

**Auswahl von Probennahmestandorten
für die Prüfung von Methoden zur
Bestimmung von Stickstoffsättigung und
Nitrataustrag im Rahmen des Forstlichen
Umweltmonitorings (BZE, Level II)**

- Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten

von

Dr. B. Wolff, Dr. W. Lux
Dr. K.-J. Meiwes, J. Evers, Dr. K. v. Wilpert

Bundeforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft,
Institut für Forstökologie und Walderfassung,
Eberswalde

Mai 2000

Gliederung

| | Seite |
|--|--------------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Ziel der Probennahme | 2 |
| 3. Probennahmeverfahren | 3 |
| 4. Vorauswahl der Probennahmestandorte | 4 |
| 5. Zeitplan / Realisierung | 15 |
| 6. Literatur | 15 |

1. Einleitung

Die Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) wurde bislang nur einmal durchgeführt (WOLFF U. RIEK, 1997). Die Forstchefkonferenz hat einer Wiederholung der BZE grundsätzlich zugestimmt. Die Entscheidung über den Wiederholungszeitraum und das Stichprobendesign der BZE 2 wird dabei von den Ergebnissen verschiedener Studien abhängig gemacht.

Eine im Jahre 1999 im Auftrag des BML durchgeführte Studie macht dabei Aussagen zur Stratifizierung der BZE-Stichprobe hinsichtlich der Dynamik bodenchemischer Einflüsse (RIEK 1999). Sie bildet eine Grundlage für Entscheidungen über die Reduktion der Stichprobenzahl bei der Wiederholung der BZE (BZE 2).

Im Rahmen einer weiteren Vorstudie zur BZE 2 sollen Methoden zur Bestimmung von Stickstoffsättigung und Nitrataustrag im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings (BZE, Level II) geprüft werden ("N-Vorstudie"). Der BFH wurde von BML die Aufgabe der Vorauswahl der Probennahmestandorte in Zusammenarbeit mit den beteiligten Ländern übertragen.

Nachdem man in den in den 80-er Jahren auf die schnell voranschreitende Bodenversauerung aufmerksam geworden ist, bildete die Beschreibung des Base - /Säurezustandes der Waldböden die zentrale Frage der BZE 1. Von der Wiederholung der BZE (BZE 2) werden daher insbesondere Aussagen zum Fortschritt der Bodenversauerung erwartet. Darüber hinaus soll die BZE 2 aber auch zur Klärung anderer wichtiger Fragestellungen beitragen. Zu diesen zählt der Stickstoffstatus der Waldböden.

Zwar ist seit Ende der 80er Jahre die Schwefelbelastung der Wälder zurückgegangen, die atmosphärischen Stickstoffeinträge in die Wälder sind jedoch etwa gleich hoch geblieben und haben somit relativ an Bedeutung gewonnen. Deswegen sollte die BZE 2, deren Ergebnisse in 5 – 8 Jahren vorliegen werden, zum Stickstoffhaushalt der Böden detailliertere Auskunft als bei der BZE 1 geben können. Nur so kann die BZE 2 dem Anspruch, zeitnah und relevant den Zustand der Waldböden zu charakterisieren, gerecht werden. Bei der N-Vorstudie ist zu berücksichtigen, dass - angesichts der angestrebten integrierenden Auswertung von Level I und Level II-Daten - die auf Level I (BZE) mit vergleichsweise wenig Aufwand zu erhebenden Merkmale in möglichst enger Beziehung zu den auf Level II zur Beschreibung des Stickstoffstatus berücksichtigten Indikatoren stehen.

ABER ET AL. (1989) definieren die Stickstoffsättigung von Waldökosystemen als einen Zustand, in dem mehr verfügbares Ammonium und Nitrat im Boden vorhanden ist als es dem Bedarf von Pflanzen und Mikroorganismen entspricht. Da in diesem Zustand das Ökosystem Nitrat mit dem Sickerwasser zu verlieren beginnt, lässt er sich einfach über eine Bestimmung des Nitrats im Sickerwasser beschreiben. Nach der Untersuchung von DISE ET AL. (1998) ist zu erwarten, dass auf den Level II-Flächen der so definierte Zustand der Stickstoffsättigung zuverlässig ermittelt werden kann. DISE ET AL. (1998) fanden eine Beziehung zwischen dem gelösten anorganischen N im Bestandesniederschlag und im Sickerwasseraustrag. Ferner ist der Stickstoffgehalt im Bestandesniederschlag mit den Stickstoffgehalten in den Nadeln und im Streufall korreliert. Zwischen dem C:N-Verhältnis in der organischen Auflage und dem im Sickerwasser bestand nur eine lockere Beziehung.

3. Ziel der Probennahme

Im Rahmen der bundesweiten BZE wurden zur Beschreibung des N-Haushaltes bislang der N-Gehalt der Festphase sowie fakultativ GBL / 1:2-Extrakt bestimmt. In der bundesweiten Datenbank werden nur die N-Vorräte vorgehalten.

Die N-Vorstudie soll aktuelle Verfahren zur Beschreibung des N-Status von Waldökosystemen untersuchen. Dabei werden ausschließlich für Monitoringzwecke geeignete Verfahren in Betracht gezogen.

Direkte Hinweise auf Nitratverluste mit dem Sickerwasser gibt die Untersuchung der Bodenlösung, die bei der BZE I (Level I) mittels GBL / 1:2 Extrakt, in Level II mittels Lysimetern gewonnen wird. Neben diesen beiden Verfahren sollen in der Vorstudie die Gleichgewichtsbodenporenlösung (GBPL) nach HILDEBRAND (1991), die Desorptionlösung ($BPL_{pF3.2}$) nach BLATTNER et al. (2000) sowie ein Salzextrakt durchgeführt werden.

Ziel der Vorstudie ist es, die genannten Verfahren hinsichtlich der Charakterisierung der N-Konzentrationen in der Bodenlösung zu vergleichen und zu prüfen, ob man mit ihnen Standorte hinsichtlich der Nitratauswaschung aus dem Boden differenzieren kann. Desweiteren soll die Eignung der Verfahren für die Monitoringebenen in finanzieller und wissenschaftlicher Sicht bewertet werden.

4. Probennahmeverfahren

a) Lysimeterlösung und Parallelbeprobung der Bodenfestphase

Je Standort werden in vierfacher Wiederholung Saugkerzen gesetzt und Proben der Bodenfestphase gezogen ("Pärchen"). Die Entnahme soll so erfolgen, dass zu jeder Lysimeterprobe eindeutig eine Bodenfestphasenprobe zur Gewinnung der Extrakte zugeordnet werden kann. Das bedeutet, dass der Abstand zwischen Lysimeter und dem Ort der Bodenprobennahme sehr klein sein soll (10 - 30 cm) im Vergleich zum Abstand der Lysimeter untereinander (mind. 50 cm).

Die Proben sollen nicht im Stammfußbereich der Bäume sondern im äußeren Drittel der Kronenprojektionsfläche entnommen werden. Lysimeter und Ort der Bodenprobennahme sollten etwa den gleichen Abstand zu dem nächsten Baum haben.

Die Lysimeterkerzen sollten in die Tiefenstufe 30-60 cm eingesetzt werden um einen Vergleich zu den Proben des Salzextraktes zu gewährleisten. Die zugehörige Festphasenprobe wird in derselben Tiefenstufe (± 10 cm um die Lage der Saugkerze) gewonnen.

Um eine ausreichende Konditionierung der Kerzenlysimeter (P80) zu gewährleisten, sollten diese, sofern nicht bereits installierte Lysimeter für die Untersuchung benutzt werden können, im Frühsommer installiert werden. Bis zum Herbst sollten diese Lysimeter mehrmals (ca. fünfmal) beprobt werden. Wenn diese Art der Konditionierung nicht möglich ist, sollten von dem Standort, wo sie eingebaut werden, aus der entsprechenden Tiefe Boden entnommen und im Labor mit Wasser übersättigt werden. In diesen Ansatz können die Lysimeter gesetzt werden, um für die Konditionierung die Bodenlösung durch den Kerzenkörper zu saugen. Das insgesamt durch den Kerzenkörper zu saugende Lösungsvolumen sollte dabei 3 – 4 l betragen. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass auch im Falle niederschlagsarmer Sommer eine ausreichende Konditionierung der Kerzen auf die spezifischen Standortverhältnisse gewährleistet werden kann.

b) Salzextrakt

Für den Salzextrakt sollen - zusätzlich zu den Lysimeter- und parallelen Bodenproben - Mineralbodenproben aus folgenden Tiefenstufen entnommen werden: Auflagehumus, 0 – 30 cm, 30 – 60 cm und 60 – 90 cm.

c) Untersuchungen an Bodenproben aus dem Bereich der Lysimeterkerzen

c 1) GBL / 1:2-Extrakt

Wird an feldfrischen bzw. getrockneten, destrukturierten Bodenproben nach BZE-Anleitung durchgeführt.

c 2) Gleichgewichtsbodenporenlösung (GBPL)

Zusätzlich zu den destrukturierten Bodenproben sollen für die Gewinnung der GBPL im Bereich der Lysimeterkerzen je 3 natürlich gelagerte Bodenproben in 100 ml Stechzylindern entnommen werden. Bei der Stechzylinderentnahme ist auf die Erhaltung quasi natürlicher Bruchflächen an der Ober- und Unterkante der Bodenproben zu achten. Die Bodenproben sind nicht durch Schneiden auf optimale Volumengenauigkeit zu bringen, sondern die natürlichen Aggregatoberflächen herauszupräparieren. Die Gewinnung der GBPL erfolgt nach der Methodenbeschreibung in der BZE-Anleitung und kann einheitlich im Labor der Abteilung Bodenkunde und Waldernährung der FVA Freiburg durchgeführt werden, da hier die entsprechende Gerätekapazität für die zügige Bearbeitung von ca. 120 Stechzylinderproben vorhanden ist.

c. 3) Desorptionslösung ($BPL_{pF3.2}$)

$BPL_{pF3.2}$: Aus ca. 20 ml feldfrischem Boden wird unter horizontspezifischer Temperatur Bodenwasser bei einem Druck von pF 3.2 verdrängt. Das kapillare Medium, das die wasserleitende Verbindung zum Atmosphärendruck herstellt, ist ein $0.45\mu\text{ m}$ -Membranfilter. Bei Feldkapazität beträgt die Wasserausbeute zwischen 500 und $1000\mu\text{ l}$. $120\mu\text{ l}$ reichen aus, um alle bilanzrelevanten Kat- und Anionen mit Kapillarelektrophorese analysieren zu können. Die Druckapparatur zur Gewinnung der $BPL_{pF3.2}$ sowie die Mikromengenanalytik mittels Kapillarelektrophorese sind am Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Univ. Freiburg vorhanden. Die im Rahmen der Vorstudie anfallenden ca. 40 Proben können dort bearbeitet werden. Die $BPL_{pF3.2}$ ist für den Einsatz in der BZE besonders geeignet, da sie die Charakterisierung der Bodenlösung an technisch einfach gewinnbaren, destrukturierten Bodenproben ermöglicht.

| Kriterium | Anzahl | Methodik |
|-----------------------------|--------|--|
| Probennahmestandorte | 9 | nicht vordringlich Flächen des Forstlichen Umweltmonitorings, Kriterien: N-Sättigung, N-Austrag wahrscheinlich; Bereitschaft zur Mitarbeit: Vornehmlich NI, BW, RP, SN, NW |
| Lysimeterkerzen je Standort | 4 | Ziehen der zu analysierenden Probe nach dem Sommer (Oktober/November), bei großer Trockenheit im darauffolgenden Frühjahr |

| | | |
|--|------------|--|
| Humusproben je Standort | 4 | 1 Probe für den gesamten Auflagehumus |
| 100 ml Stechzylinderproben, Mineralboden je Standort | 4x3 | natürlich gelagerte Mineralbodenproben zur Gewinnung der GBPL |
| destrukturierte Mineralbodenproben je Standort | 4x1 4x3 | Eine Probe parallel zu den Lysimetern für den Vergleich von Lysimeterlösung und Bodenextrakt; bzw. BPL_{pF3.2} , je Lysimeterstandort eine Probe in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30 – 60 cm, 60 – 90 cm für den Salzextrakt. |

Detailliertere Anweisungen für die Probenvorbereitung werden durch den Auftragnehmer zu einem späteren Zeitpunkt spezifiziert.

5. Vorauswahl der Probennahmestandorte

Die Kriterien für die Auswahl der Probennahmestandorte lassen sich folgendermaßen gliedern:

Kriterium 1: N-Sättigung / N-Austrag wahrscheinlich

Ausgewählte Indikatoren dafür sind:

- 1a) NO₃- Sickerwassergehalte
- 1b) NH₄- Sickerwassergehalte
- 1c) N-Gehalte der Bodenfestphase

Kriterium 2: Bereitschaft der Länder, die Beprobung zu realisieren.

Für die Auswahl ist es daher nicht entscheidend, ob die Standorte BZE-Punkten entsprechen. Für die Indikatoren 1a und 1b lassen sich anhand des bundesweiten BZE-Materials ohnehin keine Aussagen treffen. Somit wurde die Vorauswahl auf die Level II-Standorte beschränkt.

Da auf den Level II-Flächen mehrere Kerzen / Sammler installiert sind, war es notwendig nach diesen differenziert auszuwerten. Überdies sind die Sammler auf den Flächen in unterschiedlichen Tiefen eingesetzt (z.B. 30 cm, 40 cm, 80 cm o.ä.). Somit war auch hier für die Berücksichtigung der jeweiligen Sammler eine Konvention für die weitere Auswertung erforderlich.

Für die Reihung der Flächen anhand der NO₃-Sickerwassergehalte (Tab.1) wurden die Saugkerzen ab 30 cm Bodentiefe berücksichtigt.

Tab. 1: Reihung der Level II-Flächen anhand der NO₃-Sickerwassergehalte (Kerzen ab 30 cm, neg. Werte=unterhalb NWG)

| PLOT | Mittel N_NO3 (mg/l) | Min | Max | StdAbw | Varianz |
|------|---------------------|-------|-------|--------|---------|
| 502 | 23,30 | 0,90 | 42,30 | 11,94 | 142,61 |
| 606 | 17,25 | 1,70 | 60,60 | 13,48 | 181,66 |
| 910 | 10,44 | 2,10 | 27,54 | 6,89 | 47,48 |
| 1404 | 9,27 | 5,11 | 17,59 | 3,46 | 11,95 |
| 705 | 8,27 | 0,85 | 16,50 | 3,71 | 13,76 |
| 307 | 7,11 | 2,38 | 11,89 | 2,98 | 8,90 |
| 1303 | 5,17 | 0,40 | 18,40 | 8,82 | 77,80 |
| 703 | 4,70 | 0,02 | 13,70 | 5,21 | 27,10 |
| 1502 | 3,98 | 0,59 | 19,86 | 5,00 | 25,04 |
| 902 | 3,79 | 0,01 | 24,49 | 3,50 | 12,27 |
| 503 | 3,67 | 0,90 | 6,90 | 1,45 | 2,10 |
| 903 | 3,33 | 0,32 | 25,60 | 4,59 | 21,04 |
| 1501 | 3,32 | 0,09 | 11,17 | 3,43 | 11,75 |
| 1103 | 3,07 | 0,02 | 41,73 | 8,89 | 79,01 |
| 305 | 2,24 | 1,51 | 2,72 | 0,41 | 0,17 |
| 802 | 2,24 | 1,08 | 3,82 | 0,87 | 0,76 |
| 917 | 2,22 | 0,01 | 8,66 | 2,29 | 5,22 |
| 809 | 1,96 | 0,05 | 3,75 | 1,08 | 1,16 |
| 908 | 1,90 | 0,01 | 8,06 | 1,61 | 2,59 |
| 1402 | 1,83 | 0,37 | 4,09 | 1,04 | 1,09 |
| 806 | 1,70 | 0,20 | 5,00 | 1,19 | 1,42 |
| 808 | 1,64 | 0,11 | 3,34 | 1,11 | 1,24 |
| 1403 | 1,54 | 0,62 | 3,13 | 0,69 | 0,47 |
| 702 | 1,51 | -1,00 | 5,30 | 1,96 | 3,83 |
| 801 | 1,41 | 0,30 | 4,51 | 1,14 | 1,29 |
| 909 | 1,40 | 0,01 | 3,49 | 0,90 | 0,82 |
| 1202 | 1,22 | 0,03 | 4,79 | 1,38 | 1,91 |
| 701 | 1,13 | 0,17 | 3,00 | 0,66 | 0,44 |
| 906 | 1,11 | 0,01 | 5,98 | 1,54 | 2,36 |
| 921 | 1,11 | 0,01 | 24,17 | 3,54 | 12,53 |
| 1605 | 1,03 | 0,01 | 9,66 | 1,45 | 2,12 |
| 1604 | 0,94 | 0,13 | 1,80 | 0,45 | 0,20 |
| 704 | 0,91 | -1,00 | 7,10 | 1,86 | 3,46 |
| 604 | 0,89 | 0,05 | 5,76 | 1,35 | 1,83 |
| 101 | 0,83 | -1,00 | 8,25 | 1,79 | 3,19 |
| 915 | 0,82 | 0,01 | 3,82 | 1,15 | 1,32 |
| 1603 | 0,79 | 0,01 | 4,18 | 1,00 | 0,99 |
| 602 | 0,71 | 0,01 | 2,91 | 0,89 | 0,79 |
| 904 | 0,61 | 0,01 | 7,88 | 1,31 | 1,71 |
| 907 | 0,54 | 0,02 | 3,12 | 0,71 | 0,50 |
| 922 | 0,47 | 0,01 | 3,75 | 0,68 | 0,46 |
| 1101 | 0,44 | 0,02 | 3,61 | 0,97 | 0,94 |
| 1406 | 0,42 | 0,06 | 3,64 | 0,78 | 0,60 |
| 1405 | 0,35 | 0,06 | 2,10 | 0,60 | 0,36 |
| 1302 | 0,33 | 0,10 | 1,30 | 0,30 | 0,09 |
| 1102 | 0,31 | 0,02 | 1,13 | 0,29 | 0,08 |
| 505 | 0,30 | 0,10 | 0,70 | 0,28 | 0,08 |

| | | | | | |
|------|-------|-------|-------|------|------|
| 916 | 0,29 | 0,01 | 2,54 | 0,56 | 0,32 |
| 306 | 0,28 | -1,00 | 1,01 | 0,71 | 0,51 |
| 1401 | 0,26 | 0,06 | 0,81 | 0,20 | 0,04 |
| 913 | 0,25 | 0,01 | 2,06 | 0,30 | 0,09 |
| 1204 | 0,24 | -1,00 | 4,23 | 1,15 | 1,33 |
| 1001 | 0,23 | 0,00 | 1,72 | 0,60 | 0,36 |
| 1602 | 0,23 | 0,01 | 1,94 | 0,30 | 0,09 |
| 919 | 0,20 | 0,01 | 4,48 | 0,58 | 0,34 |
| 920 | 0,19 | 0,01 | 1,69 | 0,40 | 0,16 |
| 1206 | 0,16 | -1,00 | 0,69 | 0,53 | 0,28 |
| 914 | 0,11 | 0,01 | 1,55 | 0,30 | 0,09 |
| 1601 | 0,09 | 0,01 | 0,62 | 0,15 | 0,02 |
| 605 | 0,08 | 0,01 | 0,29 | 0,08 | 0,01 |
| 901 | 0,08 | 0,01 | 0,68 | 0,11 | 0,01 |
| 1205 | 0,07 | 0,03 | 0,13 | 0,04 | 0,00 |
| 911 | 0,06 | 0,01 | 0,95 | 0,11 | 0,01 |
| 918 | 0,05 | 0,01 | 0,23 | 0,06 | 0,00 |
| 905 | 0,04 | 0,01 | 0,23 | 0,06 | 0,00 |
| 607 | 0,04 | 0,01 | 0,16 | 0,04 | 0,00 |
| 603 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,00 |
| 912 | 0,02 | 0,01 | 0,40 | 0,04 | 0,00 |
| 601 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,00 |
| 1203 | -0,01 | -1,00 | 0,16 | 0,28 | 0,08 |
| 1201 | -0,18 | -1,00 | 0,12 | 0,45 | 0,20 |
| 707 | -0,44 | -1,00 | 0,40 | 0,57 | 0,32 |
| 304 | -0,50 | -1,00 | 0,27 | 0,62 | 0,38 |
| 706 | -0,63 | -1,00 | 0,05 | 0,50 | 0,25 |
| 301 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 302 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 303 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |

Für die Reihung der Flächen anhand der NH₄-Sickerwassergehalte (Tab.2) wurden ebenfalls die Saugkerzen ab 30 cm Bodentiefe berücksichtigt.

Tab. 2: Reihung der Level II-Flächen anhand der NH₄-Sickerwassergehalte (Kerzen ab 30 cm, neg. Werte=unterhalb NWG)

| PLOT | Mittel N_NH4 (mg/l) | Min | Max | StdAbw | Varianz |
|------|---------------------|-------|-------|--------|---------|
| 921 | 1,64 | 0,04 | 14,36 | 2,73 | 7,46 |
| 1303 | 1,25 | 0,30 | 3,30 | 1,39 | 1,93 |
| 1302 | 1,02 | 0,10 | 3,00 | 0,91 | 0,83 |
| 917 | 0,77 | 0,04 | 10,56 | 1,59 | 2,51 |
| 920 | 0,76 | 0,04 | 4,05 | 0,68 | 0,46 |
| 907 | 0,45 | 0,04 | 1,44 | 0,34 | 0,12 |
| 922 | 0,37 | 0,04 | 4,06 | 0,45 | 0,20 |
| 702 | 0,37 | 0,03 | 4,70 | 1,14 | 1,31 |
| 502 | 0,37 | 0,04 | 1,93 | 0,40 | 0,16 |
| 1204 | 0,26 | -1,00 | 1,87 | 0,82 | 0,67 |
| 901 | 0,25 | 0,04 | 4,65 | 0,65 | 0,42 |
| 903 | 0,24 | 0,04 | 1,63 | 0,28 | 0,08 |
| 913 | 0,23 | 0,04 | 2,21 | 0,40 | 0,16 |

| | | | | | |
|------|-------|-------|-------|------|------|
| 914 | 0,23 | 0,04 | 1,48 | 0,28 | 0,08 |
| 906 | 0,22 | 0,04 | 1,33 | 0,26 | 0,07 |
| 905 | 0,21 | 0,04 | 1,53 | 0,32 | 0,10 |
| 910 | 0,21 | 0,04 | 10,09 | 1,11 | 1,24 |
| 918 | 0,20 | 0,04 | 1,58 | 0,29 | 0,08 |
| 1103 | 0,17 | 0,00 | 1,17 | 0,35 | 0,12 |
| 915 | 0,17 | 0,04 | 1,28 | 0,20 | 0,04 |
| 801 | 0,17 | 0,03 | 0,46 | 0,11 | 0,01 |
| 916 | 0,15 | 0,04 | 1,94 | 0,22 | 0,05 |
| 1404 | 0,15 | 0,10 | 0,54 | 0,11 | 0,01 |
| 1402 | 0,13 | 0,12 | 0,25 | 0,03 | 0,00 |
| 919 | 0,12 | 0,04 | 1,44 | 0,17 | 0,03 |
| 1401 | 0,12 | 0,09 | 0,18 | 0,01 | 0,00 |
| 1406 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| 1403 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| 1405 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| 912 | 0,12 | 0,04 | 1,20 | 0,17 | 0,03 |
| 505 | 0,11 | 0,10 | 0,12 | 0,01 | 0,00 |
| 503 | 0,11 | 0,04 | 0,16 | 0,02 | 0,00 |
| 902 | 0,11 | 0,04 | 2,13 | 0,23 | 0,05 |
| 908 | 0,10 | 0,04 | 0,59 | 0,12 | 0,01 |
| 1101 | 0,10 | 0,01 | 0,74 | 0,22 | 0,05 |
| 904 | 0,10 | 0,04 | 1,32 | 0,19 | 0,04 |
| 1102 | 0,09 | 0,02 | 0,34 | 0,09 | 0,01 |
| 809 | 0,08 | 0,02 | 0,46 | 0,10 | 0,01 |
| 911 | 0,08 | 0,04 | 0,34 | 0,08 | 0,01 |
| 909 | 0,07 | 0,04 | 0,43 | 0,07 | 0,00 |
| 808 | 0,05 | 0,01 | 0,18 | 0,05 | 0,00 |
| 605 | 0,05 | 0,02 | 0,16 | 0,05 | 0,00 |
| 802 | 0,05 | 0,01 | 0,16 | 0,04 | 0,00 |
| 603 | 0,05 | 0,02 | 0,21 | 0,06 | 0,00 |
| 607 | 0,04 | 0,02 | 0,12 | 0,03 | 0,00 |
| 1001 | 0,04 | 0,02 | 0,10 | 0,03 | 0,00 |
| 704 | 0,04 | 0,02 | 0,09 | 0,02 | 0,00 |
| 602 | 0,04 | 0,02 | 0,20 | 0,04 | 0,00 |
| 806 | 0,03 | 0,01 | 0,28 | 0,04 | 0,00 |
| 601 | 0,03 | 0,02 | 0,09 | 0,02 | 0,00 |
| 604 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,00 |
| 1202 | 0,01 | -1,00 | 0,94 | 0,66 | 0,44 |
| 606 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 701 | 0,00 | -1,00 | 0,47 | 0,32 | 0,10 |
| 707 | -0,01 | -1,00 | 0,13 | 0,24 | 0,06 |
| 1203 | -0,03 | -1,00 | 1,63 | 0,89 | 0,80 |
| 703 | -0,05 | -1,00 | 0,20 | 0,34 | 0,11 |
| 705 | -0,07 | -1,00 | 0,29 | 0,34 | 0,11 |
| 706 | -0,07 | -1,00 | 0,20 | 0,34 | 0,12 |
| 1502 | -0,12 | -1,00 | 0,82 | 0,63 | 0,40 |
| 1501 | -0,17 | -1,00 | 1,92 | 0,76 | 0,58 |
| 1201 | -0,28 | -1,00 | 1,10 | 0,82 | 0,67 |
| 1205 | -0,40 | -1,00 | 0,70 | 0,83 | 0,69 |
| 1206 | -0,49 | -1,00 | 0,58 | 0,71 | 0,50 |
| 101 | -0,73 | -1,00 | 8,25 | 1,20 | 1,43 |
| 307 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 306 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|
| 305 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 304 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 303 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 302 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 301 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 0,00 | 0,00 |

Die Reihung der Flächen anhand der mittleren N-Gehalte basiert auf den Angaben der Tiefenstufen bis 30 cm des Mineralbodens.

Tab. 3: Reihung der Level II-Flächen anhand der N-Gehalte der Bodenfestphase (Mineralbodenproben bis 30 cm)

| PLOT | Mittel von N (g/kg) | Max | Min | Anzahl |
|------|---------------------|-------|------|--------|
| 911 | 10,17 | 19,80 | 3,20 | 3 |
| 903 | 9,75 | 13,70 | 5,80 | 2 |
| 904 | 8,25 | 10,10 | 6,40 | 2 |
| 910 | 7,25 | 7,25 | 7,25 | 1 |
| 916 | 6,65 | 9,80 | 3,50 | 2 |
| 805 | 6,12 | 7,60 | 4,70 | 4 |
| 1604 | 6,05 | 9,00 | 3,10 | 2 |
| 806 | 5,85 | 6,80 | 4,90 | 2 |
| 306 | 5,36 | 6,47 | 4,08 | 4 |
| 803 | 4,95 | 8,10 | 2,40 | 4 |
| 906 | 4,70 | 8,90 | 0,50 | 2 |
| 703 | 4,30 | 6,70 | 2,13 | 15 |
| 701 | 4,04 | 8,85 | 1,10 | 30 |
| 605 | 4,00 | 5,33 | 3,00 | 3 |
| 909 | 3,90 | 4,70 | 3,10 | 2 |
| 704 | 3,76 | 7,10 | 1,20 | 30 |
| 1603 | 3,75 | 4,90 | 2,60 | 2 |
| 505 | 3,60 | 6,70 | 1,50 | 3 |
| 914 | 3,20 | 5,50 | 0,90 | 2 |
| 902 | 3,20 | 5,28 | 1,12 | 2 |
| 921 | 3,15 | 5,30 | 1,00 | 2 |
| 1605 | 3,15 | 3,60 | 2,70 | 2 |
| 302 | 3,12 | 4,23 | 2,21 | 4 |
| 606 | 3,10 | 3,90 | 2,50 | 3 |
| 907 | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 1 |
| 808 | 2,80 | 4,90 | 1,20 | 3 |
| 1602 | 2,75 | 3,90 | 1,60 | 2 |
| 915 | 2,75 | 5,00 | 0,50 | 2 |
| 1001 | 2,67 | 4,00 | 1,00 | 3 |
| 504 | 2,57 | 5,00 | 1,10 | 3 |
| 607 | 2,54 | 4,90 | 0,95 | 3 |
| 506 | 2,43 | 4,10 | 1,30 | 3 |
| 503 | 2,33 | 5,00 | 0,60 | 3 |
| 908 | 2,30 | 3,36 | 1,25 | 2 |
| 920 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 1 |
| 502 | 2,27 | 4,30 | 0,90 | 3 |
| 922 | 2,25 | 3,00 | 1,50 | 2 |
| 706 | 2,23 | 4,30 | 0,60 | 15 |
| 809 | 2,11 | 3,60 | 0,80 | 4 |

| | | | | |
|------|------|------|-------|----|
| 304 | 2,10 | 2,99 | 1,37 | 4 |
| 919 | 2,00 | 3,60 | 0,40 | 2 |
| 603 | 1,99 | 3,03 | 1,30 | 3 |
| 811 | 1,88 | 2,50 | 1,20 | 4 |
| 305 | 1,85 | 2,39 | 1,27 | 4 |
| 303 | 1,83 | 2,39 | 1,50 | 4 |
| 913 | 1,80 | 3,05 | 0,56 | 2 |
| 705 | 1,77 | 3,61 | 0,70 | 15 |
| 1402 | 1,75 | 2,20 | 1,30 | 2 |
| 702 | 1,66 | 2,60 | 1,06 | 15 |
| 507 | 1,63 | 2,70 | 0,90 | 3 |
| 602 | 1,59 | 2,47 | 0,93 | 3 |
| 1102 | 1,52 | 2,60 | 0,70 | 4 |
| 604 | 1,50 | 2,58 | 0,80 | 3 |
| 1406 | 1,50 | 2,50 | 0,50 | 2 |
| 1303 | 1,50 | 3,60 | 0,40 | 3 |
| 802 | 1,47 | 2,70 | 0,80 | 3 |
| 307 | 1,42 | 2,23 | 0,97 | 4 |
| 810 | 1,30 | 1,70 | 0,70 | 4 |
| 1401 | 1,20 | 1,60 | 0,80 | 2 |
| 1302 | 1,10 | 2,40 | 0,30 | 3 |
| 601 | 1,09 | 2,00 | 0,55 | 3 |
| 1404 | 1,00 | 1,20 | 0,80 | 2 |
| 804 | 0,98 | 1,20 | 0,60 | 4 |
| 101 | 0,97 | 1,60 | 0,50 | 3 |
| 801 | 0,96 | 1,10 | 0,80 | 4 |
| 707 | 0,83 | 1,80 | -1,00 | 15 |
| 912 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 1 |
| 301 | 0,80 | 0,87 | 0,61 | 4 |
| 1101 | 0,78 | 0,90 | 0,60 | 4 |
| 1405 | 0,75 | 1,20 | 0,30 | 2 |
| 1203 | 0,73 | 1,00 | 0,40 | 3 |
| 1201 | 0,73 | 1,00 | 0,50 | 3 |
| 201 | 0,70 | 1,10 | 0,40 | 3 |
| 501 | 0,70 | 1,10 | 0,40 | 3 |
| 1202 | 0,70 | 1,10 | 0,40 | 3 |
| 202 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 3 |
| 1103 | 0,58 | 0,80 | 0,40 | 4 |
| 1403 | 0,55 | 0,80 | 0,30 | 2 |
| 917 | 0,55 | 1,00 | 0,10 | 2 |
| 1206 | 0,53 | 1,00 | 0,20 | 3 |
| 1601 | 0,50 | 0,60 | 0,40 | 2 |
| 905 | 0,50 | 1,50 | 0,00 | 3 |
| 1204 | 0,40 | 0,60 | 0,30 | 3 |
| 1205 | 0,40 | 0,70 | 0,20 | 3 |
| 203 | 0,33 | 0,50 | 0,20 | 3 |
| 901 | 0,27 | 0,32 | 0,22 | 2 |
| 918 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 2 |

Die Betrachtung der Tabellen 1-3 macht deutlich, daß je nach Indikator eine deutlich unterschiedliche Reihung der Level II-Flächen erfolgt, d.h. es ist z.B. nicht so, daß dort, wo viel N in der Festphase vorliegt, auch viel NO₃-N in der Lösung ist. Insofern

erscheint eine Gruppenbildung angebracht. Die Analyse des Datenmaterials erbrachte eine sinnvolle Gruppenbildung bei Verwendung der Grenzen 2 bzw. 4 mg/l für NO₃-N bzw. g/kg bei N_{fest}. Anhand dieser Grenzen lassen sich folgende Bereiche unterteilen (hervorgehoben, die für die Auswertung interessanten Bereiche):

| NO₃-N / N_{fest} | gering | mäßig | hoch |
|--|-----------|-----------|-----------|
| gering | GG | GM | GH |
| mäßig | MG | MM | MH |
| hoch | HG | HM | HH |

Aus Abb. 1 ist die Differenzierung der Level II-Flächen auf die o.g. Gruppen zu ersehen.

N_{fest}

Abb.1: Differenzierung der Level II-Flächen nach NO₃-N und Nfest

Für das Level II-Kollektiv ergibt sich somit folgende Verteilung auf die relevanten Gruppen:

| Gruppe | Anzahl |
|---------------|---------------|
| HH | 2 |
| HM | 2 |
| HG | 4 |
| MH | 1 |
| MM | 2 |
| GH | 7 |
| Gesamt | 18 |

Anhand der Indikatoren erscheinen folglich die in Tab. 4 aufgeführten Probennahmestandorte grundsätzlich geeignet:

Tab. 4: Vorausgewählte Probennahmestandorte für die N-Vorstudie

| Plot | NO3N (mg/l) | Nfest (g/kg) | NH4N (mg/l) | N-Klasse |
|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| 306 | 0,28 | 5,36 | -1,00 | GH |
| 307 | 7,11 | 1,42 | -1,00 | HG |
| 502 | 23,30 | 2,27 | 0,37 | HM |
| 503 | 3,67 | 2,33 | 0,11 | MM |
| 606 | 17,25 | 3,10 | 0,00 | HM |
| 703 | 4,70 | 4,30 | 0,00 | HH |
| 705 | 8,27 | 1,77 | 0,00 | HG |
| 806 | 1,70 | 5,85 | 0,03 | GH |
| 902 | 3,79 | 3,20 | 0,11 | MM |
| 903 | 3,33 | 9,75 | 0,24 | MH |
| 904 | 0,61 | 8,25 | 0,10 | GH |
| 906 | 1,11 | 4,70 | 0,22 | GH |
| 910 | 10,44 | 7,25 | 0,21 | HH |
| 911 | 0,06 | 10,17 | 0,08 | GH |
| 916 | 0,29 | 6,65 | 0,15 | GH |
| 1303 | 5,17 | 1,50 | 1,25 | HG |
| 1404 | 9,27 | 1,00 | 0,15 | HM |
| 1604 | 0,94 | 6,05 | | GH |

Kriterium 2, d.h. die Zustimmung der Länder entscheidet über die endgültige Auswahl der Probeflächen. Hierzu wurde Anfang 2000 eine Umfrage bei den zuständigen Länderbehörden durchgeführt. Zusätzlich erfolgten telefonische Rücksprachen mit den betroffenen Länderverantwortlichen. Das Ergebnis der Umfragen gibt Tab. 5 wider.

Tab. 5: Bereitschaft der Länder, Standorte für die N-Vorstudie zu beproben (Ergebnis der BML-Umfrage von Februar 2000)

| Land | Anzahl Probennahmestandorte | Bemerkung |
|------|-----------------------------|--|
| BB | keine | |
| BW | 2-3 | |
| BY | keine | |
| HE | keine | Zierenberg ist Sonderfall |
| MV | keine | |
| NW | 2-3 | Nr. 502/EI, 503/BU, (505/FI), 506/FI |
| NI | 2-3 | |
| RP | 1 | Merzalbern, Nr. 705 |
| SH | keine | |
| SL | keine | |
| SN | 4-5 | 11 BZE-Flächen mit Lysimeterkerzen (14009, 14008, 14015, 14017, 14036, 14038, 14061, 14047, 14044, 14048, 14051) |
| ST | keine | |
| TH | keine | |

D.h. es können zwischen 11 und 15 Flächen in die Untersuchungen einfließen. Unter Beachtung der in Tab. 4 für Kriterium 1 vorgenommenen Auswahl bzw. der aus Tab. 5 zu ersehenden Bereitschaft (Kriterium 2) werden folgende Level II-Standorte für die N-Studie vorgeschlagen:

| Probennahmestandorte für die N-Vorstudie | | | |
|--|------|--------------|---|
| lfd. Nr. | Land | Level II-Nr. | Bemerkung |
| 1 | RP | 705 | |
| 2 | RP | | noch unbenannt, Ländervorschlag |
| 3 | NI | 306 | |
| 4 | NI | 307 | |
| 5 | NI | | noch unbenannt, Ländervorschlag |
| 6 | NW | 502 | |
| 7 | NW | 503 | |
| 8 | NW | 507 | nicht vorausgewählt, aber Ländervorschlag |
| 9 | BW | 806 | |
| 10 | BW | 808 | nicht vorausgewählt, aber Ländervorschlag |
| 11 | SN | 1404 | |

In Abstimmung mit dem Auftragnehmer für die Analysearbeiten ist zu prüfen, ob der Stichprobenumfang und die Auswahl der Standorte den laboranalytischen Anforderungen entsprechen. Gegebenenfalls ist in Abstimmung mit den beteiligten

Ländern zu prüfen, ob bzw. welche zusätzlichen Flächen in die Untersuchung einbezogen werden sollen.

6. Zeitplan / Realisierung

Die Ausbringung der Lysimeterkerzen zur Kalibrierung erfolgt so zeitig wie möglich. Nach dem Einsetzen der Kerzen sollten bis zur Probennahme für die Analytik mindestens 6 Monate vergehen. Somit wird die Probennahme frühestens im Herbst 2000 erfolgen. Es ist darauf zu achten, daß die Gewinnung der Humus- und Bodenproben zeitnah zur Lösungsgewinnung für die Analytik erfolgt. Nach der Probennahme sind die Lösungs- und Festphasenproben eindeutig zu kennzeichnen (Standortsname, Kerzen- bzw. Probennummer etc.) und sofort an das Zentrallabor zu übergeben. Dort erfolgt die chemische Analyse der Lösungsproben sowie der zugehörigen Boden- und Humusproben. Die Präzisierung des o.g. Vorgehens ist Sache des mit der N-Vorstudie beauftragten Labors.

7. Literatur

ABER, J.D., K.J. NADELHOFFER, P. STEUDLER, J.M. MELILLO 1989: Nitrogen saturation on northern forest ecosystems. *BioScience*39, 378-386

BLATTNER, M. AUGUSTIN, S. SCHACK-KIRCHNER, H. HILDEBRAND, E.E. 2000: The desorption solution - a new approach to monitor water soluble ions in soils. *Z. Pfler. Bodenkunde*. in press.

DISE, N.B., E. MATZNER AND P. GUNDERSON 1998: Synthesis of nitrogen pools and fluxes from european forest ecosystems. *Water Air Soil Poll.* 105, 143-154

HILDEBRAND, E.E. 1991: Die chemische Untersuchung ungestört gelagerter Bodenproben - Methoden und Informationsgewinn. *KfK-PEF* 85, 201 S.

RIEK, W. 1999: Stratifizierung der BZE-Stichprobe hinsichtlich der Dynamik bodenchemischer Eigenschaften. Gutachten im Auftrag der BML, Eberswalde.

WOLFF, B., W. RIEK (1997): Deutscher Waldbodenbericht 1996. Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald von 1987-1993 (BZE). Bd. 1 und 2. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 1-144.

