurden C-Faktoren in Abhängigkeit der vorkommenden Bodenbearbeitungskategorien bestimmt (Tab. 10) und mit dem prozentualen Flächenanteil an der Ackerfläche jeder Gemeinde verrechnet. Zusätzlich wurde aus dem Anteil an Sommerkulturen der Anteil an Flächen mit Winterbrache ermittelt und dem C-Faktor zugeschlagen. Der mittlere C-Faktor aller Gemeinden liegt bei 0.075 (nicht flächengewichtet). Sehr hohe C-Faktoren werden in fast allen Gemeinden des Seelandes (Gemüseanbauregion) erreicht, hohe C-Faktoren in vielen Gemeinden des Mittellandes mit hohen Anteilen an Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais (Abb. 16). Es treten auch einige Gemeinden in den Alpen mit hohen C-Faktoren auf. Hier handelt es sich um Gemeinden mit nur einigen wenigen Ackerparzellen, die mit Gemüse oder Kartoffeln bestellt sind. Niedrige C-Faktoren herrschen in vielen Gemeinden des östlichen Teils der Voralpen und Alpen des Untersuchungsgebietes sowie im Jura vor. Hohe Anteile an Kunstwiese in der Fruchtfolge führen meist zu den niedrigen Werten. Für die mittleren C-Faktoren der 38 hydrologischen Einzugsgebiete ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Ackerbauggebiete Seeland (mittlerer C-Faktor = 0.115), Alte Aare-Lyssbach (0.104), Urtenen (0.095), Limpach (0.093) Aare Bern-Hagneck (0.091) und Aare Biel-Murgenthal (0.091) haben die höchsten C-Faktoren (Abb. 17) und weisen somit die höchste anbaubedingte Erosionsgefährdung auf.

Tab. 10: C-Faktoren und geschätzter Anteil an winterbracher Fläche für die verschiedenen Kulturen. Die C-Faktoren wurden in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (Mulch-, Streifenfräs- oder Direktsaat) nach Tab. 12 und 20 aus PRASUHN & GRÜNIG (2001) ermittelt.

| Kultur | C-Faktor | Winterbrache (%) |
|---------------------------|----------|------------------|
| Weizen | 0.093 | 7 |
| Gerste | 0.028 | 8 |
| Roggen | 0.045 | 0 |
| Triticale | 0.067 | 0 |
| Hafer | 0.115 | 10 |
| Dinkel, übrige Getreide | 0.054 | 0 |
| Mais | 0.186 | 10 |
| Rüben, restl. Hackfrüchte | 0.160 | 30 |
| Kartoffeln | 0.115 | 30 |
| Gemüse | 0.245 | 30 |
| Raps | 0.060 | 10 |
| Kunstwiese* | 0.008 | 0 |
| Andere Kulturen | 0.100 | 30 |
| Buntbrache | 0.003 | 0 |
| Rotationsbrache | 0.100 | 0 |
| Rebbau | 0.200 | 0 |
| Gartenbau | 0.100 | 0 |
| Winterbrache | 0.110 | |

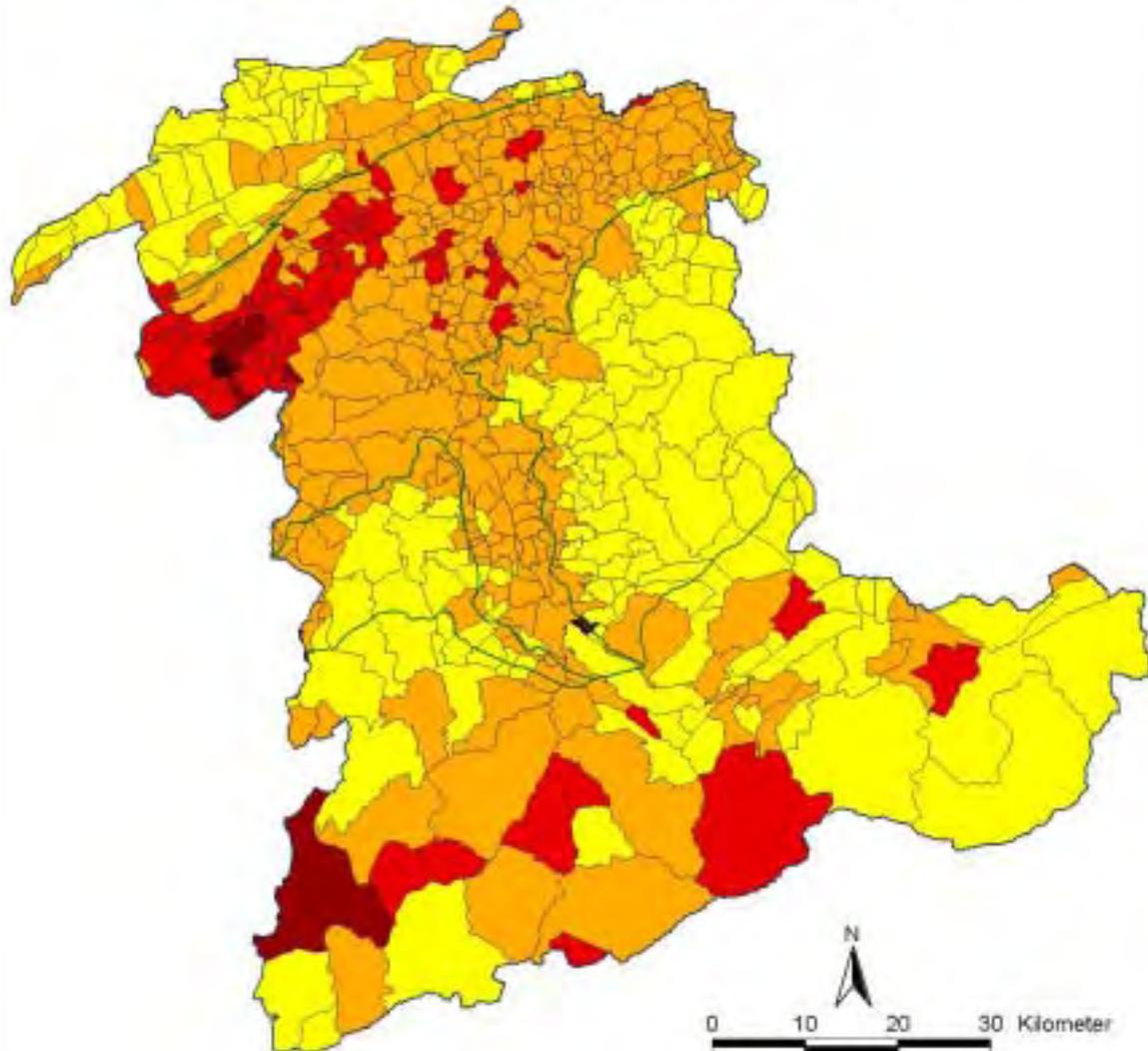
* durchschnittlicher Wert über 2,5 Jahre Nutzung

Unter Einbezug der Erodibilität der Böden, der Erosivität der Niederschläge, dem Relief und Kulturartenzusammensetzung und Bodenbearbeitung wurde ein mittlerer Bodenabtrag von der gesamten Ackerfläche von 0.47 t/ha und Jahr berechnet (Tab. 11). Die Spannweite der verschiedenen Gebiete beträgt 0.3 – 2.1 t/ha und Jahr. Hohe mittlere Abträge von über einer Tonne pro Hektare stammen aus Gebieten mit nur wenigen Ackerflächen in ungünstigen Lagen mit ungünstigen Fruchtfolgen. Die mittleren Abträge der Ackerbaugebiete liegen unter einer halben Tonne pro Hektare und Jahr.

SONSTIGE EROSION

Neben der Bodenerosion auf Ackerland findet auf allen Flächen - mit Ausnahme der überbauten Siedlungsfläche, der Strassen und Wege innerorts und der stehenden Gewässer - zusätzlich eine mehr oder weniger natürliche Erosion, hier sonstige Erosion genannt, statt (vgl. PRASUHN & BRAUN 1994). Die sonstige Erosion wurde neu in Abhängigkeit von der Niederschlagserosivität für jede Hektare berechnet. Korrekturfaktoren wurden auf der Grundlage der Bodeneignungskarte (EJPD 1980) und aus der Gefahrenhinweiskarte des Kantons Bern (AMT FÜR WALD 1998) abgeleitet. Aufgrund dieses neuen Berechnungsansatzes ergeben sich z.T. erheblich Abweichungen zu den Resultaten von PRASUHN & BRAUN (1994). Die Werte sind mit grossen Unsicherheiten behaftet.

C-Faktor pro Gemeinde im im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

C-Faktor pro Gemeinde



Datengrundlage:

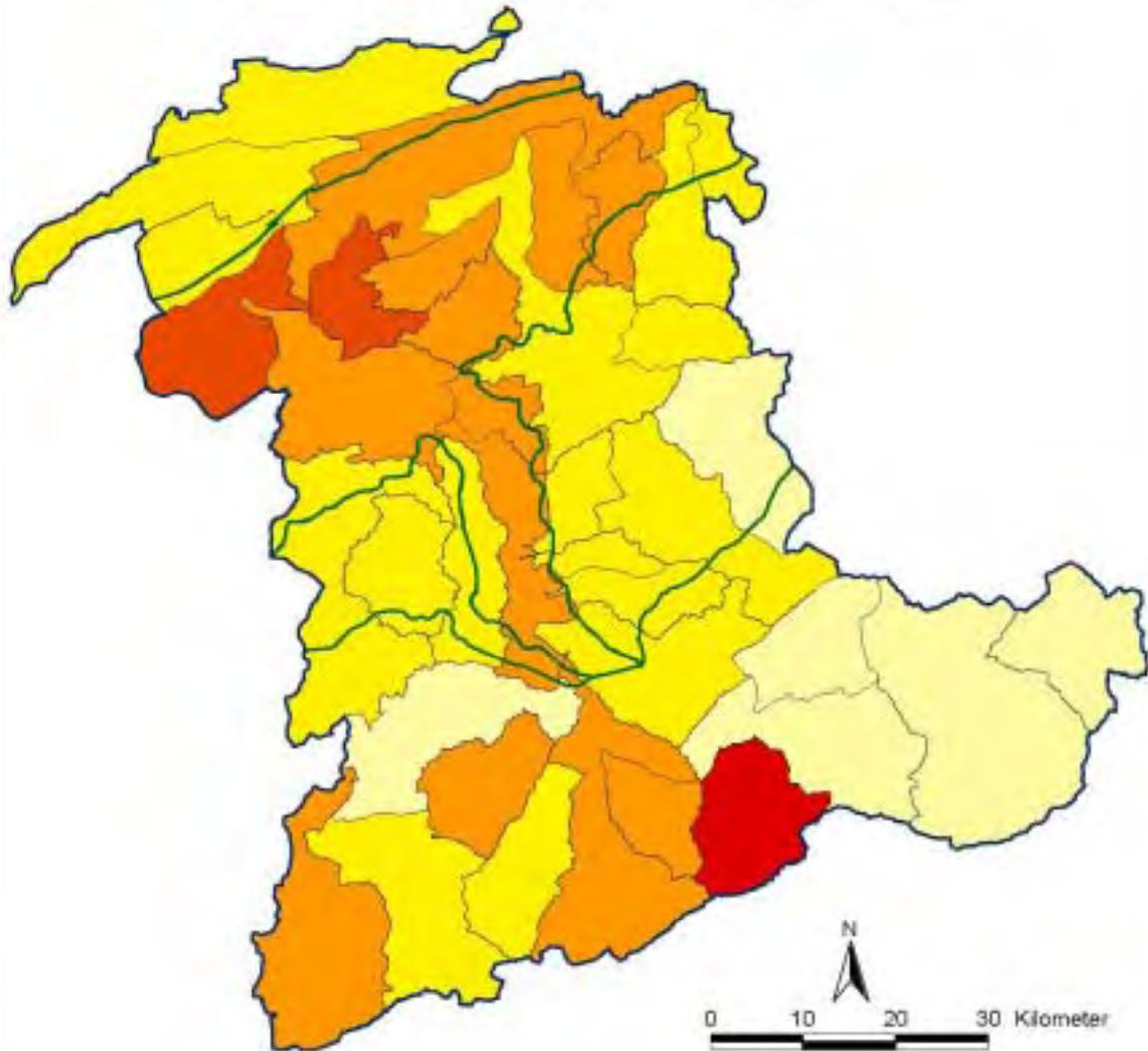
- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Generalisierte Gemeindegrenzen (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 16: Mittlere C-Faktoren pro Gemeinde im Untersuchungsgebiet.

C-Faktor pro hydrologisches Einzugsgebiet im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

C-Faktor pro Einzugsgebiet

0.00 - 0.03
0.03 - 0.06
0.06 - 0.09
0.09 - 0.12
0.12 - 0.15

Datengrundlage:
- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft
(EJPD & EVD 1978)
- Hydrologische Einzugsgebiete
(Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 17: Mittlere C-Faktoren pro Einzugsgebiet im Untersuchungsgebiet.

Tab. 11: Berechneter Bodenabtrag auf Ackerland und sonstige Erosion.

| EZG-Nr. | Einzugsgebietsname | Bodenerosion auf Ackerland (t/ha und Jahr) | Total Bodenerosion bei Ackerland (t/Jahr) | sonstige Erosion (t/ha und Jahr) | Total sonstige Erosion (t/Jahr) |
|---|----------------------|--|---|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Gadmerwasser | 0.42 | 2 | 4.36 | 72'789 |
| 2 | Aare Oberhasli | 0.22 | 18 | 4.88 | 211'336 |
| 3 | Weisse Lüttschine | 1.89 | 4 | 3.58 | 58'773 |
| 4 | Schwarze Lüttschine | 0.22 | 10 | 3.87 | 87'028 |
| 5 | Brienzersee | 0.50 | 11 | 2.06 | 28'638 |
| 6 | Kiene | 1.43 | 10 | 3.01 | 27'607 |
| 7 | Engstligen | 0.00 | 0 | 2.06 | 29'939 |
| 8 | Kander | 0.66 | 60 | 2.83 | 74'832 |
| 9 | Fildrich | 2.08 | 89 | 2.12 | 27'877 |
| 10 | Oberes Simmental | 2.03 | 6 | 1.71 | 41'041 |
| 11 | Unteres Simmental | 0.81 | 114 | 1.77 | 38'060 |
| 12 | Thunersee | 0.85 | 194 | 0.72 | 15'646 |
| 13 | Saane (nur BE) | 1.95 | 19 | 2.60 | 66'659 |
| 14 | Schwarzwasser | 0.67 | 1'641 | 0.65 | 8'489 |
| 15 | Sense | 0.67 | 4'467 | 0.79 | 24'074 |
| 16 | Zulg | 0.67 | 370 | 0.81 | 7'049 |
| 17 | Rotache | 0.38 | 367 | 0.25 | 1'012 |
| 18 | Chise | 0.67 | 1'513 | 0.34 | 2'370 |
| 19 | Gürbe | 0.46 | 1'917 | 0.53 | 7'092 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 0.40 | 2'020 | 0.32 | 4'785 |
| 21 | Worble | 0.59 | 1'501 | 0.21 | 1'368 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 0.51 | 4'576 | 0.15 | 3'565 |
| 23 | Seeland | 0.21 | 1'786 | 0.09 | 1'670 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 0.48 | 828 | 0.23 | 2'334 |
| 25 | La Suze | 0.61 | 1'307 | 0.34 | 7'220 |
| 26 | Obere Emme | 0.49 | 883 | 1.02 | 23'240 |
| 27 | Ilfis | 0.59 | 586 | 1.04 | 21'545 |
| 28 | Grüne | 0.67 | 1'064 | 0.69 | 5'623 |
| 29 | Urtenen | 0.24 | 1'033 | 0.18 | 1'644 |
| 30 | Limpach | 0.28 | 1'096 | 0.21 | 1'607 |
| 31 | Untere Emme | 0.58 | 5'888 | 0.32 | 9'271 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 0.45 | 1'859 | 0.20 | 1'871 |
| 33 | Ösch | 0.26 | 1'232 | 0.18 | 1'911 |
| 34 | Önz | 0.49 | 1'758 | 0.23 | 2'086 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 0.38 | 3'867 | 0.35 | 11'662 |
| 36 | Langete | 0.56 | 3'006 | 0.35 | 4'801 |
| 37 | Rot | 0.64 | 1'443 | 0.30 | 1'803 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 0.64 | 1'408 | 0.34 | 8'563 |
| Durchschnitt/Summe Untersuchungsgebiet | | 0.47 | 47'955 | 1.48 | 946'881 |

EROSIONSMATERIALEINTRAG IN GEWÄSSER

Vom erodierten Bodenmaterial gelangt nur ein kleiner Teil direkt oder indirekt (via Strassenkanalisation) in die Gewässer, der grösste Teil wird auf der betroffenen Fläche selbst oder auf angrenzenden Flächen akkumuliert. Auf Ackerland wurde in Anlehnung an PRASUHN & BRAUN (1994) und PRASUHN & GRÜNIG (2001) ein Ablagerungsfaktor von 0.80 gewählt, d.h. 20% der erodierten Bodenmenge gelangen in ein Fliessgewässer. Bei der sonstigen Erosion stammt der grösste Teil des Materials aus dem Gerinne selbst oder dem gerinnenahe Bereich. Ein Ablagerungsfaktor entfällt daher.

NÄHRSTOFFGEHALT DES ERODIERTEN BODENMATERIALS

Die P-Gesamtgehalte des Bodens wurden nicht wie in PRASUHN & BRAUN (1994) aus den P-Testzahlen direkt abgeleitet, da seinerzeit kaum Messwerte zu P-Gesamtgehalten vorlagen. Angaben über P-Gesamtgehalte von Oberböden unter landwirtschaftlicher Nutzung liegen inzwischen vereinzelt vor (Tab. 12). Auch wenn die Mittelwerte in den aufgeführten Untersuchungen meist zwischen 900 und 1'000 mg P/kg Boden liegen, ergeben sich für Einzelwerte sehr grosse Spannweiten. LINDENTHAL (2000) zeigt für Österreich, dass die P-Gehalte eine starke räumliche Heterogenität in Abhängigkeit von Geologie und Nutzung aufweisen, was eine kleinräumig differenzierte Betrachtung erfordern würde. Dies ist für das Untersuchungsgebiet nicht möglich. Daher wurde für alle Ackerböden im Untersuchungsgebiet ein mittlerer P-Gehalt des Oberbodens von 960 mg/kg in Anlehnung an PRASUHN & GRÜNIG (2001) verwendet. Eine regionale Differenzierung erfolgt über den P-Testfaktor.

Tab. 12: P-Gesamtgehalte von Oberböden unter landwirtschaftlicher Nutzung.

| Gebiet | Landnutzung | Anzahl Proben | Gesamt-P-Gehalt des Oberbodens [mg P/kg Boden] | | Quelle |
|-------------------|---------------|---------------|--|-------------|--------------------------|
| | | | Mittelwert | Min / Max | |
| Berner Mittelland | LN | 18 | 965 | 722 / 892 | SIEGENTHALER et al. 1992 |
| Berner Mittelland | Acker | 23 | 977 | 590 / 1'450 | BSF 1997/ CHERVET 2000 |
| Berner Mittelland | Naturwiese | 19 | 891 | 410 / 1'329 | BSF 1997/ CHERVET 2000 |
| Kanton Freiburg | Acker | 139 | 874 | 368 / 2'013 | JULIEN 2001 |
| Kanton Freiburg | Dauerwiesen | 64 | 1'093 | 622 / 1'991 | JULIEN 2001 |
| Kanton Freiburg | Alpw. Nutzfl. | 47 | 937 | 291 / 1'988 | JULIEN 2001 |
| Baldeggersee | Acker | 30 | 1'030 | 780 / 1'680 | DUDLER GUELA 2002 |
| Baldeggersee | Grasland | 23 | 1'504 | 780 / 3'036 | DUDLER GUELA 2002 |
| Österreich | Acker | 1'489 | 922 | 003 / 3'738 | LINDENTHAL 2000 |
| Österreich | Grasland | 767 | 871 | 190 / 3'052 | LINDENTHAL 2000 |

P-TESTFAKTOR

Flächendeckend lagen keine neue Unterlagen über die Phosphorversorgung der Böden vor. Aus dem kantonalen Beobachtungsnetz Bern (BSF 1997) und Freiburg (JULIEN 2001) und aus dem Erosionsprojekt „Frienisberg“ (PRASUHN & GRÜNIG 2001) lagen einige neuere Daten vor. Während JULIEN (2001) im Kanton Fribourg eine Abnahme der P-Testzahlen von im Mittel 17% innerhalb von 5 Jahren aufzeigen konnte und 27% aller Proben in den Klassen D (Vorrat) und E (angereichert) lagen, waren die Werte im Frienisberg (PRASUHN & GRÜNIG 2001) vergleichsweise hoch (>60% in den Klassen D und E). Daher wurden die in PRASUHN & BRAUN (1994) verwendeten Daten (über 20'000 Analysedaten aus der Zeit vor 1990) für die regionale Differenzierung verwendet. Jedes der 38 Einzugsgebiete wurde einer der in SIEGENTHALER et al. (1992) ausgeschiedenen 8 regionalen Einheiten zugeordnet. Für die 8 regionalen Einheiten wurden mittlere P-Testzahlen aus dem Datensatz ermittelt und auf die 38 Einzugsgebiete übertragen. Hieraus wurde ein Korrekturfaktor der P-Gesamtgehalte zwischen 0.9 und 1.1 für jedes Einzugsgebiet abgeleitet.

Somit wurden für die Ackerböden der einzelnen Einzugsgebiete Phosphorgehalte zwischen 860 und 1'080 mg P/kg Boden und für alle Gebiete ein Stickstoffgehalt von 2'000 mg N/kg Boden angenommen (Tab. 13). Die P-Gesamtgehalte liegen in einigen Mittellandgebieten leicht unter, in den meisten anderen Gebieten leicht über den in PRASUHN & BRAUN (1994) verwendeten Werten. Tendenziell ist mit einer leichten Zunahme der P-Gesamtgehalte gegenüber den Werten von PRASUHN & BRAUN (1994) zu rechnen, da aufgrund weiterhin bestehender P-Überschüsse mit einer P-Anreicherung im Oberboden zu rechnen ist (PRASUHN & GRÜNIG 2001). Für den Nährstoffgehalt des Materials aus der sonstigen Erosion wurde analog zu PRASUHN & BRAUN (1994) und PRASUHN et al. (1996) ein Gehalt von 300 bis 400 mg P/kg und 600 bis 1'500 mg N/kg zu Grunde gelegt (Tab. 13).

Für die P-Anreicherung im Erosionsmaterial wurde einheitlich ein Faktor von 1.86 nach WILKE & SCHAUB (1996) verwendet. Der Wert wurde für P und N verwendet. Bei Materialeinträgen durch sonstige Erosion wird keine Anreicherung angenommen. In PRASUHN & BRAUN (1994) wurden in Abhängigkeit von der Höhe des Bodenabtrages Anreicherungsfaktoren zwischen 1.7 und 2.1 je nach Einzugsgebiet verwendet.

Tab. 13: Angenommener Phosphor- und Stickstoffgehalt im Boden.

| EZG-Nr. | Einzugsgebietsname | P-Testzahl | P-Gesamtgehalt (mg P / kg) | | N-Gesamtgehalt (mg N / kg) | |
|---------|----------------------|------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | | | Ackerboden | natürliche Erosion | Ackerboden | natürliche Erosion |
| 1 | Gadmerwasser | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 2 | Aare Oberhasli | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 3 | Weisse Lütschine | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 4 | Schwarze Lütschine | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 5 | Brienzersee | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 6 | Kiene | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 7 | Engstligen | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 8 | Kander | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 9 | Fildrich | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 10 | Oberes Simmental | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 11 | Unteres Simmental | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 12 | Thunersee | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 13 | Saane (nur BE) | 14 | 941 | 400 | 2'000 | 600 |
| 14 | Schwarzwasser | 18 | 1'018 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 15 | Sense | 18 | 1'018 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 16 | Zulg | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 17 | Rotache | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 18 | Chise | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 19 | Gürbe | 18 | 1'018 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 18 | 1'018 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 21 | Worble | 21 | 1'075 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 21 | 1'075 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 23 | Seeland | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 15 | 960 | 300 | 2'000 | 1'000 |
| 25 | La Suze | 10 | 864 | 300 | 2'000 | 1'000 |
| 26 | Obere Emme | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 27 | Ilfis | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 28 | Grüne | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 29 | Urtenen | 21 | 1'075 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 30 | Limpach | 21 | 1'075 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 31 | Untere Emme | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 15 | 960 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 33 | Ösch | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 34 | Önz | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 18 | 1'018 | 400 | 2'000 | 1'500 |
| 36 | Langete | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 37 | Rot | 16 | 979 | 400 | 2'000 | 1'000 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 10 | 864 | 300 | 2'000 | 1'000 |

Fruchtfolgen jedes Betriebes im Kanton Bern zu rekonstruieren und mit einer Matrix zu verknüpfen, die Nitratauswaschungswerte für Kulturübergänge enthält. Eine Auswertung der Ergebnisse befindet sich im Anhang.

FRUCHTFOLGEN

Zunächst wurde versucht, beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und am Landwirtschaftsamt des Kantons Bern (LANA) Angaben über Fruchtfolgen bzw. parzellenspezifische Kulturdaten über mehrere Jahre zu erhalten. Dies erwies sich als unmöglich, da bis 1998 nur das Flächentotal der einzelnen Kulturen eines Betriebes erfasst wurde. Aus der AGIS-Datenbank des BLW stand der Datensatz der Hauptkulturen aller 14'389 Betriebe des Kantons Bern des Jahres 1999 zur Verfügung (BLW 2000). Folgende Angaben enthielt der Datensatz: Betriebsnummer, Gemeinde, Betriebstyp (Tierhaltung, Ackerbau etc.), Zone (Talzone, Hügelzone etc.), Produktionsrichtung (BIO, ÖLN, Konventionell), Extenso-Beteiligung, Angaben zu Ackerfläche, offene Ackerfläche und alle Kulturarten in Aren. Aus dem Anteil an gesamter Ackerfläche und dem Anteil der verschiedenen Kulturarten wurde für jeden Betrieb eine Fruchtfolge bzw. Kulturabfolge konstruiert. Die wichtigsten und praxisüblichen Kulturkombinationen wurden anhand von Fachwissen und Auswertungen aus anderen Projekten (PRASUHN & GRÜNIG 2001) bestimmt und in einer Datenbank aufgelistet. Folgendes Berechnungsprinzip wurde angewandt:

- Anhand der Anzahl auf einem Betrieb angebaute Kulturen und der Ackerfläche des Betriebes wurde die Fläche bestimmt, auf der eine Kultur pro Jahr angebaut wird sowie die Dauer der Fruchtfolge.
- Wintergerste wurde an den Anfang der Fruchtfolge gesetzt, da sie einen recht fixen Platz in der Fruchtfolge hat. Als Nachkultur wurde diejenige Kultur eingesetzt, die in der Liste der wichtigsten Nachkulturen als nächste aufgelistet ist und auf dem Betrieb auch auf einer Mindestfläche angebaut wird. Die eingesetzten Kulturen wurden jeweils von der Datenbank abgebucht.
- Bei der weiteren Zusammenstellung der Kulturabfolgen wurde analog vorgegangen, bis die Fruchtfolge zusammengestellt war.
- Blieben am Ende Kulturen in der Datenbank, die nicht eingesetzt werden konnten, so musste die Fruchtfolge manuell zusammengestellt werden.
- Übliche Fruchtfolgeregeln sowie die Kriterien für Anbaupausen aufgrund von Krankheiten, Schädlingen, Unkraut, etc. sowie Saattermin und Ernte und maximale Anteile der Kulturen in der Fruchtfolge nach ÖLN wurden als Kontrollen eingesetzt. Fehlerhafte Fruchtfolgen wurden überprüft und manuell angepasst.

Die Rekonstruktion der Fruchtfolgen konnte teilweise automatisiert (Excel) werden, rund 20% mussten manuell erstellt werden. In Einzelfällen (wichtige Grossbetriebe, z.B. Strafanstalt Witzwil) wurden die Fruchtfolgen erfragt.

ZWISCHENFRÜCHTE

Von der Fenaco Lyssach, die im Kt. Bern einen hohen Marktanteil hat, wurden detaillierte Daten zu den Verkaufsmengen von Saatgut von Zwischenfutter und Gründüngungen nach 26 Ämtern aufgeteilt geliefert. Anhand der Saatmengen wurden die Anbauflächen pro Amt berechnet. Die Zwischenkultur-Daten wurden auf 100% im Kanton Bern aufgerechnet. Die verschiedenen Zwischenfrüchte wurden anschliessend in Gruppen zusammengefasst und in einer Datenbank abgelegt. Für jede Kulturkombination wurde festgelegt, ob eine Zwischenkultur möglich und welche praxisüblich ist. Anschliessend wurden die vorhandenen Anbauflächen an Zwischenfrüchten auf die Fruchtfolgen der Betriebe im jeweiligen Amt flächenanteilmässig verteilt. Die Zwischenkulturen wurden nach demselben Prinzip wie die Hauptkul-

turen in die Fruchtfolge integriert und von der Datenbank abgebucht. Daraus resultiert für jeden Betrieb eine Kulturabfolge inklusive Zwischenfrüchten. Eine Auswertung der Ergebnisse befindet sich im Anhang.

ZUORDNUNG DER NITRATWERTE

Es wurde eine Nitratauswaschungsmatrix erstellt, in der jeder der rund 900 Kulturkombinationen (mit oder ohne Zwischenfrucht) ein Nitratauswaschungswert in Kilogramm pro Hektare zugeordnet wurde (SPIESS 2002, Tab. 14). Zu einzelnen Kulturkombinationen standen in Lysimeterversuchen gemessene Nitratauswaschungsfrachten zur Verfügung (STAUFFER & SPIESS 2001, NIEVERGELT 1999), der überwiegende Teil musste aber anhand von Analogieschlüssen ermittelt werden. Die Fruchtfolgen der 14'389 Betriebe wurde mit dieser Matrix verknüpft. Dadurch wurde jeder Kulturkombination in der Fruchtfolge ein Nitratauswaschungswert zugeordnet. Die Nitratauswaschungswerte aller Fruchtfolgeglieder wurden aufsummiert und durch die Dauer der Fruchtfolge geteilt. So konnte ein durchschnittlicher Nitratauswaschungswert in Kilogramm pro Hektare für jeden Betrieb ermittelt werden.

Tabelle 14 zeigt einen Ausschnitt der verwendeten Nitratauswaschungsmatrix für die wichtigsten Kulturkombinationen. Kombinationen mit Kartoffeln als Vorkultur ohne Zwischenkulturen zeigen die höchsten Nitratauswaschungswerte von 140 - 160 kg/ha N. Diese können durch Zwischenkulturanbau von 100 - 110 kg/ha N reduziert werden. Ebenfalls hohe Werte mit 100 kg/ha N oder mehr zeigen Kombinationen mit Eiweisserbsen und Soja als Vorkulturen. Die niedrigsten Auswaschungswerte werden für Kombinationen mit Raps als Vorkultur angenommen (20 - 50 kg/ha N). Bei Getreide ohne Zwischenkultur liegen die Werte zwischen 70 und 100 kg/ha N, bei Getreide mit Zwischenkulturen bei 40 - 50 kg/ha N.

Tab. 14: Auswaschkoeffizienten für ausgewählte Kulturübergänge (in kg N/ha und Jahr).

| Nachkultur | Vorkultur (und Zwischenkultur) | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------------|-------|------|-----------|----|---------|-----|---------|-----|---------|----|----|-----|
| | KW 1 | KW 2+ | Getr | Getr + ZK | Ra | Ra + ZK | Ka | Ka + ZK | EE | EE + ZK | ZR | SM | KM |
| Ra | 70 | 80 | 70 | --- | 40 | 20 | 140 | --- | 120 | 80 | 30 | 50 | --- |
| WiGe | 90 | 100 | 90 | 50 | 50 | 20 | 140 | 100 | 120 | 80 | 30 | 50 | 40 |
| SoGe | 40 | 50 | 90 | 40 | 20 | 20 | 150 | 100 | 130 | 80 | 40 | 60 | 50 |
| EE | 40 | 50 | 90 | 40 | 20 | 20 | 150 | 100 | 130 | 80 | 40 | 60 | 50 |
| Ka | 40 | 50 | 90 | 40 | 20 | 20 | 150 | 100 | 130 | 80 | 40 | 60 | 50 |
| ZR | 40 | 50 | 90 | 40 | 20 | 20 | 150 | 100 | 130 | 80 | 40 | 60 | 50 |
| KW1* | --- | --- | 90 | 40 | 20 | 20 | 150 | 100 | 130 | 80 | 40 | 60 | 50 |
| SM | 50 | 60 | 100 | 50 | 30 | 30 | 160 | 110 | 140 | 90 | 50 | 70 | 60 |
| KM | 50 | 60 | 100 | 50 | 30 | 30 | 160 | 110 | 140 | 90 | 50 | 70 | 60 |

EE = Eiweisserbsen; Getr = Getreide; Ka = Kartoffeln; KM = Körnermais; KW1 = Kunstwiese im 1 Hauptnutzungsjahr; KW2+ = Kunstwiese im 2. oder einem folgenden Hauptnutzungsjahr; Ra = Raps; SM = Silomais; SoGe = Sommergetreide; WiGe = Wintergetreide; ZR = Zuckerrüben; ZK = Zwischenkultur (Gründüngung oder Zwischenfütterbau)

* Vorkultur - KW: Kunstwiesenansaat im Frühling nach Winterbrache;

Vorkultur + ZK - KW: Kunstwiesenansaat im Herbst

BERECHNUNG DER GEMEINDE- UND EINZUGSGEBIETSWERTE

Die Nitratauswaschungswerte aller Betriebe einer Gemeinde wurden addiert und durch die Ackerfläche der Gemeinde dividiert. So konnte ein Nitratauswaschungswert für jede Gemeinde ermittelt werden. Dieser gemeindespezifische Wert wurde jeder Ackerfläche der entsprechenden Gemeinde, egal in welchem Einzugsgebiet sich die Fläche befindet, zugeordnet. Daraus wurde der flächengewichtete Mittelwert für jedes Einzugsgebiet berechnet.

Bei der Extensoproduktion von Futter- und Brotgetreide sowie Raps wurde mit einer verminderten Nitratauswaschung von rund 10% gerechnet. Für jede Gemeinde wurde der Anteil der Extensoproduktion an der Ackerfläche berechnet. Der Nitratauswaschungswert der Gemeinde wurde um den entsprechenden Anteil von 10% gekürzt.

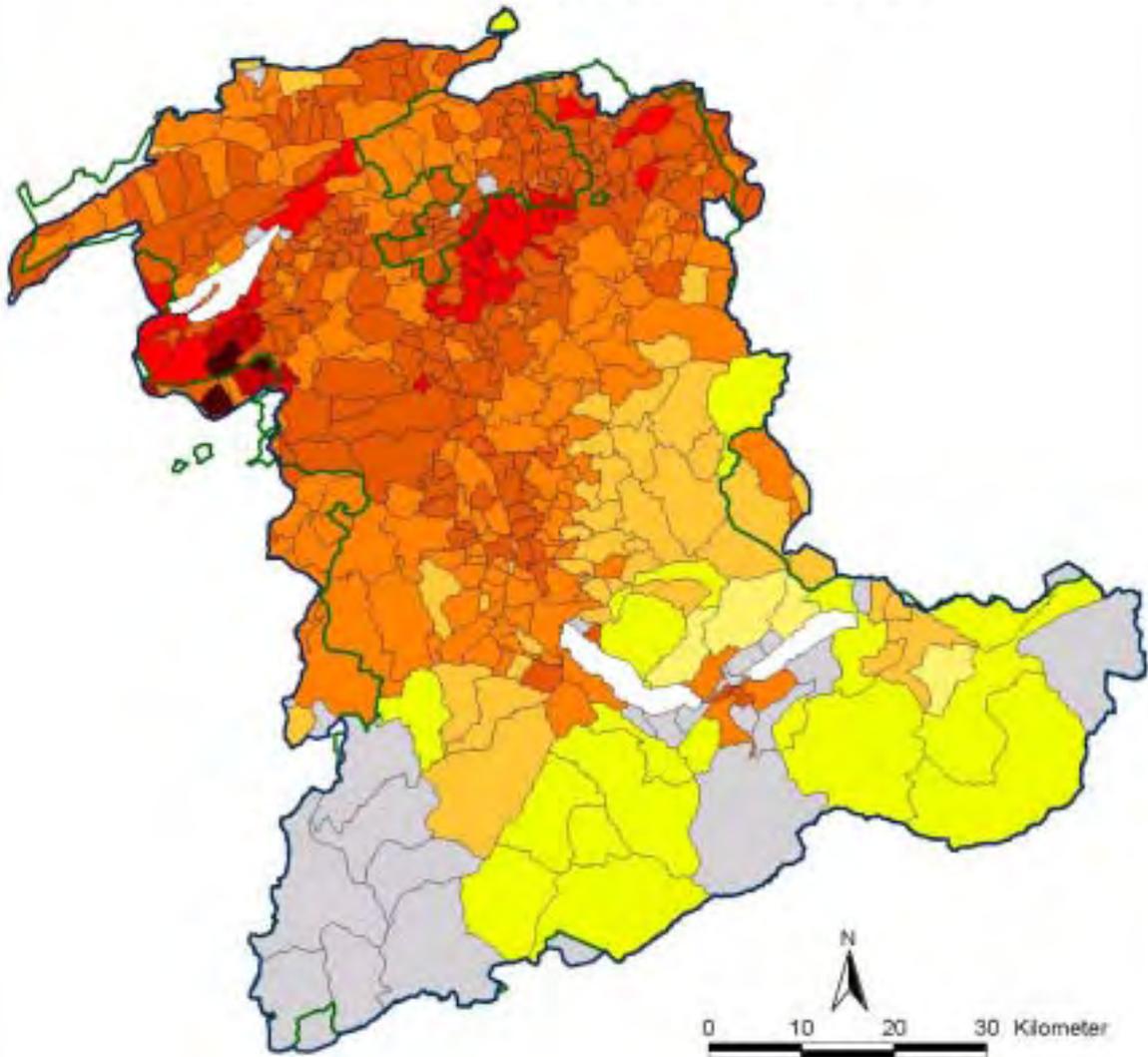
Für Gemeinden benachbarter Kantone (Solothurn, Freiburg, Luzern etc.), die ganz oder teilweise in den untersuchten hydrologischen Einzugsgebieten liegen, lagen uns die Betriebsdaten für die Berechnungen von Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten nicht vor. Hier wurden mittels Analogieschlüssen aus benachbarten Berner Gemeinden alle Angaben hochgerechnet. Die ausserkantonalen Angaben sind daher mit grösseren Unsicherheiten behaftet.

Alle nachfolgend gemachten Aussagen bezüglich der Nitratauswaschung beziehen sich ausschliesslich auf die Nitratauswaschung aufgrund der Kulturkombinationen bzw. Fruchtfolgen im Ackerbau unter standardisierten Bedingungen bezüglich Standortbedingungen und Düngung. Weitere Faktoren (Boden, Denitrifikation, Sickerwassermenge, Drainage, Hofdüngeranfall, etc.) können diese Werte noch erheblich modifizieren und werden bei der Modellberechnung mit MODIFFUS berücksichtigt.

Abb. 18 zeigt die Verteilung der durchschnittlichen Nitratauswaschung pro Ackerfläche aufgrund der Kulturkombinationen der Betriebe jeder Gemeinde. Dabei bleibt unberücksichtigt, wie viele Ackerflächen in einer Gemeinde liegen. Die höchsten Werte liegen in diversen Gemeinden im Seeland (viel Gemüsekulturen) sowie in der Region Urtenen/Limpach/Ösch/untere Emme (viel Kartoffelanbau), die niedrigsten Werte im Oberland. Dabei muss beachtet werden, dass nicht alle Flächen eines Betriebes einer Gemeinde auch tatsächlich in dieser Gemeinde liegen müssen.

Bei den Mittelwerten für die Nitratauswaschung unter Ackerland für die hydrologischen Einzugsgebiete erreicht das Gebiet Seeland mit 69 kg N/ha und Jahr den Spitzenwert (Abb. 19). Ebenfalls hohe Werte verzeichnen die Gebiete Urtenen (59 kg N/ha und Jahr), Ösch (58 kg N/ha und Jahr), Limpach (57 kg N/ha und Jahr) und Nordufer Bielersee (57 kg N/ha und Jahr). Dabei bleibt unberücksichtigt, wie viele Ackerflächen in einem Einzugsgebiet liegen.

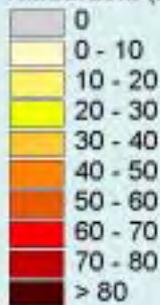
Nitratfracht pro Gemeinde im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



 Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

 Kantonsgrenze

Nitratfracht (kg N / ha)



Datengrundlage:

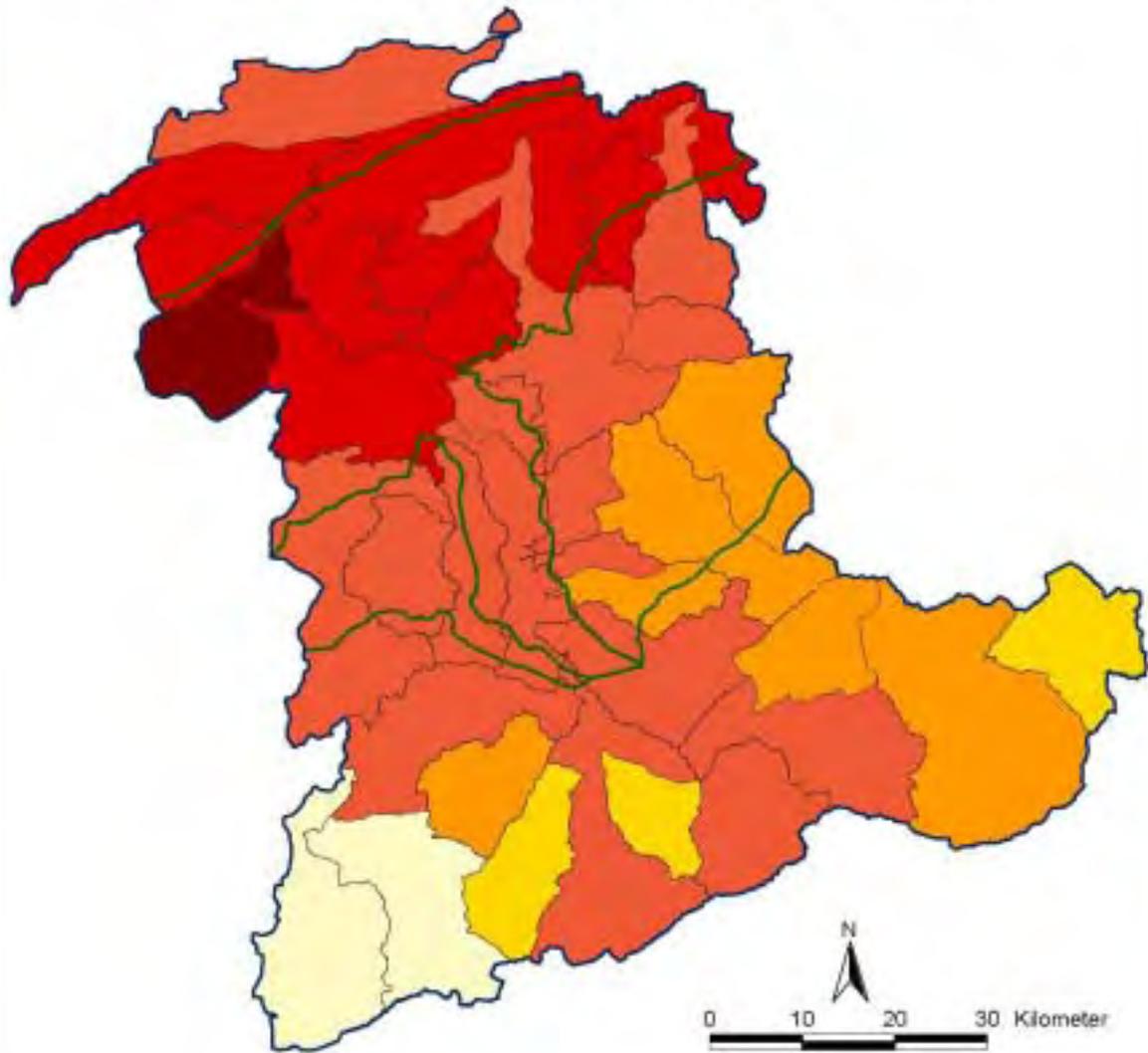
- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Generalisierte Gemeinde- & Kantonsgrenzen (BFS GEOSTAT / L + T 1996)
- Betriebszählung der Schweiz 1999 (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 18: Mittlere Nitratauswaschung aus dem Ackerland pro Gemeinde aufgrund von Fruchtfolgen (ohne Standortfaktoren).

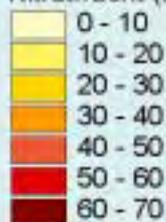
Nitratfracht pro hydrologisches Einzugsgebiet im Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"



 Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

 Regionsgrenzen

Nitratfracht (kg N pro ha)



Datengrundlage:

- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Betriebszählung der Schweiz 1999 (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gantel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 18: Mittlere Nitratauswaschung aus dem Ackerland pro Einzugsgebiet aufgrund von Fruchtfolgen (ohne Standortfaktoren).

Tierhaltungsbetriebe weisen im Mittel die geringsten Nitratauswaschungsverluste unter Ackerland auf (41 kg N/ha und Jahr), es folgen die kombinierten Betriebe (55 kg N/ha und Jahr), dann Ackerbaubetriebe (59 kg N/ha und Jahr), Betriebe mit Spezialkulturen (61 kg N/ha und Jahr) und Gemüsebetriebe (89 kg N/ha und Jahr) haben deutlich die höchsten Nitratauswaschungsverluste (Abb. 20).

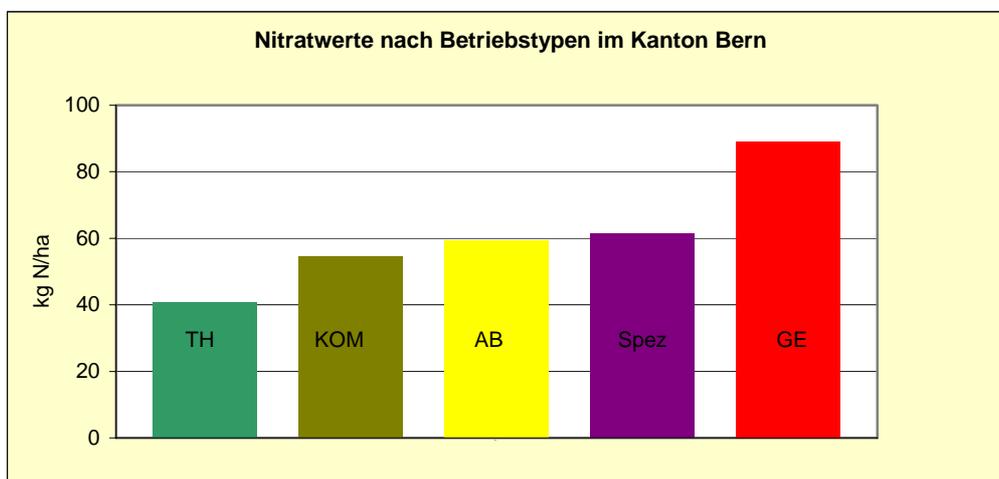


Abb. 20: Durchschnittliche Nitratauswaschungsverluste aufgrund der zusammengestellten Fruchtfolgen nach Betriebstypen im Kanton Bern (TH = Tierhaltungsbetrieb; KOM = kombinierter Betrieb; AB = Ackerbaubetrieb; Spez. = Betrieb mit Spezialkulturen; GE = Gemüsebaubetrieb).

SICKERWASSERFAKTOR:

Der Sickerwasserfaktor wird für alle Nutzungskategorien hektarweise angewandt und berechnet die Ausgangsfracht in Abhängigkeit von der Sickerwassermenge. Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Sickerwassermenge die Auswaschung – trotz Verdünnungseffekte – leicht zunimmt. Die Gewichtung des Sickerwassereinflusses wurde auf 20% festgelegt. Somit ergibt sich eine Reduktion des Ausgangswertes von 10% bei 200 mm Sickerwasser (Faktor 0.9) und einen Zuschlag von 10% bei 2'000 mm Sickerwasser (Faktor 1.1).

Berechnungsformel des Sickerwasserfaktors

$$= 0.9 + (1.1-0.9) / (2000-200) * (\text{Sickerwassermenge der Rasterfläche} - 200)$$

HÖHENFAKTOR:

Die Gebietshöhe wirkt sich auf die anthropogene Luftverschmutzung und über die Temperatur auf die Dauer der Vegetationszeit, auf die mineralisierte N-Menge, den Pflanzenentzug und die Denitrifikation aus. Mit zunehmender Gebietshöhe wird daher die Nitratauswaschung abnehmen. Es wurde eine lineare Beziehung zugrunde gelegt. Da die Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet mit über 2'000 m Höhendifferenz sehr gross sind, wurde die Gewichtung des Höhenfaktors sehr hoch angesetzt. Es ergeben sich folgende Faktoren, die hektarweise für alle Nutzungskategorien berechnet werden: 1.2 bei 400 m ü.M. und 0.2 bei >2500 m ü.M.

Berechnungsformel des Höhenfaktors

$$= 1.2 + (0.2 - 1.2) / (2500 - 400) * (\text{Höhe des Rasters} - 400)$$

BODENFAKTOR:

Der Einfluss der Bodeneigenschaften auf die Auswaschungsgefahr wurde über das Auswaschungsrisiko der Böden (Abb. 12) berücksichtigt. Ein Grossteil der Böden im Untersuchungsgebiet weist ein mässiges bis mittleres Auswaschungsrisiko auf. Stark auswaschungsgefährdete Böden kommen vermehrt in den Alpen und im Jura vor. Hierbei handelt es sich häufig um sehr flachgründige und skelettreiche Böden, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden. Die Risikoklasse 2 entspricht von den Bodeneigenschaften her am ehesten den Böden aus der verwendeten Literatur (vorwiegend Lysimeterversuche). Für Böden der Risikoklasse 1 wurde eine Verminderung der Stoffkonzentration um 5% (Faktor 0.95) gegenüber der Risikoklasse 2 (Mittelwert) angenommen, bei Risikoklasse 3/4/5 eine Erhöhung um 5/10/15% (Faktoren 1.05/1.1/1.15). Die Berechnung erfolgt hektarweise für alle Nutzungskategorien, wobei durch die geringe räumliche Auflösung der Bodenkarte nur grobe regionale Differenzierungen möglich sind.

HOFDÜNGERFAKTOR:

Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Hofdüngeranfall das Nitratauswaschungsrisiko steigt. Der Hofdüngereffektor wird nur auf der LN angewendet und bezieht sich auf den gemeindespezifischen Hofdüngeranfall in kg N/ha, der anhand der Hofdüngestückzahlen der Betriebszählungsdaten (BFS 2001) für die düngbare Fläche berechnet wurde (Tab. 7). Da die Werte nicht flächenspezifisch, sondern nur als Gemeindemittelwerte vorlagen, wurde nur eine relativ schwache Gewichtung gewählt; dafür wird dieser Wert aber für alle düngbaren Flächen einer Gemeinde wirksam. Die Gewichtung liegt bei +5% (Faktor 1.05) bei 250 kg N/ha und 0% (Faktor 1.0) bei keinem Hofdüngeranfall. Auch hier wurde eine lineare Beziehung zugrunde gelegt.

Berechnungsformel des Hofdüngereffektors

$$= 1.0 + (1.05 - 1.0) / (250 - 0) * \text{gemeindespezifischer N-Anfall in den Hofdüngern in kg/ha}$$

GRASLANDINTENSITÄTSFAKTOR:

Auf extensiv genutzten Grasland wird mit einer geringeren Nitratauswaschung gerechnet als auf intensiv genutztem. Es wurde der prozentuale Anteil an extensiven Wiesen und extensiven Weiden am gesamten Grasland für jedes Einzugsgebiet berechnet. Auf diesem prozentualen Anteil der gesamten Graslandfläche wird mit einer 20%igen Reduktion (Faktor 0.8) der Nitratauswaschung gerechnet. Da die Lage der extensiven Flächen im jeweiligen EZG nicht bekannt ist, wird die Verminderung auf die gesamte Graslandfläche im EZG umgelegt.

DENITRIFIKATIONSFAKTOR:

Je nach Standortfaktoren ist mit mehr oder weniger hohen Denitrifikationsverlusten im Boden zu rechnen. Als Kriterien für die Höhe der Denitrifikation wurde der Vernässungsgrad des Bodens aus der Bodeneignungskarte und das Vorhandensein einer Drainage herangezogen. Folgende Denitrifikationsfaktoren wurden hektarweise für alle Nutzungskategorien verwendet:

| Drainierte Flächen: | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Denitrifikationsfaktor | Vernässungsgrad des Bodens | |
| 0.80 | Moorböden | (Bodentyp F1) |
| 0.90 | grundnasse Böden | (Vernässungsklasse 4) |
| 1.00 | schwach grundnasse Böden | (Vernässungsklasse 3) |
| 1.00 | grundfeuchte Böden | (Vernässungsklasse 2) |
| 1.00 | nicht vernässte Böden | (Vernässungsklasse 1 u. 0) |
| Undrainierte Flächen: | | |
| Denitrifikationsfaktor | Vernässungsgrad des Bodens | |
| 0.55 | Moorböden | (Bodentyp F1) |
| 0.55 | grundnasse Böden | (Vernässungsklasse 4) |
| 0.65 | schwach grundnasse Böden | (Vernässungsklasse 3) |
| 0.75 | grundfeuchte Böden | (Vernässungsklasse 2) |
| 0.85 | nicht vernässte Böden | (Vernässungsklasse 1 u. 0) |

DRAINAGEFAKTOR:

Auf drainierten Flächen wird mit einer höheren Nitratauswaschung gerechnet. Für den Drainageeffekt auf die Nitratauswaschung wurde – neben den geringeren Denitrifikationsverlusten - ein Zuschlag von 10% (Faktor 1.1) bei drainierter Fläche für Acker- und Grasland berücksichtigt.

STICKSTOFFKONZENTRATIONEN:

Die berechneten N-Konzentrationen durch Auswaschung (inkl. Drainagen) für jedes Gebiet und die verschiedenen Landnutzungen zeigt Tab. 15. Massgeblich beeinflusst wird die Höhe der mittleren N-Konzentration im Sickerwasser jeder Nutzungskategorie durch die Höhe der Sickerwassermenge der verschiedenen Gebiete. So weisen die alpinen Gebiete in der Regel vergleichsweise niedrige N-Konzentrationen auf, die Mittellandgebiete Seeland, Urtenen und Limpach vergleichsweise hohe. Im Vergleich zur Tabelle 23 von PRASUHN & BRAUN (1994) gilt zu beachten, dass es sich in der vorliegenden Tabelle um Werte von Auswaschung inklusive Drainageverluste handelt und dadurch in einzelnen Gebieten höhere Werte erreicht werden.

Tab. 15: Berechnete N-Auswaschkonzentrationen pro Einzugsgebiet und Nutzung.

| Auswaschung Stickstoff (mg N/l) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|------|-------------|------------|---------|------------------------|-----------|-------|-----------|-------------------------|-------------------|---------------|
| EZG-Nr. | Einzugsgebietsname | Wald | Dauerwiesen | Heimweiden | Obstbau | Alpwirtsch. Nutzfläche | Ackerland | Reben | Gartenbau | unproduktive Vegetation | Strassen und Wege | Siedlungsgrün |
| 1 | Gadmerwasser | 0.56 | 1.01 | 0.97 | - | 0.48 | - | - | - | 0.26 | 0.62 | 1.57 |
| 2 | Aare Oberhasli | 0.63 | 1.27 | 1.14 | 1.22 | 0.49 | 3.25 | - | - | 0.23 | 0.71 | 2.17 |
| 3 | Weisse Lütschine | 0.74 | 1.40 | 1.41 | 1.14 | 0.50 | - | - | 6.35 | 0.36 | 0.79 | 2.26 |
| 4 | Schwarze Lütschine | 0.75 | 1.22 | 1.22 | 1.28 | 0.57 | 4.05 | - | 5.14 | 0.33 | 0.79 | 2.49 |
| 5 | Brienzersee | 0.85 | 1.69 | 1.55 | 1.67 | 0.54 | 0.84 | - | 5.57 | 0.36 | 1.11 | 2.80 |
| 6 | Kiene | 0.65 | 1.18 | 1.26 | 1.27 | 0.63 | 2.43 | - | - | 0.31 | 0.63 | 2.10 |
| 7 | Engstligen | 0.60 | 0.95 | 0.96 | 1.07 | 0.56 | - | - | - | 0.30 | 0.65 | 1.84 |
| 8 | Kander | 0.69 | 1.26 | 1.31 | 1.33 | 0.67 | 3.20 | 3.08 | 1.59 | 0.33 | 0.81 | 2.17 |
| 9 | Fildrich | 0.51 | 0.93 | 0.97 | 0.96 | 0.54 | 2.70 | - | - | 0.29 | 0.54 | 1.46 |
| 10 | Oberes Simmental | 0.58 | 0.93 | 1.05 | 0.78 | 0.58 | - | - | - | 0.32 | 0.58 | 1.60 |
| 11 | Unteres Simmental | 0.63 | 1.07 | 1.09 | 1.07 | 0.64 | 2.33 | - | 3.87 | 0.38 | 0.69 | 1.98 |
| 12 | Thunersee | 0.92 | 1.51 | 1.46 | 1.56 | 0.71 | 4.17 | 3.91 | 5.89 | 0.49 | 1.14 | 3.08 |
| 13 | Saane (nur BE) | 0.44 | 0.70 | 0.68 | 0.87 | 0.50 | - | - | 3.60 | 0.27 | 0.48 | 1.35 |
| 14 | Schwarzwasser | 0.72 | 1.39 | 1.30 | 1.32 | 0.74 | 4.52 | - | 2.90 | 0.35 | 0.87 | 2.25 |
| 15 | Sense | 0.80 | 1.58 | 1.34 | 1.60 | 0.60 | 6.27 | - | 5.89 | 0.32 | 1.00 | 2.82 |
| 16 | Zulg | 0.78 | 1.46 | 1.41 | 1.77 | 0.71 | 4.01 | - | 6.53 | 0.40 | 0.99 | 3.34 |
| 17 | Rotache | 1.41 | 2.15 | 2.04 | 1.72 | 1.13 | 5.90 | - | 4.71 | 1.40 | 1.23 | 3.02 |
| 18 | Chise | 1.28 | 1.82 | 1.88 | 1.71 | 1.23 | 6.32 | - | 6.00 | 0.81 | 1.15 | 3.02 |
| 19 | Gürbe | 0.90 | 2.12 | 1.93 | 1.67 | 0.82 | 8.38 | - | 6.26 | 0.40 | 1.12 | 3.09 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 1.51 | 2.44 | 2.38 | 2.00 | 0.83 | 8.51 | - | 6.82 | 0.80 | 1.43 | 3.90 |
| 21 | Worble | 1.70 | 2.04 | 2.24 | 2.01 | - | 7.49 | - | 6.96 | 1.16 | 1.46 | 3.98 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 1.92 | 2.47 | 2.43 | 2.23 | - | 10.03 | - | 7.03 | 1.33 | 1.58 | 4.12 |
| 23 | Seeland | 2.83 | 3.91 | 3.16 | 2.59 | - | 18.79 | 6.92 | 7.96 | 1.97 | 1.73 | 5.01 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 1.11 | 2.51 | 2.25 | 1.86 | 1.35 | 8.65 | 5.40 | 8.30 | 1.14 | 1.25 | 3.51 |
| 25 | La Suze | 0.80 | 1.25 | 1.32 | 1.27 | 0.94 | 4.40 | - | 5.00 | 0.71 | 0.99 | 2.51 |
| 26 | Obere Emme | 0.70 | 1.24 | 1.29 | 1.18 | 0.70 | 3.35 | - | 3.62 | 0.33 | 0.76 | 1.98 |
| 27 | Ilfis | 0.61 | 0.93 | 0.94 | 1.00 | 0.74 | 2.34 | - | 3.95 | 0.41 | 0.67 | 1.81 |
| 28 | Grüne | 0.77 | 1.28 | 1.34 | 1.38 | 0.82 | 4.30 | - | 4.66 | 0.57 | 0.97 | 2.61 |
| 29 | Urtenen | 1.78 | 2.46 | 2.51 | 1.97 | - | 10.74 | - | 5.89 | 1.35 | 1.41 | 3.61 |
| 30 | Limpach | 1.73 | 3.25 | 3.07 | 2.02 | - | 13.47 | - | 6.61 | 1.06 | 1.41 | 3.71 |
| 31 | Untere Emme | 1.38 | 1.70 | 1.78 | 1.66 | - | 7.26 | - | 5.66 | 1.16 | 1.23 | 3.36 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 1.68 | 2.60 | 2.24 | 2.02 | - | 9.33 | - | 6.75 | 1.33 | 1.45 | 3.76 |
| 33 | Ösch | 1.79 | 2.68 | 2.84 | 2.03 | - | 12.40 | - | 6.52 | 1.07 | 1.41 | 3.61 |
| 34 | Önz | 1.59 | 2.41 | 2.43 | 1.92 | - | 12.40 | - | 5.17 | 1.52 | 1.39 | 3.67 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 1.44 | 2.55 | 2.36 | 1.94 | 1.18 | 10.12 | 3.87 | 6.25 | 1.05 | 1.36 | 3.50 |
| 36 | Langete | 1.26 | 1.60 | 1.61 | 1.50 | 0.93 | 6.07 | - | 5.69 | 1.27 | 1.14 | 3.06 |
| 37 | Rot | 1.40 | 1.84 | 1.93 | 1.64 | - | 8.02 | - | 5.15 | 1.16 | 1.21 | 3.06 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 0.79 | 1.20 | 1.23 | 1.15 | 1.13 | 3.99 | - | - | 0.71 | 0.82 | 2.09 |

PHOSPHORAUSWASCHUNG:

Bei der Berechnung der Phosphorauswaschung wurde ähnlich wie bei der Nitratauswaschung vorgegangen. In Anlehnung an Literaturwerte wurde zunächst eine mittlere Phosphorauswaschungsfracht (kg P/ha und Jahr) pro Landnutzungskategorie für das Untersuchungsgebiet festgelegt:

| Landnutzungskategorie | Mittelwert (kg P/ha und Jahr) |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Wald | 0.05 |
| Unproduktive Vegetation | 0.05 |
| Strassen & Wege ausserorts | 0.05 |
| Dauerwiesen | 0.07 |
| Heimweiden | 0.07 |
| Alpwirtschaftliche Nutzfläche | 0.06 |
| Obstbau | 0.07 |
| Siedlungsgrünflächen | 0.08 |
| Rebbau | 0.08 |
| Gartenbau | 0.08 |
| Ackerland | 0.08 |

Die aufgeführten Mittelwerte wurden als Ausgangswerte flächendeckend für das ganze Untersuchungsgebiet verwendet und mit folgenden Korrekturfaktoren regional angepasst:

Phosphorausgangswert (kg P/ha) x Sickerwasserfaktor
x Bodenfaktor
x Hofdüngerfaktor
x P-Bilanzfaktor
x P-Testzahlfaktor
x Drainagefaktor
= Phosphorfracht (kg P/ha und Jahr)

Im Vergleich zur Nitratauswaschung entfallen der Höhen-, Graslandintensitäts- und Denitrifikationsfaktor, neu kommen der P-Bilanz- und P-Testzahlfaktor hinzu.

SICKERWASSERFAKTOR:

analog zur Nitratauswaschung

BODENFAKTOR:

analog zur Nitratauswaschung

HOFDÜNGERFAKTOR:

Analog zur Nitratauswaschung. Die Gewichtung liegt bei +10% (Faktor 1.1) bei 50 kg P/ha und 0% (Faktor 1.0) bei keinem Hofdüngeranfall. Auch hier wurde eine lineare Beziehung zugrunde gelegt.

Berechnungsformel des Hofdüngerfaktors

= $1.0 + (1.1 - 1.0) / (50 - 0) * \text{gemeindespezifischer Hofdüngeranfall in kg/ha}$

PHOSPHORBILANZFAKTOR:

Neben dem P-Anfall aus Hofdüngern stand die P-Bilanz (Anfall-Bedarf) gemeindeweise zur Verfügung (GSA 2002). Es wird davon ausgegangen, dass bei einem P-Überschuss mit erhöhten P-Verlusten zu rechnen ist. Die Gewichtung liegt bei +10% (Faktor 1.1) bei 30% Überschuss und 0% (Faktor 1.0) bei ausgeglichener oder negativer P-Bilanz.

Berechnungsformel des Phosphorbilanzfaktors

$$= 1.0 + (1.1 - 1.0) / (130 - 100) * (\text{gemeindespezifischer P-Bilanz in \%} - 100)$$

P-TESTZAHLEFAKTOR:

Es wird angenommen, dass der pflanzenverfügbare P-Gehalt im Oberboden bei durchlässigen Böden oder über Makroporenfluss einen Einfluss auf die Höhe der P-Auswaschung hat. Die Gewichtung liegt bei +10% (Faktor 1.1) bei einer P-Testzahl von 20 und -10% (Faktor 0.9) bei einer P-Testzahl von 10.

Berechnungsformel des P-Testzahlfaktors

$$= 0.9 + (1.1 - 0.9) / (20 - 10) * (\text{einzugsgebietsspezifische P-Testzahl} - 10)$$

DRAINAGEFAKTOR:

Auf drainierten Flächen wird mit einer deutlich höheren Phosphorauswaschung gerechnet, da die Bodenpassage erheblich verkürzt ist und über Makroporenfluss direkt Oberflächenabfluss in die Drainage gelangen kann. Für den Drainageeffekt auf die Phosphorauswaschung wurde ein Zuschlag von Faktor 7 bei drainierter Fläche für Acker- und Grasland verwendet.

PHOSPHORKONZENTRATIONEN:

Die berechneten P-Konzentrationen durch Auswaschung (inkl. Drainagen) für jedes Gebiet und die verschiedenen Landnutzungen zeigt Tab. 16. Massgeblich beeinflusst wird die Höhe der mittleren P-Konzentration im Sickerwasser jeder Nutzungskategorie durch die Höhe der Sickerwassermenge der verschiedenen Gebiete. So weisen die alpinen Gebiete in der Regel vergleichsweise niedrige P-Konzentrationen auf, die Mittellandgebiete Seeland, Urtenen und Limpach vergleichsweise hohe. Im Vergleich zur Tabelle 23 von PRASUHN & BRAUN (1994) gilt zu beachten, dass es sich in der vorliegenden Tabelle um Werte von Auswaschung inklusive Drainageverluste handelt und dadurch in einzelnen Gebieten höhere Werte erreicht werden.

Tab. 16: Berechnete P-Auswaschkonzentrationen pro Einzugsgebiet und Nutzung.

| Auswaschung Phosphor (mg P/l) | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------|-------|-------------|------------|---------|-----------------------|-----------|-------|-----------|-------------------------|-------------------|---------------|
| EZG-Nr. | Einzugsgebietsname | Wald | Dauerwiesen | Heimweiden | Obstbau | Alpirtsch. Nutzfläche | Ackerland | Reben | Gartenbau | unproduktive Vegetation | Strassen und Wege | Siedlungsgrün |
| 1 | Gadmerwasser | 0.005 | 0.008 | 0.007 | - | 0.005 | 0.007 | - | - | 0.003 | 0.005 | 0.007 |
| 2 | Aare Oberhasli | 0.005 | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.012 | - | - | 0.003 | 0.005 | 0.008 |
| 3 | Weisse Lütschine | 0.007 | 0.014 | 0.011 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | - | 0.013 | 0.005 | 0.006 | 0.011 |
| 4 | Schwarze Lütschine | 0.006 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.006 | 0.010 | - | 0.010 | 0.004 | 0.006 | 0.009 |
| 5 | Brienzersee | 0.006 | 0.013 | 0.010 | 0.010 | 0.006 | 0.014 | - | 0.010 | 0.004 | 0.007 | 0.010 |
| 6 | Kiene | 0.006 | 0.008 | 0.009 | 0.009 | 0.006 | 0.010 | - | - | 0.004 | 0.005 | 0.009 |
| 7 | Engstligen | 0.006 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.006 | - | - | - | 0.004 | 0.006 | 0.009 |
| 8 | Kander | 0.006 | 0.010 | 0.011 | 0.009 | 0.007 | 0.012 | 0.010 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.009 |
| 9 | Fildrich | 0.005 | 0.010 | 0.008 | 0.009 | 0.006 | 0.009 | - | - | 0.004 | 0.005 | 0.007 |
| 10 | Oberes Simmental | 0.006 | 0.010 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.009 | - | - | 0.004 | 0.006 | 0.008 |
| 11 | Unteres Simmental | 0.005 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.006 | 0.010 | - | 0.008 | 0.004 | 0.005 | 0.008 |
| 12 | Thunersee | 0.007 | 0.015 | 0.013 | 0.010 | 0.007 | 0.017 | 0.011 | 0.011 | 0.005 | 0.007 | 0.011 |
| 13 | Saane (nur BE) | 0.005 | 0.009 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | - | 0.008 | 0.004 | 0.005 | 0.007 |
| 14 | Schwarzwasser | 0.006 | 0.012 | 0.011 | 0.010 | 0.011 | 0.013 | - | 0.010 | 0.004 | 0.007 | 0.010 |
| 15 | Sense | 0.006 | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.007 | 0.017 | - | 0.013 | 0.004 | 0.007 | 0.011 |
| 16 | Zulg | 0.006 | 0.012 | 0.012 | 0.012 | 0.006 | 0.013 | - | 0.015 | 0.004 | 0.007 | 0.013 |
| 17 | Rotache | 0.010 | 0.025 | 0.022 | 0.013 | 0.008 | 0.027 | - | 0.013 | 0.009 | 0.009 | 0.013 |
| 18 | Chise | 0.009 | 0.018 | 0.018 | 0.012 | 0.008 | 0.022 | - | 0.013 | 0.006 | 0.008 | 0.012 |
| 19 | Gürbe | 0.007 | 0.028 | 0.021 | 0.011 | 0.013 | 0.034 | - | 0.013 | 0.005 | 0.008 | 0.012 |
| 20 | Aare Thun-Bern | 0.010 | 0.028 | 0.027 | 0.013 | 0.007 | 0.028 | - | 0.014 | 0.006 | 0.009 | 0.014 |
| 21 | Worble | 0.012 | 0.018 | 0.024 | 0.014 | - | 0.021 | - | 0.015 | 0.009 | 0.010 | 0.015 |
| 22 | Aare Bern-Hagneck | 0.013 | 0.026 | 0.025 | 0.015 | - | 0.029 | - | 0.016 | 0.010 | 0.011 | 0.016 |
| 23 | Seeland | 0.018 | 0.063 | 0.032 | 0.015 | - | 0.064 | 0.019 | 0.017 | 0.011 | 0.011 | 0.017 |
| 24 | Nordufer Bielersee | 0.008 | 0.041 | 0.037 | 0.012 | 0.020 | 0.037 | 0.015 | 0.018 | 0.007 | 0.008 | 0.013 |
| 25 | La Suze | 0.005 | 0.010 | 0.010 | 0.007 | 0.006 | 0.009 | - | 0.009 | 0.005 | 0.006 | 0.008 |
| 26 | Obere Emme | 0.006 | 0.013 | 0.013 | 0.009 | 0.007 | 0.014 | - | 0.010 | 0.004 | 0.006 | 0.009 |
| 27 | Ilfis | 0.005 | 0.009 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.009 | - | 0.010 | 0.004 | 0.005 | 0.008 |
| 28 | Grüne | 0.006 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.006 | 0.012 | - | 0.011 | 0.005 | 0.007 | 0.011 |
| 29 | Urtenen | 0.012 | 0.031 | 0.033 | 0.013 | - | 0.034 | - | 0.014 | 0.009 | 0.010 | 0.015 |
| 30 | Limpach | 0.011 | 0.057 | 0.049 | 0.013 | - | 0.059 | - | 0.014 | 0.010 | 0.009 | 0.014 |
| 31 | Untere Emme | 0.009 | 0.014 | 0.015 | 0.011 | - | 0.019 | - | 0.012 | 0.007 | 0.008 | 0.012 |
| 32 | Alte Aare-Lyssbach | 0.010 | 0.029 | 0.021 | 0.012 | - | 0.027 | - | 0.013 | 0.008 | 0.009 | 0.013 |
| 33 | Ösch | 0.011 | 0.032 | 0.037 | 0.012 | - | 0.039 | - | 0.013 | 0.007 | 0.009 | 0.013 |
| 34 | Önz | 0.010 | 0.028 | 0.028 | - | - | 0.047 | - | - | 0.009 | 0.009 | 0.013 |
| 35 | Aare Biel-Murgenthal | 0.009 | 0.033 | 0.026 | 0.012 | 0.011 | 0.036 | 0.015 | 0.013 | 0.007 | 0.009 | 0.012 |
| 36 | Langete | 0.009 | 0.014 | 0.014 | 0.011 | 0.007 | 0.017 | - | 0.012 | 0.008 | 0.008 | 0.011 |
| 37 | Rot | 0.009 | 0.018 | 0.019 | 0.011 | - | 0.025 | - | 0.011 | 0.007 | 0.008 | 0.011 |
| 38 | La Birse (nur BE) | 0.005 | 0.010 | 0.011 | 0.007 | 0.008 | 0.011 | - | - | 0.005 | 0.005 | 0.007 |

2.2.2.4 ATMOSPHERISCHE NÄHRSTOFFDEPOSITION AUF DIE GEWÄSSER

Bei der atmosphärischen Nährstoffdeposition auf die Gewässer wird nur die aus der Atmosphäre direkt auf die Gewässeroberfläche gelangende Menge abgeschätzt.

STICKSTOFFDEPOSITION

Für die Nährstoffkonzentrationen im Niederschlag wurden Literaturdaten aus PRASUHN & BRAUN (1994) herangezogen. Es wurde davon ausgegangen, dass die dort angenommenen Konzentrationen aufgrund von Massnahmen im Bereich der Luftreinhaltung in den vergangenen Jahren abgenommen haben. Unter der Annahme, dass für Gewässeroberflächen die Abnahme der Stickstoffimmission proportional zur Abnahme der Stickstoffemission ist, wurde eine Reduktion der Einträge um 10% vorgenommen (TARRASÓN & SCHAUG 1999).

Als mittlere Niederschlagskonzentrationen wurden Werte zwischen 0.18 und 0.9 mg N/l eingesetzt (Tab. 17). Bei diesem Ansatz wurde in Rechnung gestellt, dass bei hohen Niederschlagsmengen die Konzentrationen im allgemeinen abnehmen und in städtischen Gebieten wegen der anthropogenen Luftverschmutzung höher sind. Für die gasförmige Deposition wurden in Anlehnung an HURNI et al. (1993) Werte zwischen 1.2 und 5.5 kg N/ha und Jahr als mittlere jährliche Depositionen berechnet. Aus der Addition von nasser, trockener (partikulärer) und gasförmiger Deposition berechnen sich Werte zwischen 5.0 kg N/ha und Jahr und 16.8 kg N/ha und Jahr (Tab. 17). RIHM (1996) berechnete für die Schweiz eine Gesamtstickstoffdeposition für offene Landflächen von 17.7 kg N/ha und Jahr.

PHOSPHORDEPOSITION

Auch beim Phosphor sollte in den letzten Jahren aufgrund der Massnahmen für Luftreinhaltung eine Reduktion der Deposition stattgefunden haben. Die Staubemissionen haben in der Schweiz nach BUWAL (1995) von 1990 bis 2000 um 27% abgenommen. BEHRENDT et al. (1999) nehmen für die westlichen Bundesländer eine Reduktion der Phosphordeposition um 30% für den Zeitraum 1985 bis 1995 an. Die in Bezug auf allgemeine Literaturangaben angenommenen mittleren Phosphorkonzentrationen aus PRASUHN & BRAUN (1994) wurden pauschal um 20% reduziert. Für die niederschlagsreicheren Regionen wurde mit 0.020 mg P/l analog zum Stickstoff ein tieferer Wert, für die städtisch beeinflussten Gebiete mit 0.044 mg P/l ein höherer Wert angenommen. Die daraus berechneten Frachten liegen zwischen 0.38 und 0.53 kg P ha und Jahr (Tab. 17). BEHRENDT et al. (1999) nennen für die Flussgebiete Deutschlands für das Jahr 1995 wurde eine mittlere P-Deposition von 0.4 kg P ha und Jahr.

Tab. 17: Berechnete atmosphärische Deposition von Stickstoff und Phosphor auf die Gewässeroberflächen in den verschiedenen Einzugsgebieten.

| Einzugsgebiete | Stickstoff | | | Phosphor | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | nasse + trockene Deposition | gasförmige Deposition | Gesamt- deposition | nasse + trockene Deposition | Gesamt- deposition |
| | (mg N/l) | (kg N/ha und Jahr) | (kg N/ha und Jahr) | (mg P/l) | (kg P/ha und Jahr) |
| 1. Gadmerwasser | 0.18 | 1.23 | 5.00 | 0.02 | 0.42 |
| 2. Aare Oberhasli | 0.18 | 1.23 | 5.15 | 0.02 | 0.44 |
| 3. Weisse Lütschine | 0.23 | 1.20 | 5.26 | 0.02 | 0.43 |
| 4. Schwarze Lütschine | 0.23 | 1.27 | 5.38 | 0.02 | 0.44 |
| 5. Brienersee | 0.32 | 1.44 | 6.53 | 0.03 | 0.45 |
| 6. Kiene | 0.23 | 1.27 | 5.20 | 0.02 | 0.42 |
| 7. Engstligen | 0.23 | 1.31 | 5.11 | 0.02 | 0.41 |
| 8. Kander | 0.27 | 1.27 | 5.92 | 0.02 | 0.41 |
| 9. Fildrich | 0.27 | 1.33 | 6.06 | 0.02 | 0.42 |
| 10. Oberes Simmental | 0.23 | 1.31 | 5.07 | 0.02 | 0.40 |
| 11. Unteres Simmental | 0.27 | 1.42 | 5.96 | 0.02 | 0.40 |
| 12. Thunersee | 0.45 | 1.52 | 7.75 | 0.03 | 0.39 |
| 13. Saane (nur BE) | 0.27 | 1.31 | 6.20 | 0.02 | 0.43 |
| 14. Schwarzwasser | 0.63 | 2.89 | 12.00 | 0.03 | 0.40 |
| 15. Sense | 0.63 | 2.85 | 12.27 | 0.03 | 0.42 |
| 16. Zulg | 0.63 | 2.81 | 12.05 | 0.03 | 0.41 |
| 17. Rotache | 0.77 | 2.94 | 11.99 | 0.03 | 0.38 |
| 18. Chise | 0.77 | 3.00 | 12.57 | 0.03 | 0.40 |
| 19. Gürbe | 0.77 | 3.00 | 13.52 | 0.03 | 0.44 |
| 20. Aare Thun-Bern | 0.90 | 5.38 | 16.17 | 0.04 | 0.53 |
| 21. Worble | 0.90 | 5.36 | 15.74 | 0.04 | 0.46 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 0.90 | 5.45 | 15.34 | 0.04 | 0.48 |
| 23. Seeland | 0.90 | 5.53 | 14.76 | 0.04 | 0.41 |
| 24. Nordufer Bielersee | 0.77 | 3.00 | 12.99 | 0.03 | 0.42 |
| 25. La Suze | 0.77 | 2.85 | 14.47 | 0.03 | 0.49 |
| 26. Obere Emme | 0.63 | 2.83 | 13.02 | 0.03 | 0.45 |
| 27. Ilfis | 0.63 | 2.85 | 13.66 | 0.03 | 0.48 |
| 28. Grüne | 0.63 | 2.94 | 12.19 | 0.03 | 0.41 |
| 29. Urtenen | 0.90 | 5.47 | 15.62 | 0.04 | 0.45 |
| 30. Limpach | 0.90 | 5.49 | 15.90 | 0.04 | 0.46 |
| 31. Untere Emme | 0.90 | 3.13 | 14.33 | 0.04 | 0.50 |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 0.90 | 5.49 | 15.84 | 0.04 | 0.46 |
| 33. Ösch | 0.90 | 5.49 | 15.71 | 0.04 | 0.45 |
| 34. Önz | 0.90 | 5.45 | 16.01 | 0.04 | 0.47 |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 0.90 | 5.47 | 16.76 | 0.04 | 0.50 |
| 36. Langete | 0.81 | 3.13 | 13.45 | 0.04 | 0.46 |
| 37. Rot | 0.81 | 3.72 | 13.77 | 0.04 | 0.45 |
| 38. La Birse (nur BE) | 0.77 | 2.91 | 14.60 | 0.03 | 0.49 |

2.2.2.5 NÄHRSTOFFEINTRÄGE DURCH LANDWIRTSCHAFTLICHE UND SONSTIGE DIREKTEINTRÄGE

Unter Nährstoffeinträgen durch landwirtschaftliche und sonstige Direkteinträge werden folgende Quellen verstanden:

- Einträge von Hofflächen
- Direkteinträge beim Weiden entlang von Gewässern
- Weidetrieb auf Strassen
- Düngeraustrag entlang von Gewässern
- Düngeraustrag entlang von Strassen
- Sonstige diffuse Direkteinträge (Laub- und Streueintrag, Badebetrieb, Futter- und Düngemittel für fischereiliche Zwecke und Wassergeflügel)

Aufgrund der geringen Relevanz dieser Quellen wird auf eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Abschätzungsmethoden an dieser Stelle verzichtet und auf PRASUHN (1999) und PRASUHN & BRAUN (1994) verwiesen. Die Berechnungen beruhen auf zahlreichen Annahmen, so dass die Resultate nur als Grössenordnungen zu verstehen sind. Die Einträge mussten aufgrund der neuen Berechnungsart auf das Punkteraster verteilt werden. Da keine Angaben zu deren räumlichen Verbreitung vorliegen, wurden sie gleichmässig auf ausgewählte Nutzungstypen verteilt. Der Flächenbezug wurde in Anlehnung an die sonstige Erosion gewählt (d.h. alle Nutzungstypen ohne die überbaute Siedlungsfläche, Strassen und Wege mit ARA-Anschluss und stehende Gewässer).

2.2.2.6 NATÜRLICHE HINTERGRUNDLAST

Die Berechnung der Stoffflüsse der natürlichen Hintergrundlast geht von folgenden Annahmen bzw. Änderungen aus: Berücksichtigung der veränderten Landnutzung (Wald statt Grasland, Ackerland und Siedlungsfläche) und der daraus resultierenden Wasserflüsse. Die in Kapitel 2.2.2.3 verwendeten Stickstoffkonzentrationen im Sickerwasser unter Wald und unproduktiver Vegetation (Tab. 15) wurden um 50% reduziert. Damit wurde der anthropogenen Luftverschmutzung und der forstwirtschaftlichen Nutzung Rechnung getragen. Für die Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser wurden die gleichen Werte verwendet, welche für das Sickerwasser im Wald bzw. bei unproduktiver Vegetation zugrunde gelegt wurden (s. Kap. 2.2.2.3, Tab. 16). Damit wurde unterstellt, dass die anthropogene Luftverschmutzung und die forstwirtschaftliche Nutzung keinen Einfluss auf die Sickerwasserkonzentration von Phosphor im Wald und bei unproduktiver Vegetation ausüben.

Bei der atmosphärischen Deposition auf Gewässer wurden die in Kapitel 2.2.2.4 verwendeten P- und N-Einträge in allen Gebieten aufgrund der anthropogenen Luftverschmutzung um 50% vermindert. Bei diesen Annahmen handelt es sich um sehr grobe Schätzwerte.

Ausser der atmosphärischen Deposition auf Gewässer gibt es nur noch den Blattfall als Direkteintrag. Der stärkere Laubeintrag und der daraus gelöste P und N wurden insofern berücksichtigt, als der Flächenbezug die Gesamtfläche abzüglich der Fläche der Gewässer umfasst und die Werte der "sonstigen diffusen Direkteinträge" übernommen wurden.

Die sonstige Erosion wurde um den Flächenanteil der Siedlungsfläche erweitert. Anschliessend wurde eine Minderung um 20% in allen Einzugsgebieten vorgenommen. Damit wird unterstellt, dass 20% der als sonstige Erosion bezeichneten Erosion anthropogenen Ursprungs sind (z.B. unbefestigte Wege, Überweidung und Viehtritt auf Grasland etc.). Bei PRASUHN & BRAUN (1994) wurde hier mit einer Minderung von nur 10% gerechnet.

3. RESULTATE IM ÜBERBLICK

Zunächst soll anhand einiger Graphiken ein Überblick über die wichtigsten Ergebnisse gegeben werden. Die detaillierten Daten werden in Kap. 4 tabellarisch zusammengestellt und diskutiert.

3.1 Landnutzung:

- 44% der Gesamtfläche sind Landwirtschaftliche Nutzflächen (28% Grasland und 16% Ackerland), 31% Wald, 18% unproduktive Flächen und 7% Siedlungsflächen (Abb. 21). Mit 57% bzw. 53% ist der Anteil der LN in den Voralpen und im Mittelland überdurchschnittlich hoch, wobei in den Voralpen das Grasland mit 34%, im Mittelland das Ackerland mit 40% überwiegt. Im Jura dominiert der Waldanteil mit 54%, in den Alpen die unproduktive Fläche mit 37%. Der Anteil an Siedlungsflächen ist mit 16% im Mittelland überdurchschnittlich hoch. Eine Aufteilung für die 38 hydrologischen Einzugsgebiete zeigt Abb. 22.

3.2 Phosphor und Stickstoff:

- Insgesamt gelangen nach den Modellberechnungen rund 695 t P und 13'837 t N pro Jahr in die Gewässer des Untersuchungsgebietes .
- 58% der P-Einträge stammen aus der Region Alpen, 25% aus der Region Mittelland, 13% aus der Region Voralpen und 4% aus der Region Jura (Abb. 23).

55% der N-Einträge stammen aus der Region Mittelland, 20% aus der Region Alpen, 18% aus der Region Voralpen und 7% aus der Region Jura.

- Insgesamt 78% bzw. 544 t P pro Jahr stammen aus diffusen Quellen, 22% bzw. 151 t P pro Jahr aus punktuellen Quellen. Überdurchschnittlich hohe diffuse Anteile stammen aus den Regionen Alpen mit 96% und Voralpen mit 88%, während im Mittelland die Einträge aus punktuellen Quellen mit 66% dominieren (Abb. 24 und 25). Zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten gibt es noch grössere Unterschiede (Abb. 26).

Insgesamt 74% bzw. 10'216 t N pro Jahr stammen aus diffusen Quellen, 26% bzw. 3'620 t N pro Jahr aus punktuellen Quellen. Überdurchschnittlich hohe diffuse Anteile stammen aus den Regionen Alpen mit 88%, Voralpen mit 88% und Jura mit 83%, während im Mittelland die Einträge aus punktuellen Quellen mit 37% vergleichsweise hoch sind (Abb. 24 und 27). Zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten gibt es noch grössere Unterschiede (Abb. 28).

- 51% der bioverfügbaren P-Einträge (= Einträge aus punktuellen Quellen und gelöste diffuse Quellen) stammen aus punktuellen Quellen, 49% aus diffusen Quellen (Abb. 29 und 30). Im Mittelland stammen 75% der bioverfügbaren P-Einträge aus punktuellen Quellen, in den anderen drei Regionen überwiegen die Einträge aus diffusen Quellen. In den Voralpen dominieren dabei die diffus anthropogenen Einträge mit 72%, in den Alpen und Voralpen liegen sie um 50%. Zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten gibt es noch grössere Unterschiede (Abb. 31).
- 71% der diffusen P-Einträge stammen aus der Region Alpen, 14% aus der Region Voralpen, 11% aus der Region Mittelland und 4% aus der Region Jura (Abb. 32).

47% der diffusen N-Einträge stammen aus der Region Mittelland, 24% aus der Region Alpen, 21% aus der Region Voralpen und 8% aus der Region Jura.

- 34% der gelösten diffusen P-Einträge stammen aus der Region Alpen, 31% aus der Region Voralpen, 27% aus der Region Mittelland und 8% aus der Region Jura (Abb. 33).
50% der diffusen N-Einträge stammen aus der Region Mittelland, 22% aus der Region Alpen, 20% aus der Region Voralpen und 8% aus der Region Jura.
- 74% der gesamten diffusen P-Einträge sind partikulärer Phosphor, nur 26% sind gelöster Phosphor. In der Region Alpen ist der partikuläre Anteil mit 87% überdurchschnittlich hoch, in den anderen drei Regionen überwiegt der gelöste Anteil (Abb. 34).
93% der gesamten diffusen N-Einträge sind gelöster N, nur 7% sind partikulärer N. In der Region Alpen ist der partikuläre Anteil mit 22% überdurchschnittlich hoch, in den anderen drei Regionen überwiegt der gelöste Anteil deutlich (Abb. 35).
- 38% der gesamten diffusen P-Einträge stammen aus diffus anthropogenen Quellen (= überwiegend Landwirtschaft), 62% sind natürliche Hintergrundlast. Die Region Alpen trägt mit 74% massgeblich zum hohen Anteil der natürlichen Hintergrundlast bei, während in den anderen drei Regionen der diffus anthropogene Anteil überwiegt (Abb. 36).
72% der gesamten diffusen N-Einträge stammen aus diffus anthropogenen Quellen, 28% sind natürliche Hintergrundlast. Die Region Alpen trägt mit 56% massgeblich zum Anteil der natürlichen Hintergrundlast bei, während in den anderen drei Regionen der diffus anthropogene Anteil überwiegt (Abb. 37).
- Dominanter P-Eintragspfad ist mit 73% die Erosion, die Abschwemmung erzielt 13%. In der Region Alpen dominieren die Verluste durch Erosion, in der Region Voralpen werden die höchsten Verluste durch Erosion und Abschwemmung erreicht, in der Region Mittelland spielen alle vier Haupteintragspfade (Erosion, Abschwemmung, Auswaschung, Direkteinträge) eine gewisse Rolle und in der Region Jura sind neben der Erosion die Abschwemmung und Auswaschung wichtige Eintragspfade (Abb. 38).
Dominanter N-Eintragspfad ist mit 87% die Auswaschung, alle anderen Eintragspfade sind vernachlässigbar. In der Region Alpen spielen die N-Einträge aus der Erosion noch eine gewisse Rolle (Abb. 39).
- Die detailliertere Aufschlüsselung der diffusen P-Eintragspfade zeigt, dass die sonstige Erosion mit 70% der bedeutendste Eintragspfad ist. Es folgen die Abschwemmung von Grasland (Dauerwiesen + Heimweiden + Obstbau + Alpwirtschaftliche Nutzfläche) mit 8% und von Ackerland mit 4% (Abb. 40).
Die detailliertere Aufschlüsselung der diffusen N-Eintragspfade zeigt, dass die Auswaschung (inkl. Drainage) unter Ackerland mit 48% der bedeutendste Eintragspfad ist. Es folgen die Auswaschung von Graslandflächen (Dauerwiesen + Heimweiden + Obstbau + Alpwirtschaftliche Nutzfläche) mit 16% und unter Wald mit 13%.
- Die flächenspezifischen diffusen P-Verluste liegen durchschnittlich bei 0.832 kg P/ha und Jahr, die gelösten P-Verluste bei 0.218 kg P/ha und Jahr. In der Region Voralpen wird mit 0.336 kg P/ha und Jahr der höchste gelöste flächenspezifische Verlust, in der Region Alpen mit 0.163 kg P/ha der niedrigste erzielt (Abb. 41).
Die flächenspezifischen diffusen N-Verluste liegen durchschnittlich bei 15.6 kg N/ha und Jahr. In der Region Mittelland wird mit 28.7 kg N/ha und Jahr der höchste flächenspezifische Verlust, in der Region Alpen mit 8.4 kg N/ha der niedrigste erzielt.
- Die flächenspezifischen diffus anthropogenen P-Verluste liegen im Mittel bei 0.318 kg P/ha und Jahr. Die höchsten Werte werden mit 0.396 kg P/ha und Jahr in der Region

Voralpen erreicht, gefolgt von den Alpen (0.340 kg P/ha und Jahr), dem Mittelland (0.259 kg P/ha und Jahr) und dem Jura (0.202 kg P/ha und Jahr) (Abb. 42). Damit sind die diffus anthropogenen P-Verluste in den Voralpen fast doppelt so hoch wie im Jura.

Die flächenspezifischen diffus anthropogenen N-Verluste liegen im Mittel bei 11.3 kg N/ha und Jahr. Die höchsten Werte werden mit 24.9 kg N/ha und Jahr in der Region Mittelland erreicht, gefolgt von den Voralpen (12.4 kg N/ha und Jahr), dem Jura (8.7 kg N/ha und Jahr) und den Alpen (3.7 kg N/ha und Jahr) (Abb. 42). Damit sind diffus anthropogenen N-Verluste im Mittelland rund doppelt so hoch wie in den Voralpen und rund sieben mal so hoch wie in den Alpen.

- Auf Einzugsgebietsebene findet man die höchsten flächenspezifischen P-Einträge in den alpinen Gebieten Aare Oberhasli, Gadmerwasser, Schwarze und weisse Lütschine, die niedrigsten in den Mittelland- und Juragebieten (Abb. 43). Bei den gelösten flächenspezifischen P-Einträgen werden die höchsten Werte in den Gebieten Langete, Schwarzwasser, Gürbe, Rotache, Rot, Ilfis, Grüne, obere Emme und Chise erreicht (Abb. 44).

Die höchsten flächenspezifischen N-Einträge haben die Gebiete Seeland, Limpach, Ösch, Önz und Urtenen (Abb. 45).

- Die räumlich differenzierte Verteilung der flächenspezifischen diffusen P-Einträge auf Hektarrasterebene zeigt deutlich Bereiche mit erhöhten Werten in den Bergregionen der Alpen (Abb. 46). Das grobmaschige Raster in den Alpen resultiert daraus, dass die sonstige Erosion u.a. über die Erosivität der Niederschläge bestimmt wurde und diese nur im 4 km²-Raster vorlag. Bei den gelösten flächenspezifischen P-Einträgen treten vor allem in den südlichen Teilen der Einzugsgebiete Langete, Schwarzwasser, Gürbe sowie in den Gebieten oberes Emmental und Entlebuch viele Flächen mit hohen Einträgen auf (Abb. 47).

Die räumlich differenzierte Verteilung der flächenspezifischen diffusen N-Einträge zeigt deutlich Bereiche mit erhöhten Werten im Mittelland, vor allem im Bereich Seeland, Urtenen und Limpach (Abb. 48). Bei den gelösten flächenspezifischen N-Einträgen ergeben sich kaum Unterschiede zum Gesamtstickstoff (Abb. 49).

- Die Einträge aus punktuellen Quellen werden nicht kommentiert, da sie nicht Gegenstand vorliegender Untersuchung sind. Bei den Regenentlastungen wurden die ausserkantonalen Anteile nicht berücksichtigt und sind somit etwas zu niedrig (vgl. BG 2003).

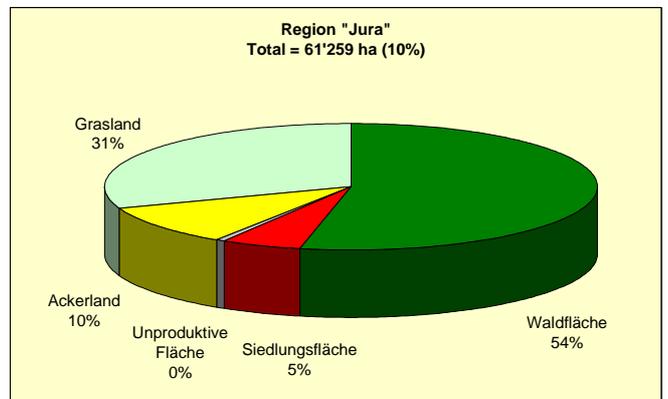
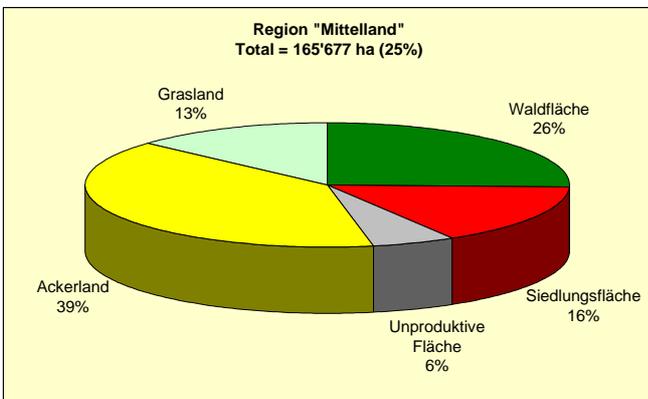
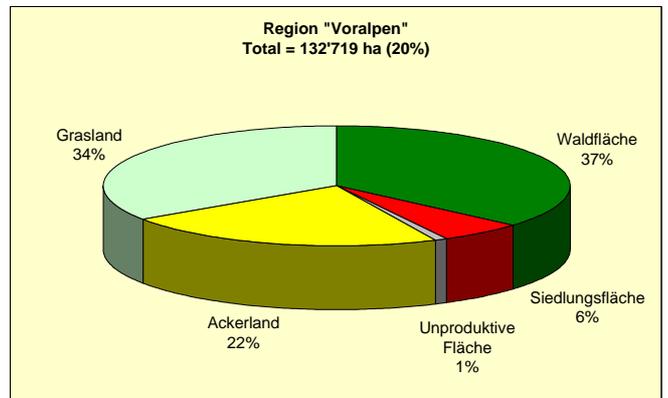
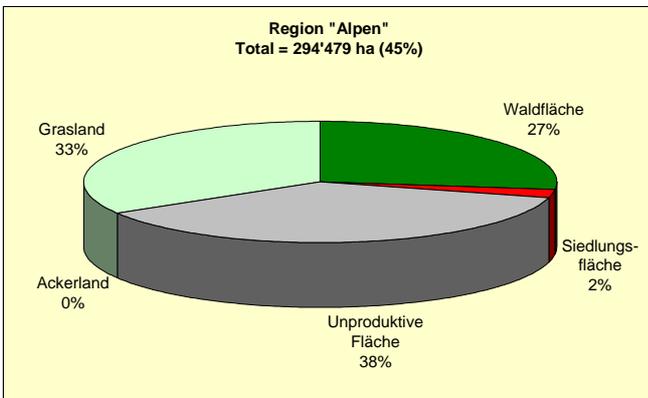
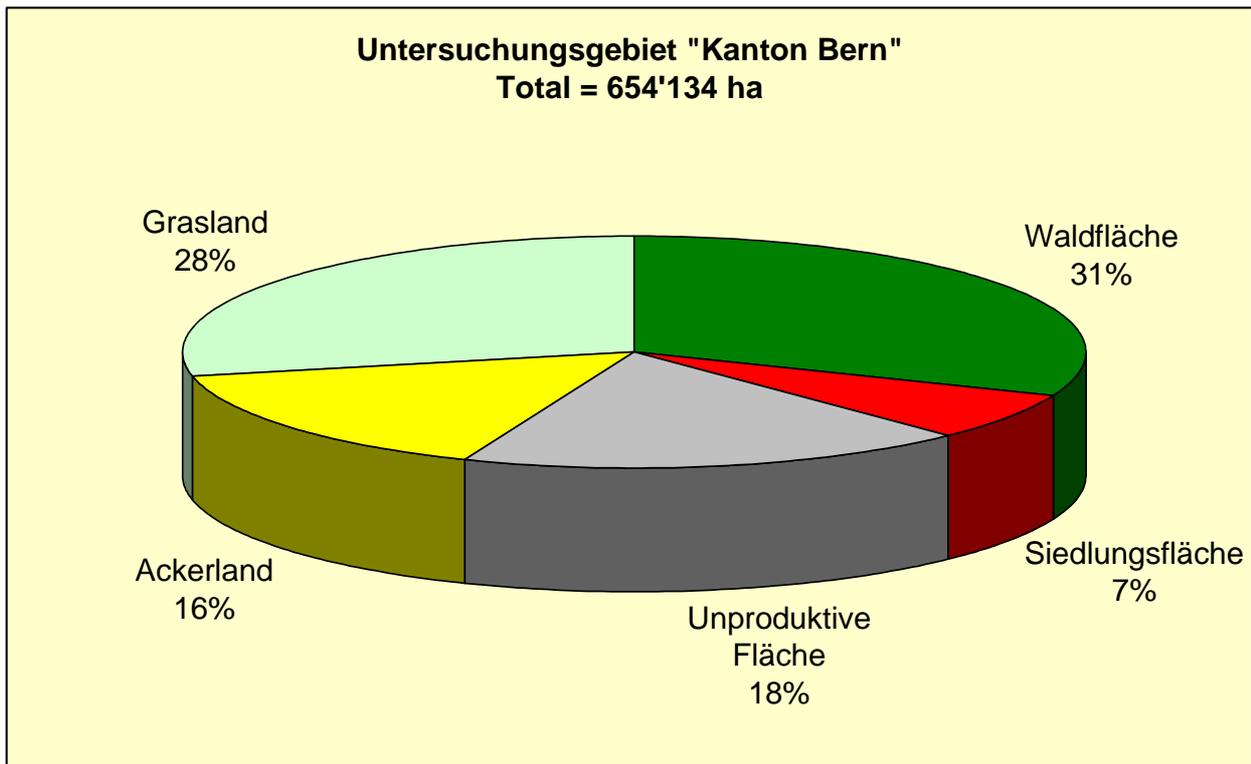
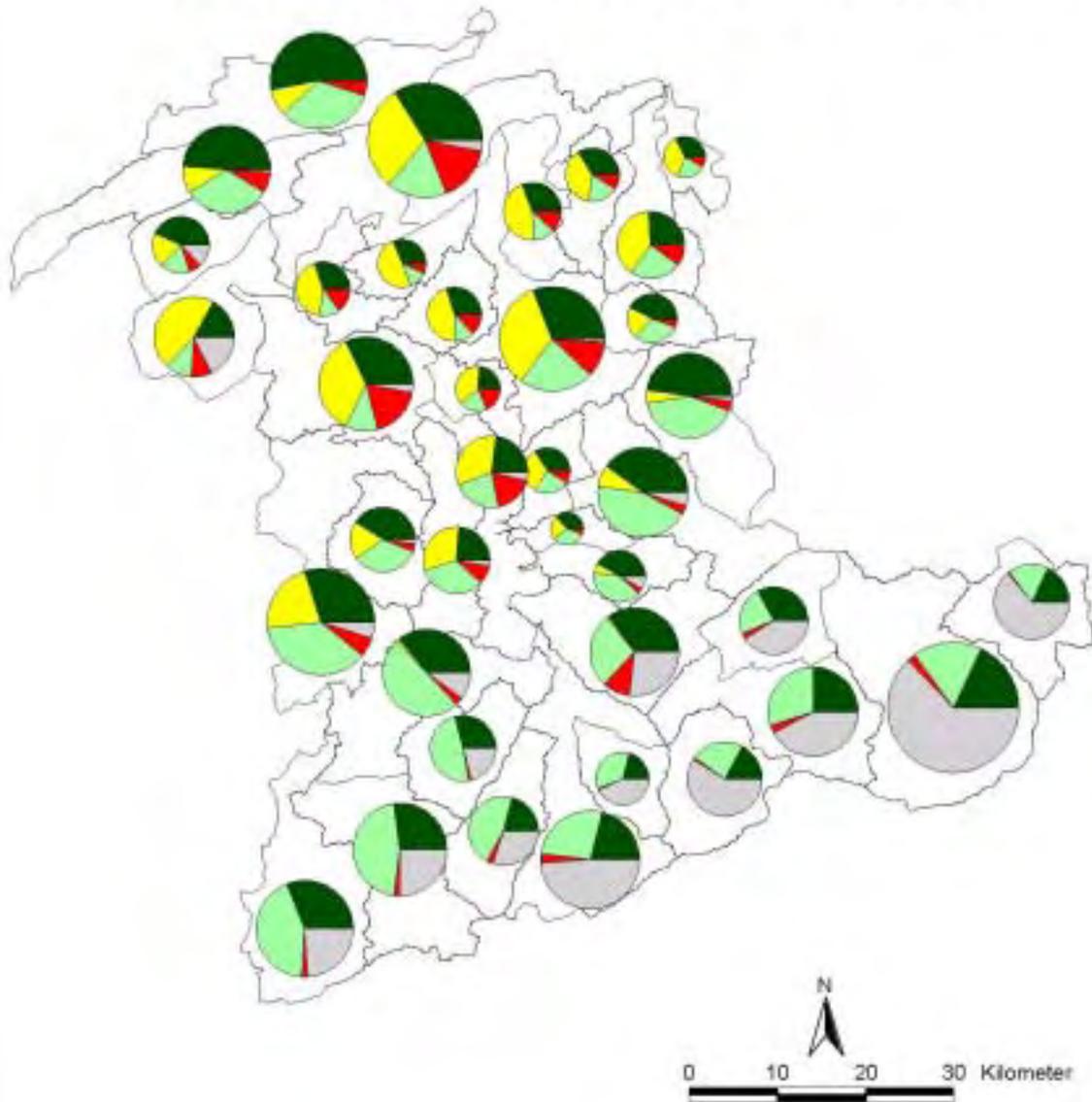


Abb. 21: Landnutzung im Untersuchungsgebiet.

Landnutzung in den hydrologischen Einzugsgebieten



Landnutzung

- Wald
- Acker
- Grasland
- Siedlung
- unproduktiv

Datengrundlage:
- Arealstatistik 1992/97
(BFS GEOSTAT 1997)
- Hydrologische Einzugsgebiete
(Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 22: Landnutzung in den hydrologischen Einzugsgebieten.

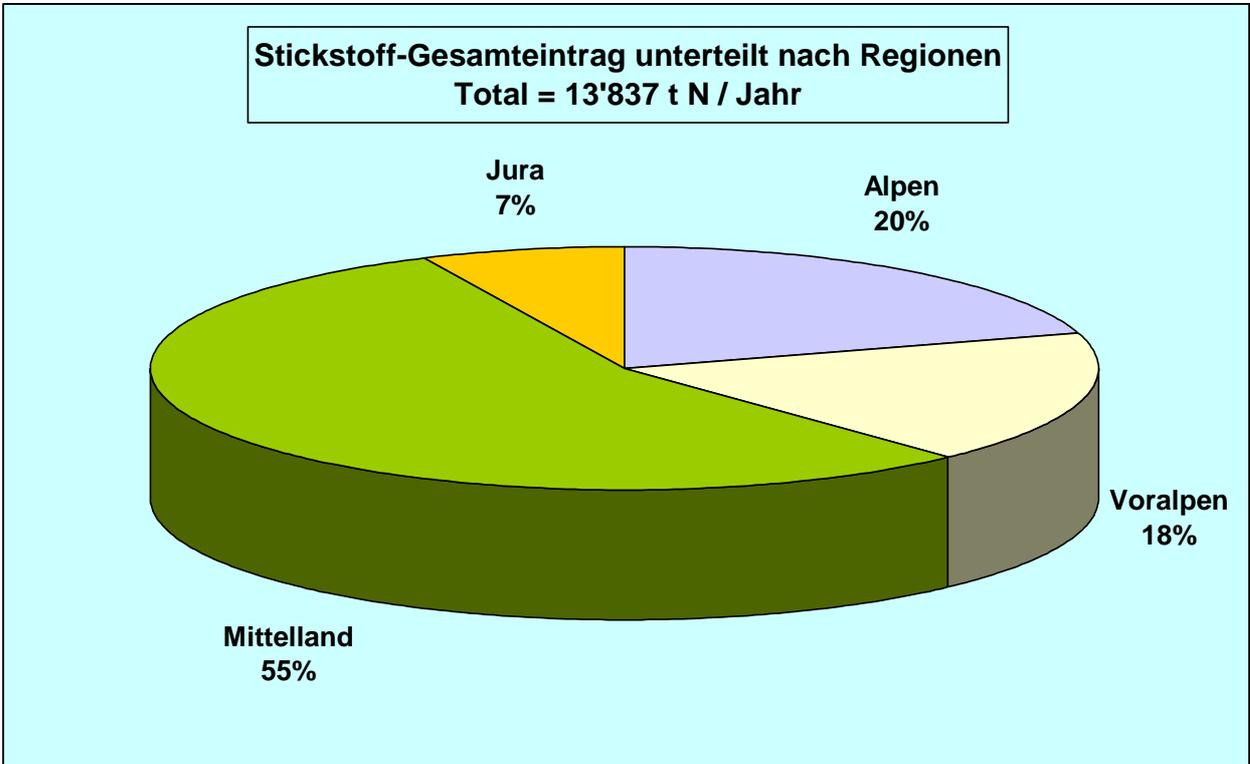
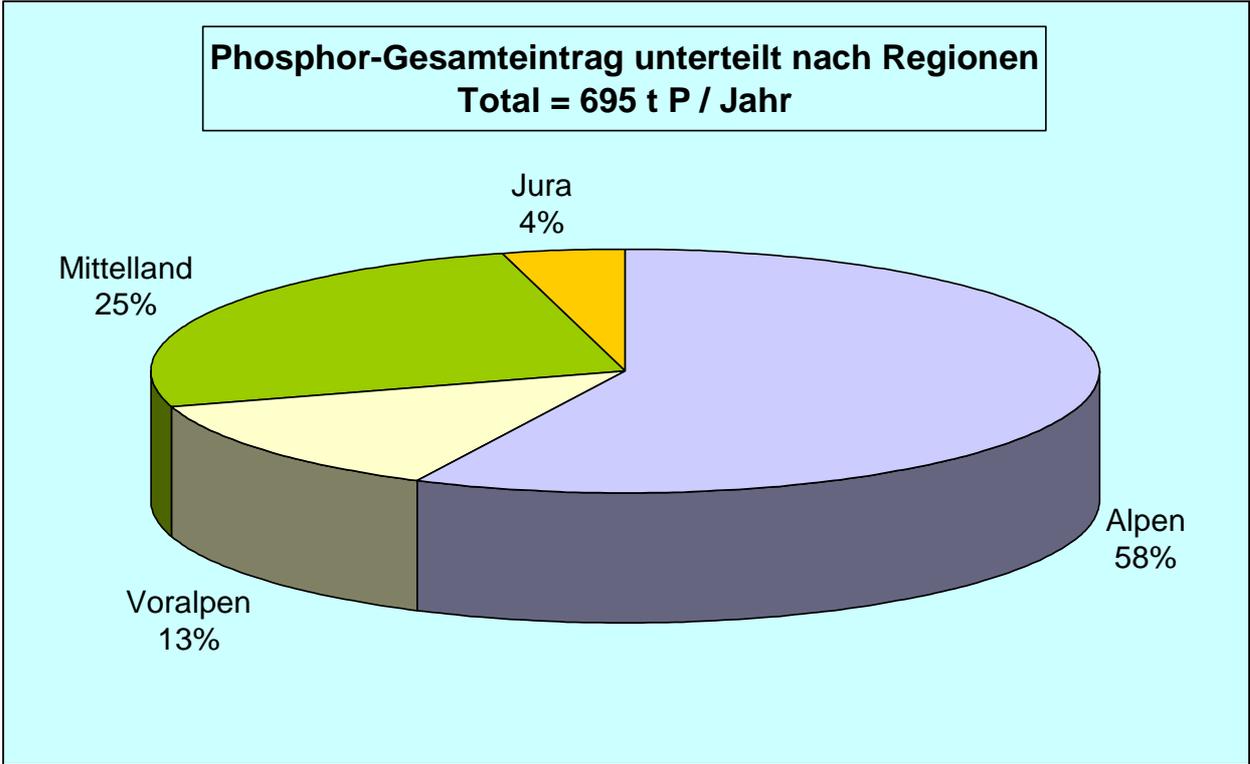


Abb. 23: P- und N-Gesamtfracht (diffus + punktuell) im Untersuchungsgebiet, aufgeteilt nach Regionen.

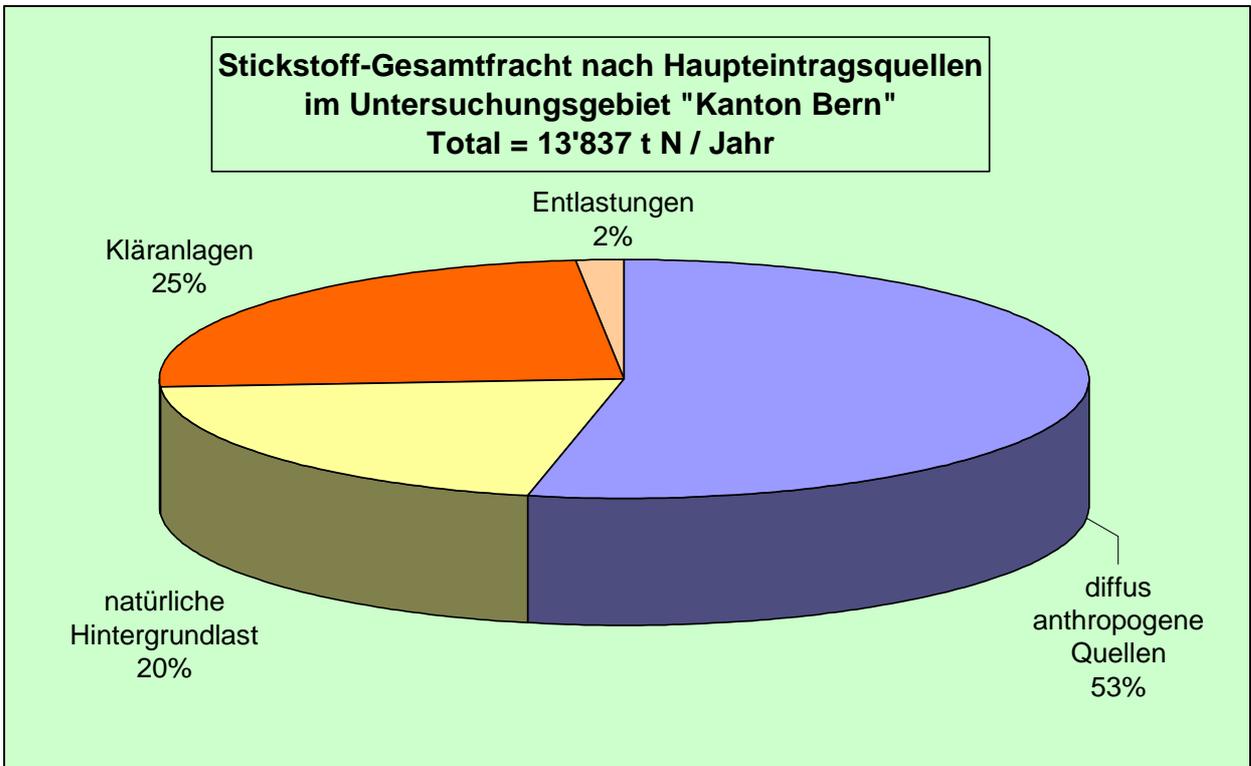
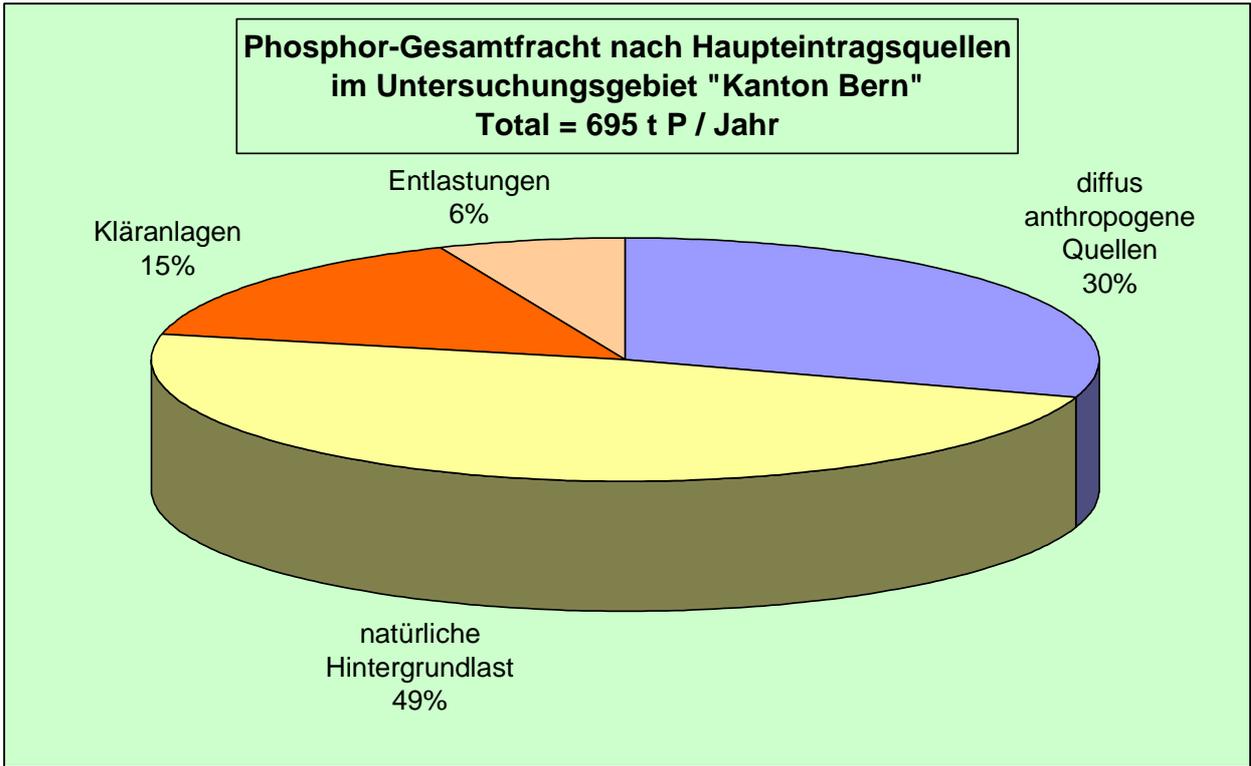


Abb. 24: P- und N-Gesamtfraucht (diffus + punktuell) im Untersuchungsgebiet, aufgeteilt nach Haupteintragspfaden.

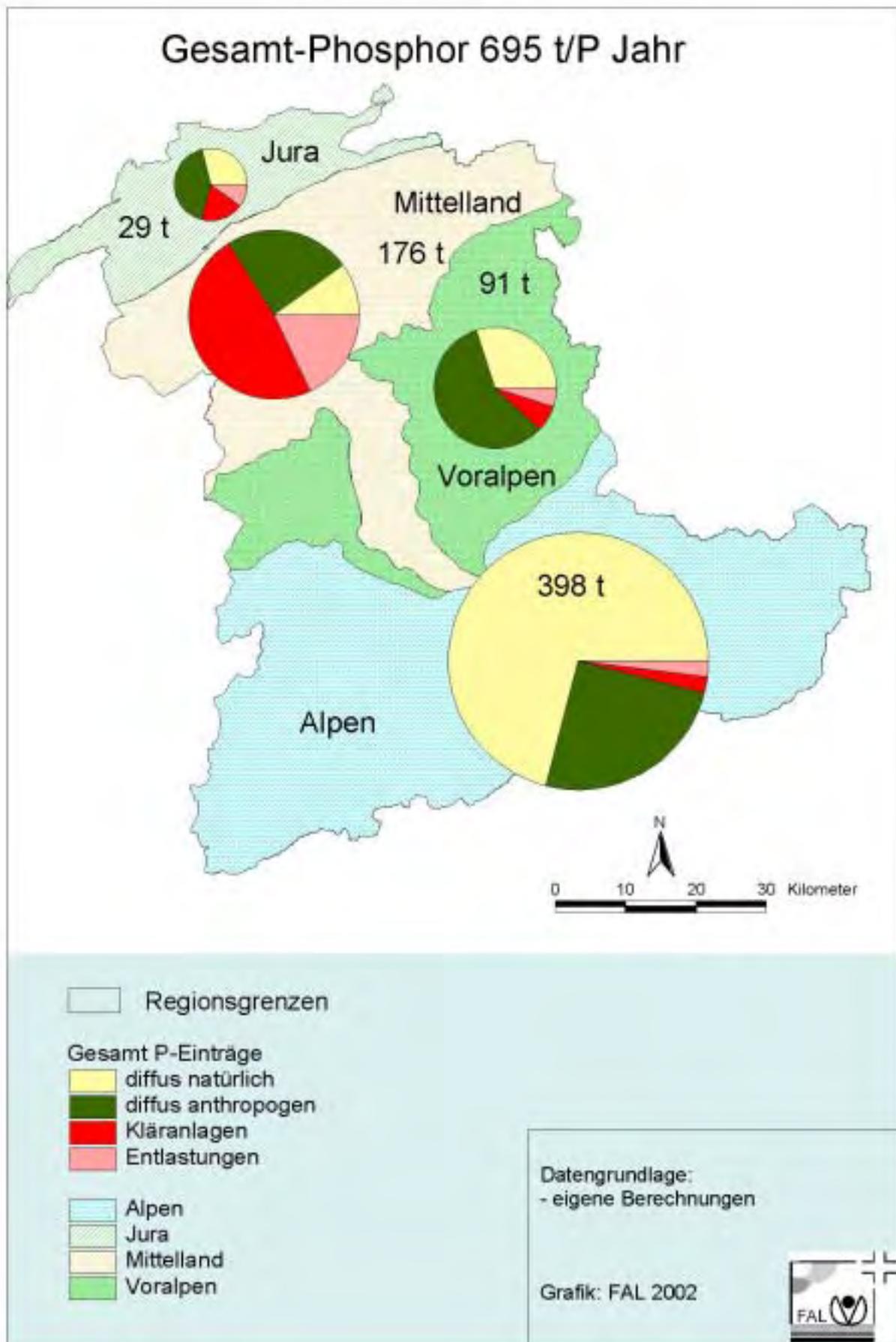
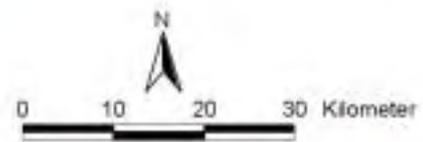
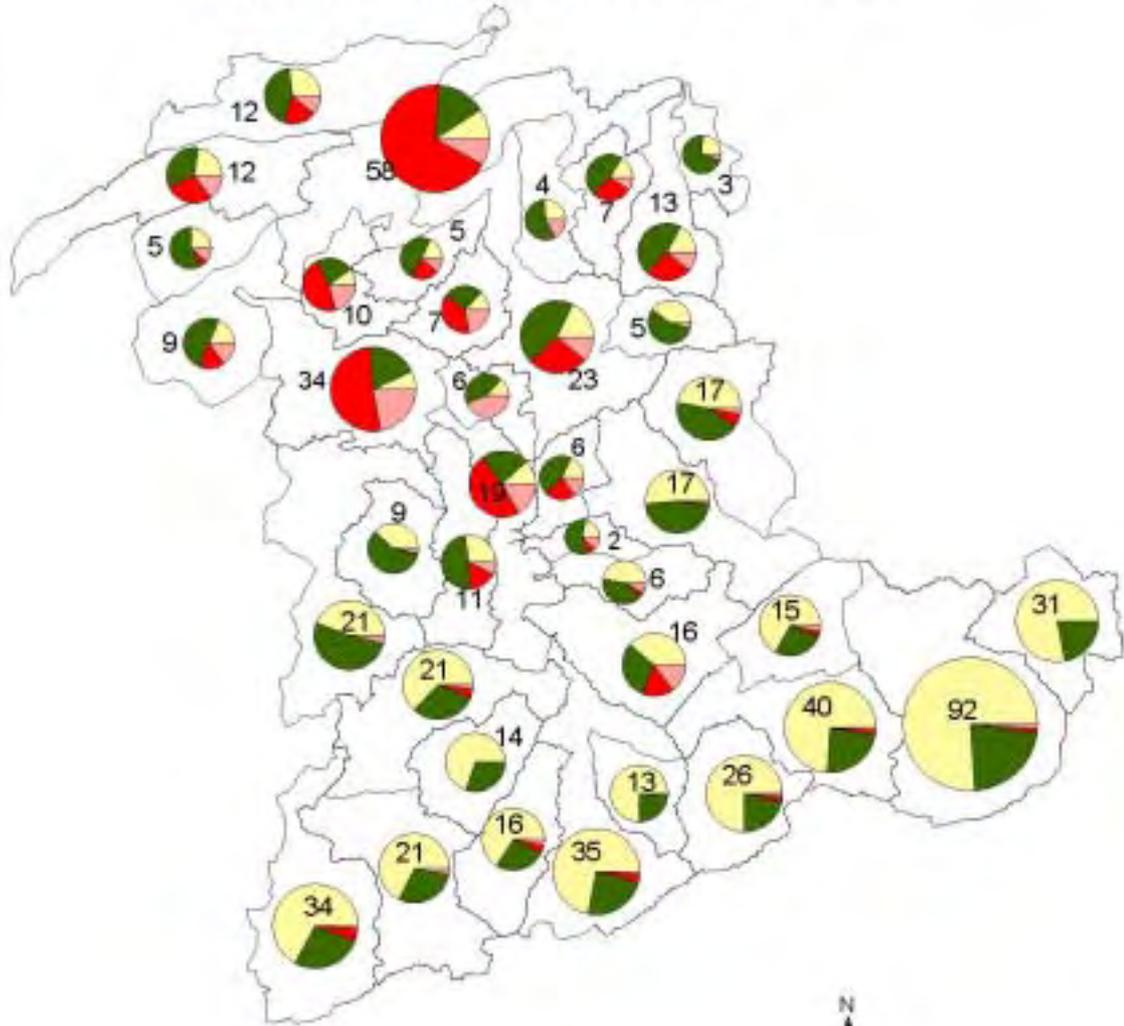


Abb. 25: Aufteilung der P-Gesamtfracht (diffus + punktuell) in den geographischen Regionen.

Gesamt-Phosphor 695 t P/Jahr



- Einzugsgebiete
- natürliche Hintergrundlast
- diffus anthropogene Belastung
- Kläranlagen
- Entlastungen

Datengrundlage:
- eigene Berechnungen

Grafik: FAL 2002



Abb. 26: Aufteilung der P-Gesamtfracht (diffus + punktuell) in den hydrologischen Einzugsgebieten.

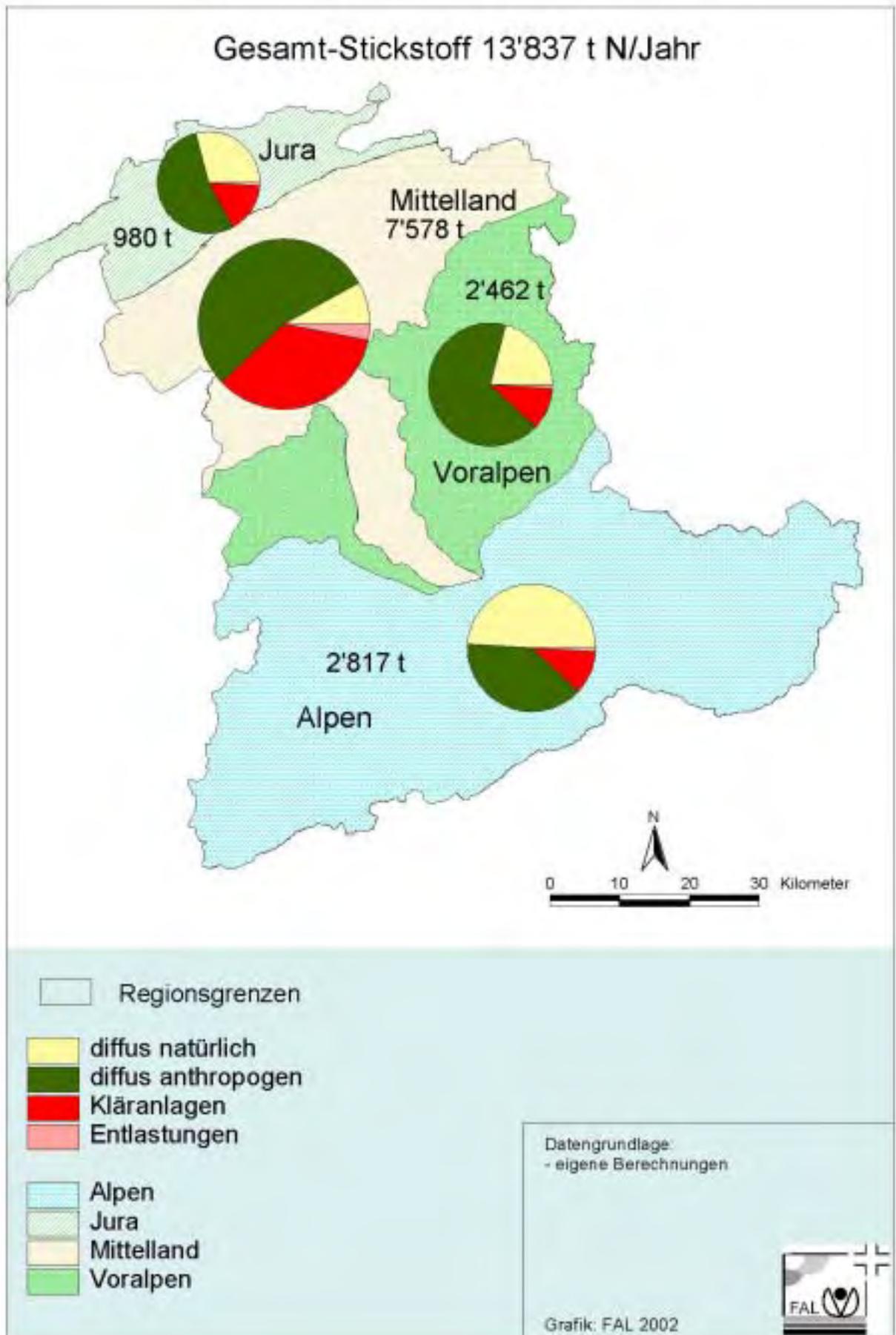
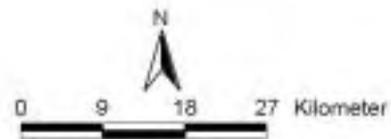
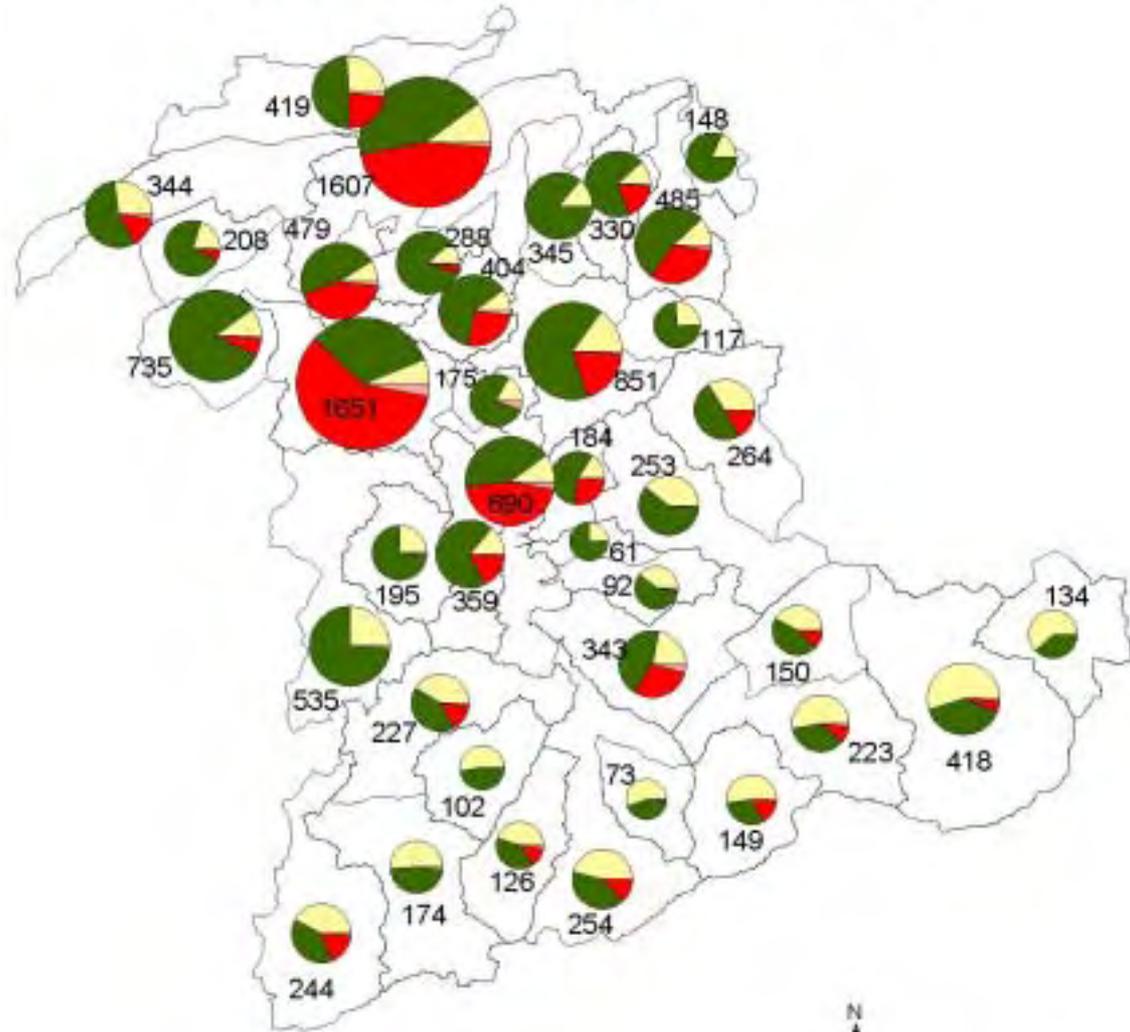


Abb. 27: Aufteilung der N-Gesamtfracht (diffus + punktuell) in den geographischen Regionen.

Gesamt-Stickstoff 13'837 t N/Jahr



- Einzugsgebiete
- natürliche Hintergrundlast
- diffus anthropogene Belastung
- Kläranlagen
- Entlastungen

Datengrundlage:
- eigene Berechnungen

Grafik: FAL 2002



Abb. 28: Aufteilung der N-Gesamtfracht (diffus + punktuell) in den hydrologischen Einzugsgebieten.

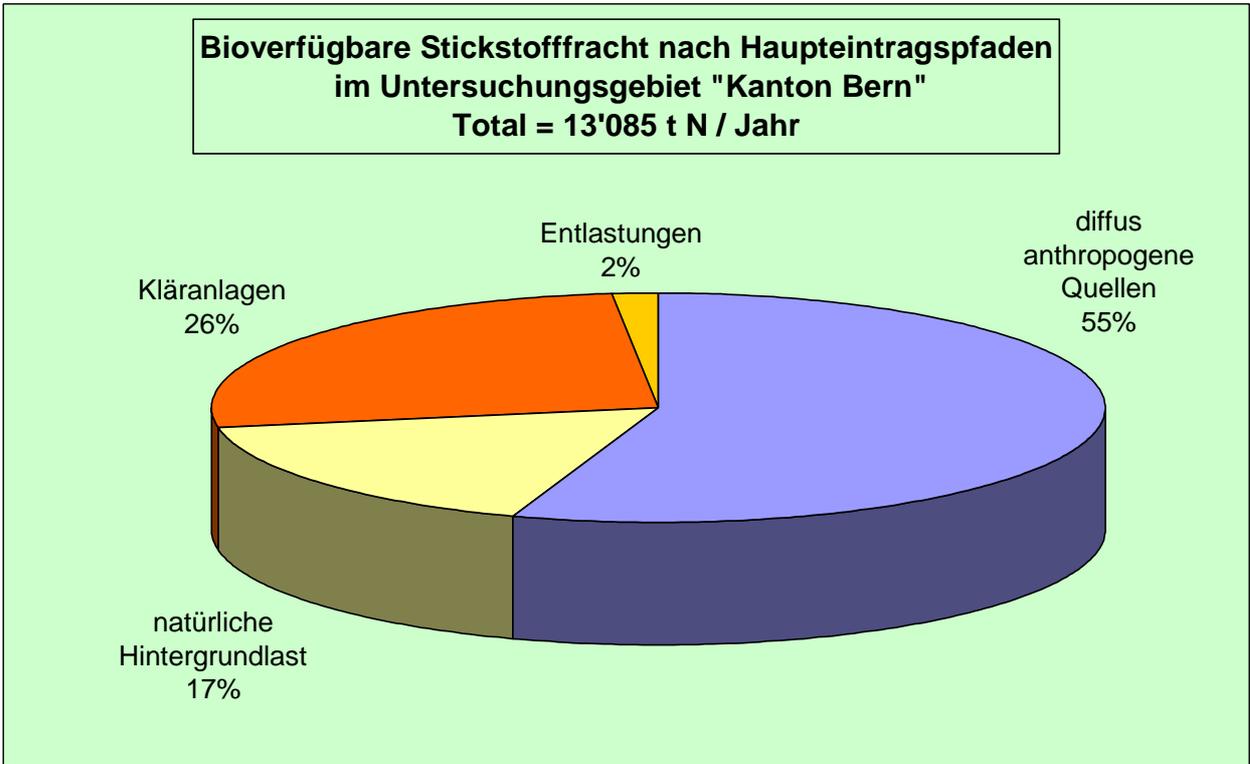
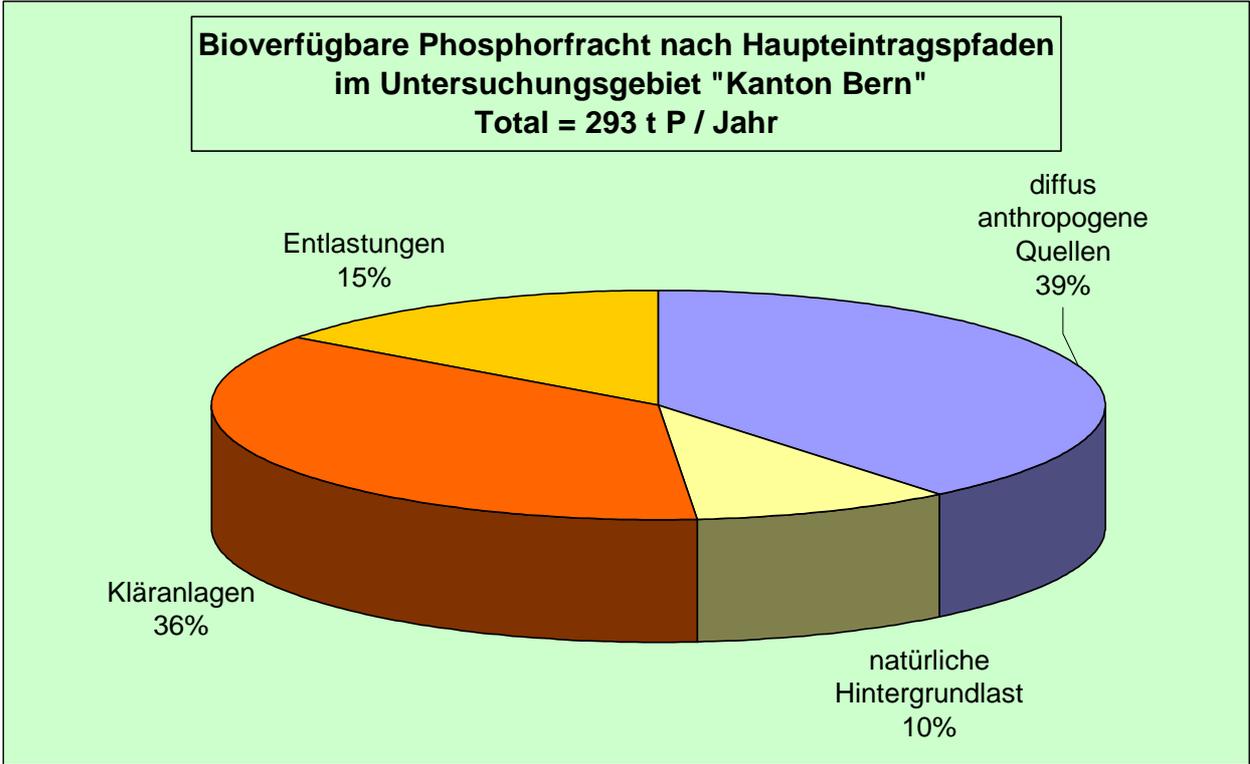


Abb. 29: Bioverfügbare P- und N-Fracht (diffus + punktuell) im Untersuchungsgebiet, aufgeteilt nach Haupteintragspfaden.

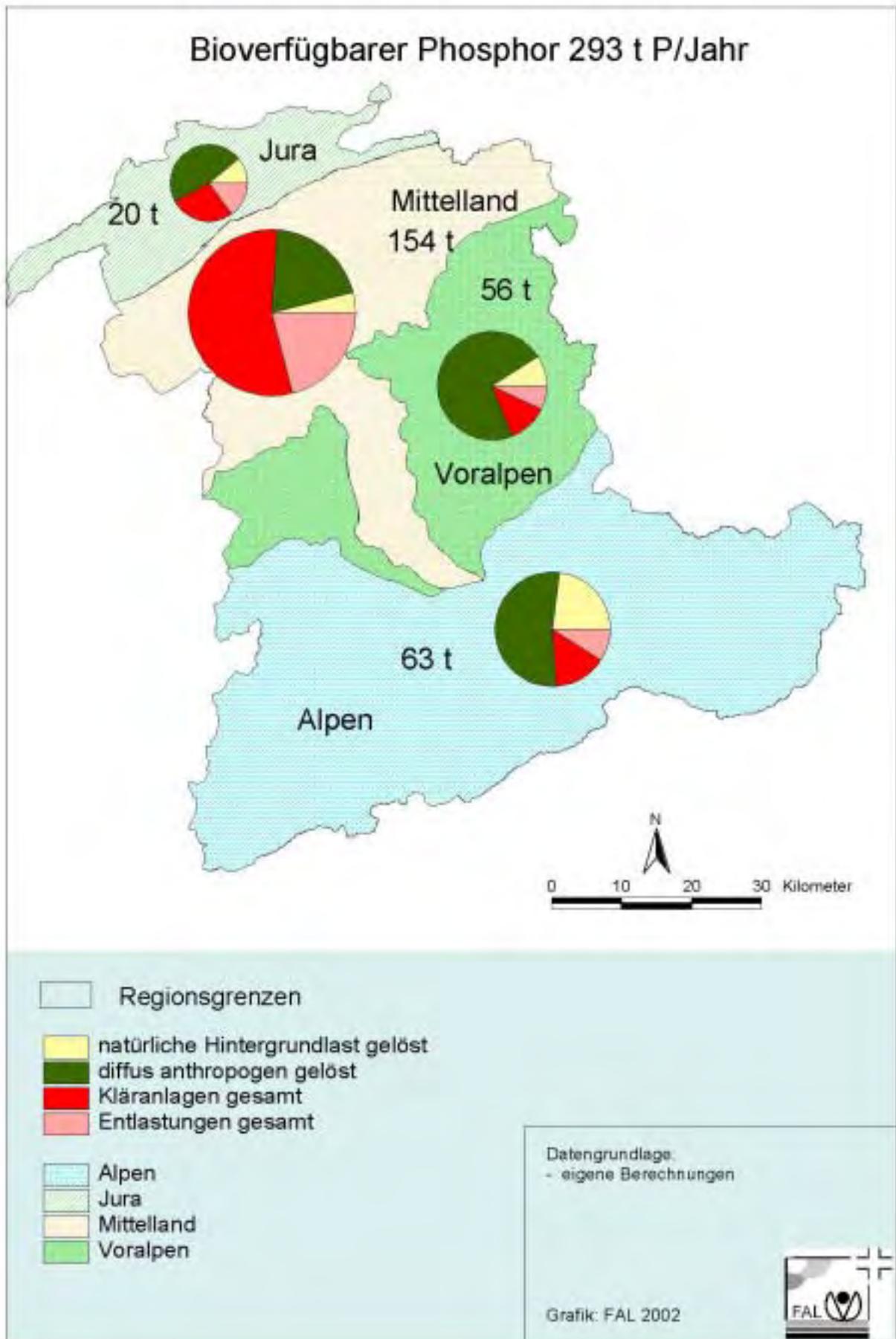
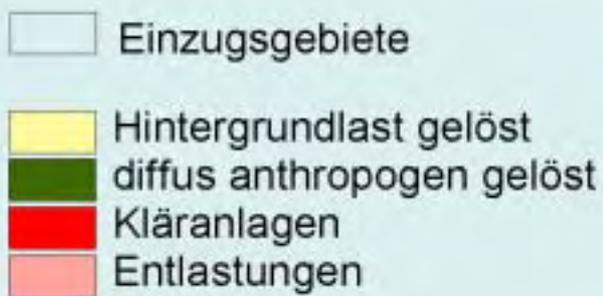
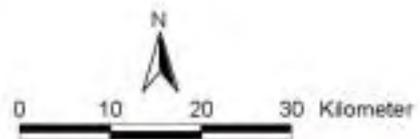
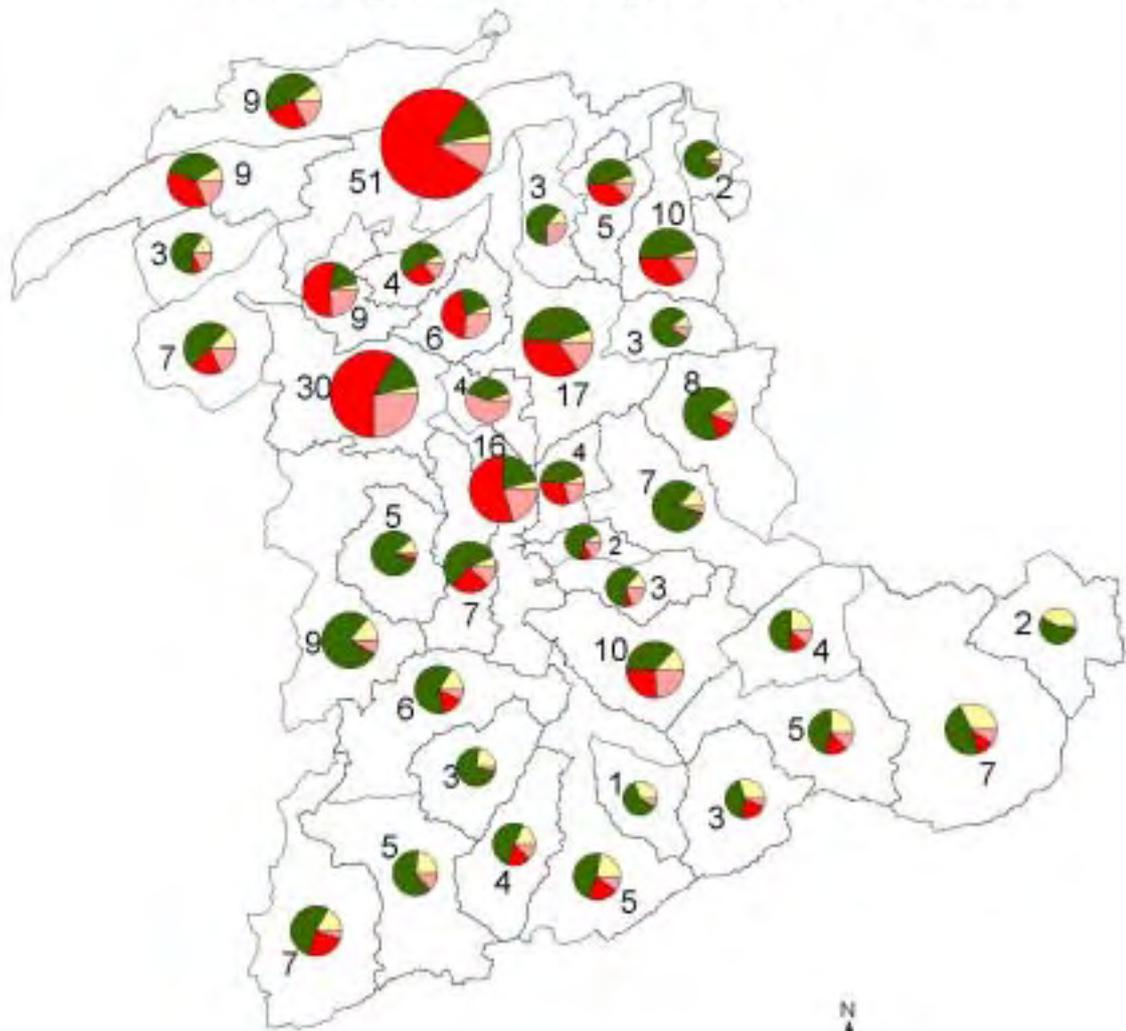


Abb. 30: Aufteilung der bioverfügbaren P-Fracht (diffus + punktuell) in den geographischen Regionen.

Bioverfügbarer Phosphor 293 t P/Jahr



Datengrundlage:
- eigene Berechnungen

Grafik: FAL 2002

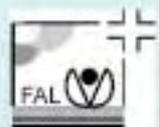


Abb. 31: Aufteilung der bioverfügbaren P-Fracht (diffus + punktuell) in den hydrologischen Einzugsgebieten.

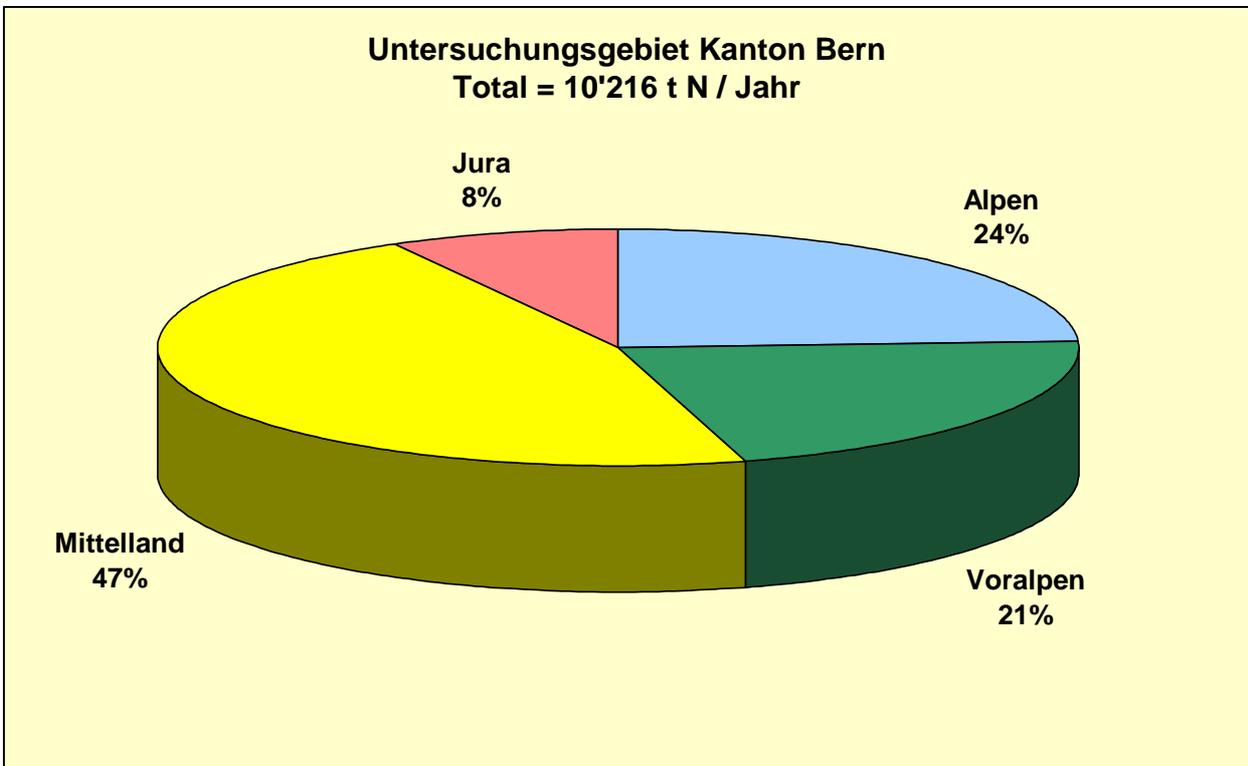
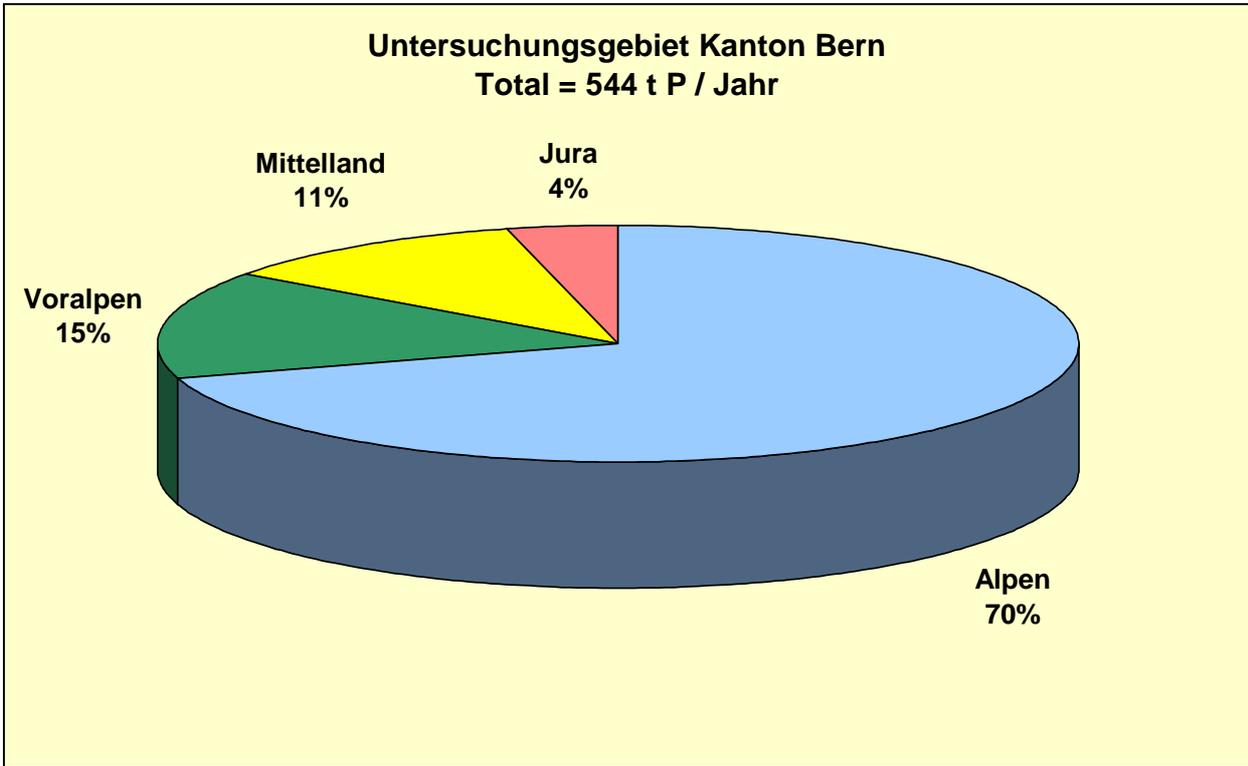


Abb. 32: Diffuse P- und N-Fracht, aufgeteilt nach Regionen.

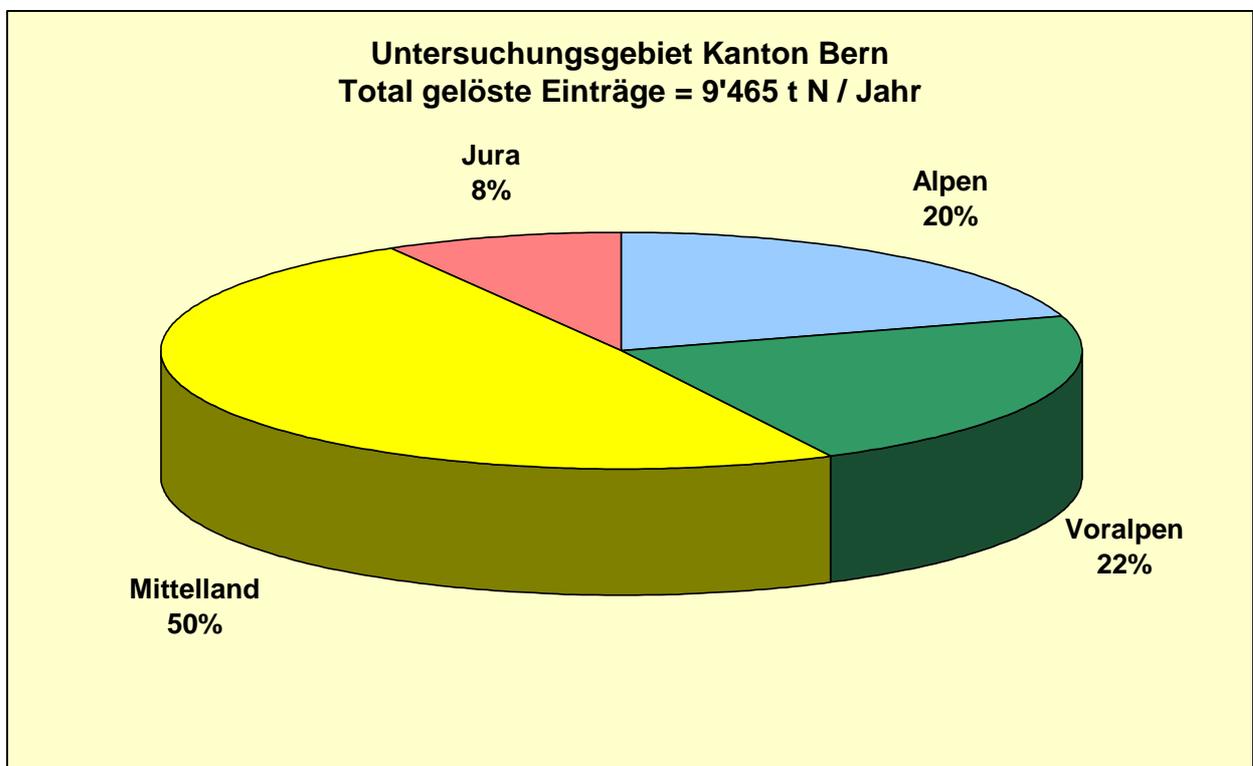
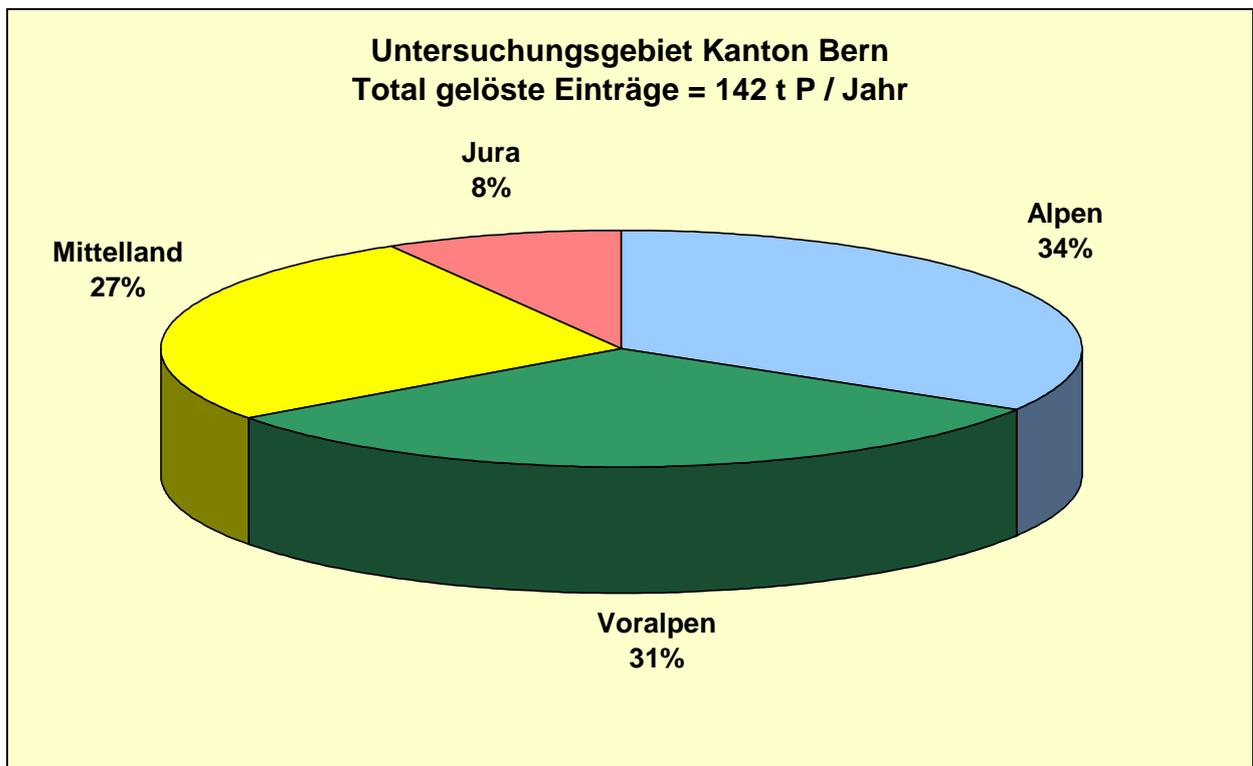


Abb. 33: Gelöste diffuse P- und N-Fracht, aufgeteilt nach Regionen.

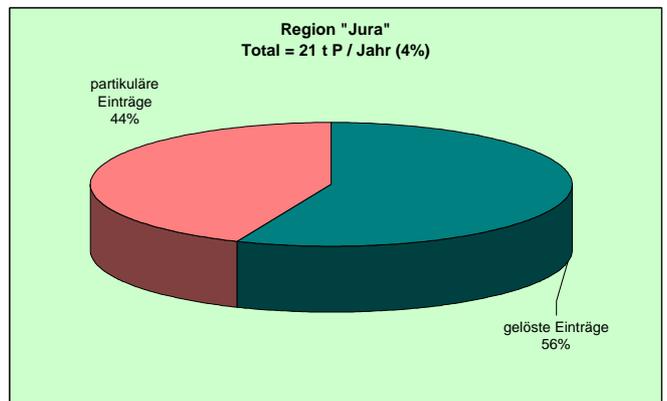
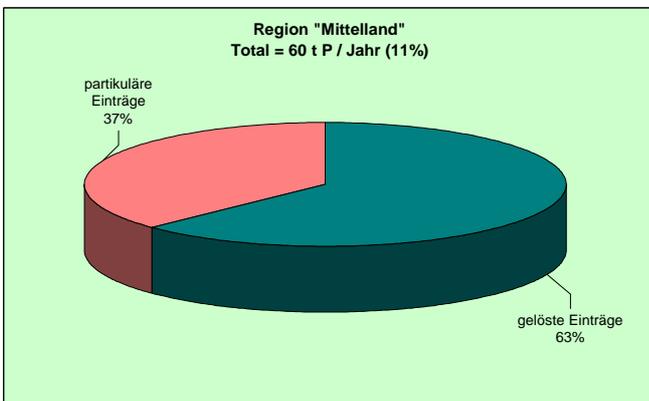
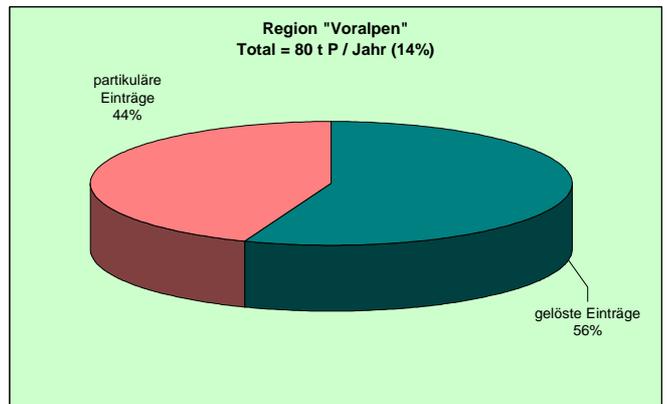
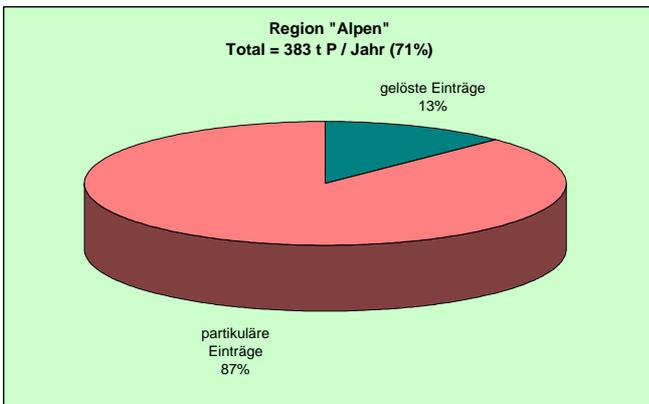
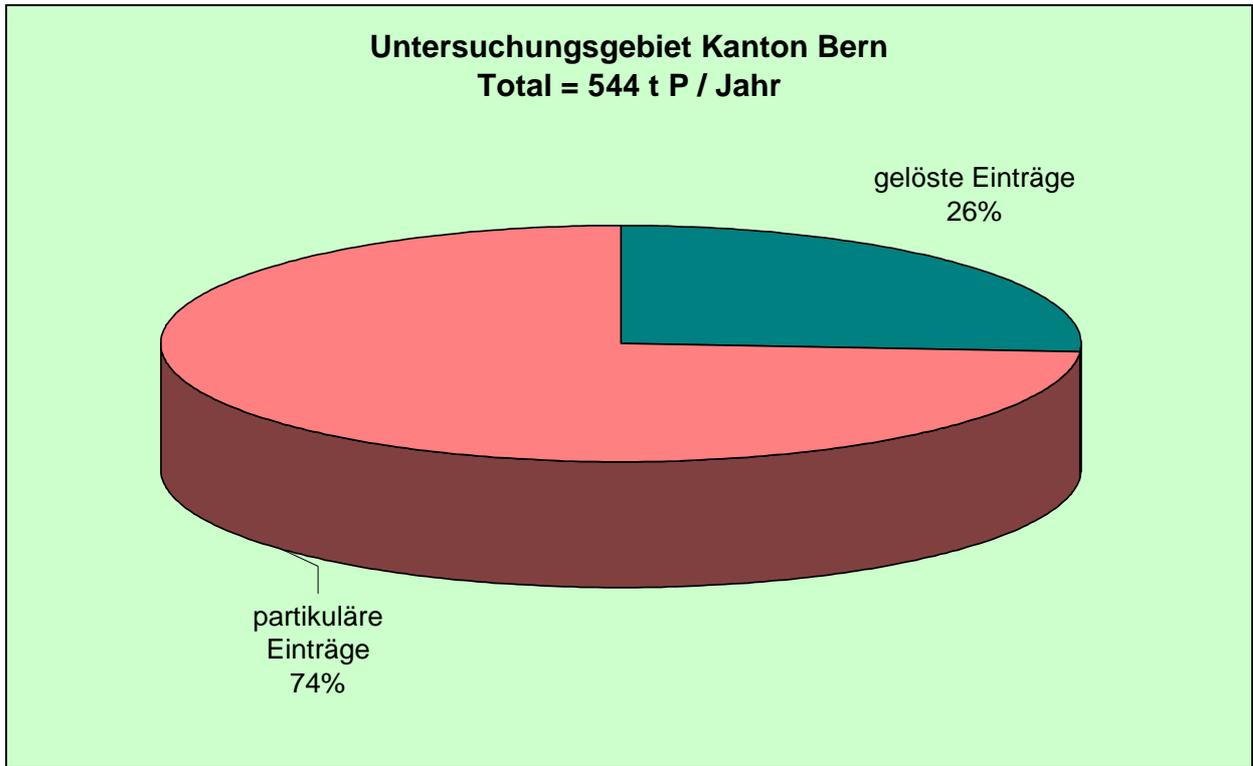


Abb. 34: Diffuse Gesamt-P-Fracht, aufgesplittet in gelöste und partikuläre Anteile.

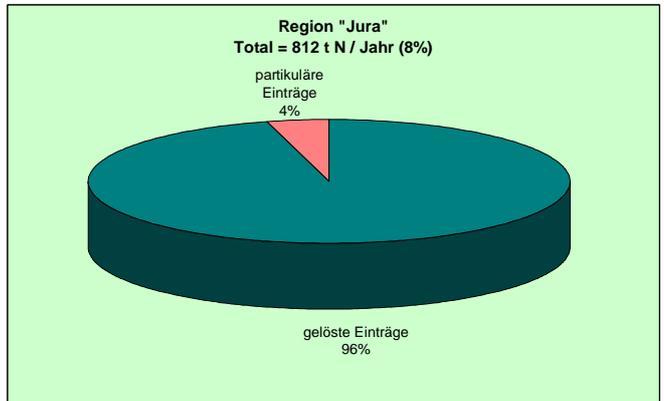
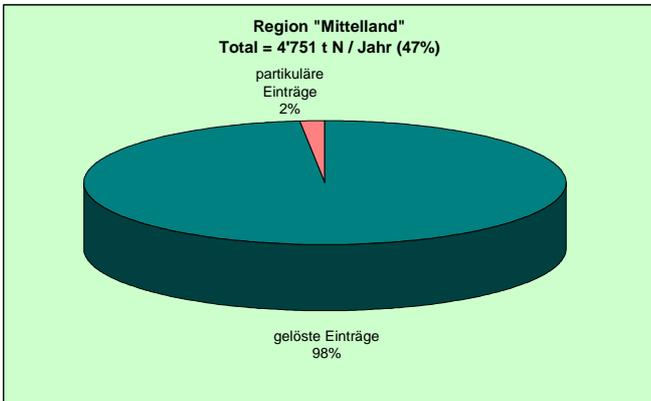
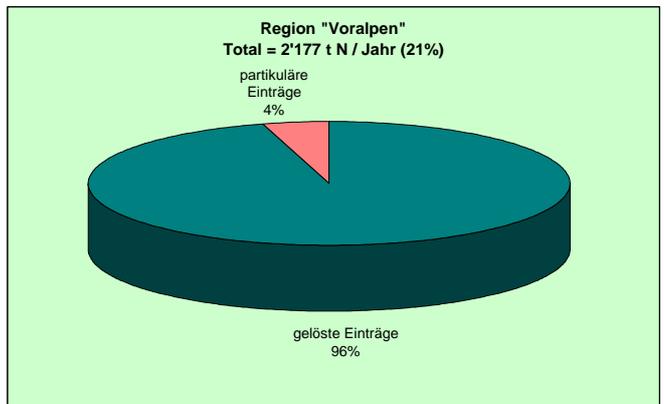
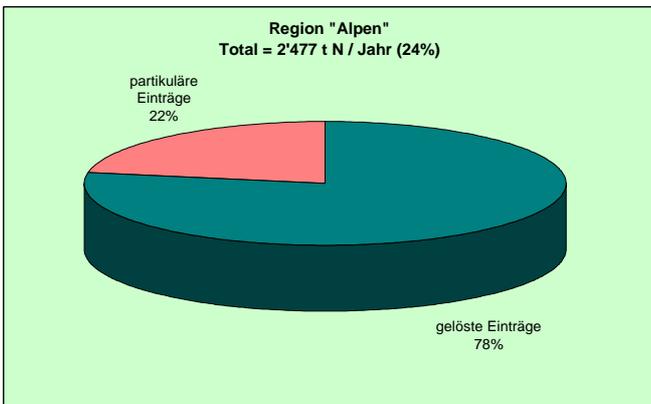
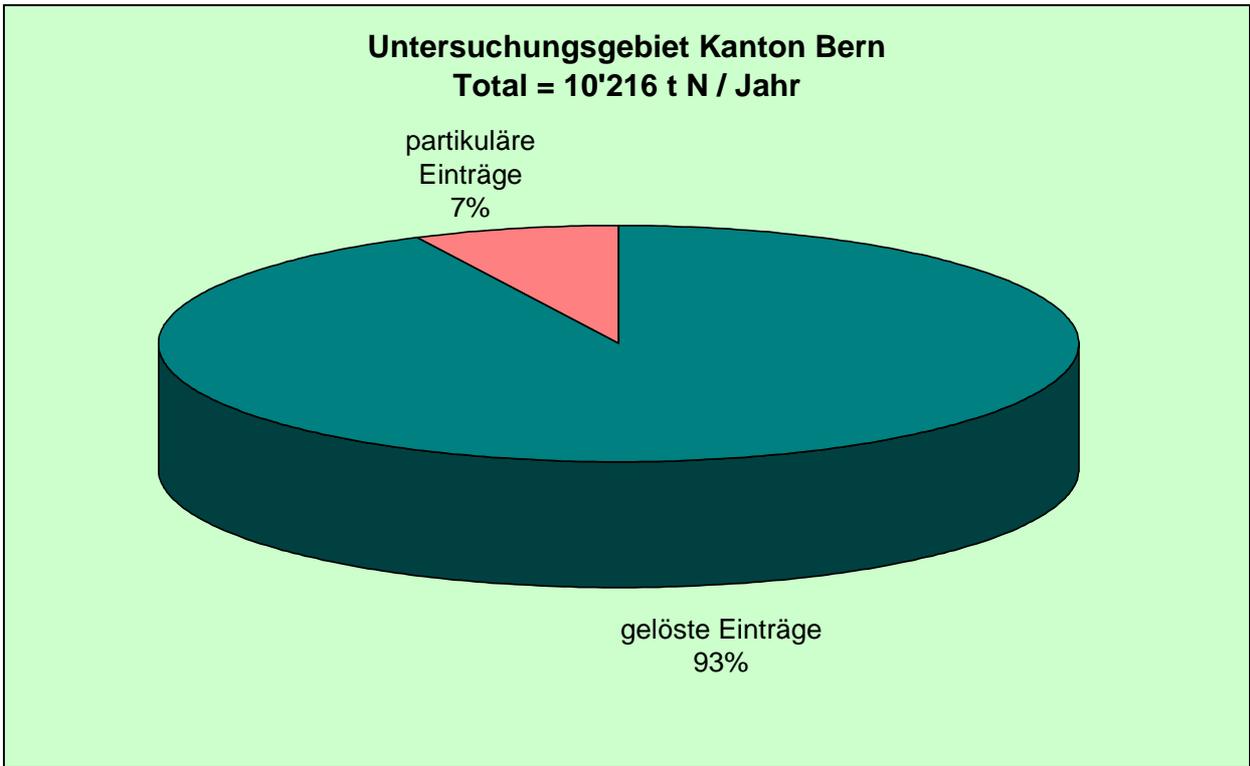


Abb. 35: Diffuse Gesamt-N-Fracht, aufgesplittet in gelöste und partikuläre Anteile.

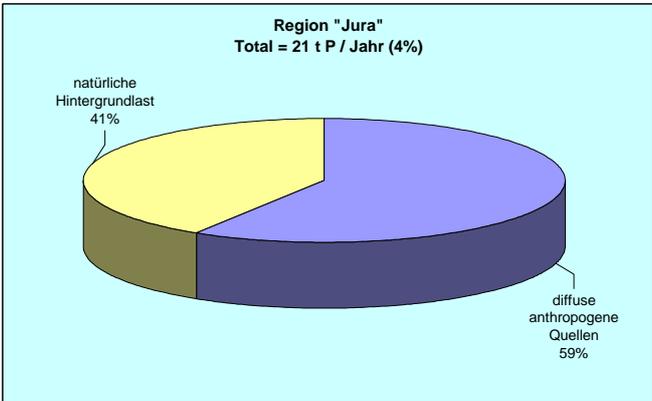
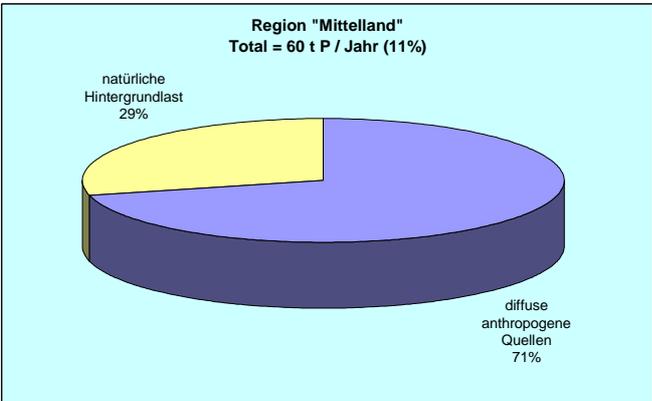
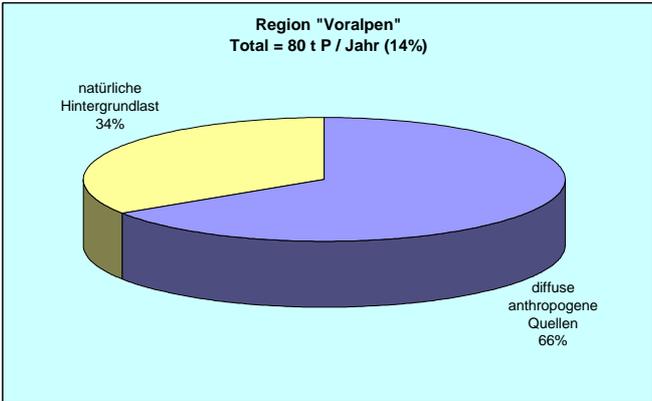
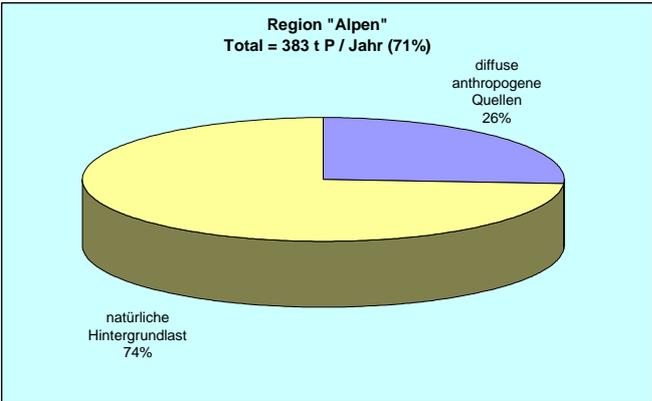
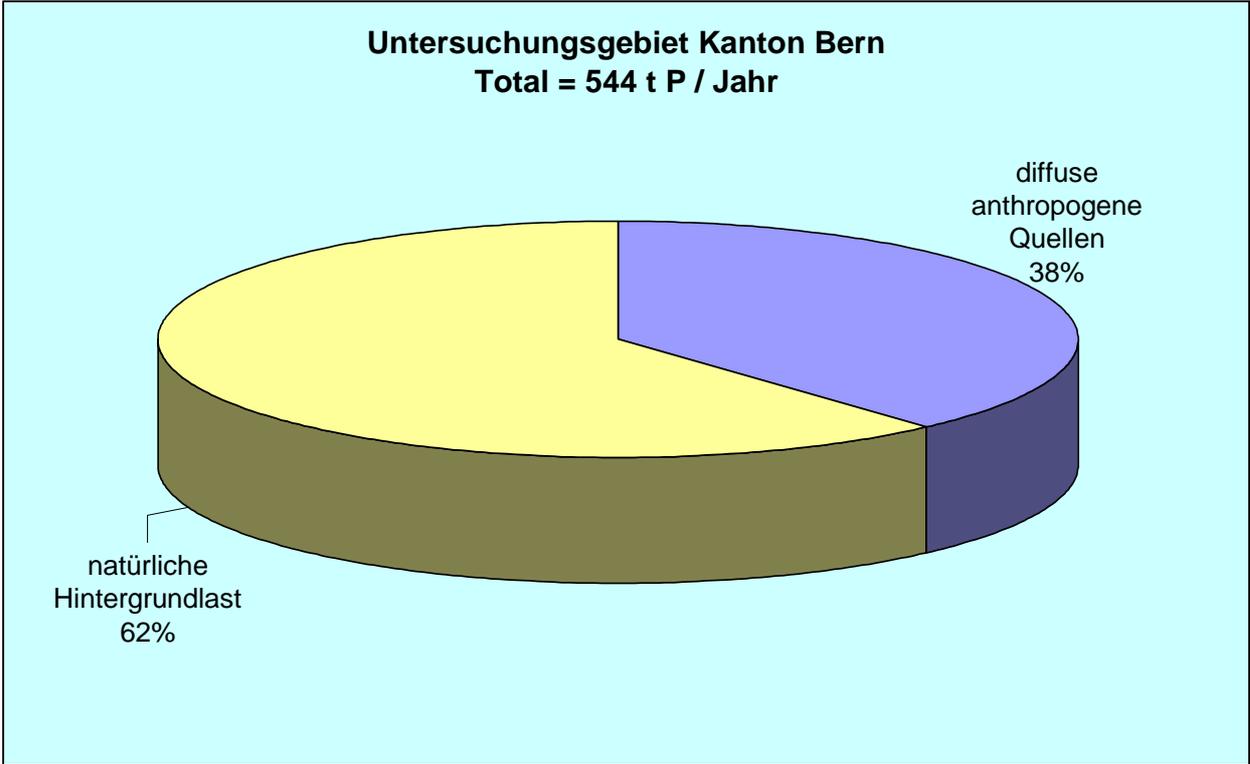


Abb. 36: Diffuse Gesamt-P-Fracht, aufgesplittet in anthropogene und natürliche Quellen.

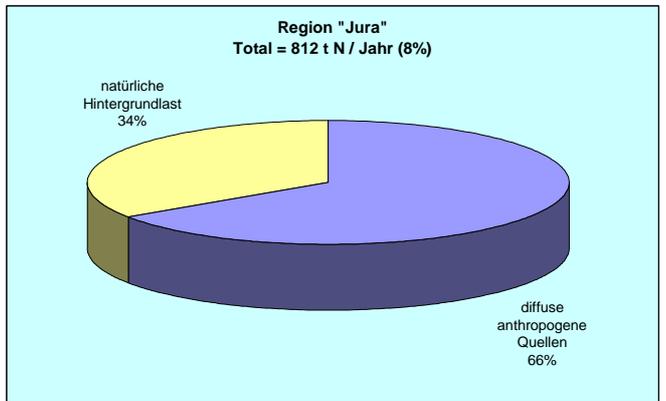
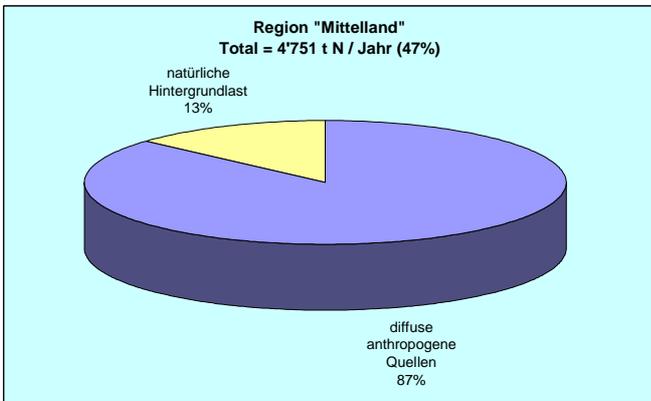
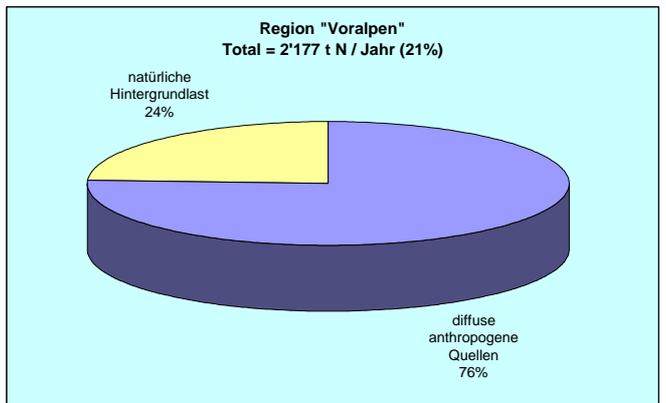
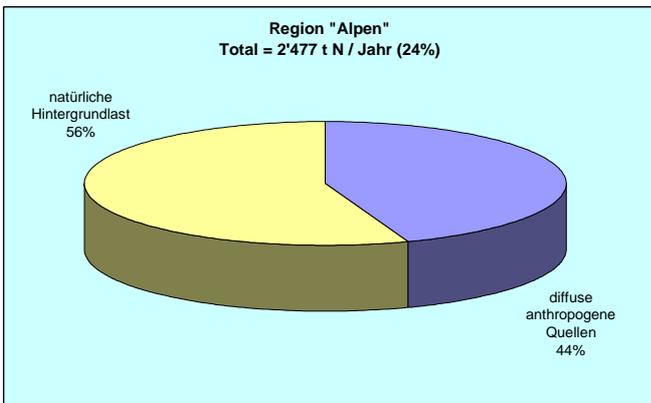
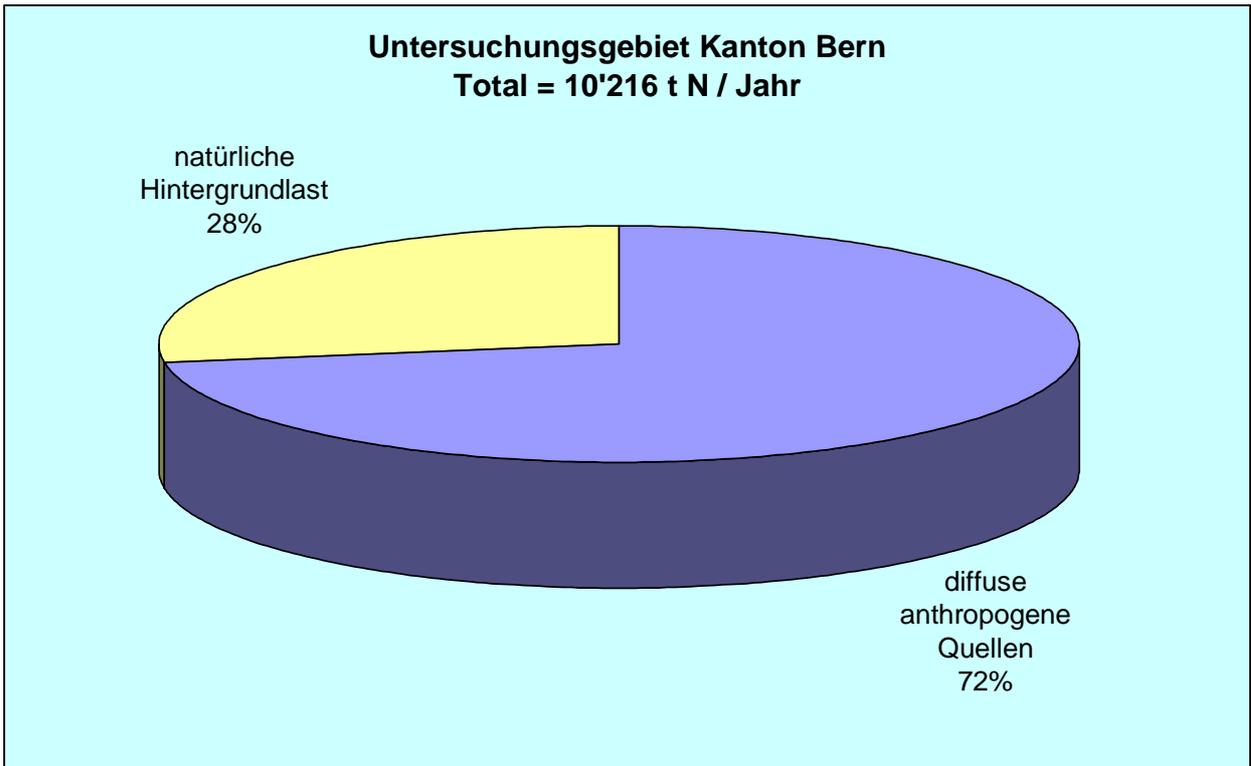


Abb. 37: Diffuse Gesamt-N-Fracht, aufgesplittet in anthropogene und natürliche Quellen.

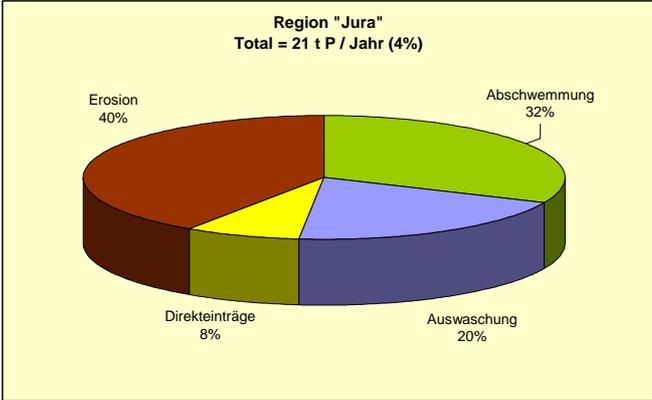
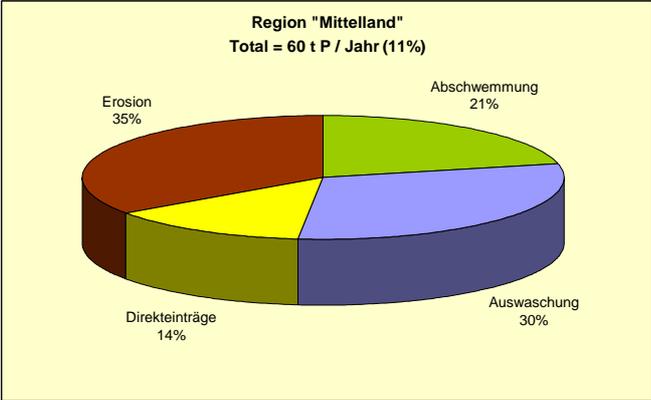
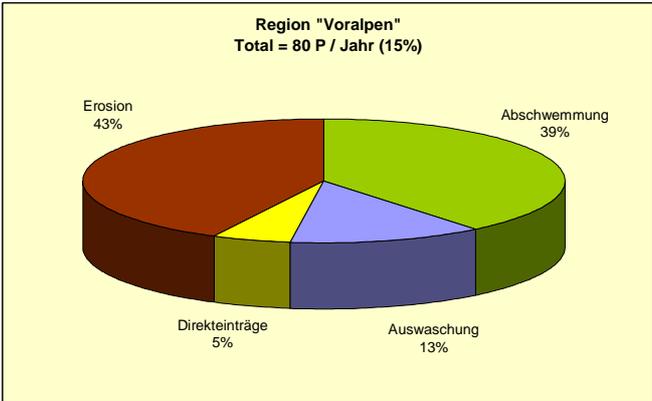
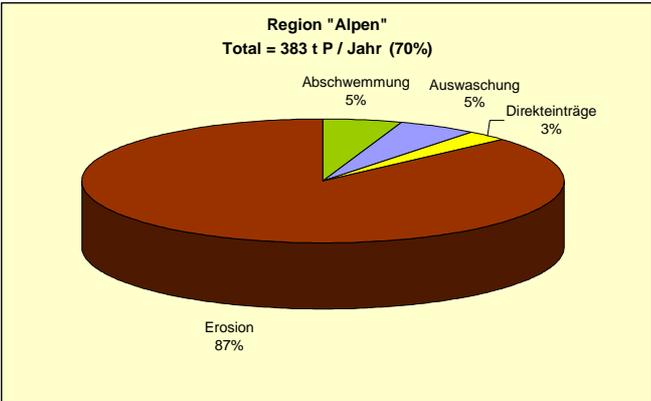
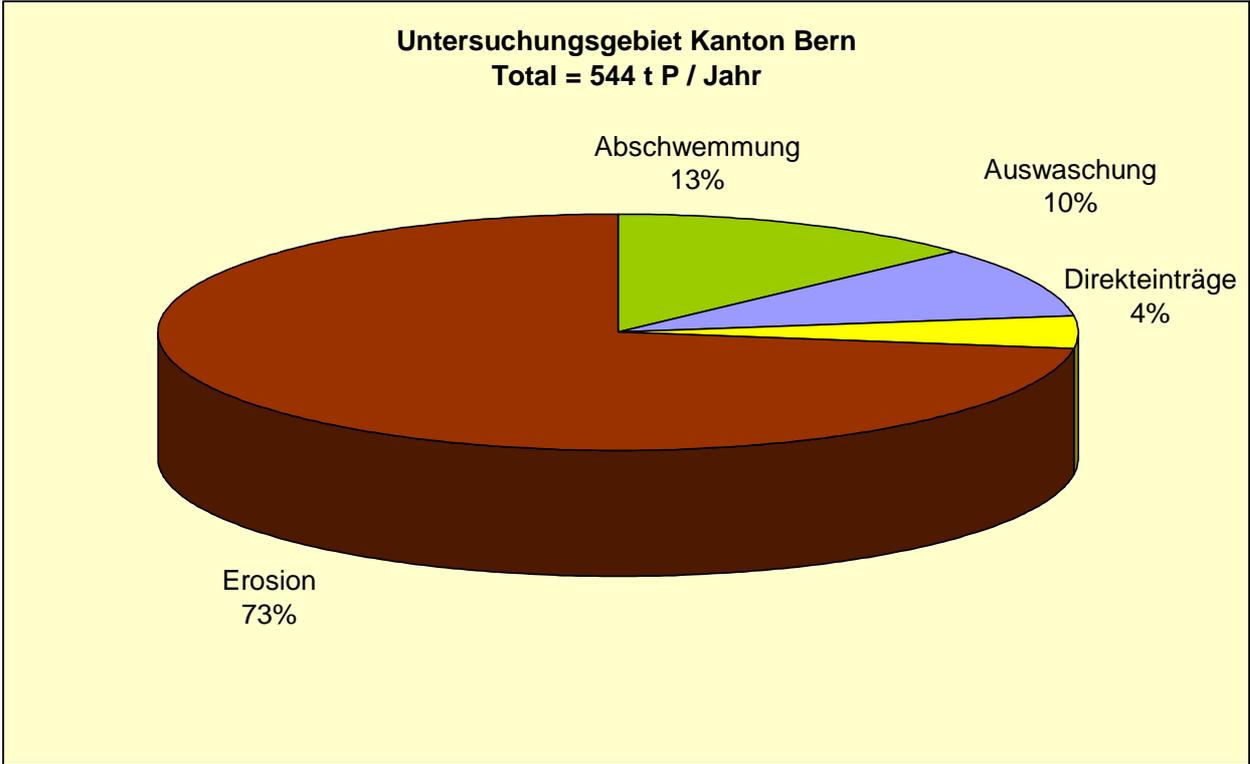


Abb. 38: Diffuse Gesamt-P-Fracht, aufgesplittet in Haupteintragspfade.

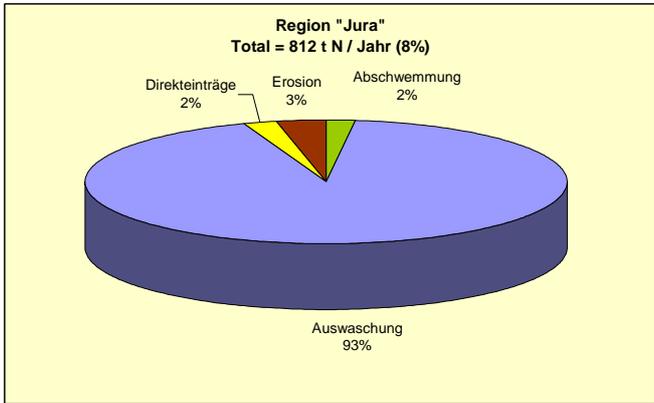
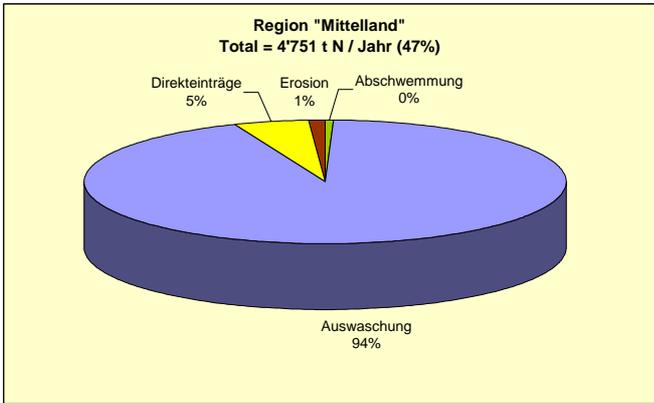
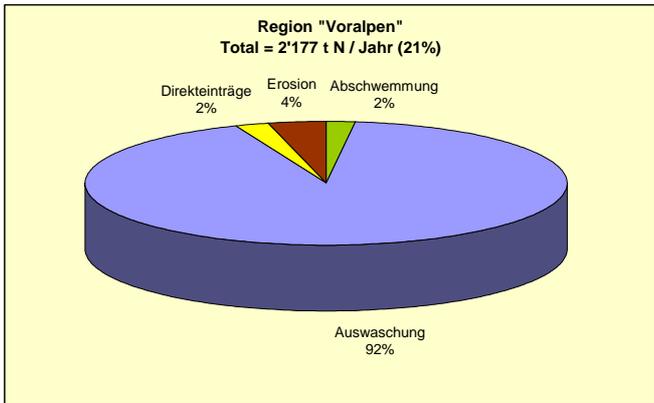
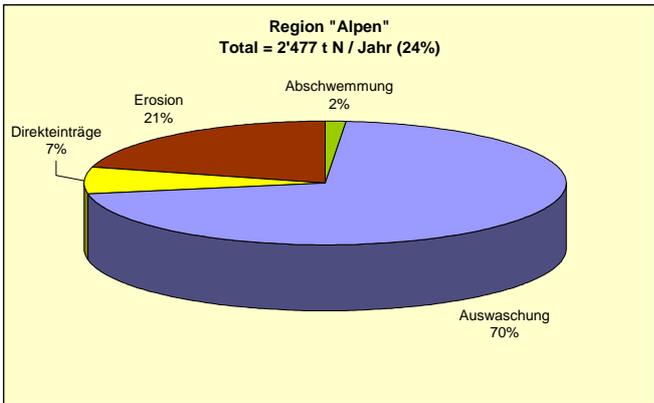
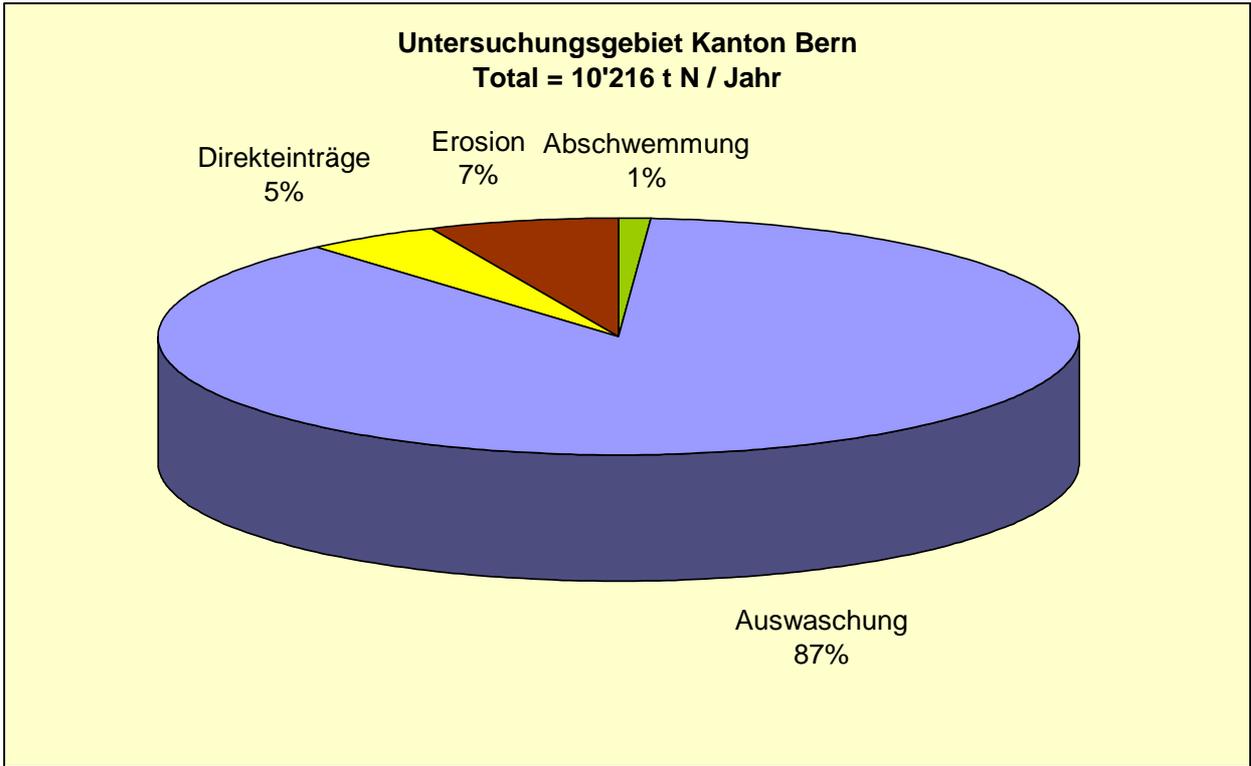


Abb. 39: Diffuse Gesamt-N-Fracht, aufgesplittet in Haupteintragspfade.

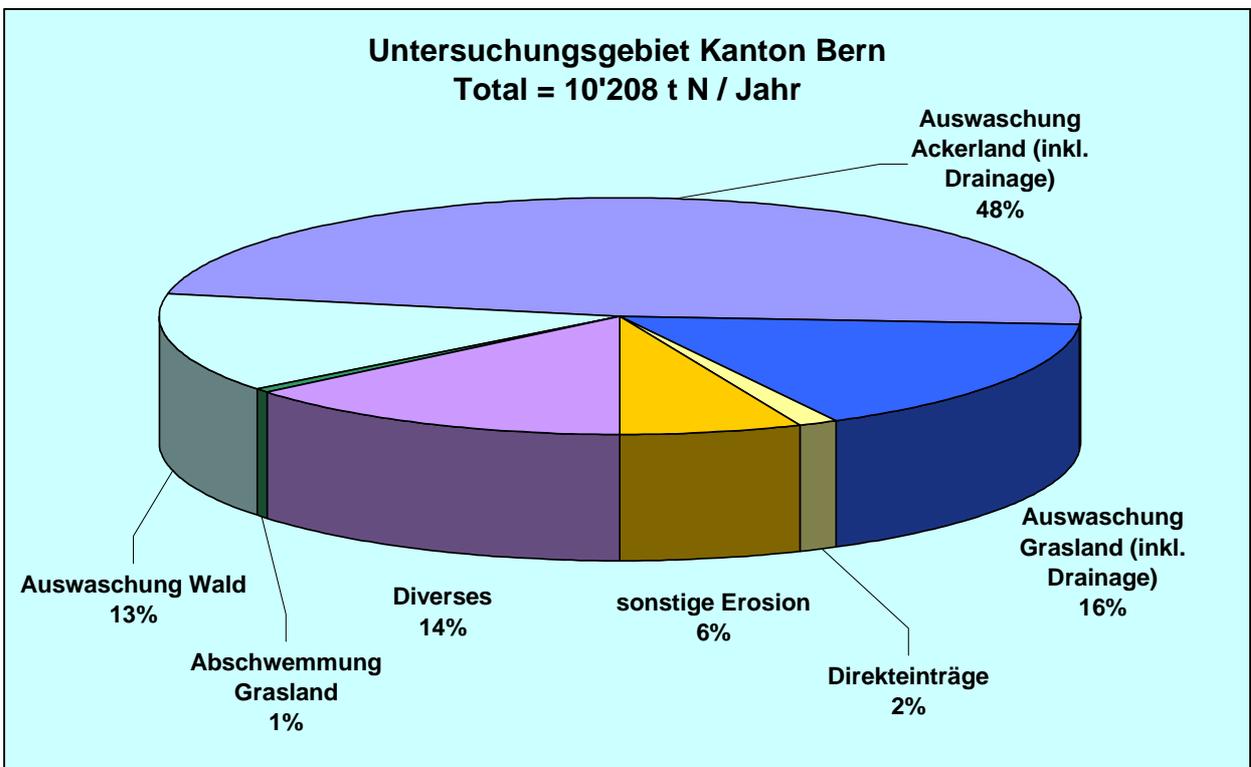
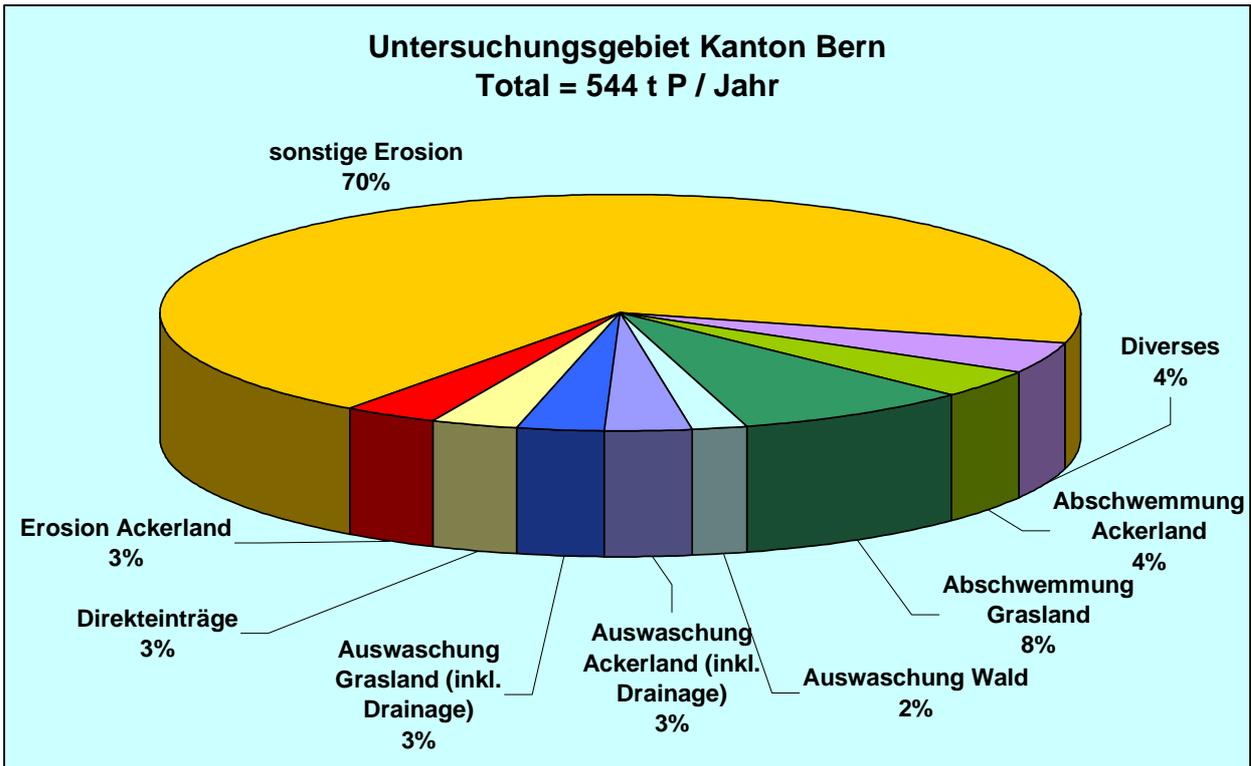


Abb. 40: Diffuse Gesamt-P- und N-Fracht, aufgesplittet in wichtige Eintragspfade.

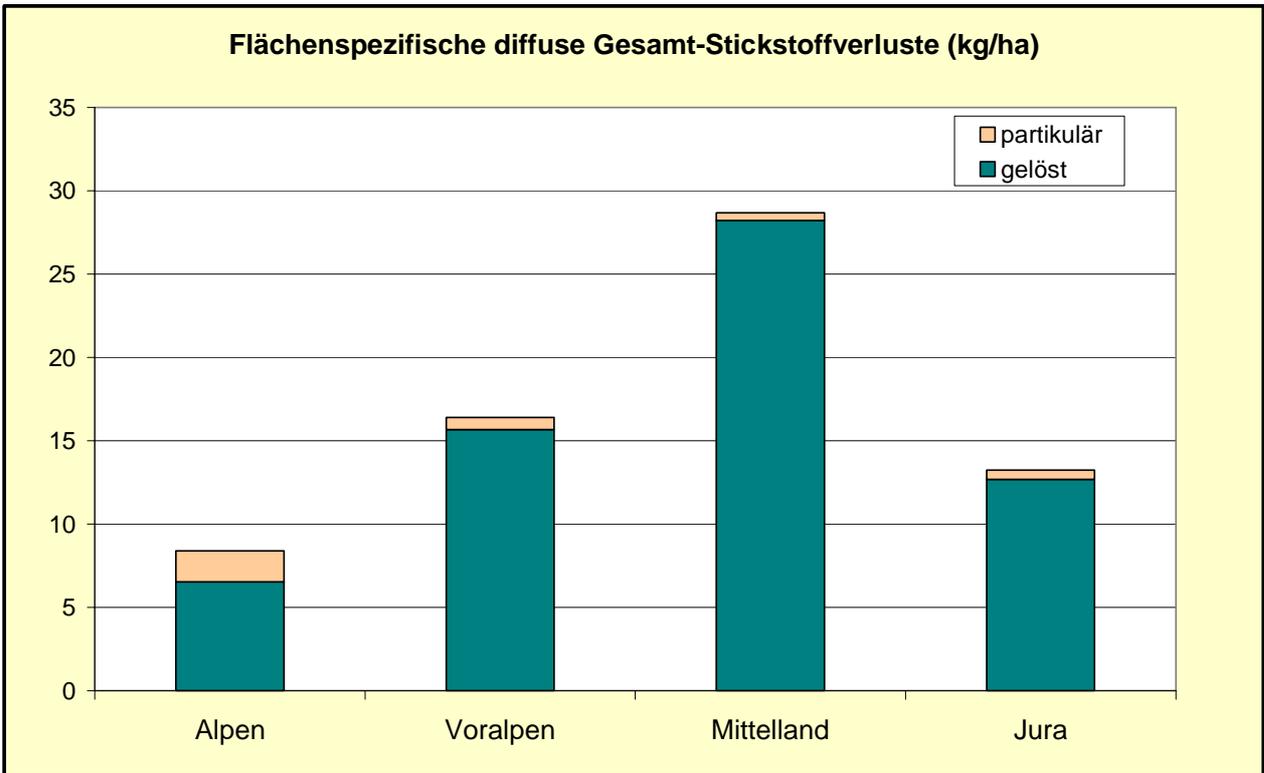
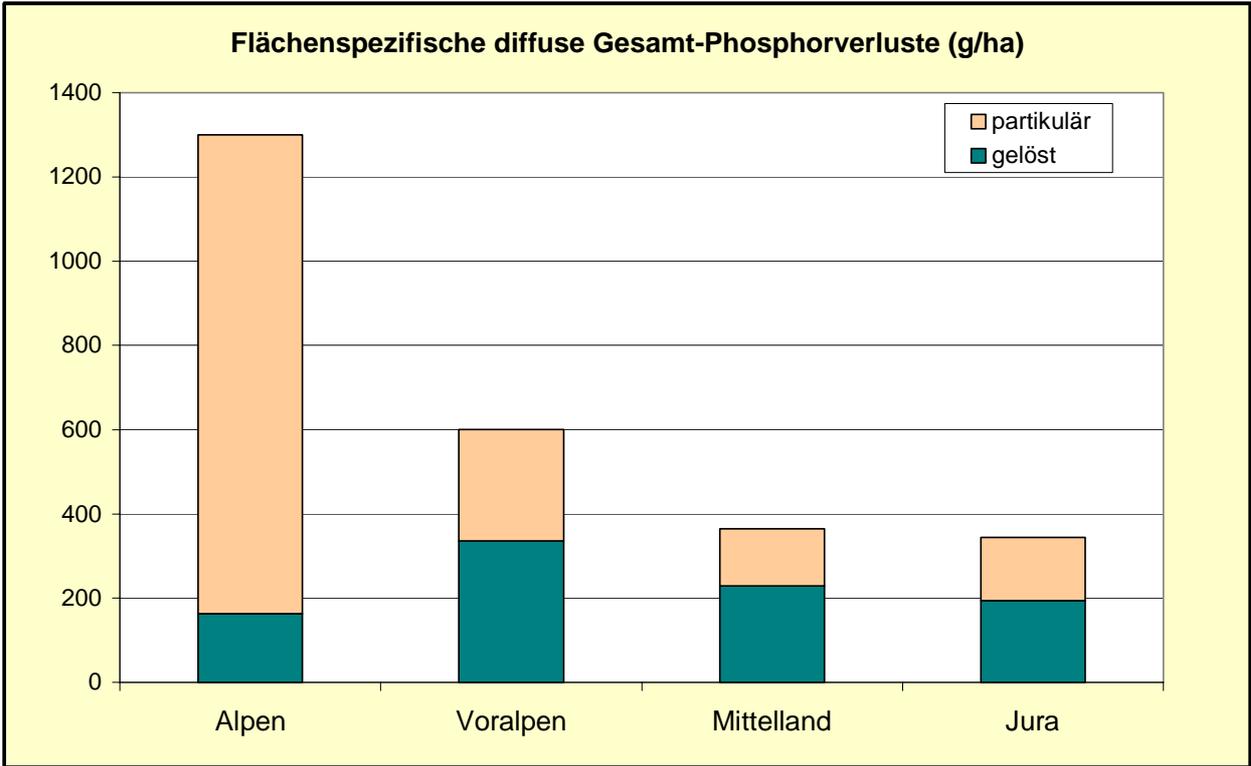


Abb. 41: Flächenspezifische diffuse P- und N-Einträge, aufgesplittet nach Regionen und partikuläre und gelöste Anteile.

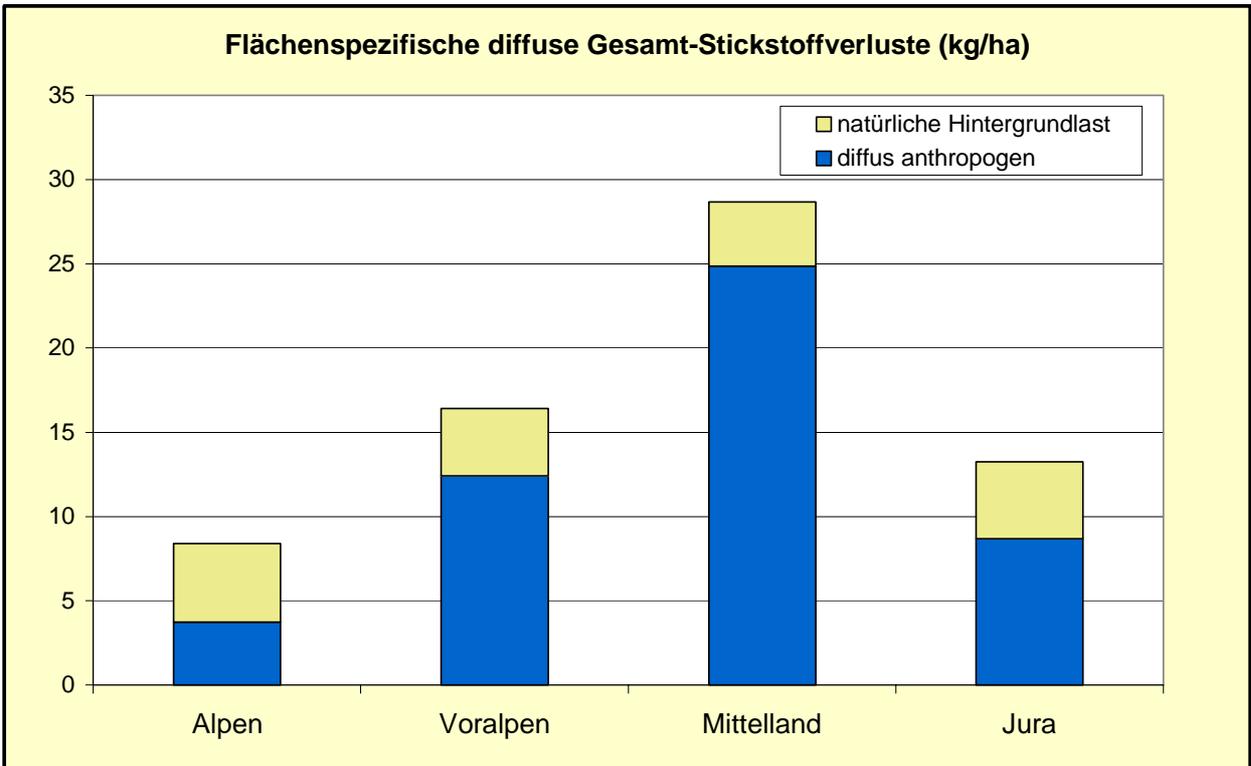
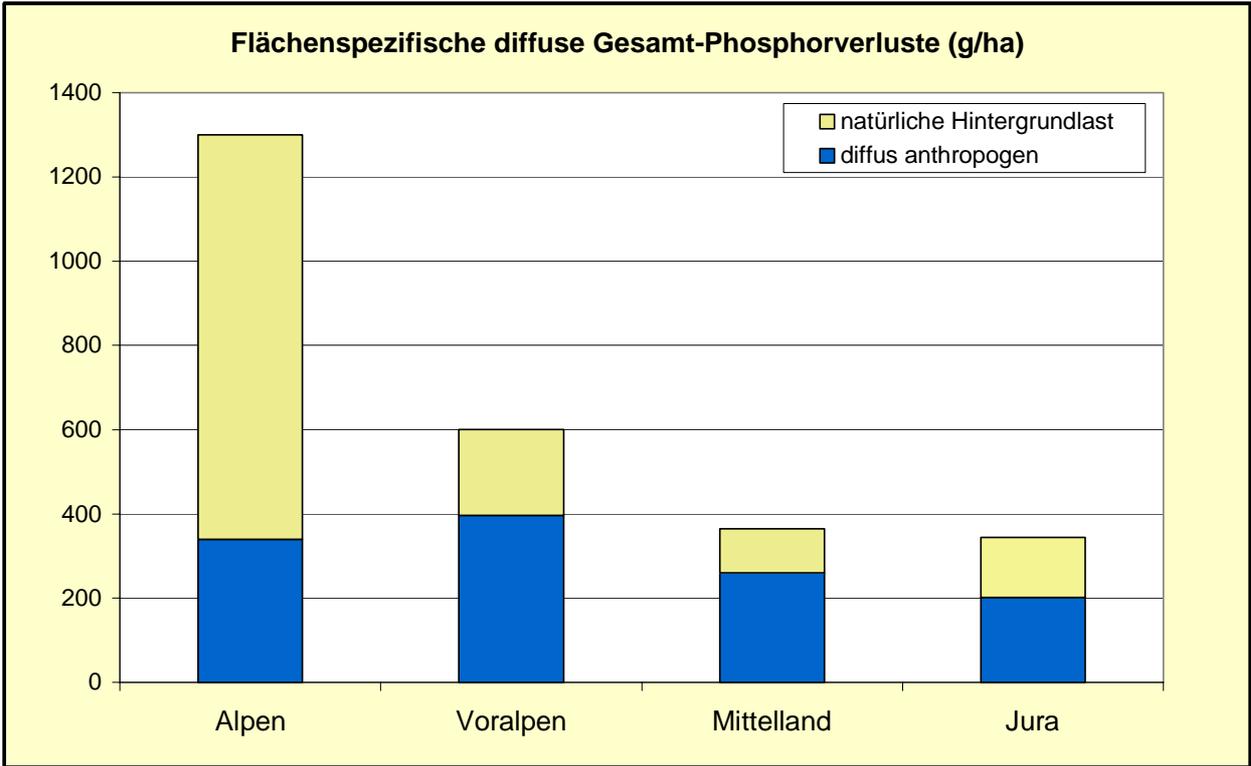
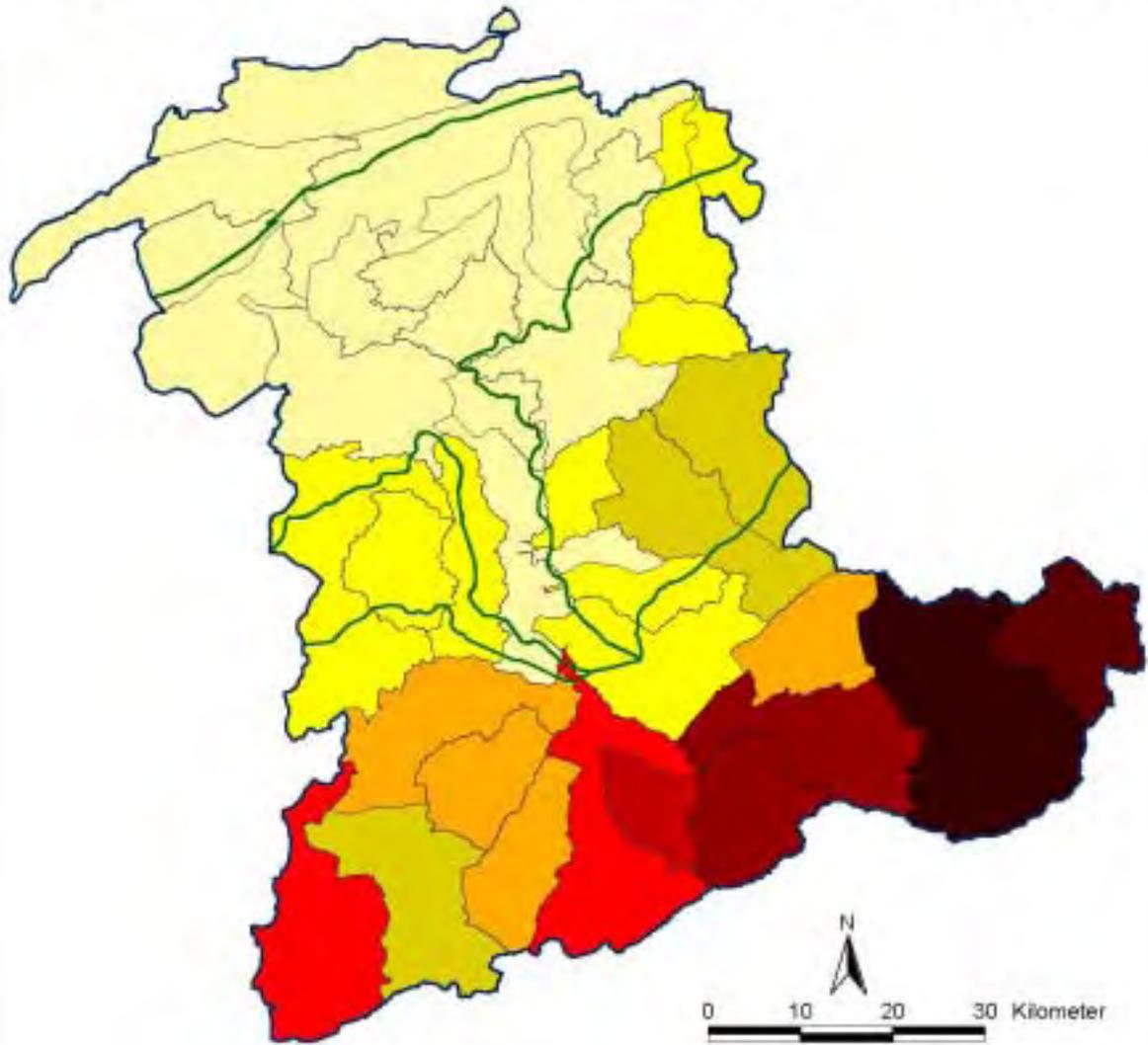


Abb. 42: Flächenspezifische diffuse P- und N-Einträge, aufgesplittet nach Regionen und in anthropogene und natürliche Quellen..

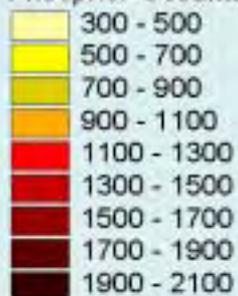
Phosphor: flächenspezifische Gesamteinträge pro Einzugsgebiet



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

Phosphor-Gesamteinträge (g / ha)



Datengrundlage:

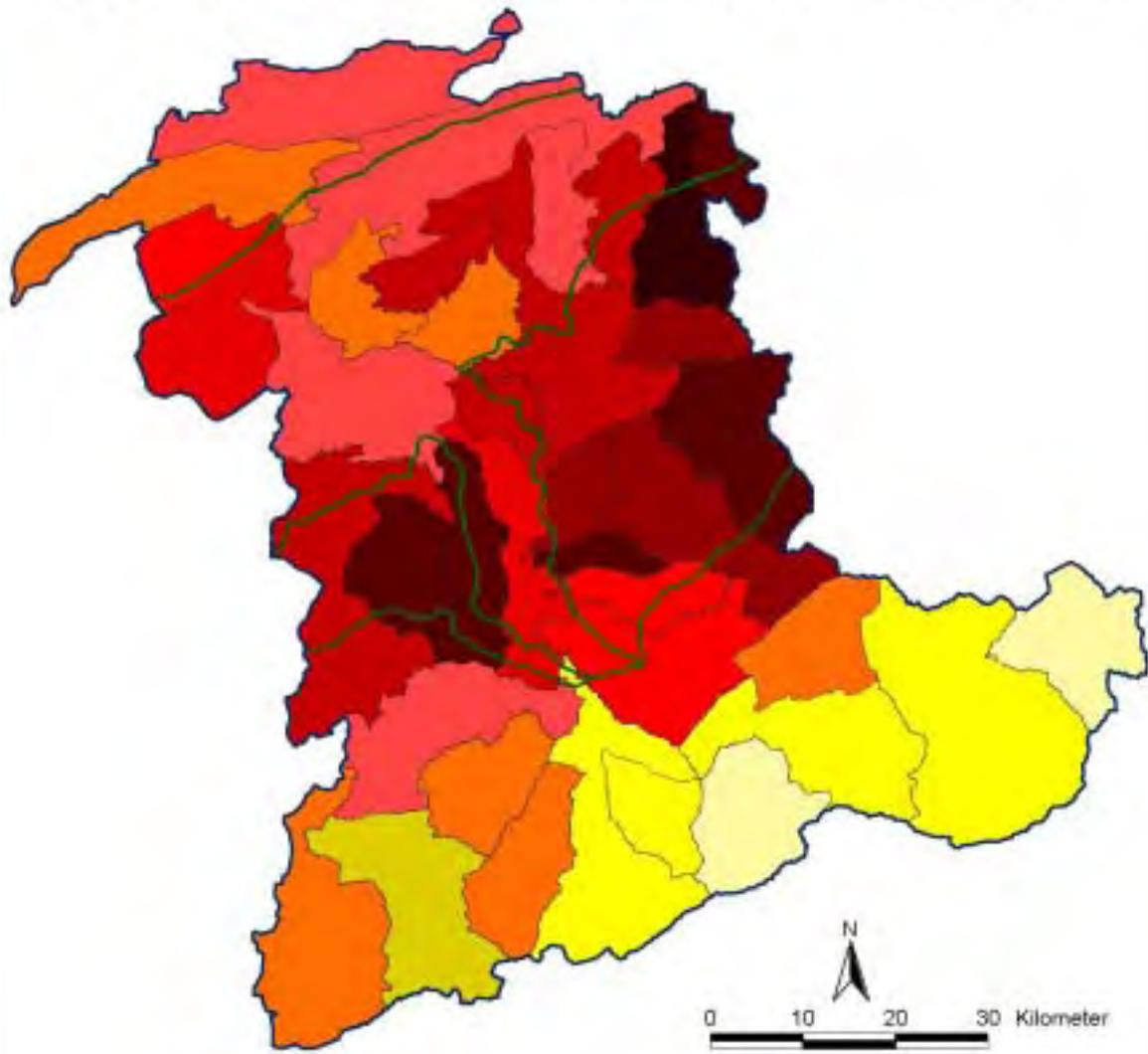
- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählungsdaten der Schweiz (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 43: Mittlere flächenspezifische P-Gesamteinträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet.

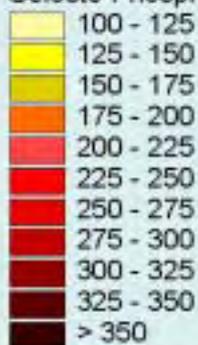
Phosphor: flächenspezifische gelöste Einträge pro Einzugsgebiet



Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

Regionsgrenzen

Gelöste Phosphoreinträge (g / ha)



Datengrundlage:

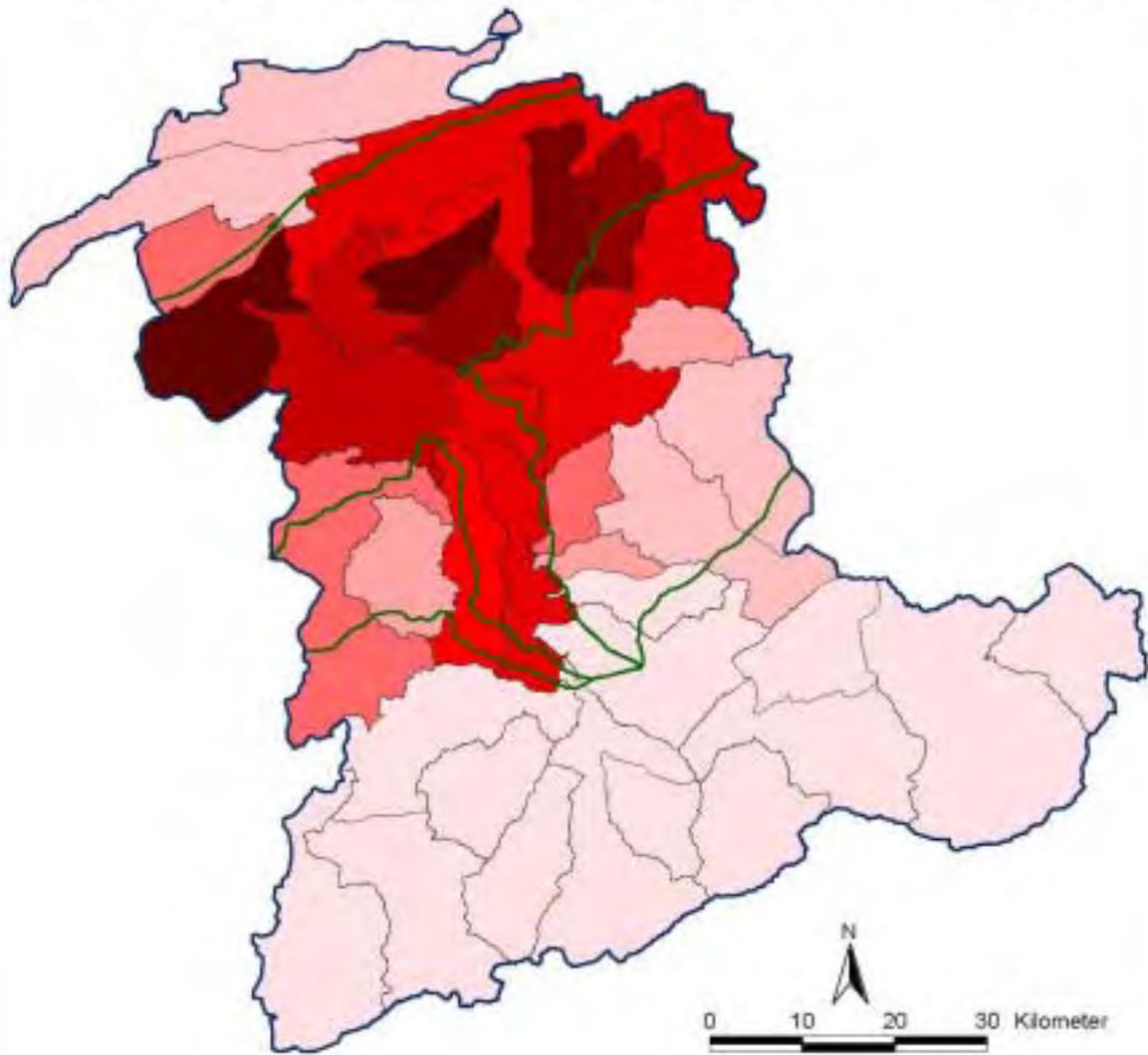
- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1976)
- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählungsdaten der Schweiz (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 44: Mittlere flächenspezifische gelöste P-Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet.

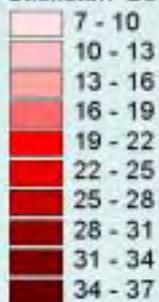
Stickstoff: flächenspezifische Gesamteinträge pro Einzugsgebiet



□ Untersuchungsgebiet "Kanton Bern"

□ Regionsgrenzen.shp

Stickstoff-Gesamteinträge (kg / ha)



Datengrundlage:

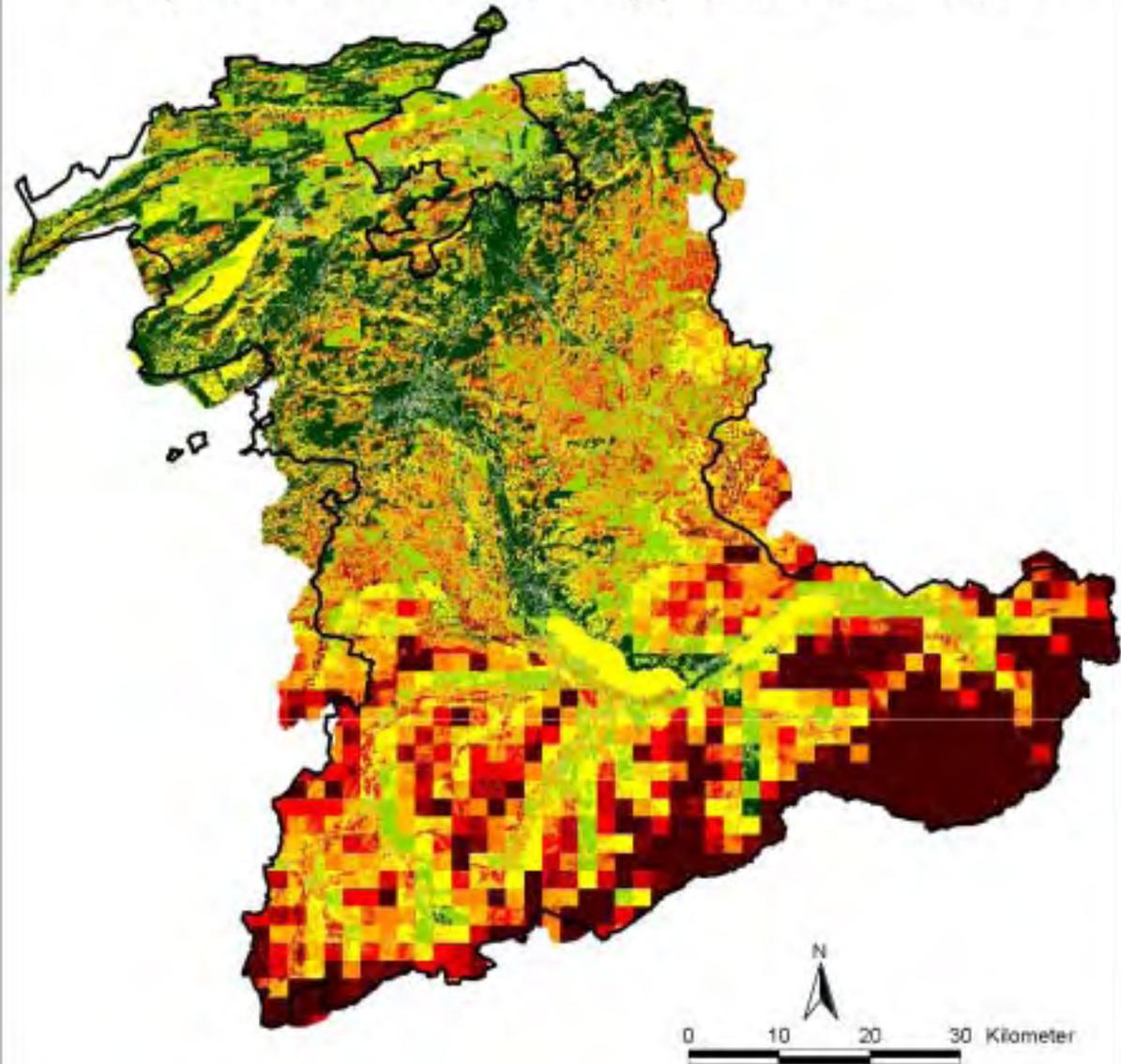
- Klimateignungskarte für die Landwirtschaft (EJPD & EVD 1978)
- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählungsdaten der Schweiz (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gantel 2001)

Grafik: FAL 2002



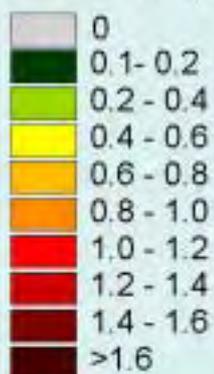
Abb. 45: Mittlere flächenspezifische N-Gesamteinträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet.

Phosphor: Gesamteintrag in kg pro Hektare und Jahr



□ Kantonsgrenze

P- Verluste (kg P/ha und Jahr)



Datengrundlage:
- Arealstatistik 1992/97
(BFS GEOSTAT 1997)
- P-Verluste: eigene Berechnungen

Grafik: FAL 2002



Abb. 46: Flächenspezifische P-Gesamteinträge aus diffusen Quellen pro Hektare.

Phosphor: Gelöster Eintrag in kg pro Hektare und Jahr



Kantonsgrenze

kg P / ha und Jahr



Datengrundlage:

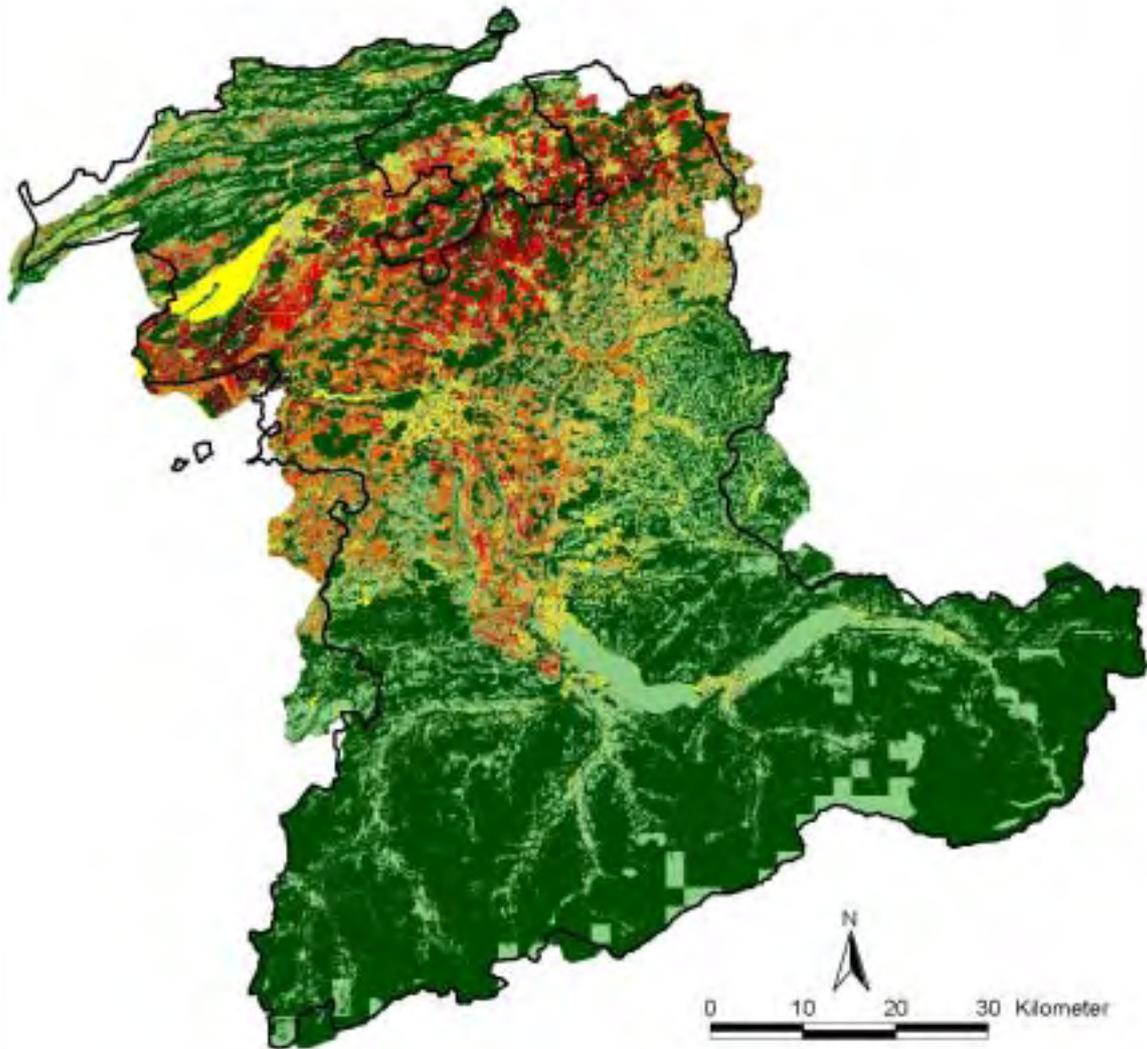
- Arealstatistik 1992/97
(BFS GEOSTAT 1997)
- Generalisierte Kantonsgrenze
(BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählung der Schweiz
(BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete
(Bonnard & Gardel 2001)
- P-Verluste: eigene Berechnungen

Grafik: FAL 2002



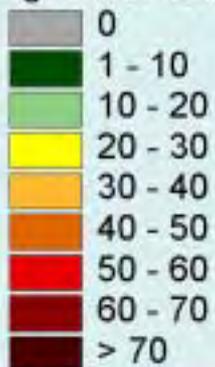
Abb. 47: Flächenspezifische gelöste P-Einträge aus diffusen Quellen pro Hektare.

Stickstoff: Gesamteintrag in kg pro Hektare und Jahr



□ Kantonsgrenze

kg N / ha und Jahr



Datengrundlage:

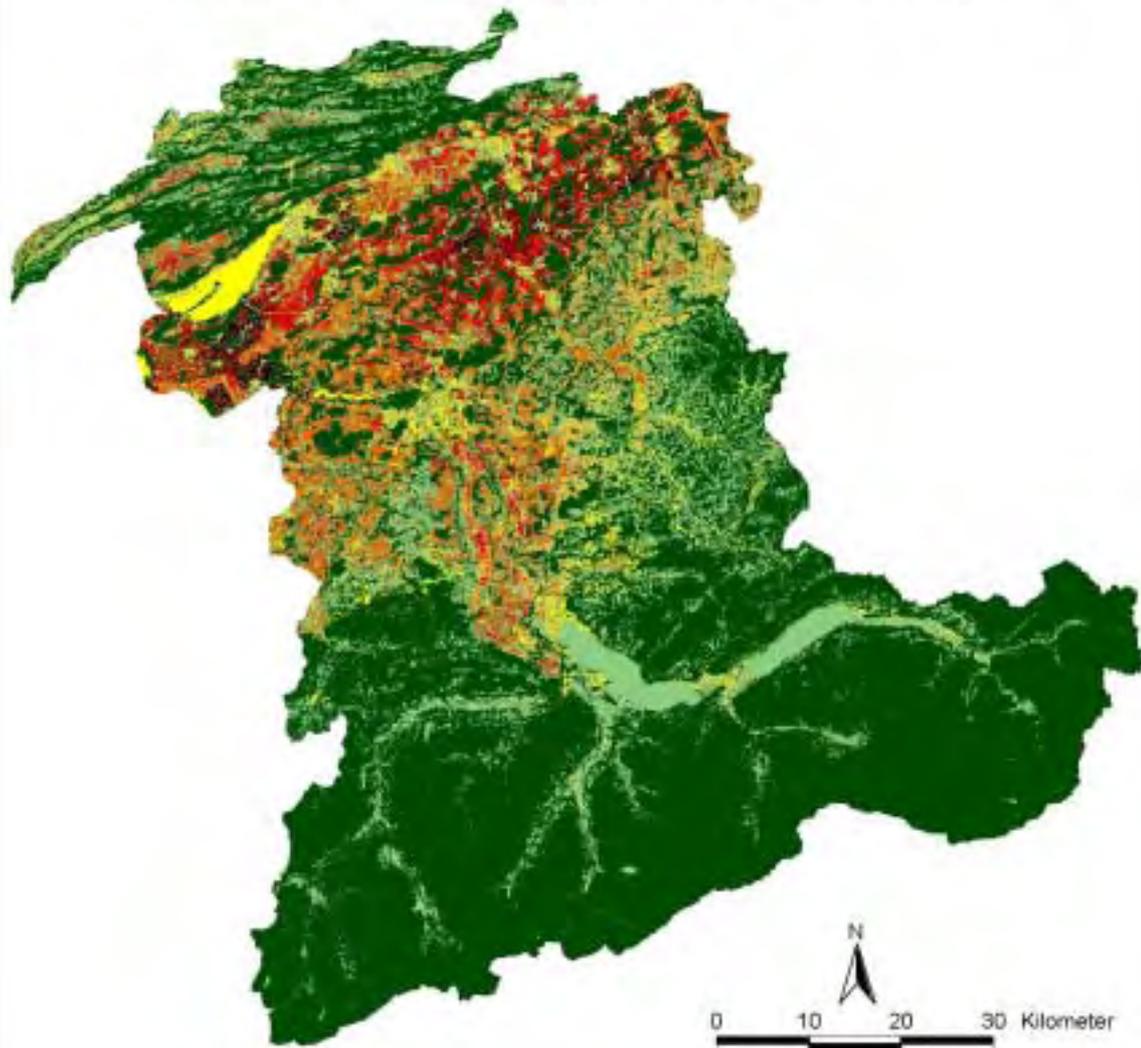
- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT 1997)
- Generalisierte Kantonsgrenze (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählung der Schweiz (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



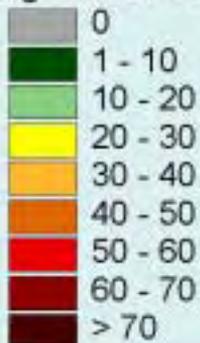
Abb. 48: Flächenspezifische N-Gesamteinträge aus diffusen Quellen pro Hektare.

Stickstoff: Gelöster Eintrag in kg pro Hektare und Jahr



□ Kantonsgrenze

kg N / ha / Jahr



Datengrundlage:

- Arealstatistik 1992/97 (BFS GEOSTAT 1997)
- Generalisierte Kantonsgrenze (BFS GEOSTAT / L + T 1998)
- Betriebszählung der Schweiz (BFS 2000)
- Hydrologische Einzugsgebiete (Bonnard & Gardel 2001)

Grafik: FAL 2002



Abb. 49: Flächenspezifische gelöste N-Einträge aus diffusen Quellen pro Hektare.

4. RESULTATE IM DETAIL

Nachdem in Kap. 3 ein Überblick über die wichtigsten Resultate gegeben wurde, folgen nun die detaillierten Ergebnisse zu den Einträgen aus diffusen Quellen in tabellarischer Form und mit Kurzkomentaren für das Gesamtgebiet und die vier geographischen Regionen. Die entsprechenden Tabellen für die hydrologischen Einzugsgebiete befinden sich im Anhang (Tab. 57 - 64). Dabei wird auf die absoluten Zahlen (Tab. 22 und 25 und 57 - 64 im Anhang) im Text nicht eingegangen, da sich die Regionen und Einzugsgebiete in ihre Grösse stark unterscheiden und daher anhand absoluter Zahlen kaum vergleichbar sind. Hier liefern die prozentualen Anteile einzelner Nutzungskategorien an der Landnutzung bzw. einzelner Pfade an der Gesamtbelastung sowie die flächenspezifischen Verluste bessere Vergleichsmöglichkeiten. Verschiedene GIS-Karten (Abb. 51-60 und 62-66) zeigen weitergehende Auswertungsmöglichkeiten bezüglich einzelner Eintragspfade und einzelner Landnutzungen. Dabei wurden bei allen Abbildungen für P und N jeweils die gleichen Klasseneinteilungen gewählt, um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu haben. Dadurch kommen bei einigen Abbildungen nur zwei oder drei Klassen vor. Innerhalb dieser Klassen wären aber durchaus noch feinere Auflösungen möglich. Abschliessend werden exemplarisch zwei Abbildungen im grösseren Massstab für zwei ausgewählte Einzugsgebiete dargestellt. Es wurden hierfür Gebiete mit hohen P-Verlusten (Langete) bzw. N-Verlusten (Urtenen) ausgewählt (Abb. 67, 68).

Die Einträge aus punktuellen Quellen werden nicht kommentiert, da sie nicht Gegenstand vorliegender Untersuchung sind. Es sei daran erinnert, dass bei den Regenentlastungen die ausserkantonale Anteile nicht berücksichtigt wurden und somit vor allem in der Region Mittelland (Einzugsgebiete Aare Biel-Murgenthal, Limpach, untere Emme, Ösch, Seeland, Sense) etwas zu niedrig sind (vgl. BG 2003).

4.1 LANDNUTZUNG

◆ **Untersuchungsgebiet (Tab. 18):**

44% der Gesamtfläche sind Landwirtschaftliche Nutzflächen, 31% Wald, 18% unproduktive Flächen und 7% Siedlungsflächen, wobei fast die Hälfte davon Siedlungsgrünflächen sind. Rund zwei Drittel der LN ist Grasland, ein Drittel Ackerland. Reben und Gartenbau spielen keine Rolle. 50% vom Grasland sind alpwirtschaftliche Nutzflächen, 28% Dauerwiesen, 10% Heimweiden, 3% Obstbau und 9% wenig intensive oder extensive Wiesen und Weiden. Vom Ackerland sind 39% Kunstwiesen, 34% Getreide, 12% Mais und 11% Hackfrüchte.

◆ **Regionen (Tab. 19):**

Mit 57% bzw. 53% ist der Anteil der LN in den Voralpen und im Mittelland überdurchschnittlich hoch. Im Jura dominiert der Waldanteil mit 53%, in den Alpen die unproduktive Fläche mit 37%. Der Anteil an Siedlungsflächen ist mit 16% im Mittelland überdurchschnittlich hoch. Während in den Alpen 99%, in den Voralpen 60% und im Jura 74% der LN Grasland ist, überwiegt im Mittelland mit 74% der Ackerflächenanteil. Beim Grasland dominieren in den Alpen mit 77% und im Jura mit 57% die alpwirtschaftliche Nutzfläche, während in den Voralpen und im Mittelland die Dauerwiesen überwiegen.

Die Aufteilung des Ackerlandes nach Kulturen wurde aus technischen Gründen für die Regionen nicht vorgenommen (nur Gesamtgebiet und Einzugsgebiete).

◆ **Einzugsgebiete (Tab. 57 im Anhang, Abb. 5):**

- **Waldfläche:** Die höchsten Flächenanteile werden in den Gebieten La Birse (53), La Sutz (49%), Nordufer Bielersee (43%), Zulg (42%) und Schwarzwasser (41%), die niedrigsten in den Gebieten Weisse Lütschine (17%), Seeland (17%), Gadmerwasser (18%) und Aare Oberhasli (18%) erreicht.
- **Landwirtschaftliche Nutzfläche:** Die höchsten Anteile LN haben die Gebiete Gürbe (64%), Langete (63%), Limpach (61%), Rot (60%), Sense (59%) und Urtenen, untere Emme, Rotache, Ösch, Önz, Worble, Seeland (alle 57%); die niedrigsten die alpinen Gebiete Gadmerwasser (17%), Aare Oberhasli (17%), Weisse Lütschine (23%) und Briener See (23%).
- Hohe Anteile an Ackerland an der LN finden sich in den Gebieten Limpach (81%), Seeland, Urtenen, Ösch (alle 79%), Alte Aare-Lyssbach (78%), Aare Bern-Hagneck (77%), Önz (68%), Worble (65%), Aare Biel-Murgenthal (63%), Rot (63%), Langete (61%) und untere Emme (60%); hohe Graslandanteile in diversen alpinen Gebieten mit nahezu 100%. Rebbau spielt mit 7% an der LN im Gebiet Nordufer Bielersee eine gewisse Rolle, Gartenbau erreicht nirgends mehr als 1%.
- Innerhalb des Graslandes überwiegen in den alpinen Gebieten und im Jura die alpwirtschaftlichen Nutzflächen, in den meisten anderen Gebieten die Dauerwiesen. Hohe Anteile an Heimweiden an der LN gibt es in den Gebieten Önz (42%), Langete (35%), untere Emme (33%), Ösch (32%), Rot (32%), und Alte Aare-Lyssbach (30%). Obstbau ist in den Gebieten Alte Aare-Lyssbach (15%), Seeland (14%), Aare Bern-Hagneck, Worble, Ösch, Rot (alle 13%) und Limpach (12%) stark vertreten. Der Anteil extensiv genutzter Wiesen am Grasland ist in den Gebieten Seeland (21%), Limpach (18%), Alte Aare-Lyssbach (13%), Aare Bern-Hagneck (13%), Ösch (12%) und Urtenen (12%) hoch, der Anteil wenig intensiver Wiesen in den Gebieten Ösch (13%), Önz (11%), Urtenen (11%), Limpach, Alte Aare-Lyssbach, Langete, Rot (alle 10%).
- Beim Ackerland dominieren in den Gebieten mit geringen prozentualen Anteil Ackerland an der LN (die meisten Gebiete in den Alpen, Voralpen und im Jura) die Kunstwiesen. Hohe Anteile an Kunstwiesen an der Ackerfläche kommen auch in den Gebieten Chise (58%), Langete (56%), Gürbe (50%), untere Emme (48%), Worble (45%) und Aare Thun-Bern (43%) vor. Hackfrüchte werden vor allem in den Gebieten Alte Aare-Lyssbach (21%), Seeland (20%), Urtenen (19%), Limpach (18%) und Aare Bern-Hagneck (14%) angebaut. Mais kommt in den Gebieten Seeland (17%), Aare Biel-Murgenthal (16%), Aare Bern-Hagneck (15%), Alte Aare-Lyssbach (14%), Limpach (13%), Ösch (13%) und Urtenen (12%) häufig vor. Gemüseanbau spielt im Seeland mit 14% eine wichtige Rolle.
- ◆ **Siedlungsfläche:** Hohe Anteile Siedlungsflächen kommen in den Gebieten Worble (19%), Aare Thun-Bern (16%), Aare Bern-Hagneck (18%), Alte Aare-Lyssbach (14%), Urtenen (13%) und untere Emme (11%), niedrige Anteile in den meisten alpinen Gebieten mit 1-3% vor.
- ◆ **Unproduktive Flächen:** Sehr hohe Anteile unproduktiver Flächen haben die alpinen Gebiete Gadmerwasser (65%), Aare Oberhasli (62%), Weisse Lütschine (58%), Kander (49%), Kiene (44%), Schwarze Lütschine (42%) und Briener See (41%), während in diversen Mittelland- und Juragebieten die Anteile um 1% liegen.

Tab. 18: Flächennutzung Gesamtgebiet gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97.

| Nutzung | Total Untersuchungs- gebiet "Kanton Bern" | Total Untersuchungs- gebiet "Kanton Bern" | Total Untersuchungs- gebiet "Kanton Bern" |
|---|--|--|--|
| | Fläche [ha] | Fläche [%] | Fläche [%] |
| Bodenfläche insgesamt | 654'134 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 202'503 | 31 | 31 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 287'972 | 44 | |
| Siedlungsfläche | 43'940 | 7 | |
| Unproduktive Fläche | 119'719 | 18 | |
| Siedlungsfläche | 43'940 | 100 | |
| Überbaute Fläche | 11'423 | 26 | 2 |
| Strassen und Wege | 11'328 | 26 | 2 |
| Siedlungsgrün | 21'189 | 48 | 3 |
| Unproduktive Fläche | 119'719 | 100 | |
| Gewässer | 18'381 | 15 | 3 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 22'722 | 19 | 3 |
| vegetationslos | 78'616 | 66 | 12 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 287'972 | 100 | |
| Ackerland | 102'012 | 35 | 16 |
| Grasland | 185'097 | 64 | 28 |
| Reben | 330 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 533 | 0 | 0 |
| Grasland | 185'097 | 100 | |
| Dauerwiesen, Mähweiden (andere übrige Dauerwiesen) | 51'303 | 28 | 8 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 5'456 | 3 | 1 |
| Heimweiden | 18'757 | 10 | 3 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 91'759 | 50 | 14 |
| Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden, ÖAB) | 6'807 | 4 | 1 |
| Wenig intensive Wiesen (ohne Weiden, ÖAB) | 7'889 | 4 | 1 |
| Extensiv genutzte Weiden (ÖAA) | 2'261 | 1 | 0 |
| Extensive Wiesen auf stillgelegtem Ackerland (ÖAB) | 865 | 0 | 0 |
| Ackerland | 102'012 | 100 | |
| Kunstwiesen | 39'354 | 39 | 6 |
| Hackfrüchte | 11'127 | 11 | 2 |
| Kartoffeln | 5'927 | 6 | 1 |
| Zuckerrüben | 4'350 | 4 | 1 |
| Restl. Hackfrüchte (Futtrüben) | 850 | 1 | 0 |
| Getreide | 34'264 | 34 | 5 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 17'105 | 17 | 3 |
| Roggen | 810 | 1 | 0 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 11'317 | 11 | 2 |
| Hafer | 1'825 | 2 | 0 |
| Triticale | 2'614 | 3 | 0 |
| Dinkel | 447 | 0 | 0 |
| Restl. Getreide (Mischel Futter- und Brotgetreide, Emmer, Einkorn) | 146 | 0 | 0 |
| Mais | 11'852 | 12 | 2 |
| Körnermais | 3'709 | 4 | 1 |
| Silo- und Grünmais | 8'143 | 8 | 1 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 2'346 | 2 | 0 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 190 | 0 | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 662 | 1 | 0 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 1'741 | 2 | 0 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe (Sommer- und Winterraps, Sonnenblumen, Hanf, Kenaf, übrige offene Ackerfläche) | 73 | 0 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen (Tabak, Beeren, Gewürz- und Medizinpflanzen, gärtnerische Freilandkulturen) | 145 | 0 | 0 |
| Buntbrache (ÖAB) | 122 | 0 | 0 |
| Rotationsbrache (ÖAB) | 136 | 0 | 0 |

Tab. 19: Flächennutzung nach Regionen gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97.

| Nutzung | 1 | 2 | 3 | 4 | Total Untersuchungsgebiet "Kanton Bern" |
|--|----------------|----------------|----------------|---------------|---|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | |
| | Fläche [ha] | Fläche [ha] | Fläche [ha] | Fläche [ha] | Fläche [ha] |
| Bodenfläche insgesamt | 294'479 | 132'719 | 165'677 | 61'259 | 654'134 |
| Waldfläche | 79'237 | 48'439 | 42'154 | 32'673 | 202'503 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 99'369 | 75'465 | 88'074 | 25'064 | 287'972 |
| Siedlungsfläche | 6'718 | 7'697 | 26'264 | 3'261 | 43'940 |
| Unproduktive Fläche | 109'155 | 1'118 | 9'185 | 261 | 119'719 |
| Siedlungsfläche | 6'718 | 7'697 | 26'264 | 3'261 | 43'940 |
| Überbaute Fläche | 1'898 | 1'824 | 6'884 | 817 | 11'423 |
| Strassen und Wege | 2'055 | 2'421 | 5'950 | 910 | 11'336 |
| Siedlungsgrün | 2'765 | 3'452 | 13'430 | 1'534 | 21'181 |
| Unproduktive Fläche | 109'155 | 1'118 | 9'185 | 261 | 119'719 |
| Gewässer | 8'798 | 856 | 8'658 | 69 | 18'381 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 21'900 | 199 | 501 | 122 | 22'722 |
| vegetationslos | 78'457 | 63 | 26 | 70 | 78'616 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 99'369 | 75'465 | 88'074 | 25'064 | 287'972 |
| Ackerland | 708 | 29'808 | 65'121 | 6'375 | 102'012 |
| Grasland | 98'638 | 45'606 | 22'185 | 18'668 | 185'097 |
| Reben | 9 | 1 | 304 | 16 | 330 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 14 | 50 | 464 | 5 | 533 |
| Grasland | 98'638 | 45'606 | 22'185 | 18'668 | 185'097 |
| Dauerwiesen etc. | 20'373 | 27'447 | 14'840 | 6'465 | 69'125 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 289 | 2'316 | 2'673 | 178 | 5'456 |
| Heimweiden | 1'604 | 11'117 | 4'672 | 1'364 | 18'757 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 76'372 | 4'726 | 0 | 10'661 | 91'759 |
| Ackerland | 708 | 29'808 | 65'121 | 6'375 | 102'012 |

| Nutzung | 1 | 2 | 3 | 4 | Total Untersuchungsgebiet "Kanton Bern" |
|--|------------|------------|------------|------------|---|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | |
| | Fläche [%] |
| Bodenfläche insgesamt | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 27 | 36 | 25 | 53 | 31 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 34 | 57 | 53 | 41 | 44 |
| Siedlungsfläche | 2 | 6 | 16 | 5 | 7 |
| Unproduktive Fläche | 37 | 1 | 6 | 0 | 18 |
| Siedlungsfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Überbaute Fläche | 28 | 24 | 26 | 25 | 26 |
| Strassen und Wege | 31 | 31 | 23 | 28 | 26 |
| Siedlungsgrün | 41 | 45 | 51 | 47 | 48 |
| Unproduktive Fläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gewässer | 8 | 77 | 94 | 26 | 15 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 20 | 18 | 5 | 47 | 19 |
| vegetationslos | 72 | 6 | 0 | 27 | 66 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ackerland | 1 | 39 | 74 | 25 | 35 |
| Grasland | 99 | 60 | 25 | 74 | 64 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Grasland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Dauerwiesen etc. | 21 | 60 | 67 | 35 | 37 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 0 | 5 | 12 | 1 | 3 |
| Heimweiden | 2 | 24 | 21 | 7 | 10 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 77 | 10 | 0 | 57 | 50 |
| Ackerland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

4.2 WASSERFLÜSSE

- ◆ **Niederschlag (Tab. 20):** Die mittleren Gebietsniederschläge sind mit 2'180 mm im Gebiet Aare Oberhasli mehr als doppelt so hoch wie im Gebiet Seeland mit 1'025 mm. Gegenüber den von PRASUHN & BRAUN (1994) ermittelten Gebietsniederschlägen gibt es meist nur geringe Abweichungen.
- ◆ **Verdunstung (Tab. 20):** Die mittlere Gebietsverdunstung ist im Gebiet mit den höchsten Niederschlägen am niedrigsten (Aare Oberhasli 277 mm) und im Gebiet mit den niedrigsten Niederschlägen am höchsten (Seeland 617 mm). Gegenüber den Werten der Landeshydrologie (LHG 1992) gibt es meist eine gute Übereinstimmung, die Werte von PRASUHN & BRAUN (1994) waren tendenziell höher.
- ◆ **Abfluss (Tab. 20 und 21):** Der mittlere Gebietsabfluss ist den Niederschlags- und Verdunstungswerten entsprechend im Gebiet Aare Oberhasli mit 1'903 mm am höchsten und mit 408 mm im Seeland am niedrigsten. Dabei wird die enorme Spannweite deutlich, ergibt sich doch fast ein Faktor 5 zwischen den Gebieten. Zu den berechneten Werten der Landeshydrologie (LHG 1992) besteht meist eine gute Übereinstimmung, die Werte von PRASUHN & BRAUN (1994) sind meist etwas tiefer. Gegenüber den an Messstationen der Landeshydrologie oder des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes Bern ermittelten Abflussdaten (korrigiert auf die Einzugsgebietsgrösse des Modells) ergeben sich häufig grössere Abweichungen.

Tab. 20: Vergleich: Niederschlag / Verdunstung / Abfluss.

| Einzugsgebiete | Fläche (km ²) | Niederschlag (mm) | | Verdunstung (mm) | | | Abfluss (mm) | | |
|--------------------------|---------------------------|-------------------|------|------------------|-----|------|--------------|------|------|
| | | LHG | 1994 | Modiffus | LHG | 1994 | Modiffus | LHG | 1994 |
| 1. Gadmerwasser | 167 | 2094 | | 297 | 346 | | 1797 | 1748 | |
| 2. Aare Oberhasli | 436 | 2180 | 2319 | 277 | 368 | 362 | 1903 | 1812 | 1957 |
| 3. Weisse Lütschine | 165 | 1802 | | 371 | 327 | | 1431 | 1475 | |
| 4. Schwarze Lütschine | 226 | 1826 | 1991 | 394 | 347 | 443 | 1432 | 1479 | 1548 |
| 6. Kiene | 92 | 1749 | | 410 | 327 | | 1339 | 1422 | |
| 7. Engstligen | 146 | 1689 | | 446 | 404 | | 1243 | 1285 | |
| 8. Kander | 266 | 1723 | | 412 | 374 | | 1311 | 1348 | |
| 9. Fildrich | 132 | 1750 | 1762 | 451 | 410 | 565 | 1299 | 1340 | 1197 |
| 10. Oberes Simmental | 242 | 1670 | | 459 | 407 | | 1211 | 1263 | |
| 11. Unteres Simmental | 217 | 1683 | | 485 | 419 | | 1198 | 1264 | |
| 5. Brienersee | 140 | 1617 | 1605 | 543 | 527 | 628 | 1074 | 1090 | 977 |
| 12. Thunersee | 221 | 1383 | | 600 | 556 | | 782 | 827 | |
| 13. Saane (nur BE) | 258 | 1810 | | 430 | 420 | | 1380 | 1390 | |
| 14. Schwarzwasser | 130 | 1445 | 1465 | 512 | 542 | 670 | 933 | 903 | 795 |
| 15. Sense | 306 | 1495 | | 480 | 498 | | 1016 | 997 | |
| 16. Zulg | 87 | 1467 | 1569 | 515 | 494 | 647 | 952 | 973 | 922 |
| 17. Rotache | 41 | 1184 | 1233 | 599 | 564 | 686 | 585 | 620 | 547 |
| 18. Chise | 72 | 1251 | 1270 | 576 | 558 | 687 | 675 | 693 | 583 |
| 19. Gürbe | 136 | 1376 | 1342 | 535 | 527 | 660 | 840 | 849 | 682 |
| 20. Aare Thun-Bern | 154 | 1199 | 1197 | 553 | 530 | 655 | 646 | 669 | 542 |
| 21. Worble | 69 | 1153 | 1213 | 564 | 530 | 667 | 589 | 622 | 546 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 246 | 1099 | 1121 | 576 | 577 | 664 | 521 | 522 | 457 |
| 23. Seeland | 187 | 1025 | 1330 | 617 | 588 | 667 | 408 | 437 | 663 |
| 24. Nordufer Bielersee | 103 | 1306 | | 585 | 596 | | 721 | 709 | |
| 25. La Suze | 218 | 1519 | 1555 | 501 | 498 | 673 | 1018 | 1021 | 882 |
| 26. Obere Emme | 228 | 1618 | 1548 | 545 | 520 | 674 | 1073 | 1098 | 874 |
| 27. Ilfis | 208 | 1715 | | 550 | 546 | | 1165 | 1169 | |
| 28. Grüne | 82 | 1469 | | 578 | 559 | | 892 | 911 | |
| 29. Urtenen | 95 | 1128 | 1255 | 558 | 588 | 669 | 571 | 540 | 586 |
| 30. Limpach | 78 | 1157 | | 560 | 587 | | 598 | 570 | |
| 31. Untere Emme | 297 | 1245 | | 564 | 553 | | 680 | 691 | |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 96 | 1151 | | 553 | 567 | | 597 | 583 | |
| 33. Ösch | 106 | 1135 | 1207 | 555 | 604 | 669 | 581 | 532 | 538 |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 345 | 1255 | | 589 | 555 | | 666 | 701 | |
| 37. Rot | 60 | 1241 | | 565 | 592 | | 675 | 649 | |
| 34. Önz | 94 | 1173 | 1192 | 567 | 583 | 680 | 607 | 590 | 512 |
| 36. Langete | 139 | 1274 | 1276 | 553 | 574 | 674 | 721 | 699 | 602 |
| 38. La Birse (nur BE) | 257 | 1527 | 1470 | 499 | 495 | 697 | 1028 | 1032 | 773 |

Tab. 21: Vergleich berechneter und gemessener Abflusswerte pro Einzugsgebiet.

| Einzugsgebiete | Fläche (km ²) | Berechneter Abfluss (Mio m ³) | | Gemessener Abfluss nach Messstationen der LHG / WEA nach Flächenkorrektur (Mio m ³) | Abflussvergleiche Modiffus (Mio m ³) | |
|--------------------------|---------------------------|---|-------------|---|--|-------------|
| | | Modiffus | LHG | | 2001 | 1994 |
| 1. Gadmerwasser | 167 | 301 | 293 | | | |
| 2. Aare Oberhasli | 436 | 829 | 789 | 1163 | 1130 | 1088 |
| 3. Weisse Lütschine | 165 | 236 | 243 | | | |
| 4. Schwarze Lütschine | 226 | 324 | 335 | 601 | 560 | 616 |
| 6. Kiene | 92 | 123 | 130 | | | |
| 7. Engstligen | 146 | 182 | 188 | | | |
| 8. Kander | 266 | 349 | 359 | | | |
| 9. Fildrich | 132 | 171 | 177 | | | |
| 10. Oberes Simmental | 242 | 292 | 305 | | | |
| 11. Unteres Simmental | 217 | 259 | 274 | 1334 | 1377 | 1311 |
| 5. Brienersee | 140 | 150 | 153 | | | |
| 12. Thunersee | 221 | 173 | 183 | 562 | 323 | 391 |
| 13. Saane (nur BE) | 258 | 356 | 359 | 336 | 356 | |
| 14. Schwarzwasser | 130 | 122 | 118 | | | |
| 15. Sense | 306 | 311 | 305 | 338 | 432 | 282 |
| 16. Zulg | 87 | 83 | 85 | 82 | 83 | 84 |
| 17. Rotache | 41 | 24 | 25 | 21 | 24 | 23 |
| 18. Chise | 72 | 48 | 50 | 64 | 48 | 41 |
| 19. Gürbe | 136 | 114 | 115 | 89 | 114 | 87 |
| 20. Aare Thun-Bern | 154 | 99 | 103 | 91 | 99 | 85 |
| 21. Worble | 69 | 41 | 43 | 29 | 41 | 36 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 246 | 128 | 129 | 119 | 128 | 109 |
| 23. Seeland | 187 | 76 | 82 | | | |
| 24. Nordufer Bielersee | 103 | 74 | 73 | -- | 151 | 120 |
| 25. La Suze | 218 | 222 | 222 | 216 | 222 | 195 |
| 26. Obere Emme | 228 | 244 | 250 | | | |
| 27. Ilfis | 208 | 242 | 243 | 369 | 487 | 382 |
| 28. Grüne | 82 | 73 | 75 | | | |
| 29. Urtenen | 95 | 54 | 51 | | | |
| 30. Limpach | 78 | 47 | 45 | | | |
| 31. Untere Emme | 297 | 202 | 205 | 356 | 376 | 289 |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 96 | 57 | 56 | | | |
| 33. Ösch | 106 | 62 | 57 | | | |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 345 | 230 | 242 | 370 | 389 | 342 |
| 37. Rot | 60 | 40 | 39 | | | |
| 34. Önz | 94 | 57 | 55 | 36 | 57 | 48 |
| 36. Langete | 139 | 100 | 97 | 84 | 100 | 90 |
| 38. La Birse (nur BE) | 257 | 264 | 265 | 130 | 264 | 155 |
| Total | 6541 | 6762 | 6817 | 6390 | 6762 | 5772 |

4.3 Phosphor

◆ Untersuchungsgebiet (Tab. 22):

- 69% der gesamten diffusen P-Einträge stammen aus der sonstigen Erosion, womit dies der absolut dominante Eintagspfad ist. 13% stammen aus der Abschwemmung, wobei die Abschwemmungsverluste von Graslandflächen überwiegen. Die Auswaschungsverluste betragen insgesamt nur 10% und sind stark aufgesplittert auf verschiedene Nutzungsformen. Die Direkteinträge sind mit insgesamt 3% vernachlässigbar. Die P-Verluste durch Bodenerosion von Ackerflächen tragen ebenfalls nur mit 3% zur gesamten diffusen Belastung bei.
- Der mittlere flächenspezifische diffuse Gesamt-P-Eintrag liegt bei 832 g/ha und Jahr und ist vergleichsweise hoch. Dies liegt jedoch vor allem an den hohen Einträge aus den Alpen. Der mittlere flächenspezifische diffuse gelöste P-Eintrag liegt bei 218 g/ha und Jahr und ist dagegen eher niedrig.
- Die mittleren flächenspezifischen diffusen P-Verluste sind mit 576 g/ha und Jahr bei der sonstigen Erosion am höchsten. Hohe flächenspezifische Verluste werden auch durch die Deposition auf Gewässerflächen (390 g/ha und Jahr), die Abschwemmung von Grasland (258 g/ha und Jahr) und die Abschwemmung von Ackerland (205 g/ha und Jahr) erzielt.

◆ Regionen (Tab. 22):

- In den Alpen dominieren mit 87% die P-Einträge über sonstige Erosion. Alle anderen Pfade sind mehr oder weniger unbedeutend. In den Voralpen ist die Abschwemmung der wichtigste Eintragspfad mit 39%. Dabei spielt sowohl die Abschwemmung von Dauerwiesen (15%) als auch von Ackerland (14%) eine wichtige Rolle. Im Mittelland tragen diverse Eintragspfade massgeblich zur Gesamtbelastung bei. Sie konzentrieren sich jedoch fast alle auf des Ackerland (Abschwemmung 12%, Auswaschung 7%, Drainage 13%, Bodenerosion 14%), so dass insgesamt 46% der diffusen P-Einträge von Ackerflächen stammen. Im Jura ist ähnliche prozentuale Verteilung wie in den Voralpen festzustellen.
- Die flächenspezifischen diffusen Gesamt-P-Einträge sind in den Alpen mit 1'300 g/ha und Jahr am höchsten, gefolgt von den Voralpen mit 601 g/ha und Jahr, dem Mittelland mit 365 g/ha und Jahr und dem Jura mit 344 g/ha und Jahr. Die flächenspezifischen diffusen gelösten P-Einträge sind in den Voralpen mit 336 g/ha und Jahr am höchsten, gefolgt vom Mittelland mit 229 g/ha und Jahr, dem Jura mit 194 g/ha und Jahr und den Alpen mit 163 g/ha und Jahr.
- Bei den nutzungsspezifischen P-Einträgen erreicht die Abschwemmung von Grasland in den Voralpen mit 435 g/ha und Jahr einen hohen Wert, der in etwa doppelt so hoch ist wie in den anderen Regionen. Die Abschwemmung von Ackerland ist in den Voralpen (371 g/ha und Jahr), den Alpen (348 g/ha und Jahr) und im Jura (335 g/ha und Jahr) vergleichsweise hoch, da in diesen Regionen der Anteil an Kunstwiesen sehr hoch ist. Die Auswaschung (inklusive Drainageverluste) ist im Mittelland mit 146 g/ha und Jahr unter Grasland und 181 g/ha und Jahr unter Ackerland überdurchschnittlich hoch. Ursache hierfür ist der hohe Anteil drainierter Flächen im Mittelland. Die flächenspezifischen Verluste durch Bodenerosion von Ackerland sind im Mittelland mit 134 g/ha und Jahr etwas höher als die Verluste durch Abschwemmung (114 g/ha und Jahr) und etwas niedriger als die durch Auswaschung/Drainage (181 g/ha und Jahr).

Tab. 22: P-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------------|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
| gelöste P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | |
| P-Abschw./ Wald | 452 | 18 | 2 | 35 | 508 |
| P-Abschw./ Reben | 2 | 0 | 40 | 2 | 44 |
| P-Abschw./ Obstbau | 111 | 1'071 | 671 | 81 | 1'935 |
| P-Abschw./ Gartenbau | 2 | 5 | 29 | 1 | 36 |
| P-Abschw./ Ackerland | 247 | 11'045 | 7'440 | 2'134 | 20'865 |
| P-Abschw./ Dauerwiesen etc. | 7'568 | 12'163 | 2'776 | 2'354 | 24'861 |
| P-Abschw./ Heimweiden | 857 | 6'064 | 1'525 | 581 | 9'027 |
| P-Abschw./ Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 10'478 | 624 | 0 | 1'388 | 12'490 |
| P-Abschw./ Unprod. Vegetation | 438 | 3 | 1 | 2 | 444 |
| P-Abschw./ Strassen & Wege | 224 | 228 | 481 | 102 | 1'036 |
| Summe P-Abschwemmung | 20'377 | 31'221 | 12'965 | 6'682 | 71'246 |
| P-Auswaschung / Wald | 4'259 | 2'450 | 2'087 | 1'609 | 10'405 |
| P-Auswaschung / Reben | 1 | 0 | 25 | 1 | 27 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 21 | 172 | 196 | 12 | 402 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 1 | 4 | 39 | 0 | 45 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 58 | 2'418 | 4'476 | 455 | 7'407 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 1'500 | 1'950 | 908 | 408 | 4'766 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 122 | 806 | 297 | 83 | 1'308 |
| P-Auswaschung / Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 5'246 | 305 | 0 | 615 | 6'166 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 1'215 | 10 | 25 | 6 | 1'256 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 221 | 276 | 1'077 | 113 | 1'686 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 87 | 89 | 203 | 31 | 410 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 20 | 894 | 7'327 | 335 | 8'576 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 282 | 718 | 1'309 | 244 | 2'554 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 16 | 201 | 344 | 77 | 638 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtschaft. Nutzfl. | 449 | 48 | 0 | 191 | 688 |
| P-Ausw.+ Abschw./ Veg.-lose Flächen | 6'776 | 4 | 2 | 6 | 6'788 |
| Summe P-Auswaschung | 20'275 | 10'346 | 18'314 | 4'185 | 53'119 |
| P-Deposition / Gewässer | 3'302 | 362 | 3'474 | 32 | 7'170 |
| P-landw. Direkteinträge | 1'142 | 1'302 | 1'622 | 392 | 4'457 |
| P-sonstige Direkteinträge | 2'922 | 1'303 | 1'569 | 602 | 6'396 |
| Summe P-Direkteinträge | 7'366 | 2'967 | 6'664 | 1'026 | 18'023 |
| Summe gelöste P-Einträge | 48'018 | 44'534 | 37'944 | 11'893 | 142'388 |
| partikuläre P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 2'922 | 1'303 | 1'569 | 602 | 6'396 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 192 | 7'557 | 8'739 | 1'290 | 17'778 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 2 | 391 | 24 | 417 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 4 | 21 | 77 | 2 | 104 |
| P-sonstige Erosion | 331'645 | 26'350 | 11'703 | 7'243 | 376'941 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 334'764 | 35'233 | 22'478 | 9'161 | 401'635 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 382'782 | 79'767 | 60'421 | 21'054 | 544'023 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 33'515 | 39'773 | 31'493 | 9'637 | 114'419 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 14'503 | 4'761 | 6'450 | 2'256 | 27'969 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 66'503 | 12'825 | 11'459 | 2'754 | 93'542 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 268'261 | 22'408 | 11'019 | 6'407 | 308'094 |
| P-Einträge aus punktuellen Quellen (ARA - gereinigtes Abwasser) | 9'460 | 6'581 | 84'927 | 5'578 | 106'546 |
| P-Einträge aus punktuellen Quellen (Entlastungen - ungereinigtes Abwasser) | 5'870 | 4'449 | 31'080 | 2'829 | 44'228 |
| Summe P-Einträge diffuse Quellen | 382'782 | 79'767 | 60'421 | 21'054 | 544'023 |
| Summe P-Einträge punktuelle Quellen | 15'330 | 11'030 | 116'007 | 8'407 | 150'774 |
| Gesamt P- Einträge (kg / Jahr) | 398'112 | 90'797 | 176'428 | 29'460 | 694'798 |

Tab. 23: P-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
|---|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
| gelöste P-Einträge (%) | | | | | |
| P-Abschw./ Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschw./ Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschw./ Obstbau | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| P-Abschw./ Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschw./ Ackerland | 0 | 14 | 12 | 10 | 4 |
| P-Abschw./ Dauerwiesen etc. | 2 | 15 | 5 | 11 | 5 |
| P-Abschw./ Heimweiden | 0 | 8 | 3 | 3 | 2 |
| P-Abschw./ Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 3 | 1 | 0 | 7 | 2 |
| P-Abschw./ Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschw./ Strassen & Wege | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Summe P-Abschwemmung | 5 | 39 | 21 | 32 | 13 |
| P-Auswaschung / Wald | 1 | 3 | 3 | 8 | 2 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 0 | 3 | 7 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 1 | 12 | 2 | 2 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtschaft. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw./ Veg.-lose Flächen | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Summe P-Auswaschung | 5 | 13 | 30 | 20 | 10 |
| P-Deposition / Gewässer | 1 | 0 | 6 | 0 | 1 |
| P-landw. Direkteinträge | 0 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| Summe P-Direkteinträge | 2 | 4 | 11 | 5 | 3 |
| Summe gelöste P-Einträge | 13 | 56 | 63 | 56 | 26 |
| partikuläre P-Einträge (%) | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 9 | 14 | 6 | 3 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-sonstige Erosion | 87 | 33 | 19 | 34 | 69 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 87 | 44 | 37 | 44 | 74 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 8 | 44 | 18 | 33 | 16 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 4 | 5 | 4 | 8 | 4 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 17 | 14 | 6 | 9 | 13 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 67 | 25 | 6 | 22 | 44 |
| P-Einträge aus punktuellen Quellen (ARA - gereinigtes Abwasser) | 2 | 7 | 48 | 19 | 15 |
| P-Einträge aus punktuellen Quellen (Entlastungen - ungereinigtes Abwasser) | 1 | 5 | 18 | 10 | 6 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 96 | 88 | 34 | 71 | 78 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 4 | 12 | 66 | 29 | 22 |
| Gesamt P- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 24: Nutzungsspezifische P-Einträge aus diffusen Quellen pro Region (flächenspezifische Werte).

| P-Einträge (g / ha und Jahr) | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
|--|-------------|------------|------------|------------|---------------------|
| Grasland | | | | | |
| Abschwemmung | 192 | 435 | 220 | 234 | 258 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 77 | 93 | 146 | 87 | 90 |
| Ackerland | | | | | |
| Abschwemmung | 348 | 371 | 114 | 335 | 205 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 111 | 111 | 181 | 124 | 157 |
| Bodenerosion | 272 | 254 | 134 | 202 | 174 |
| Wald | | | | | |
| Abschwemmung | 6 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Auswaschung | 54 | 51 | 50 | 49 | 51 |
| unprod. Veg. / veg.-lose Flächen | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 84 | 69 | 52 | 71 | 84 |
| Gewässer | | | | | |
| Deposition | 375 | 423 | 401 | 464 | 390 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 119 | 113 | 101 | 112 | 107 |
| Gesamtfläche | | | | | |
| sonstige Erosion | 1126 | 199 | 71 | 118 | 576 |
| sonstige Direkteinträge | 24 | 29 | 29 | 26 | 26 |
| Total P-Einträge | 1300 | 601 | 365 | 344 | 832 |
| P-gelöst | 163 | 336 | 229 | 194 | 218 |
| P-partikulär | 1137 | 265 | 136 | 150 | 614 |

Einzugsgebiete (Tab. 60 im Anhang):

- In sämtliche alpinen Einzugsgebieten dominieren die P-Einträge aus der sonstigen Erosion und erreichen in den Gebieten Gadmerwasser und Aare Oberhasli mit jeweils 93% die höchsten Anteile.
- Die Abschwemmung trägt überdurchschnittlich in den Gebieten Langete (45%), Rotache (44%), Rot (41%), Worble (39%), untere Emme (38%), Chise (38%) und La Birse (37%) zur diffusen Gesamtbelastung bei. Dabei sind die Abschwemmungsverluste von Dauerwiesen in den Gebieten Rotache (21%), Ilfis (16%), La Birse (15%) und Schwarzwasser (15%) überdurchschnittlich, die Abschwemmungsverluste von Ackerland in den Gebieten Langete (24%), Rot (22%), Worble (21%) und Chise (19%).
- Hohe Auswaschungsverluste werden in den Gebieten Limpach (45%), Seeland (43%), Urtenen (38%), Ösch (38%), Önz (30%), Alte Aare-Lyssbach (28%) und Aare Biel-Murgenthal (27%) erreicht. Die Verluste aus drainierten Ackerflächen tragen in diesen Gebieten massgeblich zu den relativ hohen prozentualen Anteilen bei.
- Die Direkteinträge können nur in den Gebieten mit den grossen Seen (wegen der Deposition auf die Wasserfläche) nennenswerte prozentuale Anteile erreichen (Seeland 26%, Thunersee 17%, Nordufer Bielersee 16%).
- Die Bodenerosion von Ackerflächen erreicht mit 17% im Gebiet Aare Bern-Hagneck ihren höchsten prozentualen Anteil. Es folgen die Gebiete Alte Aare-Lyssbach (16%), Worble (16%), Rot (13%) und Chise, Önz, untere Emme (alle 12%).

- Die flächenspezifischen diffusen Gesamt-P-Einträge sind in den Gebieten Aare Oberhasli (2'082 g/ha und Jahr), Gadmerwasser (1'864 g/ha und Jahr) und Schwarze Lütschine (1'689 g/ha und Jahr) am höchsten, in den Gebieten Urtenen (299 g/ha und Jahr), La Suze (304 g/ha und Jahr), La Birse (320 g/ha und Jahr), Ösch (321 g/ha und Jahr) und Seeland (325 g/ha und Jahr) am niedrigsten. Die flächenspezifischen diffusen gelösten P-Einträge sind in den Gebieten Langete (366 g/ha und Jahr), Rot (336 g/ha und Jahr), Gürbe (336 g/ha und Jahr), Schwarzwasser (330 g/ha und Jahr) und Rotache (319 g/ha und Jahr) am höchsten, in den Gebieten Gadmerwasser (114 g/ha und Jahr), Weisse Lütschine (121 g/ha und Jahr) und Aare Oberhasli (131 g/ha und Jahr) am niedrigsten.
- Die sonstige Erosion erreicht in den alpinen Gebieten Aare Oberhasli (1'941 g/ha und Jahr), Gadmerwasser (1'740 g/ha und Jahr) und Schwarze Lütschine (1'538 g/ha und Jahr) die höchsten flächenspezifischen Werte.
- Die Abschwemmung von Grasland (Dauerwiesen, Heimweiden, Obstbau, alpwirtschaftliche Nutzflächen) hat in den Gebieten Langete (487 g/ha und Jahr), Schwarzwasser (454 g/ha und Jahr), Ilfis (451 g/ha und Jahr), untere Emme (436 g/ha und Jahr), Rot (420 g/ha und Jahr), Grüne (403 g/ha und Jahr) und Rotache (376 g/ha und Jahr) hohe Werte (Abb. 51). All diese Gebiete liegen überwiegend in der voralpinen Region und haben Graslandflächen, die von der naturräumlichen Ausstattung (hohe Niederschläge, steile Hänge, abschwemmungsgefährdete Böden) einerseits und hohem Hofdüngeranfall bzw. positive P-Bilanzen andererseits gekennzeichnet sind. Dabei handelt es sich überwiegend um Dauerwiesen oder Heimweiden (Abb. 52 und 53). Niedrige flächenspezifische Abschwemmungsverluste von Grasland werden einerseits in den alpinen Gebieten Weisse Lütschine (137 g/ha und Jahr), Gadmerwasser (138 g/ha und Jahr) und Schwarze Lütschine (158 g/ha und Jahr), die vorwiegend extensiv genutzte alpwirtschaftliche Graslandflächen haben, erreicht (Abb. 54). Andererseits weisen die Gebiete Seeland (59 g/ha und Jahr), Urtenen (129 g/ha und Jahr) und Limpach (151 g/ha und Jahr) niedrige Werte auf. In diesen Gebieten sind die Niederschläge vergleichsweise niedrig und es gibt nur wenige Graslandflächen in Hanglagen.
- Die flächenspezifischen Verluste durch Abschwemmung von Ackerland sind in vielen alpinen und voralpinen Gebieten sowie im Jura ähnlich hoch oder noch höher als die von Grasland (Ilfis 549 g/ha und Jahr, oberes Simmental 498 g/ha und Jahr, obere Emme 457 g/ha und Jahr, Fildrich 429 g/ha und Jahr, Grüne 411 g/ha und Jahr, Zug 401 g/ha und Jahr, Schwarzwasser 400 g/ha und Jahr, La Birse 375 g/ha und Jahr). Es handelt sich dabei immer um Gebiete, die einen sehr hohen Anteil an Kunstwiesen an der Ackerfläche haben und die ungünstige naturräumliche Eigenschaften aufweisen. In den Gebieten des Mittellandes liegt ein grosser Teil der Flächen in der Ebenen und weist daher keine Abschwemmverluste auf (Abb. 55).
- Die flächenspezifischen Verluste durch Auswaschung und Drainage unter Ackerland sind vor allem in den stark drainierten Gebieten Limpach (283 g/ha und Jahr), Seeland (233 g/ha und Jahr), Önz (225 g/ha und Jahr) und Nordufer Bielersee (215 g/ha und Jahr) überdurchschnittlich hoch (Abb. 54, 56). Die reinen Auswaschungsverluste (ohne Drainage) unter Ackerland sind relativ niedrig (Abb. 56). Die flächenspezifischen Verluste durch Auswaschung und Drainage unter Grasland sind ebenfalls überwiegend in den stark drainierten Gebieten hoch (Limpach 243 g/ha und Jahr, Seeland 199 g/ha und Jahr,

Nordufer Bielersee 183 g/ha und Jahr, Ösch 151 g/ha und Jahr, Aare Biel-Murgenthal 149 g/ha und Jahr, Urtenen 147 g/ha und Jahr und Gürbe 141 g/ha und Jahr). Die reinen Auswaschungsverluste (ohne Drainage) unter Grasland sind relativ niedrig (Abb. 57).

- Die flächenspezifischen Verluste durch Bodenerosion von Ackerland sind zum einen in verschiedenen alpinen Gebieten überdurchschnittlich hoch. Hierbei handelt es sich jedoch meist nur um Einzelflächen mit ungünstigen Standortbedingungen und Fruchtfolgen. Zum anderen haben in Gebieten mit höherem Ackerlandanteil die Gebiete Worble (237 g/ha und Jahr), Rot (234 g/ha und Jahr), untere Emme (211 g/ha und Jahr) und Langete (204 g/ha und Jahr) hohe Werte (Abb. 59, Tab. 63, Anhang).
- Die flächenspezifischen Auswaschungsverluste unter Wald sind relativ niedrig und schwanken in den verschiedenen Einzugsgebieten zwischen 46 und 56 g/ha und Jahr (Abb. 60).

Bei den gelösten P-Einträgen ist die Abschwemmung von der LN mit rund 50% der wichtigste Eintragspfad, auch die flächenspezifischen P-Verluste sind durch Abschwemmung von der LN am höchsten. Innerhalb der LN haben die Dauerwiesen und die Kunstwiesen die höchsten Verluste aufgrund meist intensiver Nutzung mit Hofdüngeraustrag. Entsprechend eignet sich der prozentuale Anteil an Dauerwiesen + Kunstwiesen an der Gesamtfläche eines Gebietes gut, die gesamten flächenspezifischen gelösten P-Verluste des Gebietes anzugeben (Abb. 50).

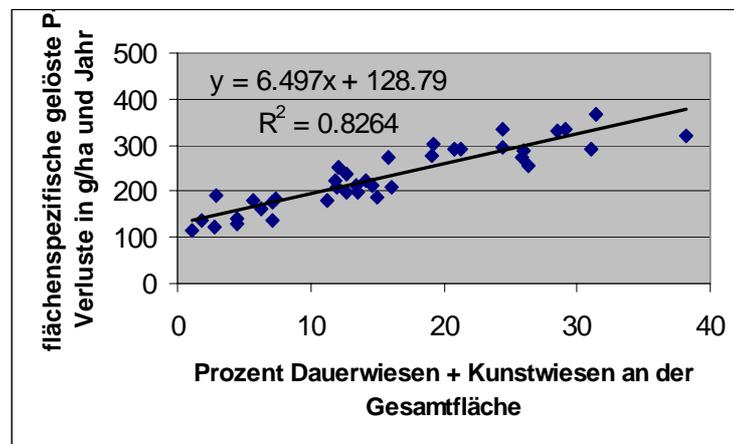


Abb. 50: Beziehung zwischen dem Anteil an Dauer- und Kunstwiesen und dem flächenspezifischen gelösten P-Austrägen für die 38 Einzugsgebiete.

Phosphor: Abschwemmung von Grasland

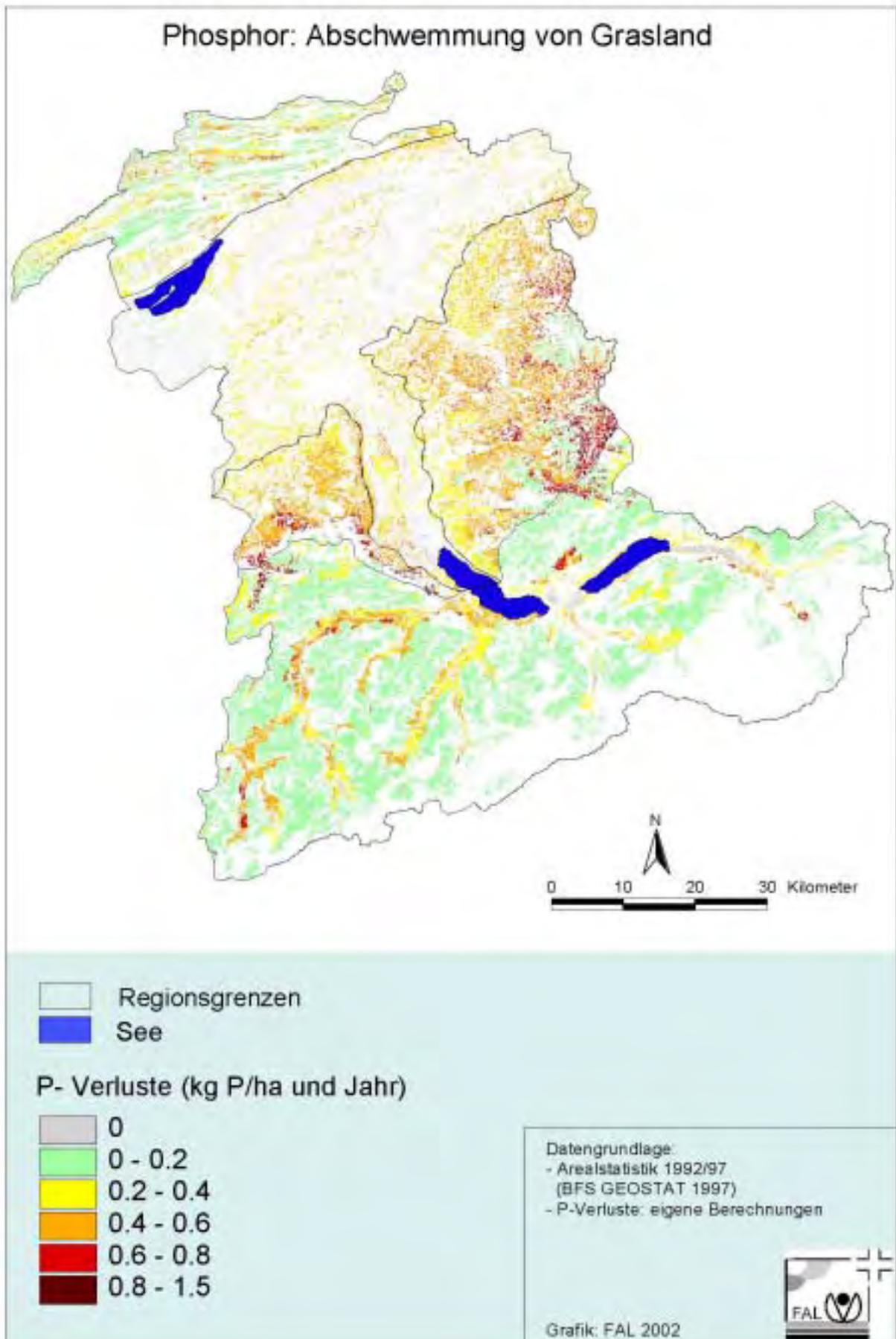


Abb. 51: P-Verluste durch Abschwemmung von Grasland (Dauerwiesen + Heimweiden + Obstbau + alpwirtschaftliche Nutzflächen).

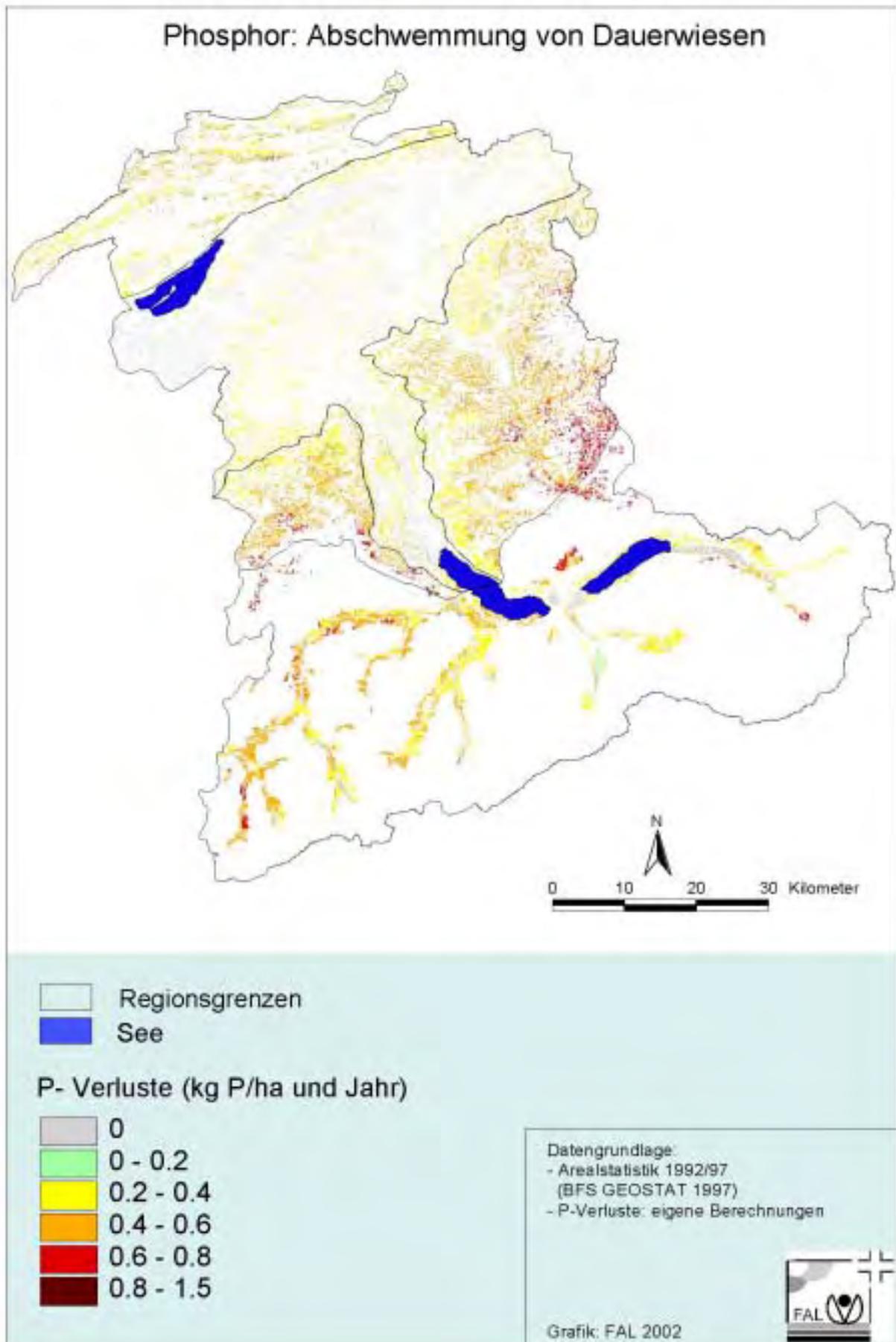


Abb. 52: P-Verluste durch Abschwemmung von Dauerwiesen.

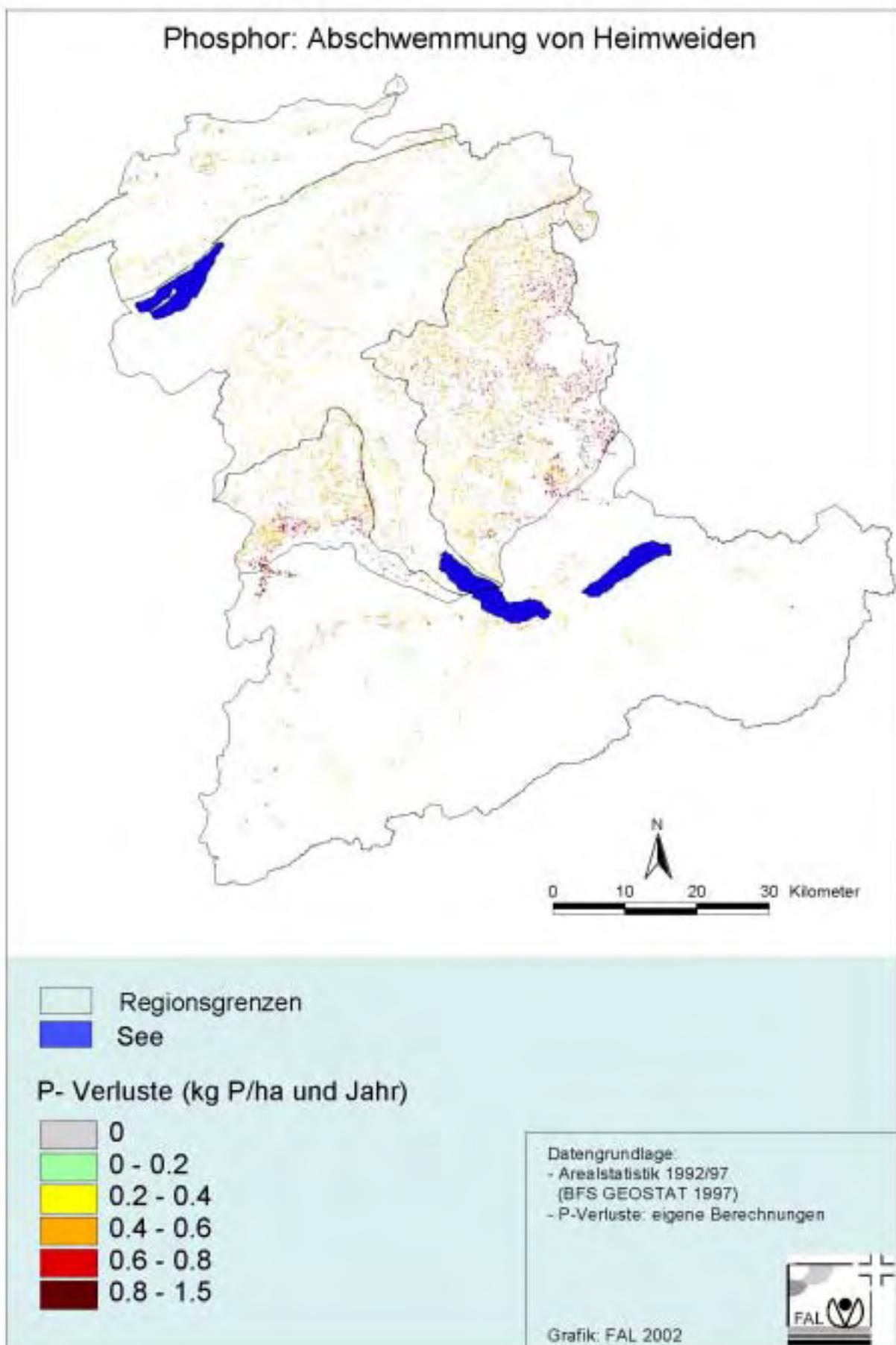


Abb. 53: P-Verluste durch Abschwemmung von Heimweiden.

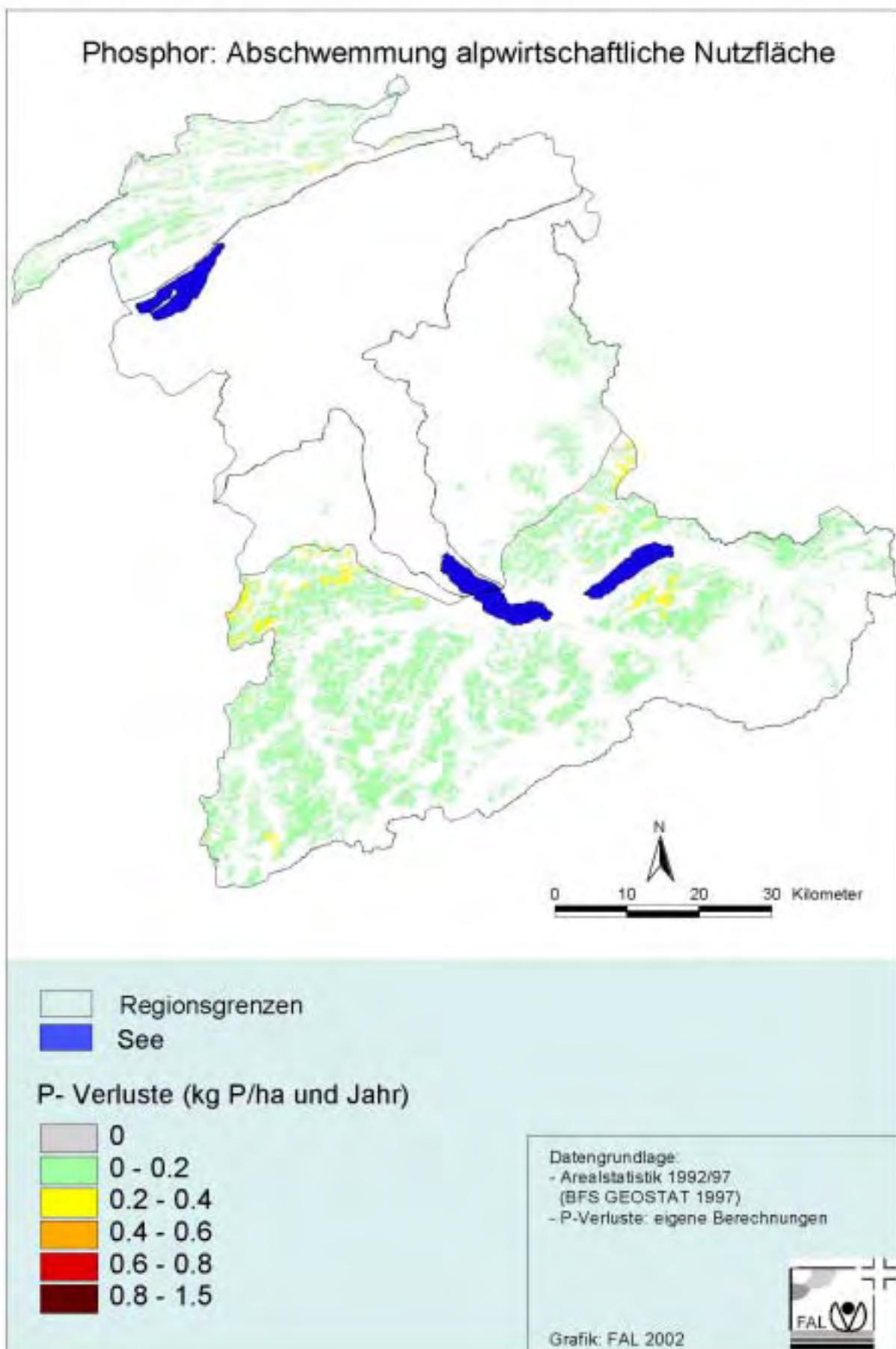


Abb. 54: P-Verluste durch Abschwemmung von alpwirtschaftlichen Nutzflächen.

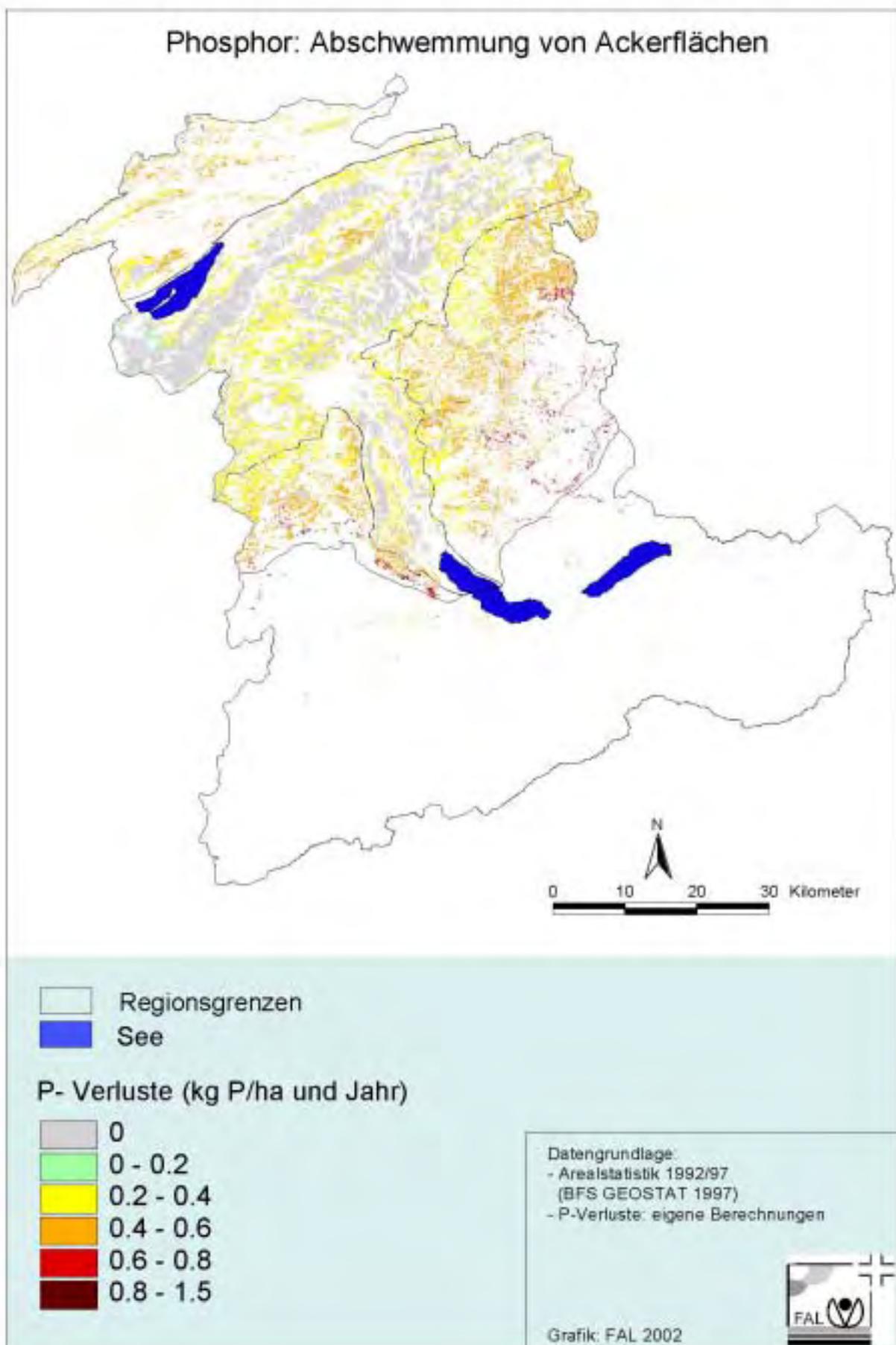


Abb. 55: P-Verluste durch Abschwemmung von Ackerland.

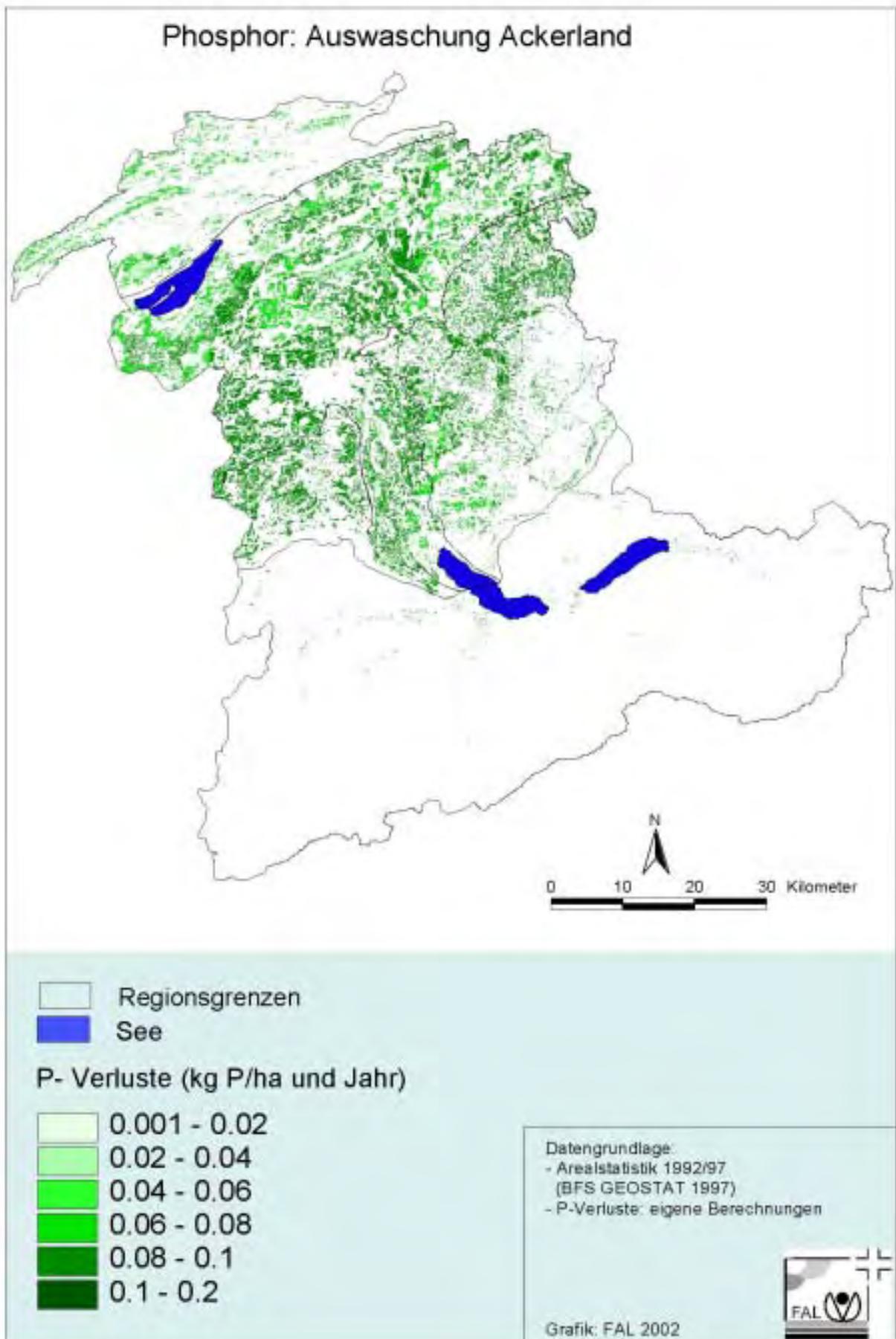


Abb. 56: P-Verluste durch Auswaschung von Ackerland.

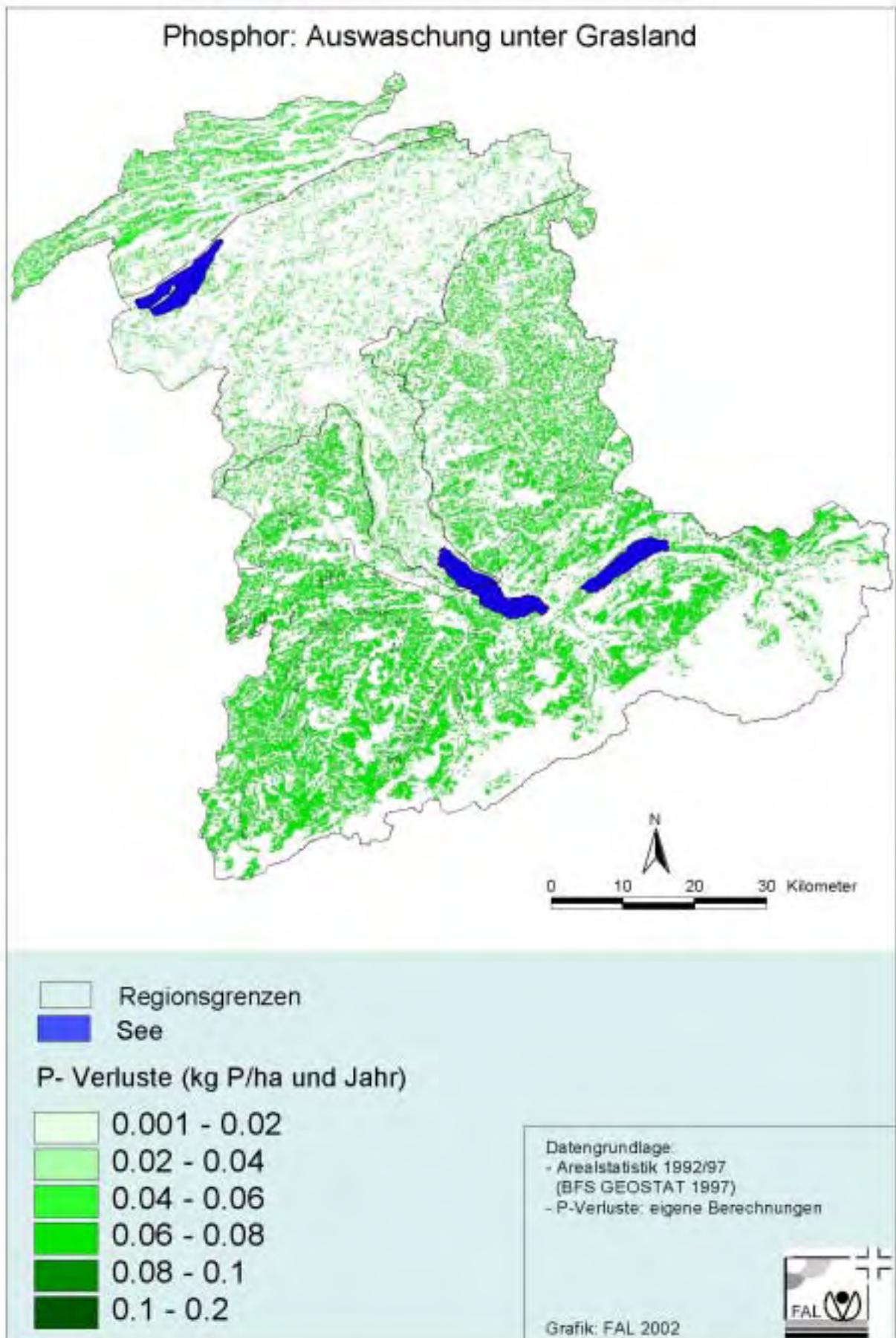


Abb. 57: P-Verluste durch Auswaschung von Grasland.

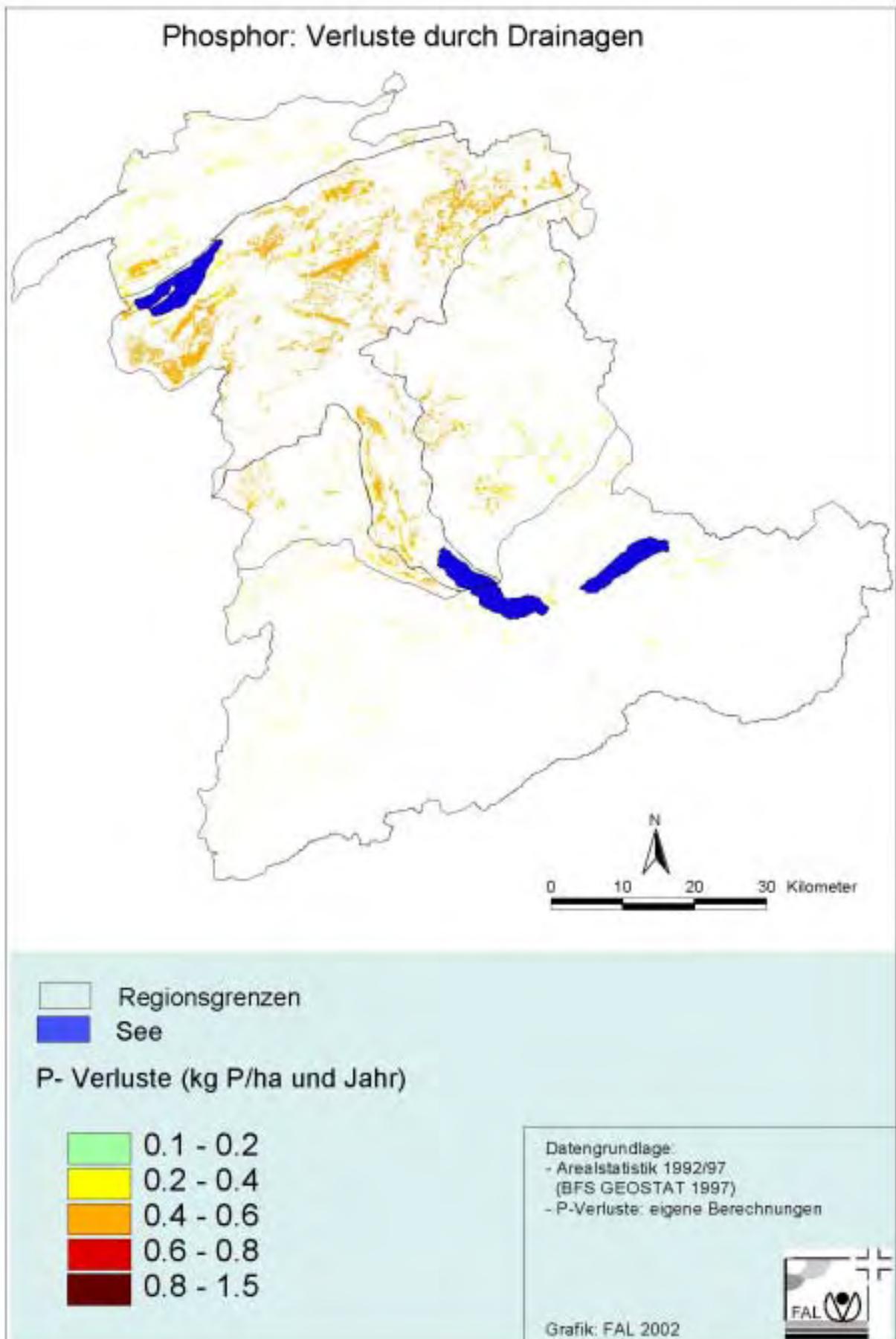


Abb. 58: P-Verluste durch Drainagen.

Phosphor: Verluste durch Bodenerosion von Ackerflächen

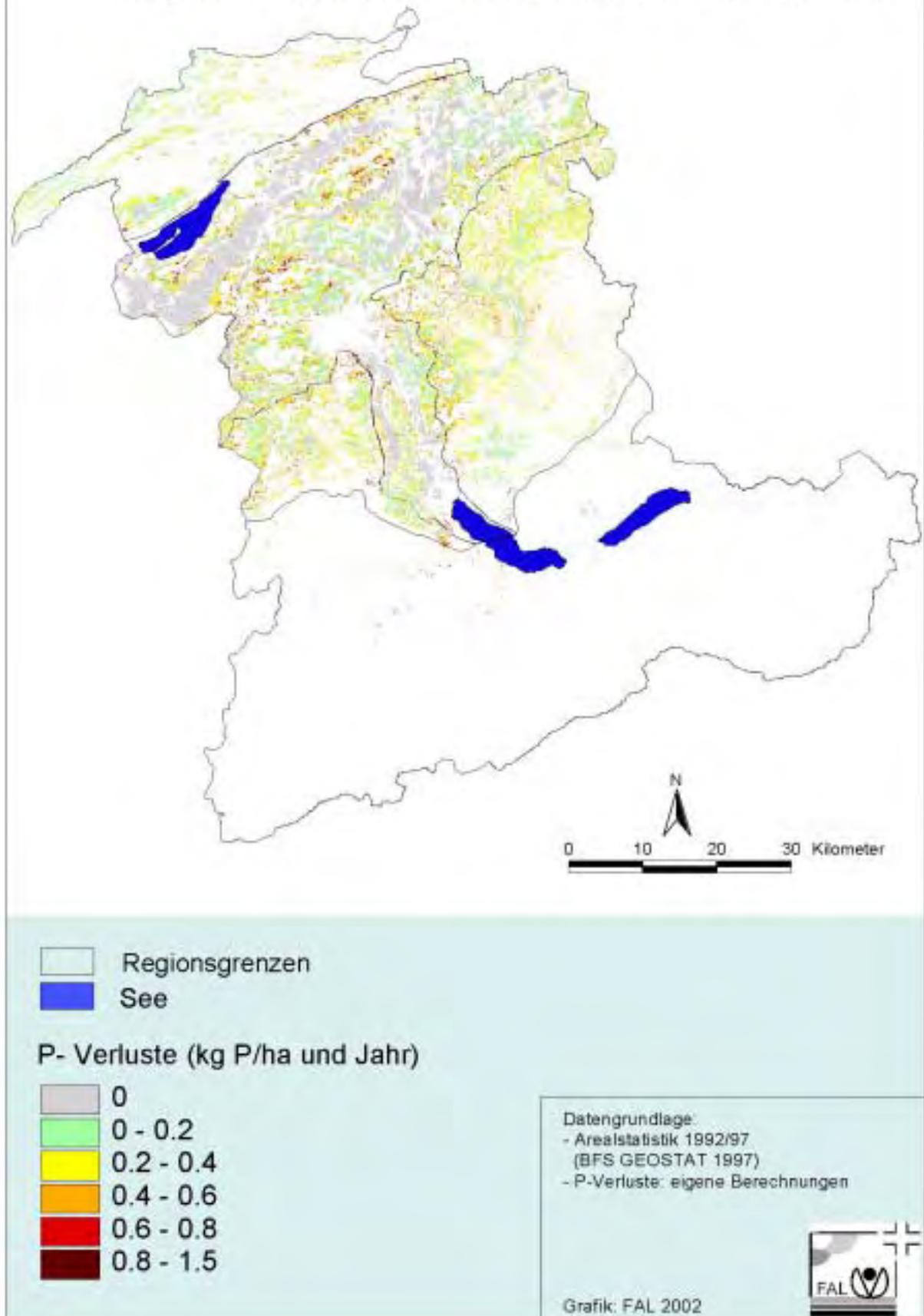


Abb. 59: P-Verluste durch Bodenerosion von Ackerland.

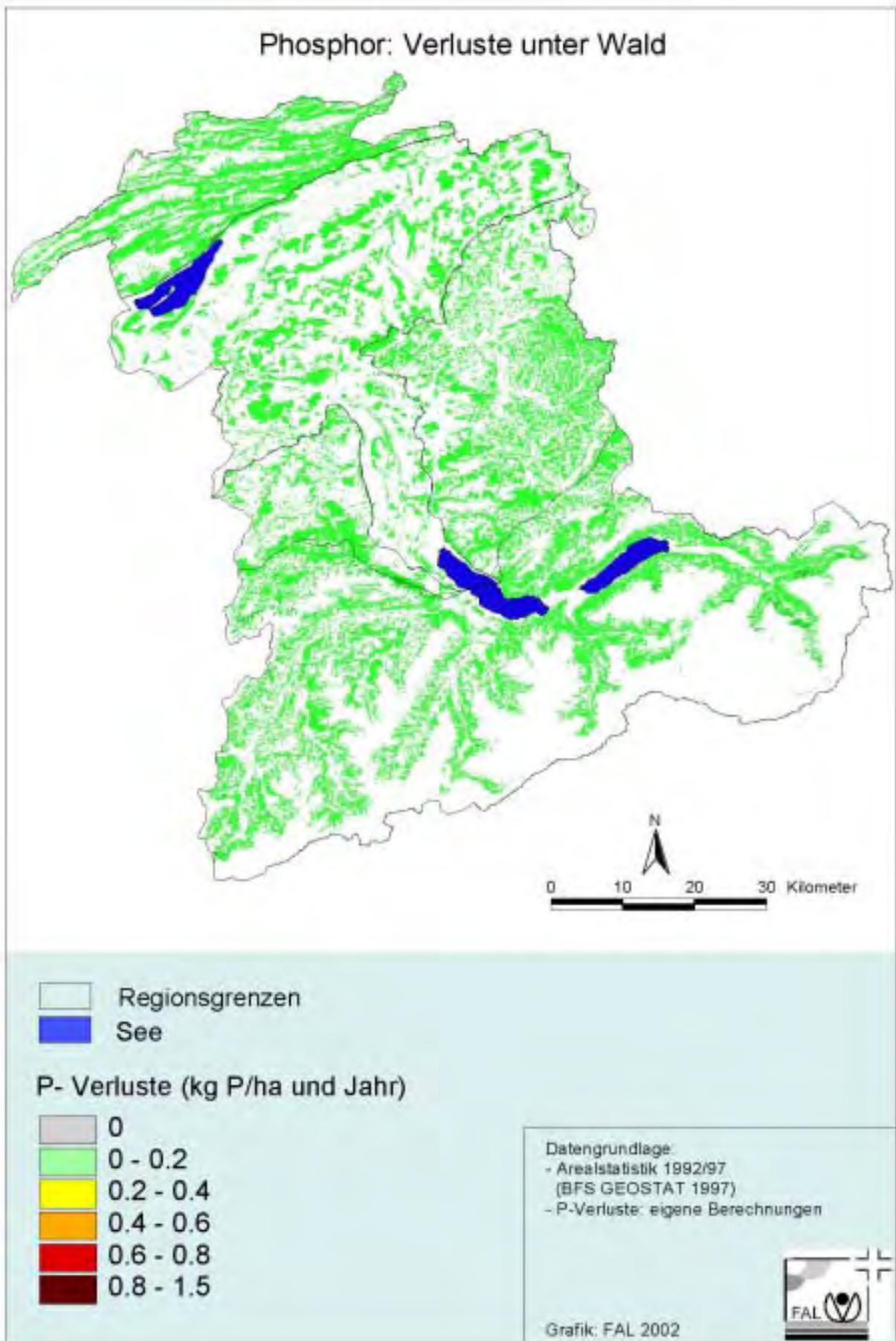


Abb. 60: P-Verluste unter Wald.

4.4 Stickstoff

◆ Untersuchungsgebiet (Tab. 25):

- 88% der gesamten diffusen N-Einträge stammen aus der Auswaschung, alle anderen Eintragspfade sind weitgehend unbedeutend. Mit 39% überwiegen die Auswaschungsverluste unter Ackerland. Es folgen die Auswaschungsverluste unter Wald (13%), die Drainageverluste unter Ackerland (9%) und die Auswaschungsverluste unter Dauerwiesen und alpwirtschaftlicher Nutzfläche mit jeweils 6%.
- Der mittlere flächenspezifische diffuse Gesamt-N-Eintrag liegt bei 15.6 kg/ha und Jahr. Der mittlere flächenspezifische diffuse gelöste N-Eintrag liegt mit 14.5 kg/ha und Jahr nur wenig niedriger. Hohe flächenspezifische Verluste werden durch die Auswaschung (inklusive Drainage) unter Ackerland mit 48 kg/ha und Jahr verursacht. Die Auswaschungsverluste unter Grasland liegen bei 9 kg/ha und Jahr, die Auswaschungsverluste unter Wald bei 7 kg/ha und Jahr und die Verluste unter Siedlungsgrün und Strassen bei 18 kg/ha und Jahr.

◆ Regionen (Tab. 25):

- In den Alpen gibt es vier wichtige Eintragspfade. Die Auswaschung unter alpwirtschaftlichen Nutzflächen (21%), die sonstige Erosion (21%), die Auswaschung unter Wald (19%) und die Verluste von vegetationslosen Flächen (15%). In den Voralpen überwiegt die N-Auswaschung unter Ackerland mit 48% eindeutig. Es folgen Auswaschungsverluste unter Wald (15%) und unter Dauerwiesen (12%). Im Mittelland dominieren die Auswaschungsverluste unter Ackerland mit 56%, gefolgt von den Drainageverlusten unter Ackerland (18%), so dass 74% der diffusen Einträge aus dem Ackerland resultieren. Im Jura ist der prozentuale Anteil der Auswaschung unter Wald mit 30% vergleichsweise hoch, gefolgt von der Auswaschung unter Ackerland (30%) und der Auswaschung unter alpwirtschaftlichen Nutzflächen (13%).
- Die flächenspezifischen diffusen Gesamt-N-Einträge sind im Mittelland mit 28.7 kg/ha und Jahr am höchsten, gefolgt von den Voralpen mit 16.4 kg/ha und Jahr, dem Jura mit 13.2 kg/ha und Jahr und den Alpen mit 8.4 kg/ha und Jahr. Die flächenspezifischen diffusen gelösten N-Einträge sind jeweils nur geringfügig niedriger (28.2 bzw. 15.7 bzw. 12.7 bzw. 6.5 kg/ha und Jahr).
- Bei den nutzungsspezifischen N-Einträgen erreicht die Auswaschung (inklusive Drainage) unter Ackerland im Mittelland mit 54 kg/ha und Jahr den höchsten Wert. Auch die Auswaschungsverluste unter Grasland (12 kg/ha und Jahr) und unter Wald (8 kg/ha und Jahr) sind im Mittelland höher als in den anderen Regionen.

Tab. 25: N-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
|---|------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
| gelöste N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | |
| N-Abschw./ Wald | 3'359 | 219 | 29 | 463 | 4'071 |
| N-Abschw./ Reben | 3 | 0 | 77 | 4 | 84 |
| N-Abschw./ Obstbau | 116 | 1'278 | 836 | 108 | 2'339 |
| N-Abschw./ Gartenbau | 2 | 9 | 57 | 2 | 70 |
| N-Abschw./ Ackerland | 318 | 15'326 | 11'455 | 3'738 | 30'836 |
| N-Abschw./ Dauerwiesen etc. | 8'287 | 14'924 | 3'629 | 3'576 | 30'416 |
| N-Abschw./ Heimweiden | 925 | 7'070 | 1'778 | 833 | 10'606 |
| N-Abschw./ Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 20'339 | 2'103 | 0 | 4'954 | 27'395 |
| N-Abschw./ Unprod. Vegetation | 2'800 | 42 | 12 | 25 | 2'880 |
| N-Abschw./ Strassen & Wege | 1'565 | 2'812 | 5'804 | 1'340 | 11'522 |
| Summe N-Abschwemmung | 37'714 | 43'783 | 23'677 | 15'043 | 120'218 |
| N-Auswaschung / Wald | 469'334 | 326'390 | 327'347 | 241'117 | 1'364'188 |
| N-Auswaschung / Reben | 254 | 24 | 9'020 | 469 | 9'767 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 3'131 | 24'491 | 31'418 | 1'984 | 61'024 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 549 | 1'782 | 18'641 | 195 | 21'166 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 15'962 | 1'040'190 | 2'645'663 | 240'855 | 3'942'670 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 189'996 | 267'355 | 140'686 | 64'175 | 662'211 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 15'691 | 111'456 | 46'222 | 13'119 | 186'487 |
| N-Auswaschung / Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 512'878 | 42'283 | 0 | 104'060 | 659'221 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 90'561 | 1'288 | 3'876 | 890 | 96'614 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 53'427 | 66'955 | 296'992 | 31'512 | 448'886 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 10'343 | 12'228 | 31'557 | 4'868 | 58'996 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 1'485 | 76'602 | 842'048 | 33'218 | 953'351 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 7'276 | 19'815 | 37'840 | 7'158 | 72'089 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 400 | 5'537 | 10'187 | 2'189 | 18'314 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtschaft. Nutzfl. | 9'588 | 1'294 | 0 | 5'935 | 16'817 |
| N-Ausw. + Abschw./ Veg.-lose Flächen | 370'780 | 536 | 203 | 717 | 372'235 |
| Summe N-Auswaschung | 1'751'654 | 1'998'225 | 4'441'698 | 752'460 | 8'944'038 |
| N-Deposition / Gewässer | 102'360 | 18'917 | 186'731 | 1'772 | 309'780 |
| N-landw. Direkteinträge | 7'370 | 7'855 | 9'195 | 2'331 | 26'750 |
| N-sonstige Direkteinträge | 29'222 | 13'027 | 15'690 | 6'021 | 63'959 |
| Summe N-Direkteinträge | 138'952 | 39'798 | 211'615 | 10'123 | 400'489 |
| Summe gelöste N-Einträge | 1'928'321 | 2'081'807 | 4'676'990 | 777'627 | 9'464'745 |
| partikuläre N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 29'222 | 13'027 | 15'690 | 6'021 | 63'959 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 404 | 15'248 | 17'152 | 2'875 | 35'679 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 4 | 814 | 51 | 869 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 9 | 43 | 150 | 4 | 207 |
| N-sonstige Erosion | 518'557 | 67'162 | 40'233 | 24'923 | 650'874 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 548'193 | 95'483 | 74'039 | 33'874 | 751'588 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 2'476'514 | 2'177'290 | 4'751'029 | 811'501 | 10'216'334 |

| | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 994'961 | 1'621'152 | 4'092'932 | 523'941 | 7'232'986 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 933'360 | 460'655 | 584'058 | 253'686 | 2'231'759 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 103'899 | 28'482 | 25'285 | 7'809 | 165'476 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 444'294 | 67'001 | 48'754 | 26'064 | 586'113 |
| N-Einträge aus punktuellen Quellen (ARA - gereinigtes Abwasser) | 314'601 | 264'711 | 2'673'781 | 155'229 | 3'408'322 |
| N-Einträge aus punktuellen Quellen (Entlastungen - ungereinigtes Abwasser) | 26'096 | 20'150 | 152'848 | 12'832 | 211'926 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 2'476'514 | 2'177'290 | 4'751'029 | 811'501 | 10'216'334 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 340'697 | 284'861 | 2'826'629 | 168'061 | 3'620'248 |
| Gesamt N- Einträge (kg / Jahr) | 2'817'212 | 2'462'151 | 7'577'659 | 979'561 | 13'836'582 |

Tab. 26: N-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
|---|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
| gelöste N-Einträge (%) | | | | | |
| N-Abschw./ Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Ackerland | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Abschw./ Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschw./ Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Abschwemmung | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| N-Auswaschung / Wald | 19 | 15 | 7 | 30 | 13 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 1 | 48 | 56 | 30 | 39 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 8 | 12 | 3 | 8 | 6 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 1 | 5 | 1 | 2 | 2 |
| N-Auswaschung / Alpwirtschaftl. Nutzfl. | 21 | 2 | 0 | 13 | 6 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 2 | 3 | 6 | 4 | 4 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 4 | 18 | 4 | 9 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtschaft. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Ausw.+ Abschw./ Veg.-lose Flächen | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Summe N-Auswaschung | 71 | 92 | 93 | 93 | 88 |
| N-Deposition / Gewässer | 4 | 1 | 4 | 0 | 3 |
| N-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Summe N-Direkteinträge | 6 | 2 | 4 | 1 | 4 |
| Summe gelöste N-Einträge | 78 | 96 | 98 | 96 | 93 |
| partikuläre N-Einträge (%) | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Erosion | 21 | 3 | 1 | 3 | 6 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 22 | 4 | 2 | 4 | 7 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 35 | 66 | 54 | 53 | 52 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 33 | 19 | 8 | 26 | 16 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 16 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| N-Einträge aus punktuellen Quellen (ARA - gereinigtes Abwasser) | 11 | 11 | 35 | 16 | 25 |
| N-Einträge aus punktuellen Quellen (Entlastungen - ungereinigtes Abwasser) | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 88 | 88 | 63 | 83 | 74 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 12 | 12 | 37 | 17 | 26 |
| Gesamt N- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 27: Nutzungsspezifische N-Einträge aus diffusen Quellen pro Region (flächenspezifische Werte).

| N-Einträge (kg / ha und Jahr) | Alpen | Voralpen | Mittelland | Jura | Untersuchungsgebiet |
|--|-------|----------|------------|------|---------------------|
| Grasland | | | | | |
| Abschwemmung | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.4 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 7.5 | 10.3 | 12.0 | 10.6 | 9.0 |
| Ackerland | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.3 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 24.6 | 37.5 | 53.6 | 43.0 | 48.0 |
| Bodenerosion | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 |
| Wald | | | | | |
| Abschwemmung | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Auswaschung | 5.9 | 6.7 | 7.8 | 7.4 | 6.7 |
| unprod. Veg. / veg.-lose Flächen | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 4.6 | 7.1 | 7.8 | 8.5 | 4.7 |
| Gewässer | | | | | |
| Deposition | 11.6 | 22.1 | 21.6 | 25.7 | 16.9 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 14.6 | 15.6 | 19.1 | 17.1 | 17.7 |
| Gesamtfläche | | | | | |
| sonstige Erosion | 1.8 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 1.0 |
| sonstige Direkteinträge ³ | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Total N-Einträge | 8.4 | 16.4 | 28.7 | 13.2 | 15.6 |
| N-gelöst | 6.5 | 15.7 | 28.2 | 12.7 | 14.5 |
| N-partikulär | 1.9 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 1.1 |

◆ **Einzugsgebiete (Tab. 62 im Anhang):**

- Die höchsten prozentualen Anteile an der gesamten diffusen Belastung werden durch den Eintragspfad Auswaschung unter Ackerland in folgenden Gebieten erreicht: Urtenen (66%), Alte Aare-Lyssbach (64%), Langete (64%), Worble (63%), Aare Bern-Hagneck (62%), untere Emme (62%) und Rot (60%). Die Auswaschung unter Dauerwiesen erreicht in den Gebieten Ilfis (18%), obere Emme (15%), Rotache (15%) und unteres Simmental (15%) hohe Anteile. Die Auswaschung unter alpwirtschaftlichen Nutzflächen überwiegt in den Gebieten Fildrich (35%), oberes Simmental (32%), Engstligen (30%) und unteres Simmental (29%). Die Auswaschung unter Wald erreicht in den Gebieten La Birse 32%, Ilfis 30%, La Suze 28%, Zug 25%, unteres Simmental 25% und Brienersee 25%. Die Auswaschung unter Siedlungsgrünflächen erreicht in den Gebieten Thunersee mit 11% und Worble mit 10% nennenswerte prozentuale Anteile.
- Die Verluste über Drainage von Ackerland sind in den Gebieten Limpach (34%), Seeland (29%), Önz (27%), Ösch (22%), Gürbe (16%), Aare Biel-Murgenthal (16%) und Urtenen (15%) hoch.
- Die Deposition auf Gewässer spielt in den Gebieten mit den grossen Seen eine wichtige Rolle (Thunersee 29%, Brienersee 24%, Nordufer Bielersee 15%, Seeland 11%).
- Verluste von vegetationslosen Flächen und durch sonstige Erosion tragen in diversen alpinen Gebieten mit hohen prozentualen Anteile zur Gesamtbelastung bei.

- Die flächenspezifischen diffusen Gesamt-N-Einträge sind in den Gebieten Seeland (37 kg/ha und Jahr), Limpach (35 kg/ha und Jahr), Ösch (32 kg/ha und Jahr), Urtenen (30 kg/ha und Jahr), Önz (29 kg/ha und Jahr) und Alte Aare-Lyssbach (28 kg/ha und Jahr) am höchsten, in den Gebieten Gadmerwasser, Weisse Lüttschine, Kiene, Kander, Fildrich, Saane (alle 8 kg/ha und Jahr) am niedrigsten. Die flächenspezifische diffusen gelösten N-Einträge sind in den Mittellandgebieten fast identisch, in den alpinen Gebieten etwas niedriger (5-6 kg/ha und Jahr) als die gesamten N-Einträge.
- Die höchsten flächenspezifischen N-Verluste werden durch Auswaschung und Drainageverluste unter Ackerland in den Gebieten Seeland (62 kg/ha und Jahr), Limpach (59 kg/ha und Jahr), Ösch (59 kg/ha und Jahr), Önz (56 kg/ha und Jahr), Urtenen (55 kg/ha und Jahr), Aare Biel-Murgenthal (53 kg/ha und Jahr), Alte Aare-Lyssbach (50 kg/ha und Jahr) und Aare Bern-Hagneck (50 kg/ha und Jahr) erreicht (Abb. 62, 63). Dies sind alle Gebiete mit hohem Anteil an drainierten Flächen und relativ ungünstigen Fruchtfolgen. Die niedrigsten flächenspezifischen N-Verluste durch Auswaschung und Drainageverluste unter Ackerland findet man in den Gebieten mit wenig Drainagen und hohem Anteil an Kunstwiesen in der Fruchtfolge (Ilfis 25 kg/ha und Jahr, Zulg 26 kg/ha und Jahr, obere Emme 28 kg/ha und Jahr, Rotache 31 kg/ha und Jahr, Grüne 33 kg/ha und Jahr). Flächenspezifischen N-Verluste durch Auswaschung und Drainageverluste unter Grasland von etwas mehr als 12 kg/ha und Jahr findet man in den Gebieten Limpach, Alte Aare-Lyssbach, Ösch, Önz und Aare Biel-Murgenthal (Abb. 64). Die flächenspezifischen N-Verluste durch Auswaschung unter Wald schwanken nicht sehr stark und liegen meist zwischen 6 und 7 kg/ha und Jahr (Abb. 65). Die flächenspezifischen N-Verluste durch Auswaschung unter Siedlungsgrünflächen konzentrieren sich auf die Mittellandgebiete mit hohem städtischen Anteil (Abb. 66).

Bei den N-Einträgen ist die Auswaschung unter Ackerland mit knapp 50% der wichtigste Eintragspfad, auch die flächenspezifischen N-Verluste sind durch Auswaschung unter Ackerland am höchsten. Entsprechend eignet sich der prozentuale Anteil von Ackerland an der Gesamtfläche eines Gebietes sehr gut, die flächenspezifischen N-Verluste des Gebietes anzugeben (Abb. 61).

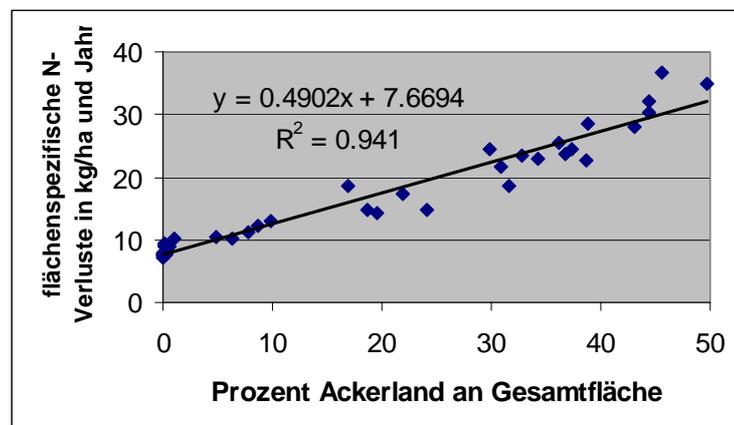


Abb. 61: Beziehung zwischen dem Anteil an Ackerland und dem flächenspezifischen N-Austrägen für die 38 Einzugsgebiete.

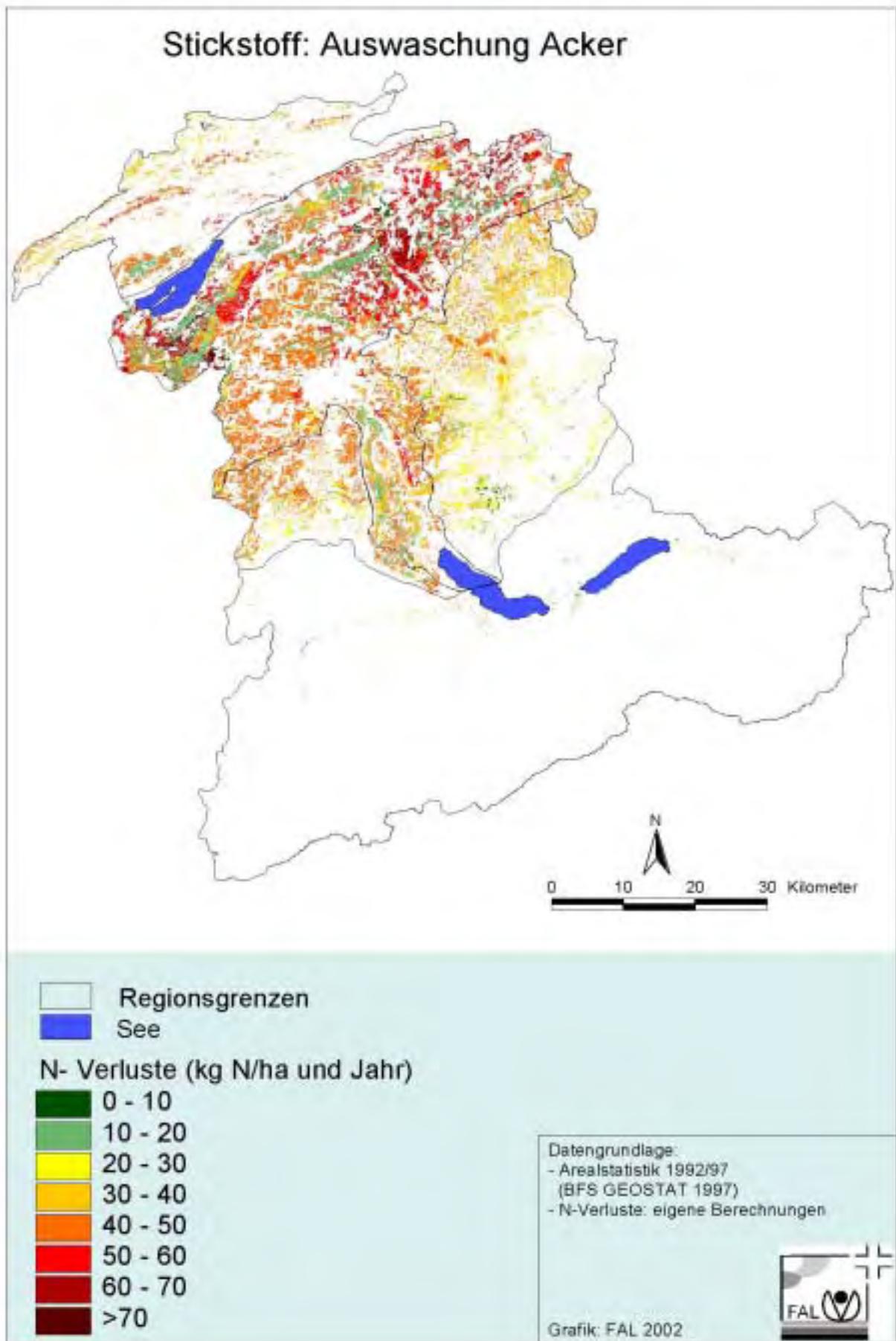


Abb. 62: N-Verluste durch Auswaschung unter Ackerland.

Stickstoff: Verluste durch Drainagen

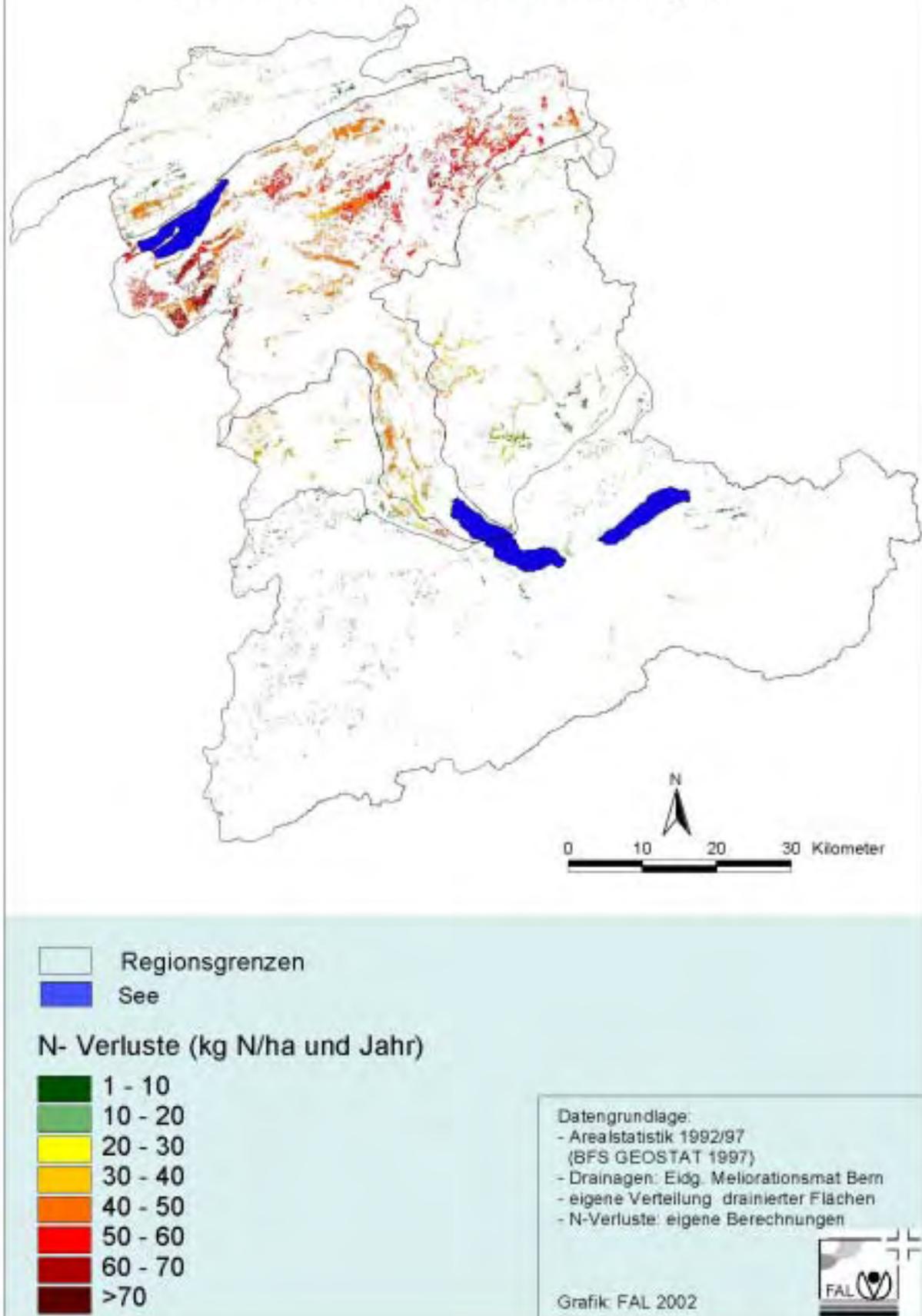


Abb. 63: N-Verluste durch Drainagen.

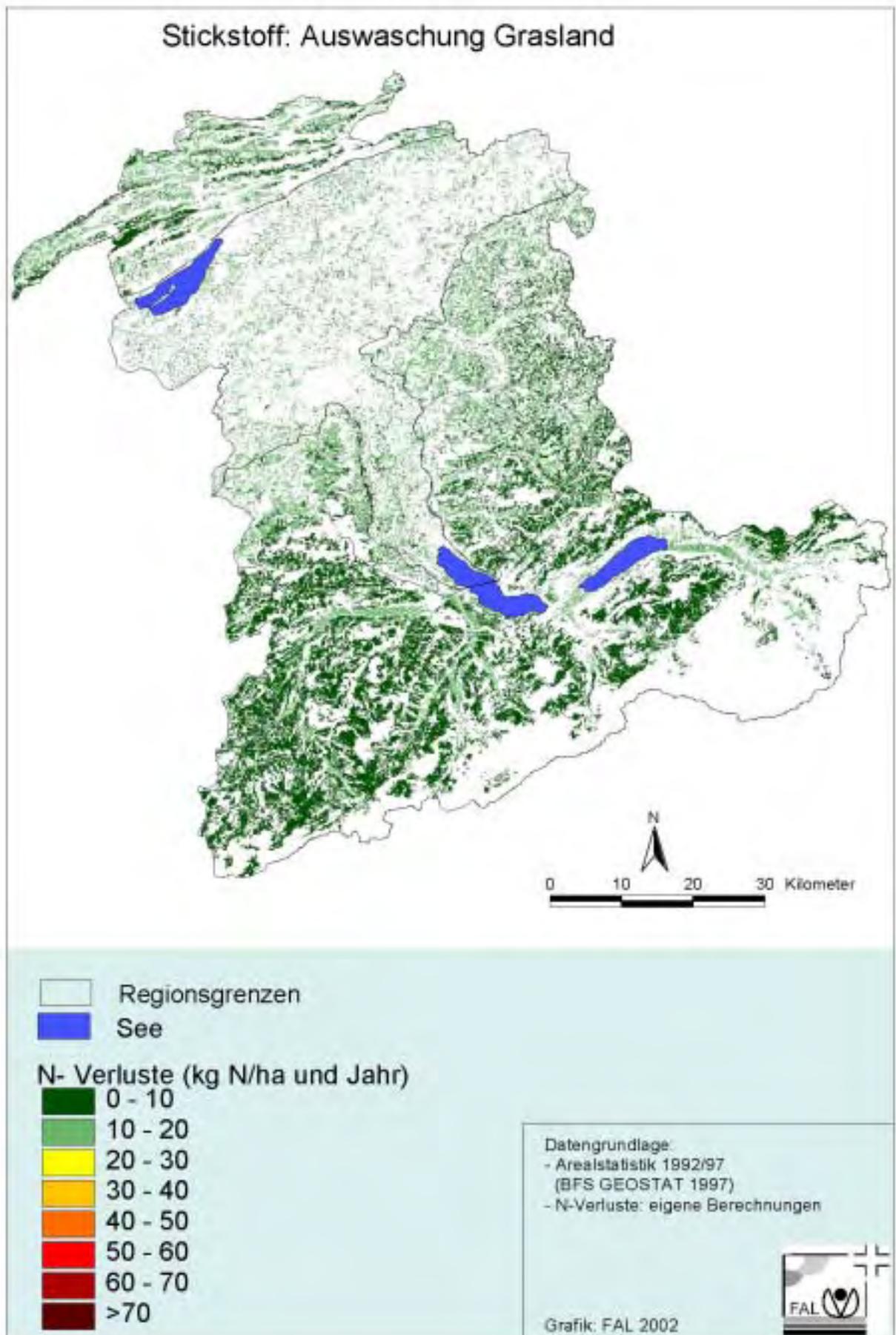


Abb. 64: N-Verluste durch Auswaschung unter Grasland.

Stickstoff: Auswaschung Wald

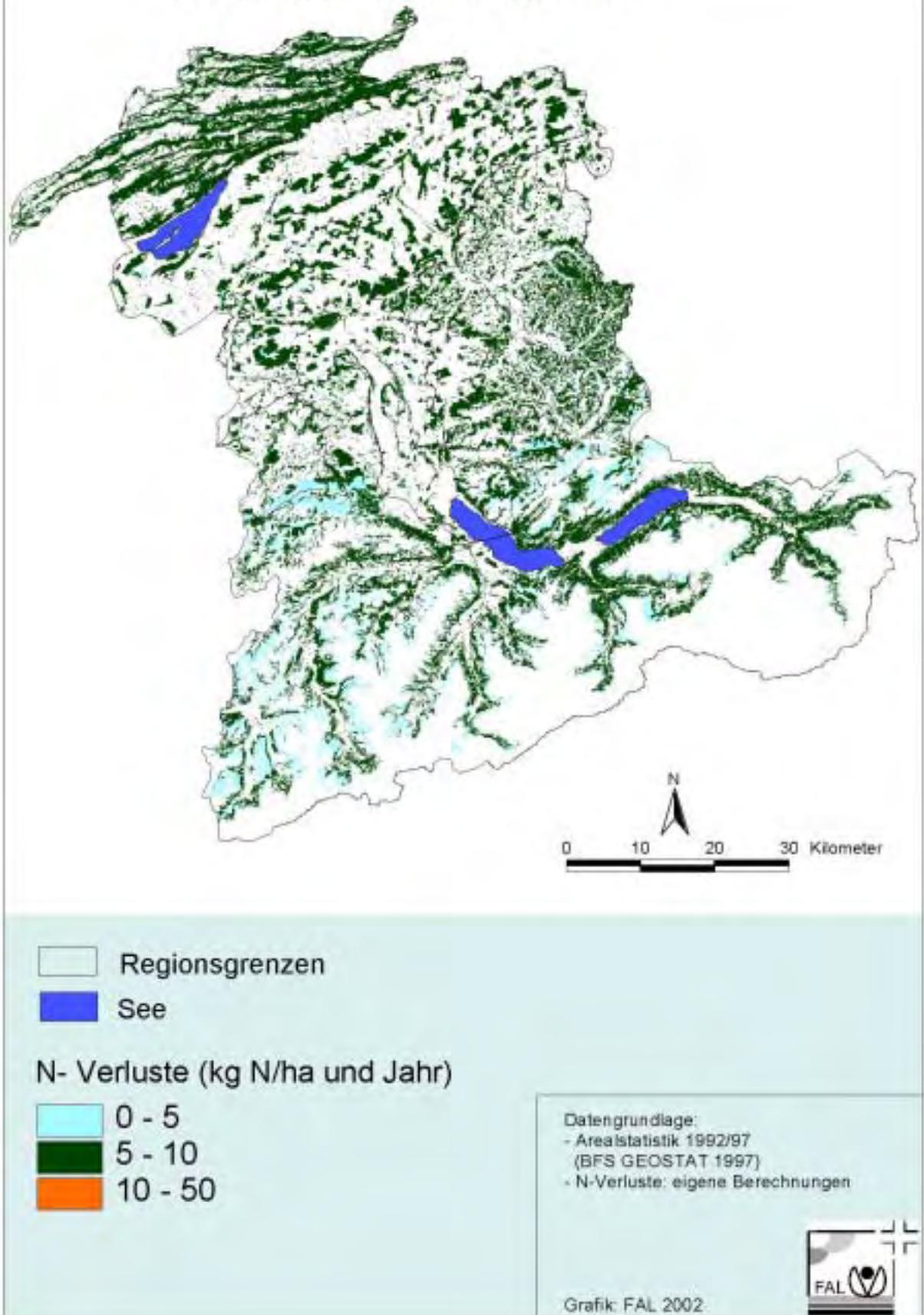


Abb. 65: N-Verluste durch Auswaschung unter Wald.

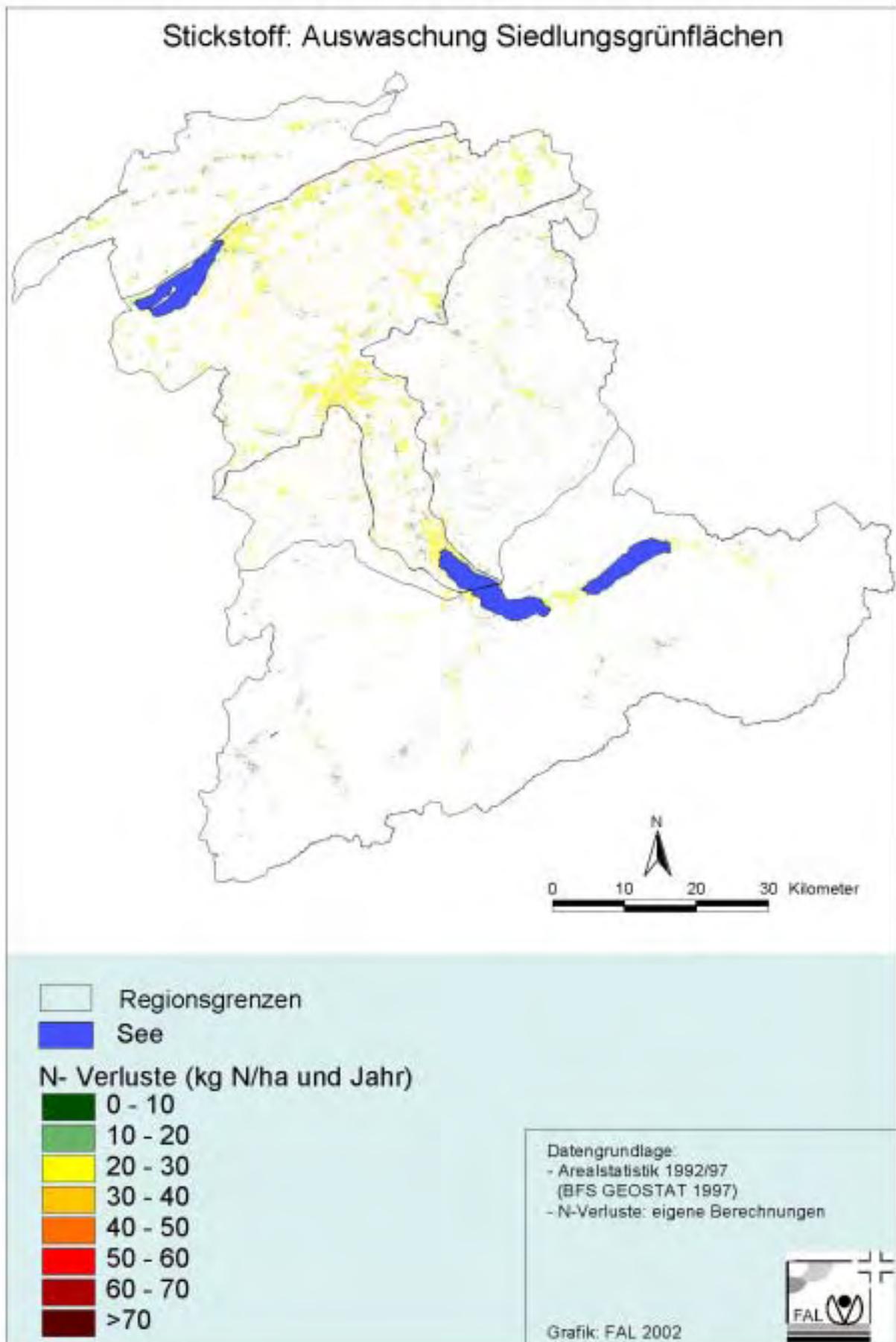


Abb. 66: N-Verluste durch Auswaschung unter Siedlungsgrünflächen.

Hydrologisches Einzugsgebiet "Langete": Gelöster Phosphor-Eintrag in kg pro Hektare und Jahr

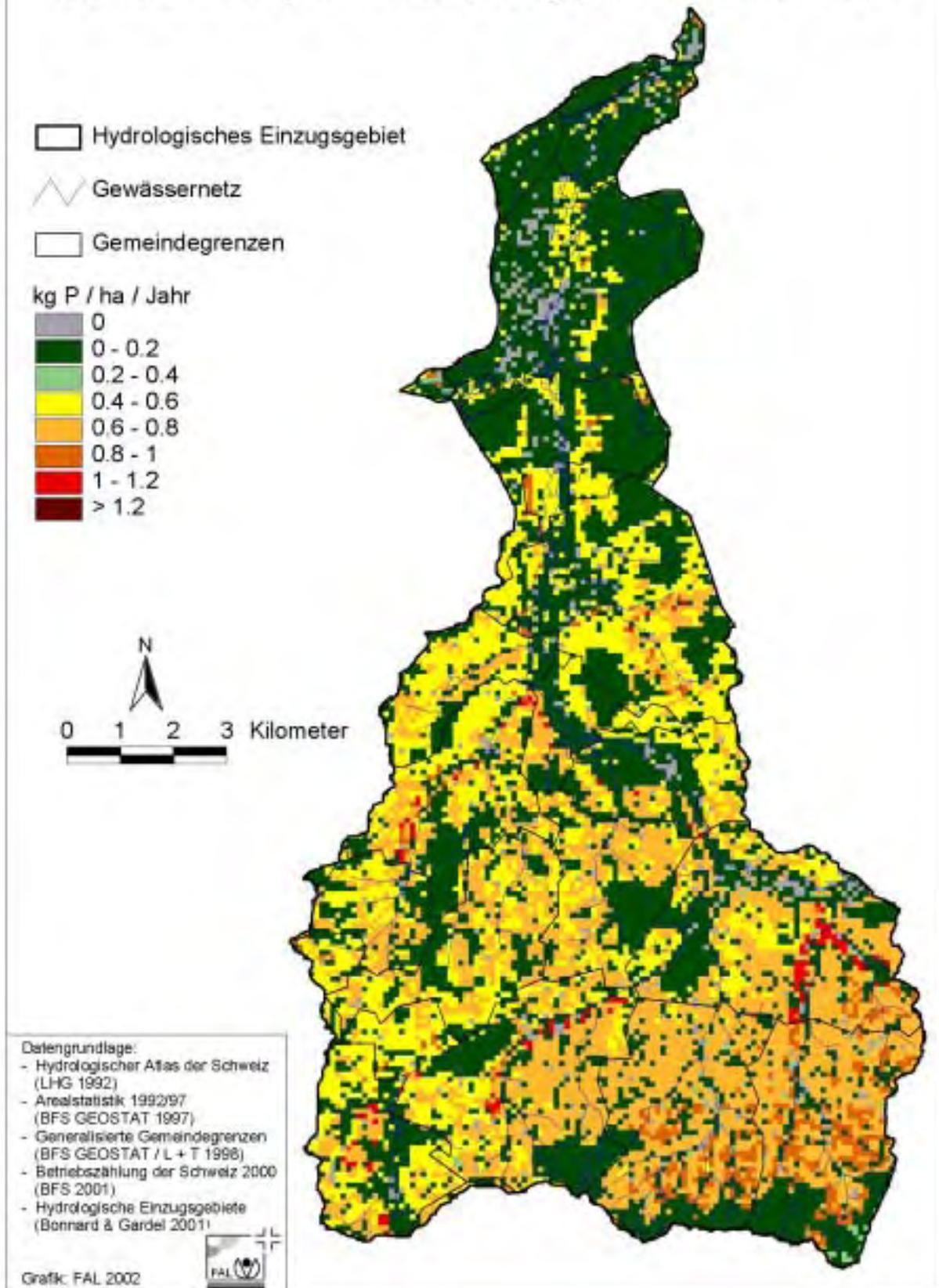


Abb. 67: Gelöste P-Verluste im Einzugsgebiet Langete.

Hydrologisches Einzugsgebiet Urtenen:
Stickstoffeintrag in kg N pro Hektare und Jahr

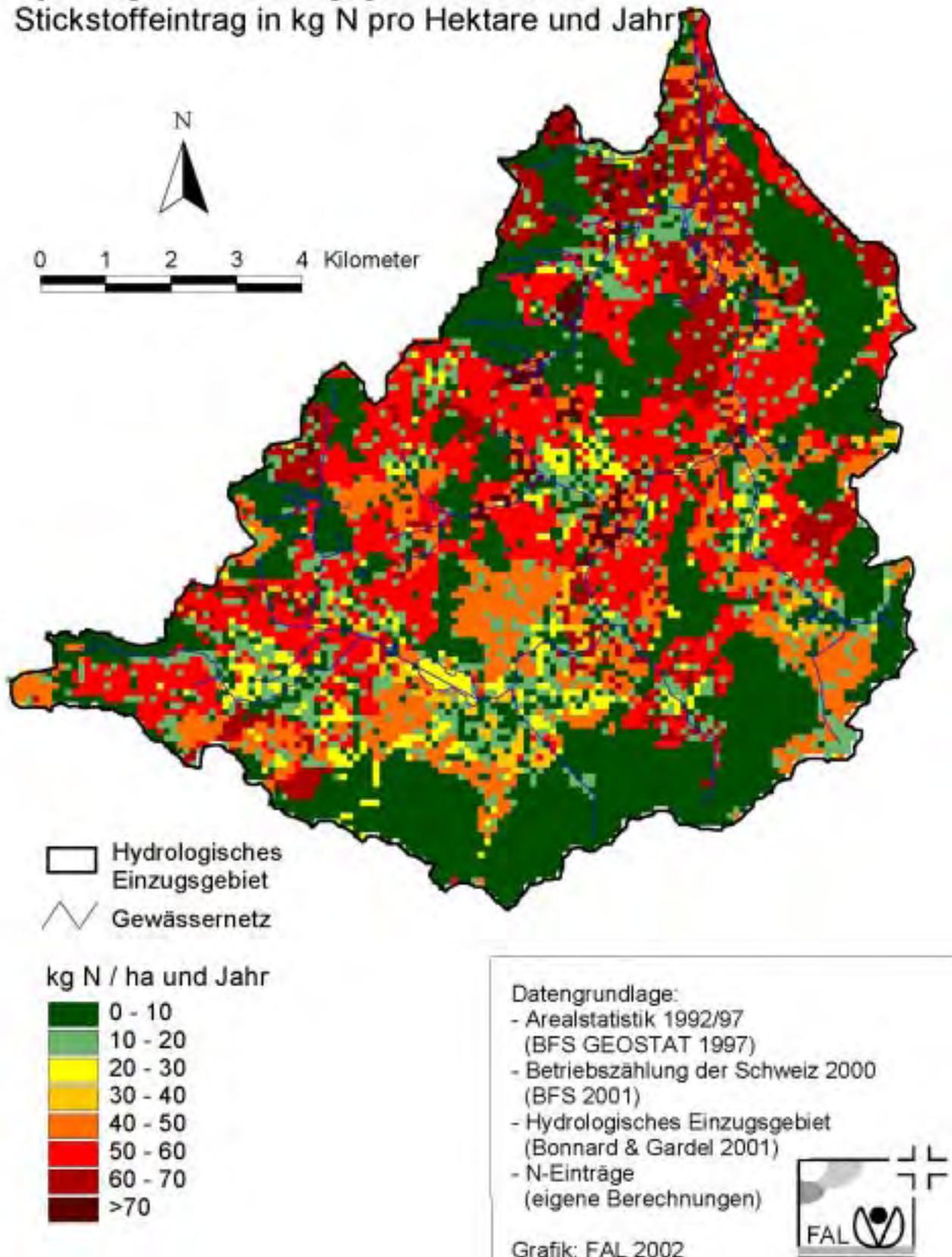


Abb. 68: Gelöste N-Verluste im Einzugsgebiet Urtenen.

5. VERGLEICH MIT DEN RESULTATEN DER BE- RECHNUNGEN VON PRASUHN & BRAUN (1994)

5.1 WICHTIGE HINWEISE FÜR DEN VERGLEICH DER ERGEBNISSE DIESER STUDIE MIT DENEN VON PRASUHN & BRAUN (1994)

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, eine bestmögliche Abschätzung der N- und P-Verluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern nach neuestem Wissens- und Technikstand durchzuführen. Dies hat zwangsläufig zur Folge, dass sich methodisch verschiedene Änderungen gegenüber der Erstberechnung anfangs der neunziger Jahre (PRASUHN & BRAUN 1994) ergeben haben. Dadurch lassen sich die Ergebnisse beider Berechnungen nur mit diversen Einschränkungen vergleichen.

Folgende Punkte sind beim Vergleich zwingend zu beachten:

◆ **Flächengrösse**

Die Flächengrösse des gesamten untersuchten Perimeters, der geographischen Regionen und der hydrologischen Einzugsgebiete hat sich verändert. Deshalb sollten nie die absoluten Zahlen in Tonnen pro Jahr, sondern nur die flächenspezifischen Werte in Kilogramm pro Hektare miteinander verglichen werden.

Gesamtgebiet: Neu ist das Gebiet Saane (BE) hinzugekommen, die Gebiete Sense, Seeland und Nordufer Bielersee wurden um ausserkantonale Anteile erheblich erweitert. Dadurch ist die neue Untersuchungsfläche um 53'619 ha bzw. 9% grösser als die damalige.

Geographische Regionen: Neben der Vergrösserung des Gesamtgebietes, die vor allem die alpine und voralpine Region betrifft, wurden die Grenzen der geographischen Regionen neu bestimmt. Mittels GIS wurden die Grenzen anhand der Klimaeignungskarte (1:200'000) festgelegt. Dadurch wurden nicht mehr ganze hydrologische Einzugsgebiete einer Region zugeordnet, sondern die Grenzen verlaufen quer durch die Einzugsgebiete. Folgende Flächenunterschiede ergeben sich (Tab. 28):

Tab. 28: Flächenvergleiche nach Regionen.

| Regionen | Fläche diese Studie (2002) | Fläche Prasuhn & Braun (1994) | Abweichung | |
|--------------|----------------------------|-------------------------------|---------------|----------|
| | ha | ha | ha | % |
| Alpen | 294'479 | 244'988 | 49'491 | 20 |
| Voralpen | 132'719 | 112'127 | 20'592 | 18 |
| Mittelland | 165'677 | 183'160 | -17'483 | -10 |
| Jura | 61'259 | 60'240 | 1'019 | 2 |
| Total | 654'134 | 600'515 | 53'619 | 9 |

Hydrologische Einzugsgebiete: Neu wurden 38 statt 20 hydrologische Einzugsgebiete ausgeschieden. Dadurch wurden verschiedene Einzugsgebiete stark aufgesplittet. Mittels GIS wurden die Einzugsgebietsgrenzen neu digitalisiert. Teilweise wurde der Mündungspunkt verlegt. Dadurch ergeben sich pro Einzugsgebiet mehr oder weniger grosse Abweichungen zu den früheren Werten (Tab. 29).

Tab. 29: Flächenvergleiche nach hydrologischen Einzugsgebieten.

| Einzugsgebiete | Fläche diese Studie (2003) | | Fläche Prasuhn & Braun (1994) | Abweichung | |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| | km ² | km ² | km ² | km ² | % |
| 1. Gadmerwasser | 167 | 603 | 556 | 47 | 8 |
| 2. Aare Oberhasli | 436 | | | | |
| 3. Weisse Lütschine | 165 | 391 | 398 | -7 | -2 |
| 4. Schwarze Lütschine | 226 | | | | |
| 6. Kiene | 92 | 1095 | 1096 | -1 | 0 |
| 7. Engstligen | 146 | | | | |
| 8. Kander | 266 | | | | |
| 9. Fildrich | 132 | | | | |
| 10. Oberes Simmental | 242 | | | | |
| 11. Unteres Simmental | 217 | | | | |
| 5. Brienersee | 140 | 361 | 400 | -39 | -10 |
| 12. Thunersee | 221 | | | | |
| 13. Saane (nur BE) | 258 | 258 | 0 | 258 | 100 |
| 14. Schwarzwasser | 130 | 436 | 355 | 81 | 23 |
| 15. Sense | 306 | | | | |
| 16. Zulg | 87 | 87 | 91 | -3 | -4 |
| 17. Rotache | 41 | 41 | 42 | -1 | -3 |
| 18. Chise | 72 | 72 | 70 | 1 | 2 |
| 19. Gürbe | 136 | 136 | 127 | 9 | 7 |
| 20. Aare Thun-Bern | 154 | 154 | 156 | -2 | -1 |
| 21. Worble | 69 | 69 | 66 | 3 | 5 |
| 22. Aare Bern-Hagneck | 246 | 246 | 238 | 8 | 4 |
| 23. Seeland | 187 | 290 | 181 | 109 | 60 |
| 24. Nordufer Bielersee | 103 | | | | |
| 25. La Suze | 218 | 218 | 220 | -3 | -1 |
| 26. Obere Emme | 228 | 436 | 436 | -1 | 0 |
| 27. Ilfis | 208 | | | | |
| 28. Grüne | 82 | 552 | 493 | 59 | 12 |
| 29. Urtenen | 95 | | | | |
| 30. Limpach | 78 | | | | |
| 31. Untere Emme | 297 | | | | |
| 32. Alte Aare-Lyssbach | 96 | 607 | 637 | -29 | -5 |
| 33. Ösch | 106 | | | | |
| 35. Aare Biel-Murgenthal | 345 | | | | |
| 37. Rot | 60 | | | | |
| 34. Önz | 94 | 94 | 93 | 0 | 0 |
| 36. Langete | 139 | 139 | 149 | -10 | -7 |
| 38. La Birse (nur BE) | 257 | 257 | 201 | 56 | 28 |
| Total Untersuchungsgebiet | 6'541 | 6'541 | 6'005 | 536 | 9 |

◆ **Modellanpassungen - Methodische Änderungen**

Hektarraster- statt Gemeindedaten und Verschneidungen mittels GIS: Durch die Bearbeitung mittels GIS standen hochauflösende und z.T. neue Datengrundlagen zur Verfügung und es konnte eine exaktere Zuordnung zu den hydrologischen Einzugsgebieten gemacht werden. Die direkte Verschneidung verschiedener Informationslayer im GIS sowie die Berechnung auf Hektarraster- statt auf Gemeindeebene stellt eine erhebliche

Detaillierung dar, die sich auch auf die Resultate der Stoffflussberechnung auswirken kann.

Die Landnutzung der Arealstatistik konnte hektarweise und nicht nur gemeindeweise den Einzugsgebieten zugeordnet werden. Diese Zuteilung ist erheblich exakter. Landnutzungsänderungen innerhalb der Einzugsgebiete müssen somit nicht zwingend reale Veränderungen sein, sondern können zumindest teilweise methodisch bedingt sein, zumal sich auch die Erhebung der Arealstatistik selbst methodisch verändert hat (BFS 1992).

Es standen diverse zusätzliche oder hochauflösendere Grundlagendaten zur Verfügung (z.B. Höhe über Meer, Neigung, Exposition, Bodeneigenschaften). Sie konnten mit anderen Daten in Beziehung gesetzt werden (z.B. Zufallsverteilung der Drainagen gemeindeweise in Abhängigkeit von Nutzung, Topografie und Bodentyp).

Mehrere Eintragspfade konnten aufgrund der Nutzung neuer Datenquellen erheblich differenzierter berechnet werden (z.B. Nitratauswaschung, P-Verluste durch Bodenerosion) und sind mit dem vorher verwendeten Ansatz nicht mehr direkt vergleichbar.

Statt gemeinde- oder einzugsgebietsspezifischer Verlustkoeffizienten, die aufgrund von Expertenwissen und Analogieschlüssen festgelegt wurden, wurden die Verlustkoeffizienten neu meist über empirisch bestimmte lineare oder nichtlineare Funktionen für jeden Hektar berechnet.

Zuordnung der Kunstwiese zum Ackerland bzw. Grasland

Kunstwiese wurde bei der Berechnung der Wasser- und Stoffflüsse von PRASUHN & BRAUN (1994) dem Grasland gleichgesetzt. Die Stoffverluste von Kunstwiesenflächen wurden daher auch bei den Verlusten von Grasland und nicht beim Ackerland aufgeführt. Neu müssen die Verluste von Kunstwiesen methodisch bedingt dem Ackerland zugeteilt werden. Daher sind die absoluten, flächenspezifischen und prozentualen Verlustwerte für Ackerland bzw. Grasland von PRASUHN & BRAUN (1994) und dieser Studie nicht vergleichbar. Es können nur die aufsummierten Werte der gesamten LN miteinander verglichen werden (Tab. 30).

Tab. 30: Vergleich der Aufteilung der LN des jeweiligen Untersuchungsgebietes in dieser Studie mit der von PRASUHN & BRAUN (1994).

| | Fläche diese Studie (2003) (ha) | Fläche Prasuhn & Braun (1994) (ha) | Abwei- chung (ha) |
|---------------------|--|---|------------------------------|
| Gesamtfläche | 654'134 | 600'515 | +53'619 |
| LN | 287'972 | 263'942 | +24'030 |
| Grasland | 185'097 | 204'225 | -19'128 |
| Dauerwiesen | 69'125 | 72'029 | -2'904 |
| Alpw. Nutzfläche | 91'759 | 83'378 | +8'381 |
| Heimweiden | 18'757 | 10'344 | +8'413 |
| Obst-/Gartenbau | 5'456 | 6'978 | -1'522 |
| Kunstwiese | - | 31'497 | -31'497 |
| Ackerland | 102'012 | 59'717 | +42'295 |
| offenes Ackerland | 62'658 | 59'420 | +3'238 |
| Kunstwiese | 39'354 | - | +39'354 |
| Rebbau | - | 296 | -296 |
| Gartenbau | 533 | - | +533 |
| Rebbau | 330 | - | +330 |

Natürliche Hintergrundlast – diffus anthropogene Belastung

Bei der ‚sonstigen Erosion‘ wurden neuerdings 20% statt 10% der diffus anthropogenen Belastung zugeschrieben. Dadurch hat sich der Anteil natürlicher Hintergrundlast – vor allem in den Alpen – methodisch bedingt deutlich verringert und der Anteil diffus anthropogener Belastung hat zugenommen.

Niederschlag – Verdunstung – Abfluss

Für die Berechnung der Gebietsniederschläge wurde eine andere Datenquelle genutzt (ROHMANN & MENZEL 1999 statt KIRCHHOFER & SEVRUK 1992), da die neuen Daten digital in Rasterform vorlagen. Auch die Verdunstungsberechnung wurde angepasst (vgl. Kap. 2.1.2). Dadurch ergeben sich methodisch bedingte Abweichungen bei den Abflüssen (vgl. Tab. 20), die sich auch auf die Stofffrachten auswirken. Die Bestimmung der Gebietsniederschläge ist – vor allem im alpinen Raum – mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, wie ein Methodenvergleich von SCHÄDLER & WEINGARTNER (2002) zeigt.

Diverse Details

Verschiedene kleinere methodische Änderungen sind dem Kapitel Methodik (Kap. 2) zu entnehmen.

Auf die Auswirkungen dieser Änderungen bei der Interpretation der Ergebnisse bzw. beim Vergleich der Resultate von PRASUHN & BRAUN (1994) und dieser Studie wird in Kap. 5.3 eingegangen.

5.2 GROBABSCHÄTZUNG DER AUSWIRKUNGEN VERSCHIEDENER VERÄNDERUNGEN INNERHALB DER LETZTEN 10 JAHRE AUF DIE STOFFVERLUSTE

Nachfolgend soll aufgrund verschiedener Veränderungen innerhalb der letzten 10 Jahre eine überschlagsmässige Berechnung möglicher Auswirkungen auf die Stoffverluste gemacht werden. Es handelt sich nur um Schätzungen, die Tendenzen aufzeigen sollen.

Veränderungen der Hauptnutzungskategorien.

Gemäss Arealstatistik 1979/85 und 1992/97 (BFS GEOSTAT 1979/85 und 1992/97) haben die Waldfläche im Kanton Bern um 1'333 ha bzw. knapp 1% und die Siedlungsfläche um 3'775 ha bzw. 11% zugenommen, die LN um 4'756 ha bzw. knapp 2% und die unproduktive Fläche um 352 ha bzw. 0.3% abgenommen (Tab. 31). Rechnet man diese Flächenveränderungen mit den 1994 für den Kanton Bern ermittelten flächenspezifischen Verlustkoeffizienten für die jeweiligen Kategorien durch, ergeben sich Veränderungen in der gleichen prozentualen Verteilung für die verschiedenen Kategorien bzw. aufsummiert eine Abnahme von 51 t N pro Jahr (=0.5%) und 1.9 t P pro Jahr (=0.3%) gegenüber den 1994 berechneten Werten für den Kanton Bern (PRASUHN & BRAUN 1994). Vor allem die Abnahme der LN führt zu insgesamt leicht geringeren Stoffverlusten. Die Flächenveränderungen bei den Hauptnutzungskategorien führen aber nur zu kleinen, im Fehlerbereich der Abschätzungen liegenden Veränderungen bei den Stoffverlusten.

Tab. 31: Veränderung der Landnutzung nach Arealstatistik im Kanton Bern (innerhalb 10 Jahren).

| Landnutzungskategorien nach Arealstatistik | Arealstatistik Kanton Bern | | | | Abweichung (positiv = Zunahme) | |
|---|----------------------------|------------|----------------------|------------|--------------------------------|-----------|
| | 1979/85 ¹ | | 1992/97 ² | | | |
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| Bestockte Flächen (Wald und Gehölze) | 183'232 | 31 | 184'565 | 31 | 1'333 | 1 |
| Wald (ohne Gebüschwald) | 163'100 | 27 | 164'130 | 28 | 1'030 | 1 |
| Gebüschwald | 3'907 | 1 | 4'423 | 1 | 516 | 13 |
| Gehölze | 16'225 | 3 | 16'012 | 3 | -213 | -1 |
| Landwirtschaftliche Nutzflächen | 262'905 | 44 | 258'149 | 43 | -4'756 | -2 |
| Obstbau, Rebbau, Gartenbau | 6'936 | 1 | 5'702 | 1 | -1'234 | -18 |
| Wies- und Ackerland, Heimweiden | 168'878 | 28 | 166'844 | 28 | -2'034 | -1 |
| Alpwirtschaftliche Nutzflächen | 87'091 | 15 | 85'603 | 14 | -1'488 | -2 |
| Unproduktive Flächen | 115'393 | 19 | 115'041 | 19 | -352 | 0 |
| Stehende Gewässer | 13'516 | 2 | 13'502 | 2 | -14 | 0 |
| Fliessgewässer | 4'037 | 1 | 4'037 | 1 | 0 | 0 |
| Unproduktive Vegetation | 21'658 | 4 | 21'692 | 4 | 34 | 0 |
| Vegetationslose Flächen | 76'182 | 13 | 75'810 | 13 | -372 | 0 |
| Siedlungsflächen | 34'353 | 6 | 38'128 | 6 | 3'775 | 11 |
| Gebäudeareal | 16'855 | 3 | 19'238 | 3 | 2'383 | 14 |
| Industrieareal | 2'051 | 0 | 2'503 | 0 | 452 | 22 |
| Besondere Siedlungsflächen | 2'228 | 0 | 1'784 | 0 | -444 | -20 |
| Erholungs- und Grünanlagen | 1'716 | 0 | 1'922 | 0 | 206 | 12 |
| Verkehrsflächen | 11'503 | 2 | 12'681 | 2 | 1'178 | 10 |
| Gesamtfläche | 595'883 | 100 | 595'883 | 100 | 0 | 0 |

¹ Erhebung der Luftaufnahmen zwischen 1979 und 1982 im Kanton Bern (BFS GEOSTAT 1979/85)

² Erhebung der Luftaufnahmen zwischen 1992 und 1994 im Kanton Bern (BFS GEOSTAT 1992/97)

Veränderungen innerhalb der LN

Da die LN bezüglich Stoffverlusten die wichtigste Nutzungskategorie ist, sollen die Veränderungen innerhalb der LN im Kanton Bern näher betrachtet werden (Daten der Betriebszählung 1990 und 2000, BFS 1992 und 2001). Gemäss diesen Daten beträgt die Abnahme der LN in der Zeitspanne 1990-2000 4'570 ha bzw. 2% (Tab. 32). Der grösste Teil der Abnahme der LN betrifft das Grasland mit 4'459 ha, während das Ackerland nur um 233 ha abgenommen hat. Dies erstaunt insofern, als die Abnahme der LN in erster Linie auf die Ausdehnung der Siedlungsfläche zurückzuführen ist. Die Ausdehnung der Siedlungsfläche erfolgt jedoch häufig auf ebenen Standorten in Tallagen und müsste daher auch vielfach Ackerflächen getroffen haben. Es ist also zu vermuten, dass ein grosser Teil des Verlustes von Ackerland durch Überbauung durch Umwandlung von Grasland in Ackerland kompensiert wurde. Dies wäre mit hohen Stoffverlusten in der Grössenordnung von rund 100 t N pro Jahr verbunden.

Innerhalb des Ackerlandes gab es gravierende Nutzungswandel. Die offene Ackerfläche hat um 5'551 ha bzw. 10% abgenommen, die Kunstwiese um 5'318 ha bzw. 17% zugenommen. Der Getreideanbau hat um 5'807 ha bzw. 16%, der Kartoffelanbau um 1'880 bzw. 27% abgenommen. Mais- (+13%), Zuckerrüben- (+29%) und Gemüseanbau (+41%) haben deutlich zugenommen. Berechnet man die Stickstoffauswaschung mit mittleren kulturspezifischen Verlustkoeffizienten (abgeleitet aus der neu erstellten N-Auswaschungsmatrix, s. Kap. 2.2.2.3) ergibt sich für den Kanton Bern eine Abnahme der Stickstoffverluste von 270 t pro Jahr bzw. 5% der Auswaschungsverluste unter Ackerland aufgrund der veränderten Kulturartenzusammensetzung.

Tab. 32: Veränderung der Landnutzung nach eidgenössischer Betriebszählung (innerhalb 10 Jahren) für den Kanton Bern.

| Nutzungskategorie | 1990 ¹ | 2000 | Abweichung | |
|--------------------------------|-------------------|---------|------------|-----|
| | (ha) | (ha) | (ha) | (%) |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 196'061 | 191'491 | -4'570 | -2 |
| Grasland | 107'118 | 102'659 | -4'459 | -4 |
| Ackerland | 88'457 | 88'224 | -233 | 0 |
| offenes Ackerland | 58'041 | 52'490 | -5'551 | -10 |
| Getreide | 37'449 | 31'642 | -5'807 | -16 |
| Kartoffeln | 6'989 | 5'109 | -1'880 | -27 |
| Zuckerrüben | 2'900 | 3'747 | 847 | 29 |
| Freilandgemüse | 986 | 1'393 | 407 | 41 |
| Silo- und Grünmais | 6'050 | 6'862 | 812 | 13 |
| Kunstwiesen | 30'416 | 35'734 | 5'318 | 17 |
| Reben | 198 | 242 | 44 | 22 |
| Obstbau | 288 | 366 | 78 | 27 |

¹ ohne Laufental und Vellerat (BFS 1992 und 2001)

Veränderungen des Hofdüngeranfalles

Vergleicht man die Tierzahlen gemäss Betriebszählung 1990 und 2000 (BFS 1992 und 2001) im Kanton Bern zeigt sich, dass einzig bei der Kategorie Schweine eine deutliche Reduktion stattgefunden hat (Abnahme um 115'000 Stück bzw. 37%). Der Rinderbestand hat sich leicht erhöht (2'900 Stück bzw. 0.7%), Pferde (+13%), Schafe (+12%), Ziegen (+5%) und Geflügel (+8%) haben deutlich zugenommen (Tab. 33).

Tab. 33: Vergleich der Tierzahlen 1990 und 2000 (BFS 1992 und 2001) im Kanton Bern.

| Tierkategorie nach BFS Betriebszählung 2000 | Tierkategorie 1990 | Stückzahl | | Abweichung | |
|---|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------|
| | | 1990 | 2000 | (Stück) | (%) |
| Kühe zur Verkehrsmilchproduktion | Milchkühe | 160'662 | 144'139 | -16'523 | -10 |
| Kühe, gemolken, keine Verkehrsmilchproduktion | gemolkene Kühe | 13'654 | 20'449 | 6'795 | 50 |
| Rinder > 2-jährig | Rinder >2 Jahre | 27'150 | 35'258 | 8'108 | 30 |
| Rinder 1- bis 2-jährig | Rinder 1 - 2 Jahre | 55'410 | 78'583 | 23'173 | 42 |
| Stiere > 2-jährig | Stiere >2 Jahre | 445 | 659 | 214 | 48 |
| Stiere 1- bis 2-jährig | Stiere 1 - 2 Jahre | 1'428 | 1'699 | 271 | 19 |
| Jungvieh zur Zucht, 4 bis 12 Mte alt, weiblich | Jungvieh 1/2 - 1 Jahr weiblich | 27'182 | 33'109 | 5'927 | 22 |
| Jungvieh zur Zucht, 4 bis 12 Mte alt, männlich | Jungvieh 1/2 - 1 Jahr männlich | 3'334 | 4'456 | 1'122 | 34 |
| Aufzuchtkälber < 4 Mte alt, weiblich | Kälber bis 1/2 Jahr weiblich | 42'324 | 18'718 | -23'606 | -56 |
| Aufzuchtkälber < 4 Mte alt, männlich | Kälber bis 1/2 Jahr männlich | 8'226 | 3'365 | -4'861 | -59 |
| Mutter- und Ammenkühe | Mutter-, Ammenkühe | 2'443 | 8'348 | 5'905 | 242 |
| Grossviehmast > 4 Mte alt | Grossviehmast Rinder, Stiere, Ochsen | 4'657 | 13'550 | 8'893 | 191 |
| Kälber zur Grossviehmast < 4 Mte alt & Mutterkälber | Grossviehmast Kälber, Jungvieh | 21'390 | 12'918 | -8'472 | -40 |
| Mastkälber | Kälbermast | 22'742 | 18'719 | -4'023 | -18 |
| Total Tiere der Rindergattung | | 391'047 | 393'970 | 2'923 | 1 |
| Säugende Stuten | Zuchtstuten | 2'469 | 1'411 | -1'058 | -43 |
| Fohlen bei Fuss | Saugfohlen | 1'405 | 1'160 | -245 | -17 |
| Andere Pferde > 3-jährig | Andere Pferde >4 Jahre | 4'541 | 6'717 | 2'176 | 48 |
| Andere Fohlen < 3-jährig | Fohlen bis 3 Jahre | 2'032 | 1'568 | -464 | -23 |
| Maultiere und Maulesel jeden Alters | Maulesel & Maultiere | 61 | 76 | 15 | 25 |
| Ponys und Kleinpferde jeden Alters | Ponies & Kleinpferde | 1'012 | 1'785 | 773 | 76 |
| Esel jeden Alters | Esel | 325 | 659 | 334 | 103 |
| Total Tiere der Pferdegattung | | 11'845 | 13'376 | 1'531 | 13 |
| Andere weibliche Schafe > 1-jährig | Zuchtschafe & andere | 26'532 | 32'791 | 6'259 | 24 |
| Schafe gemolken | Milchschafe | 1'756 | 1'070 | -686 | -39 |
| Widder > 1-jährig | Zuchtwidder | 1'729 | 1'591 | -138 | -8 |
| Jungschafe < 1-jährig | Jungtiere & Lämmer | 26'520 | 27'885 | 1'365 | 5 |
| Total Schafe | | 56'537 | 63'337 | 6'800 | 12 |
| Andere weibliche Ziegen > 1-jährig | Ziege über 1 1/2 Jahre | 6'758 | 1'563 | -5'195 | -77 |
| Ziegen gemolken | Milchziegen | 3'828 | 9'417 | 5'589 | 146 |
| Ziegenböcke > 1-jährig | Ziegenböcke | 227 | 356 | 129 | 57 |
| Jungziegen < 1-jährig | Jungziegen & Jungtiere | 5'045 | 5'275 | 230 | 5 |
| Total Ziegen | | 15'858 | 16'611 | 753 | 5 |
| Säugende Zuchtsauen | Tragende Mutterschweine | 23'151 | 7'384 | -15'767 | -68 |
| Nicht säugende Zuchtsauen > 6 Monate alt | Nicht tragende Mutterschweine | 12'386 | 19'521 | 7'135 | 58 |
| Zuchteber | Zuchteber | 1'843 | 1'377 | -466 | -25 |
| Abgesetzte Ferkel | Ferkel bis 30kg | 132'960 | 50'179 | -82'781 | -62 |
| Remonten bis 6 Mte alt und Mastschweine | Jäger & Mastschweine >51kg | 144'427 | 121'056 | -23'371 | -16 |
| Total Schweine | | 314'767 | 199'517 | -115'250 | -37 |
| Zuchthennen und -hähne | Zuchthähne | 4'441 | 22'638 | 18'197 | 410 |
| Legehennen | Lege- & Zuchthennen | 388'182 | 252'779 | -135'403 | -35 |
| Junghennen, Junghähne und Küken | Legetierküken & Junghennen | 93'876 | 101'305 | 7'429 | 8 |
| Mastpoulets jeden Alters | Mastpoulets | 714'854 | 913'842 | 198'988 | 28 |
| Truten jeden Alters | Truten | 3'108 | 7'052 | 3'944 | 127 |
| Total Nutzgeflügel | | 1'204'461 | 1'297'616 | 93'155 | 8 |
| Total Tiere der Rindergattung | | 391'047 | 393'970 | 2'923 | 1 |
| Total Tiere der Pferdegattung | | 11'845 | 13'376 | 1'531 | 13 |
| Total Schafe | | 56'537 | 63'337 | 6'800 | 12 |
| Total Ziegen | | 15'858 | 16'611 | 753 | 5 |
| Total andere Raufutter verzehrende Nutztiere | | -- | 1'170 | 1'170 | -- |
| Total Raufutter verzehrende Nutztiere | | 475'287 | 488'464 | 13'177 | 3 |
| Total Schweine | | 314'767 | 199'517 | -115'250 | -37 |
| Total Nutzgeflügel | | 1'204'461 | 1'297'616 | 93'155 | 8 |
| Gesamttotal | | 1'994'515 | 1'985'597 | -8'918 | 0 |

Vergleicht man den daraus berechneten Nährstoffanfall – unter Berücksichtigung der veränderten Berechnungsgrundlagen für die Nährstoffausscheidungen pro Kategorie – ergibt sich für den P-Anfall aus Hofdüngern ein Rückgang von 732 t P bzw. 13% und beim N-Anfall eine Zunahme von 942 t N bzw. 2% für den Kanton Bern (Tab. 34). Da gleichzeitig die Lagerkapazität für Hofdünger in den vergangenen 10 Jahren deutlich ausgebaut werden konnte, wird geschätzt, dass die P-Abschwemmung um rund 20% (= 15 t P) vermindert werden konnte, die P-Drainageverluste um rund 10% (= 1 t P).

Tab. 34: Berechneter Nährstoffanfall aus Hofdüngern im Kanton Bern.

| | N-Anfall (t) | | Abweichung | | P-Anfall (t) | | Abweichung | |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-----|-------------------|-------------------|------------|-----|
| | 1990 ¹ | 2000 ¹ | (t N) | (%) | 1990 ¹ | 2000 ¹ | (t P) | (%) |
| Total Kanton Bern | 28'594 | 29'537 | 942 | 3 | 5'441 | 4'709 | -732 | -13 |

¹⁾ Nährstoffausscheidung berechnet aus Tierzahlen nach den Ausscheidungsfaktoren der einzelnen Jahre.

Veränderungen aufgrund Massnahmen im ÖLN

Seit Einführung der Ökomassnahmen 1993 werden im Kt. Bern rund 90% der LN nach den Richtlinien des ÖLN oder BIO bewirtschaftet. Dadurch haben sich verschiedene Veränderungen bezüglich Fruchtfolgen, Düngung, Bodenbearbeitung etc. ergeben, die sich auf die Nährstoffverluste auswirken sollten. Detaillierte Abklärungen dazu finden in Projekten zur Evaluation der Ökomassnahmen (PRASUHN & GRÜNIG 2001, BRAUN et al. 2001, SPIESS & STAUFFER 2002) statt. Definitive Ergebnisse liegen hierzu aber noch keine vor, so dass nachfolgend eine grobe Abschätzung für die wichtigsten Verlustpfade vorgenommen wird.

Es wird angenommen, dass sich die Nährstoffverluste durch Bodenerosion von Ackerland aufgrund von veränderten Fruchtfolgen, vermehrtem Zwischenfruchtanbau und konservierender Bodenbearbeitung um rund 20% reduziert haben (PRASUHN & GRÜNIG 2001). Dies bewirkt im Kanton Bern eine Reduktion von knapp 5 t P und 10 t N.

Die Nährstoffverluste durch Abschwemmung dürften sich in erster Linie aufgrund der oben bereits berechneten Abnahme des Hofdüngereinfalls und dem Ausbau der Lagerkapazität vermindert haben. Eine weitergehende Reduktion wird nicht vermutet.

Die Nährstoffverluste durch Auswaschung unter Ackerland dürften sich aufgrund veränderter Fruchtfolgen, vermehrtem Zwischenfruchtanbau, konservierender Bodenbearbeitung, ausgeglichener Nährstoffbilanz, Extensivbau und neuen Düngungsgrundlagen beim Stickstoff zusätzlich um vielleicht 10%, beim Phosphor um 5% vermindert haben. Dies macht im Kanton Bern rund 350 t N und 0,8 t P aus. Beim Grasland wird mit 5% Reduktion beim Stickstoff und Phosphor aufgrund von Extensivierungsmassnahmen gerechnet (= 100 t N pro Jahr und 0,8 t P pro Jahr).

Bei den Direkteinträgen wird eine Abnahme der Stoffverluste von 15% angenommen. Dies macht rund 50 t N und 5 t P aus.

Veränderung der drainierten Flächen

Durch die Vergrößerung des Untersuchungsgebietes vor allem im Bereich Seeland hat die drainierte Fläche um rund 5'500 ha bzw. 20% zugenommen. Dadurch ist mit zusätzlichen Verlusten von rund 100 t N pro Jahr und 2 t P pro Jahr und zu rechnen.

Veränderungen aufgrund des Untersuchungsperimeters

Aufgrund der Einteilung in hydrologische Einzugsgebiete umfasste schon damals die untersuchte Fläche nicht vollständig den Kanton Bern, enthielt aber andererseits auch Flächen aus den Kantonen Solothurn, Freiburg und Luzern. Neu ist das Gebiet Saane (BE) hinzugekommen, die Gebiete Sense, Seeland und Nordufer Bielersee wurden um ausserkantonale Anteile erheblich erweitert. Dadurch ist die neue Untersuchungsfläche um 53'821 ha bzw. 9% grösser als die damalige. Überproportional im Vergleich zum Kanton Bern haben die Siedlungsfläche zugenommen und die unproduktive Fläche abgenommen, während die LN und Waldfläche sich ähnlich wie im Kanton Bern entwickelt haben. Für das neue Untersuchungsgebiet errechnet sich mit unveränderten Verlustkoeffizienten aufgrund der Nutzungsänderungen der Hauptkategorien und der Vergrößerung des Gebietes eine Zunahme der Stoffverluste von 924 t N pro Jahr bzw. 10% und 53 t P pro Jahr bzw. 9% gegenüber den Werten von PRASUHN & BRAUN (1994).

Zusammenstellung und Vergleich mit den mit MODIFFUS berechneten Werten

Stellt man die oben aufgeführten, grob abgeschätzten Werte zusammen (Tab. 35), ergibt sich für den Stickstoff eine prognostizierte Abnahme von 530 t N/Jahr, was rund 5% der gesamten diffusen Stickstoffeinträge nach Modellberechnung PRASUHN & BRAUN (1994) entspricht. Beim Phosphor ergeben sich 28 t P/Jahr, was rund 5% der gesamten diffusen P-Einträge und 17% der gelösten diffusen P-Einträge nach Modellberechnung PRASUHN & BRAUN (1994) entspricht. Die Gebietsvergrößerung sollte zu einer Zunahme von 925 t N/Jahr führen, so dass die neue Modellberechnung ein Plus von rund 400 t N/Jahr bringen sollte. Beim Phosphor würde die Gebietsvergrößerung zu einer Zunahme von 53 t P/Jahr führen. Dieser hohe Wert resultiert vor allem aus den partikulären Einträgen der sonstigen Erosion der alpinen Gebiete. Danach sollte die neue Modellberechnung zu einer Zunahme von 25 t P/Jahr führen.

Tab. 35: Zusammenstellung der grob abgeschätzten Auswirkungen der Massnahmen bzw. Veränderungen seit der Berechnung von PRASUHN & BRAUN (1994).

| Veränderung / Massnahme | t N/Jahr | t P/Jahr |
|---|-------------|------------|
| Veränderung der Hauptnutzungskategorien | -50 | -2 |
| Umwandlung Grasland in Ackerland | +100 | |
| Veränderung Kulturanteile Ackerland | -270 | |
| Abnahme Hofdüngeranfall / Ausbau Lagerkapazität | | -16 |
| Verminderung Bodenerosion | -10 | -5 |
| Verminderung Direkteinträge | -50 | -5 |
| zusätzliche Massnahmen ÖLN etc. | -350 | -2 |
| Zunahme drainierte Fläche | +100 | +2 |
| Summe | -530 | -28 |
| | | |
| Gebietsvergrößerung | +925 | +53 |

5.3 VERGLEICH DER MODELLBERECHNUNGEN

Für den Vergleich sind die Hinweise in Kap. 5.1 unbedingt zu beachten.

Phosphoreinträge im Gesamtgebiet:

Die gesamten diffusen P-Einträge haben von 588 t P/Jahr auf 544 t P/Jahr und somit um 44 t P/Jahr bzw. **7% abgenommen** (Tab. 36). Dabei hat der partikuläre Anteil mit 32 t P/Jahr bzw. 7% fast gleich stark abgenommen wie der gelöste P mit 12 t P/Jahr bzw. 8%. Die natürliche Hintergrundlast, die sich theoretisch nicht verändert haben sollte, hat um 82 t P/Jahr bzw. 20% abgenommen. Dies ist methodisch bedingt (vgl. Kap. 5.1).

Berücksichtigt man die unterschiedliche Gebietsgrösse beider Berechnungen (s. Kap. 5.1) und vergleicht die **flächenspezifischen Werte**, ergibt sich eine **Reduktion um 15%** von 0.98 kg P/ha und Jahr auf 0.83 kg P/ha und Jahr. Bei den gelösten P-Einträgen ergibt sich eine Abnahme um 16% (von 0.26 auf 0.22 kg P/ha und Jahr).

Geht man davon aus, dass sich in den Alpen in den letzten zehn Jahren keine gravierenden Veränderungen bei den Stoffverlusten ergeben haben und vergleicht nur die Regionen Vor-alpen, Mittelland und Jura ergeben sich bei den gesamten flächenspezifischen sowie bei den gelösten flächenspezifischen Verlusten eine Reduktion von 15%.

Betrachtet man die einzelnen Eintragspfade, ergibt sich folgendes Bild (Tab. 36): Die absoluten Verluste durch Abschwemmung von der LN haben um 9% abgenommen, die flächenspezifischen um 17%. Verschiedene Indikatoren (Abnahme der LN, Abnahme des Hofdüngeranfalls, Ausbau der Güllelagerkapazitäten etc.) sprechen für eine solche Abnahme der Einträge über diesen Pfad. PRASUHN & BRAUN (1997) haben für diesen Pfad sogar ein Reduktionspotential von 40% ermittelt. Somit scheinen bei der P-Abschwemmung noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft zu sein.

Die absoluten Verluste über Auswaschung (ohne Drainagen) haben zugenommen (+16%). Diesem Pfad wurde bei der Neuberechnung mehr Beachtung und mehr Gewicht geschenkt. Die absoluten Verluste über Drainagen haben deutlich zugenommen (+28%). Die drainierte Fläche hat aber auch stark zugenommen (neue Einzugsgebietsflächen im Seeland). Der flächenspezifische Verlust durch Auswaschung (inklusive Drainagen) von der LN hat leicht zugenommen (+10%). Diese Zunahme ist z.T. methodisch bedingt, der Pfad Auswaschung/Drainage wurde neuerdings mit höheren Verlusten eingeschätzt. Andererseits ist wahrscheinlich auch mit höheren Auswaschungs-/Drainageverlusten zu rechnen, da bei bestehenden P-Überschüssen (P-Bilanz > 100%) durch die weitere P-Anreicherung der Böden auf einigen Flächen eine Zunahme zu erwarten ist. Weiterhin hat durch die Gebietsvergrößerung der Anteil drainierte Flächen mit vergleichsweise hohen P-Austrägen deutlich zugenommen.

Die Verluste durch Bodenerosion von Ackerland haben abgenommen (-4 t P/Jahr bzw. -16%). Veränderungen in der Landnutzung und Bewirtschaftung lassen einen deutlichen Rückgang erwarten (PRASUHN & GÜNIG 2001). PRASUHN & BRAUN (1997) haben für diesen Pfad ein Reduktionspotential von 10 t P/Jahr bzw. 36% abgeschätzt. Demnach besteht auch hier noch ein erhebliches Reduktionspotential.

Tab. 36: Vergleich der wichtigsten Resultate für das gesamte Untersuchungsgebiet (absolute und flächenspezifische P-Werte).

| Phosphor | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|--------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | (kg P/Jahr) | (%) | (kg P/Jahr) | (%) | (kg P/Jahr) | (%) |
| Fläche (ha) | 654'134 | | 600'515 | | 53'619 | 109 |
| Gesamteinträge | 694'798 | | 840'523 | | -145'725 | 83 |
| punktuellen Quellen | 150'774 | 22 | 252'400 | 30 | -101'626 | 60 |
| diffuse Quellen | 544'023 | 78 | 588'123 | 70 | -44'100 | 93 |
| gelöst | 142'388 | 26 | 154'730 | 26 | -12'342 | 92 |
| partikulär | 401'635 | 74 | 433'393 | 74 | -31'758 | 93 |
| anthropogen | 207'960 | 38 | 170'303 | 29 | 37'657 | 122 |
| Natürliche Hintergrundlast | 336'063 | 62 | 417'818 | 71 | -81'755 | 80 |
| Abschwemmung LN | 69'258 | 13 | 76'287 | 13 | -7'029 | 91 |
| Drainage LN | 12'455 | 2 | 9'724 | 2 | 2'731 | 128 |
| Auswaschung LN | 20'120 | 4 | 17'407 | 3 | 2'713 | 116 |
| Auswaschung Wald | 10'405 | 2 | 9'491 | 2 | 914 | 110 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 8'488 | 2 | 8'950 | 2 | -463 | 95 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 3'132 | 1 | 3'452 | 1 | -320 | 91 |
| Direkteinträge | 24'419 | 4 | 34'829 | 6 | -10'410 | 70 |
| Erosion Ackerland | 18'299 | 3 | 21'822 | 4 | -3'523 | 84 |
| Erosion sonstige | 376'941 | 69 | 405'420 | 69 | -28'480 | 93 |
| | 543'516 | 100 | 587'383 | 100 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 0.832 | | 0.979 | | -0.148 | 85 |
| gelöst | 0.218 | | 0.258 | | -0.040 | 84 |
| partikulär | 0.614 | | 0.722 | | -0.108 | 85 |
| anthropogen | 0.318 | | 0.284 | | 0.034 | 112 |
| Natürliche Hintergrundlast | 0.514 | | 0.696 | | -0.182 | 74 |
| Abschwemmung LN | 0.241 | | 0.289 | | -0.049 | 83 |
| Auswaschung/Drainage LN | 0.113 | | 0.103 | | 0.010 | 110 |
| Auswaschung Wald | 0.051 | | 0.051 | | 0.001 | 101 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 0.084 | | 0.093 | | -0.009 | 91 |
| Direkteinträge | 0.037 | | 0.058 | | -0.021 | 64 |
| Erosion sonstige | 0.576 | | 0.675 | | -0.099 | 85 |

Die Einträge durch sonstige Erosion haben trotz Gebietsvergrößerung abgenommen. Dies ist methodisch bedingt, die Verluste durch sonstige Erosion sind ohnehin nur grobe Schätzwerte. Da dieser Pfad aber massiv zur diffusen Gesamtbelastung beiträgt (70%), wirkt sich diese Reduktion auch stark auf das Gesamtergebnis aus.

Die diversen Direkteinträge haben deutlich abgenommen (-10 t P/Jahr bzw. -30%). Dies ist eine Folge von Massnahmen in der Landwirtschaft und Luftreinhaltung und entspricht sehr gut dem von PRASUHN & BRAUN (1997) abgeschätzten Reduktionspotential für Direkteinträge von 11 t P/Jahr.

Fazit Gesamtgebiet: Da die Gesamt-P-Einträge massgeblich durch die sonstige Erosion bestimmt werden und sich diese methodisch stark verändert hat, ist ein Vergleich kaum möglich bzw. sinnvoll. Bei den gelösten P-Einträgen ergibt sich flächenspezifisch ein Rückgang von 16%. Berücksichtigt man hier, dass neue Flächen, mit überdurchschnittlich hohen flächenspezifischen Verlusten, hinzugekommen sind, und dass die P-Verluste durch Auswaschung/Drainage methodisch bedingt höher eingestuft wurden als früher, ist insgesamt mit einer Abnahme der gelösten P-Verluste in einer Grössenordnung von 20% zu rechnen. Dies deckt sich gut mit der Grobabschätzung aus Kap. 5.2.

Phosphor - Geographische Regionen

In den Alpen haben die diffusen P-Einträge um 23 t P/Jahr bzw. 6% abgenommen (Tab. 37); unter Berücksichtigung der veränderten Flächengrösse sogar um 21%. Vor allem die partikulären Einträge haben methodisch bedingt abgenommen (-25 t P/Jahr), die gelösten P-Einträge haben absolut leicht zugenommen, flächenspezifisch leicht abgenommen. Die Anteile an natürlicher Hintergrundlast und diffus anthropogener Belastung haben sich methodisch bedingt stark verändert.

Die sonstige Erosion ist mit 87% der dominante Eintragspfad in den Alpen. Entsprechend wirken sich Veränderungen bei diesem Pfad entscheidend auf die Gesamteinträge aus. Die sonstige Erosion hat methodisch bedingt um 27 t P/Jahr bzw. flächenspezifisch um 23% abgenommen. Die flächenspezifischen Verluste aus Abschwemmung von Grasland, Verluste von unproduktiven Flächen und die Direkteinträge haben leicht abgenommen, die Verluste durch Auswaschung/Drainage haben leicht zugenommen.

Fazit Region Alpen: Geht man davon aus, dass die Abnahme der partikulären P-Verluste methodisch bedingt ist, ergibt sich für die Region Alpen eine geringe Abnahme der P-Verluste in der Grössenordnung von rund 10%.

In den Voralpen haben die diffusen P-Einträge um 13 t P/Jahr bzw. 20% zugenommen (Tab. 37). Diese deutliche Zunahme resultiert vor allem aus der veränderten Flächengrösse. Die flächenspezifischen Verluste haben nur um 1% zugenommen. Die gelösten und partikulären P-Einträge haben gleich stark zugenommen. Berücksichtigt man weiterhin, dass die neu den Voralpen zugeordneten Flächen überdurchschnittlich hohe P-Verluste - vor allem gelöste P-Verluste durch Abschwemmung - aufweisen, sollten die P-Einträge auch in den Voralpen real leicht abgenommen haben. Die Anteile an natürlicher Hintergrundlast und diffus anthropogener Belastung haben sich methodisch bedingt stark verändert.

Bei den einzelnen Eintragspfaden hat die Abschwemmung von der LN, die der wichtigste Eintragspfad in den Voralpen ist, absolut (9 t P/Jahr) und flächenspezifisch (12%) zugenommen. Dies liegt sicherlich einerseits daran, dass grosse Flächenanteile aus den Gebieten Langete, Rot, untere Emme, Grüne und Önz – alles Gebiete mit hohen flächenspezifischen Abschwemmungsverlusten – neu zur Region Voralpen gezählt werden. Andererseits ist auf-

grund der Datengrundlagen in der Region Voralpen weiterhin mit vergleichsweise hohen Abschwemmungsverlusten zu rechnen. Die Auswaschung unter der LN, die Einträge durch Bodenerosion von Ackerland und sonstige Erosion haben absolut zugenommen, dies liegt aber ebenfalls an der Gebietsvergrößerung. Die Direkteinträge haben absolut und flächenspezifisch deutlich abgenommen.

Fazit Region Voralpen: Die P-Verluste in der Region Voralpen haben vor allem zugenommen, weil Flächen mit hohen gelösten P-Verlusten, die früher dem Mittelland zugeordnet wurden, neu in die Region Voralpen fallen. Die Region Voralpen hat aber nach wie vor verglichen mit anderen Regionen im Kt. Bern hohe flächenspezifische P-Verluste, einen relativ hohen DGVE-Besatz und teilweise P-Bilanzüberschüsse. Entsprechend ist in der Region zwar nicht mit einer so grossen Zunahme, wie die Resultate wiedergeben, zu rechnen, aber auch nicht mit einer deutlichen Abnahme der P-Verluste.

Im Mittelland haben die diffusen P-Einträge um 33 t P/Jahr bzw. 36% abgenommen (Tab. 38). Diese markante Abnahme resultiert vor allem aus der veränderten Flächengrösse. Die flächenspezifischen Verluste haben um 29% abgenommen. Sowohl die gelösten (25%), als auch die partikulären (34%) Einträge haben abgenommen.

Von den einzelnen Eintragspfaden hat die Abschwemmung von der LN am stärksten abgenommen (15 t P/Jahr absolut bzw. 48% flächenspezifisch). Dies ist auf die neue Flächenzuordnung zu den Regionen zurückzuführen und gleicht die Zunahme von 9 t P/Jahr in den Voralpen mehr als aus. Weiterhin stark abgenommen haben die P-Verluste durch Bodenerosion von Ackerland (8 t P/Jahr). Dies dürfte überwiegend auf Massnahmen in der Landwirtschaft zurückzuführen sein, ebenso wie der Rückgang der Direkteinträge (5 t P/Jahr). Die Abnahme der Verluste durch sonstige Erosion (6 t P/Jahr) ist eher methodisch bedingt. Deutlich zugenommen haben die Auswaschungsverluste durch Drainagen (4 t P/Jahr). Neu werden viele drainierte Flächen auf der Südseite des Bieler Sees (Teile des Grossen Moos) zum Mittelland und nicht mehr zum Jura gezählt, weiterhin ist das Gebiet im Bereich Grosses Moos um zahlreiche drainierte Flächen erweitert worden. Weiterhin wurden aber auch bei der Neuberechnung die P-Verluste durch Auswaschung und Drainage höher bewertet als früher.

Fazit Region Mittelland: Die P-Verluste in der Region Mittelland haben überdurchschnittlich stark abgenommen. Dies ist zu einem grossen Teil auf die neue Flächenzuordnung zu den Regionen zurückzuführen und gleicht die Zunahme in der Region Voralpen aus. Dies zeigt sich deutlich in der starken Abnahme der P-Verluste durch Abschwemmung von der LN. Die P-Verluste durch Bodenerosion haben aufgrund von Massnahmen in der Landwirtschaft abgenommen, die P-Verluste durch Auswaschung und Drainage haben aufgrund neuer Flächenanteile und anderer Berechnungsart zugenommen. Insgesamt ist in der Region Mittelland mit einer Abnahme der P-Verluste in der Grössenordnung von 20% zu rechnen.

Tab. 37: Vergleich der wichtigsten Resultate für die Regionen Alpen und Voralpen (absolute und flächenspezifische P-Werte).

| Phosphor | 2003 | | 1994 | | Veränderung | | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|--------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | Alpen | | | | | | Voralpen | | | | | |
| Fläche (ha) | 294'479 | | 244'988 | | 49'491 | 120 | 132'719 | | 112'127 | | 20'592 | 118 |
| | (kg P/Jahr) | (%) |
| Gesamteinträge | 398'112 | | 424'814 | | -26'702 | 94 | 90'797 | | 79'916 | | 10'881 | 114 |
| punktuellen Quellen | 15'330 | 4 | 19'200 | 5 | -3'870 | 80 | 11'030 | 12 | 13'400 | 17 | -2'370 | 82 |
| diffuse Quellen | 382'782 | 96 | 405'614 | 95 | -22'832 | 94 | 79'767 | 88 | 66'516 | 83 | 13'251 | 120 |
| gelöst | 48'018 | 13 | 45'762 | 11 | 2'256 | 105 | 44'534 | 56 | 37'125 | 56 | 7'409 | 120 |
| partikulär | 334'764 | 87 | 359'852 | 89 | -25'088 | 93 | 35'233 | 44 | 29'391 | 44 | 5'842 | 120 |
| anthropogen | 100'019 | 26 | 60'201 | 15 | 39'818 | 166 | 52'599 | 66 | 33'971 | 51 | 18'628 | 155 |
| Natürliche Hintergrundlast | 282'763 | 74 | 345'413 | 85 | -62'650 | 82 | 27'168 | 34 | 32'545 | 49 | -5'377 | 83 |
| Abschwemmung LN | 19'263 | 5 | 19'694 | 5 | -431 | 98 | 30'972 | 39 | 22'133 | 33 | 8'839 | 140 |
| Drainage LN | 767 | 0 | 763 | 0 | 4 | 101 | 1'861 | 2 | 2'217 | 3 | -355 | 84 |
| Auswaschung LN | 6'950 | 2 | 4'505 | 1 | 2'445 | 154 | 5'655 | 7 | 3'730 | 6 | 1'925 | 152 |
| Auswaschung Wald | 4'259 | 1 | 3'219 | 1 | 1'040 | 132 | 2'450 | 3 | 2'301 | 3 | 149 | 106 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 8'429 | 2 | 8'542 | 2 | -113 | 99 | 18 | 0 | 351 | 1 | -333 | 5 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 532 | 0 | 544 | 0 | -11 | 98 | 593 | 1 | 563 | 1 | 30 | 105 |
| Direkteinträge | 10'288 | 3 | 9'160 | 2 | 1'128 | 112 | 4'269 | 5 | 7'130 | 11 | -2'861 | 60 |
| Erosion Ackerland | 197 | 0 | 104 | 0 | 93 | 189 | 7'580 | 10 | 3'006 | 5 | 4'574 | 252 |
| Erosion sonstige | 331'645 | 87 | 358'629 | 89 | -26'984 | 92 | 26'350 | 33 | 24'800 | 37 | 1'551 | 106 |
| | 382'329 | 100 | 405'160 | 100 | -22'830 | 94 | 79'749 | 100 | 66'230 | 100 | 13'519 | 120 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 1.300 | | 1.656 | | -0.356 | 79 | 0.601 | | 0.593 | | 0.008 | 101 |
| gelöst | 0.163 | | 0.187 | | -0.024 | 87 | 0.336 | | 0.331 | | 0.004 | 101 |
| partikulär | 1.137 | | 1.469 | | -0.332 | 77 | 0.265 | | 0.262 | | 0.003 | 101 |
| anthropogen | 0.340 | | 0.246 | | 0.094 | 138 | 0.396 | | 0.303 | | 0.093 | 131 |
| Natürliche Hintergrundlast | 0.960 | | 1.410 | | -0.450 | 68 | 0.205 | | 0.290 | | -0.086 | 71 |
| Abschwemmung LN | 0.194 | | 0.257 | | -0.063 | 75 | 0.410 | | 0.368 | | 0.043 | 112 |
| Auswaschung/Drainage LN | 0.078 | | 0.069 | | 0.009 | 113 | 0.100 | | 0.099 | | 0.001 | 101 |
| Auswaschung Wald | 0.054 | | 0.054 | | 0.000 | 100 | 0.051 | | 0.054 | | -0.004 | 93 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 0.084 | | 0.092 | | -0.008 | 91 | 0.069 | | 0.101 | | -0.031 | 69 |
| Direkteinträge | 0.035 | | 0.037 | | -0.002 | 93 | 0.032 | | 0.064 | | -0.031 | 51 |
| Erosion sonstige | 1.126 | | 1.464 | | -0.338 | 77 | 0.199 | | 0.221 | | -0.023 | 90 |

Tab. 38: Vergleich der wichtigsten Resultate für die Regionen Mittelland und Jura (absolute und flächenspezifische P-Werte).

| Phosphor | 2003 | | 1994 | | Veränderung | | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|--------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | Mittelland | | | | | | Jura | | | | | |
| Fläche (ha) | 165'677 | | 183'160 | | -17'483 | 90 | 61'259 | | 60'240 | | 1'019 | 102 |
| | (kg P/Jahr) | (%) |
| Gesamteinträge | 176'428 | | 295'868 | | -119'440 | 60 | 29'460 | | 40'125 | | -10'665 | 73 |
| punktuellen Quellen | 116'007 | 66 | 202'100 | 68 | -86'093 | 57 | 8'407 | 29 | 17'900 | 45 | -9'493 | 47 |
| diffuse Quellen | 60'421 | 34 | 93'768 | 32 | -33'347 | 64 | 21'054 | 71 | 22'225 | 55 | -1'171 | 95 |
| gelöst | 37'944 | 63 | 56'008 | 60 | -18'064 | 68 | 11'893 | 56 | 15'835 | 71 | -3'942 | 75 |
| partikulär | 22'478 | 37 | 37'760 | 40 | -15'282 | 60 | 9'161 | 44 | 6'390 | 29 | 2'771 | 143 |
| anthropogen | 42'952 | 71 | 63'516 | 68 | -20'564 | 68 | 12'391 | 59 | 12'616 | 57 | -225 | 98 |
| Natürliche Hintergrundlast | 17'470 | 29 | 30'251 | 32 | -12'781 | 58 | 8'662 | 41 | 9'609 | 43 | -947 | 90 |
| Abschwemmung LN | 12'481 | 21 | 27'882 | 30 | -15'401 | 45 | 6'542 | 31 | 6'578 | 30 | -37 | 99 |
| Drainage LN | 8'981 | 15 | 5'110 | 5 | 3'870 | 176 | 846 | 4 | 1'634 | 7 | -788 | 52 |
| Auswaschung LN | 5'940 | 10 | 7'451 | 8 | -1'511 | 80 | 1'575 | 7 | 1'720 | 8 | -146 | 92 |
| Auswaschung Wald | 2'087 | 3 | 2'473 | 3 | -386 | 84 | 1'609 | 8 | 1'498 | 7 | 111 | 107 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 27 | 0 | 41 | 0 | -14 | 66 | 14 | 0 | 15 | 0 | -2 | 89 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 1'760 | 3 | 1'962 | 2 | -202 | 90 | 246 | 1 | 383 | 2 | -137 | 64 |
| Direkteinträge | 8'233 | 14 | 13'662 | 15 | -5'429 | 60 | 1'628 | 8 | 4'877 | 22 | -3'248 | 33 |
| Erosion Ackerland | 9'206 | 15 | 17'341 | 18 | -8'135 | 53 | 1'316 | 6 | 1'371 | 6 | -54 | 96 |
| Erosion sonstige | 11'703 | 19 | 17'844 | 19 | -6'141 | 66 | 7'243 | 34 | 4'148 | 19 | 3'095 | 175 |
| | 60'419 | 100 | 93'768 | 100 | -33'349 | 64 | 21'018 | 100 | 22'225 | 100 | -1'207 | 95 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 0.365 | | 0.512 | | -0.147 | 71 | 0.344 | | 0.369 | | -0.025 | 93 |
| gelöst | 0.229 | | 0.306 | | -0.077 | 75 | 0.194 | | 0.263 | | -0.069 | 74 |
| partikulär | 0.136 | | 0.206 | | -0.070 | 66 | 0.150 | | 0.106 | | 0.043 | 141 |
| anthropogen | 0.259 | | 0.347 | | -0.088 | 75 | 0.202 | | 0.209 | | -0.007 | 97 |
| Natürliche Hintergrundlast | 0.105 | | 0.165 | | -0.060 | 64 | 0.141 | | 0.160 | | -0.018 | 89 |
| Abschwemmung LN | 0.142 | | 0.273 | | -0.131 | 52 | 0.261 | | 0.264 | | -0.003 | 99 |
| Auswaschung/Drainage LN | 0.169 | | 0.123 | | 0.046 | 138 | 0.097 | | 0.135 | | -0.038 | 72 |
| Auswaschung Wald | 0.050 | | 0.043 | | 0.006 | 114 | 0.049 | | 0.055 | | -0.005 | 90 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 0.052 | | 0.089 | | -0.037 | 58 | 0.071 | | 0.066 | | 0.005 | 108 |
| Direkteinträge | 0.050 | | 0.075 | | -0.025 | 67 | 0.027 | | 0.081 | | -0.054 | 33 |
| Erosion sonstige | 0.071 | | 0.097 | | -0.027 | 73 | 0.118 | | 0.069 | | 0.049 | 172 |

Im Jura haben die diffusen P-Einträge um 1 t P/Jahr bzw. 5% abgenommen (Tab. 38). Hier haben die partikulären Einträge aus der sonstigen Erosion methodisch bedingt zugenommen, die gelösten P-Einträge haben dagegen um 25% sowohl absolut als auch flächenspezifisch stark abgenommen. Dies hat zum Teil mit der neuen Flächenzuordnung zu tun.

Bei den einzelnen Eintragspfaden fällt auf, dass die Direkteinträge überdurchschnittlich stark abgenommen haben. Dies liegt daran, dass die Seefläche des Bieler Sees nicht mehr zum Jura, sondern zum Mittelland gezählt wird (Deposition auf Seefläche). Die Einträge aus der sonstigen Erosion haben methodisch bedingt zugenommen. Die Auswaschungs- und Drainageverluste der LN haben so deutlich abgenommen, weil der grösste Teil der drainierten Flächen am Bieler See neu dem Mittelland zugeordnet wird.

Fazit Region Jura: Die P-Verluste in der Region Jura haben nach der Neuberechnung um 7%, die gelösten Einträge um 25% abgenommen. Unter Berücksichtigung der neuen Flächenzuordnung und den methodischen Differenzen wird eine Abnahme der P-Einträge in der Grössenordnung von 10-20% vermutet.

Phosphor – Einzugsgebiete

Die Einträge aus diffusen Quellen liegen in den Einzugsgebieten Gadmerwasser/Aare Oberhasli, Schwarzwasser/Sense, Seeland/Nordufer Bielersee, Obere Emme/Ilfis und La Birse deutlich über den Einträgen, die PRASUHN & BRAUN (1994) abgeschätzt haben (Tab. 39). Bis auf das Gebiet obere Emme/Ilfis ist dies in erster Linie auf die grössere Gebietsfläche zurückzuführen (vgl. Tab. 29). In den meisten anderen Gebieten wurde ein mehr oder weniger deutlicher Rückgang ermittelt. Besonders stark fällt dieser Rückgang in den Gebieten Simmental (-41%), Rotache (-28%), Brienersee/Thunersee (-25%), Zulg (-26%), Aare Bern-Hagneck (-20%) und Rot (-18%) aus. Der im Gebiet Simmental ermittelte hohe Rückgang ist vor allem auf eine unterschiedliche Einschätzung der sonstigen Erosion zurückzuführen.

Bei den punktuellen Quellen ist insgesamt ein deutlicher Rückgang um 101 t P bzw. 40% festzustellen (Tab. 39). In einigen Gebieten (Schwarzwasser/Sense, Zulg, Rotache, Worble) wird eine Zunahme ausgewiesen. Dies ist mit methodischen Veränderungen bei der Erhebung der punktuellen Quellen, vor allem auch durch die Berücksichtigung von Regenwasserentlastungen im Kanton Bern, verursacht (vgl. BG 2003). Ausserkantonale Regenwasserentlastungen sind nicht berücksichtigt.

Tab. 39: Vergleich der berechneten P-Frachten aus diffusen Quellen und punktuellen Quellen dieser Berechnung (2003) und der Berechnung von PRASUHN & BRAUN (1994).

| Einzugsgebiet | Phosphor diffuse Quellen | | | | | Phosphor punktuelle Quellen (BG 2003) | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| | 2003 (t P/Jahr) | 2003 (t P/Jahr) | 1994 (t P/Jahr) | Differenz (t P/Jahr) | Differenz (%) | 2003 (t P/Jahr) | 2003 (t P/Jahr) | 1994 (t P/Jahr) | Differenz (t P/Jahr) | Differenz (%) |
| Gadmerwasser | 31.2 | | | | | 0.1 | | | | |
| Aare Oberhasli | 90.7 | 121.9 | 107.1 | 14.8 | 14 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 0.2 | 13 |
| Weisse Lütschine | 25.7 | | | | | 0.8 | | | | |
| Schwarze Lütschine | 38.2 | 63.9 | 69.8 | -5.9 | -8 | 1.3 | 2.1 | 4.1 | -2.0 | -49 |
| Kiene | 12.4 | | | | | 0.1 | | | | |
| Engstligen | 14.7 | | | | | 1.1 | | | | |
| Kander | 33.9 | | | | | 1.6 | | | | |
| Fildrich | 13.7 | | | | | 0.1 | | | | |
| Oberes Simmental | 20.6 | | | | | 0.6 | | | | |
| Unteres Simmental | 20.0 | 115.3 | 194.3 | -79.0 | -41 | 1.3 | 4.8 | 7.7 | -2.9 | -37 |
| Brienzersee | 14.3 | | | | | 0.9 | | | | |
| Thunersee | 11.5 | 25.7 | 34.5 | -8.8 | -25 | 5.0 | 5.9 | 6.1 | -0.2 | -3 |
| Saane (nur BE) | 31.7 | 31.7 | | 31.7 | | 2.0 | 2.0 | | 2.0 | |
| Schwarzwasser | 8.4 | | | | | 0.3 | | | | |
| Sense | 20.2 | 28.6 | 19.7 | 8.9 | 45 | 0.9 | 1.2 | 0.8 | 0.4 | 52 |
| Zulg | 5.0 | 5.0 | 6.7 | -1.7 | -26 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 61 |
| Rotache | 1.9 | 1.9 | 2.6 | -0.7 | -28 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 123 |
| Chise | 3.6 | 3.6 | 4.2 | -0.6 | -13 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 0.2 | 10 |
| Gürbe | 8.3 | 8.3 | 7.9 | 0.4 | 5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | -0.1 | -3 |
| Aare Thun-Bern | 6.8 | 6.8 | 7.6 | -0.8 | -11 | 12.1 | 12.1 | 11.6 | 0.5 | 4 |
| Worble | 3.1 | 3.1 | 3.6 | -0.5 | -14 | 2.5 | 2.5 | 1.4 | 1.1 | 75 |
| Aare Bern-Hagneck | 8.7 | 8.7 | 10.9 | -2.2 | -20 | 25.1 | 25.1 | 30.7 | -5.6 | -18 |
| Seeland | 6.2 | | | | | 2.7 | | | | |
| Nordufer Bielersee | 3.9 | 10.2 | 8.6 | 1.6 | 18 | 0.7 | 3.5 | 3.5 | 0.0 | -1 |
| La Suze | 6.7 | 6.7 | 7.4 | -0.7 | -9 | 4.9 | 4.9 | 5.6 | -0.7 | -12 |
| Obere Emme | 16.5 | | | | | 0.4 | | | | |
| Ilfis | 15.3 | 31.8 | 25.5 | 6.3 | 25 | 1.6 | 1.9 | 7.3 | -5.4 | -73 |
| Grüne | 5.1 | | | | | 0.3 | | | | |
| Urtenen | 2.9 | | | | | 4.3 | | | | |
| Limpach | 3.3 | | | | | 1.5 | | | | |
| Untere Emme | 14.7 | 26.1 | 28.2 | -2.1 | -7 | 8.7 | 14.9 | 26.8 | -11.9 | -45 |
| Alte Aare-Lyssbach | 3.4 | | | | | 6.8 | | | | |
| Ösch | 3.5 | | | | | 0.7 | | | | |
| Aare Biel-Murgenthal | 13.8 | | | | | 43.8 | | | | |
| Rot | 3.3 | 24.0 | 29.3 | -5.3 | -18 | 0.2 | 51.5 | 120.0 | -68.5 | -57 |
| Önz | 4.3 | 4.3 | 4.7 | -0.4 | -9 | 2.5 | 2.5 | 2.2 | 0.3 | 12 |
| Langete | 8.2 | 8.2 | 9.6 | -1.4 | -14 | 4.9 | 4.9 | 9.4 | -4.5 | -48 |
| La Birse | 8.3 | 8.3 | 6.3 | 2.0 | 32 | 3.7 | 3.7 | 8.8 | -5.1 | -58 |
| Gesamt | 544.0 | 544.0 | 588.5 | -44.5 | -8 | 150.8 | 150.8 | 252.6 | -101.8 | -40 |

Stickstoffeinträge im Gesamtgebiet:

Die gesamten diffusen N-Einträge haben von 9'775 t N/Jahr auf 10'216 t N pro Jahr und somit um 441 t N/Jahr bzw. **5% zugenommen** (Tab. 40). Dabei hat der partikuläre Anteil mit 20 t N/Jahr bzw. 3% leicht abgenommen, während der gelöste N mit 461 t N/Jahr bzw. 5% zugenommen hat. Berücksichtigt man die unterschiedliche Gebietsgrösse beider Berechnungen (s. Kap. 5.1) und vergleicht die **flächenspezifischen Werte**, ergibt sich eine **Reduktion um 4%** von 16.3 kg N/ha und Jahr auf 15.6 kg N/ha und Jahr. Die natürliche Hintergrundlast, die sich theoretisch nicht verändert haben sollte, hat um 91 t N/Jahr bzw. 3% abgenommen. Dies ist methodisch bedingt (vgl. Kap. 5.1). Entsprechend hat die diffus anthropogene Belastung um 532 t N/Jahr bzw. 8% zugenommen. Die flächenspezifische diffus anthropogene Belastung hat aber ebenfalls geringfügig (-1%) abgenommen.

Betrachtet man die einzelnen Eintragspfade, ergibt sich folgendes Bild (Tab.40): Die absoluten Verluste über Auswaschung (ohne Drainagen) haben zugenommen (+6%). Die absoluten Verluste über Drainagen haben deutlich zugenommen (+14%). Die drainierte Fläche hat aber auch stark zugenommen (neue Einzugsgebietsflächen im Seeland). Der flächenspezifische Verlust durch Auswaschung (inklusive Drainagen) von der LN hat dagegen leicht abgenommen (2%). Weiterhin hat durch die Gebietsvergrösserung der Anteil drainierte Flächen mit vergleichsweise hohen N-Austrägen deutlich zugenommen.

Die diversen Direkteinträge haben weiterhin zugenommen. Dies resultiert aus einer veränderten Berechnung der Deposition auf die Seeflächen. Die landwirtschaftlichen Direkteinträge haben dagegen abgenommen.

Fazit Gesamtgebiet: Bei den diffusen N-Einträgen ergibt sich flächenspezifisch ein Rückgang von 4%. Berücksichtigt man, dass neue Flächen, mit überdurchschnittlich hohen flächenspezifischen Verlusten, hinzugekommen sind, ist insgesamt mit einer Abnahme der N-Verluste in einer Grössenordnung von 5% zu rechnen. Dies deckt sich gut mit der Grobabschätzung aus Kap. 5.2, liegt aber deutlich unter dem von PRA-SUHN & BRAUN (1997) abgeschätzten Reduktionspotential von 13% für den Kt. Bern.

Stickstoff - Geographische Regionen

In den Alpen haben die diffusen N-Einträge um 185 t N N/Jahr bzw. 8% zugenommen (Tab. 41); unter Berücksichtigung der veränderten Flächengrösse dagegen um 10% abgenommen. Vor allem die partikulären Einträge haben methodisch bedingt abgenommen (16% flächenspezifisch), die gelösten N-Einträge haben um 8% (flächenspezifisch) abgenommen. Die Anteile an natürlicher Hintergrundlast und diffus anthropogener Belastung haben sich methodisch bedingt stark verändert.

Fazit Region Alpen: Für die Region Alpen ergibt sich eine geringe Abnahme der N-Einträge in der Grössenordnung von 5%.

Tab.40: Vergleich der wichtigsten Resultate für das gesamte Untersuchungsgebiet (absolute und flächenspezifische N-Werte).

| Stickstoff | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|----------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------------|-----|
| Fläche (ha) | 654'134 | | 600'515 | | 53'619 | 109 |
| | (t N/Jahr) | (%) | (t N/Jahr) | (%) | (t N/Jahr) | (%) |
| Gesamteinträge | 13'837 | 100 | 14'377 | | -540 | 96 |
| punktuellen Quellen | 3'620 | 26 | 4'602 | 32 | -982 | 79 |
| diffuse Quellen | 10'216 | 74 | 9'775 | 68 | 441 | 105 |
| gelöst | 9'465 | 93 | 9'004 | 92 | 461 | 105 |
| partikulär | 752 | 7 | 772 | 8 | -20 | 97 |
| anthropogen | 7'398 | 72 | 6'866 | 70 | 532 | 108 |
| Natürliche Hintergrundlast | 2'818 | 28 | 2'909 | 30 | -91 | 97 |
| | | | | | | |
| Abschwemmung LN | 102 | 1 | 89 | 1 | 13 | 114 |
| Drainage LN | 1061 | 10 | 933 | 10 | 128 | 114 |
| Auswaschung LN | 5543 | 54 | 5'251 | 54 | 292 | 106 |
| Auswaschung Wald | 1364 | 13 | 1'392 | 14 | -28 | 98 |
| Abschw./Ausw. Unprod./ve | 472 | 5 | 479 | 5 | -7 | 98 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 519 | 5 | 518 | 5 | 2 | 100 |
| Direkteinträge | 464 | 5 | 377 | 4 | 88 | 123 |
| Erosion Ackerland | 37 | 0 | 48 | 0 | -11 | 77 |
| Erosion sonstige | 651 | 6 | 682 | 7 | -31 | 95 |
| | 10'213 | 100 | 9'768 | 100 | 444 | 105 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 15.6 | | 16.3 | | -0.660 | 96 |
| gelöst | 14.5 | | 15.0 | | -0.524 | 97 |
| partikulär | 1.1 | | 1.3 | | -0.137 | 89 |
| anthropogen | 11.3 | | 11.4 | | -0.123 | 99 |
| Natürliche Hintergrundlast | 4.3 | | 4.8 | | -0.536 | 89 |
| | | | | | | |
| Abschwemmung LN | 0.4 | | 0.3 | | 0.0 | 105 |
| Auswaschung/Drainage LN | 22.9 | | 23.4 | | -0.5 | 98 |
| Auswaschung Wald | 6.7 | | 7.5 | | -0.7 | 90 |
| Abschw./Ausw. Unprod./ve | 4.7 | | 5.0 | | -0.3 | 94 |
| Direkteinträge | 0.7 | | 0.6 | | 0.1 | 113 |
| Erosion sonstige | 1.0 | | 1.1 | | -0.1 | 88 |

In den Voralpen haben die diffusen N-Einträge um 558 t N/Jahr bzw. 34% zugenommen (Tab. 41). Diese deutliche Zunahme resultiert vor allem aus der veränderten Flächengrösse. Die flächenspezifischen Verluste haben nur um 14% zugenommen. Berücksichtigt man weiterhin, dass die neu den Voralpen zugeordneten Flächen überdurchschnittlich hohe N-Verluste - vor allem gelöste N-Verluste durch Auswaschung - aufweisen, sollten die N-Einträge auch in den Voralpen real leicht abgenommen haben. Die Anteile an natürlicher Hintergrundlast und diffus anthropogener Belastung haben sich methodisch bedingt stark verändert.

Bei den einzelnen Eintragungspfaden hat die Auswaschung von der LN, die der wichtigste Eintragungspfad in den Voralpen ist, absolut (544 t/Jahr) und flächenspezifisch (20%) zugenommen. Dies liegt sicherlich daran, dass grosse Flächenanteile aus den Gebieten Langete, Rot, untere Emme, Grüne und Önz – alles Gebiete mit im Vergleich zu den übrigen voralpinen

Gebieten überdurchschnittlich hohen flächenspezifischen Auswaschungsverlusten – neu zur Region Voralpen gezählt werden. Die Veränderungen bei den anderen Eintragspfaden sind – bei Betrachtung der absoluten Werte – ziemlich bedeutungslos.

Fazit Region Voralpen: Die N-Verluste in der Region Voralpen haben vor allem zugenommen, weil Flächen mit relativ hohen gelösten N-Verlusten, die früher dem Mittelland zugeordnet wurden, neu in die Region Voralpen fallen. Sonst wäre insgesamt mit gleich hohen oder geringfügig niedrigeren N-Einträgen zu rechnen.

Im Mittelland haben die diffusen N-Einträge um 158 t N/Jahr bzw. 3% abgenommen (Tab. 42). Diese Abnahme resultiert vor allem aus der veränderten Flächengrösse. Die flächenspezifischen Verluste haben um 7% zugenommen.

Von den einzelnen Eintragspfaden hat die Auswaschung von der LN am stärksten abgenommen (255 t N/Jahr), die Verluste aus Drainagen haben dagegen um 189 t N/Jahr zugenommen. Daraus ergibt sich eine flächenspezifische Zunahme von Auswaschung/Drainage von 14%. Dies ist auf die neue Flächenzuordnung zu den Regionen zurückzuführen. Einerseits sind Flächen mit für das Mittelland unterdurchschnittlichen flächenspezifischen Auswaschungsverlusten neu der Region Voralpen zugeordnet worden, andererseits wurden Flächen mit überdurchschnittlichen flächenspezifischen Auswaschungsverlusten der Region Jura neu dem Mittelland zugeordnet und auch die neu dazugekommenen Flächen im Grossen Moos weisen überdurchschnittliche flächenspezifische Auswaschungsverluste auf. Dies zeigt die starke Zunahme der Verluste aus Drainagen. Die Zunahme der Direkteinträge ist darauf zurückzuführen, dass die Seefläche vom Bieler See und damit die Deposition auf den See neu der Region Mittelland anstatt der Region Jura zugeordnet wird.

Fazit Region Mittelland: Die flächenspezifischen N-Verluste in der Region Mittelland haben vor allem leicht zugenommen, weil Flächen mit vergleichsweise niedrigen gelösten N-Verlusten, die früher dem Mittelland zugeordnet wurden, neu in die Region Voralpen fallen. Gleichzeitig sind Flächen mit überdurchschnittlichen N-Verlusten aus der Region Jura sowie neue Flächen im Bereich Grosses Moos zur Region Mittelland dazugekommen. Sonst wäre insgesamt mit gleich hohen oder geringfügig niedrigeren N-Einträgen zu rechnen.

Im Jura haben die diffusen N-Einträge um 143 t N/Jahr bzw. 15% deutlich abgenommen (Tab. 42). Auch die flächenspezifischen Verluste haben mit 16% deutlich abgenommen. Dies hat vor allem mit der neuen Flächenzuordnung zu tun.

Die Auswaschungs- und Drainageverluste der LN haben deutlich abgenommen, weil der grösste Teil der drainierten Flächen und intensiv ackerbaulich genutzten Flächen am Bieler See neu dem Mittelland zugeordnet werden. Bei den einzelnen Eintragspfaden fällt auf, dass die Direkteinträge überdurchschnittlich stark abgenommen haben. Dies liegt daran, dass die Seefläche vom Bieler See nicht mehr zum Jura, sondern zum Mittelland gezählt wird (Deposition auf Seefläche).

Fazit Region Jura: Die N-Verluste in der Region Jura haben nach der Neuberechnung mit 16% überdurchschnittlich stark abgenommen. Unter Berücksichtigung der neuen Flächenzuordnung wird eine Abnahme der N-Einträge in der Grössenordnung von 5% vermutet.

Tab. 41: Vergleich der wichtigsten Resultate für die Regionen Alpen und Voralpen (absolute und flächenspezifische N-Werte).

| Stickstoff | 2003 | | 1994 | | Veränderung | | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|--------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | Alpen | | | | | | Voralpen | | | | | |
| Fläche (ha) | 294'479 | | 244'988 | | 49'491 | 120 | 132'719 | | 112'127 | | 20'592 | 118 |
| | (t N/Jahr) | (%) |
| Gesamteinträge | 2'817 | | 2'612 | | 205 | 108 | 2'462 | | 1'818 | | 644 | 135 |
| punktuellen Quellen | 341 | 12 | 320 | 12 | 21 | 106 | 285 | 12 | 199 | 11 | 86 | 143 |
| diffuse Quellen | 2'477 | 88 | 2'292 | 88 | 185 | 108 | 2'177 | 88 | 1'619 | 89 | 558 | 134 |
| gelöst | 1'928 | 78 | 1'746 | 76 | 182 | 110 | 2'082 | 96 | 1'539 | 95 | 543 | 135 |
| partikulär | 548 | 22 | 546 | 24 | 2 | 100 | 95 | 4 | 81 | 5 | 14 | 118 |
| anthropogen | 1'099 | 44 | 991 | 43 | 108 | 111 | 1'650 | 76 | 1'142 | 71 | 508 | 144 |
| Natürliche Hintergrundlast | 1'378 | 56 | 1'301 | 57 | 77 | 106 | 528 | 24 | 477 | 29 | 51 | 111 |
| Abschwemmung LN | 30 | 1 | 20 | 1 | 10 | 152 | 41 | 2 | 24 | 1 | 17 | 174 |
| Drainage LN | 19 | 1 | 15 | 1 | 4 | 125 | 103 | 5 | 116 | 7 | -13 | 89 |
| Auswaschung LN | 738 | 30 | 675 | 29 | 64 | 109 | 1488 | 68 | 944 | 58 | 544 | 158 |
| Auswaschung Wald | 469 | 19 | 399 | 17 | 71 | 118 | 326 | 15 | 299 | 18 | 28 | 109 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 464 | 19 | 437 | 19 | 27 | 106 | 2 | 0 | 34 | 2 | -33 | 5 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 65 | 3 | 80 | 4 | -15 | 81 | 82 | 4 | 72 | 4 | 10 | 114 |
| Direkteinträge | 168 | 7 | 124 | 5 | 44 | 136 | 53 | 2 | 58 | 4 | -5 | 91 |
| Erosion Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 15 | 1 | 7 | 0 | 9 | 235 |
| Erosion sonstige | 519 | 21 | 538 | 24 | -19 | 96 | 67 | 3 | 64 | 4 | 4 | 106 |
| | 2'473 | 100 | 2'288 | 100 | 185 | 108 | 2'177 | 100 | 1'616 | 71 | 561 | 135 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 8.4 | | 9.4 | | -0.9 | 90 | 16.4 | | 14.4 | | 2.0 | 114 |
| gelöst | 6.5 | | 7.1 | | -0.6 | 92 | 15.7 | | 13.7 | | 2.0 | 114 |
| partikulär | 1.9 | | 2.2 | | -0.4 | 84 | 0.7 | | 0.7 | | 0.0 | 100 |
| anthropogen | 3.7 | | 4.0 | | -0.3 | 92 | 12.4 | | 10.2 | | 2.2 | 122 |
| Natürliche Hintergrundlast | 4.7 | | 5.3 | | -0.6 | 88 | 4.0 | | 4.3 | | -0.3 | 93 |
| Abschwemmung LN | 0.3 | | 0.3 | | 0.0 | 117 | 0.5 | | 0.4 | | 0.2 | 139 |
| Auswaschung/Drainage LN | 7.6 | | 9.0 | | -1.4 | 85 | 21.1 | | 17.6 | | 3.5 | 120 |
| Auswaschung Wald | 5.9 | | 6.7 | | -0.7 | 89 | 6.7 | | 7.1 | | -0.3 | 96 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 4.6 | | 4.7 | | -0.1 | 98 | 7.1 | | 9.9 | | -2.7 | 72 |
| Direkteinträge | 0.6 | | 0.5 | | 0.1 | 113 | 0.4 | | 0.5 | | -0.1 | 77 |
| Erosion sonstige | 1.8 | | 2.2 | | -0.4 | 80 | 0.5 | | 0.6 | | -0.1 | 89 |

Tab. 42: Vergleich der wichtigsten Resultate für die Regionen Mittelland und Jura (absolute und flächenspezifische N-Werte).

| Stickstoff | 2003 | | 1994 | | Veränderung | | 2003 | | 1994 | | Veränderung | |
|--------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | Mittelland | | | | | | Jura | | | | | |
| Fläche (ha) | 165'677 | | 183'160 | | -17'483 | 90 | 61'259 | | 60'240 | | 1'019 | 102 |
| | (t N/Jahr) | (%) |
| Gesamteinträge | 7'578 | | 8'755 | | -1'177 | 87 | 980 | | 1'192 | | -212 | 82 |
| punktuellen Quellen | 2'827 | 37 | 3'846 | 44 | -1'019 | 73 | 168 | 17 | 237 | 20 | -69 | 71 |
| diffuse Quellen | 4'751 | 63 | 4'909 | 56 | -158 | 97 | 812 | 83 | 955 | 80 | -143 | 85 |
| gelöst | 4'677 | 98 | 4'788 | 98 | -111 | 98 | 778 | 96 | 931 | 97 | -153 | 84 |
| partikulär | 74 | 2 | 121 | 2 | -47 | 61 | 34 | 4 | 24 | 3 | 10 | 141 |
| anthropogen | 4'118 | 87 | 4'035 | 82 | 83 | 102 | 532 | 66 | 698 | 73 | -166 | 76 |
| Natürliche Hintergrundlast | 633 | 13 | 874 | 18 | -241 | 72 | 280 | 34 | 257 | 27 | 23 | 109 |
| Abschwemmung LN | 18 | 0 | 44 | 1 | -26 | 41 | 13 | 2 | 9 | 1 | 4 | 142 |
| Drainage LN | 890 | 19 | 701 | 14 | 189 | 127 | 49 | 6 | 101 | 11 | -52 | 48 |
| Auswaschung LN | 2892 | 61 | 3147 | 64 | -255 | 92 | 425 | 52 | 486 | 51 | -61 | 88 |
| Auswaschung Wald | 327 | 7 | 495 | 10 | -167 | 66 | 241 | 30 | 200 | 21 | 41 | 121 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 4 | 0 | 6 | 0 | -2 | 72 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 100 |
| Abschw./Ausw. Siedlung | 334 | 7 | 308 | 6 | 27 | 109 | 38 | 5 | 58 | 6 | -20 | 65 |
| Direkteinträge | 227 | 5 | 113 | 2 | 114 | 201 | 16 | 2 | 82 | 9 | -66 | 20 |
| Erosion Ackerland | 18 | 0 | 37 | 1 | -19 | 49 | 3 | 0 | 4 | 0 | -1 | 71 |
| Erosion sonstige | 40 | 1 | 67 | 1 | -27 | 60 | 25 | 3 | 14 | 1 | 11 | 180 |
| | 4'751 | 100 | 4'916 | 100 | -165 | 97 | 811 | 100 | 955 | 100 | -144 | 85 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | | (kg/ha/Jahr) | (%) |
| diffuse Quellen | 28.7 | | 26.8 | | 1.875 | 107 | 13.2 | | 15.9 | | -2.606 | 84 |
| gelöst | 28.2 | | 26.1 | | 2.089 | 108 | 12.7 | | 15.5 | | -2.755 | 82 |
| partikulär | 0.4 | | 0.7 | | -0.214 | 68 | 0.6 | | 0.4 | | 0.155 | 139 |
| anthropogen | 24.9 | | 22.0 | | 2.827 | 113 | 8.7 | | 11.6 | | -2.907 | 75 |
| Natürliche Hintergrundlast | 3.8 | | 4.8 | | -0.952 | 80 | 4.6 | | 4.3 | | 0.300 | 107 |
| Abschwemmung LN | 0.2 | | 0.4 | | -0.2 | 47 | 0.5 | | 0.4 | | 0.2 | 142 |
| Auswaschung/Drainage LN | 42.9 | | 37.7 | | 5.3 | 114 | 18.9 | | 23.5 | | -4.6 | 80 |
| Auswaschung Wald | 7.8 | | 8.7 | | -0.9 | 89 | 7.4 | | 7.3 | | 0.1 | 101 |
| Abschw./Ausw. Unprod./veg.-los | 7.8 | | 12.2 | | -4.4 | 64 | 8.5 | | 7.1 | | 1.4 | 120 |
| Direkteinträge | 1.4 | | 0.6 | | 0.8 | 223 | 0.3 | | 1.4 | | -1.1 | 19 |
| Erosion sonstige | 0.2 | | 0.4 | | -0.1 | 66 | 0.4 | | 0.2 | | 0.2 | 177 |

Stickstoff – Einzugsgebiete

Die Einträge aus diffusen Quellen liegen in den Einzugsgebieten Gadmerwasser/Aare Oberhasli, Schwarzwasser/Sense, Seeland/Nordufer Bielersee, Önz und La Birse deutlich über den Einträgen, die PRASUHN & BRAUN (1994) abgeschätzt haben (Tab. 43). Bis auf das Gebiet Önz ist dies in erster Linie auf die grössere Gebietsfläche zurückzuführen (vgl. Tab. 29). Die massive Zunahme im Gebiet Seeland/Bielersee ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei der Gebietsvergrößerung vor allem um drainierte Ackerflächen handelt. In den meisten anderen Gebieten wurde ein mehr oder weniger deutlicher Rückgang ermittelt. Besonders stark fällt dieser Rückgang in den Gebieten Simmental (-21%), Langete (-19%), Rotache (-18%), Zulg (-17%) und Rot (-11%) aus.

Bei den punktuellen Quellen ist ein deutlicher Rückgang um 982 t N bzw. 21% festzustellen (Tab. 43). In einigen Gebieten (Brienzer-/Thunersee, Schwarzwasser/Sense, Zulg, Rotache, Worble, Seeland/Nordufer Bielersee, La Suze, Önz, Langete) wird eine Zunahme ausgewiesen. Dies ist mit methodischen Veränderungen bei der Erhebung der punktuellen Quellen, vor allem durch die Berücksichtigung von Regenwasserentlastungen im Kanton Bern, verursacht (vgl. BG 2003). Ausserkantonale Regenwasserentlastungen sind nicht berücksichtigt.

Tab. 43: Vergleich der berechneten N-Frachten aus diffusen Quellen und punktuellen Quellen dieser Berechnung (2003) und der Berechnung von PRASUHN & BRAUN (1994).

| Einzugsgebiet | Stickstoff diffuse Quellen | | | | | Stickstoff punktuelle Quellen (BG 2003) | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------|---|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| | 2003 (t N/Jahr) | 2003 (t N/Jahr) | 1994 (t N/Jahr) | Differenz (t N/Jahr) | Differenz (%) | 2003 (t N/Jahr) | 2003 (t N/Jahr) | 1994 (t N/Jahr) | Differenz (t N/Jahr) | Differenz (%) |
| Gadmerwasser | 134 | | | | | 0 | | | | |
| Aare Oberhasli | 395 | 528 | 465 | 63 | 14 | 23 | 23 | 39 | -16 | -40 |
| Weisse Lütschine | 124 | | | | | 24 | | | | |
| Schwarze Lütschine | 200 | 324 | 352 | -28 | -8 | 23 | 48 | 52 | -4 | -8 |
| Kiene | 72 | | | | | 1 | | | | |
| Engstligen | 109 | | | | | 19 | | | | |
| Kander | 219 | | | | | 34 | | | | |
| Fildrich | 102 | | | | | 0 | | | | |
| Oberes Simmental | 171 | | | | | 3 | | | | |
| Unteres Simmental | 191 | 864 | 1'088 | -224 | -21 | 37 | 94 | 111 | -17 | -15 |
| Brienzersee | 132 | | | | | 18 | | | | |
| Thunersee | 227 | 359 | 387 | -28 | -7 | 116 | 134 | 118 | 16 | 13 |
| Saane (nur BE) | 198 | 198 | | 198 | | 46 | 46 | | 46 | |
| Schwarzwasser | 194 | | | | | 1 | | | | |
| Sense | 531 | 725 | 498 | 227 | 46 | 5 | 6 | 5 | 1 | 21 |
| Zulg | 89 | 89 | 107 | -18 | -17 | 3 | 3 | 3 | 0 | 10 |
| Rotache | 60 | 60 | 73 | -13 | -18 | 2 | 2 | 1 | 1 | 69 |
| Chise | 133 | 133 | 146 | -13 | -9 | 51 | 51 | 49 | 2 | 5 |
| Gürbe | 294 | 294 | 285 | 9 | 3 | 66 | 66 | 68 | -2 | -4 |
| Aare Thun-Bern | 359 | 359 | 388 | -29 | -7 | 331 | 331 | 472 | -141 | -30 |
| Worble | 163 | 163 | 169 | -6 | -3 | 11 | 11 | 5 | 6 | 122 |
| Aare Bern-Hagneck | 631 | 631 | 587 | 44 | 7 | 1'020 | 1'020 | 1'302 | -282 | -22 |
| Seeland | 684 | | | | | 50 | | | | |
| Nordufer Bielersee | 193 | 877 | 405 | 472 | 117 | 15 | 65 | 59 | 6 | 11 |
| La Suze | 284 | 284 | 303 | -19 | -6 | 60 | 60 | 50 | 10 | 19 |
| Obere Emme | 253 | | | | | 1 | | | | |
| Ilfis | 218 | 471 | 510 | -39 | -8 | 46 | 47 | 73 | -26 | -36 |
| Grüne | 116 | | | | | 1 | | | | |
| Urtenen | 290 | | | | | 113 | | | | |
| Limpach | 274 | | | | | 14 | | | | |
| Untere Emme | 681 | 1'361 | 1'332 | 29 | 2 | 170 | 298 | 400 | -102 | -26 |
| Alte Aare-Lyssbach | 269 | | | | | 210 | | | | |
| Ösch | 342 | | | | | 3 | | | | |
| Aare Biel-Murgenthal | 842 | | | | | 766 | | | | |
| Rot | 147 | 1'600 | 1'804 | -204 | -11 | 1 | 980 | 1'473 | -493 | -33 |
| Önz | 268 | 268 | 242 | 26 | 11 | 63 | 63 | 49 | 14 | 28 |
| Langete | 314 | 314 | 386 | -72 | -19 | 171 | 171 | 145 | 26 | 18 |
| La Birse | 315 | 315 | 247 | 68 | 27 | 103 | 103 | 128 | -25 | -19 |
| Gesamt | 10'216 | 10'216 | 9'774 | 442 | 5 | 3'620 | 3'620 | 4'602 | -982 | -21 |

6. VERGLEICH MIT MESSDATEN AUS FLIESSGEWÄSSERN

Im Folgenden werden die Messdaten aus den Fliessgewässern ausgewertet und den Ergebnissen der Modellberechnung gegenübergestellt. Für den Vergleich sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Daten aus den Fliessgewässern wurden vom Boden- und Gewässerschutzlabor des Kantons Bern (OCHSENBEIN 2002) geliefert und wurden ungeprüft übernommen.
- Es wurden nur die Messstationen des Kantons Bern berücksichtigt, die ein hydrologisches Einzugsgebiet der Modellberechnung repräsentieren.
- Es standen nur Konzentrationsmessungen zur Verfügung, die entsprechenden Abflussmengen lagen im existierenden Datensatz nicht vor, so dass keine Frachten berechnet werden konnten.
- Probennahmedichte und Zeitreihenlänge der verschiedenen Messstationen differieren stark. Aktuelle Messdaten liegen nur noch an einigen Stationen vor.
- Es handelt sich nicht um abflussproportionale Messungen, sondern um Stichproben, die monatlich oder zweimonatlich genommen wurden. Entsprechend wurden überwiegend Basisabflusssituationen beprobt, selten oder nie Hochwasserwellen (einzelne „Ausreisser“ stammen wahrscheinlich aus Hochwasserwellen). Daher sind sowohl die P-Gesamtkonzentrationen als auch die gelösten sicherlich erheblich zu niedrig (der partikuläre P-Austrag erfolgt überwiegend mit Hochwasserwellen, der gelöste zu einem grossen Teil). Die N-Konzentrationen sind dagegen eher leicht zu hoch (Verdünnungseffekt).
- Da die Stoffkonzentrationen stark witterungs- bzw. abflussabhängig sind, muss die Interpretation der Daten vor allem an den Stationen, an denen nur wenige Jahre beprobt wurden, mit Vorsicht erfolgen. Ein vergleichsweise trockene Periode kann z.B. erheblich niedrigere P-Konzentrationen und höhere N-Konzentrationen aufweisen, ohne dass daraus auf einen Rückgang bzw. Anstieg der Gewässerbelastung aus diffusen oder punktuellen Quellen geschlossen werden darf.
- Beim Stickstoff wurden bei den Messwerten nur die Nitratkonzentrationen in den Fliessgewässern berücksichtigt (Ammonium und Nitrit spielen eine untergeordnete Rolle, von Gesamt-N liegen erheblich weniger Messdaten vor). Bei der Modellberechnung wurde dagegen der gesamte anorganische (Nitrat, Ammonium, Nitrit) und organische Stickstoff verwendet. Entsprechend sollten die Messwerte etwas niedriger sein als die Modellwerte.
- Es wurde keine detaillierte statistische Auswertung (Zeitreihenanalyse, Signifikanz etc.) vorgenommen, es werden nur allgemeine Trends aufgezeigt.
- Für den Vergleich der Modellrechnungsdaten mit den Stoffkonzentrationen in den Fliessgewässern wurde der im Modell ermittelte gesamte Stoffeintrag in einem Einzugsgebiet mit dem berechneten Abfluss (Niederschlag minus Verdunstung) verrechnet. Unterschiede zwischen berechneten und gemessenen Abflüssen (z.B. wegen unterirdischen Abflüssen, Wasserentnahmen oder Überleitungen, vgl. Tab. 21) beeinflussen daher die Konzentrationswerte.
- Die Messwerte in den grösseren Flüssen (Aare, Emme) entsprechen Mittelwerten aus mehreren Teileinzugsgebieten der Modellberechnungen.
- Die Modellrechnungen erfassen die Emissionen von Stoffen, die Messungen im Gewässer die Immissionen. Umsetzungsprozesse und Verluste (Retention, Denitrifikation) erfolgen im Gewässer und können die Konzentrationen je nach Gebiet stark beeinflussen.

6.1 LANGJÄHRIGE ENTWICKLUNG DER STOFFKONZENTRATIONEN IN DEN FLIESSGEWÄSSERN

Für 10 Messstationen standen Daten zur Verfügung, die eine Entwicklung der Stoffkonzentrationen seit 1975 aufzeigen. Im alpinen Gebiet Weisse Lütschine sind die Nitratkonzentrationen auf niedrigem Niveau (0.4 mg NO₃-N/l bzw. 1.9 mg NO₃/l) konstant geblieben (Abb. 69). Der jahreszeitliche Einfluss der Schneeschmelze (Verdünnungseffekt) wird in den Schwankungen deutlich aufgezeigt und lässt sich auch noch in der Aare bei Murgenthal nachweisen. Auch im Gebiet La Birse, in dem allerdings erst Werte ab dem Jahr 1986 vorliegen, ist kein Trend erkennbar. In allen anderen Gebieten zeichnet sich mehr oder weniger deutlich ein Anstieg der Nitratkonzentrationen bis etwa 1990 ab, danach ist überall ein Abnahme feststellbar.

Bei den Phosphorkonzentrationen ist in allen Gebieten eine z.T. markante Abnahme der Werte seit 1975 zu verzeichnen, wobei diese Abnahme in der Periode 1975 bis 1990 besonders stark ist (Abb. 70). Ursache hierfür ist vor allem der Ausbau der Kläranlagen und das P-Verbot in Waschmitteln.

6.2 ENTWICKLUNG DER STOFFKONZENTRATIONEN IN DEN FLIESSGEWÄSSERN IN DEN VERGANGENEN 10 JAHREN

Für 19 Messstationen standen Daten aus der Periode zwischen 1991 und 2001 zur Verfügung, die Aussagen zur Entwicklung der Stoffkonzentrationen zulassen, obwohl auch hier meist nur lückenhafte Datensätze existieren (Abb. 69a, b). Neben den in den Abbildungen sichtbaren Trendlinien wurde jeweils der Medianwert der ersten beiden Jahre mit dem Median der letzten beiden Jahre der 10-jährigen Periode verglichen.

STICKSTOFF:

Die Nitratkonzentrationen liegen in den drei alpinen Flüssen (Weisse Lütschine, Kander, Simme) auf niedrigem Niveau (0.4 – 0.6 mg NO₃-N/l) bei starken jahreszeitlichen Schwankungen. Tendenziell ergibt sich eine leichte Abnahme in der Grössenordnung von 5-10%. Dies stimmt gut mit den modellierten Daten überein (vgl. Kap. 5). In der Aare (Aare Bern, Aare Murgenthal) ist in der zehnjährigen Periode keine Abnahme feststellbar, die Konzentrationen sind bei starken jahreszeitlichen Schwankungen weitgehend ausgeglichen. Die Aare bei Bern repräsentiert überwiegend die Region der Alpen und Voralpen, die Aare bei Murgenthal das gesamte Untersuchungsgebiet bzw. alle vier geographischen Regionen summarisch. Gemäss den Modellberechnungen für die diffusen und punktuellen Quellen sollten die N-Einträge und somit auch die N-Konzentrationen leicht abgenommen haben. Die grossen Seen können allerdings unter Umständen ausgleichend wirken, so dass sich der Trend zur leichten Abnahme der N-Konzentrationen, der sich in allen anderen Flüssen abzeichnet, in der Aare nicht wiederfindet. Die grösste Abnahme ist in der Rotache zu verzeichnen (41%), weiterhin hohe Rückgänge weisen die Emme auf (Emme Emmenmatt 13%, Emme Burgdorf 24%, Emme Gerlafingen 28%) sowie die Gürbe (21%) und die Langete (13%). Rotache, obere Emme und Langete zeigen auch nach den Modellrechnungen deutliche Abnahmen der N-Einträge, untere Emme und Gürbe dagegen weniger (vgl. Tab. 43). Die anderen Flüssen zeigen schwache Tendenzen in Richtung abnehmender Nitratkonzentrationen. Dies deckt sich relativ gut mit den modellierten Werten (vgl. Kap.5).

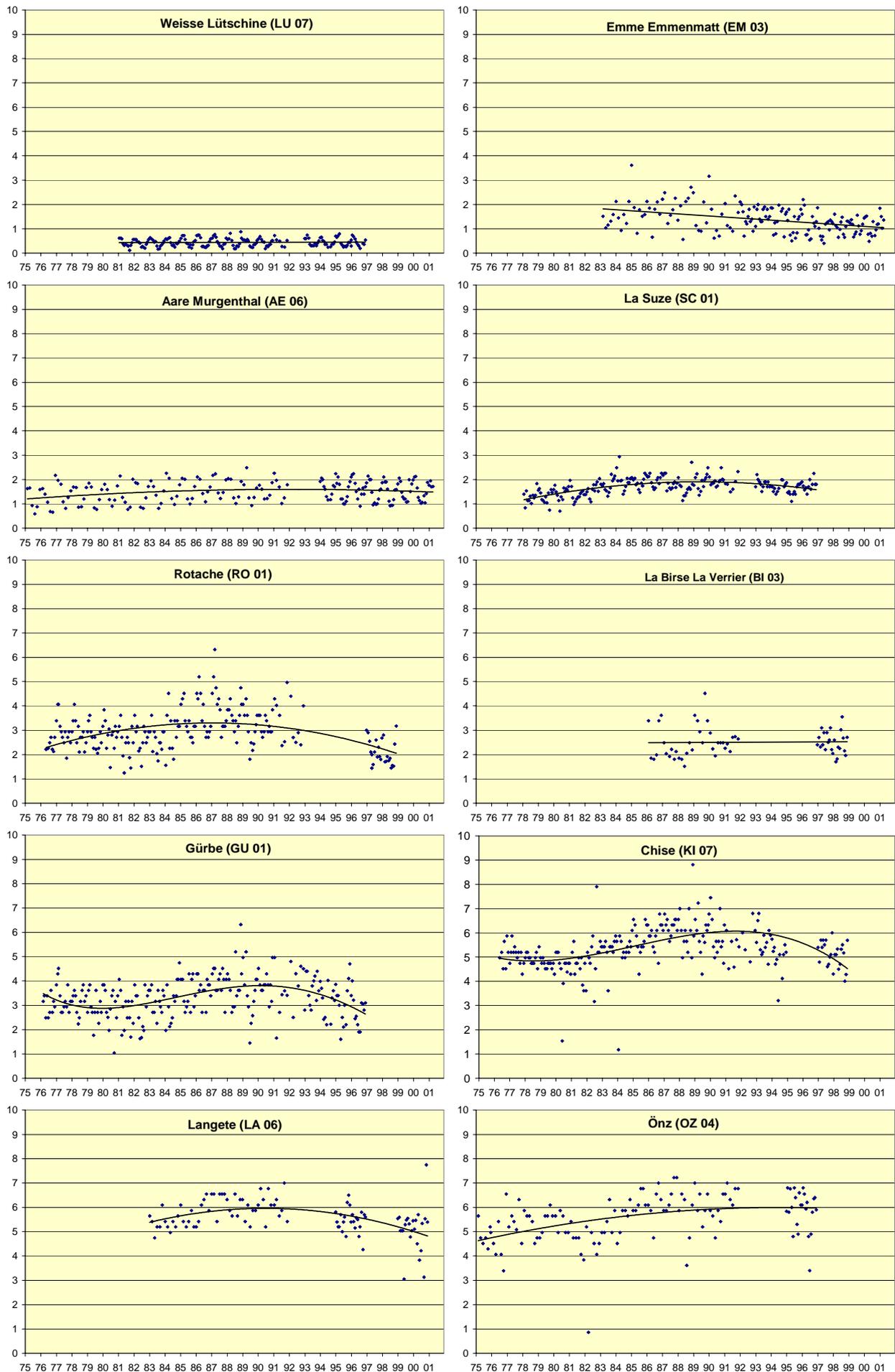


Abb. 69: Entwicklung der Nitratkonzentrationen (mg NO₃-N/l) in den letzten 25 Jahren.

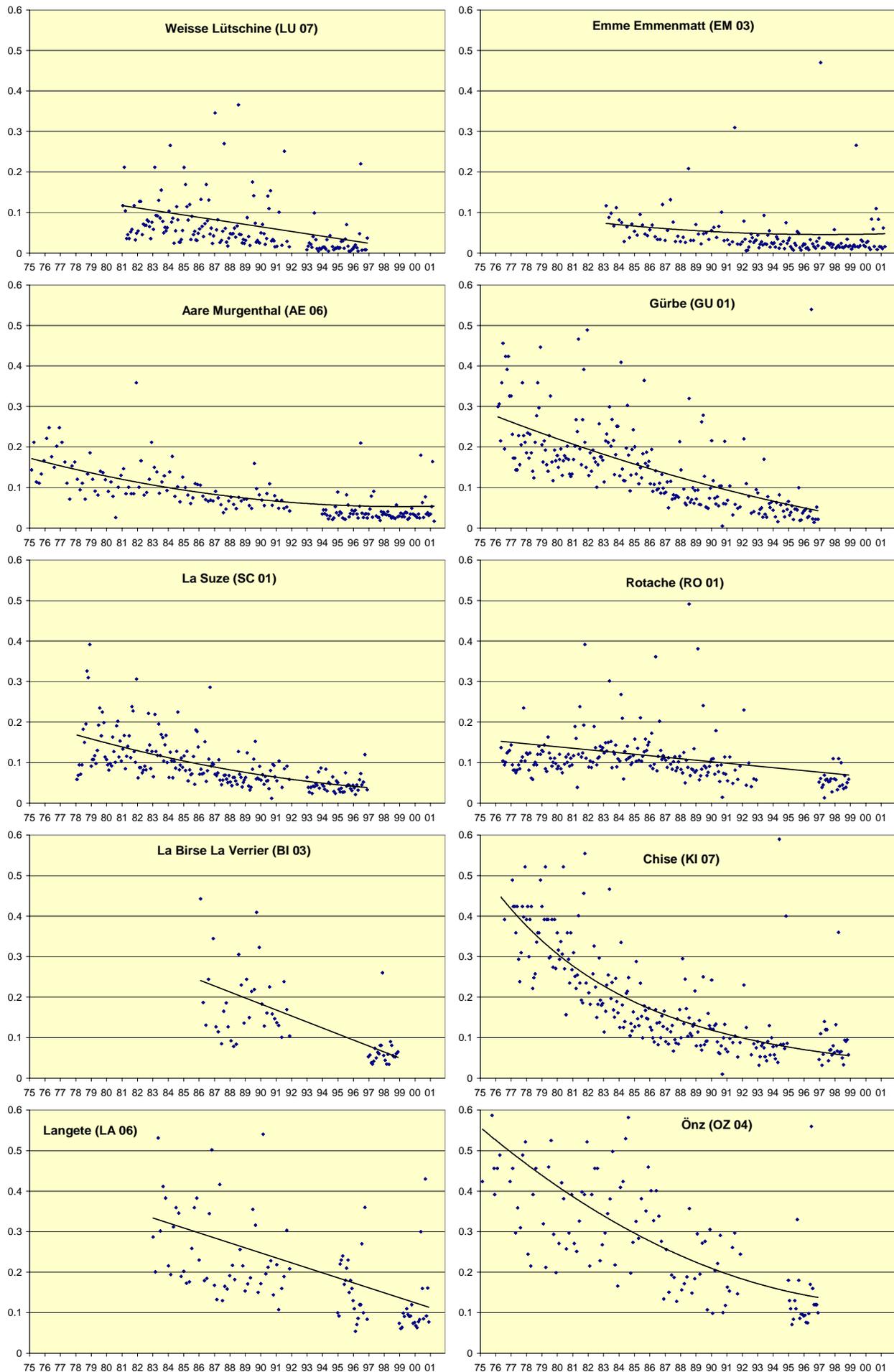


Abb. 70: Entwicklung der P-Konzentrationen (mg P/l) in den letzten 25 Jahren.

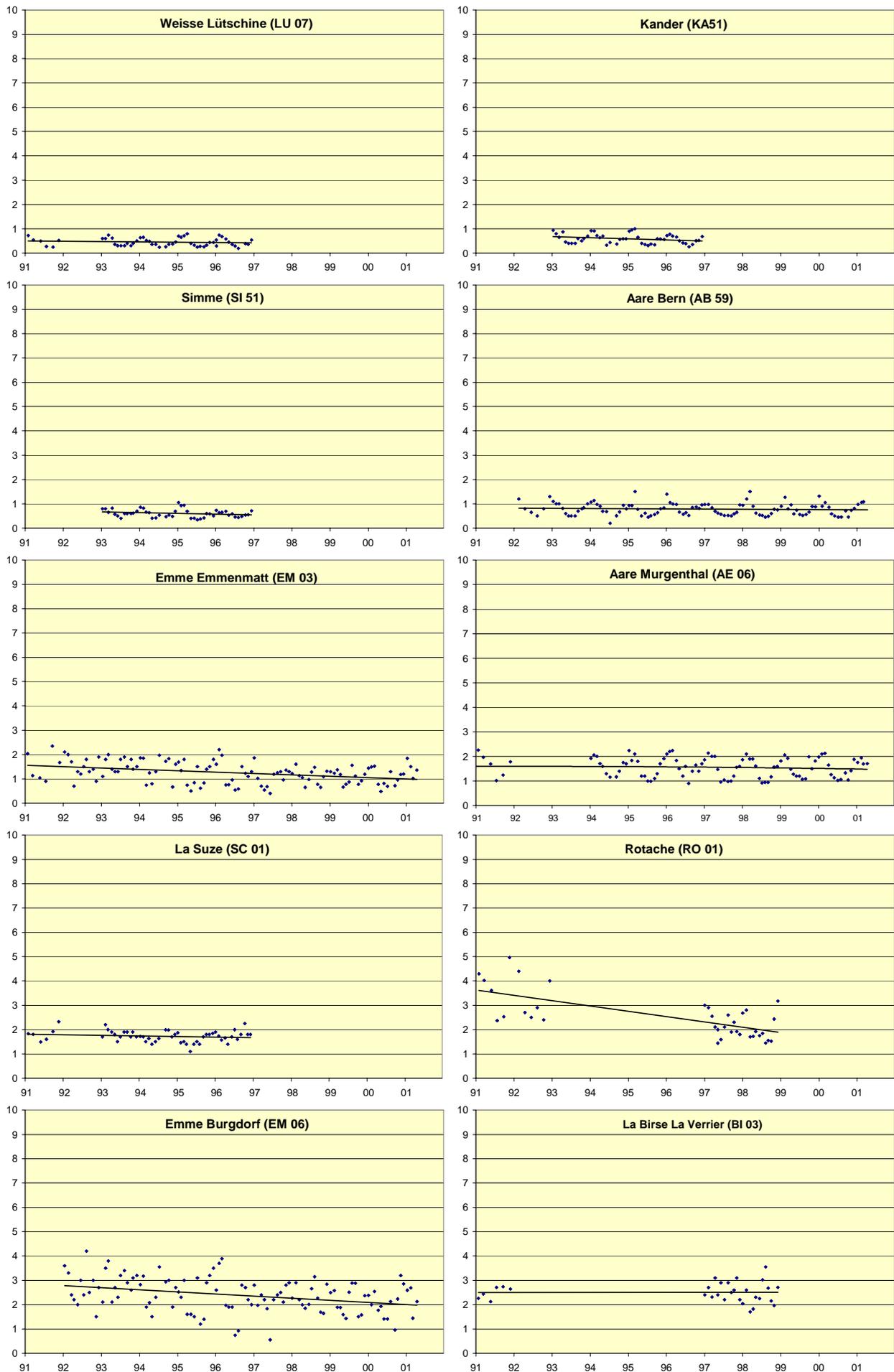


Abb. 71a: Entwicklung der Nitratkonzentration (mg NO₃-N/l) in den vergangenen 10 Jahren.

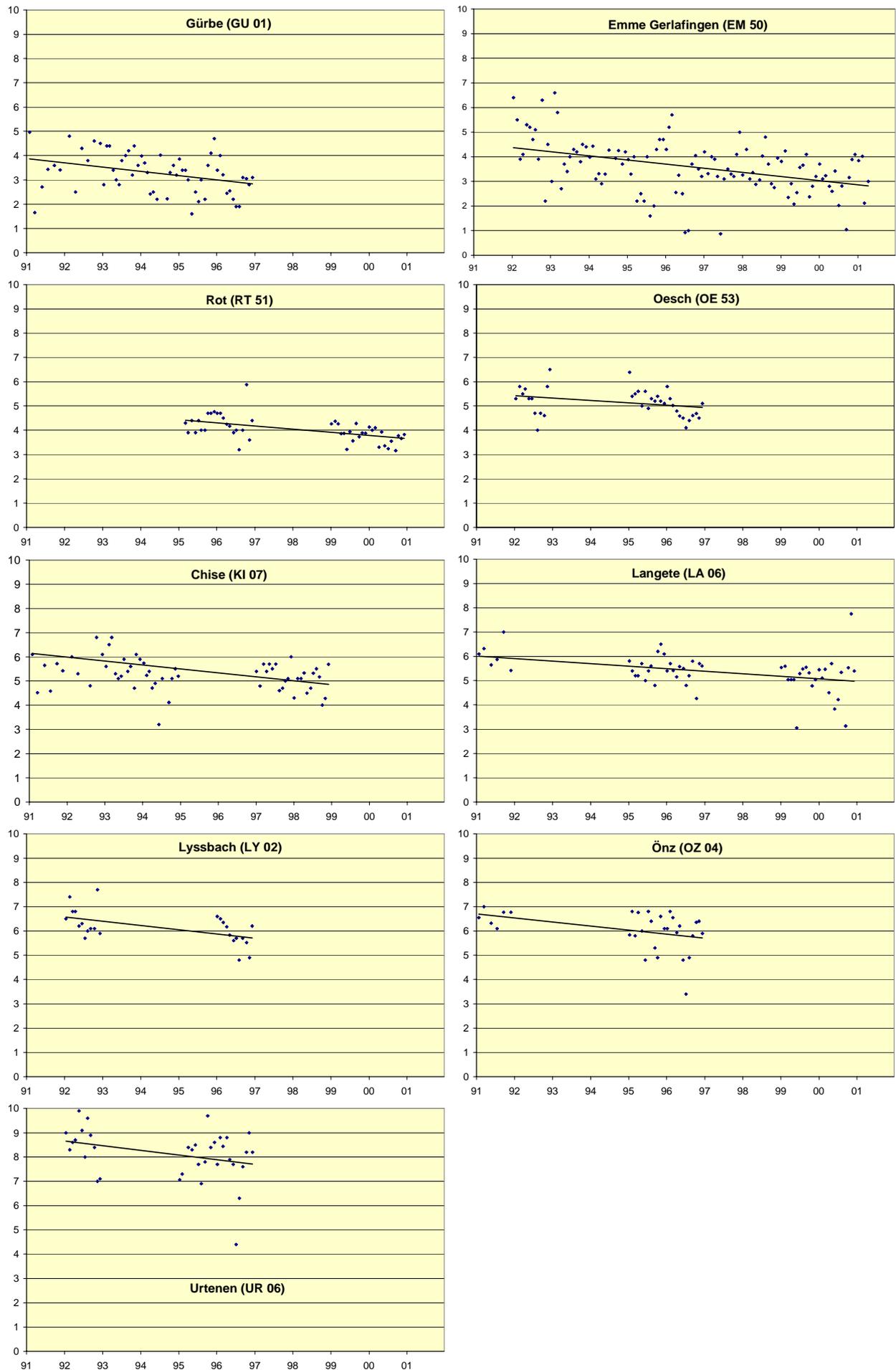


Abb. 71b: Entwicklung der Nitratkonzentration (mg NO₃-N/l) in den vergangenen 10 Jahren.

In Tab. 44 wurde eine Rangliste der 38 Einzugsgebiete in aufsteigender Reihenfolge für die berechneten flächenspezifischen Gesamteinträge (punktuell + diffus), die berechneten Stickstoffkonzentrationen in den Einzugsgebieten und die gemessenen Nitratkonzentrationen in den Flüssen (Median der letzten beiden Messjahre) erstellt. Die meisten Einzugsgebiete bzw. Flüsse werden in allen drei Varianten ähnlich klassiert. Nur bei den Einzugsgebieten, die aus mehreren Teileinzugsgebieten zusammengesetzt sind (Aare, Emme), ergeben sich zwischen modellierten und gemessenen Werten zwangsläufig grössere Unterschiede, da diese nicht direkt miteinander verglichen werden können. In Tabelle 45 wurden die modellierten Werte in diffuse gelöste und punktuelle Einträge untergliedert und jeweils in aufsteigender Reihenfolge rangiert. Bei den diffusen Einträgen liegt das Gebiet Seeland mit knapp 40 mg NO₃/l klar an letzter Stelle, gefolgt von den Gebieten Limpach (26 mg NO₃/l), Ösch (25 mg NO₃/l), Urtenen (24 mg NO₃/l), Aare Bern-Hagneck (22 mg NO₃/l), Önz (21 mg NO₃/l) und Alte Aare-Lyssbach (21 mg NO₃/l). Bei den punktuellen Quellen liegt das Gebiet Aare Bern-Hagneck mit 37 mg NO₃/l klar an letzter Stelle, wobei sich diese Konzentration nur auf die in diesem Aareabschnitt anfallende Wassermenge bezieht und nicht auf die gesamte Wasserführung der Aare an dieser Stelle. Weiterhin hohe Konzentrationen aus punktuellen Quellen liegen in den Gebieten Alte Aare-Lyssbach (16 mg NO₃/l), Aare Biel Murgenthal (15 mg NO₃/l) und Aare Thun-Bern (15 mg NO₃/l) vor, wobei auch hier die tatsächliche Konzentration in den Flüssen aufgrund von Verdünnungseffekten geringer sind. Von den abgeschlossenen hydrologischen Einzugsgebieten weisen die Urtenen mit 9 mg NO₃/l und die Langete mit 8 mg NO₃/l die höchsten Konzentrationen aus punktuellen Quellen auf.

In Tabelle 46 wurden die gemessenen Nitratkonzentrationen in den Flüssen den entsprechenden berechneten Werten der Einzugsgebiete gegenübergestellt, wobei gegebenenfalls diverse Teileinzugsgebiete der Modellberechnung zusammengezogen wurden, um sie mit den Messwerten der Flüsse vergleichbar zu machen. Deutlich höhere Nitratkonzentrationen als in den Modellrechnungen wurden in den Flüssen La Birse, Chise und Emme bei Gerlafingen gemessen. Im Gebiet La Birse versickert ein grosser Teil des Wassers unterirdisch, so dass an der Pegelmessstelle vergleichsweise wenig Wasser abfließt, was zur erhöhten Stoffkonzentration führt. Die Messstelle der Emme bei Gerlafingen wird durch zahlreiche Faktoren (Werkkanal Gerlafingen, Strackbach, Oberholzbach, Ableitung Biglenbach, Trinkwasserentnahmen etc.) beeinflusst. Für die höheren Konzentrationen in der Chise konnte keine plausible Erklärung gefunden werden. In den alpinen Gebieten liegen die Messwerte deutlich unter den berechneten. Dies liegt in erster Linie daran, dass bei den berechneten Werten auch die partikulären Stickstoffeinträge erfasst wurden, die vor allem in den alpinen Gebieten eine gewisse Rolle spielen. Dies wirkt sich auch noch auf die Aare bei Bern aus, zusätzlich könnten noch Denitrifikationsverluste aus Thuner- und Brienersee dazukommen. Der Lyssbach umfasst nur einen Teil des Einzugsgebietes Alte Aare-Lyssbach, so dass der Vergleich hier nur eingeschränkt möglich ist. Für die grossen Unterschiede im Gebiet Rotache liegt keine plausible Erklärung vor.

Fazit Stickstoff:

Insgesamt kann von einer relativ guten Übereinstimmung zwischen Messwerten und berechneten Werten gesprochen werden. Die absoluten Werte liegen in der richtigen Grössenordnung und die relativen Unterschiede zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten werden gut wiedergegeben. Tendenziell ist in fast allen Flüssen eine leichter Rückgang der Nitratkonzentrationen zwischen 1991 und 2001 festzustellen. Es gibt immer noch Flüsse mit bedenklich hohen Nitratkonzentrationen (z.B. Urtenen 36 mg NO₃/l).

Tab. 44: Rangfolgen der Gesamt-N-Einträge (diffus +punktuell) gemäss Modellberechnung, der daraus berechnete N-Konzentrationen und der Nitratkonzentrationen in den Flüssen.

| Rangfolge Gesamteinträge Stickstoff | | | | Rangfolge Konzentrationen Stickstoff | | | Rangfolge Nitrat-Konzentrationen Flüsse | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|----------|
| Einzugsgebiet | (kg N/Jahr) | Fläche (ha) | (kg N/ha und Jahr) | Einzugsgebiet | Abfluss (Mio m ³) | (mg NO ₃ /l) | Messstation | (mg NO ₃ /l) | Messjahr |
| Oberes Simmental | 173'545 | 24'151 | 7.2 | Gadmerwasser | 301 | 2.0 | Weisse Lütschine (LU 07) | 1.9 | 1995/96 |
| Fildrich | 102'490 | 13'203 | 7.8 | Aare Oberhasli | 829 | 2.2 | Kander (KA 51) | 2.4 | 1995/96 |
| Kiene | 73'106 | 9'168 | 8.0 | Oberes Simmental | 292 | 2.6 | Simme (SI 51) | 2.5 | 1995/96 |
| Gadmerwasser | 133'761 | 16'737 | 8.0 | Kiene | 123 | 2.6 | Aare Bern (AB 59) | 3.6 | 2000/01 |
| Engstligen | 127'106 | 14'629 | 8.7 | Fildrich | 171 | 2.6 | Emme Emmenmatt (EM 03) | 5.3 | 2000/01 |
| Weisse Lütschine | 148'607 | 16'486 | 9.0 | Weisse Lütschine | 236 | 2.8 | Aare Murgenthal (AE 06) | 7.4 | 2000/01 |
| Saane (nur BE) | 244'073 | 25'816 | 9.5 | Saane (nur BE) | 356 | 3.0 | La Suze (SC 01) | 7.5 | 1995/96 |
| Kander | 253'786 | 26'636 | 9.5 | Schwarze Lütschine | 324 | 3.0 | Rotache (RO 01) | 8.5 | 1997/98 |
| Aare Oberhasli | 417'793 | 43'558 | 9.6 | Engstligen | 182 | 3.1 | Emme Burgdorf (EM 06) | 9.4 | 2000/01 |
| Schwarze Lütschine | 223'048 | 22'627 | 9.9 | Kander | 349 | 3.2 | La Birse La Verrier (BI 03) | 10.9 | 1997/98 |
| Unteres Simmental | 227'465 | 21'669 | 10.5 | Unteres Simmental | 259 | 3.9 | Gürbe (GU 01) | 13.0 | 1995/96 |
| Zulg | 91'817 | 8'741 | 10.5 | Brienzersee | 150 | 4.4 | Emme Gerlafingen (EM 50) | 13.9 | 2000/01 |
| Brienzersee | 150'054 | 13'989 | 10.7 | Obere Emme | 244 | 4.6 | Rot (RT 51) | 17.1 | 1999/00 |
| Obere Emme | 254'076 | 22'772 | 11.2 | Ilfis | 242 | 4.8 | Oesch (OE 53) | 22.6 | 1995/96 |
| Ilfis | 263'671 | 20'799 | 12.7 | Zulg | 83 | 4.9 | Chise (KI 07) | 22.7 | 1997/98 |
| Grüne | 117'614 | 8'191 | 14.4 | La Suze | 222 | 6.9 | Langete (LA 06) | 23.5 | 1999/00 |
| Schwarzwasser | 195'547 | 13'026 | 15.0 | La Birse (nur BE) | 264 | 7.0 | Lyssbach (LY 02) | 25.5 | 1996 |
| Rotache | 61'657 | 4'060 | 15.2 | Schwarzwasser | 122 | 7.1 | Önz (OZ 04) | 26.8 | 1995/96 |
| Thunersee | 342'719 | 22'123 | 15.5 | Grüne | 73 | 7.1 | Urtenen (UR 06) | 36.3 | 1995/96 |
| La Suze | 343'366 | 21'763 | 15.8 | Sense | 311 | 7.6 | | | |
| La Birse (nur BE) | 417'878 | 25'691 | 16.3 | Thunersee | 173 | 8.8 | | | |
| Sense | 535'548 | 30'614 | 17.5 | Rotache | 24 | 11.5 | | | |
| Nordufer Bielersee | 207'584 | 10'324 | 20.1 | Nordufer Bielersee | 74 | 12.4 | | | |
| Rot | 147'776 | 5'994 | 24.7 | Gürbe | 114 | 14.0 | | | |
| Worble | 174'524 | 6'902 | 25.3 | Rot | 40 | 16.2 | | | |
| Chise | 184'473 | 7'160 | 25.8 | Chise | 48 | 16.9 | | | |
| Gürbe | 359'760 | 13'581 | 26.5 | Untere Emme | 202 | 18.7 | | | |
| Untere Emme | 850'993 | 29'694 | 28.7 | Worble | 41 | 19.0 | | | |
| Ösch | 345'572 | 10'636 | 32.5 | Langete | 100 | 21.5 | | | |
| Langete | 484'887 | 13'860 | 35.0 | Ösch | 62 | 24.8 | | | |
| Önz | 330'076 | 9'355 | 35.3 | Önz | 57 | 25.8 | | | |
| Limpach | 287'635 | 7'841 | 36.7 | Limpach | 47 | 27.2 | | | |
| Seeland | 734'778 | 18'690 | 39.3 | Aare Thun-Bern | 99 | 30.7 | | | |
| Urtenen | 402'791 | 9'522 | 42.3 | Aare Biel-Murgenthal | 230 | 31.0 | | | |
| Aare Thun-Bern | 690'359 | 15'393 | 44.8 | Urtenen | 54 | 32.8 | | | |
| Aare Biel-Murgenthal | 1'607'850 | 34'546 | 46.5 | Alte Aare-Lyssbach | 57 | 37.1 | | | |
| Alte Aare-Lyssbach | 478'710 | 9'566 | 50.0 | Seeland | 76 | 42.7 | | | |
| Aare Bern-Hagneck | 1'650'088 | 24'621 | 67.0 | Aare Bern-Hagneck | 128 | 56.9 | | | |

Tab. 45: Rangfolgen der diffusen gelösten und der punktuellen N-Einträge gemäss Modellberechnung, sowie der Nitratkonzentrationen in den Flüssen.

| Rangfolge diffuse gelöste N-Einträge | | | | Rangfolge punktuelle N-Einträge (BG 2003) | | | Rangfolge N-Konzentrationen Flüsse | | | |
|--------------------------------------|------------|----------|-------------------------|---|------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|
| Einzugsgebiet | (t N/Jahr) | (mg N/l) | (mg NO ₃ /l) | Einzugsgebiet | (t N/Jahr) | (mg NO ₃ /l) | Messstation | (mg NO ₃ -N/l) | (mg NO ₃ /l) | Messjahr |
| Gadmerwasser | 88'228 | 0.29 | 1.30 | Gadmerwasser | 188 | 0.00 | Weisse Lütschine (LU 07) | 0.4 | 1.9 | 1995/96 |
| Aare Oberhasli | 263'451 | 0.32 | 1.41 | Fildrich | 490 | 0.01 | Kander (KA 51) | 0.5 | 2.4 | 1995/96 |
| Weisse Lütschine | 87'222 | 0.37 | 1.64 | Obere Emme | 1'370 | 0.02 | Simme (SI 51) | 0.6 | 2.5 | 1995/96 |
| Saane (nur BE) | 155'168 | 0.44 | 1.93 | Oberes Simmental | 2'587 | 0.04 | Aare Bern (AB 59) | 0.8 | 3.6 | 2000/01 |
| Kiene | 54'394 | 0.44 | 1.96 | Kiene | 1'226 | 0.04 | Emme Emmenmatt (EM 03) | 1.2 | 5.3 | 2000/01 |
| Schwarze Lütschine | 145'187 | 0.45 | 1.98 | Schwarzwasser | 1'339 | 0.05 | Aare Murgenthal (AE 06) | 1.7 | 7.4 | 2000/01 |
| Fildrich | 83'892 | 0.49 | 2.17 | Sense | 4'696 | 0.07 | La Suze (SC 01) | 1.7 | 7.5 | 1995/96 |
| Engstligen | 89'162 | 0.49 | 2.17 | Rot | 668 | 0.07 | Rotache (RO 01) | 1.9 | 8.5 | 1997/98 |
| Oberes Simmental | 143'934 | 0.49 | 2.18 | Grüne | 1'227 | 0.07 | Emme Burgdorf (EM 06) | 2.1 | 9.4 | 2000/01 |
| Kander | 171'831 | 0.49 | 2.18 | Aare Oberhasli | 23'197 | 0.12 | La Birse La Verrier (BI 03) | 2.5 | 10.9 | 1997/98 |
| Unteres Simmental | 165'614 | 0.64 | 2.83 | Zulg | 3'293 | 0.18 | Gürbe (GU 01) | 2.9 | 13.0 | 1995/96 |
| Brienzersee | 113'452 | 0.76 | 3.35 | Ösch | 3'106 | 0.22 | Emme Gerlafingen (EM 50) | 3.1 | 13.9 | 2000/01 |
| Ilfis | 194'016 | 0.80 | 3.55 | Rotache | 1'691 | 0.32 | Rot (RT 51) | 3.9 | 17.1 | 1999/00 |
| Obere Emme | 226'550 | 0.93 | 4.11 | Schwarze Lütschine | 23'393 | 0.32 | Oesch (OE 53) | 5.1 | 22.6 | 1995/96 |
| Zulg | 80'334 | 0.97 | 4.28 | Kander | 34'364 | 0.44 | Chise (KI 07) | 5.1 | 22.7 | 1997/98 |
| La Birse (nur BE) | 302'577 | 1.15 | 5.07 | Engstligen | 18'530 | 0.45 | Langete (LA 06) | 5.3 | 23.5 | 1999/00 |
| La Suze | 273'454 | 1.23 | 5.47 | Weisse Lütschine | 24'477 | 0.46 | Lyssbach (LY 02) | 5.8 | 25.5 | 1996 |
| Thunersee | 215'230 | 1.24 | 5.51 | Brienzersee | 18'025 | 0.53 | Önz (OZ 04) | 6.1 | 26.8 | 1995/96 |
| Grüne | 109'166 | 1.49 | 6.62 | Saane (nur BE) | 46'334 | 0.58 | Urtenen (UR 06) | 8.2 | 36.3 | 1995/96 |
| Schwarzwasser | 183'210 | 1.51 | 6.68 | Unteres Simmental | 36'783 | 0.63 | | | | |
| Sense | 500'413 | 1.61 | 7.13 | Ilfis | 45'618 | 0.83 | | | | |
| Rotache | 58'279 | 2.45 | 10.87 | Nordufer Bielersee | 14'884 | 0.89 | | | | |
| Gürbe | 284'339 | 2.49 | 11.04 | La Suze | 59'601 | 1.19 | | | | |
| Nordufer Bielersee | 187'947 | 2.53 | 11.19 | Worble | 11'096 | 1.21 | | | | |
| Chise | 129'025 | 2.67 | 11.82 | Limpach | 13'693 | 1.29 | | | | |
| Langete | 305'951 | 3.06 | 13.57 | La Birse (nur BE) | 103'168 | 1.73 | | | | |
| Untere Emme | 664'847 | 3.29 | 14.58 | Gürbe | 65'578 | 2.55 | | | | |
| Aare Thun-Bern | 349'170 | 3.51 | 15.55 | Seeland | 50'374 | 2.92 | | | | |
| Rot | 143'640 | 3.55 | 15.72 | Thunersee | 115'799 | 2.96 | | | | |
| Aare Biel-Murgenthal | 818'145 | 3.56 | 15.76 | Untere Emme | 169'622 | 3.72 | | | | |
| Worble | 159'607 | 3.93 | 17.41 | Chise | 51'256 | 4.70 | | | | |
| Alte Aare-Lyssbach | 263'871 | 4.62 | 20.46 | Önz | 62'532 | 4.88 | | | | |
| Önz | 262'191 | 4.62 | 20.47 | Langete | 170'549 | 7.56 | | | | |
| Aare Bern-Hagneck | 619'460 | 4.82 | 21.37 | Urtenen | 113'139 | 9.22 | | | | |
| Urtenen | 285'505 | 5.25 | 23.28 | Aare Thun-Bern | 331'042 | 14.74 | | | | |
| Ösch | 337'662 | 5.47 | 24.21 | Aare Biel-Murgenthal | 766'048 | 14.75 | | | | |
| Limpach | 269'948 | 5.76 | 25.52 | Alte Aare-Lyssbach | 209'730 | 16.26 | | | | |
| Seeland | 678'674 | 8.89 | 39.40 | Aare Bern-Hagneck | 1'019'537 | 35.18 | | | | |

Tab. 46: Vergleich der in den Flüssen gemessenen mit den im Modell berechneten Nitratkonzentrationen.

| Vergleich Nitrat-Konzentrationen Flüsse - Modell | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------|
| Messstation | (mg NO ₃ -N/l) | Flüsse (mg NO ₃ /l) | Messjahr | Modell (mg NO ₃ /l) | Abweichung (%) |
| Weisse Lütschine (LU 07) | 0.4 | 1.9 | 1995/96 | 2.8 | -33 |
| Kander (KA 51) | 0.5 | 2.4 | 1995/96 | 3.1 | -22 |
| Simme (SI 51) | 0.6 | 2.5 | 1995/96 | 3.1 | -18 |
| Aare Bern (AB 59) | 0.8 | 3.6 | 2000/01 | 4.4 | -19 |
| Emme Emmenmatt (EM 03) | 1.2 | 5.3 | 2000/01 | 4.6 | 14 |
| Aare Murgenthal (AE 06) | 1.7 | 7.4 | 2000/01 | | |
| La Suze (SC 01) | 1.7 | 7.5 | 1995/96 | 6.9 | 10 |
| Rotache (RO 01) | 1.9 | 8.5 | 1997/98 | 11.5 | -26 |
| Emme Burgdorf (EM 06) | 2.1 | 9.4 | 2000/01 | 8.6 | 9 |
| La Birse La Verrier (BI 03) | 2.5 | 10.9 | 1997/98 | 7.0 | 55 |
| Gürbe (GU 01) | 2.9 | 13.0 | 1995/96 | 14.0 | -7 |
| Emme Gerlafingen (EM 50) | 3.1 | 13.9 | 2000/01 | 11.2 | 24 |
| Rot (RT 51) | 3.9 | 17.1 | 1999/00 | 16.2 | 6 |
| Oesch (OE 53) | 5.1 | 22.6 | 1995/96 | 24.8 | -9 |
| Chise (KI 07) | 5.1 | 22.7 | 1997/98 | 16.9 | 35 |
| Langete (LA 06) | 5.3 | 23.5 | 1999/00 | 21.5 | 9 |
| Lyssbach (LY 02) | 5.8 | 25.5 | 1996 | 37.1 | -31 |
| Önz (OZ 04) | 6.1 | 26.8 | 1995/96 | 25.8 | 4 |
| Urtenen (UR 06) | 8.2 | 36.3 | 1995/96 | 32.8 | 11 |

Phosphor:

Bei den P-Konzentrationen (Gesamt-P) streuen die Einzelwerte erheblich stärker als bei den N-Konzentrationen. So gibt es immer wieder einzelne „Ausreisser“; vermutlich Werte, die bei vergleichsweise hohen Abflüssen (Hochwasser mit viel partikulärem P) entstanden sind. Diese „Ausreisser“ beeinflussen die Trendlinien in den Diagrammen (Abb. 72, z.B. Rot, Ösch), aber auch die berechneten Mediane. Insgesamt ist aber in nahezu allen Flüssen eine Abnahme der P-Konzentrationen in der zehnjährigen Periode festzustellen, und zwar deutlich stärker als beim Nitrat. Markante Abnahmen von über 50% verzeichnen die Flüsse La Birse, Langete, Emme Emmenmatt und Emme Burgdorf. In diesen Flüssen haben vor allem die Einträge aus punktuellen Quellen stark abgenommen.

Bei Betrachtung der gelösten P-Konzentrationen ergibt sich ein ähnliches Bild). Markante Abnahmen von über 50% verzeichnen die Flüsse La Birse, Gürbe, Langete, Emme Emmenmatt, Emme Burgdorf, Chise und Önz. In den alpinen Gebieten liegen die Konzentrationen im Bereich der analytischen Nachweisgrenze und lassen sich daher nicht vergleichen. Einzig im Lyssbach ist eine deutliche Zunahme der gelösten P-Konzentration zu verzeichnen, allerdings liegen hier nur wenig Messdaten aus jeweils einem Jahr vor, so dass diese Werte als ausgesprochen unsicher anzusehen sind.

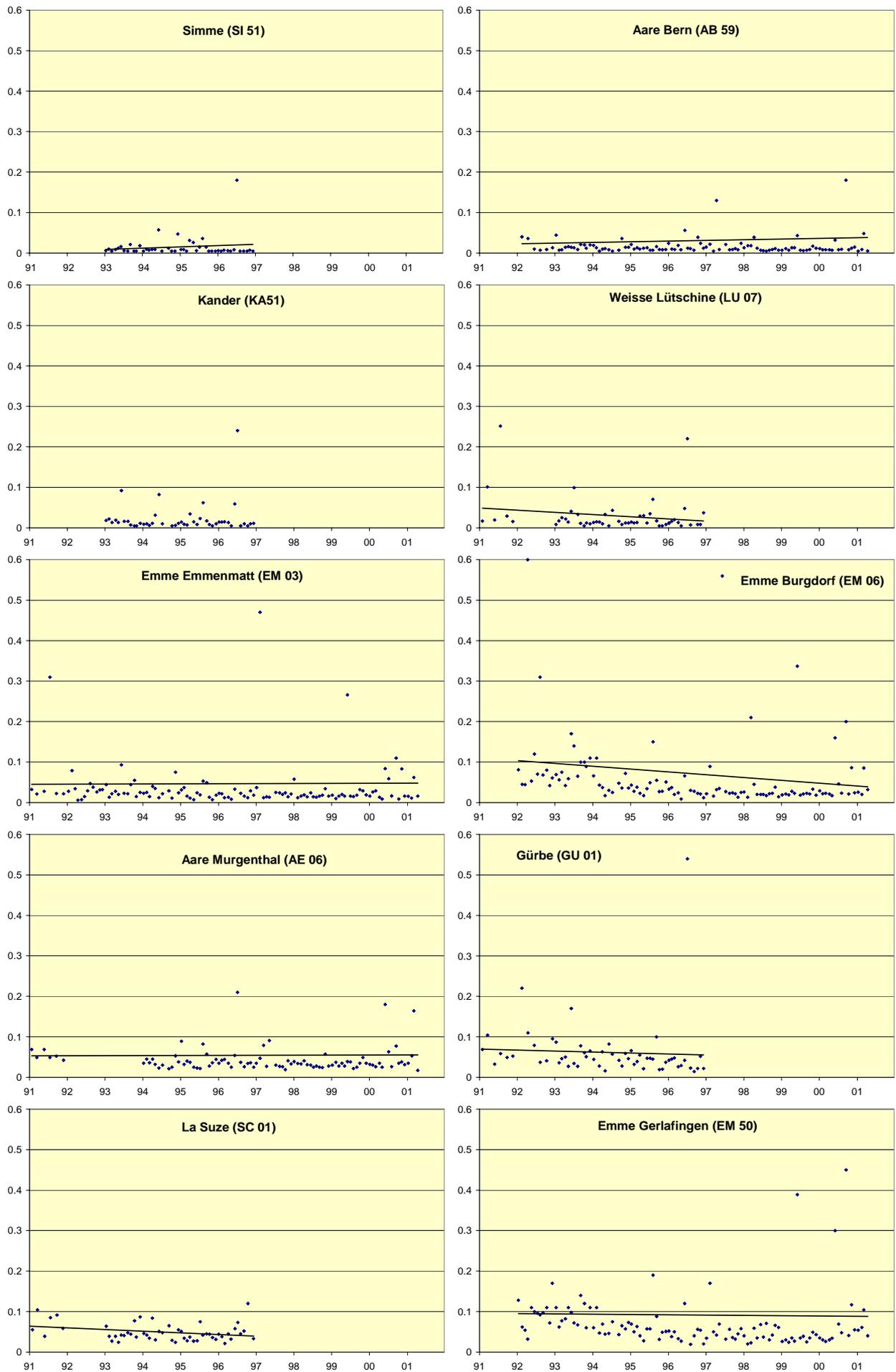


Abb. 72a: Entwicklung der P-Gesamt-Konzentration (mg P/l) in den vergangenen 10 Jahren.

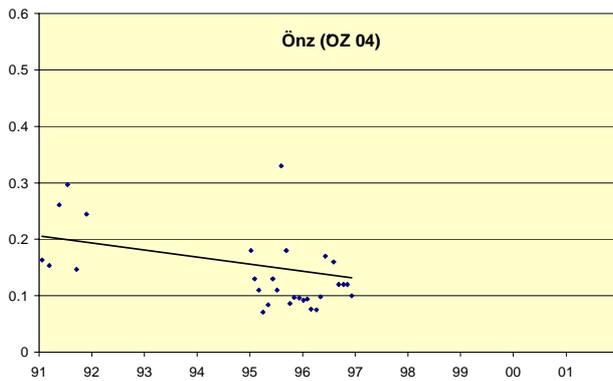
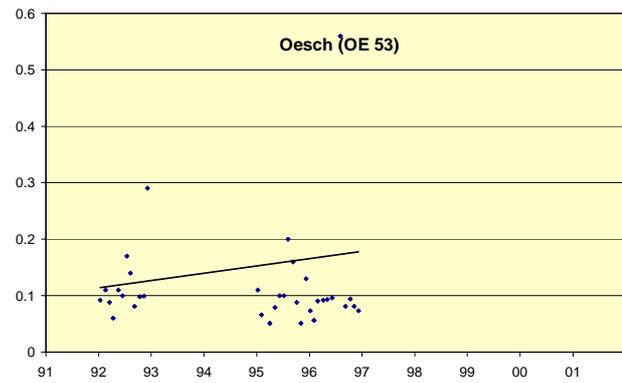
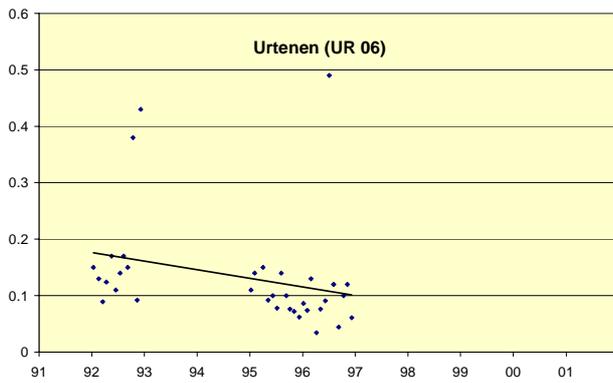
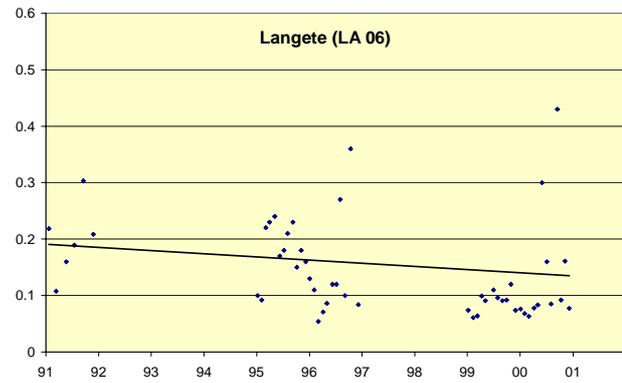
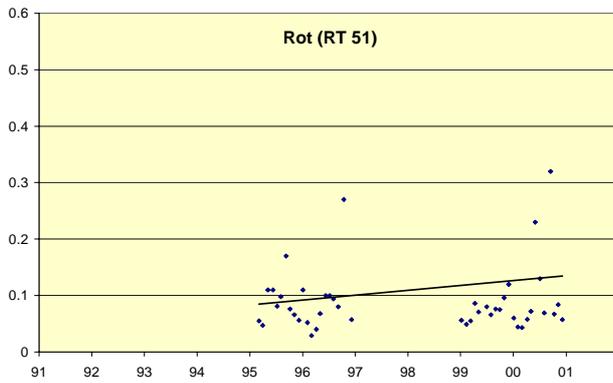
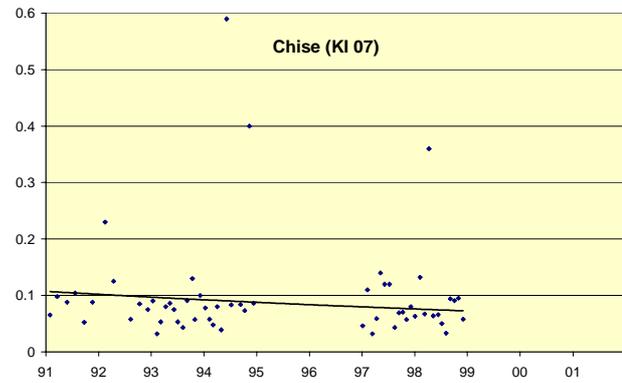
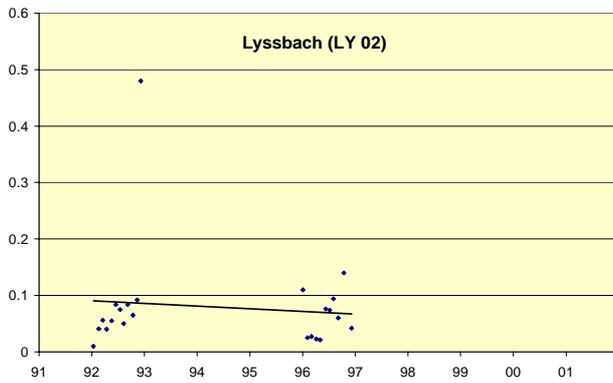
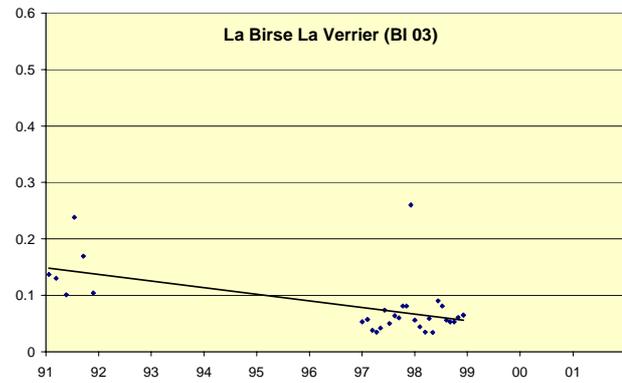
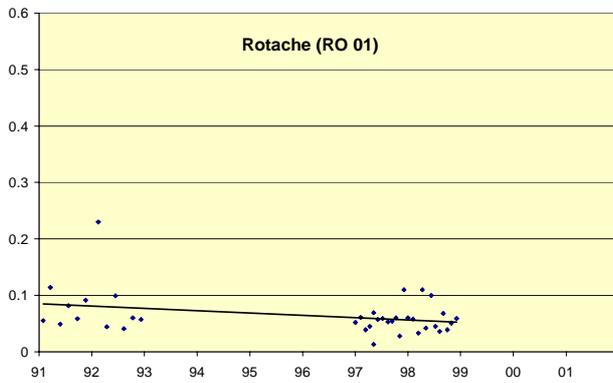


Abb. 72b: Entwicklung der P-Gesamt-Konzentration (mg P/l) in den vergangenen 10 Jahren.

In Tab. 47 wurde eine Rangliste der 38 Einzugsgebiete in aufsteigender Reihenfolge für die berechneten flächenspezifischen Gesamteinträge (punktuell + diffus), die berechneten P-Konzentrationen in den Einzugsgebieten und die gemessenen P-Konzentrationen in den Flüssen (Median der letzten beiden Messjahre) erstellt. Die meisten Einzugsgebiete bzw. Flüsse werden in allen drei Varianten sehr unterschiedlich klassiert. Eine Beurteilung bzw. ein Vergleich erscheint nicht sinnvoll, werden die Resultate doch zu stark von Hochwasserwellen und partikulären P-Fraktionen geprägt, die durch die stichprobenartigen Messungen nur unzureichend wiedergegeben werden können.

Auch der Vergleich zwischen den berechneten gelösten diffusen P-Einträgen, den punktuellen Einträgen und den gemessenen gelösten P-Konzentrationen in den Flüssen bringt keine Übereinstimmung (Tab. 48). Der Vergleich der gemessenen gelösten P-Konzentrationen mit berechneten P-Frachten ist nicht weniger problematisch als bei den Gesamt-P-Konzentrationen. Zum einen sind die höchsten Konzentrationen auch beim gelösten P in den Hochwasserspitzen zu finden, zum anderen finden Umwandlungsprozesse im Gewässer statt, so dass z.B. ursprünglich gelöster P im Gewässer an Partikel gebunden oder von Organismen aufgenommen werden kann und so zu partikulärem P wird.

In Tabelle 49 wurden die gemessenen P-Gesamt-Konzentrationen in den Flüssen den entsprechenden berechneten Werten der Einzugsgebiete gegenübergestellt, wobei gegebenenfalls diverse Teileinzugsgebiete der Modellberechnung zusammengezogen wurden, um sie mit den Messwerten der Flüsse vergleichbar zu machen. Deutlich höhere P-Konzentrationen als in den Modellrechnungen wurden in den Flüssen Ösch und La Birse gemessen. Im Gebiet La Birse versickert ein grosser Teil des Wassers unterirdisch, so dass an der Pegelmessstelle vergleichsweise wenig Wasser abfließt, was zur erhöhten Stoffkonzentration führt. Für die höheren Konzentrationen in der Ösch konnte keine plausible Erklärung gefunden werden. Vor allem in den alpinen Gebieten liegen die Messwerte massiv unter den berechneten. Dies liegt in erster Linie daran, dass bei den berechneten Werten auch die partikulären P-Einträge aus Hochwasserereignissen erfasst wurden.

Vergleicht man die gemessenen gelösten P-Konzentrationen in den Flüssen mit den berechneten gelösten diffusen und punktuellen Einträgen, ergeben sich keine gravierenden Verbesserungen gegenüber der Betrachtung des Gesamt-P (Tab. 50). Auch hier sind die Messwerte aus den Flüssen in den meisten Fällen massiv niedriger als die berechneten Werte.

Fazit Phosphor:

Insgesamt besteht kaum eine Übereinstimmung zwischen Messwerten und berechneten Werten. Die berechneten Werte liegen fast ausnahmslos deutlich über den gemessenen und die relativen Unterschiede zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten werden auch nicht wiedergegeben. Stichprobenartige Messungen eignen sich nicht, um sowohl Gesamt-P- als auch gelöste P-Frachten zu erfassen, da zumindest die diffusen Einträge massgeblich durch Hochwasserwellen bestimmt werden.

Tendenziell ist in fast allen Flüssen ein deutlicher Rückgang der gesamten sowie der gelösten P-Konzentrationen zwischen 1991 und 2001 festzustellen. Dies zumindest steht im Einklang mit den Modellergebnissen und ist aber überwiegend auf die verminderten Einträge aus punktuellen Quellen zurückzuführen, die weniger stark ereignisabhängig sind und daher über Stichprobenmessungen besser erfasst werden können.

Tab. 47: Rangfolgen der Gesamt-P-Einträge (diffus + punktuell) gemäss Modellberechnung, der daraus berechnete P-Konzentrationen und der P-Konzentrationen in den Flüssen.

| Rangfolge Gesamteinträge Phosphor | | | | Rangfolge Konzentrationen Phosphor | | | Rangfolge P-Konzentrationen Flüsse | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|----------|------------------------------------|----------|----------|
| Einzugsgebiet | (kg P/Jahr) | Fläche (ha) | (kg P/ha /Jahr) | Einzugsgebiet | Abfluss (Mio m ³) | (mg P/l) | Messstation | (mg P/l) | Messjahr |
| Ösch | 4'256 | 10'636 | 0.400 | La Birse (nur BE) | 264 | 0.045 | Simme (SI 51) | 0.006 | 1995/96 |
| Nordufer Bielersee | 4'672 | 10'324 | 0.453 | La Suze | 222 | 0.053 | Aare Bern (AB 59) | 0.009 | 2000/01 |
| La Birse (nur BE) | 12'003 | 6'902 | 0.467 | Nordufer Bielersee | 74 | 0.063 | Kander (KA 51) | 0.012 | 1995/96 |
| Seeland | 8'971 | 25'691 | 0.480 | Zulg | 83 | 0.068 | Weisse Lütschine (LU 07) | 0.013 | 1995/96 |
| La Suze | 11'639 | 18'690 | 0.535 | Sense | 311 | 0.068 | Emme Emmenmatt (EM 03) | 0.016 | 2000/01 |
| Rotache | 2'317 | 4'060 | 0.571 | Obere Emme | 244 | 0.069 | Emme Burgdorf (EM 06) | 0.025 | 2000/01 |
| Rot | 3'485 | 21'763 | 0.581 | Ösch | 62 | 0.069 | Aare Murgenthal (AE 06) | 0.035 | 2000/01 |
| Limpach | 4'831 | 5'994 | 0.616 | Ilfis | 242 | 0.070 | Gürbe (GU 01) | 0.036 | 1995/96 |
| Zulg | 5'627 | 7'841 | 0.644 | Schwarzwasser | 122 | 0.072 | La Suze (SC 01) | 0.042 | 1995/96 |
| Grüne | 5'405 | 8'741 | 0.660 | Oberes Simmental | 292 | 0.072 | Emme Gerlafingen (EM 50) | 0.051 | 2000/01 |
| Schwarzwasser | 8'754 | 8'191 | 0.672 | Grüne | 73 | 0.074 | Rotache (RO 01) | 0.054 | 1997/98 |
| Sense | 21'062 | 13'026 | 0.688 | Fildrich | 171 | 0.081 | La Birse La Verrier (BI 03) | 0.057 | 1997/98 |
| Önz | 6'769 | 30'614 | 0.724 | Unteres Simmental | 259 | 0.082 | Lyssbach (LY 02) | 0.060 | 1996 |
| Obere Emme | 16'817 | 22'123 | 0.739 | Rot | 40 | 0.086 | Chise (KI 07) | 0.068 | 1997/98 |
| Thunersee | 16'435 | 9'522 | 0.743 | Engstligen | 182 | 0.087 | Rot (RT 51) | 0.072 | 1999/00 |
| Urtenen | 7'275 | 9'355 | 0.764 | Saane (nur BE) | 356 | 0.095 | Langete (LA 06) | 0.091 | 1999/00 |
| Untere Emme | 23'445 | 22'772 | 0.790 | Thunersee | 173 | 0.095 | Urtenen (UR 06) | 0.092 | 1995/96 |
| Gürbe | 10'884 | 29'694 | 0.801 | Gürbe | 114 | 0.095 | Oesch (OE 53) | 0.093 | 1995/96 |
| Worble | 5'567 | 13'581 | 0.807 | Rotache | 24 | 0.098 | Önz (OZ 04) | 0.110 | 1995/96 |
| Ilfis | 16'899 | 20'799 | 0.813 | Brienzersee | 150 | 0.101 | | | |
| Chise | 5'848 | 7'160 | 0.817 | Kander | 349 | 0.102 | | | |
| Oberes Simmental | 21'182 | 24'151 | 0.877 | Kiene | 123 | 0.102 | | | |
| Langete | 13'088 | 13'860 | 0.944 | Limpach | 47 | 0.103 | | | |
| Unteres Simmental | 21'259 | 21'669 | 0.981 | Gadmerwasser | 301 | 0.104 | | | |
| Fildrich | 13'818 | 13'203 | 1.047 | Aare Oberhasli | 829 | 0.111 | | | |
| Alte Aare-Lyssbach | 10'168 | 9'566 | 1.063 | Weisse Lütschine | 236 | 0.112 | | | |
| Engstligen | 15'833 | 14'629 | 1.082 | Untere Emme | 202 | 0.116 | | | |
| Brienzersee | 15'193 | 13'989 | 1.086 | Seeland | 76 | 0.118 | | | |
| Aare Thun-Bern | 18'850 | 25'816 | 1.225 | Önz | 57 | 0.119 | | | |
| Saane (nur BE) | 33'707 | 26'636 | 1.306 | Chise | 48 | 0.121 | | | |
| Kander | 35'494 | 9'168 | 1.333 | Schwarze Lütschine | 324 | 0.122 | | | |
| Kiene | 12'514 | 15'393 | 1.365 | Langete | 100 | 0.131 | | | |
| Aare Bern-Hagneck | 33'787 | 16'486 | 1.372 | Urtenen | 54 | 0.134 | | | |
| Weisse Lütschine | 26'426 | 22'627 | 1.603 | Worble | 41 | 0.137 | | | |
| Aare Biel-Murgenthal | 57'616 | 24'621 | 1.668 | Alte Aare-Lyssbach | 57 | 0.178 | | | |
| Schwarze Lütschine | 39'555 | 34'546 | 1.748 | Aare Thun-Bern | 99 | 0.190 | | | |
| Gadmerwasser | 31'255 | 16'737 | 1.867 | Aare Biel-Murgenthal | 230 | 0.250 | | | |
| Aare Oberhasli | 92'092 | 43'558 | 2.114 | Aare Bern-Hagneck | 128 | 0.263 | | | |

Tab. 48: Rangfolgen der diffusen gelösten und der punktuellen P-Einträge gemäss Modellberechnung, sowie der P-Konzentrationen in den Flüssen.

| Rangliste diffuse gelöste P-Einträge | | | Rangliste punktuelle P-Einträge (BG 2003) | | | Rangliste PO ₄ -Konzentrationen Flüsse | | |
|--------------------------------------|-------------|----------|---|-------------|----------|---|---------------------------|----------|
| Einzugsgebiet | (kg P/Jahr) | (mg P/l) | Einzugsgebiet | (kg P/Jahr) | (mg P/l) | Messstation | (mg PO ₄ -P/l) | Messjahr |
| Gadmerwasser | 1'911 | 0.006 | Gadmerwasser | 61 | 0.000 | Weisse Lüttschine (LU 07) | 0.002 | 1995/96 |
| Aare Oberhasli | 5'707 | 0.007 | Fildrich | 115 | 0.001 | Kander (KA 51) | 0.005 | 1995/96 |
| Weisse Lüttschine | 1'993 | 0.008 | Kiene | 120 | 0.001 | Aare Bern (AB 59) | 0.005 | 2000/01 |
| Schwarze Lüttschine | 3'181 | 0.010 | Obere Emme | 362 | 0.001 | Simme (SI 51) | 0.005 | 1995/96 |
| Kiene | 1'256 | 0.010 | Aare Oberhasli | 1'411 | 0.002 | Gürbe (GU 01) | 0.006 | 1995/96 |
| Kander | 3'669 | 0.011 | Oberes Simmental | 576 | 0.002 | Emme Emmenmatt (EM 03) | 0.012 | 2000/01 |
| Saane (nur BE) | 4'751 | 0.013 | Schwarzwasser | 309 | 0.003 | Aare Murgenthal (AE 06) | 0.016 | 2000/01 |
| Oberes Simmental | 3'948 | 0.013 | Sense | 909 | 0.003 | Emme Burgdorf (EM 06) | 0.016 | 2000/01 |
| Fildrich | 2'389 | 0.014 | Weisse Lüttschine | 758 | 0.003 | Chise (KI 07) | 0.021 | 1997/98 |
| Engstligen | 2'604 | 0.014 | Grüne | 263 | 0.004 | La Birse La Verrier (BI 03) | 0.023 | 1997/98 |
| Unteres Simmental | 4'489 | 0.017 | Rot | 161 | 0.004 | La Suze (SC 01) | 0.023 | 1995/96 |
| La Suze | 3'910 | 0.018 | Schwarze Lüttschine | 1'334 | 0.004 | Emme Gerlafingen (EM 50) | 0.030 | 2000/01 |
| Brienzersee | 2'683 | 0.018 | Kander | 1'604 | 0.005 | Rotache (RO 01) | 0.030 | 1997/98 |
| La Birse (nur BE) | 5'040 | 0.019 | Unteres Simmental | 1'290 | 0.005 | Lyssbach (LY 02) | 0.040 | 1996.0 |
| Zulg | 1'943 | 0.023 | Saane (nur BE) | 2'030 | 0.006 | Rot (RT 51) | 0.045 | 1999/00 |
| Ilfis | 6'292 | 0.026 | Brienzersee | 912 | 0.006 | Oesch (OE 53) | 0.051 | 1995/96 |
| Obere Emme | 6'618 | 0.027 | Engstligen | 1'109 | 0.006 | Urtenen (UR 06) | 0.051 | 1995/96 |
| Sense | 8'515 | 0.027 | Ilfis | 1'574 | 0.006 | Langete (LA 06) | 0.051 | 1999/00 |
| Thunersee | 4'910 | 0.028 | Zulg | 645 | 0.008 | Önz (OZ 04) | 0.067 | 1995/96 |
| Aare Biel-Murgenthal | 7'298 | 0.032 | Nordufer Bielersee | 742 | 0.010 | | | |
| Urtenen | 1'777 | 0.033 | Ösch | 733 | 0.012 | | | |
| Alte Aare-Lyssbach | 1'883 | 0.033 | La Birse (nur BE) | 3'690 | 0.014 | | | |
| Nordufer Bielersee | 2'454 | 0.033 | Rotache | 446 | 0.019 | | | |
| Grüne | 2'423 | 0.033 | La Suze | 4'930 | 0.022 | | | |
| Schwarzwasser | 4'299 | 0.035 | Gürbe | 2'627 | 0.023 | | | |
| Ösch | 2'206 | 0.036 | Thunersee | 4'979 | 0.029 | | | |
| Aare Thun-Bern | 3'944 | 0.040 | Limpach | 1'520 | 0.032 | | | |
| Gürbe | 4'560 | 0.040 | Seeland | 2'738 | 0.036 | | | |
| Aare Bern-Hagneck | 5'216 | 0.041 | Untere Emme | 8'734 | 0.043 | | | |
| Untere Emme | 8'565 | 0.042 | Önz | 2'471 | 0.044 | | | |
| Chise | 2'080 | 0.043 | Chise | 2'209 | 0.046 | | | |
| Limpach | 2'153 | 0.046 | Langete | 4'858 | 0.049 | | | |
| Worble | 1'898 | 0.047 | Worble | 2'454 | 0.060 | | | |
| Önz | 2'729 | 0.048 | Urtenen | 4'334 | 0.080 | | | |
| Rot | 2'014 | 0.050 | Alte Aare-Lyssbach | 6'776 | 0.119 | | | |
| Langete | 5'076 | 0.051 | Aare Thun-Bern | 12'074 | 0.121 | | | |
| Rotache | 1'294 | 0.054 | Aare Biel-Murgenthal | 43'848 | 0.191 | | | |
| Seeland | 4'709 | 0.062 | Aare Bern-Hagneck | 25'068 | 0.195 | | | |

Tab. 49: Vergleich der in den Flüssen gemessenen mit den im Modell berechneten Gesamt-Phosphorkonzentrationen

| Vergleich P-Konzentrationen Flüsse - Modell | | | | |
|--|--------------------|----------|--------------------|-------------------|
| Messstation | Flüsse (mg P/l) | Messjahr | Modell (mg P/l) | Abweichung (%) |
| Simme (SI 51) | 0.006 | 1995/96 | 0.078 | -92 |
| Aare Bern (AB 59) | 0.009 | 2000/01 | 0.102 | -92 |
| Kander (KA 51) | 0.012 | 1995/96 | 0.098 | -88 |
| Weisse Lütschine (LU 07) | 0.013 | 1995/96 | 0.112 | -88 |
| Emme Emmenmatt (EM 03) | 0.016 | 2000/01 | 0.069 | -77 |
| Emme Burgdorf (EM 06) | 0.025 | 2000/01 | 0.082 | -70 |
| Aare Murgenthal (AE 06) | 0.035 | 2000/01 | | |
| Gürbe (GU 01) | 0.036 | 1995/96 | 0.095 | -63 |
| La Suze (SC 01) | 0.042 | 1995/96 | 0.053 | -20 |
| Emme Gerlafingen (EM 50) | 0.051 | 2000/01 | 0.087 | -41 |
| Rotache (RO 01) | 0.054 | 1997/98 | 0.098 | -45 |
| La Birse La Verrier (BI 03) | 0.057 | 1997/98 | 0.045 | 24 |
| Lyssbach (LY 02) | 0.060 | 1996 | 0.178 | -66 |
| Chise (KI 07) | 0.068 | 1997/98 | 0.121 | -44 |
| Rot (RT 51) | 0.072 | 1999/00 | 0.086 | -17 |
| Langete (LA 06) | 0.091 | 1999/00 | 0.131 | -31 |
| Urtenen (UR 06) | 0.092 | 1995/96 | 0.134 | -31 |
| Oesch (OE 53) | 0.093 | 1995/96 | 0.069 | 34 |
| Önz (OZ 04) | 0.110 | 1995/96 | 0.119 | -8 |

Tab. 50: Vergleich der in den Flüssen gemessenen gelösten mit den im Modell berechneten gelösten diffusen + punktuellen P-Konzentrationen.

| Vergleich gelöste P-Konzentrationen Flüsse - Modell | | | | |
|--|-------------------------------------|----------|--------------------|-------------------|
| Messstation | Flüsse (mg PO ₄ -P/l) | Messjahr | Modell (mg P/l) | Abweichung (%) |
| Weisse Lütschine (LU 07) | 0.002 | 1995/96 | 0.012 | -79 |
| Kander (KA 51) | 0.005 | 1995/96 | 0.016 | -68 |
| Aare Bern (AB 59) | 0.005 | 2000/01 | 0.023 | -78 |
| Simme (SI 51) | 0.005 | 1995/96 | 0.018 | -72 |
| Gürbe (GU 01) | 0.006 | 1995/96 | 0.063 | -90 |
| Emme Emmenmatt (EM 03) | 0.012 | 2000/01 | 0.029 | -57 |
| Aare Murgenthal (AE 06) | 0.016 | 2000/01 | | |
| Emme Burgdorf (EM 06) | 0.016 | 2000/01 | 0.046 | -65 |
| Chise (KI 07) | 0.021 | 1997/98 | 0.089 | -76 |
| La Birse La Verrier (BI 03) | 0.023 | 1997/98 | 0.033 | -32 |
| La Suze (SC 01) | 0.023 | 1995/96 | 0.040 | -44 |
| Emme Gerlafingen (EM 50) | 0.030 | 2000/01 | 0.052 | -43 |
| Rotache (RO 01) | 0.030 | 1997/98 | 0.073 | -59 |
| Lyssbach (LY 02) | 0.040 | 1996 | 0.152 | -74 |
| Rot (RT 51) | 0.045 | 1999/00 | 0.054 | -16 |
| Oesch (OE 53) | 0.051 | 1995/96 | 0.048 | 7 |
| Urtenen (UR 06) | 0.051 | 1995/96 | 0.112 | -55 |
| Langete (LA 06) | 0.051 | 1999/00 | 0.099 | -49 |
| Önz (OZ 04) | 0.067 | 1995/96 | 0.092 | -27 |

Folgerungen:

Für die Validierung der Modellergebnisse eignen sich die vorhandenen Messdaten nur sehr bedingt. Da die Jahres-Stofffrachten massgeblich durch Hochwasserwellen beeinflusst werden, eignen sich stichprobenartigen Konzentrationsmessungen kaum für Frachtberechnungen. Abflussproportionale automatische Probenehmer an ausgewählten Einzugsgebieten wären für derartige Fragestellungen wünschenswert. Für diffuse Stoffeinträge wären vor allem Messungen in mittleren hydrologische Einzugsgebieten mit relativ geringen punktuellen Einträgen und in verschiedenen Landschaftsräumen mit unterschiedlicher Nutzung von Interesse (z.B. Urtenen, Limpach oder Ösch für Ackerbau im Mittelland, obere Emme oder Ilfis für Grasland in den Voralpen, La Birse für den Jura und Langete oder Gürbe für Übergangsbiete). Da der Witterungseinfluss ausgesprochen gross sein kann, wären mehrjährige Messungen notwendig.

7 STOFFRÜCKHALT DURCH KLEINSEEN

Bei der Modellberechnung mit MODIFFUS handelt es sich um eine Emissionsschätzung, d.h. es werden die Stoffverluste in die Gewässer aus der Landwirtschaft abgeschätzt. Die Ergebnisse der Modellberechnung wurden den Messungen in Fliessgewässern gegenübergestellt, also einer Immissionsbetrachtung. Um die in den Gewässern gemessenen Stofffrachten mit denen der Modellberechnung vergleichen zu können, ist es notwendig, einen allfälligen Stoffrückhalt abzuschätzen.

Einerseits kann es zur Stoffretention im Flussbett selber, in den Flussauen oder anderen Überflutungsflächen kommen, andererseits bilden natürliche oder künstliche Seen Senken. Vor allem partikuläre Stoffe setzen sich aufgrund der Wasserberuhigung auf dem Seeboden ab, aber auch gelöste Stoffe können durch verschiedene Prozesse dem Weitertransport aus dem See entzogen werden. Dabei hängt die Höhe der jeweiligen Retention auch von verschiedenen Seeigenschaften ab (Grösse, Tiefe, Temperatur, Aufenthaltsdauer, etc.). Die Denitrifikationsverluste hängen stark von der Temperatur ab und sind bei niedrigen Temperaturen sehr gering.

VENOHR & BEHRENDT (2002) nennen für 50 deutsche Einzugsgebiete Denitrifikationsverluste von 6% bis 75%. MENGIS & WERHLI (1998) und MENGIS et al. (1997) nennen für verschiedene grössere Schweizer Seen eine Stickstoffelimination durch Denitrifikation von 30-70% des gelösten Eintrags bzw. 7-10 t N/km² pro Jahr und einer Netto-N-Sedimentation von 2-6 t N/km² pro Jahr. Es wird angenommen, dass in den alpinen Seen mit einer geringeren Eliminationsrate zu rechnen ist (kaum Denitrifikationsverluste, dafür in Stauseen hohe Sedimentationsrate). MÜLLER et al. (2001) nennen für einen kleinen Rückhalteweiher eine P-Retention von 21% und N-Retention von 25%. Diese Werte sind vergleichsweise niedrig, da der Weiher so klein ist, dass Hochwasserwellen ihn mehr oder weniger direkt durchlaufen. Nach BÜHRER et al. (2000) ist im Bodensee mit einem P-Rückhalt von 91% und einem N-Rückhalt von 43% zu rechnen. Die EAWAG (1992) gibt für den Vierwaldstättersee einen Seerückhalt von 84% für P und 22% für N an.

Die Dämpfung von Hochwasserspitzen bzw. die Retention in Fliessgewässern wird von NAEF & THOMA (2002) für den Abfluss wie folgt eingeschätzt: Retention im Gerinne selbst findet nur bei flachen Flussläufen mit <1% Sohlgefälle statt, so dass in den Alpen, Voralpen und im Jura kaum mit dieser Art von Retention zu rechnen ist. Nur im Mittelland kann es zur Dämpfung von Hochwasserspitzen kommen, ein dauerhafter Stoffrückhalt ist aber deswegen trotzdem nicht zu erwarten. Stehender oder fliessender Retention bei Vorlandüberflutungen wird mehr Bedeutung beigemessen. Entscheidend ist hier das Verhältnis zwischen der Grösse des Rückhalterumes und dem Hochwasservolumen. Im Untersuchungsgebiet wird nur in den Einzugsgebieten Gürbe und Langete durch Retention eine wirksame Dämpfung von Hochwasserspitzen angenommen, in den Gebieten Rot und Simme können nur kurze Ereignisse im Unterlauf gedämpft werden (NAEF & THOMA 2002). Insgesamt ist in den Fliessgewässern der Schweiz aufgrund der hydraulischen Gegebenheiten nur mit geringer Retention zu rechnen.

Für die nachfolgende Grobabschätzung wird wie folgt vorgegangen:

Bei den alpinen Seen wird mit einem P-Rückhalt von 90%, bei den übrigen Seen von 80% gerechnet. Beim Stickstoff wird bei den alpinen Seen mit einem Rückhalt von 30%, bei den übrigen Seen von 50% gerechnet. Die verwendeten Rückhalte wurden bewusst eher hoch angesetzt. Ausgangswert bildet die Jahresfracht, die aus dem topographischen Einzugsgebiet der Seen und dem mittleren berechneten flächenspezifischen P- bzw. N-Verlust des gesamten Flusseinzugsgebietes berechnet wurde (diffuse + punktuelle Quellen). Es handelt sich somit um eine pauschale Grobabschätzung, die die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Seen nicht berücksichtigt und nur aufzeigen soll, ob und in welchem Einzugsgebiet mit einem nennenswerten Rückhalt durch Kleinseen gerechnet werden muss.

Im Kt. Bern gibt es gemäss GBL (1999) 823 stehende Gewässer. 139 davon weisen eine Fläche von >1 ha auf, 104 dieser Seen wurden in GBL (1999) untersucht und beschrieben und für die vorliegende Abschätzung verwendet (Tab. 51). Unberücksichtigt sind die grossen Seen an der Aare (Thunersee, Brienersee, Bielersee, Wohlensee und Niederriedstausee). Burgäschisee und Inkwilersee, die Teilflächen ihres Einzugsgebietes im Kanton Solothurn haben, wurden berücksichtigt, der Schwarzsee (Fribourg) wurde zusätzlich abgeschätzt. Die topographische Fläche der Einzugsgebiete der Kleinseen und deren Landnutzung wurde GBL (1999) entnommen und den 38 hydrologischen Einzugsgebieten bzw. den vier geographischen Regionen zugeordnet.

Insgesamt umfassen die topographischen Einzugsgebiete der Kleinseen 44'581 ha. Dies entspricht 7% der gesamten Gebietsfläche. 65% der Seen mit 80% der Einzugsgebietsfläche liegen in den Alpen, 4% der Seen mit 7% der Einzugsgebietsfläche in den Voralpen, 26% der Seen mit 11% der Einzugsgebietsfläche im Mittelland und 5% der Seen mit 2% der Einzugsgebietsfläche im Jura. Bei den Seen in den Alpen handelt es sich vielfach um künstliche Stauseen. Nur 9% der Einzugsgebietsfläche dieser Seen ist LN (Alpwirtschaftliche Nutzfläche), während bei den Mittellandseen über 60% der Einzugsgebietsfläche LN ist.

Die in sämtliche Kleinseen zurückgehaltene P-Menge beträgt 63 t P/Jahr, dies entspricht rund 9% der gesamten diffusen und punktuellen Verluste im Untersuchungsgebiet (Tab. 51). Vor allem in den alpinen Gebieten Gadmerwasser (39%), Kiene (37%) und Aare Oberhasli (36%) besteht ein beträchtlicher Rückhalt. Das Gebiet Urtenen ist das einzige nicht alpine Gebiet mit nennenswertem Rückhalt (18%). Beim Stickstoff werden 238 t N/Jahr in den Kleinseen zurückgehalten. Dies entspricht knapp 2% der gesamte N-Verluste im Untersuchungsgebiet und ist somit vernachlässigbar. Einzig in den Gebieten Gadmerwasser (13%), Kiene (12%), Aare Oberhasli (12%) und Urtenen (11%) besteht ein grösserer Rückhalt.

Fazit Retention:

In den meisten hydrologischen Einzugsgebieten ist mit keiner nennenswerten Stoffretention durch Kleinseen oder Überflutungsflächen zu rechnen. Entsprechend sollten die gemessenen Jahresfrachten mit den berechneten Emissionsfrachten in den Zuflüssen zur Aare vergleichbar sein. Die grossen Seen an der Aare dürften dagegen zu einem hohen Stoffrückhalt führen. Da es sich bei den Einzugsgebieten an der Aare aber um zusammengesetzte Teileinzugsgebiete handelt, ist ein Vergleich mit gemessenen Stofffrachten ohnehin kaum möglich.

Tab. 51: Geschätzter Stoffrückhalt durch Kleinseen.

| Einzugsgebietsname | EZG-Fläche (ha) | Topographisches EZG von Kleinseen (ha) | Anteil Kleinseen-EZG an Gesamtfläche (%) | P-Rückhalt Kleinseen (%) | N-Rückhalt Kleinseen (%) | P-Einträge in Kleinseen (t P/Jahr) | N-Einträge in Kleinseen (t N/Jahr) | P-Rückhalt von Gesamt (%) | N-Rückhalt von Gesamt (%) |
|----------------------------------|-----------------|--|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Gadmerwasser | 16'737 | 7'300 | 44 | 90 | 30 | 12.2 | 17.5 | 39.3 | 13.1 |
| Aare Oberhasli | 43'558 | 17'244 | 40 | 90 | 30 | 32.8 | 49.6 | 35.6 | 11.9 |
| Weisse Lütschine | 16'486 | 241 | 1 | 90 | 30 | 0.3 | 0.7 | 1.3 | 0.4 |
| Schwarze Lütschine | 22'627 | 176 | 1 | 90 | 30 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.2 |
| Brienzersee | 13'989 | 517 | 4 | 90 | 30 | 0.5 | 1.7 | 3.3 | 1.1 |
| Kiene | 9'168 | 3'742 | 41 | 90 | 30 | 4.6 | 8.9 | 36.7 | 12.2 |
| Engstligen | 14'629 | 198 | 1 | 90 | 30 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 0.4 |
| Kander | 26'636 | 2'547 | 10 | 90 | 30 | 3.1 | 7.3 | 8.6 | 2.9 |
| Fildrich | 13'203 | 126 | 1 | 90 | 30 | 0.1 | 0.3 | 0.9 | 0.3 |
| Oberes Simmental | 24'151 | 1'370 | 6 | 90 | 30 | 1.1 | 2.9 | 5.1 | 1.7 |
| Unteres Simmental | 21'669 | 872 | 4 | 90 | 30 | 0.8 | 2.7 | 3.6 | 1.2 |
| Thunersee | 22'123 | 175 | 1 | 90 | 30 | 0.1 | 0.8 | 0.7 | 0.2 |
| Saane (nur BE) | 25'816 | 1'293 | 5 | 90 | 30 | 1.5 | 3.7 | 4.5 | 1.5 |
| Schwarzwasser | 13'026 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Sense | 30'614 | 2'411 | 8 | 80 | 50 | 1.2 | 20.9 | 6.3 | 3.9 |
| Zulg | 8'741 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Rotache | 4'060 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Chise | 7'160 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Gürbe | 13'581 | 343 | 3 | 80 | 50 | 0.2 | 4.5 | 2.0 | 1.3 |
| Aare Thun-Bern | 15'393 | 454 | 3 | 80 | 50 | 0.5 | 10.4 | 2.4 | 1.5 |
| Worble | 6'902 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Aare Bern-Hagneck | 24'621 | 48 | 0 | 80 | 50 | 0.1 | 1.7 | 0.2 | 0.1 |
| Seeland | 18'690 | 863 | 5 | 80 | 50 | 0.3 | 16.9 | 3.7 | 2.3 |
| Nordufer Bielersee | 10'324 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| La Suze | 21'763 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Obere Emme | 22'772 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ilfis | 20'799 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Grüne | 8'191 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Urtenen | 9'522 | 2'081 | 22 | 80 | 50 | 1.2 | 43.9 | 17.5 | 10.9 |
| Limpach | 7'841 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Untere Emme | 29'694 | 29 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.0 |
| Alte Aare-Lyssbach | 9'566 | 179 | 2 | 80 | 50 | 0.1 | 4.5 | 1.5 | 0.9 |
| Ösch | 10'636 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Önz | 9'355 | 383 | 4 | 80 | 50 | 0.2 | 6.8 | 3.3 | 2.0 |
| Aare Biel-Murgenthal | 34'546 | 468 | 1 | 80 | 50 | 0.7 | 11.1 | 1.1 | 0.7 |
| Langete | 13'860 | 752 | 5 | 80 | 50 | 0.6 | 13.2 | 4.3 | 2.7 |
| Rot | 5'994 | 0 | 0 | 80 | 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| La Birse (nur BE) | 25'691 | 770 | 3 | 80 | 50 | 0.3 | 6.2 | 2.4 | 1.5 |
| Total Untersuchungsgebiet | 654'134 | 44'581 | 7 | | | 62.9 | 237.6 | 9.0 | 1.7 |

6. LITERATUR

- AMT FÜR WALD (1998): Gefahrenhinweiskarte des Kantons Bern 1:100'000. Prozessräume für Lawinen, Steinschlag, Murgang und Rutschungen. – Amt für Wald, Abt. Naturgefahren, Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Tiefbauamt.
- BEHRENDT, H., HUBER, P., KORNMILCH, M., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. & R. UEBE (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Umweltbundesamt, Forschungsvorhaben Wasser, Forschungsbericht 296 25 515, UBA-Texte 75/99, Berlin, 288 S.
- BFS (1992): Die Bodennutzung der Schweiz. Arealstatistik 1979/85. Kategorienkatalog. Statistik der Schweiz, Reihe 2, Raum, Landschaft und Umwelt, Bundesamt für Statistik (BFS), Bern, 191 S.
- BFS (1997): Die Bodennutzung in den Kantonen. Arealstatistik der Kantone Bern, Luzern, Obwalden, Nidwalden. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. Arealstatistik Schweiz, Reihe 2, Raum u. Umwelt, Bundesamt f. Statistik (BFS), Neuenburg, 127 S.
- BFS (1992): Eidg. Landwirtschafts- und Gartenbauzählung 1990: Kulturland nach Gemeinden. - Statistische Resultate, Reihe 7, Land - u. Forstwirtschaft, Band 3, Bern, 163 S.
- BFS (2001): Eidg. Betriebszählung 2000: Kulturland nach Gemeinden. Diskette Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS (2001): Eidg. Betriebszählung 2000: Tierzahlen nach Gemeinden. Diskette Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS GEOSTAT (1997): Die Bodennutzung der Schweiz. Arealstatistik 1979/85. Digitaler Punktdatensatz. Servicestelle GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS GEOSTAT (1997): Die Bodennutzung der Schweiz. Arealstatistik 1992/97. Digitaler Punktdatensatz. Servicestelle GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS GEOSTAT (2001): Hydrographische Gliederung der Schweiz. Digitaler Datensatz. Servicestelle GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS GEOSTAT / BWG / GIUB (2001): Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200'000. Digitaler Datensatz. Servicestelle GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BFS GEOSTAT / ARE / BLW (2001): Klimaeignungskarte der Schweiz 1:200'000. Digitaler Datensatz. Servicestelle GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- BG (= Bonnard & Gardel Ingenieure und Berater AG) (2001): Digitale Einzugsgebietsgrenzen. Digitaler Datensatz, Bonnard & Gardel, Bern, unveröffentlicht.
- BG (2003): P- und N-Einträge aus Regenentlastungen in die Oberflächengewässer des Kantons Bern. Grobe Abschätzung anhand vorhandener Daten. - Dokument 3542-N448c/Bmg, Bonnard & Gardel, Bern, unveröffentlicht.
- BLW (= Bundesamt für Landwirtschaft) (2000): Detaillierter Datensatz sämtlicher Betriebe des Kantons Bern der Betriebszählung 1999, unveröffentlichte Daten, Bern.
- BLW (2002): Drainageflächen nach Gemeinden. Einsicht in die Subventionierungsunterlagen für Entwässerung beim Eidg. Meliorationsamt Bern.
- BRAUN, M. (1999): Method for the quantification of nutrient losses from diffuse sources into aquatic systems and the effect of measures to reduce water pollution by agriculture. Country paper of Switzerland. - In: van de Kraats J.A. (Ed.): Farming without harming: The impact of agricultural pollution on water systems. 5th Scientific and Technical Review - EurAqua, S. 185-197.
- BRAUN, M., FREY, M., HURNI, P. & U. SIEBER (1991): Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer im Rheineinzugsgebiet der Schweiz unterhalb der Seen (Stand 1986). Interner Bericht FAC Liebefeld und BU-WAL Bern, 87 S.

- BSF (Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern) (1997): Bodenbeobachtung im Kanton Bern. Ein physikalisch-biologisch-chemischer Ansatz. Zollikofen, 177 S.
- BÜHRER, H., KIRNER, P. & G. WAGNER (2000): Dem Bodensee in den Abflussjahren 1996 und 1997 zugeführte Stofffrachten. – Ber. Int. Gewässerschutzkommission Bodensee 53, 42 S.
- BUWAL (1995): Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900 bis 2010. – Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, Luft, Bern, 121 S.
- CHERVET, R. (2002): Phosphorgehalte in Oberböden des Kantons Bern, Amt für Umwelt und Landwirtschaft Kt. Bern, unveröffentlichte Daten.
- DUDLER GUELA, J., FLURA, T., SINAJ, S. & E. FROSSARD (2002): Verfügbarkeit von Phosphor im Boden im Einzugsgebiet des Baldeggersees. - Zwischenbericht Institut für Pflanzenbauwissenschaften ETH Zürich, Lindau 29 S.
- EAWAG (1992): Studie Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Zuflussuntersuchungen 1989. - Auftrag Nr. 4752, Dübendorf-Zürich, 67 S. + Anhang.
- EJPD (1977): Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft in der Schweiz. - Grundlagen für die Raumplanung. Eidg. Justiz- u. Polizeidep., Bundesamt für Raumplanung (Hrsg.), Bern.
- EJPD (1980): Bodeneignungskarte der Schweiz Massstab 1 : 200'000. Grundlagen für die Raumplanung. Eidg. Justiz- u. Polizeidep. Bundesamt für Raumplanung (Hrsg.), Bern, 145 S. + Kartenband.
- GBL (1999): Kleinseen im Kanton Bern. – Hrsg: Gewässer- und Bodenschutzlabor Kt. Bern, 229 S.
- GRUDAF (2001): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001. - Hrsg: FAL, RAC. Agrarforschung 8/6, 80 S.
- GSA (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft Kt. Bern) (2002): P- und N-Bilanzen der Gemeinden des Kt. Bern, unveröffentlichte Daten.
- GSA (2002): P- und N-Einträge aus Kläranlagen in die Gewässer des Kt. Bern, aufgeschlüsselt nach hydrologischen Einzugsgebieten und geographischen Regionen. unveröffentlichte Daten.
- HURNI, P., KOPŠE, D. & M. BRAUN (1993): Stickstoffflüsse in vier ausgewählten Regionen. in: BUWAL (Hrsg.): Der Stickstoffhaushalt in der Schweiz. Konsequenzen für Gewässerschutz und Umweltentwicklung. Schriftenreihe Umwelt 209, Anhang B, Bern, 1 - 27.
- HÜSLER, W., WILLI, E., MEIER, E., BACHMANN, P. & I. BRODKOWSKI (1989): Verkehrsflächen der Schweiz. Materialien z. Raumplanung, Bern, 99 S.
- JULIEN, P. (2001): Gesamt-P-Gehalte ausgewählter Böden im Kanton Freiburg. – Schriftl. Mitteilung, Institut agricole de Grangeneuve.
- KIRCHHOFER, W. & B. SEVRUK (1992): Mittlere jährliche korrigierte Niederschlagshöhen 1951-1980. – Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 2.2
- L + T (= Landestopographie) (1998): Digitales Höhenmodell DHM25, digitaler Datensatz, Landestopographie, Wabern
- L + T (=Landestopographie) (2001): Generalisierte Gemeinde- und Kantonsgrenzen. VECTOR25, Digitaler Datensatz, Landestopographie, Wabern.
- LHG (= Landeshydrologie und -geologie) (1992): Hydrologischer Atlas der Schweiz, verschiedene digitale Datensätze, Landeshydrologie und -geologie, Bern.
- LINDENTHAL, T. (2000): Phosphorvorräte in Böden, betriebliche Phosphorbilanzen, und Phosphorversorgung im biologischen Landbau. – Diss. Institut für ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien, 272 S.

- LUTZ P. O. & E. FRICK (1995): Gesamtbericht über die Abschätzung der diffusen Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Glatt. Glattkommission, Amt für Umweltschutz des Kantons Appenzell A. Rh., Herisau, 38 S.
- MENGIS, M. & B. WEHRLI (1998): Nitratelimination in Gewässern und ihr Auswirkung auf Nitratgehalt in Seen und Grundwasser. - Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 89, 723-729.
- MENGIS, M., GÄCHTER, R. & WEHRLI, B. (1997): Stickstoff-Elimination in Schweizer Seen. - GWA 77/3, 174-180.
- MENZEL, L. (1999): Flächenhafte Modellierung der Evapotranspiration mit TRAIN. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam, PIK Report No. 54, 30 S.
- MÜLLER, B., REINHARDT, M., STIERLI, R. & R. GÄCHTER (2001): Nährstoff-Rückhalteweiler in der Landwirtschaft zum Schutz der Seen. - EAWAG Jahresbericht 2001, 31-32.
- NAEF, F. & C. THOMA (2002): Dämpfung von Hochwasserspitzen in Fliessgewässern. – Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.9.
- NIEVERGELT, J. (1999). Lysimeter-Ergebnisse, 1. April 1996 bis 31 März 1998. - Agrarforschung 6 (4), 149-150.
- OCHSENBEIN, U. (2002): Auszug aus der Gewässerdatenbank des Kantons Bern. – Schriftliche Mitt. Boden- und Gewässerschutzlabor Kt. Bern.
- PRASUHN, V. (1999): Phosphor und Stickstoff aus diffusen Quellen im Einzugsgebiet des Bodensees 1996/97. Bericht Nr. 51 der Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), 84 S. + Anhang (Sonderband).
- PRASUHN, V. & M. BRAUN (1994): Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Umwelthygiene (FAC) Liebefeld-Bern, Nr. 17, Liebefeld-Bern 1994, 113 S. + Anhang 101 S.
- PRASUHN, V. & P. HURNI (1998): Abschätzung der Stickstoff- und Phosphorverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer und Massnahmen zu deren Verminderung im Klettgau. Entwicklungskonzeption Klettgaurinne. Interreg II EG/EU. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Liebefeld, Bern. 84 S.
- PRASUHN, V. & P. HURNI (1999): Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer im Rheineinzugsgebiet der Schweiz unterhalb der Seen (Stand 1996). Interner Bericht Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL-Liebefeld), zuhanden des BUWAL, Bern, 31 S.
- PRASUHN, V. & K. GRÜNIG (2001): Evaluation der Ökomassnahmen. Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion. FAL-Schriftenreihe 37, Zürich-Reckenholz, 152 S.
- PRASUHN, V. & K. GRÜNIG (2002): Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme: Bereiche "Stickstoff" und "Phosphor", Teilprojekt Frienisberg. Fünfter Zwischenbericht, Berichtsjahr 2001. www.reckenholz.ch, 1-46.
- PRASUHN, V., SPIESS, E. & M. BRAUN (1996): Methoden zur Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in den Bodensee. Bericht Internationale Gewässerschutzkommission Bodensee (IGKB) Nr. 45, 113 S. + Anhang 83 S.
- PRASUHN, V., BRAUN, M. & D. KOPŠE ROLLI (1997): Massnahmen zur Verminderung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft in die Gewässer, dargestellt am Beispiel von 20 hydrologischen Einzugsgebieten im Kt. Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft Bern, 216 S.

- REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN (1997): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung (VOKOS), September 1997. – Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Bern, 167 S.
- RIHM, B. (1996): Critical loads of nitrogen and their exceedances. Environmental Series No. 275, 74 pp. + Annex. Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL), Berne.
- ROGLER, H. & U. SCHWERTMANN (1981): Erosivität der Niederschläge und Isoerodentenkarte Bayerns. - Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 22, 99-112.
- ROHMANN, M. & L. MENZEL (1999): Räumliche Interpolation von Niederschlag, Lufttemperatur und Verdunstung. Grundlagen und Methoden. Geografisches Institut, ETH Zürich, Berichte und Skripten Nr. 67, 56 S. + Anhang.
- SCHMID, C. & V. PRASUHN (2000): GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Zürich. - Schriftenreihe der FAL 35, Zürich, 114 S.
- SCHÄDLER, B. & R. WEINGARTNER (2002): Ein detaillierter hydrologischer Blick auf die Wasserressourcen der Schweiz. Niederschlagskartierung im Gebirge als Herausforderung. – Wasser, Energie, Luft 94, 7/8, 189-197.
- SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmassnahmen. 2. Aufl., Stuttgart (Ulmer).
- SIEGENTHALER, A., STAUFFER, B., LISCHER, P. & H. HÄNI (1992): Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Acker- und Futterbau von 1986 - 1990. - Schweiz. Landw. Forschung 31 (2/3), 109-127.
- SPIESS, E. & W. STAUFFER (2002): Evaluation der Ökomassnahmen. Teilprojekt 2: Nitrat- auswaschung im Kanton Bern. - In: BLW (Hrsg.): Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme. Bereich Stickstoff und Phosphor, 5. Zwischenbericht, 18-22, Berichtsjahr 2001. www.reckenholz.ch, 1-46.
- STAUFFER, W. & E. SPIESS (2001): Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Nitrat- auswaschung. – Agrarforschung 8/8, 324-329.
- TARRASÓN, L. & J. SCHAUG (1999): Transboundary Acid Deposition in Europe. EMEP/CCC & MSC-W, Report 1/99. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, 246 pp.
- VENOHR, M. & H. BEHRENDT (2002): Modelling the dependency of riverine nitrogen retention on hydrological conditions and temperature. - Proceedings 6th International Conference on Diffuse Pollution Amsterdam, 573-574
- VON WALDKIRCH, A. (1993): Mündl. Mitt., Drainageflächen nach Gemeinden. Einsicht in die Subventionierungsunterlagen für Entwässerungen beim Kantonalen Meliorationsamt, Bern.
- WILKE, B. & D. SCHAUB (1996): Phosphatanreicherung bei Bodenerosion. Mitt. Deutsche Bodenkundl. Gesellsch. 79, 435-438.

Anhang I

Statistische Auswertungen der Betriebsdaten im Kanton Bern

Der umfangreiche Datensatz aus der AGIS-Datenbank des BLW konnte für verschiedene Auswertungen herangezogen werden, die einen Einblick in die landwirtschaftliche Produktion des Kanton Berns im Jahr 1999 liefern und die zur Festlegung der flächen-, gemeinde-, gebiets- oder regionenspezifischen Verlustwerte beitragen. Die Auswertungen wurden einerseits mit dem Originaldatensatz aus dem AGIS nur für den Kanton Bern (ohne ausserkantonale Einzugsgebietsanteile) gemacht, andererseits für die 38 hydrologischen Einzugsgebiete, wobei die ausserkantonalen Anteile mittels Analogieschlüssen abgeschätzt wurden. Die Angaben zur LN beziehen sich auf die Definition der LN nach Betriebszählung bzw. AGIS und nicht nach Arealstatistik, d.h. ohne alpwirtschaftliche Nutzflächen. Die kantonalen Daten wurden zum einen nach Landwirtschaftszonen (Ackerbau-, Hügel-, Bergzone etc.), andererseits nach geographischen Regionen ausgewertet. Die Landwirtschaftszonen lassen sich wie folgt charakterisieren (Abb. 73 und 74):

- ◆ Die Ackerbauzone umfasst 53'879 ha, was 28% der LN des Kantons Bern ausmacht. 3'228 Betriebe (=22% aller Betriebe im Kt. Bern) bewirtschaften einen Betrieb mit durchschnittlich 16,7 ha LN.
- ◆ Beide Übergangszonen zusammen umfassen 16'170 ha LN (=8%) und werden von 1'213 Betrieben (=9%) bewirtschaftet.
- ◆ Die Hügelzone umfasst 26'757 ha LN (=14%) und wird von 2'177 Betrieben (=15%) bewirtschaftet. Die durchschnittliche Betriebsgrösse liegt bei 12,3 ha.
- ◆ Die Bergzone 1 umfasst 35'543 ha LN (=19%) und wird von 2'928 Betrieben (=21%) bewirtschaftet, bei einer durchschnittlichen Betriebsgrösse von 11,9 ha.
- ◆ Die Bergzone 2 umfasst 33'273 ha LN (=17%) und wird von 2'588 Betrieben (=18%) bewirtschaftet.
- ◆ Die Bergzone 3 umfasst 18'234 ha LN (=10%) und wird von 1'617 Betrieben (=11%) bewirtschaftet. Die durchschnittliche Betriebsgrösse liegt bei 11,2 ha.
- ◆ Die Bergzone 4 umfasst 7'706 ha LN (=4%) und wird von 584 Betrieben (=4%) bewirtschaftet. Die Betriebe sind mit durchschnittlich 13,2 ha wieder etwas grösser.

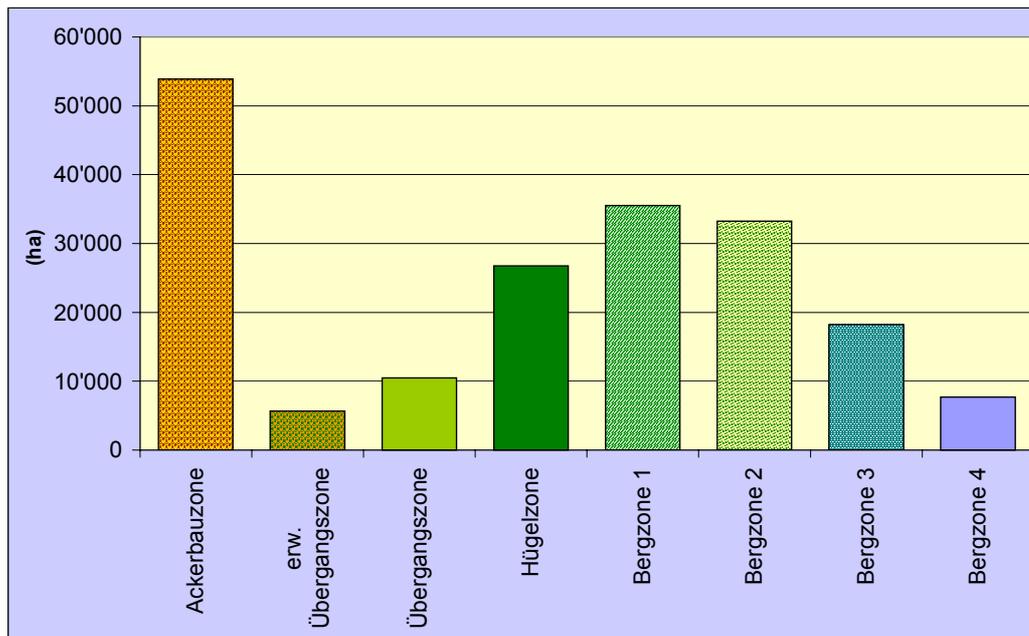


Abb. 73: Verteilung der LN auf die Anbauzonen im Kanton Bern.

Die geographischen Regionen wurden anhand der Ämter festgelegt, da die Daten nur für administrative Einheiten und nicht digital zur Verfügung standen. Folgende geographische Regionen wurden gebildet (Abb. 74):

- ◆ Seeland (Aarberg, Biel, Büren, Erlach, Nidau). Das Seeland umfasst 23'938 ha LN, was 12% der LN des Kantons Bern ausmacht und 19'315 ha Ackerland (= 81% der LN der Region bzw. 22% der Ackerfläche des Kantons Bern). 94% der LN liegen in der Ackerbauzone. 1'453 Betriebe (=10% aller Betriebe im Kt. Bern) bewirtschaften einen Betrieb mit durchschnittlich 16,5 ha LN.
- ◆ Unteres Mittelland (Laupen, Fraubrunnen, Bern, Burgdorf, Konolfingen, Wangen, Aarwangen, Seftigen). Das untere Mittelland umfasst 72'596 ha LN (= 38% der LN des Kantons) und 48'319 ha Ackerland (= 67% der LN der Region bzw. 54% der Ackerfläche des Kantons). 43% der LN liegen in der Ackerbauzone, 22% in der Hügelzone und 18% in den Bergzone 1 und 2. 5'244 Betriebe (= 36% aller Betriebe) bewirtschaften einen Betrieb mit durchschnittlich 13,8 ha LN.
- ◆ Oberes Mittelland/Voralpen (Schwarzenburg, Signau, Thun, Trachselwald). Das obere Mittelland umfasst 43'300 ha LN (= 23% der LN des Kantons) und 15'177 ha Ackerland (= 35% der LN der Region bzw. 17% der Ackerfläche des Kantons). 21% der LN liegen in der Hügelzone und 58% in den Bergzonen 1 und 2. 3'873 Betriebe (= 27% aller Betriebe) bewirtschaften einen Betrieb mit durchschnittlich 11,2 ha LN.
- ◆ Jura (Moutier, La Neuveville, Courtlary). Der Jura umfasst 18'222 ha LN (= 10% der LN des Kantons) und 5'268 ha Ackerland (= 29% der LN der Region bzw. 6% der Ackerfläche des Kantons). 94% der LN liegen in den Bergzonen 1 und 2. Es gibt 736 Betriebe (= 5% aller Betriebe). Die durchschnittliche Betriebsgrösse ist mit Abstand am grössten und liegt bei 24,8 ha LN.

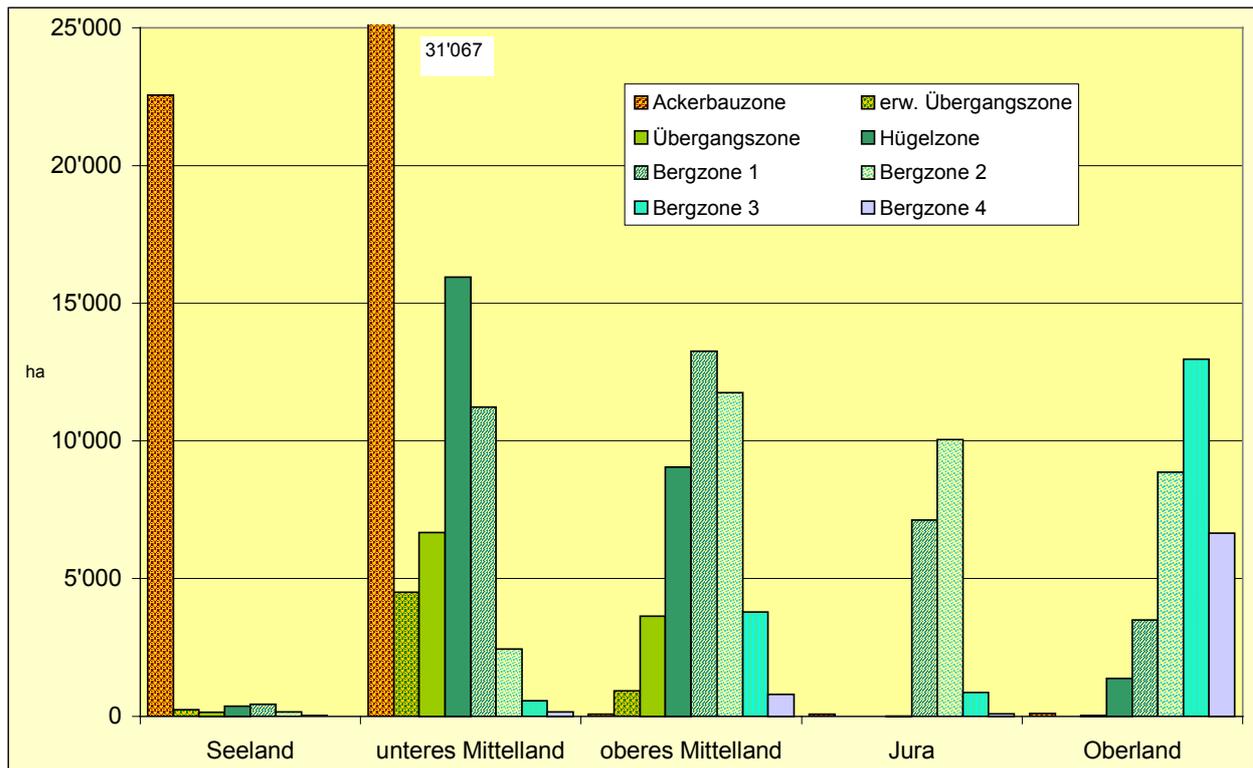


Abb. 74: Verteilung der LN auf Anbauzonen innerhalb der geographischen Regionen.

- ◆ Oberland (Frutigen, Interlaken, Niderrimmmental, Oberrimmmental, Oberhasli, Saanen) Das Oberland umfasst 33'506 ha LN (=17% der LN des Kantons) und 939 ha Ackerland (= 3% der LN der Region bzw. 1% der Ackerfläche des Kantons). 36% der LN liegen in den Bergzonen 1 und 2 und 59% in den Bergzonen 3 und 4. Es gibt 3'083 Betriebe (= 21% aller Betriebe). Die durchschnittliche Betriebsgrösse ist mit 10,9 ha LN am kleinsten.

Der Kanton Bern umfasst 191'562 ha LN gemäss Betriebszählung 1999; 14'389 Betriebe bewirtschaften durchschnittlich 13,3 ha LN. Hochgerechnet auf das gesamte Untersuchungsgebiet ergibt sich eine Fläche von 288'028 ha LN gemäss Arealstatistik (inkl. alpwirtschaftliche Nutzfläche), die von 16'272 Betrieben bewirtschaftet wird. Dies ergibt durchschnittlich 17,7 ha pro Betrieb. Die höchste Anzahl an Betrieben finden sich im unteren Emmental (1'393), Sense (1'021) und oberen Emmental (875), die niedrigste im Gadmerwasser (52) und in der Weissen Lüttschine (70) (Abb. 75).

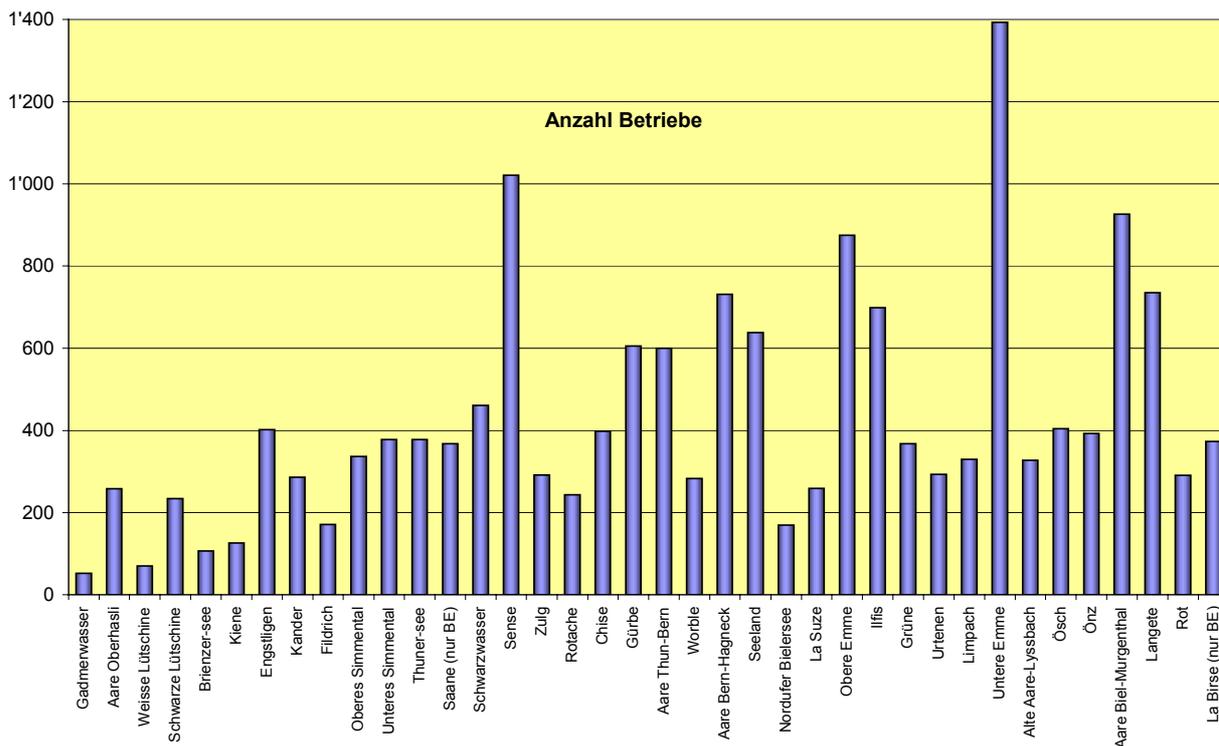


Abb. 75: Anzahl Betriebe in den hydrologischen Einzugsgebieten (ausserkantonale Anteile geschätzt).

Produktionsrichtung:

1999 wirtschafteten 81 % der Betriebe (87% der Fläche) im Kanton Bern nach den Richtlinien des ÖLN (ohne BIO), 8% waren BIO-Betriebe und 11% waren konventionell bewirtschaftende Betriebe. Die beitragsberechtigten Betriebe (resp. Fläche) konnte aus dem Datensatz nicht eruiert werden.

BIO-Betriebe:

Der höchste Anteil an BIO-Betrieben liegt in den Einzugsgebieten Weisse Lüttschine (27%), Kiene (21%) und Ilfis (18%), der niedrigste in den Gebieten Ösch (1%), Seeland (2%) und Rot (2%) (Abb. 76). In der Ackerbauzone war der Anteil an BIO-Betrieben am tiefsten (3%), in den Bergzonen 2 bis 4 am höchsten (Bergzone 4 = 16%) (Abb. 77). Die Bio-Betriebe waren in der Ackerbauzone deutlich kleiner, in den Bergzonen grösser als die ÖLN-Betriebe. Die höchsten Bio-Anteile nach Betriebstypen findet sich bei den Gemüse- und den Tierhaltungsbetrieben (11%), die tiefsten bei den Ackerbaubetrieben. Bei Betrachtung der geographischen Regionen (Abb. 78) liegt der Anteil an BIO-Betrieben im Seeland mit 3% am niedrigsten, im Oberland mit 15% am höchsten.

ÖLN-Betriebe:

Der höchste Anteil an ÖLN-Betrieben (ohne BIO) liegt in den Einzugsgebieten Ösch (91%), Urtenen (90%) und Alte Aare-Lyssbach (90%), der niedrigste Anteil in den Gebieten Weisse Lüttschine (51%), Kiene (65%) und Nordufer Bielersee (72%). Der Anteil der nach ÖLN bewirtschafteter Fläche ist im Tal am grössten, in den Bergzonen am kleinsten. Die höchsten Anteile an ÖLN-Betrieben finden sich in der Gruppe der Kombinierten Betriebe (93%) und bei den Acker- und Gemüsebetrieben (86%).

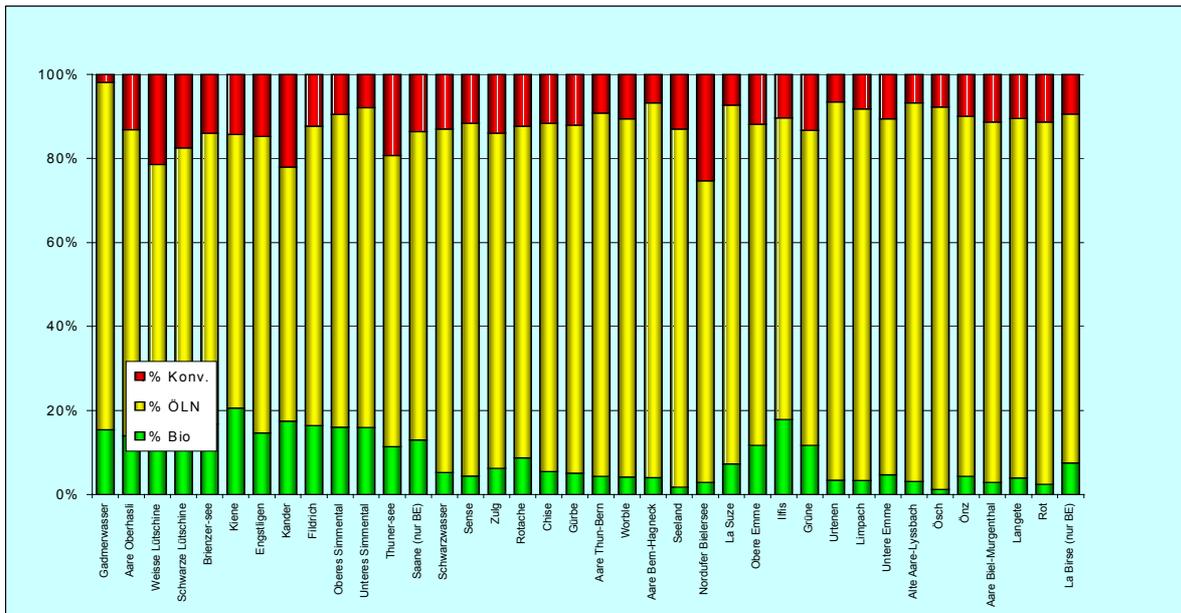


Abb. 76: Produktionsrichtung der Betriebe in der hydrologischen Einzugsgebieten (ausser-kantonale Anteile geschätzt).

Konventionelle Betriebe:

Der höchste Anteil an konventionell bewirtschafteten Betrieben liegt in den Einzugsgebieten Nordufer Bielersee (25%), Weisse Lutschine (21%) und Thunersee (19%), der niedrigste Anteil in den Gebieten Gadmerwasser (2%), Urtenen (7%) und Aare Bern-Hagneck (7%). Die Anteile konventioneller Betriebe schwanken zwischen 9% in der Ackerbauzone und 13% in der Bergzone 3 (Abb. 77) bzw. 9% im Jura und 14% im Oberland (Abb. 78). Die Betriebe sind im Durchschnitt deutlich kleiner als die ÖLN-Betriebe. Die tiefsten Anteile an konventionellen Betrieben finden sich bei den Gemüse- (2,5%) und den kombinierten Betrieben (5%). Bei den Rebbetrieben ist der Anteil mit 38% am höchsten.

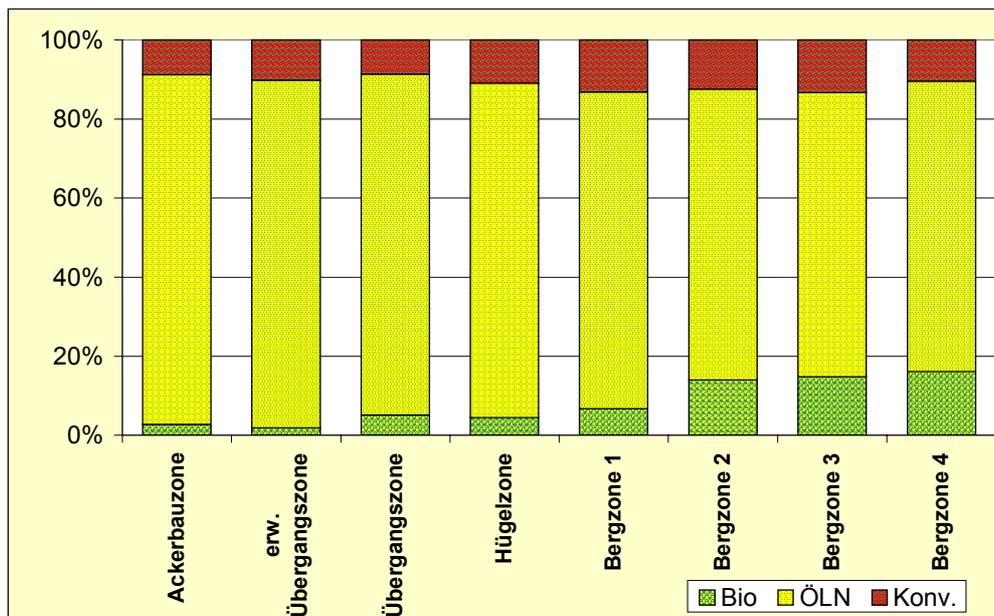


Abb. 77: Produktionsrichtung der Betriebe aufgliedert nach Anbauzonen.

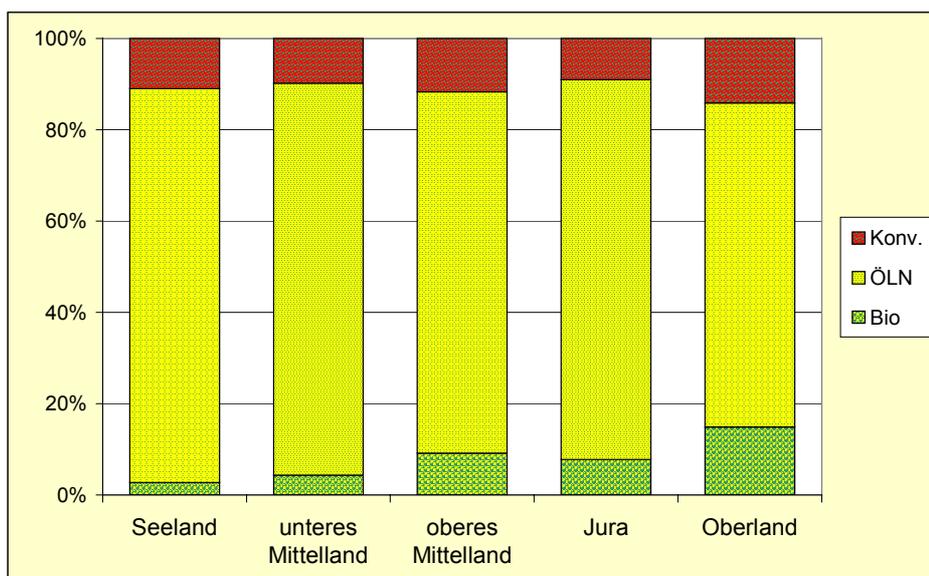


Abb. 78: Produktionsrichtung der Betriebe aufgegliedert nach geographischen Regionen.

Betriebstypen:

8'927 bzw. 62% aller Betriebe im Kanton Bern sind Tierhaltungsbetriebe (TH). Dies sind Betriebe, deren offene Ackerfläche kleiner oder gleich 25% der LN ist. Der Anteil an Spezialkulturen, wie Obst, Reben, Beeren, Gemüse und Gewürzkräuter darf die 10% Grenze nicht übersteigen. Dies gilt auch für die kombinierten Betriebe (KOMB) und die Ackerbaubetriebe (AB). Alle Betriebe, deren Spezialkulturen mehr als 10% von der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen, werden unter dem Begriff spezialisierte Betriebe (SPEZ) zusammengefasst (44 Obstbau-, 84 Rebbaubetriebe und 10 kombinierte Betriebe mit Spezialkulturen) oder als Gemüsebetriebe (GE) bezeichnet (237 Betriebe). 4'239 bzw. 30% aller Betriebe sind kombinierte und 837 bzw. 6% Ackerbaubetriebe. Tierhaltungsbetriebe überwiegen in den alpinen und voralpinen Einzugsgebieten und im Jura (Abb. 79). Einzugsgebiete mit Anteilen von über 60% an kombinierten Betrieben sind Rot, Aare Bern-Hagneck, Ösch, Limpach, Urtenen, Alte Aare-Lyssbach und Önz. Hohe Anteile an Ackerbaubetrieben weisen die Einzugsgebiete Alte Aare-Lyssbach, Urtenen, Seeland, Limpach und Aare Biel-Murgenthal auf. Im Gebiet Seeland sind 34% Gemüsebetriebe und im Gebiet Nordufer Bielersee 31% Rebbaubetriebe.

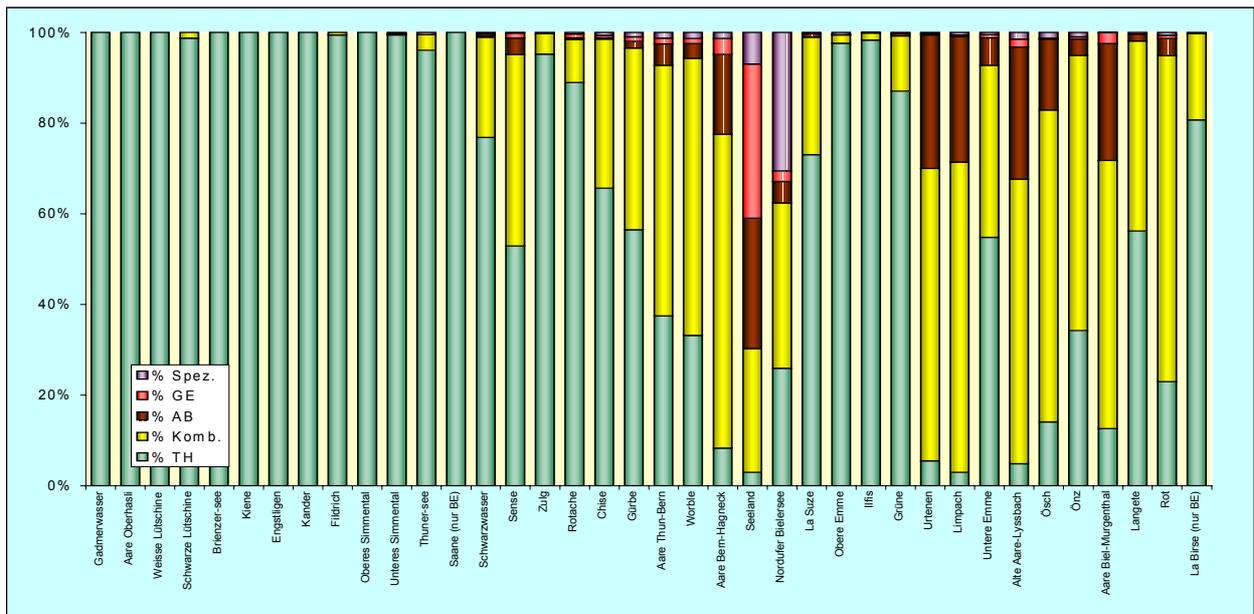


Abb. 79: Betriebstypen in den hydrologischen Einzugsgebieten (ausserkantonale Anteile geschätzt).

In der Ackerbauzone sind 63% der Betriebe kombinierte Betriebe, 24% Ackerbaubetriebe und 6% Gemüsebetriebe (Abb. 80). In beiden Übergangszonen sind 72% kombinierte, 22% Tierhaltungsbetriebe. In der Hügelzone treten noch 44% kombinierte Betriebe auf, 54% sind Tierhaltungsbetriebe. In der Bergzone 1 sind 86% der Betriebe Tierhaltungsbetriebe. In den Bergzonen 2, 3 und 4 gibt es fast ausschliesslich noch Tierhaltungsbetriebe.

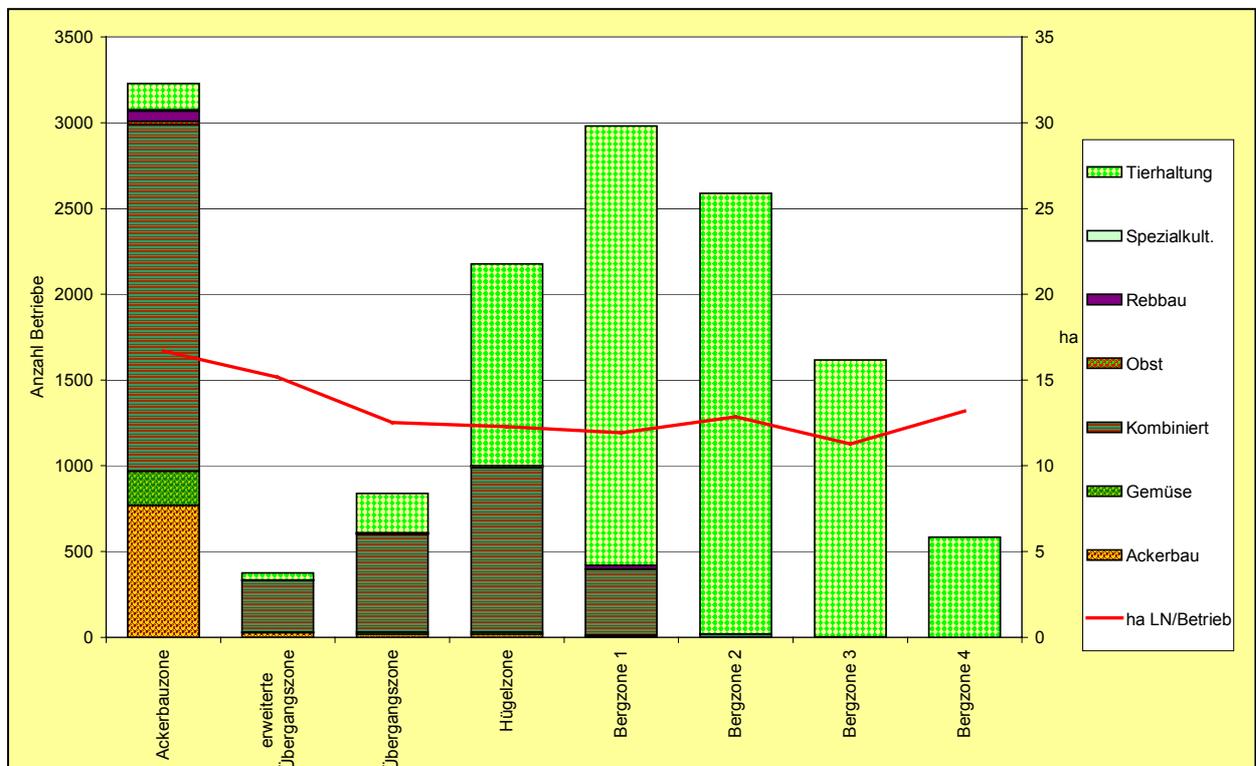


Abb. 80: Anzahl Betriebe und durchschnittliche Betriebsgrösse aufgeteilt nach Betriebstypen und nach Anbauzonen.

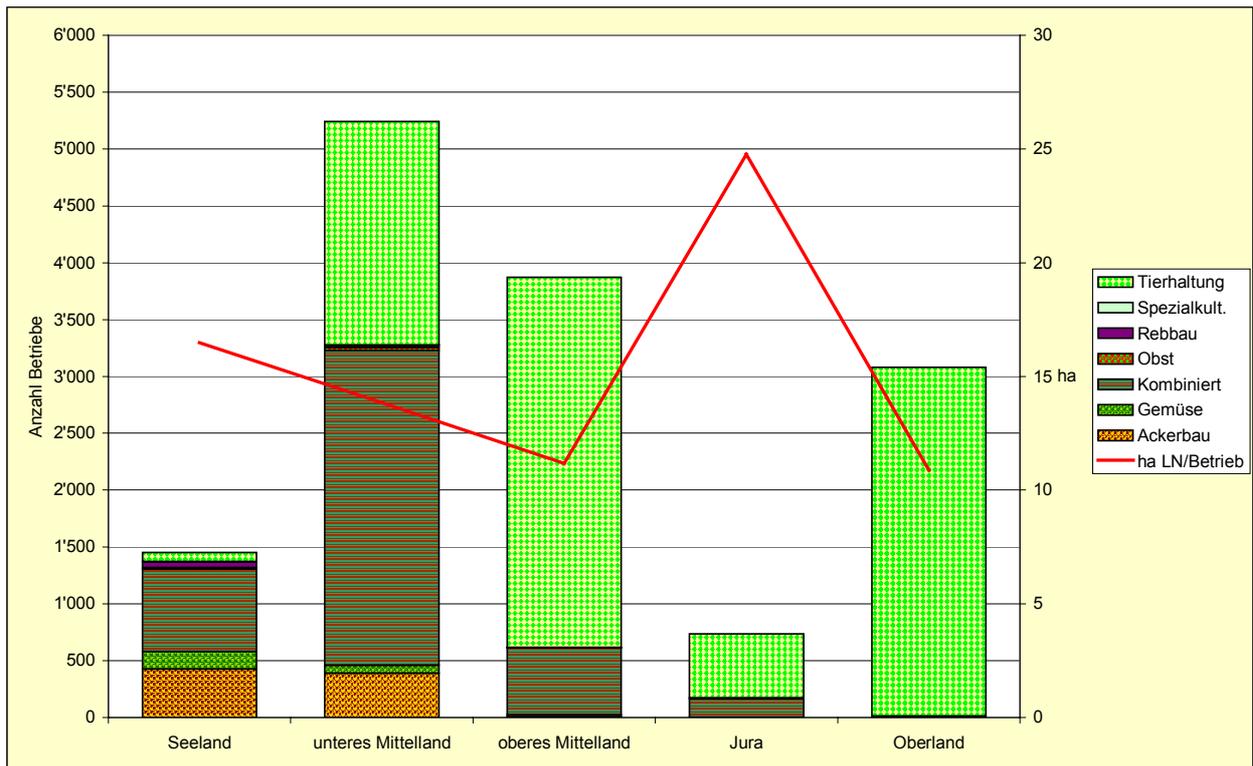


Abb. 81: Anzahl Betriebe und durchschnittliche Betriebsgrösse aufgeteilt nach Betriebstypen und nach geographischen Regionen

Im Seeland sind 50% der Betriebe kombinierte Betriebe, 30% Ackerbaubetriebe und 11% Gemüsebetriebe (Abb. 81). Im unteren Mittelland sind 53% kombinierte, 38% Tierhaltungs- und 7% Ackerbaubetriebe. Im oberen Mittelland treten noch 15% kombinierte Betriebe auf, 84% sind Tierhaltungsbetriebe. Im Oberland gibt es fast ausschliesslich noch Tierhaltungsbetriebe.

Extenso

10'922 ha Futtergetreide (=78% der Futtergetreidefläche), 8'588 ha Brotgetreide (=58% der Brotgetreidefläche) und 470 ha Raps (=21% der Rapsfläche) wurden im Kanton Bern nach den Richtlinien der Extenso-Produktion bewirtschaftet, d.h. auf diesen Flächen wurde Getreide oder Raps weder mit Wachstumsregulatoren, Fungiziden noch Insektiziden behandelt. Im gesamtschweizerischen Vergleich liegt der Kanton Bern beim Getreide mit 65% Extensoanbau deutlich über dem Durchschnitt, beim Raps leicht darunter (BLW 2001). In einigen Gebieten (Ösch, Limpach, Urtenen, Seeland) ist der Extensoanbau beim Getreide weit unterdurchschnittlich, in vielen Gebieten der Alpen, Voralpen und im Jura beträgt er über 90% (Abb. 82). In Relation zum gesamten Ackerland ist der Extensoanbau im Jura (La Birse, La Suze, Nordufer Bielersee) am stärksten verbreitet (Abb. 82). Absolute Flächenanteile sind in den Gebieten Aare Biel-Murgenthal, Aare Bern-Hagneck, Sense und Untere Emme am höchsten (Abb. 82).

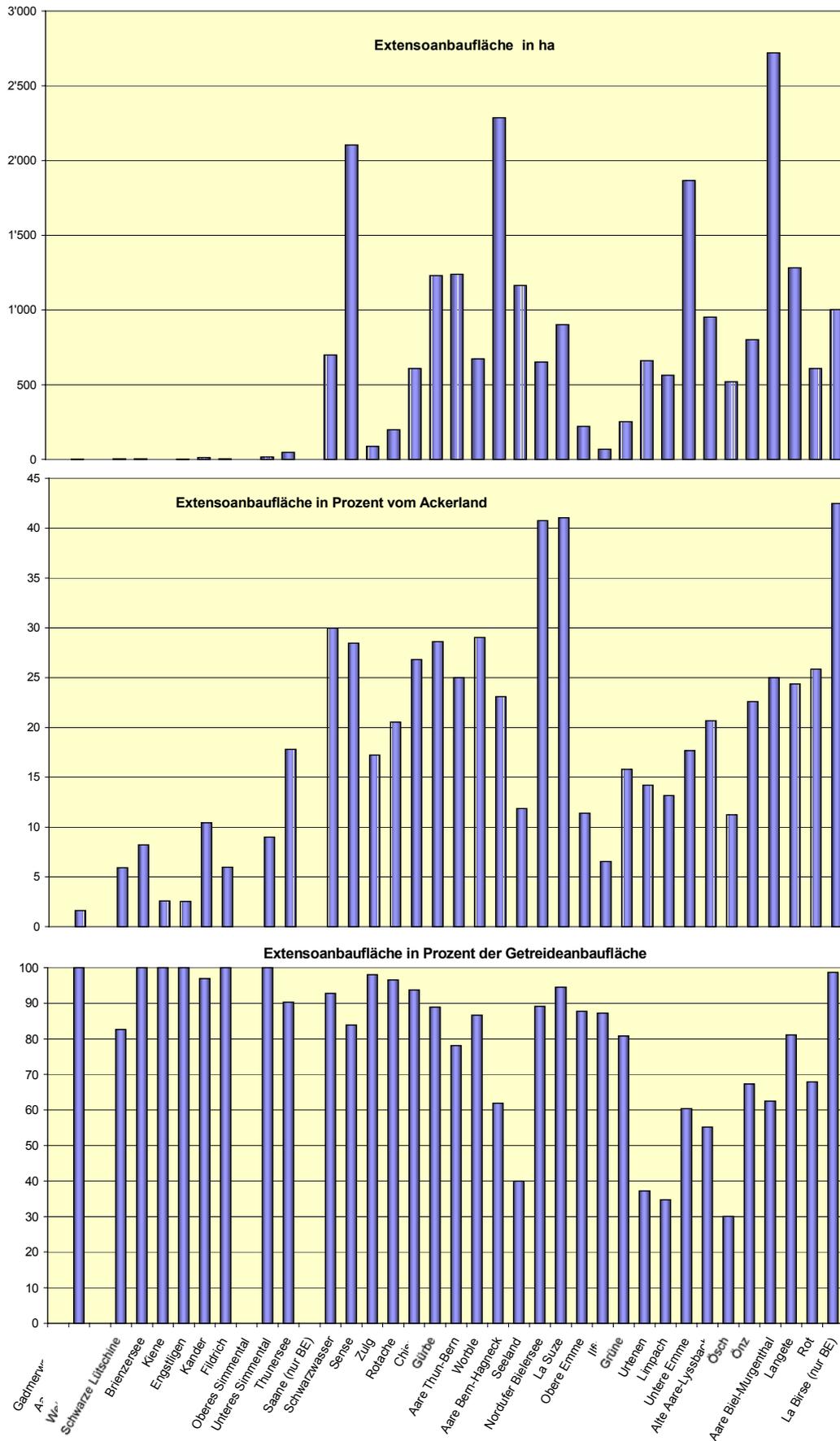


Abb. 82: Anbaufläche an Extensio in den hydrologischen Einzugsgebieten (oben: absolute Werte in Hektaren; mitte: prozentualer Anteil an Extensio am Ackerland; unten: prozentualer Anteil an Extensio an der Getreideanbaufläche).

Zwischenkulturen

Aus den Saatgutmengen wurde für den Kanton Bern eine Fläche von 13'213 ha mit Zwischenfruchtanbau ermittelt. Dies entspricht 15% der Ackerfläche im Kanton Bern bzw. 24% der offenen Ackerfläche. 75% waren Zwischenfutter, 25% Gründüngungen, 51% waren winterharte, 49% abfrierende Kulturen. Eine detaillierte Zusammenstellung ist Tab. 52 zu entnehmen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei den verkauften Saatgutmengen der 200er Mischungen nicht zu unterscheiden ist, ob es sich um Saatgut für eine Ansaat als Zwischenkultur oder als Hauptkultur handelt. Entsprechend wurden die Werte noch korrigiert (s. Tab. 54).

Tab. 52: Aus verkauften Saatgutmengen berechnete Flächenanteile von Zwischenkulturen im Kanton Bern.

| Zwischenkulturen | Kanton Bern | |
|---|---------------|------------|
| | (ha) | (%) |
| Total 106 ff (UFA 106, UFA 108, Ital. Raigras, Westerw. Raigras) | 2'128 | 16 |
| Total 200 ff (UFA 200, UFA 200CH, UFA 200 Tetra, UFA 210, UFA 210CH, UFA Aroi, UFA Lolinca, UFA Regina Gold, UFA Wintergrün, UFA Landsberger Gemenge) | 4'330 | 33 |
| Total Gemenge (Wick-Erbesen, Wick-Hafer-Erbesen, Wick-Hafer, Wick-Raisgras-Erbesen, Wick-Hafer-Erbesen mit Raps) | 831 | 6 |
| Total Rübsen (Futterraps, Sommerraps, Winterrübsen) | 1'498 | 11 |
| Ölrettich | 542 | 4 |
| Gelbsenf | 772 | 6 |
| Sareptasenf | 498 | 4 |
| Phacelia | 1'221 | 9 |
| Grünschnittroggen | 1'036 | 8 |
| Sonnenblumen | 293 | 2 |
| Übrige (Bitterlupinen, Buchweizen, Hybrid-Sorghum, Markstammkohl, Stoppelrüben, Zottelwicken) | 64 | 0 |
| | | |
| Total Zwischenfutter | 9'883 | 75 |
| Total Gründüngung | 3'330 | 25 |
| | | |
| Total überwinternd | 6'778 | 51 |
| Total abfrierend | 6'435 | 49 |
| | | |
| Total Zwischenkulturen | 13'213 | 100 |

Die regionale Aufteilung ergibt folgendes Bild (Abb. 83 und 84):

Im Seeland sind mit 4'423 ha 29% der offenen Ackerfläche mit Zwischenkulturen bestellt. Es überwiegen mit 42% Kunstwiesenmischungen (UFA 106ff und 200ff), aber auch der Anteil an Phacelia, Senf und Ölrettich ist mit zusammen 39% hoch. Rübsen, Grünschnittroggen und Gemenge sind unterdurchschnittlich vertreten.

Im unteren Mittelland werden auf 7'042 ha (= 23% der offenen Ackerfläche) Zwischenkulturen angebaut. 53% sind Kunstwiesenmischungen, 17% Phacelia, Senf und Ölrettich und 13% Rübsen.

Im oberen Mittelland werden auf 1'343 ha (= 23%) Zwischenkulturen angebaut. Der Anteil an Kunstwiesenmischungen beträgt 55%, an Rübsen und Grünschnitttroggen jeweils 15%. Phacelia, Senf und Ölrettich erreichen nur noch 8%.

Im Jura sind mit 250 ha nur 9% der offenen Ackerflächen mit Zwischenkulturen bestellt. Neben Rübsen (33%) kommen Gemenge (30%) häufig vor.

Im Oberland sind mit 154 ha 48% der offenen Ackerfläche mit Zwischenkulturen bestellt. Es dominiert Grünschnitttroggen mit 66%.

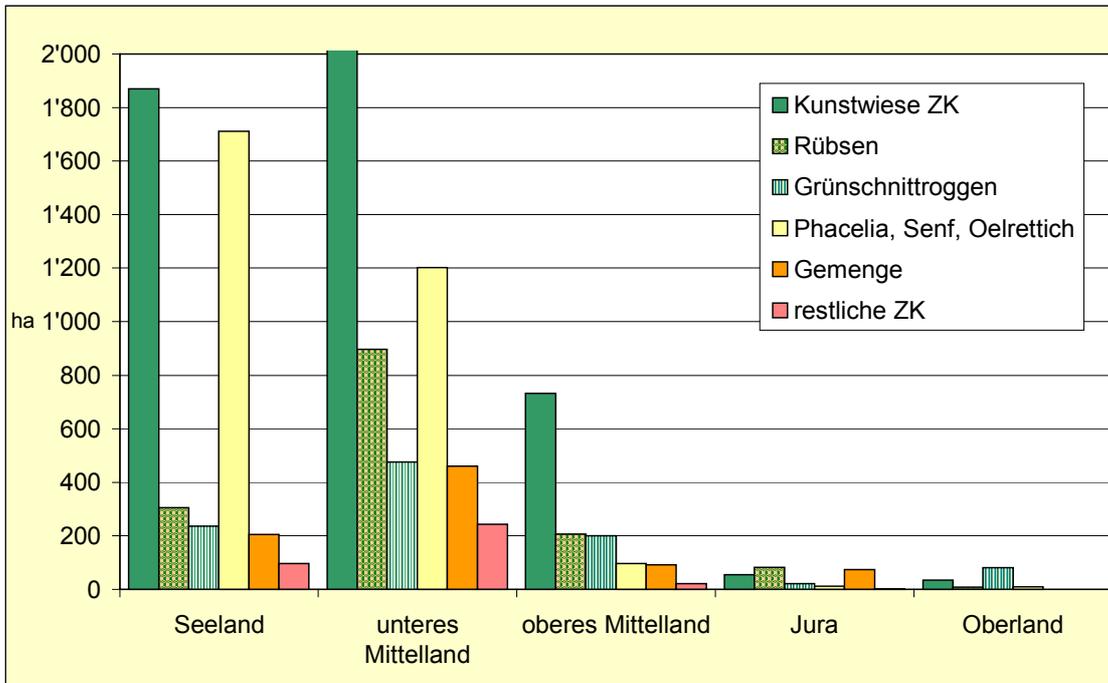


Abb. 83: Zwischenkulturen des Kantons Bern nach Regionen in ha.

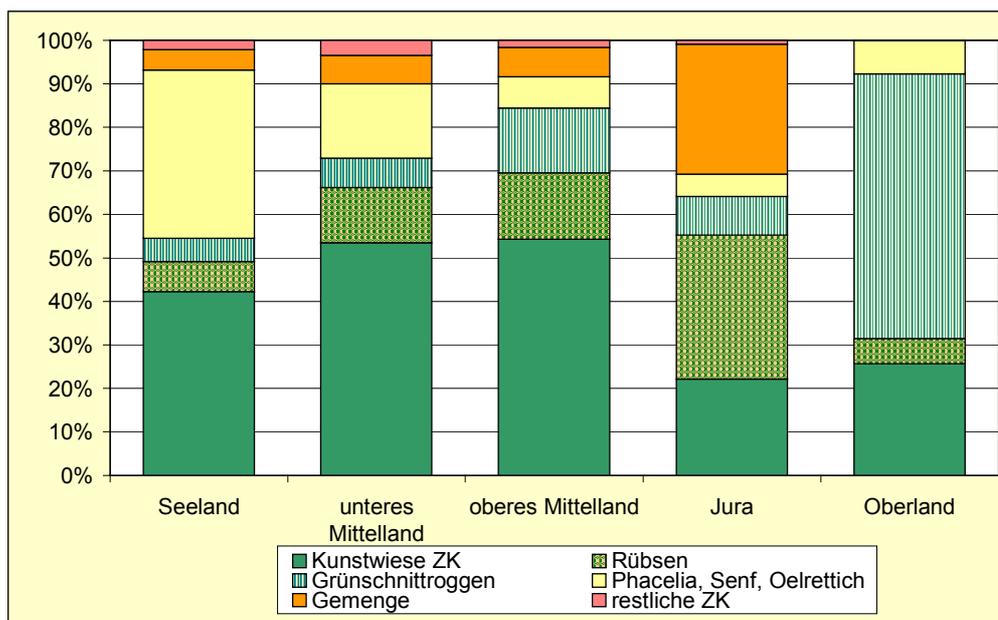


Abb. 84: Anteile der verschiedenen Zwischenkulturen des Kantons Bern nach Regionen.

Auf rund 17% der Ackerfläche werden gemäss der zusammengestellten Fruchtfolgen Sommerkulturen nach herbsträumenden Kulturen angebaut. Auf diesen Flächen besteht eine lange Anbaupause über den Winter, eine Winterbedeckung mittels Zwischenkulturen ist hier besonders wichtig zur Verminderung von Stoffverlusten. Die Hälfte dieser Flächen liegt gemäss der zusammengestellten Fruchtfolgen im Winter brach, auf der anderen Hälfte werden Zwischenkulturen angebaut (Tab. 53).

Tab. 53: Winterbedeckung vor Sommerkulturen im Kanton Bern.

| | (ha) | (% der AF) |
|---|---------------|------------|
| Sommerkulturen nach herbsträumenden Kulturen | 15'382 | 17 |
| vorher Winterbrache oder Stoppeln | 7'706 | 9 |
| vorher Kunstwiese als ZK | 3'880 | 4 |
| vorher Senf, Oelrettich oder Phacelia | 1'893 | 2 |
| vorher Sonnenblumen | 108 | 0 |
| vorher Grünschnittroggen | 648 | 1 |
| vorher Gemenge | 407 | 0 |
| vorher Chinakohlrübsen | 740 | 1 |

Die auf die Fruchtfolgen verteilte Zwischenfruchtfläche beträgt 9'449 ha (Tab. 54) und ist damit deutlich niedriger als aus den Saatgutmengen berechnete (vgl. Tab. 52). Dies entspricht 11% der Ackerfläche bzw. 17% der offenen Ackerfläche (= Ackerfläche ohne Kunstwiese). 65% waren Zwischenfutter (z.B. Chinakohlrübsen und Kunstwiesenmischungen mit Nutzungen im Herbst und eventuell im darauffolgenden Frühling), 35% Gründüngungen (z.B. Phacelia, Gelbsef). 32% waren winterharte Kulturen (z.B. Grünschnittroggen, Wickehafergemenge), 68% abfrierende (z.B. Phacelia, Sonnenblumen).

Tab. 54: Auf Fruchtfolgen verteilte Zwischenkulturen des Kantons Bern.

| Zwischenkulturen | (ha) | (%) |
|------------------|--------------|------------|
| Total | 9'449 | 100 |
| Zwischenfutter | 6'119 | 65 |
| Gründüngung | 3'330 | 35 |
| überwinternd | 3'014 | 32 |
| abfrierend | 6'435 | 68 |

Kulturübergänge und Fruchtfolgen bzw. Kulturabfolgen

4'416 Tierhaltungsbetriebe bzw. 30% aller Betriebe haben keine Ackerfläche. 9% der Betriebe mit Ackerflächen konnte keine Fruchtfolge zugeordnet werden. Es handelt sich hier um Betriebe mit sehr geringem Ackerflächenanteil (kleiner als eine Hektare) mit nur einer Kultur (meist Kartoffeln oder Kunstwiese). Gesamt machen sie aber nur zwei Prozent der Ackerfläche im Kanton Bern aus (Tab. 55). Dem grössten Teil der Betriebe mit Ackerland (50%) wurden Kulturabfolgen von vier bis fünf Jahren zugeordnet. Wenigen Betrieben wurden Kulturabfolgen von mehr als neun Jahren zugeordnet. Je grösser die Ackerfläche pro Betrieb im Mittel ist, desto länger ist die Kulturabfolge in der Regel.

Tab. 55: Dauer der Fruchtfolgen (FF) im Kanton Bern.

| Fruchtfolgedauer | Anzahl Betriebe | Prozent |
|-----------------------------------|-----------------|---------|
| ohne Ackerfläche | 4'416 | 30 |
| ohne Fruchtfolge | 874 | 9 |
| zwei- bis dreijährige Fruchtfolge | 508 | 5 |
| vierjährige Fruchtfolge | 2'369 | 23 |
| fünfjährige Fruchtfolge | 2'702 | 27 |
| sechsjährige Fruchtfolge | 1'413 | 14 |
| siebenjährige Fruchtfolge | 991 | 10 |
| achtjährige Fruchtfolge | 760 | 8 |
| neunjährige Fruchtfolge | 455 | 5 |
| längere Fruchtfolge | 16 | 0 |

Die 20 häufigsten der 405 vorkommenden Kulturkombinationen (Tab. 56) machen insgesamt 72% der Fläche aller Kulturkombinationen im Kanton Bern aus. Die häufigste Kombination ist Kunstwiese auf Kunstwiese mit durchschnittlich 17'511 ha bzw. 20% aller Kombinationen. Es folgen die Kombinationen Wintergerste/Kunstwiese (8'183 ha bzw. 9%), Kunstwiese/Mais (6'249 ha bzw. 7%) und Mais/Winterweizen (4'755 ha bzw. 5%). Die 20 häufigsten der 438 vorkommenden Kulturkombinationen mit Zwischenfrüchten machen insgesamt 55% der Fläche aller Kombinationen mit Zwischenfrüchten aus. Bei den Kombinationen mit Zwischenfrüchten kommt Winterweizen/Senf oder Örettich oder Phacelia/Zuckerrüben mit durchschnittlich 1'240 ha bzw. 13% aller Kombinationen mit Zwischenfrüchten am häufigsten vor. Wichtige Kombinationen sind weiterhin Winterweizen/Kunstwiese 200ff/Mais und Winterweizen/Kunstwiese 200ff/Kartoffeln (Tab. 56).

| | Kombinationen total | | | | | Kombinationen mit ZK | | | | |
|--|---------------------|-------------|-------------|-----------------------------|--|----------------------|----------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| | Vorkultur | Hauptkultur | Fläche (ha) | Prozent aller Kombinationen | | Vorkultur | Zwischenkultur | Hauptkultur | Fläche (ha) | Prozent aller Kombinationen |
| | KW | KW | 17514 | 20 | | WW | GSZ | ZR | 1240 | 13 |
| | WG | KW | 8183 | 9 | | WW | 200ff | MAIS | 872 | 9 |
| | KW | Mais | 6249 | 7 | | WW | 200ff | KA | 671 | 7 |
| | Mais | WW | 4755 | 5 | | WG | 200ff | MAIS | 300 | 3 |
| | WW | WG | 3299 | 4 | | MAIS | GRZ | MAIS | 254 | 3 |
| | ZR | WW | 2346 | 3 | | WW | 106ff | ZR | 162 | 2 |
| | WW | KW | 2258 | 3 | | MAIS | GRZ | ZR | 162 | 2 |
| | KW | KA | 2077 | 2 | | WW | 200ff | ZR | 159 | 2 |
| | KA | WW | 1954 | 2 | | WG | 106ff | ZR | 157 | 2 |
| | WW | ZR | 1883 | 2 | | WG | 200ff | KA | 151 | 2 |
| | WW | RA | 1856 | 2 | | RA | 200ff | KA | 135 | 1 |
| | KW | WW | 1679 | 2 | | KA | GEM | SW | 125 | 1 |
| | Mais | Mais | 1415 | 2 | | WW | CKZ | KA | 122 | 1 |
| | WW | Mais | 1085 | 1 | | Mais | GRZ | KA | 114 | 1 |
| | KA | WG | 1070 | 1 | | WW | 106ff | WG | 109 | 1 |
| | RA | WW | 1038 | 1 | | RA | 106ff | WW | 107 | 1 |
| | WW | KA | 965 | 1 | | WW | GSZ | HA | 103 | 1 |
| | SG | KW | 847 | 1 | | RA | GSZ | WW | 100 | 1 |
| | Mais | ZR | 799 | 1 | | KA | CKZ | WW | 100 | 1 |
| | Mais | WG | 772 | 1 | | WW | 106ff | SG | 97 | 1 |

Tab. 56: Wichtigste Kulturkombinationen mit und ohne Zwischenfrüchten.

- Mais = Silo- und Körnermais
- KW = Kunstwiese
- WG = Wintergerste
- WW = Winterweizen
- ZR = Zuckerrüben
- KA = Kartoffeln
- RA = Raps
- SG = Sommergerste
- SW = Sommerweizen
- HA = Hafer
- GSZ =
- GRZ =
- CKZ =
- GEM = Gemenge
- 200ff =
- 106ff =

Anhang II

Tabellarische Zusammenstellung von folgenden Resultaten pro Einzugsgebiet:

- Landnutzung (ha)
- Landnutzung (%)
- P-Verluste (kg P)
- P-Verluste (%)
- N-Verluste (kg N)
- N-Verluste (%)
- N- und P-Verluste (kg/ha und Jahr)

| Tab. 57: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (absolute Werte). | | | | | | | | | | |
|---|---------------|----------------|------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Nutzung | Gadmerwasser | Aare Oberhasli | Weisse Lütschine | Schwarze Lütschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | o. Simme |
| | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] |
| Bodenfläche insgesamt | 16'737 | 43'558 | 16'486 | 22'627 | 13'989 | 9'168 | 14'629 | 26'636 | 13'203 | 24'151 |
| Waldfläche | 2'975 | 8'011 | 2'842 | 5'700 | 4'577 | 1'903 | 3'094 | 5'512 | 3'813 | 6'549 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 2'795 | 7'580 | 3'800 | 6'899 | 3'281 | 3'182 | 6'708 | 7'374 | 6'561 | 11'018 |
| Siedlungsfläche | 100 | 748 | 224 | 575 | 407 | 81 | 377 | 708 | 186 | 581 |
| Unproduktive Fläche | 10'867 | 27'219 | 9'620 | 9'453 | 5'724 | 4'002 | 4'450 | 13'042 | 2'643 | 6'003 |
| Siedlungsfläche | 100 | 748 | 224 | 575 | 407 | 81 | 377 | 708 | 186 | 581 |
| Überbaute Fläche | 31 | 233 | 74 | 176 | 114 | 15 | 111 | 224 | 39 | 174 |
| Strassen und Wege | 47 | 208 | 56 | 161 | 92 | 38 | 116 | 186 | 99 | 180 |
| Siedlungsgrün | 22 | 307 | 94 | 238 | 201 | 28 | 150 | 298 | 48 | 227 |
| Unproduktive Fläche | 10'867 | 27'219 | 9'620 | 9'453 | 5'724 | 4'002 | 4'450 | 13'042 | 2'643 | 6'003 |
| Gewässer | 159 | 961 | 109 | 146 | 3'054 | 85 | 181 | 343 | 32 | 162 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 1'923 | 3'899 | 1'313 | 1'436 | 1'196 | 739 | 1'327 | 1'949 | 1'226 | 1'282 |
| vegetationslos | 8'785 | 22'359 | 8'198 | 7'871 | 1'474 | 3'178 | 2'942 | 10'750 | 1'385 | 4'559 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 2'795 | 7'580 | 3'800 | 6'899 | 3'281 | 3'182 | 6'708 | 7'374 | 6'561 | 11'018 |
| Ackerland | 4 | 83 | 2 | 45 | 22 | 7 | 0 | 91 | 43 | 3 |
| Grasland | 2'791 | 7'497 | 3'797 | 6'852 | 3'258 | 3'175 | 6'708 | 7'281 | 6'518 | 11'015 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Grasland | 2'791 | 7'497 | 3'797 | 6'852 | 3'258 | 3'175 | 6'708 | 7'281 | 6'518 | 11'015 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 187 | 1'912 | 451 | 987 | 396 | 162 | 1'050 | 1'840 | 729 | 1'502 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 0 | 12 | 2 | 35 | 29 | 5 | 6 | 47 | 3 | 5 |
| Heimweiden | 13 | 54 | 26 | 147 | 36 | 20 | 53 | 151 | 77 | 103 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 2'512 | 5'267 | 3'202 | 5'312 | 2'662 | 2'862 | 5'056 | 4'832 | 5'496 | 8'635 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 50 | 150 | 35 | 178 | 86 | 54 | 218 | 122 | 72 | 427 |
| Wenig intensive Wiesen | 20 | 61 | 76 | 183 | 31 | 49 | 268 | 140 | 116 | 259 |
| Extensiv genutzte Weiden | 9 | 41 | 5 | 10 | 18 | 23 | 57 | 140 | 25 | 84 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| Ackerland | 4 | 83 | 2 | 45 | 22 | 7 | 0 | 91 | 43 | 3 |
| Kunstwiesen | 4 | 52 | 1 | 27 | 14 | 3 | 0 | 46 | 21 | 3 |
| Hackfrüchte | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Kartoffeln | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| Zuckerrüben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Getreide | 0 | 2 | 0 | 4 | 4 | 1 | 0 | 18 | 3 | 0 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| Roggen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 0 | 2 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 11 | 2 | 0 |
| Hafer | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Triticale | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Dinkel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mais | 0 | 28 | 1 | 14 | 4 | 2 | 0 | 24 | 16 | 0 |
| Körnermais | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Silo- und Grünmais | 0 | 28 | 1 | 14 | 4 | 2 | 0 | 24 | 16 | 0 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Erbsen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Nutzung | u. Simme | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
|--|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] |
| Bodenfläche insgesamt | 21'669 | 22'123 | 25'816 | 13'026 | 30'614 | 8'741 | 4'060 | 7'160 | 13'581 | 15'393 |
| Waldfläche | 7'836 | 7'664 | 7'890 | 5'368 | 9'179 | 3'643 | 1'484 | 2'438 | 3'232 | 3'598 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 10'962 | 6'290 | 11'199 | 6'887 | 18'054 | 4'095 | 2'321 | 4'043 | 8'635 | 8'503 |
| Siedlungsfläche | 618 | 2'111 | 645 | 581 | 1'705 | 342 | 231 | 661 | 1'213 | 2'737 |
| Unproduktive Fläche | 2'253 | 6'058 | 6'082 | 190 | 1'676 | 661 | 24 | 18 | 501 | 555 |
| Siedlungsfläche | 618 | 2'111 | 645 | 581 | 1'705 | 342 | 231 | 661 | 1'213 | 2'737 |
| Überbaute Fläche | 184 | 510 | 170 | 105 | 371 | 78 | 41 | 177 | 283 | 673 |
| Strassen und Wege | 209 | 431 | 204 | 218 | 512 | 108 | 72 | 160 | 315 | 566 |
| Siedlungsgrün | 225 | 1'170 | 271 | 258 | 822 | 156 | 118 | 324 | 615 | 1'498 |
| Unproduktive Fläche | 2'253 | 6'058 | 6'082 | 190 | 1'676 | 661 | 24 | 18 | 501 | 555 |
| Gewässer | 166 | 4'935 | 209 | 119 | 405 | 79 | 20 | 16 | 139 | 253 |
| unprod. Vegetation (Streu- und Torfland) | 1'172 | 710 | 1'722 | 57 | 766 | 360 | 1 | 1 | 213 | 192 |
| vegetationslos | 915 | 413 | 4'151 | 14 | 505 | 222 | 3 | 1 | 149 | 110 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 10'962 | 6'290 | 11'199 | 6'887 | 18'054 | 4'095 | 2'321 | 4'043 | 8'635 | 8'503 |
| Ackerland | 141 | 229 | 10 | 2'436 | 6'715 | 552 | 977 | 2'264 | 4'185 | 5'051 |
| Grasland | 10'819 | 6'038 | 11'187 | 4'450 | 11'310 | 3'538 | 1'341 | 1'774 | 4'441 | 3'392 |
| Reben | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 2 | 8 | 2 | 1 | 29 | 5 | 3 | 5 | 9 | 60 |
| Grasland | 10'819 | 6'038 | 11'187 | 4'450 | 11'310 | 3'538 | 1'341 | 1'774 | 4'441 | 3'392 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 2'512 | 2'528 | 1'894 | 2'295 | 3'261 | 855 | 876 | 907 | 1'865 | 1'876 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 61 | 179 | 6 | 166 | 284 | 82 | 63 | 180 | 297 | 308 |
| Heimweiden | 317 | 497 | 73 | 1'042 | 1'256 | 413 | 220 | 380 | 845 | 467 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 7'419 | 2'493 | 8'401 | 551 | 5'494 | 1'933 | 40 | 72 | 862 | 209 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 271 | 132 | 362 | 79 | 306 | 64 | 48 | 74 | 180 | 205 |
| Wenig intensive Wiesen | 162 | 163 | 199 | 248 | 509 | 164 | 78 | 139 | 293 | 249 |
| Extensiv genutzte Weiden | 77 | 46 | 252 | 67 | 124 | 27 | 15 | 16 | 64 | 41 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 0 | 0 | 0 | 2 | 76 | 0 | 1 | 6 | 35 | 37 |
| Ackerland | 141 | 229 | 10 | 2'436 | 6'715 | 552 | 977 | 2'264 | 4'185 | 5'051 |
| Kunstwiesen | 79 | 97 | 9 | 1'423 | 2'591 | 376 | 674 | 1'315 | 2'088 | 2'171 |
| Hackfrüchte | 1 | 12 | 0 | 82 | 568 | 23 | 48 | 107 | 218 | 397 |
| Kartoffeln | 1 | 6 | 0 | 55 | 416 | 18 | 35 | 74 | 108 | 222 |
| Zuckerrüben | 0 | 3 | 0 | 1 | 85 | 3 | 8 | 11 | 46 | 123 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 0 | 3 | 0 | 26 | 67 | 2 | 5 | 22 | 64 | 52 |
| Getreide | 20 | 59 | 0 | 759 | 2'798 | 96 | 188 | 586 | 1'296 | 1'562 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 8 | 22 | 0 | 231 | 1'296 | 26 | 45 | 211 | 617 | 901 |
| Roggen | 0 | 0 | 0 | 23 | 124 | 1 | 1 | 3 | 27 | 12 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 11 | 30 | 0 | 271 | 941 | 49 | 79 | 246 | 442 | 499 |
| Hafer | 0 | 1 | 0 | 105 | 220 | 4 | 24 | 54 | 89 | 77 |
| Triticale | 1 | 5 | 0 | 118 | 208 | 15 | 35 | 59 | 106 | 67 |
| Dinkel | 0 | 1 | 0 | 5 | 4 | 1 | 4 | 12 | 8 | 5 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 6 | 5 | 0 | 0 | 1 | 7 | 1 |
| Mais | 40 | 56 | 0 | 151 | 556 | 45 | 55 | 218 | 461 | 725 |
| Körnermais | 0 | 1 | 0 | 4 | 97 | 0 | 0 | 1 | 81 | 63 |
| Silo- und Grünmais | 40 | 55 | 0 | 147 | 459 | 45 | 55 | 217 | 380 | 662 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 0 | 1 | 0 | 14 | 97 | 2 | 1 | 24 | 42 | 94 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 1 | 0 | 0 | 3 | 59 | 4 | 1 | 4 | 13 | 23 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengewüse) | 0 | 2 | 1 | 1 | 16 | 3 | 6 | 5 | 54 | 44 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 2 | 0 | 1 | 6 | 0 | 2 | 5 | 5 | 10 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 1 | 0 | 5 | 9 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 12 |

| Tab. 57: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (absolute Werte). Fortsetzung. | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Nutzung | Worbles | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Bielersee | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
| | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] |
| Bodenfläche insgesamt | 6'902 | 24'621 | 18'690 | 10'324 | 21'763 | 22'772 | 20'799 | 8'191 | 9'522 | 7'841 |
| Waldfläche | 1'636 | 7'848 | 3'091 | 4'481 | 10'739 | 9'043 | 10'058 | 3'552 | 2'880 | 2'440 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 3'921 | 11'588 | 10'745 | 3'797 | 9'164 | 11'755 | 9'520 | 4'163 | 5'343 | 4'821 |
| Siedlungsfläche | 1'330 | 4'414 | 1'578 | 703 | 1'761 | 756 | 789 | 430 | 1'231 | 519 |
| Unproduktive Fläche | 15 | 771 | 3'276 | 1'343 | 99 | 1'218 | 432 | 46 | 68 | 61 |
| Siedlungsfläche | 1'330 | 4'414 | 1'578 | 703 | 1'761 | 756 | 789 | 430 | 1'231 | 519 |
| Überbaute Fläche | 338 | 1'186 | 329 | 148 | 499 | 155 | 181 | 123 | 321 | 130 |
| Strassen und Wege | 252 | 1'033 | 482 | 190 | 400 | 305 | 293 | 126 | 372 | 189 |
| Siedlungsgrün | 740 | 2'195 | 767 | 365 | 862 | 296 | 315 | 181 | 538 | 200 |
| Unproduktive Fläche | 15 | 771 | 3'276 | 1'343 | 99 | 1'218 | 432 | 46 | 68 | 61 |
| Gewässer | 12 | 723 | 3'056 | 1'314 | 40 | 200 | 182 | 34 | 56 | 48 |
| unprod. Vegetation (Streu- und Torfand) | 3 | 47 | 220 | 23 | 42 | 565 | 149 | 10 | 12 | 13 |
| vegetationslos | 0 | 1 | 0 | 6 | 17 | 453 | 101 | 2 | 0 | 0 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 3'921 | 11'588 | 10'745 | 3'797 | 9'164 | 11'755 | 9'520 | 4'163 | 5'343 | 4'821 |
| Ackerland | 2'535 | 8'917 | 8'532 | 1'741 | 2'150 | 1'790 | 996 | 1'600 | 4'232 | 3'892 |
| Grasland | 1'366 | 2'607 | 2'136 | 1'770 | 7'004 | 9'964 | 8'520 | 2'561 | 1'099 | 922 |
| Reben | 0 | 0 | 29 | 284 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 20 | 64 | 48 | 2 | 10 | 1 | 4 | 2 | 12 | 7 |
| Grasland | 1'366 | 2'607 | 2'136 | 1'770 | 7'004 | 9'964 | 8'520 | 2'561 | 1'099 | 922 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 656 | 764 | 974 | 598 | 1'402 | 3'439 | 3'172 | 892 | 415 | 265 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 183 | 335 | 298 | 38 | 47 | 106 | 112 | 107 | 110 | 111 |
| Heimweiden | 305 | 747 | 127 | 334 | 408 | 1'380 | 1'353 | 707 | 243 | 224 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 0 | 0 | 0 | 597 | 4'496 | 4'298 | 2'859 | 621 | 0 | 0 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 109 | 345 | 449 | 80 | 105 | 203 | 358 | 53 | 136 | 166 |
| Wenig intensive Wiesen | 79 | 220 | 108 | 73 | 373 | 437 | 610 | 151 | 121 | 96 |
| Extensiv genutzte Weiden | 20 | 106 | 54 | 47 | 168 | 101 | 55 | 21 | 20 | 24 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 14 | 90 | 126 | 3 | 5 | 0 | 1 | 9 | 54 | 36 |
| Ackerland | 2'535 | 8'917 | 8'532 | 1'741 | 2'150 | 1'790 | 996 | 1'600 | 4'232 | 3'892 |
| Kunstwiesen | 1'131 | 2'524 | 1'293 | 714 | 1'048 | 1'397 | 824 | 1'103 | 1'009 | 981 |
| Hackfrüchte | 175 | 1'248 | 1'676 | 54 | 49 | 95 | 65 | 93 | 798 | 720 |
| Kartoffeln | 98 | 509 | 855 | 19 | 20 | 82 | 54 | 74 | 447 | 374 |
| Zuckerrüben | 48 | 699 | 811 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 327 | 317 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 29 | 40 | 10 | 31 | 26 | 13 | 11 | 19 | 24 | 29 |
| Getreide | 865 | 3'252 | 2'574 | 805 | 855 | 217 | 52 | 287 | 1'610 | 1'481 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 399 | 1'877 | 1'834 | 210 | 226 | 14 | 4 | 58 | 1'012 | 893 |
| Roggen | 5 | 95 | 73 | 2 | 8 | 0 | 0 | 2 | 35 | 24 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 298 | 994 | 510 | 332 | 352 | 86 | 26 | 124 | 441 | 480 |
| Hafer | 66 | 130 | 79 | 46 | 66 | 56 | 4 | 29 | 60 | 46 |
| Triticale | 82 | 143 | 74 | 214 | 193 | 25 | 3 | 41 | 32 | 32 |
| Dinkel | 13 | 9 | 2 | 1 | 9 | 35 | 15 | 31 | 7 | 3 |
| Restl. Getreide | 2 | 4 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 23 | 3 |
| Mais | 286 | 1'332 | 1'438 | 98 | 133 | 76 | 52 | 102 | 524 | 490 |
| Körnermais | 37 | 488 | 799 | 18 | 3 | 0 | 1 | 4 | 283 | 246 |
| Silo- und Grünmais | 249 | 844 | 639 | 80 | 130 | 76 | 51 | 98 | 241 | 244 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 55 | 229 | 139 | 20 | 29 | 0 | 0 | 5 | 202 | 141 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 37 | 32 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 10 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 5 | 60 | 86 | 35 | 24 | 0 | 0 | 3 | 53 | 48 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 7 | 170 | 1'233 | 9 | 1 | 2 | 1 | 1 | 14 | 8 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 12 | 13 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 4 | 17 | 15 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| Buntbrache | 6 | 19 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 8 |
| Rotationsbrache | 1 | 17 | 21 | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 |

| Tab. 57: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (absolute Werte). Fortsetzung. | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|---------------------------|------|
| Nutzung | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murg. | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Total Untersuchungsgebiet | |
| | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] | [ha] |
| Bodenfläche insgesamt | 29'694 | 9'566 | 10'636 | 9'355 | 34'546 | 13'860 | 5'994 | 25'691 | 654'134 | |
| Waldfläche | 9'256 | 2'883 | 3'315 | 3'149 | 11'822 | 3'609 | 1'904 | 13'489 | 202'503 | |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 16'932 | 5'308 | 6'019 | 5'346 | 16'293 | 8'801 | 3'581 | 10'688 | 287'972 | |
| Siedlungsfläche | 3'287 | 1'325 | 1'277 | 824 | 5'555 | 1'422 | 500 | 1'408 | 43'940 | |
| Unproduktive Fläche | 219 | 50 | 25 | 36 | 876 | 28 | 9 | 106 | 119'719 | |
| Siedlungsfläche | 3'287 | 1'325 | 1'277 | 824 | 5'555 | 1'422 | 500 | 1'408 | 43'940 | |
| Überbaute Fläche | 887 | 381 | 349 | 216 | 1'552 | 362 | 116 | 367 | 11'423 | |
| Strassen und Wege | 796 | 340 | 312 | 208 | 1'168 | 320 | 166 | 398 | 11'328 | |
| Siedlungsgrün | 1'604 | 604 | 616 | 400 | 2'835 | 740 | 218 | 643 | 21'189 | |
| Unproduktive Fläche | 219 | 50 | 25 | 36 | 876 | 28 | 9 | 106 | 119'719 | |
| Gewässer | 206 | 39 | 22 | 33 | 778 | 25 | 8 | 32 | 18'381 | |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 12 | 10 | 3 | 3 | 77 | 3 | 1 | 45 | 22'722 | |
| vegetationslos | 1 | 1 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 29 | 78'616 | |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 16'932 | 5'308 | 6'019 | 5'346 | 16'293 | 8'801 | 3'581 | 10'688 | 287'972 | |
| Ackerland | 10'166 | 4'122 | 4'725 | 3'635 | 10'305 | 5'359 | 2'242 | 2'213 | 102'012 | |
| Grasland | 6'740 | 1'156 | 1'265 | 1'688 | 5'902 | 3'410 | 1'330 | 8'475 | 185'097 | |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 330 | |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 26 | 30 | 29 | 23 | 85 | 32 | 9 | 0 | 533 | |
| Grasland | 6'740 | 1'156 | 1'265 | 1'688 | 5'902 | 3'410 | 1'330 | 8'475 | 185'097 | |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 2'873 | 299 | 283 | 448 | 2'561 | 1'352 | 453 | 2'372 | 51'303 | |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 618 | 172 | 165 | 179 | 463 | 396 | 171 | 75 | 5'456 | |
| Heimweiden | 2'253 | 351 | 411 | 714 | 907 | 1'181 | 422 | 500 | 18'757 | |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 775 | 10 | 0 | 4'793 | 91'759 | |
| Extensiv genutzte Wiesen | 364 | 148 | 157 | 114 | 561 | 101 | 139 | 106 | 6'807 | |
| Wenig intensive Wiesen | 486 | 118 | 170 | 183 | 373 | 334 | 130 | 420 | 7'889 | |
| Extensiv genutzte Weiden | 92 | 32 | 31 | 26 | 84 | 29 | 6 | 204 | 2'261 | |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 54 | 36 | 48 | 24 | 178 | 7 | 9 | 5 | 865 | |
| Ackerland | 10'166 | 4'122 | 4'725 | 3'635 | 10'305 | 5'359 | 2'242 | 2'213 | 102'012 | |
| Kunstwiesen | 4'859 | 915 | 1'424 | 1'499 | 2'509 | 3'010 | 1'013 | 1'107 | 39'354 | |
| Hackfrüchte | 981 | 852 | 703 | 385 | 1'300 | 344 | 96 | 31 | 11'127 | |
| Kartoffeln | 690 | 307 | 417 | 274 | 455 | 246 | 52 | 14 | 5'927 | |
| Zuckerrüben | 199 | 535 | 236 | 62 | 796 | 11 | 9 | 13 | 4'350 | |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 92 | 10 | 50 | 49 | 49 | 87 | 35 | 4 | 850 | |
| Getreide | 2'870 | 1'526 | 1'710 | 1'258 | 4'180 | 1'584 | 827 | 915 | 34'264 | |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 1'214 | 1'025 | 1'040 | 521 | 2'489 | 459 | 318 | 149 | 17'105 | |
| Roggen | 50 | 29 | 20 | 53 | 137 | 71 | 15 | 0 | 810 | |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 1'063 | 391 | 535 | 478 | 1'256 | 646 | 324 | 391 | 11'317 | |
| Hafer | 155 | 31 | 48 | 52 | 126 | 85 | 49 | 122 | 1'825 | |
| Triticale | 252 | 45 | 51 | 117 | 131 | 249 | 78 | 235 | 2'614 | |
| Dinkel | 113 | 3 | 7 | 21 | 30 | 58 | 40 | 10 | 447 | |
| Restl. Getreide | 23 | 2 | 9 | 16 | 11 | 16 | 3 | 8 | 146 | |
| Mais | 1'141 | 592 | 618 | 362 | 1'599 | 278 | 197 | 138 | 11'852 | |
| Körnermais | 258 | 265 | 194 | 92 | 657 | 34 | 75 | 8 | 3'709 | |
| Silo- und Grünmais | 883 | 327 | 424 | 270 | 942 | 244 | 122 | 130 | 8'143 | |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 197 | 116 | 181 | 92 | 475 | 104 | 74 | 12 | 2'346 | |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 8 | 32 | 9 | 1 | 45 | 1 | 2 | 0 | 190 | |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 41 | 36 | 35 | 21 | 57 | 19 | 21 | 8 | 662 | |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 32 | 33 | 13 | 5 | 66 | 9 | 4 | 1 | 1'741 | |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 3 | 2 | 6 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0 | 73 | |
| übrige einjährige Kulturen | 17 | 6 | 2 | 4 | 26 | 4 | 2 | 1 | 145 | |
| Buntbrache | 8 | 9 | 8 | 4 | 15 | 1 | 0 | 0 | 122 | |
| Rotationsbrache | 9 | 3 | 16 | 2 | 25 | 2 | 4 | 0 | 136 | |

Tab. 58: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (prozentuale Werte).

| Nutzung | Gadmer- | Aare | Weisse | Schwarze | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | o. Simme |
|--|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | wasser | Oberhasli | Lütschine | Lütschine | | | | | | |
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| Bodenfläche insgesamt | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 18 | 18 | 17 | 25 | 33 | 21 | 21 | 21 | 29 | 27 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 17 | 17 | 23 | 30 | 23 | 35 | 46 | 28 | 50 | 46 |
| Siedlungsfläche | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| Unproduktive Fläche | 65 | 62 | 58 | 42 | 41 | 44 | 30 | 49 | 20 | 25 |
| Siedlungsfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Überbaute Fläche | 31 | 31 | 33 | 31 | 28 | 19 | 29 | 32 | 21 | 30 |
| Strassen und Wege | 47 | 28 | 25 | 28 | 23 | 47 | 31 | 26 | 53 | 31 |
| Siedlungsgrün | 22 | 41 | 42 | 41 | 49 | 35 | 40 | 42 | 26 | 39 |
| Unproduktive Fläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gewässer | 1 | 4 | 1 | 2 | 53 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 18 | 14 | 14 | 15 | 21 | 18 | 30 | 15 | 46 | 21 |
| vegetationslos | 81 | 82 | 85 | 83 | 26 | 79 | 66 | 82 | 52 | 76 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ackerland | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Grasland | 100 | 99 | 100 | 99 | 99 | 100 | 100 | 99 | 99 | 100 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grasland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Dauerriesen, Mähweiden | 7 | 26 | 12 | 14 | 12 | 5 | 16 | 25 | 11 | 14 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Heimweiden | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 90 | 70 | 84 | 78 | 82 | 90 | 75 | 66 | 84 | 78 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| Wenig intensive Wiesen | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Extensiv genutzte Weiden | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ackerland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| Kunstwiesen | 100 | 63 | 50 | 60 | 64 | 43 | 0 | 51 | 49 | 100 |
| Hackfrüchte | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 2 | 5 | 0 |
| Kartoffeln | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Zuckerrüben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Getreide | 0 | 2 | 0 | 9 | 18 | 14 | 0 | 20 | 7 | 0 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| Roggen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 0 | 2 | 0 | 7 | 14 | 14 | 0 | 12 | 5 | 0 |
| Hafer | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Triticale | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Dinkel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mais | 0 | 34 | 50 | 31 | 18 | 29 | 0 | 26 | 37 | 0 |
| Körnermais | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Silo- und Grünmais | 0 | 34 | 50 | 31 | 18 | 29 | 0 | 26 | 37 | 0 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Tab. 58: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (prozentuale Werte). Fortsetzung | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|----------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| Nutzung | u. Simme | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwas ser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 36 | 35 | 31 | 41 | 30 | 42 | 37 | 34 | 24 | 23 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 51 | 28 | 43 | 53 | 59 | 47 | 57 | 56 | 64 | 55 |
| Siedlungsfläche | 3 | 10 | 2 | 4 | 6 | 4 | 6 | 9 | 9 | 18 |
| Unproduktive Fläche | 10 | 27 | 24 | 1 | 5 | 8 | 1 | 0 | 4 | 4 |
| Siedlungsfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Überbaute Fläche | 30 | 24 | 26 | 18 | 22 | 23 | 18 | 27 | 23 | 25 |
| Strassen und Wege | 34 | 20 | 32 | 38 | 30 | 32 | 31 | 24 | 26 | 21 |
| Siedlungsgrün | 36 | 55 | 42 | 44 | 48 | 46 | 51 | 49 | 51 | 55 |
| Unproduktive Fläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gewässer | 7 | 81 | 3 | 63 | 24 | 12 | 83 | 89 | 28 | 46 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 52 | 12 | 28 | 30 | 46 | 54 | 4 | 6 | 43 | 35 |
| vegetationslos | 41 | 7 | 68 | 7 | 30 | 34 | 13 | 6 | 30 | 20 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ackerland | 1 | 4 | 0 | 35 | 37 | 13 | 42 | 56 | 48 | 59 |
| Grasland | 99 | 96 | 100 | 65 | 63 | 86 | 58 | 44 | 51 | 40 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Grasland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 23 | 42 | 17 | 52 | 29 | 24 | 65 | 51 | 42 | 55 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 1 | 3 | 0 | 4 | 3 | 2 | 5 | 10 | 7 | 9 |
| Heimweiden | 3 | 8 | 1 | 23 | 11 | 12 | 16 | 21 | 19 | 14 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 69 | 41 | 75 | 12 | 49 | 55 | 3 | 4 | 19 | 6 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| Wenig intensive Wiesen | 1 | 3 | 2 | 6 | 5 | 5 | 6 | 8 | 7 | 7 |
| Extensiv genutzte Weiden | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Ackerland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Kunstwiesen | 56 | 42 | 90 | 58 | 39 | 68 | 69 | 58 | 50 | 43 |
| Hackfrüchte | 1 | 5 | 0 | 3 | 8 | 4 | 5 | 5 | 5 | 8 |
| Kartoffeln | 1 | 3 | 0 | 2 | 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| Zuckerrüben | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Restl. Hackfrüchte (Futtermüben) | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Getreide | 14 | 26 | 0 | 31 | 42 | 17 | 19 | 26 | 31 | 31 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 6 | 10 | 0 | 9 | 19 | 5 | 5 | 9 | 15 | 18 |
| Roggen | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 8 | 13 | 0 | 11 | 14 | 9 | 8 | 11 | 11 | 10 |
| Hafer | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Triticale | 1 | 2 | 0 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| Dinkel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mais | 28 | 24 | 0 | 6 | 8 | 8 | 6 | 10 | 11 | 14 |
| Körnermais | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| Silo- und Grünmais | 28 | 24 | 0 | 6 | 7 | 8 | 6 | 10 | 9 | 13 |
| Raps (Sommer- und Wintereraps für Speiseöl) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 58: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (prozentuale Werte). Fortsetzung

| Nutzung | Worbles | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Bieleree | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
|--|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 24 | 32 | 17 | 43 | 49 | 40 | 48 | 43 | 30 | 31 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 57 | 47 | 57 | 37 | 42 | 52 | 46 | 51 | 56 | 61 |
| Siedlungsfläche | 19 | 18 | 8 | 7 | 8 | 3 | 4 | 5 | 13 | 7 |
| Unproduktive Fläche | 0 | 3 | 18 | 13 | 0 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Siedlungsfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Überbaute Fläche | 25 | 27 | 21 | 21 | 28 | 21 | 23 | 29 | 26 | 25 |
| Strassen und Wege | 19 | 23 | 31 | 27 | 23 | 40 | 37 | 29 | 30 | 36 |
| Siedlungsgrün | 56 | 50 | 49 | 52 | 49 | 39 | 40 | 42 | 44 | 39 |
| Unproduktive Fläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gewässer | 80 | 94 | 93 | 98 | 40 | 16 | 42 | 74 | 82 | 79 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 20 | 6 | 7 | 2 | 42 | 46 | 34 | 22 | 18 | 21 |
| vegetationslos | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 37 | 23 | 4 | 0 | 0 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ackerland | 65 | 77 | 79 | 46 | 23 | 15 | 10 | 38 | 79 | 81 |
| Grasland | 35 | 22 | 20 | 47 | 76 | 85 | 89 | 62 | 21 | 19 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grasland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 48 | 29 | 46 | 34 | 20 | 35 | 37 | 35 | 38 | 29 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 13 | 13 | 14 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 10 | 12 |
| Heimweiden | 22 | 29 | 6 | 19 | 6 | 14 | 16 | 28 | 22 | 24 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 0 | 0 | 0 | 34 | 64 | 43 | 34 | 24 | 0 | 0 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 8 | 13 | 21 | 5 | 1 | 2 | 4 | 2 | 12 | 18 |
| Wenig intensive Wiesen | 6 | 8 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 6 | 11 | 10 |
| Extensiv genutzte Weiden | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 1 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 |
| Ackerland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Kunswiesen | 45 | 28 | 15 | 41 | 49 | 78 | 83 | 69 | 24 | 25 |
| Hackfrüchte | 7 | 14 | 20 | 3 | 2 | 5 | 7 | 6 | 19 | 18 |
| Kartoffeln | 4 | 6 | 10 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 11 | 10 |
| Zuckerrüben | 2 | 8 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Getreide | 34 | 36 | 30 | 46 | 40 | 12 | 5 | 18 | 38 | 38 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 16 | 21 | 21 | 12 | 11 | 1 | 0 | 4 | 24 | 23 |
| Roggen | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 12 | 11 | 6 | 19 | 16 | 5 | 3 | 8 | 10 | 12 |
| Hafer | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Triticale | 3 | 2 | 1 | 12 | 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Dinkel | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Mais | 11 | 15 | 17 | 6 | 6 | 4 | 5 | 6 | 12 | 13 |
| Körnermais | 1 | 5 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| Silo- und Grünmais | 10 | 9 | 7 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| Raps (Sommer- und Wintereraps für Speiseöl) | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 0 | 2 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Tab. 58: Flächennutzung der Einzugsgebiete gemäss Betriebszählung 2000 und Arealstatistik 92/97 (prozentuale Werte). Fortsetzung | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-------------------|---------------------------|------------|
| Nutzung | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murg. | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Total Untersuchungsgebiet | |
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| Bodenfläche insgesamt | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Waldfläche | 31 | 30 | 31 | 34 | 34 | 26 | 32 | 53 | | 31 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 57 | 55 | 57 | 57 | 47 | 63 | 60 | 42 | | 44 |
| Siedlungsfläche | 11 | 14 | 12 | 9 | 16 | 10 | 8 | 5 | | 7 |
| Unproduktive Fläche | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | | 18 |
| Siedlungsfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Überbaute Fläche | 27 | 29 | 27 | 26 | 28 | 25 | 23 | 26 | | 26 |
| Strassen und Wege | 24 | 26 | 24 | 25 | 21 | 23 | 33 | 28 | | 26 |
| Siedlungsgrün | 49 | 46 | 48 | 49 | 51 | 52 | 44 | 46 | | 48 |
| Unproduktive Fläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gewässer | 94 | 78 | 88 | 92 | 89 | 89 | 89 | 30 | | 15 |
| unprod. Vegetation (Streue- und Torfland) | 5 | 20 | 12 | 8 | 9 | 11 | 11 | 42 | | 19 |
| vegetationslos | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 27 | | 66 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ackerland | 60 | 78 | 79 | 68 | 63 | 61 | 63 | 21 | | 35 |
| Grasland | 40 | 22 | 21 | 32 | 36 | 39 | 37 | 79 | | 64 |
| Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Gartenbau (inkl. Kult. in geschütztem Anbau) | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Grasland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Dauerwiesen, Mähweiden | 43 | 26 | 22 | 27 | 43 | 40 | 34 | 28 | | 28 |
| Obstbau (inkl. intensive Obstanlagen) | 9 | 15 | 13 | 11 | 8 | 12 | 13 | 1 | | 3 |
| Heimweiden | 33 | 30 | 32 | 42 | 15 | 35 | 32 | 6 | | 10 |
| Alpwirtschaftl. Nutzflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 57 | | 50 |
| Extensiv genutzte Wiesen | 5 | 13 | 12 | 7 | 10 | 3 | 10 | 1 | | 4 |
| Wenig intensive Wiesen | 7 | 10 | 13 | 11 | 6 | 10 | 10 | 5 | | 4 |
| Extensiv genutzte Weiden | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | | 1 |
| Extensive Wiesen stillgelegtes Ackerl. | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | | 0 |
| Ackerland | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Kunstwiesen | 48 | 22 | 30 | 41 | 24 | 56 | 45 | 50 | | 39 |
| Hackfrüchte | 10 | 21 | 15 | 11 | 13 | 6 | 4 | 1 | | 11 |
| Kartoffeln | 7 | 7 | 9 | 8 | 4 | 5 | 2 | 1 | | 6 |
| Zuckerrüben | 2 | 13 | 5 | 2 | 8 | 0 | 0 | 1 | | 4 |
| Restl. Hackfrüchte (Futterrüben) | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | | 1 |
| Getreide | 28 | 37 | 36 | 35 | 41 | 30 | 37 | 41 | | 34 |
| Weizen (Sommerweizen, Winterweizen) | 12 | 25 | 22 | 14 | 24 | 9 | 14 | 7 | | 17 |
| Roggen | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | 1 |
| Gerste (Sommergerste, Wintergerste) | 10 | 9 | 11 | 13 | 12 | 12 | 14 | 18 | | 11 |
| Hafer | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | | 2 |
| Triticale | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 3 | 11 | | 3 |
| Dinkel | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | | 0 |
| Restl. Getreide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Mais | 11 | 14 | 13 | 10 | 16 | 5 | 9 | 6 | | 12 |
| Körnermais | 3 | 6 | 4 | 3 | 6 | 1 | 3 | 0 | | 4 |
| Silo- und Grünmais | 9 | 8 | 9 | 7 | 9 | 5 | 5 | 6 | | 8 |
| Raps (Sommer- und Winterraps für Speiseöl) | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 1 | | 2 |
| Sonnenblumen (für Speiseölgewinnung) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Soja, Ackerbohnen, Eiweisserbsen | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | | 1 |
| Gemüse (Freiland- und Konservengemüse) | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 2 |
| einjährige nachwachsende Rohstoffe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| übrige einjährige Kulturen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Buntbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Rotationsbrache | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |

Tab.59: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| | Gadmer- wasser | Aare Oberhasli | Weisse Lütschine | Schwarze Lütschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
| gelöste P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 15 | 33 | 13 | 22 | 18 | 9 | 17 | 23 | 26 | 40 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 3 | 0 | 11 | 10 | 2 | 3 | 15 | 1 | 3 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 2 | 9 | 1 | 7 | 7 | 2 | 0 | 20 | 18 | 1 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 78 | 536 | 125 | 380 | 156 | 88 | 646 | 642 | 410 | 731 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 5 | 26 | 6 | 55 | 13 | 8 | 28 | 61 | 36 | 45 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 301 | 670 | 390 | 644 | 455 | 340 | 621 | 548 | 764 | 1'077 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 37 | 81 | 23 | 27 | 27 | 13 | 26 | 34 | 24 | 23 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 4 | 20 | 5 | 15 | 9 | 4 | 12 | 17 | 13 | 19 |
| Summe P-Abschwemmung | 442 | 1'378 | 564 | 1'162 | 694 | 467 | 1'352 | 1'361 | 1'292 | 1'940 |
| P-Auswaschung / Wald | 167 | 445 | 154 | 305 | 247 | 104 | 163 | 293 | 205 | 342 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 0 | 7 | 0 | 4 | 2 | 1 | 0 | 8 | 4 | 0 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 21 | 168 | 41 | 99 | 37 | 22 | 120 | 166 | 69 | 167 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 1 | 4 | 2 | 11 | 3 | 2 | 4 | 11 | 6 | 8 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 183 | 377 | 221 | 369 | 191 | 203 | 344 | 331 | 374 | 571 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 108 | 222 | 71 | 77 | 66 | 40 | 72 | 104 | 68 | 69 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 2 | 26 | 8 | 19 | 16 | 2 | 12 | 25 | 4 | 18 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 2 | 10 | 3 | 7 | 4 | 2 | 5 | 8 | 4 | 8 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 1 | 27 | 13 | 13 | 10 | 0 | 5 | 15 | 16 | 26 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 2 | 41 | 0 | 0 | 10 | 5 | 4 | 16 | 41 | 38 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 730 | 2'067 | 684 | 769 | 139 | 251 | 228 | 848 | 103 | 350 |
| Summe P-Auswaschung | 1'218 | 3'397 | 1'198 | 1'676 | 728 | 631 | 957 | 1'832 | 893 | 1'598 |
| P-Deposition / Gewässer | 62 | 423 | 45 | 61 | 1'084 | 35 | 70 | 141 | 13 | 64 |
| P-landw. Direkteinträge | 22 | 77 | 23 | 58 | 38 | 31 | 80 | 72 | 59 | 107 |
| P-sonstige Direkteinträge | 167 | 433 | 164 | 224 | 139 | 91 | 145 | 264 | 132 | 239 |
| Summe P-Direkteinträge | 251 | 933 | 232 | 343 | 1'261 | 158 | 295 | 476 | 203 | 410 |
| Summe gelöste P-Einträge | 1'911 | 5'707 | 1'993 | 3'181 | 2'683 | 1'256 | 2'604 | 3'669 | 2'389 | 3'948 |
| partikuläre P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 167 | 433 | 164 | 224 | 139 | 91 | 145 | 264 | 132 | 239 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 3 | 0 | 21 | 31 | 2 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| P-Sonstige Erosion | 29'116 | 84'534 | 23'509 | 34'811 | 11'455 | 11'043 | 11'976 | 29'933 | 11'151 | 16'417 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 29'283 | 84'974 | 23'675 | 35'040 | 11'598 | 11'138 | 12'121 | 30'222 | 11'314 | 16'658 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 31'195 | 90'681 | 25'668 | 38'221 | 14'281 | 12'394 | 14'725 | 33'890 | 13'703 | 20'606 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 1'081 | 3'405 | 1'173 | 2'064 | 1'789 | 825 | 1'949 | 2'450 | 1'817 | 2'888 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 830 | 2'302 | 820 | 1'118 | 894 | 430 | 655 | 1'219 | 573 | 1'060 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 5'823 | 16'911 | 4'703 | 6'964 | 2'294 | 2'212 | 2'394 | 6'009 | 2'261 | 3'283 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 23'460 | 68'063 | 18'972 | 28'075 | 9'304 | 8'926 | 9'727 | 24'213 | 9'053 | 13'375 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 678 | 574 | 707 | 451 | 6 | 668 | 1'126 | 0 | 0 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 61 | 733 | 184 | 627 | 462 | 115 | 441 | 478 | 115 | 576 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 31'195 | 90'681 | 25'668 | 38'221 | 14'281 | 12'394 | 14'725 | 33'890 | 13'703 | 20'606 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 61 | 1'411 | 758 | 1'334 | 912 | 120 | 1'109 | 1'604 | 115 | 576 |
| Gesamt P- Einträge (kg / Jahr) | 31'255 | 92'092 | 26'426 | 39'555 | 15'193 | 12'514 | 15'833 | 35'494 | 13'818 | 21'182 |

Tab.59: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|----------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarz- wasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun- Bern |
| gelöste P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 36 | 30 | 65 | 14 | 40 | 13 | 0 | 0 | 9 | 4 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 29 | 63 | 2 | 76 | 100 | 29 | 27 | 62 | 122 | 102 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 48 | 54 | 2 | 974 | 1'804 | 221 | 301 | 651 | 914 | 889 |
| P-Abschwemmung / Dauerriesen etc. | 1'327 | 1'055 | 1'179 | 1'272 | 1'636 | 448 | 378 | 428 | 916 | 635 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 167 | 216 | 43 | 578 | 698 | 207 | 98 | 163 | 418 | 195 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 1'000 | 354 | 1'201 | 96 | 990 | 279 | 5 | 7 | 163 | 42 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 23 | 13 | 37 | 1 | 19 | 8 | 0 | 0 | 5 | 3 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 24 | 34 | 27 | 21 | 48 | 10 | 5 | 12 | 27 | 49 |
| Summe P-Abschwemmung | 2'653 | 1'823 | 2'556 | 3'033 | 5'338 | 1'215 | 813 | 1'323 | 2'574 | 1'921 |
| P-Auswaschung / Wald | 421 | 392 | 414 | 282 | 490 | 184 | 71 | 118 | 171 | 186 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 5 | 13 | 0 | 13 | 21 | 6 | 4 | 13 | 22 | 23 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 12 | 17 | 1 | 207 | 548 | 44 | 69 | 168 | 290 | 378 |
| P-Auswaschung / Dauerriesen etc. | 224 | 195 | 196 | 202 | 309 | 78 | 64 | 77 | 151 | 153 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 24 | 35 | 5 | 79 | 95 | 29 | 14 | 26 | 57 | 30 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 511 | 168 | 563 | 34 | 394 | 124 | 3 | 5 | 57 | 16 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 67 | 39 | 93 | 3 | 48 | 20 | 0 | 0 | 13 | 10 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 18 | 89 | 22 | 22 | 67 | 12 | 9 | 25 | 50 | 120 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 9 | 15 | 9 | 9 | 20 | 4 | 3 | 5 | 11 | 18 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 1 | 8 | 0 | 46 | 183 | 5 | 75 | 121 | 484 | 387 |
| P-Drainagewasser / Dauerriesen etc. | 40 | 72 | 34 | 41 | 96 | 10 | 61 | 39 | 217 | 193 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 2 | 9 | 0 | 13 | 13 | 5 | 10 | 13 | 47 | 35 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 38 | 13 | 24 | 24 | 84 | 5 | 0 | 0 | 54 | 1 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 66 | 31 | 369 | 1 | 50 | 18 | 0 | 0 | 15 | 12 |
| Summe P-Auswaschung | 1'438 | 1'097 | 1'731 | 975 | 2'422 | 545 | 383 | 610 | 1'641 | 1'567 |
| P-Deposition / Gewässer | 67 | 1'674 | 95 | 47 | 173 | 30 | 7 | 7 | 60 | 130 |
| P-landw. Direkteinträge | 117 | 101 | 113 | 115 | 281 | 66 | 51 | 71 | 153 | 181 |
| P-sonstige Direkteinträge | 215 | 215 | 256 | 129 | 301 | 86 | 40 | 69 | 132 | 145 |
| Summe P-Direkteinträge | 398 | 1'990 | 464 | 291 | 756 | 182 | 98 | 147 | 345 | 456 |
| Summe gelöste P-Einträge | 4'489 | 4'910 | 4'751 | 4'299 | 8'515 | 1'943 | 1'294 | 2'080 | 4'560 | 3'944 |
| partikuläre P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 215 | 215 | 256 | 129 | 301 | 86 | 40 | 69 | 132 | 145 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 40 | 68 | 7 | 621 | 1'691 | 132 | 131 | 540 | 726 | 765 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 1 | 1 | 0 | 0 | 15 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 |
| P-Sonstige Erosion | 15'224 | 6'258 | 26'664 | 3'396 | 9'629 | 2'819 | 405 | 948 | 2'837 | 1'914 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 15'479 | 6'545 | 26'926 | 4'146 | 11'637 | 3'039 | 577 | 1'559 | 3'697 | 2'832 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 19'969 | 11'456 | 31'678 | 8'445 | 20'153 | 4'982 | 1'871 | 3'639 | 8'257 | 6'776 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 3'563 | 3'653 | 3'601 | 3'815 | 7'241 | 1'599 | 1'153 | 1'829 | 4'058 | 3'345 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 926 | 1'257 | 1'150 | 484 | 1'275 | 343 | 140 | 251 | 502 | 599 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 3'083 | 1'318 | 5'337 | 1'299 | 3'627 | 696 | 212 | 729 | 1'291 | 1'146 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 12'396 | 5'228 | 21'589 | 2'847 | 8'010 | 2'343 | 364 | 830 | 2'405 | 1'685 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 858 | 2'553 | 1'685 | 116 | 62 | 148 | 154 | 1'347 | 1'818 | 8'797 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 432 | 2426 | 344 | 192 | 847 | 497 | 292 | 862 | 809 | 3'277 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 19'969 | 11'456 | 31'678 | 8'445 | 20'153 | 4'982 | 1'871 | 3'639 | 8'257 | 6'776 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 1'290 | 4'979 | 2'030 | 309 | 909 | 645 | 446 | 2'209 | 2'627 | 12'074 |
| Gesamt P- Einträge (kg / Jahr) | 21'259 | 16'435 | 33'707 | 8'754 | 21'062 | 5'627 | 2'317 | 5'848 | 10'884 | 18'850 |

Tab.59: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| | Worble | Aare Bern- Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
| gelöste P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 6 | 16 | 23 | 22 | 1 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 4 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 62 | 90 | 51 | 9 | 21 | 56 | 68 | 51 | 15 | 21 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 1 | 6 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 635 | 1'442 | 293 | 411 | 760 | 818 | 547 | 657 | 307 | 353 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 306 | 319 | 90 | 197 | 686 | 2'058 | 2'408 | 532 | 77 | 62 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 136 | 270 | 19 | 100 | 169 | 791 | 940 | 378 | 51 | 60 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 78 | 601 | 626 | 448 | 80 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 13 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 19 | 86 | 35 | 17 | 41 | 34 | 36 | 10 | 30 | 17 |
| Summe P-Abschwemmung | 1'159 | 2'214 | 496 | 855 | 2'295 | 4'420 | 4'472 | 1'709 | 481 | 514 |
| P-Auswaschung / Wald | 86 | 407 | 143 | 228 | 510 | 460 | 523 | 184 | 150 | 127 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 2 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 14 | 26 | 20 | 3 | 3 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 2 | 6 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 214 | 716 | 473 | 106 | 160 | 142 | 84 | 137 | 322 | 224 |
| P-Auswaschung / Dauerrwiesen etc. | 66 | 108 | 80 | 40 | 130 | 289 | 310 | 85 | 49 | 29 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 22 | 53 | 8 | 17 | 25 | 97 | 101 | 53 | 16 | 12 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 31 | 263 | 280 | 187 | 43 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 2 | 10 | 1 | 2 | 31 | 8 | 1 | 1 | 1 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 62 | 185 | 58 | 29 | 61 | 23 | 25 | 15 | 46 | 17 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 8 | 37 | 17 | 7 | 13 | 12 | 12 | 5 | 13 | 8 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 86 | 528 | 1'516 | 269 | 20 | 60 | 10 | 6 | 394 | 875 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 16 | 65 | 270 | 124 | 35 | 132 | 50 | 4 | 59 | 120 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 14 | 32 | 7 | 51 | 7 | 40 | 9 | 2 | 21 | 37 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 55 | 23 | 74 | 24 | 1 | 0 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 43 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| Summe P-Auswaschung | 591 | 2'165 | 2'607 | 984 | 1'254 | 1'690 | 1'363 | 543 | 1'080 | 1'458 |
| P-Deposition / Gewässer | 6 | 349 | 1'274 | 455 | 18 | 92 | 87 | 14 | 25 | 22 |
| P-landw. Direkteinträge | 77 | 258 | 150 | 58 | 131 | 190 | 164 | 76 | 100 | 82 |
| P-sonstige Direkteinträge | 65 | 231 | 182 | 101 | 212 | 226 | 206 | 80 | 91 | 77 |
| Summe P-Direkteinträge | 147 | 838 | 1'606 | 615 | 361 | 508 | 457 | 171 | 216 | 181 |
| Summe gelöste P-Einträge | 1'898 | 5'216 | 4'709 | 2'454 | 3'910 | 6'618 | 6'292 | 2'423 | 1'777 | 2'153 |
| partikuläre P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 65 | 231 | 182 | 101 | 212 | 226 | 206 | 80 | 91 | 77 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 600 | 1'830 | 638 | 296 | 420 | 315 | 209 | 388 | 413 | 438 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 32 | 379 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 3 | 15 | 4 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| P-Sonstige Erosion | 547 | 1'426 | 668 | 700 | 2'166 | 9'296 | 8'618 | 2'249 | 658 | 643 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 1'215 | 3'503 | 1'524 | 1'476 | 2'799 | 9'838 | 9'033 | 2'719 | 1'164 | 1'159 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 3'113 | 8'719 | 6'233 | 3'930 | 6'709 | 16'456 | 15'325 | 5'141 | 2'941 | 3'312 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 1'643 | 4'237 | 3'715 | 1'959 | 3'142 | 5'715 | 5'493 | 2'138 | 1'428 | 1'862 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 255 | 979 | 994 | 495 | 768 | 903 | 799 | 285 | 349 | 292 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 709 | 2'115 | 802 | 813 | 849 | 2'173 | 1'931 | 837 | 542 | 566 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 507 | 1'387 | 721 | 663 | 1'950 | 7'665 | 7'102 | 1'881 | 621 | 593 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 17'660 | 1'444 | 216 | 3'204 | 92 | 1'033 | 0 | 2'737 | 1'000 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 2454 | 7409 | 1294 | 526 | 1726 | 270 | 541 | 263 | 1597 | 520 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 3'113 | 8'719 | 6'233 | 3'930 | 6'709 | 16'456 | 15'325 | 5'141 | 2'941 | 3'312 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 2'454 | 25'068 | 2'738 | 742 | 4'930 | 362 | 1'574 | 263 | 4'334 | 1'520 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 5'567 | 33'787 | 8'971 | 4'672 | 11'639 | 16'817 | 16'899 | 5'405 | 7'275 | 4'831 |

Tab.59: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | Total |
|---|---------------|--------------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------------|
| | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
| gelöste P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 9 | 508 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 246 | 47 | 34 | 62 | 122 | 198 | 86 | 37 | 1'935 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 2 | 3 | 0 | 2 | 6 | 1 | 1 | 0 | 36 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 2'468 | 478 | 409 | 675 | 1'222 | 1'921 | 710 | 829 | 20'865 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 1'581 | 94 | 92 | 239 | 745 | 805 | 265 | 1'241 | 24'861 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 1'089 | 110 | 121 | 292 | 307 | 661 | 221 | 247 | 9'027 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 1 | 0 | 590 | 12'490 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 444 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 71 | 27 | 27 | 18 | 100 | 28 | 14 | 48 | 1'036 |
| Summe P-Abschwemmung | 5'458 | 759 | 683 | 1'288 | 2'626 | 3'616 | 1'298 | 3'002 | 71'246 |
| P-Auswaschung / Wald | 456 | 135 | 157 | 153 | 616 | 176 | 92 | 648 | 10'405 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 45 | 12 | 12 | 13 | 35 | 30 | 13 | 5 | 402 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 2 | 2 | 2 | 2 | 7 | 3 | 1 | 0 | 45 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 797 | 287 | 303 | 216 | 707 | 433 | 164 | 165 | 7'407 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 279 | 37 | 41 | 51 | 226 | 133 | 50 | 201 | 4'766 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 161 | 22 | 23 | 45 | 59 | 86 | 28 | 32 | 1'308 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 1 | 0 | 270 | 6'166 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 1'256 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 127 | 46 | 48 | 31 | 230 | 58 | 17 | 46 | 1'686 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 27 | 11 | 11 | 7 | 38 | 11 | 6 | 14 | 410 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 397 | 299 | 596 | 601 | 1'232 | 161 | 162 | 51 | 8'576 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 62 | 52 | 59 | 60 | 390 | 32 | 27 | 68 | 2'554 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 40 | 15 | 43 | 52 | 66 | 19 | 18 | 14 | 638 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 94 | 688 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 6'788 |
| Summe P-Auswaschung | 2'394 | 918 | 1'294 | 1'231 | 3'680 | 1'141 | 578 | 1'612 | 53'119 |
| P-Deposition / Gewässer | 98 | 18 | 10 | 15 | 370 | 11 | 3 | 15 | 7'170 |
| P-landw. Direkteinträge | 330 | 98 | 118 | 104 | 296 | 174 | 76 | 159 | 4'457 |
| P-sonstige Direkteinträge | 286 | 91 | 102 | 91 | 326 | 134 | 58 | 252 | 6'396 |
| Summe P-Direkteinträge | 714 | 206 | 230 | 209 | 992 | 319 | 138 | 426 | 18'023 |
| Summe gelöste P-Einträge | 8'565 | 1'883 | 2'206 | 2'729 | 7'298 | 5'076 | 2'014 | 5'040 | 142'388 |
| partikuläre P-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 286 | 91 | 102 | 91 | 326 | 134 | 58 | 252 | 6'396 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 2'145 | 664 | 449 | 640 | 1'464 | 1'095 | 526 | 452 | 17'778 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 417 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 8 | 6 | 1 | 4 | 14 | 5 | 4 | 0 | 104 |
| P-Sonstige Erosion | 3'709 | 748 | 764 | 834 | 4'665 | 1'920 | 721 | 2'569 | 376'941 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 6'147 | 1'509 | 1'316 | 1'570 | 6'469 | 3'154 | 1'309 | 3'274 | 401'635 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 14'712 | 3'392 | 3'522 | 4'298 | 13'767 | 8'230 | 3'323 | 8'314 | 544'023 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 7'495 | 1'558 | 1'833 | 2'403 | 5'976 | 4'584 | 1'799 | 4'141 | 114'419 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 1'070 | 325 | 374 | 326 | 1'322 | 492 | 215 | 899 | 27'969 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 2'883 | 815 | 598 | 809 | 2'392 | 1'479 | 673 | 962 | 93'542 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 3'264 | 694 | 718 | 761 | 4'077 | 1'675 | 637 | 2'312 | 308'094 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 6'279 | 4'668 | 0 | 1'864 | 38'979 | 3'393 | 0 | 2'231 | 106'546 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 2'454 | 2'108 | 733 | 607 | 4'870 | 1'465 | 161 | 1'459 | 44'228 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 14'712 | 3'392 | 3'522 | 4'298 | 13'767 | 8'230 | 3'323 | 8'314 | 544'023 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 8'734 | 6'776 | 733 | 2'471 | 43'848 | 4'858 | 161 | 3'690 | 150'774 |
| Gesamt P-Einträge (kg / Jahr) | 23'445 | 10'168 | 4'256 | 6'769 | 57'616 | 13'088 | 3'485 | 12'003 | 694'798 |

Tab.60: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | Gadmer- wasser | Aare Oberhasli | Weisse Lütschine | Schwarze Lütschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
| gelöste P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 6 | 5 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe P-Abschwemmung | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 4 | 9 | 4 | 9 | 9 |
| P-Auswaschung / Wald | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.loose Flächen | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Summe P-Auswaschung | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 7 | 8 |
| P-Deposition / Gewässer | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Summe P-Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Summe gelöste P-Einträge | 6 | 6 | 8 | 8 | 19 | 10 | 18 | 11 | 17 | 19 |
| partikuläre P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Sonstige Erosion | 93 | 93 | 92 | 91 | 80 | 89 | 81 | 88 | 81 | 80 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 94 | 94 | 92 | 92 | 81 | 90 | 82 | 89 | 83 | 81 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 3 | 4 | 4 | 5 | 12 | 7 | 12 | 7 | 13 | 14 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 19 | 18 | 18 | 18 | 15 | 18 | 15 | 17 | 16 | 16 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 75 | 74 | 72 | 71 | 61 | 71 | 61 | 68 | 66 | 63 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 100 | 98 | 97 | 97 | 94 | 99 | 93 | 95 | 99 | 97 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 0 | 2 | 3 | 3 | 6 | 1 | 7 | 5 | 1 | 3 |
| Gesamt P- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab.60: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|-------------------|------------|----------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
| gelöste P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 12 | 9 | 4 | 16 | 18 | 11 | 13 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 7 | 9 | 4 | 15 | 8 | 9 | 20 | 12 | 11 | 9 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 1 | 2 | 0 | 7 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 5 | 3 | 4 | 1 | 5 | 6 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Summe P-Abschwemmung | 13 | 16 | 8 | 36 | 26 | 24 | 43 | 36 | 31 | 28 |
| P-Auswaschung / Wald | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 | 4 | 5 | 4 | 6 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 3 | 6 | 6 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.loose Flächen | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe P-Auswaschung | 7 | 10 | 5 | 12 | 12 | 11 | 20 | 17 | 20 | 23 |
| P-Deposition / Gewässer | 0 | 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| P-landw. Direkteinträge | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Summe P-Direkteinträge | 2 | 17 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 7 |
| Summe gelöste P-Einträge | 22 | 43 | 15 | 51 | 42 | 39 | 69 | 57 | 55 | 58 |
| partikuläre P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 1 | 0 | 7 | 8 | 3 | 7 | 15 | 9 | 11 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Sonstige Erosion | 76 | 55 | 84 | 40 | 48 | 57 | 22 | 26 | 34 | 28 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 78 | 57 | 85 | 49 | 58 | 61 | 31 | 43 | 45 | 42 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 17 | 22 | 11 | 44 | 34 | 28 | 50 | 31 | 37 | 18 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 4 | 8 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 5 | 3 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 15 | 8 | 16 | 15 | 17 | 12 | 9 | 12 | 12 | 6 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 58 | 32 | 64 | 33 | 38 | 42 | 16 | 14 | 22 | 9 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 4 | 16 | 5 | 1 | 0 | 3 | 7 | 23 | 17 | 47 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 2 | 15 | 1 | 2 | 4 | 9 | 13 | 15 | 7 | 17 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 94 | 70 | 94 | 96 | 96 | 89 | 81 | 62 | 76 | 36 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 6 | 30 | 6 | 4 | 4 | 11 | 19 | 38 | 24 | 64 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab.60: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|------------|-------------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Worble | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
| gelöste P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 20 | 17 | 5 | 10 | 11 | 5 | 4 | 13 | 10 | 11 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 10 | 4 | 1 | 5 | 10 | 13 | 16 | 10 | 3 | 2 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 4 | 3 | 0 | 3 | 3 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Summe P-Abschwemmung | 37 | 25 | 8 | 22 | 34 | 27 | 29 | 33 | 16 | 16 |
| P-Auswaschung / Wald | 3 | 5 | 2 | 6 | 8 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 7 | 8 | 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 11 | 7 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 3 | 6 | 24 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 26 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.loose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe P-Auswaschung | 19 | 25 | 42 | 25 | 19 | 10 | 9 | 11 | 37 | 44 |
| P-Deposition / Gewässer | 0 | 4 | 20 | 12 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| P-landw. Direkteinträge | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| P-sonstige Direkteinträge | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Summe P-Direkteinträge | 5 | 10 | 26 | 16 | 5 | 3 | 3 | 3 | 7 | 5 |
| Summe gelöste P-Einträge | 61 | 60 | 76 | 62 | 58 | 40 | 41 | 47 | 60 | 65 |
| partikuläre P-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 19 | 21 | 10 | 8 | 6 | 2 | 1 | 8 | 14 | 13 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Sonstige Erosion | 18 | 16 | 11 | 18 | 32 | 56 | 56 | 44 | 22 | 19 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 39 | 40 | 24 | 38 | 42 | 60 | 59 | 53 | 40 | 35 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 30 | 13 | 41 | 42 | 27 | 34 | 33 | 40 | 20 | 39 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 5 | 3 | 11 | 11 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 13 | 6 | 9 | 17 | 7 | 13 | 11 | 15 | 7 | 12 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 9 | 4 | 8 | 14 | 17 | 46 | 42 | 35 | 9 | 12 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 52 | 16 | 5 | 28 | 1 | 6 | 0 | 38 | 21 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 44 | 22 | 14 | 11 | 15 | 2 | 3 | 5 | 22 | 11 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 56 | 26 | 69 | 84 | 58 | 98 | 91 | 95 | 40 | 69 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 44 | 74 | 31 | 16 | 42 | 2 | 9 | 5 | 60 | 31 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab.60: Phosphor-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | Total |
|---|-------------|--------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|-------------------|---------------------|
| | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
| gelöste P-Einträge (%) | | | | | | | | | |
| P-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Obstbau | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Ackerland | 17 | 14 | 12 | 16 | 9 | 23 | 21 | 10 | 4 |
| P-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 11 | 3 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 | 15 | 5 |
| P-Abschwemmung / Heimweiden | 7 | 3 | 3 | 7 | 2 | 8 | 7 | 3 | 2 |
| P-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 2 |
| P-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Summe P-Abschwemmung | 37 | 22 | 19 | 30 | 19 | 44 | 39 | 36 | 13 |
| P-Auswaschung / Wald | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 8 | 2 |
| P-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Ackerland | 5 | 8 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| P-Auswaschung / Heimweiden | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| P-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Auswaschung / Siedlungsgrün | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| P-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Ackerland | 3 | 9 | 17 | 14 | 9 | 2 | 5 | 1 | 2 |
| P-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| P-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Summe P-Auswaschung | 16 | 27 | 37 | 29 | 27 | 14 | 17 | 19 | 10 |
| P-Deposition / Gewässer | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| P-landw. Direkteinträge | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| P-sonstige Direkteinträge | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| Summe P-Direkteinträge | 5 | 6 | 7 | 5 | 7 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| Summe gelöste P-Einträge | 58 | 56 | 63 | 63 | 53 | 62 | 61 | 61 | 26 |
| partikuläre P-Einträge (%) | | | | | | | | | |
| P-sonstige Direkteinträge | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| P-Bodenerosion / Ackerland | 15 | 20 | 13 | 15 | 11 | 13 | 16 | 5 | 3 |
| P-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P-Sonstige Erosion | 25 | 22 | 22 | 19 | 34 | 23 | 22 | 31 | 69 |
| Summe partikuläre P-Einträge | 42 | 44 | 37 | 37 | 47 | 38 | 39 | 39 | 74 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 32 | 15 | 43 | 35 | 10 | 35 | 52 | 34 | 16 |
| gelöste P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 5 | 3 | 9 | 5 | 2 | 4 | 6 | 7 | 4 |
| partikuläre P-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 12 | 8 | 14 | 12 | 4 | 11 | 19 | 8 | 13 |
| partikuläre P-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 14 | 7 | 17 | 11 | 7 | 13 | 18 | 19 | 44 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 27 | 46 | 0 | 28 | 68 | 26 | 0 | 19 | 15 |
| P-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 10 | 21 | 17 | 9 | 8 | 11 | 5 | 12 | 6 |
| Summe P-Einträge aus diffusen Quellen | 63 | 33 | 83 | 63 | 24 | 63 | 95 | 69 | 78 |
| Summe P-Einträge aus punktuellen Quellen | 37 | 67 | 17 | 37 | 76 | 37 | 5 | 31 | 22 |
| Gesamt P-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 61: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| | Gadmer- wasser | Aare Oberhasli | Weisse Lütschine | Schwarze Lütschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
| gelöste N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 74 | 161 | 68 | 116 | 108 | 49 | 88 | 144 | 159 | 208 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 2 | 0 | 11 | 10 | 2 | 3 | 15 | 1 | 3 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 2 | 11 | 1 | 9 | 9 | 2 | 0 | 25 | 23 | 2 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 85 | 544 | 146 | 420 | 177 | 97 | 667 | 698 | 459 | 782 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 6 | 26 | 7 | 59 | 14 | 8 | 27 | 64 | 39 | 46 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 407 | 905 | 549 | 906 | 767 | 478 | 873 | 925 | 1'289 | 1'515 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 182 | 399 | 117 | 138 | 169 | 69 | 134 | 211 | 151 | 118 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 21 | 101 | 28 | 80 | 54 | 23 | 60 | 107 | 80 | 100 |
| Summe N-Abschwemmung | 776 | 2'149 | 916 | 1'737 | 1'309 | 729 | 1'852 | 2'190 | 2'202 | 2'774 |
| N-Auswaschung / Wald | 19'131 | 54'624 | 16'933 | 36'758 | 32'570 | 11'512 | 17'153 | 33'626 | 20'873 | 34'329 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 0 | 152 | 20 | 401 | 349 | 50 | 50 | 514 | 26 | 37 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 38 | 84 | 43 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 0 | 2'528 | 0 | 1'510 | 170 | 154 | 0 | 2'395 | 1'151 | 0 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 3'051 | 26'605 | 5'105 | 13'987 | 6'063 | 3'108 | 13'764 | 23'341 | 8'095 | 18'803 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 153 | 653 | 252 | 1'549 | 433 | 227 | 492 | 1'581 | 751 | 908 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 17'062 | 35'643 | 18'390 | 33'758 | 19'029 | 20'173 | 32'112 | 33'159 | 35'210 | 53'954 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 8'008 | 15'088 | 5'207 | 5'602 | 5'453 | 2'733 | 5'252 | 7'639 | 4'806 | 4'915 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 425 | 6'959 | 1'592 | 4'954 | 4'506 | 556 | 2'475 | 6'058 | 761 | 3'626 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 269 | 1'313 | 312 | 867 | 616 | 203 | 536 | 1'039 | 464 | 756 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 141 | 29 | 0 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 18 | 764 | 388 | 355 | 321 | 0 | 106 | 435 | 377 | 531 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 10 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 22 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 40 | 900 | 0 | 0 | 234 | 113 | 61 | 409 | 754 | 730 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 36'125 | 102'320 | 35'288 | 39'631 | 8'583 | 12'942 | 11'744 | 52'494 | 6'346 | 18'031 |
| Summe N-Auswaschung | 84'282 | 247'720 | 83'524 | 139'478 | 78'370 | 51'772 | 83'745 | 162'922 | 79'644 | 136'642 |
| N-Deposition / Gewässer | 1'353 | 8'754 | 993 | 1'352 | 32'138 | 773 | 1'585 | 3'613 | 344 | 1'417 |
| N-landw. Direkteinträge | 147 | 498 | 149 | 378 | 249 | 205 | 531 | 468 | 387 | 706 |
| N-sonstige Direkteinträge | 1'670 | 4'330 | 1'640 | 2'242 | 1'386 | 915 | 1'450 | 2'638 | 1'315 | 2'395 |
| Summe N-Direkteinträge | 3'170 | 13'582 | 2'782 | 3'973 | 33'773 | 1'893 | 3'565 | 6'719 | 2'046 | 4'518 |
| Summe gelöste N-Einträge | 88'228 | 263'451 | 87'222 | 145'187 | 113'452 | 54'394 | 89'162 | 171'831 | 83'892 | 143'934 |
| partikuläre N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 1'670 | 4'330 | 1'640 | 2'242 | 1'386 | 915 | 1'450 | 2'638 | 1'315 | 2'395 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 1 | 14 | 3 | 8 | 8 | 7 | 0 | 45 | 66 | 5 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| N-Sonstige Erosion | 43'674 | 126'801 | 35'264 | 52'217 | 17'183 | 16'564 | 17'964 | 44'899 | 16'726 | 24'625 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 45'345 | 131'145 | 36'908 | 54'468 | 18'577 | 17'487 | 19'413 | 47'590 | 18'108 | 27'024 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 133'572 | 394'596 | 124'130 | 199'656 | 132'029 | 71'880 | 108'576 | 219'422 | 102'000 | 170'958 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 42'253 | 139'649 | 39'293 | 70'804 | 66'057 | 27'576 | 47'802 | 93'547 | 45'429 | 76'852 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 45'975 | 123'802 | 47'929 | 74'383 | 47'395 | 26'818 | 41'360 | 78'284 | 38'464 | 67'082 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 8'732 | 25'348 | 7'049 | 10'432 | 3'432 | 3'318 | 3'580 | 9'007 | 3'407 | 4'909 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 36'613 | 105'797 | 29'860 | 44'036 | 15'145 | 14'168 | 15'834 | 38'583 | 14'701 | 22'115 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 20'076 | 23'614 | 20'801 | 15'935 | 752 | 16'370 | 32'212 | 0 | 0 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 188 | 3'121 | 863 | 2'592 | 2'090 | 474 | 2'161 | 2'152 | 490 | 2'587 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 133'572 | 394'596 | 124'130 | 199'656 | 132'029 | 71'880 | 108'576 | 219'422 | 102'000 | 170'958 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 188 | 23'197 | 24'477 | 23'393 | 18'025 | 1'226 | 18'530 | 34'364 | 490 | 2'587 |
| Gesamt N- Einträge (kg / Jahr) | 133'761 | 417'793 | 148'607 | 223'048 | 150'054 | 73'106 | 127'106 | 253'786 | 102'490 | 173'545 |

Tab. 61: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|----------------------|----------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarz- wasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun- Bern |
| gelöste N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 223 | 269 | 404 | 167 | 489 | 161 | 3 | 0 | 115 | 40 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 29 | 70 | 2 | 89 | 120 | 35 | 31 | 77 | 149 | 123 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 57 | 75 | 3 | 1'271 | 2'589 | 301 | 391 | 938 | 1'287 | 1'279 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 1'405 | 1'212 | 1'297 | 1'465 | 1'965 | 566 | 451 | 547 | 1'126 | 769 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 172 | 243 | 45 | 646 | 788 | 252 | 113 | 200 | 484 | 223 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 1'687 | 852 | 2'026 | 325 | 3'340 | 942 | 17 | 26 | 583 | 129 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 139 | 119 | 227 | 18 | 241 | 93 | 0 | 0 | 70 | 39 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 147 | 297 | 166 | 266 | 590 | 127 | 66 | 158 | 359 | 550 |
| Summe N-Abschwemmung | 3'860 | 3'141 | 4'171 | 4'248 | 10'129 | 2'476 | 1'073 | 1'946 | 4'174 | 3'158 |
| N-Auswaschung / Wald | 48'430 | 48'880 | 38'883 | 31'941 | 56'275 | 22'085 | 9'567 | 16'841 | 20'767 | 26'253 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 424 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 614 | 1'935 | 51 | 1'717 | 3'144 | 832 | 591 | 1'884 | 3'329 | 3'546 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 75 | 338 | 71 | 24 | 1'129 | 172 | 89 | 182 | 359 | 2'414 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 3'116 | 5'579 | 0 | 87'137 | 269'689 | 14'242 | 25'211 | 71'576 | 141'339 | 195'088 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 29'153 | 26'413 | 18'585 | 27'638 | 43'321 | 10'475 | 8'778 | 11'111 | 21'428 | 23'328 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 3'292 | 4'626 | 523 | 10'466 | 12'608 | 3'900 | 1'962 | 3'736 | 8'204 | 4'667 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 55'057 | 18'721 | 51'893 | 3'577 | 40'843 | 14'687 | 373 | 718 | 6'083 | 1'919 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 5'868 | 3'785 | 6'623 | 258 | 3'698 | 1'770 | 8 | 6 | 1'135 | 1'180 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 4'376 | 25'070 | 3'917 | 4'997 | 16'371 | 3'077 | 2'036 | 6'149 | 12'655 | 32'113 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 1'106 | 2'266 | 793 | 1'147 | 2'660 | 535 | 353 | 788 | 1'608 | 2'721 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 54 | 759 | 0 | 3'569 | 16'182 | 393 | 5'196 | 11'101 | 46'893 | 35'627 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 1'007 | 2'137 | 719 | 1'028 | 2'482 | 290 | 1'619 | 1'138 | 6'275 | 5'502 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 61 | 240 | 6 | 321 | 325 | 134 | 280 | 364 | 1'344 | 984 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 818 | 294 | 442 | 538 | 1'749 | 131 | 0 | 0 | 1'252 | 16 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 4'069 | 2'705 | 22'826 | 130 | 6'215 | 2'224 | 16 | 5 | 1'927 | 1'400 |
| Summe N-Auswaschung | 157'097 | 144'173 | 145'331 | 174'489 | 476'693 | 74'946 | 56'077 | 125'600 | 274'598 | 336'757 |
| N-Deposition / Gewässer | 1'740 | 65'126 | 2'359 | 2'487 | 8'866 | 1'636 | 412 | 360 | 3'325 | 6'742 |
| N-landw. Direkteinträge | 772 | 640 | 746 | 698 | 1'712 | 411 | 316 | 424 | 921 | 1'062 |
| N-sonstige Direkteinträge | 2'145 | 2'149 | 2'561 | 1'288 | 3'012 | 864 | 400 | 694 | 1'321 | 1'452 |
| Summe N-Direkteinträge | 4'657 | 67'915 | 5'667 | 4'473 | 13'590 | 2'911 | 1'128 | 1'478 | 5'567 | 9'255 |
| Summe gelöste N-Einträge | 165'614 | 215'230 | 155'168 | 183'210 | 500'413 | 80'334 | 58'279 | 129'025 | 284'339 | 349'170 |
| partikuläre N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 2'145 | 2'149 | 2'561 | 1'288 | 3'012 | 864 | 400 | 694 | 1'321 | 1'452 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 85 | 144 | 14 | 1'221 | 3'324 | 275 | 273 | 1'125 | 1'426 | 1'503 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 2 | 2 | 0 | 1 | 30 | 2 | 2 | 3 | 4 | 16 |
| N-Sonstige Erosion | 22'836 | 9'388 | 39'995 | 8'489 | 24'074 | 7'049 | 1'012 | 2'370 | 7'092 | 7'177 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 25'068 | 11'690 | 42'571 | 10'999 | 30'440 | 8'190 | 1'687 | 4'192 | 9'843 | 10'147 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 190'682 | 226'920 | 197'739 | 194'208 | 530'853 | 88'524 | 59'966 | 133'217 | 294'182 | 359'317 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 91'605 | 149'414 | 86'722 | 142'513 | 390'224 | 50'861 | 44'408 | 102'780 | 240'330 | 289'552 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 74'009 | 65'816 | 68'446 | 40'697 | 110'189 | 29'473 | 13'871 | 26'245 | 44'008 | 59'618 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 4'632 | 1'968 | 7'993 | 2'905 | 8'119 | 1'677 | 471 | 1'580 | 2'811 | 2'866 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 20'436 | 9'722 | 34'578 | 8'094 | 22'320 | 6'513 | 1'216 | 2'612 | 7'032 | 7'281 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 34'909 | 104'309 | 45'009 | 395 | 216 | 912 | 291 | 48'058 | 62'124 | 313'403 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 1874 | 11'490 | 1325 | 944 | 4480 | 2381 | 1400 | 3198 | 3454 | 17638 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 190'682 | 226'920 | 197'739 | 194'208 | 530'853 | 88'524 | 59'966 | 133'217 | 294'182 | 359'317 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 36'783 | 115'799 | 46'334 | 1'339 | 4'696 | 3'293 | 1'691 | 51'256 | 65'578 | 331'042 |
| Gesamt N- Einträge (kg / Jahr) | 227'465 | 342'719 | 244'073 | 195'547 | 535'548 | 91'817 | 61'657 | 184'473 | 359'760 | 690'359 |

Tab. 61: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|----------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Worbles | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
| gelöste N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 79 | 214 | 279 | 272 | 10 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 8 | 71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 78 | 111 | 73 | 13 | 28 | 68 | 80 | 58 | 19 | 26 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 2 | 11 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 891 | 2'138 | 556 | 691 | 1'367 | 1'059 | 687 | 827 | 481 | 546 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 375 | 436 | 156 | 293 | 1'079 | 2'551 | 2'990 | 620 | 104 | 90 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 153 | 294 | 26 | 138 | 254 | 946 | 1'110 | 423 | 57 | 67 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 279 | 2'155 | 2'112 | 1'511 | 271 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 2 | 1 | 4 | 9 | 163 | 47 | 2 | 1 | 0 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 233 | 968 | 434 | 222 | 536 | 424 | 448 | 129 | 375 | 213 |
| Summe N-Abschwemmung | 1'732 | 3'961 | 1'261 | 1'791 | 5'644 | 7'601 | 7'145 | 2'341 | 1'040 | 942 |
| N-Auswaschung / Wald | 12'154 | 59'912 | 23'131 | 32'634 | 79'137 | 55'530 | 64'591 | 22'756 | 22'628 | 19'484 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 807 | 8'491 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 2'056 | 3'887 | 3'515 | 418 | 539 | 1'067 | 1'107 | 1'060 | 1'255 | 1'365 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 817 | 2'575 | 1'810 | 72 | 414 | 31 | 145 | 70 | 453 | 296 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 103'261 | 391'001 | 331'678 | 59'617 | 88'635 | 45'835 | 24'316 | 52'260 | 190'379 | 136'187 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 9'340 | 15'628 | 12'547 | 6'164 | 21'290 | 38'076 | 39'246 | 11'005 | 7'123 | 4'417 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 3'088 | 7'630 | 1'243 | 2'576 | 4'188 | 13'231 | 13'019 | 7'046 | 2'283 | 1'873 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 4'456 | 43'997 | 32'068 | 24'857 | 5'780 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 21 | 333 | 1'797 | 189 | 308 | 2'657 | 886 | 66 | 92 | 82 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 16'094 | 48'379 | 16'650 | 7'845 | 18'691 | 5'258 | 5'882 | 3'526 | 11'187 | 4'618 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 1'224 | 5'511 | 2'520 | 1'107 | 2'167 | 1'509 | 1'484 | 642 | 1'877 | 1'150 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 7'601 | 56'045 | 197'738 | 26'869 | 2'254 | 3'822 | 641 | 411 | 42'182 | 92'782 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 440 | 1'777 | 7'370 | 3'436 | 1'166 | 3'561 | 1'255 | 103 | 1'570 | 3'238 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 375 | 874 | 220 | 1'398 | 254 | 1'079 | 222 | 37 | 550 | 1'018 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1'535 | 689 | 1'835 | 533 | 33 | 0 | 0 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 6 | 0 | 52 | 176 | 5'269 | 1'167 | 21 | 0 | 0 |
| Summe N-Auswaschung | 156'471 | 593'558 | 601'027 | 156'860 | 263'903 | 210'831 | 179'349 | 104'817 | 281'579 | 266'510 |
| N-Deposition / Gewässer | 313 | 18'225 | 73'758 | 27'953 | 1'000 | 4'679 | 4'453 | 740 | 1'432 | 1'263 |
| N-landw. Direkteinträge | 444 | 1'405 | 805 | 331 | 791 | 1'184 | 1'013 | 465 | 545 | 466 |
| N-sonstige Direkteinträge | 647 | 2'310 | 1'823 | 1'013 | 2'115 | 2'256 | 2'056 | 804 | 908 | 767 |
| Summe N-Direkteinträge | 1'404 | 21'941 | 76'386 | 29'297 | 3'906 | 8'118 | 7'522 | 2'009 | 2'886 | 2'496 |
| Summe gelöste N-Einträge | 159'607 | 619'460 | 678'674 | 187'947 | 273'454 | 226'550 | 194'016 | 109'166 | 285'505 | 269'948 |
| partikuläre N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 647 | 2'310 | 1'823 | 1'013 | 2'115 | 2'256 | 2'056 | 804 | 908 | 767 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 1'116 | 3'405 | 1'329 | 616 | 972 | 657 | 436 | 793 | 769 | 815 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 67 | 789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 6 | 28 | 8 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 |
| N-Sonstige Erosion | 2'052 | 5'348 | 2'505 | 2'334 | 7'220 | 23'240 | 21'545 | 5'623 | 2'466 | 2'411 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 3'822 | 11'091 | 5'730 | 4'752 | 10'312 | 26'155 | 24'037 | 7'221 | 4'147 | 3'994 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 163'428 | 630'551 | 684'404 | 192'700 | 283'765 | 252'705 | 218'053 | 116'388 | 289'652 | 273'942 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 132'713 | 524'559 | 609'859 | 150'170 | 188'736 | 148'080 | 124'050 | 83'476 | 247'470 | 237'521 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 26'894 | 94'901 | 68'815 | 37'777 | 84'718 | 78'471 | 69'965 | 25'691 | 38'035 | 32'427 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 1'490 | 4'351 | 1'858 | 1'852 | 2'359 | 5'286 | 4'721 | 1'904 | 1'222 | 1'282 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 2'331 | 6'740 | 3'873 | 2'900 | 7'952 | 20'869 | 19'316 | 5'318 | 2'925 | 2'713 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 979'568 | 44'045 | 12'398 | 51'862 | 398 | 43'506 | 0 | 105'620 | 11'013 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 11096 | 39969 | 6329 | 2486 | 7739 | 972 | 2111 | 1227 | 7519 | 2680 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 163'428 | 630'551 | 684'404 | 192'700 | 283'765 | 252'705 | 218'053 | 116'388 | 289'652 | 273'942 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 11'096 | 1'019'537 | 50'374 | 14'884 | 59'601 | 1'370 | 45'618 | 1'227 | 113'139 | 13'693 |
| Gesamt N- Einträge (kg / Jahr) | 174'524 | 1'650'088 | 734'778 | 207'584 | 343'366 | 254'076 | 263'671 | 117'614 | 402'791 | 287'635 |

Tab. 61: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (absolute Werte). Fortsetzung.

| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | Total |
|---|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|-------------------|---------------------|
| | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
| gelöste N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 115 | 4'071 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 301 | 60 | 41 | 75 | 158 | 230 | 99 | 49 | 2'339 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 3 | 5 | 1 | 3 | 11 | 2 | 2 | 0 | 70 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 3'663 | 846 | 661 | 1'030 | 2'035 | 2'611 | 1'015 | 1'458 | 30'836 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 2'029 | 146 | 136 | 321 | 1'023 | 961 | 337 | 1'888 | 30'416 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 1'307 | 140 | 144 | 347 | 373 | 753 | 250 | 363 | 10'606 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 404 | 5 | 0 | 2'115 | 27'395 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 7 | 2'880 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 882 | 335 | 330 | 222 | 1'241 | 340 | 175 | 634 | 11'522 |
| Summe N-Abschwemmung | 8'188 | 1'533 | 1'313 | 1'998 | 5'308 | 4'903 | 1'879 | 6'629 | 120'218 |
| N-Auswaschung / Wald | 69'246 | 22'535 | 25'513 | 24'222 | 94'024 | 25'412 | 13'807 | 100'038 | 1'364'188 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 9'767 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 6'940 | 2'049 | 1'941 | 2'065 | 5'650 | 4'142 | 1'907 | 814 | 61'024 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 1'026 | 1'221 | 1'213 | 757 | 3'635 | 1'246 | 339 | 0 | 21'166 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 418'857 | 173'069 | 200'120 | 129'284 | 410'150 | 200'277 | 87'557 | 79'301 | 3'942'670 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 41'105 | 6'140 | 6'618 | 7'828 | 35'954 | 18'628 | 7'413 | 31'536 | 662'211 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 24'067 | 3'677 | 3'725 | 7'051 | 9'378 | 12'148 | 4'230 | 5'052 | 186'487 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 7'476 | 96 | 0 | 48'131 | 659'221 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 91 | 76 | 21 | 27 | 573 | 23 | 8 | 329 | 96'614 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 34'831 | 13'250 | 13'629 | 8'864 | 64'478 | 15'382 | 4'553 | 13'096 | 448'886 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 4'087 | 1'830 | 1'746 | 1'170 | 6'018 | 1'547 | 900 | 2'155 | 58'996 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 43'421 | 33'945 | 76'405 | 73'095 | 134'796 | 17'695 | 18'447 | 5'094 | 953'351 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 1'792 | 1'623 | 1'820 | 1'843 | 11'685 | 936 | 836 | 2'147 | 72'089 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 1'225 | 448 | 1'330 | 1'604 | 1'981 | 550 | 548 | 450 | 18'314 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 3'212 | 16'817 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 6 | 7 | 0 | 0 | 235 | 0 | 0 | 275 | 372'235 |
| Summe N-Auswaschung | 646'695 | 259'871 | 334'083 | 257'810 | 786'553 | 298'082 | 140'546 | 291'631 | 8'944'038 |
| N-Deposition / Gewässer | 5'165 | 1'018 | 570 | 866 | 21'375 | 584 | 188 | 825 | 309'780 |
| N-landw. Direkteinträge | 1'945 | 542 | 677 | 609 | 1'651 | 1'043 | 444 | 969 | 26'750 |
| N-sonstige Direkteinträge | 2'855 | 908 | 1'019 | 908 | 3'257 | 1'340 | 583 | 2'523 | 63'959 |
| Summe N-Direkteinträge | 9'965 | 2'467 | 2'266 | 2'384 | 26'283 | 2'966 | 1'216 | 4'317 | 400'489 |
| Summe gelöste N-Einträge | 664'847 | 263'871 | 337'662 | 262'191 | 818'145 | 305'951 | 143'640 | 302'577 | 9'464'745 |
| partikuläre N-Einträge (kg / Jahr) | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 2'855 | 908 | 1'019 | 908 | 3'257 | 1'340 | 583 | 2'523 | 63'959 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 4'381 | 1'383 | 917 | 1'308 | 2'877 | 2'236 | 1'074 | 1'047 | 35'679 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 869 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 16 | 12 | 2 | 8 | 27 | 10 | 9 | 0 | 207 |
| N-Sonstige Erosion | 9'271 | 2'806 | 2'866 | 3'128 | 17'494 | 4'801 | 1'803 | 8'563 | 650'874 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 16'523 | 5'109 | 4'803 | 5'353 | 23'657 | 8'386 | 3'469 | 12'133 | 751'588 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 681'370 | 268'980 | 342'465 | 267'544 | 841'802 | 314'338 | 147'109 | 314'710 | 10'216'334 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 548'202 | 225'455 | 293'558 | 225'081 | 681'096 | 253'397 | 119'898 | 201'997 | 7'232'986 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 116'645 | 38'416 | 44'104 | 37'110 | 137'049 | 52'554 | 23'743 | 100'581 | 2'231'759 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 6'136 | 1'908 | 1'447 | 1'915 | 6'208 | 3'160 | 1'427 | 2'714 | 165'476 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 10'386 | 3'201 | 3'356 | 3'438 | 17'450 | 5'227 | 2'042 | 9'419 | 586'113 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 158'030 | 199'655 | 0 | 59'334 | 744'559 | 162'425 | 0 | 96'523 | 3'408'322 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 11'592 | 10'075 | 3'106 | 3'198 | 21'490 | 8'124 | 668 | 6'645 | 211'926 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 681'370 | 268'980 | 342'465 | 267'544 | 841'802 | 314'338 | 147'109 | 314'710 | 10'216'334 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 169'622 | 209'730 | 3'106 | 62'532 | 766'048 | 170'549 | 668 | 103'168 | 3'620'248 |
| Gesamt N-Einträge (kg / Jahr) | 850'993 | 478'710 | 345'572 | 330'076 | 1'607'850 | 484'887 | 147'776 | 417'878 | 13'836'582 |

Tab. 62: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | Gadmer- wasser | Aare Oberhasli | Weisse Lütschine | Schwarze Lütschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
| gelöste N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Abschwemmung | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| N-Auswaschung / Wald | 14 | 14 | 14 | 18 | 25 | 16 | 16 | 15 | 20 | 20 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 2 | 7 | 4 | 7 | 5 | 4 | 13 | 11 | 8 | 11 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 13 | 9 | 15 | 17 | 14 | 28 | 30 | 15 | 35 | 32 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 6 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.loose Flächen | 27 | 26 | 28 | 20 | 7 | 18 | 11 | 24 | 6 | 11 |
| Summe N-Auswaschung | 63 | 63 | 67 | 70 | 59 | 72 | 77 | 74 | 78 | 80 |
| N-Deposition / Gewässer | 1 | 2 | 1 | 1 | 24 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| N-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Summe N-Direkteinträge | 2 | 3 | 2 | 2 | 26 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Summe gelöste N-Einträge | 66 | 67 | 70 | 73 | 86 | 76 | 82 | 78 | 82 | 84 |
| partikuläre N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Sonstige Erosion | 33 | 32 | 28 | 26 | 13 | 23 | 17 | 20 | 16 | 14 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 34 | 33 | 30 | 27 | 14 | 24 | 18 | 22 | 18 | 16 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 32 | 33 | 26 | 32 | 44 | 38 | 38 | 37 | 44 | 44 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 34 | 30 | 32 | 33 | 32 | 37 | 33 | 31 | 38 | 39 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 7 | 6 | 5 | 5 | 2 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 27 | 25 | 20 | 20 | 10 | 19 | 12 | 15 | 14 | 13 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 5 | 16 | 9 | 11 | 1 | 13 | 13 | 0 | 0 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 100 | 94 | 84 | 90 | 88 | 98 | 85 | 86 | 100 | 99 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 0 | 6 | 16 | 10 | 12 | 2 | 15 | 14 | 0 | 1 |
| Gesamt N- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 62: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|-------------------|------------|----------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
| gelöste N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Abschwemmung | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| N-Auswaschung / Wald | 25 | 22 | 20 | 16 | 11 | 25 | 16 | 13 | 7 | 7 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 2 | 2 | 0 | 45 | 51 | 16 | 42 | 54 | 48 | 54 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 15 | 12 | 9 | 14 | 8 | 12 | 15 | 8 | 7 | 6 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 2 | 2 | 0 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 29 | 8 | 26 | 2 | 8 | 17 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 2 | 11 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 9 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 9 | 8 | 16 | 10 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.loose Flächen | 2 | 1 | 12 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Summe N-Auswaschung | 82 | 64 | 73 | 90 | 90 | 85 | 94 | 94 | 93 | 94 |
| N-Deposition / Gewässer | 1 | 29 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| N-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Summe N-Direkteinträge | 2 | 30 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Summe gelöste N-Einträge | 87 | 95 | 78 | 94 | 94 | 91 | 97 | 97 | 97 | 97 |
| partikuläre N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Sonstige Erosion | 12 | 4 | 20 | 4 | 5 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 13 | 5 | 22 | 6 | 6 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 40 | 44 | 36 | 73 | 73 | 55 | 72 | 56 | 67 | 42 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 33 | 19 | 28 | 21 | 21 | 32 | 22 | 14 | 12 | 9 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 9 | 3 | 14 | 4 | 4 | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 15 | 30 | 18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 26 | 17 | 45 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 84 | 66 | 81 | 99 | 99 | 96 | 97 | 72 | 82 | 52 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 16 | 34 | 19 | 1 | 1 | 4 | 3 | 28 | 18 | 48 |
| Gesamt N- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 62: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------------|------------|------------|------------|------------|
| | Worbles | Aare Bern- Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Ilfis | Grüne | Urtenen | Limpach |
| gelöste N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Abschwemmung | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Wald | 7 | 10 | 3 | 17 | 28 | 22 | 30 | 20 | 8 | 7 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 63 | 62 | 48 | 31 | 31 | 18 | 11 | 45 | 66 | 50 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 6 | 2 | 2 | 3 | 8 | 15 | 18 | 9 | 2 | 2 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 | 6 | 6 | 1 | 1 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 2 | 16 | 13 | 11 | 5 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 10 | 8 | 2 | 4 | 7 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 5 | 9 | 29 | 14 | 1 | 2 | 0 | 15 | 34 | |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Ausw.+ Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Auswaschung | 96 | 94 | 88 | 81 | 93 | 83 | 82 | 90 | 97 | 97 |
| N-Deposition / Gewässer | 0 | 3 | 11 | 15 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| N-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Summe N-Direkteinträge | 1 | 3 | 11 | 15 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Summe gelöste N-Einträge | 98 | 98 | 99 | 98 | 96 | 90 | 89 | 94 | 99 | 99 |
| partikuläre N-Einträge (%) | | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Sonstige Erosion | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 9 | 10 | 5 | 1 | 1 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 10 | 11 | 6 | 1 | 1 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 76 | 32 | 83 | 72 | 55 | 58 | 47 | 71 | 61 | 83 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 15 | 6 | 9 | 18 | 25 | 31 | 27 | 22 | 9 | 11 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 8 | 7 | 5 | 1 | 1 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 0 | 59 | 6 | 6 | 15 | 0 | 17 | 0 | 26 | 4 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 94 | 38 | 93 | 93 | 83 | 99 | 83 | 99 | 72 | 95 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 6 | 62 | 7 | 7 | 17 | 1 | 17 | 1 | 28 | 5 |
| Gesamt N- Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 62: Stickstoff-Einträge aus diffusen Quellen in den Einzugsgebieten des Untersuchungsgebietes (prozentuale Werte). Fortsetzung.

| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | Total |
|---|-------------|--------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|-------------------|---------------------|
| | Untere Emme | Alte Aare-Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel-Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
| gelöste N-Einträge (%) | | | | | | | | | |
| N-Abschwemmung / Wald | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Obstbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Ackerland | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Dauerwiesen etc. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Abschwemmung / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Abschwemmung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Abschwemmung / Strassen & Wege | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Summe N-Abschwemmung | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| N-Auswaschung / Wald | 10 | 8 | 7 | 9 | 11 | 8 | 9 | 32 | 13 |
| N-Auswaschung / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Obstbau | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| N-Auswaschung / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Auswaschung / Ackerland | 61 | 64 | 58 | 48 | 49 | 64 | 60 | 25 | 39 |
| N-Auswaschung / Dauerwiesen etc. | 6 | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 5 | 10 | 6 |
| N-Auswaschung / Heimweiden | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| N-Auswaschung / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | 6 |
| N-Auswaschung / Unprod. Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| N-Auswaschung / Siedlungsgrün | 5 | 5 | 4 | 3 | 8 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| N-Auswaschung / Strassen & Wege | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Ackerland | 6 | 13 | 22 | 27 | 16 | 6 | 13 | 2 | 9 |
| N-Drainagewasser / Dauerwiesen etc. | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| N-Drainagewasser / Heimweiden | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Drainagewasser / Alpwirtsch. Nutzfl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N-Ausw. + Abschw. / Veg.lose Flächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Summe N-Auswaschung | 95 | 97 | 98 | 96 | 93 | 95 | 96 | 93 | 88 |
| N-Deposition / Gewässer | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| N-landw. Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-sonstige Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Summe N-Direkteinträge | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Summe gelöste N-Einträge | 98 | 98 | 99 | 98 | 97 | 97 | 98 | 96 | 93 |
| partikuläre N-Einträge (%) | | | | | | | | | |
| N-sonstige Direkteinträge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| N-Bodenerosion / Ackerland | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Reben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Bodenerosion / Gartenbau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N-Sonstige Erosion | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| Summe partikuläre N-Einträge | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 7 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| gelöste N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 64 | 47 | 85 | 68 | 42 | 52 | 81 | 48 | 52 |
| gelöste N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 14 | 8 | 13 | 11 | 9 | 11 | 16 | 24 | 16 |
| partikuläre N-Einträge (anthropogen diffusen Quellen) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| partikuläre N-Einträge (natürliche Hintergrundlast) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (ARA) | 19 | 42 | 0 | 18 | 46 | 33 | 0 | 23 | 25 |
| N-Einträge punktuellen Quellen (Entlastungen) | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Summe N-Einträge aus diffusen Quellen | 80 | 56 | 99 | 81 | 52 | 65 | 100 | 75 | 74 |
| Summe N-Einträge aus punktuellen Quellen | 20 | 44 | 1 | 19 | 48 | 35 | 0 | 25 | 26 |
| Gesamt N-Einträge (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 63: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte).

| P-Einträge (g / ha und Jahr) | Gadmerwasser | Aare Oberhasli | Weisse Lüttschine | Schwarze Lüttschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
|--|--------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|-------|------------|--------|----------|------------------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 138 | 165 | 137 | 158 | 193 | 138 | 193 | 173 | 186 | 168 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 75 | 83 | 73 | 72 | 78 | 73 | 71 | 75 | 78 | 74 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 424 | 112 | 261 | 162 | 335 | 274 | 0 | 224 | 429 | 498 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 92 | 113 | 87 | 87 | 100 | 87 | 0 | 101 | 94 | 84 |
| Bodenerosion | 145 | 77 | 663 | 80 | 176 | 499 | 0 | 232 | 727 | 711 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 4 | 7 | 6 |
| Auswaschung | 56 | 55 | 54 | 54 | 54 | 54 | 53 | 53 | 54 | 52 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 82 | 90 | 82 | 94 | 87 | 78 | 76 | 78 | 75 | 76 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 390 | 440 | 411 | 415 | 355 | 415 | 389 | 410 | 417 | 392 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 133 | 114 | 109 | 111 | 101 | 140 | 115 | 109 | 157 | 120 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 1740 | 1941 | 1426 | 1538 | 819 | 1205 | 819 | 1124 | 845 | 680 |
| sonstige Direkteinträge ³ | 21 | 22 | 21 | 22 | 23 | 23 | 25 | 23 | 24 | 24 |
| Total P-Einträge | 1864 | 2082 | 1557 | 1689 | 1021 | 1352 | 1007 | 1272 | 1038 | 853 |
| P-gelöst | 114 | 131 | 121 | 141 | 192 | 137 | 178 | 138 | 181 | 163 |
| P-partikulär | 1750 | 1951 | 1436 | 1549 | 829 | 1215 | 829 | 1135 | 857 | 690 |

Tab. 64: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte).

| N-Einträge (kg / ha und Jahr) | Gadmerwasser | Aare Oberhasli | Weisse Lüttschine | Schwarze Lüttschine | Brienzersee | Kiene | Engstligen | Kander | Fildrich | Oberes Simmental |
|--|--------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|-------|------------|--------|----------|------------------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 7.3 | 8.6 | 6.4 | 7.3 | 8.1 | 7.5 | 6.9 | 8.2 | 6.9 | 6.8 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 0.0 | 32.4 | 0.0 | 33.6 | 7.7 | 22.1 | 0.0 | 27.9 | 27.4 | 0.0 |
| Bodenerosion | 0.3 | 0.2 | 1.4 | 0.2 | 0.4 | 1.1 | | 0.5 | 1.5 | 1.5 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Auswaschung | 6.4 | 6.8 | 6.0 | 6.4 | 7.1 | 6.0 | 5.5 | 6.1 | 5.5 | 5.2 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 4.1 | 4.5 | 4.3 | 4.9 | 5.3 | 4.0 | 4.0 | 4.8 | 4.3 | 3.9 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 8.5 | 9.1 | 9.1 | 9.3 | 10.5 | 9.1 | 8.8 | 10.5 | 10.8 | 8.7 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 11.4 | 17.1 | 13.5 | 15.8 | 18.6 | 12.8 | 12.4 | 15.9 | 9.7 | 11.9 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 2.6 | 2.9 | 2.1 | 2.3 | 1.2 | 1.8 | 1.2 | 1.7 | 1.3 | 1.0 |
| sonstige Direkteinträge | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Total N-Einträge | 8.0 | 9.1 | 7.5 | 8.8 | 9.4 | 7.8 | 7.4 | 8.2 | 7.7 | 7.1 |
| N-gelöst | 5.3 | 6.0 | 5.3 | 6.4 | 8.1 | 5.9 | 6.1 | 6.5 | 6.4 | 6.0 |
| N-partikulär | 2.7 | 3.0 | 2.2 | 2.4 | 1.3 | 1.9 | 1.3 | 1.8 | 1.4 | 1.1 |

Tab. 63: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte). Fortsetzung.

| P-Einträge (g / ha und Jahr) | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
|--|-------------------|-----------|----------------|---------------|-------|------|---------|-------|-------|----------------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 232 | 277 | 217 | 454 | 301 | 270 | 376 | 375 | 361 | 283 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 78 | 84 | 74 | 92 | 90 | 73 | 119 | 100 | 141 | 139 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 340 | 238 | 240 | 400 | 269 | 401 | 308 | 287 | 218 | 176 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 95 | 112 | 87 | 104 | 109 | 89 | 147 | 128 | 185 | 151 |
| Bodenerosion | 284 | 296 | 681 | 255 | 252 | 239 | 134 | 239 | 173 | 151 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 5 | 4 | 8 | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| Auswaschung | 54 | 51 | 52 | 53 | 53 | 50 | 48 | 49 | 53 | 52 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 74 | 74 | 85 | 80 | 92 | 78 | 43 | 51 | 92 | 87 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 402 | 339 | 452 | 396 | 428 | 385 | 359 | 414 | 435 | 512 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 127 | 93 | 129 | 120 | 111 | 109 | 96 | 96 | 105 | 100 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 703 | 283 | 1033 | 261 | 315 | 323 | 100 | 132 | 209 | 124 |
| sonstige Direkteinträge ³ | 25 | 24 | 24 | 29 | 29 | 27 | 32 | 29 | 31 | 31 |
| Total P-Einträge | 922 | 518 | 1227 | 648 | 658 | 570 | 461 | 508 | 608 | 440 |
| P-gelöst | 207 | 222 | 184 | 330 | 278 | 222 | 319 | 291 | 336 | 256 |
| P-partikulär | 714 | 296 | 1043 | 318 | 380 | 348 | 142 | 218 | 272 | 184 |

Tab. 64: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte).

| N-Einträge (kg / ha und Jahr) | Unteres Simmental | Thunersee | Saane (nur BE) | Schwarzwasser | Sense | Zulg | Rotache | Chise | Gürbe | Aare Thun-Bern |
|--|-------------------|-----------|----------------|---------------|-------|------|---------|-------|-------|----------------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 8.3 | 8.9 | 6.5 | 10.2 | 9.2 | 8.6 | 10.2 | 10.7 | 10.8 | 11.8 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.3 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 22.5 | 27.7 | 0.0 | 37.2 | 42.6 | 26.5 | 31.1 | 36.5 | 45.0 | 45.7 |
| Bodenerosion | 0.6 | 0.6 | 1.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Auswaschung | 6.2 | 6.4 | 4.9 | 6.0 | 6.1 | 6.1 | 6.4 | 6.9 | 6.4 | 7.3 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 4.8 | 5.9 | 5.1 | 5.7 | 8.0 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 8.7 | 8.7 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 10.5 | 13.2 | 11.3 | 20.9 | 21.9 | 20.7 | 20.6 | 22.5 | 23.9 | 26.6 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 14.0 | 18.7 | 11.0 | 14.8 | 16.2 | 15.4 | 14.2 | 16.2 | 17.4 | 19.0 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 1.1 | 0.4 | 1.5 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| sonstige Direkteinträge | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Total N-Einträge | 8.8 | 10.3 | 7.7 | 14.9 | 17.3 | 10.1 | 14.8 | 18.6 | 21.7 | 23.3 |
| N-gelöst | 7.6 | 9.7 | 6.0 | 14.1 | 16.3 | 9.2 | 14.4 | 18.0 | 20.9 | 22.7 |
| N-partikulär | 1.2 | 0.5 | 1.6 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.7 |

Tab. 63: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte). Fortsetzung.

| P-Einträge (g / ha und Jahr) | Worble | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Iflis | Grüne | Urtenen | Limpach |
|--|--------|-------------------|---------|--------------------|---------|------------|-------|-------|---------|---------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 374 | 259 | 59 | 216 | 209 | 352 | 451 | 403 | 129 | 151 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 100 | 114 | 199 | 183 | 70 | 93 | 81 | 77 | 147 | 243 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 251 | 162 | 34 | 236 | 354 | 457 | 549 | 411 | 73 | 91 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 118 | 140 | 233 | 215 | 83 | 112 | 95 | 89 | 169 | 283 |
| Bodenerosion | 237 | 205 | 75 | 170 | 195 | 176 | 210 | 243 | 98 | 113 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Auswaschung | 52 | 52 | 46 | 51 | 48 | 51 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 52 | 57 | 47 | 65 | 69 | 85 | 86 | 74 | 60 | 59 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 459 | 482 | 417 | 347 | 440 | 461 | 481 | 425 | 442 | 463 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 99 | 106 | 98 | 104 | 100 | 129 | 133 | 107 | 113 | 122 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 79 | 58 | 36 | 68 | 100 | 408 | 414 | 275 | 69 | 82 |
| sonstige Direkteinträge ³ | 30 | 29 | 28 | 25 | 25 | 28 | 28 | 29 | 30 | 30 |
| Total P-Einträge | 451 | 354 | 333 | 381 | 308 | 723 | 737 | 628 | 309 | 422 |
| P-gelöst | 275 | 212 | 252 | 238 | 180 | 291 | 303 | 296 | 187 | 275 |
| P-partikulär | 176 | 142 | 82 | 143 | 129 | 432 | 434 | 332 | 122 | 148 |

Tab. 64: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte).

| N-Einträge (kg / ha und Jahr) | Worble | Aare Bern-Hagneck | Seeland | Nordufer Bielersee | La Suze | Obere Emme | Iflis | Grüne | Urtenen | Limpach |
|--|--------|-------------------|---------|--------------------|---------|------------|-------|-------|---------|---------|
| Grasland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 11.2 | 11.4 | 11.6 | 11.3 | 10.3 | 9.1 | 9.4 | 9.8 | 11.7 | 13.0 |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.1 | 0.1 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 43.7 | 50.1 | 62.1 | 49.7 | 42.3 | 27.7 | 25.1 | 32.9 | 55.0 | 58.8 |
| Bodenerosion | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| Wald | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Auswaschung | 7.4 | 7.6 | 7.5 | 7.3 | 7.4 | 6.1 | 6.4 | 6.4 | 7.9 | 8.0 |
| unprod. Veg. / veg.loose Flächen | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 7.0 | 7.1 | 8.2 | 8.5 | 8.4 | 7.9 | 8.4 | 7.4 | 7.8 | 6.4 |
| Gewässer | | | | | | | | | | |
| Deposition | 26.1 | 25.2 | 24.1 | 21.3 | 25.0 | 23.4 | 24.5 | 21.8 | 25.6 | 26.3 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 19.5 | 18.9 | 17.6 | 18.0 | 18.6 | 13.3 | 14.2 | 15.5 | 17.0 | 17.4 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | 0.3 | 0.3 |
| sonstige Direkteinträge | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| Total N-Einträge | 23.7 | 25.6 | 36.6 | 18.7 | 13.0 | 11.1 | 10.5 | 14.2 | 30.4 | 34.9 |
| N-gelöst | 23.1 | 25.2 | 36.3 | 18.2 | 12.6 | 9.9 | 9.3 | 13.3 | 30.0 | 34.4 |
| N-partikulär | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 1.1 | 1.2 | 0.9 | 0.4 | 0.5 |

Tab. 63: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte). Fortsetzung.

| P-Einträge (g / ha und Jahr) | Untere Emme | Alte Aare- Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel- Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
|--|----------------|------------------------|------|-----|--------------------------|---------|-----|----------------------|---------------------|
| Grasland | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 436 | 207 | 194 | 349 | 215 | 487 | 420 | 247 | 258 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 89 | 127 | 151 | 138 | 149 | 90 | 106 | 81 | 90 |
| Ackerland | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 243 | 116 | 87 | 186 | 119 | 358 | 317 | 375 | 205 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 117 | 142 | 190 | 225 | 188 | 111 | 145 | 98 | 157 |
| Bodenerosion | 211 | 161 | 95 | 176 | 142 | 204 | 234 | 204 | 174 |
| Wald | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Auswaschung | 49 | 47 | 47 | 49 | 52 | 49 | 48 | 48 | 51 |
| unprod. Veg. / veg.lose Flächen | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 58 | 52 | 47 | 50 | 67 | 54 | 48 | 65 | 84 |
| Gewässer | | | | | | | | | |
| Deposition | 477 | 456 | 453 | 455 | 476 | 440 | 434 | 468 | 390 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 105 | 101 | 102 | 103 | 103 | 101 | 110 | 114 | 107 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 125 | 78 | 72 | 89 | 135 | 139 | 120 | 100 | 576 |
| sonstige Direkteinträge ³ | 30 | 29 | 30 | 30 | 27 | 32 | 32 | 26 | 26 |
| Total P-Einträge | 495 | 355 | 331 | 459 | 399 | 594 | 554 | 324 | 832 |
| P-gelöst | 288 | 197 | 207 | 292 | 211 | 366 | 336 | 196 | 218 |
| P-partikulär | 207 | 158 | 124 | 168 | 187 | 228 | 218 | 127 | 614 |

Tab. 64: Nutzungsspezifische Einträge aus diffusen Quellen pro Einzugsgebiet (flächenspezifische Werte).

| N-Einträge (kg / ha und Jahr) | Untere Emme | Alte Aare- Lyssbach | Ösch | Önz | Aare Biel- Murgenthal | Langete | Rot | La Birse (nur BE) | Untersuchungsgebiet |
|--|----------------|------------------------|------|------|--------------------------|---------|------|----------------------|---------------------|
| Grasland | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 11.1 | 12.1 | 12.3 | 12.1 | 12.3 | 10.7 | 11.2 | 10.8 | 9.0 |
| Ackerland | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.3 |
| Auswaschung inkl. Drainage | 45.5 | 50.2 | 58.5 | 55.7 | 52.9 | 40.7 | 47.3 | 38.1 | 48.0 |
| Bodenerosion | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.3 |
| Wald | | | | | | | | | |
| Abschwemmung | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Auswaschung | 7.5 | 7.8 | 7.7 | 7.7 | 8.0 | 7.0 | 7.3 | 7.4 | 6.7 |
| unprod. Veg. / veg.lose Flächen | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 7.6 | 7.6 | 7.0 | 8.8 | 8.3 | 7.7 | 7.5 | 8.3 | 4.7 |
| Gewässer | | | | | | | | | |
| Deposition | 25.1 | 26.1 | 25.9 | 26.3 | 27.5 | 23.3 | 23.5 | 25.8 | 16.9 |
| Siedlungsgrün / Strassen & Wege | | | | | | | | | |
| Abschwemmung / Auswaschung | 18.6 | 18.5 | 19.0 | 18.6 | 20.0 | 18.0 | 16.7 | 16.8 | 17.7 |
| Gesamtfläche | | | | | | | | | |
| sonstige Erosion | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 1.0 |
| sonstige Direkteinträge | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| Total N-Einträge | 22.9 | 28.1 | 32.2 | 28.6 | 24.4 | 22.7 | 24.5 | 12.2 | 15.6 |
| N-gelöst | 22.4 | 27.6 | 31.7 | 28.0 | 23.7 | 22.1 | 24.0 | 11.8 | 14.5 |
| N-partikulär | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 1.1 |