

Optimierte Auswahl von Level-II-Flächen in Deutschland

WS, TS, UF, SS, AB

1 Einleitung

Die bisherigen, von den deutschen Bundesländern betriebenen Level-II-Flächen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings wurden entsprechend der jeweiligen Länderinteressen etabliert. Aus Bundessicht wird die Verteilung dieser Flächen auf die Waldökosysteme in Deutschland hinsichtlich Repräsentanz als nicht optimal angesehen. Darum wurde schon nach dem Auslaufen der durch die EU kofinanzierten Forest-Focus-Verordnung ein an Repräsentanzkriterien ausgerichteter Vorschlag zur einer optimierten Auswahl der Level-II-Flächen unterbreitet (Bund/Länder-ad-hoc-AG 2007). Der seinerzeitige Vorschlag basierte auf den Kriterien Baumartenzusammensetzung und den Substratklassen: „Sand“, „Lehm/Schluff“ und „Kalk“.

BMELV hat kürzlich angeregt, sich auf Reinbestände der 4 Hauptbaumarten (die beiden Eichenarten werden zusammengefasst) zu beschränken und eine geografische Verteilung über Deutschland zu prüfen, mit der Gradienten der Höhenlage und Kontinentalität abgedeckt werden; außerdem sollten Wasser- und Nährstoffversorgung berücksichtigt sein. Beispielsweise könnten je 2 Flächen im N, E, S, W (bzw. NE, SE, SW, NW) und in der Mitte Deutschlands ausgewählt werden, wobei von den je 2 Flächen jeweils eine besser und eine schlechter mit Wasser und Nährstoffen versorgt sein sollte. Wünschenswert wären hierbei auch benachbarte Flächen am gleichen Standort mit unterschiedlichen Baumarten. Damit könnten die eventuell unterschiedlichen Reaktionsmuster der Baumarten auf die gleichen Umweltbedingungen beobachtet werden. In der Summe wären das $2 \times 5 \times 4 = 40$ Flächen.

Vor dem Hintergrund, dass es sich bei Level-II-Flächen um Einzelfallstudien handelt, denen in der Gesamtheit nicht den Anspruch einer flächendeckenden Repräsentativität zukommen kann, ist doch zu beachten, dass für herausragende Fragestellungen des Forstlichen Umweltmonitorings wichtige Umweltgradienten möglichst maximal repräsentiert sein sollten. Als deutschlandweit vor allem unter dem Aspekt der Nährstoffnachhaltigkeit unter Einbeziehung des Klimawandels relevant anzusehende Bereiche sind auf Seiten der beeinflussenden Standorts- und Umweltfaktoren zu nennen:

- Depositionsbelastung (vor allem Stickstoff), relevant für Basen- und Nährstoffhaushalt
- Bodenazidität, relevant für Basen- und Nährstoffhaushalt
- Wasserhaushaltsbezogene Parameter, relevant für erwartete Klimaentwicklung
- Direkte oder indirekte klimabezogene Parameter, relevant für erwartete Klimaentwicklung
- Ozonbelastung, relevant für erwartete Klimaentwicklung.

Auf Seiten der Response-Größen können vor allem genannt werden:

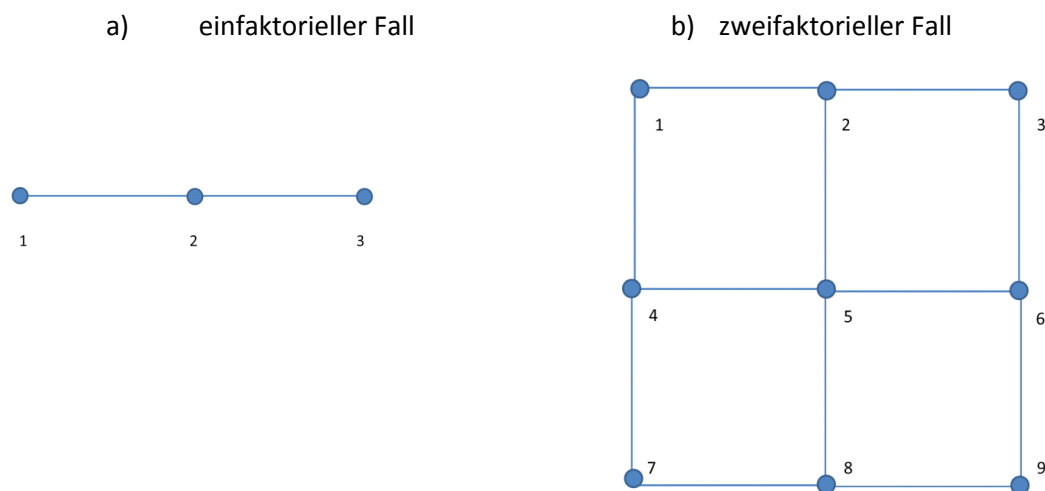
- Zuwachs
- Kronenzustand
- Artenzusammensetzung/Diversität der Krautschicht.

Für eine optimierte Flächenauswahl kommen diese Response-Größen weniger in Frage, da deren Ausprägung neben dem grundlegenden Standortfaktorenkomplex auch biotischen Rückkopplungen wie z.B. Gradationen von Schadinsekten unterliegen, die je nach Witterung von Jahr zu Jahr starken – Schwankungen unterliegen können.

2 Ansatz aus der allgemeinen Versuchsplanung

Im klassischen einfaktoriellen Ansatz wird in der allgemeinen Versuchsplanung ein Gradient, der für die jeweilige Fragestellung von Interesse ist, durch die beiden Extreme und den Mittelbereich abgedeckt (Abb. 1a). Damit sind, um den entsprechenden Gradienten voll abzudecken, mindestens drei Fälle (im unseren Fall Flächen) nötig. Im zweifaktoriellen Ansatz erhöht sich bei einer vollständigen und gleichmäßigen Abdeckung des Versuchsraumes die Zahl der Fälle auf neun (Abb. 1b). Bei drei Faktoren sind es bereits 27 Fälle. Mit höheren Dimensionen steigt die zur vollständigen Abdeckung bei numerischen Gradienten die benötigte Fallzahl immer um den Faktor 3 (also 81 Fälle bei vier Gradienten, allgemein: Versuchszahl = 3^n). Diese Fallzahlen können sich durch den Einschluss kategorialer Variablen (z.B. Baumarten) erniedrigen (binärer Fall), bei mehr als drei Kategorien pro Variable, aber auch erhöhen.

Abb. 1: Ein- und zweifaktorielles Versuchsdesign zur Abdeckung der entsprechenden Gradienten durch die jeweiligen Eck- (Minima und Maxima) und Zentrumsunkte (i.d.R. Medianwerte).



In der Statistischen Versuchsplanung (DoE: Design of Experiments) werden mit statistischen Methoden Serien von Einzelexperimenten entwickelt, die den Versuchsraum optimal erfassen (Meintrup 2012, Goos 2011). Im Fall des Level-II-Monitorings könnten nur komplexe mehrfaktorielle Ansätze zu einem befriedigenden Ziel führen, da für die ‚Versuchsanordnung‘ eine möglichst optimale Abdeckung des realen bzw. des auf Grund der bisherigen Flächenauswahl zur Verfügung stehenden Faktorenraumes erreicht werden sollte.

Da im Intensiven Forstlichen Umweltmonitoring eine Vielzahl an Variablen erfasst wird, ist ein vollständiges Versuchsflächendesign praktisch nicht umsetzbar. Deshalb muss eine Vorklärung zunächst die für die einleitend erwähnten relevanten Fragestellungen wichtigsten Gradienten und die dazu gehörenden Schlüsselparameter definieren. Das sind die für aktuelle (und zukünftig zu

erwartende) Fragestellungen unabdingbaren natürlichen und anthropogenen Standorts- und Umweltfaktoren.

Ein größeres Hindernis für die Erstellung optimal faktorenbezogener Resultate stellen fehlende Werte dar. So sind z.B. die Grundlagendaten für die Berechnung der nFK nicht in der bundesweiten Datenbank enthalten und konnten nur für einen Teil der Level-II-Flächen beschafft werden. Aus diesem Grund wird hier ein gestaffeltes Verfahren vorgeschlagen, das zunächst auf der Betrachtung einzelner, fragestellungsrelevanter Parameter beruht, die für (fast) alle Level-II-Flächen in der Datenbank enthalten sind (Ausnahmen stellen neu eingerichtete Flächen dar, für die z.B. keine längerfristigen Depositionsmessungen und zum Teil auch noch keine Bodenparameter vorliegen).

Tab. 1: Für den Versuchsraum (Wälder Deutschlands) wichtige Faktorengruppen und Parameter; grau unterlegt: primär verwendet.

Wichtige Umweltgradienten	Schlüsselparameter	Bemerkung
N-(S-) Deposition	Nasse N-Freilanddeposition	Bis auf die vor wenigen Jahren neu eingerichteten Plots durchgängig vorhanden; S-Deposition korreliert(e) mit N-Deposition und ist stark zurückgegangen, so dass entbehrlich
Säure-(Nährstoff-)status Boden	Boden-pH, Festphase	Bis auf vor wenigen Jahren neu eingerichtete Plots durchgängig vorhanden, pH-Wert führt MCPFE-Indikatorenliste für den Bereich chemischer Bodenzustand (2.2) an
Wasserhaushalt	nFK oder bulk density	Bodenphysikalische Grunddaten nur für 24 von 88 Plots verfügbar (vgl. Tab. 7)
Temperatur	Mittlere Lufttemperatur	Stark mit Höhenlage korreliert, deshalb wird diese verwendet, da diese durchgängig vorhanden ist, während meteorol. Messungen nur auf ca. 65 Flächen durchgeführt wurden
Niederschlag	Niederschlagssumme	aus Depositionsmessungen verwendet, da diese bis auf neu eingerichtete Plots durchgängig vorhanden
Hauptbaumart	Bu, Ei, Fi, Ki	kategoriale Größe, entsprechend verwendet
Baumartenmischungen	z.B. Bu/Fi, Ki/Ei,	schwer kategorisierbare Größe, vor allem wenn mehr als zwei Baumarten beteiligt sind
Alter	Alter	mit Höhenlage nur schwach korreliert, darum verwendet
Zuwachs	mittl. Radialzuwachs des Bestandes	Wichtige Response-Variable, für zwei Level-II-Flächen und alle neu eingerichtete Flächen nicht vorhanden, darum nur eingeschränkt verwendbar; ansonsten wie andere Response Variable bei Auswahl nicht berücksichtigt.

3. Beschreibung der relevanten Parameter

Auf Grundlage der bisherigen Aktivitäten im Rahmen des Level-II-Programmes liegen große Datenmengen vor, aus denen aggregierte Schlüsselparameter abzuleiten sind. Als ein wesentlicher Schlüsselparameter ist der Aziditätsgrad des Bodens anzusehen, da er Rückschlüsse auf eine Vielzahl mit der Nährstoff- und Basenversorgung gekoppelter bodenchemischer und bodenbiologischer

Eigenschaften zulässt. Er soll hier kurz vergleichend vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus der BZE I skizziert werden.

3.1 Boden-pH im oberen Mineralboden

Die BZE I gibt entsprechende Eckwerte für die Tiefenstufe von 0 – 10 cm an, während sich die entsprechenden Werte für die Level-II-Flächen auf die obersten 5 cm der Mineralbodens beziehen (die pH-Werte aus dem Level-II-Programm dürften also leicht niedriger ausfallen, vgl. Vanmechelen et al. 1997). Die Werte werden in der folgenden Tabelle einander insgesamt - und für den Bereich Level II auch nach Baumarten getrennt - gegenübergestellt.

Tab. 2: Vergleich pH-Werte der mineralischen Oberbodens

Eckwert	Min	P 25	Median	Mittel	P 75	Max
pH BZE I (0-10)	2,40	3,16	3,40	-	3,77	7,70
pH Level II (0-5)	2,6	3,0	3,2	3,45	3,6	7,3
• Buche	2,9	3,2	3,45	3,7	3,9	6,2
• Eiche	3,1	3,4	3,8	4,1	4,35	7,3
• Fichte	2,6	2,8	3,0	3,2	3,2	6,2
• Kiefer	2,7	3,0	3,2	3,2	3,4	3,8

Die Verteilungen sind bis auf die pH-Werte bei kiefernbestockten Flächen deutlich rechtsschief, was auf einen stärkeren Anteil saurer und nährstoffarmer Substrate zurückzuführen ist. Für die BZE wird das Gesamtmittel nicht mitgeteilt, die in Wolff & Riek (1997) dargestellte kumulierte Häufigkeitsverteilung zeigt, dass dies für die Waldböden in Deutschland generell ebenfalls zutrifft. Eine Ausrichtung an diesem Gradienten erscheint also gerechtfertigt, da er die in dieser Hinsicht in Deutschland vorkommenden Waldböden insgesamt gut abdeckt. Dass insbesondere die Kiefer ein nach oben beschränktes pH-Wertspektrum aufweist, liegt am Fehlen entsprechender mit Kiefer bestockter Flächen im Level-II-Datensatz und wahrscheinlich auch insgesamt (wegen chlorotischer Verfärbungen wird die Kiefer kaum auf Kalk angebaut).

3.2 Stickstoff-Deposition

Eine der Hauptmotivationen für die Implementierung des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings waren die bis in die 1980er Jahre sehr hohen Schwefeldepositionen. Diese konnten in den beiden letzten Jahrzehnten deutlich reduziert werden. Die Stickstoff-Depositionen sind dagegen nur geringfügig gesunken. Unterschiede zwischen den Level-II-Flächen sollten auf jeden Fall Beachtung bei einer Flächenauswahl finden. Da für diesen Bereich die auf den Level-II-Flächen ermittelten Depositionsraten quasi die primäre Informationsquelle für die Überprüfung von modellierten Depositionsraten darstellt (vgl. Mapesi-Projekt, Builtjes et al. 2011), kann hier auf einen Vergleich mit anderweitig gemessenen Werten verzichtet werden. Außerdem ist die Qualitätsprüfung der Daten aus den Depositionsmessungen entsprechend des Ansatzes von Mosello et al. (2005) weit fortgeschritten. Für die Bodenlösung konnten entsprechende Prüfungen noch nicht in dem Maße durchgeführt werden, so dass dieser, aus ökosystemarer Sicht ebenfalls wichtige Bereich nicht zur Aufstellung eines eigenen Gradienten herangezogen wurde.

3.3 Klimavariablen Temperatur und Niederschlag

Klimavariablen, insbesondere die für die Beurteilung des Wasserhaushalts von Bäumen unabdingbaren Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse, sind für die Beurteilung entsprechender Stresssituationen von großer Bedeutung. Entsprechende Werte wurden z.B. von 1996 bis 2006 auf insgesamt 77 Flächen in täglicher Auflösung erhoben. Für die Jahre 2007 und 2008, zwei Jahre ohne EU-Förderung, wurden für 50 bzw. 49 Flächen Daten an das PCC des ICP Forests und damit auch an die Bundesebene weitergegeben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die entsprechenden Datensätze bei den Ländern verfügbar sind. Mit dem Jahr 2009 stieg dann die Zahl der Flächen mit übermittelten meteorologischen Messdaten auf 64, wobei nun eine Reihe neuer Flächen ausgewiesen wurde. Vor dem Hintergrund unregelmäßiger Übermittlungsraten, wurde auf die Niederschlagsdaten aus den Depositionsmessungen zurückgegriffen. Für die mittlere Jahrestemperatur wurde die Höhenlage als Proxy verwendet.

4 Gradientenbezogene Untersuchungen zu den bisherigen Level-II-Flächen

Für die bis einschließlich 2006 unter Forest Focus betriebenen Level-II-Flächen (n = 88) liegen mit Ausnahme weniger Flächen (hauptsächlich Flächen aus Thüringen) langjährige Untersuchungsreihen zu relevanten Parametern vor. Für die ursprünglich im Vordergrund stehende Fragestellung von anthropogenen Stoffeinträgen und den damit verbundenen Veränderungen der Waldökosysteme sind dies vor allem Messungen zur Deposition sowie zur chemischen Zusammensetzung der Bodenlösung.

Zu nennen sind weiterhin klimatologische, vegetationskundliche und wuchsbezogene Erhebungen. Zu anderen Untersuchungen liegen in der Datenbank oft nur kurze Zeitreihen von wenigen Flächen vor, so dass auf solche Daten hinsichtlich einer im Sinne anstehender Fragestellungen des Forstlichen Umweltmonitorings kaum eine auf möglichst objektiven Kriterien fußende Flächenauswahl möglich ist (unter methodischen Gesichtspunkten allerdings schon, da Flächen mit einer Vielzahl an Untersuchungen innerhalb und außerhalb des Forstlichen Umweltmonitorings ein höherer Wert zukommen sollte).

4.1 An Gradienten orientierte, hauptbaumartenbezogene Flächenauswahl: Buche

Zunächst wurde die Unabhängigkeit der ausgewählten Parameter pH-Wert im oberen Mineralboden von 0 bis 5 cm Tiefe, Höhenlage, mittlerer Niederschlag aus den Depositionsmessungen und mittlerer jährliche Ammonium-Stickstoffdeposition geprüft. Abbildung 2 zeigt eine hinreichende Unabhängigkeit der Parameter für die mit Buche als Hauptbaumart bestockten Level-II-Flächen an. Die Darstellung der Plot-Scores zeigt deutlich eine Gruppe mit den Flächen aus dem norddeutschen Flachland mit der Faktorenkonstellation niedrige Höhenlage und höhere Ammonium-Deposition. Der indirekte Gradient des Säurestatus des Bodens, der einen gewissen Zusammenhang zur Niederschlagsmenge aufweist, ergibt einen mehr kontinuierlichen Übergang.

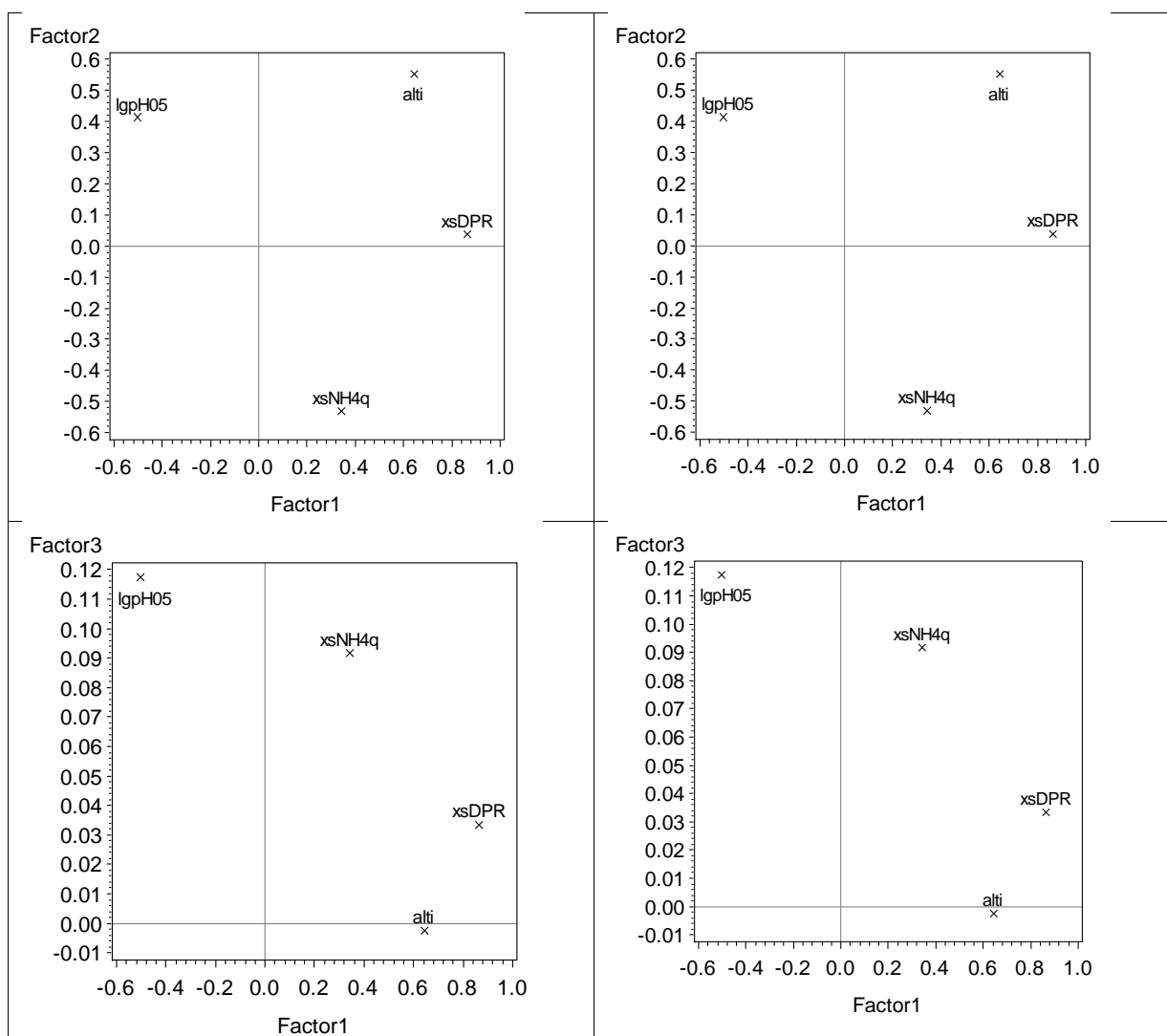


Abb. 2: Parameter- und Flächenscores der drei extrahierten Hauptkomponenten der mit Buche bestockten Level-II-Flächen. Originalparameter: Logarithmus des pH-Werts im Mineralboden 0 bis 5 cm Tiefe (lgpH05), Höhenlage (50 m-Klasse, alti), mittlerer Niederschlag aus Depositionsmessungen (xsDPR), mittlere NH₄-N-Deposition (xsNH₄q).

Tab. 3: Extrembereiche und Werte der zentralen Tendenz für die mit Buche als Hauptbaumart bestockten Flächen hinsichtlich der einzelnen Parameter; in Klammern: 2. Wert, nur marginal vom extremalen Wert abweichend; rot: ausgewählte Fläche; blau: auf Grund eines anderen Kriteriums ausgewählte Fläche; schwarz sind potentielle Austauschflächen mit gleicher oder sehr ähnlicher Ausprägung des Faktors.

	Minimalbereich	Medianbereich	Maximalbereich
Bodenacidität (pH)	911, (503)	505, 915, 604, 1302	306
Höhenlage (üNN)	101, (1302)	1606, 604, 606, 601, 602, 907	911, (903)
NH ₄ -N_Deposition	603, 703	306, 915	508, (911)
Niederschlag	1302, (1606)	919, 503	911, (915)

Differenziert man die Flächen auf Grund der Ausprägung der vier Parameter im Detail (Tab. 3), so können insgesamt 11 Flächen identifiziert werden, die den Parameterraum optimal abdecken. Zusammengefasst sind das die Flächen: 101, 306, 503, 505, 508, 604, 703, 903, 911, 915 und 1302.

Wegen besonders langer und intensiver Untersuchungen sollte die Fläche 304 (Solling, Buche) ebenfalls weiterhin betrieben werden, so dass die genannten **12** Buchenflächen aus Bundessicht weiterhin als Level-II-Flächen betrieben werden sollten.

4.2 An Gradienten orientierte, hauptbaumartenbezogene Flächenauswahl: Stiel- und Traubeneiche

Die insgesamt nur zehn mit einer der beiden Eichenarten bestockten Level-II-Flächen zeigen in der Hauptkomponentenanalyse ein etwas anderes Grundmuster. Hier ist der Säurestatus des Bodens negativ mit der Ammonium-Deposition und positiv mit der Höhenlage korreliert. Insgesamt ist die Unabhängigkeit der ausgewählten Parameter jedoch weitgehend gewährleistet.

Die am Einzelgradienten ausgerichtete Zusammenstellung (Tab. 4) ermöglicht auch bei der Eiche eine entsprechende an Gradienten orientierte Auswahl: 502, 705, 706, 910, 913, (914*) 308, 921, 1001, 1608 (n = 9). Es wird vorgeschlagen, da Bayern bei Eichenflächen überrepräsentiert ist, den Level-II-Plot 914 gegen 308, mit sehr ähnlicher Ausprägung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Deposition zu tauschen.

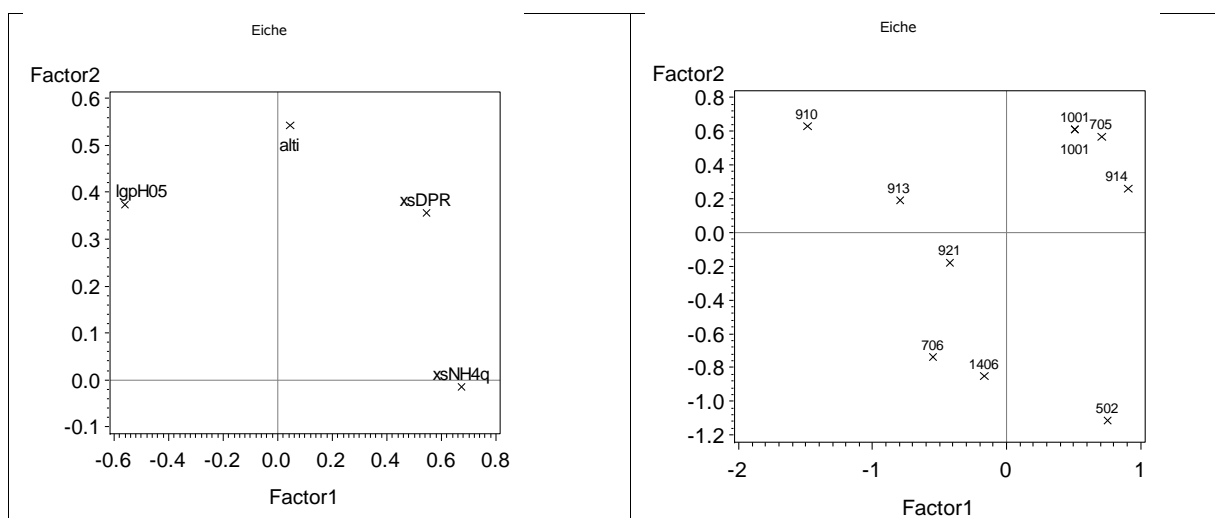


Abb. 3: Parameter- und Flächenscores der drei extrahierten Hauptkomponenten der mit Stiel- und/oder Traubeneiche bestockten Level-II-Flächen. Originalparameter: Logarithmus des pH-Werts im Mineralboden 0 bis 5 cm Tiefe (lgpH05), Höhenlage (50 m-Klasse, alti), mittlerer Niederschlag aus Depositionsmessungen (xsDPR), mittlere $\text{NH}_4\text{-N}$ -Deposition (xsNH4q).

Tab. 4: Extrembereiche und Werte der zentralen Tendenz für die mit Stiel- und/oder Traubeneiche als Hauptbaumart bestockten Flächen hinsichtlich der einzelnen Parameter; in Klammern: 2. Wert, nur marginal vom extremalen Wert abweichend; rot: ausgewählte Fläche; blau: auf Grund eines anderen Kriteriums ausgewählte Fläche; schwarz sind potentielle Austauschflächen mit gleicher oder sehr ähnlicher Ausprägung des Faktors .

	Minimalbereich	Medianbereich	Maximalbereich
Bodenacidität (pH)	502	913	910
Höhenlage	502	1608, 921, 1001	705
$\text{NH}_4\text{-N}$ _Deposition	706	705, 921	914 (308)
Niederschlag	1608	706	1001

4.3 An Gradienten orientierte, hauptbaumartenbezogene Flächenauswahl: Fichte

Auch für die Baumart Fichte kann von einer befriedigenden Unabhängigkeit der Originalparameter ausgegangen werden (Abb. 4). Da die in der Datenbank als Lärchenfläche deklarierte Flächen 904 fast zur Hälfte mit Fichte gestockt ist, wird sie bei dieser Auswertung als Fichtenflächen geführt. Diese Fläche ist wegen ihrer deutlichen höheren Lage (1800 m) auf der ersten Achse isoliert von den restlichen Flächen und bezüglich der zweiten Achse kommt sie zusammen mit der Fläche 803 wegen eines deutlich höheren pH-Wertes auf eine Position mit deutlichem Alleinstellungsmerkmalen. Die Fläche 1608 wird in der Datenbank als Tannenfläche geführt, ist aber teilweise mit Fichten bestockt, so dass auch diese Fläche den Fichtenflächen zugerechnet werden kann.

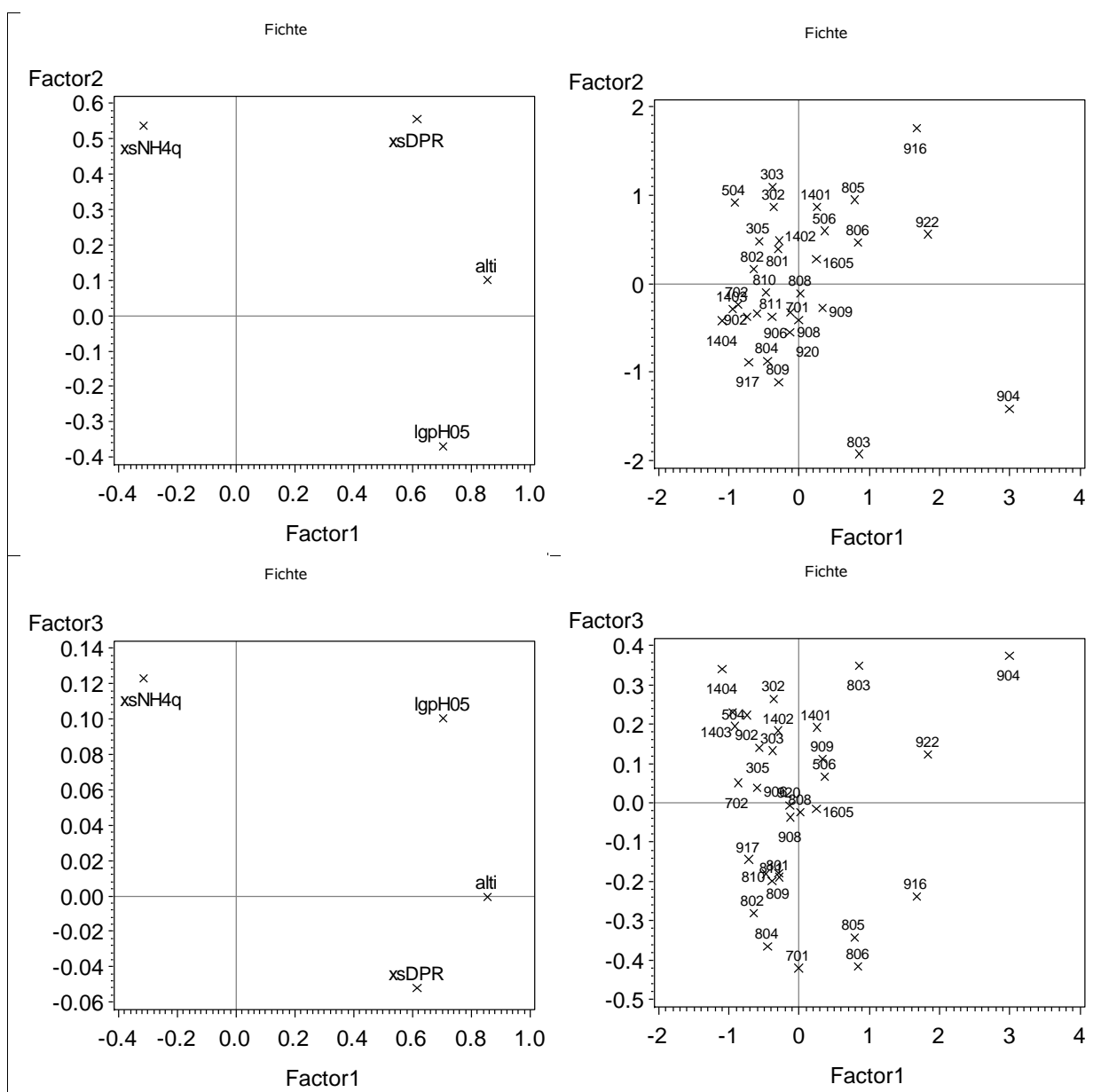


Abb. 4: Parameter- und Flächenscores der drei extrahierten Hauptkomponenten der mit Fichte bestockten Level-II-Flächen. Originalparameter: Logarithmus des pH-Wertes im Mineralboden 0 bis 5 cm Tiefe (lgpH05), Höhenlage (50 m-Klasse, alti), mittlerer Niederschlag aus Depositionsmessungen (xsDPR),

mittlere NH₄-N-Depositon (xsNH₄q).

Tab. 5: Extrembereiche und Werte der zentralen Tendenz für die mit Fichte als Hauptbaumart bestockten Flächen hinsichtlich der einzelnen Parameter; in Klammern: 2. Wert, nur marginal vom extremalen Wert abweichend; rot: ausgewählte Fläche; blau: auf Grund eines anderen Kriteriums ausgewählte Fläche; schwarz sind potentielle Austauschflächen mit gleicher oder sehr ähnlicher Ausprägung des Faktors.

	Minimalbereich	Medianbereich	Maximalbereich
Bodenacidität (pH)	802	908, 305, 917, 1402, 1403, 906, 1404, 701, 811	(803) 904
Höhenlage	1403, 1404, 504, 902	506, 804	904, (916)
NH ₄ -N_Deposition	701	908, 909	504
Niederschlag	1609	1402, 811, 802	916

Die an Gradienten orientierte Auswahl ergibt bei Fichte mit den Flächennummern 305, 504, 506, 701, 802, 803, 904, 916, 1402, 1404 und 1609 insgesamt **12** Flächen (Tab. 5).

4.4 An Gradienten orientierte, hauptbaumartenbezogene Flächenauswahl: Kiefer

Wie bei den anderen Baumarten zeigt auch die Kiefer eine weitgehend ausgeglichene Konfiguration der Originalparameter (Abb. 5). Deutlich wird vor allem hinsichtlich der Faktoren 1 und 2 die hohe Ähnlichkeit hinsichtlich der Originalparameter bei den aus Brandenburg, Sachsen-Anhalt und zum Teil aus Berlin stammenden Flächen.

Die zusammenfassende an Gradienten orientierten Auswahl bei Kiefer ergibt folgende Flächenauswahl: 307, 501, 707, 905, 912, 1103, 1201, 1202, 1405, 1502 (n = 10). Wegen besonders intensiver und langer Untersuchungsreihe und der dort vorliegenden sukzessionalen Übergangssituation zwischen Altkiefer und Eiche sollte die Fläche 1101 ebenfalls weiterhin betrieben werden, so dass insgesamt **11** Flächen aus Bundessicht weiterzuführen wären.

Tab. 6: Extrembereiche und Werte der zentralen Tendenz für die mit Kiefer als Hauptbaumart bestockten Flächen hinsichtlich der einzelnen Parameter; in Klammern: 2. Wert, nur marginal vom extremalen Wert abweichend; rot: ausgewählte Fläche; blau: auf Grund eines anderen Kriteriums ausgewählte Fläche; schwarz sind potentielle Austauschflächen mit gleicher oder sehr ähnlicher Ausprägung des Faktors.

	Minimalbereich	Medianbereich	Maximalbereich
Bodenacidität (pH)	1303, 905	1205, 912, 918, 1203, 1102, 1405	1103 (1502)
Höhenlage	307, 1303, 501, 1103	1405 (Mittel)	707
NH ₄ -N_Deposition	1201	912, 1202	307
Niederschlag	1103, (1206)	1502, 1202	707

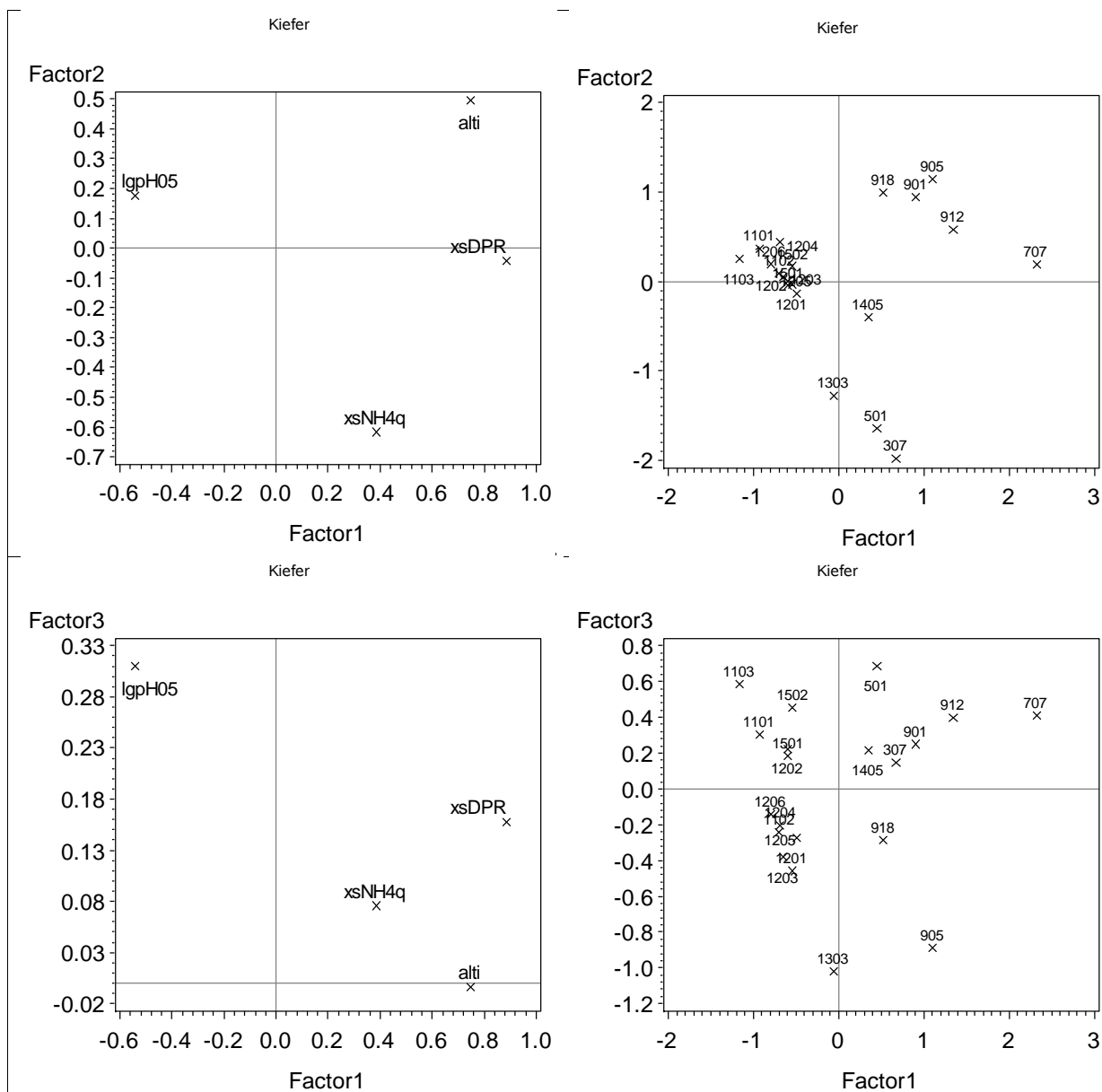


Abb. 5: Parameter- und Flächenscores der drei extrahierten Hauptkomponenten der mit Kiefer bestockten Level-II-Flächen. Originalparameter: Logarithmus des pH-Werts im Mineralboden 0 bis 5 cm Tiefe (lgpH05), Höhenlage (50 m-Klasse, alti), mittlerer Niederschlag aus Depositionsmessungen (xsDPR), mittlere NH₄-N-Deposition (xsNH₄q).

In der Summe ergeben sich somit **42** Level-II-Flächen, die aus Bundessicht eine optimale Abdeckung des durch die vier Gradienten aufgespannten Beobachtungsraumes gewährleisten sollten. Dazu kommen noch 2 Flächen, die auf Grund der für diese bestehenden sehr langen Zeitreihen von besonderem Interesse sind (hier evtl. noch weitere Flächen, die von den Ländern vorzuschlagen wären). Möglicherweise würden sich durch den Einschluss weiterer Parameter in diese gradientenorientierte Auswertung Gewichtungen in dem einen oder anderen Fall verschieben. Da die Informationen zu den Flächen Lücken aufweisen (die sich in multivariaten Auswertungsansätzen immer addieren), ist eine bessere Auswahl momentan kaum möglich. Offen muss der Einfluss von

Baumartenmischungen auf diese Auswahl bleiben, da eine entsprechende Untersuchung einen längeren Zeitraum in Anspruch nähme und dann das Ergebnis hinsichtlich der dargestellten Gradienten möglicherweise suboptimal ausfallen könnte.

Tab. 7: Zusammenstellung der ausgewählten Level-II-Flächen ($n_{\text{ges}}=44$); fett/unterstrichen sind Flächen der Minimal- und Maximalbereiche, kursiv: zusätzliche Flächen aufgrund besonders langer Zeitreihen; W: Flächen mit vollständigen wasserhaushaltbezogenen Angaben.

Lfd. Nr.	Buchenflächen	Eichenflächen	Fichtenflächen	Kiefernflächen
1	<u>101</u> W	<u>308</u>	305	<u>307</u> W
2	304	<u>502</u> W	<u>504</u> W	<u>501</u>
3	<u>306</u>	<u>705</u>	506 W	<u>707</u>
4	503 W	<u>706</u> W	<u>701</u>	<u>905</u>
5	505 W	<u>910</u>	<u>802</u>	912
6	<u>508</u> W	913 W	<u>803</u>	<i>1101</i>
7	604	921 W	<u>904</u> W	<u>1103</u>
8	<u>703</u>	<u>1001</u>	908 W	<u>1201</u>
9	<u>903</u>	<u>1608</u>	<u>916</u>	1202 W
10	<u>911</u> W		1402	1405
11	915		<u>1404</u>	<u>1502</u>
12	<u>1302</u>		<u>1609</u>	

Die durch einzelne Länder bereits mit Beginn des FutMon-Projektes vorgenommene Flächenauswahl wurde hier zunächst nicht berücksichtigt, da nicht immer klar ist, ob die Flächen, für die keine Daten an das PCC des ICP Forests übermittelt wurde, schon endgültig aus dem jeweiligen Länderprogramm genommen wurden, oder ob nur die entsprechenden Daten nicht an das PCC übermittelt wurden. In solchen Fällen sollten entsprechende Ersetzungen ohne große Einschränkung des gesamten Versuchsplanes möglich sein. In Tab. 7 werden alle durch das oben geschilderte Verfahren ausgewählten Level-II-Flächen zusammengefasst aufgelistet.

5. Weitere Kriterien für eine Auswahl von Flächen

In Tab. 1 wird der Wasserhaushalt als ein weiterer für die Auswahl von Flächen wichtiger Faktorenkomplex genannt. Hier stellt sich das Problem, dass die auf Bundesebene zur Verfügung stehende Datenbank nur für einen Teil der Flächen, die für die Berechnung entsprechend aussagekräftiger Größen wie Nutzbare Feldkapazität die zugehörigen Ausgangsparameter enthält. Dies wird durch die in Tab. 7 zusätzlich gemachte Angabe demonstriert. Für insgesamt 24 Level-II-Flächen, für die eine vollständige wasserhaushaltsbezogene Parametrisierung möglich ist, ergibt sich hier eine Schnittmenge von lediglich 15 Flächen.

Weiterhin kamen Kriterien aus den Bereichen Nadel-/Blattinhaltsstoffe, Kronenzustand, Zuwachs, Bodenvegetation, Sichtbare Ozonschäden, Phänologie oder Zuwachs nicht zur Anwendung. Da diese mehr oder weniger abhängige Variable umfassen, sollten sich auf Grund der an Hand abiotischer Faktoren getroffenen Auswahl bei den Responsevariablen ebenfalls entsprechend weite Gradienten ergeben. Einige dieser Erhebungen werden auch nur von einigen Bundesländern durchgeführt, so dass die gemeinsame Vergleichsbasis oft nicht gewährleistet ist.

Ebenfalls nicht zur Flächenauswahl herangezogen wurden Qualitätskriterien einzelner Untersuchungen. Hier wären die vor allem die Daten aus den Umfangs-/Durchmessermessungen zu nennen, bei denen sich im Zuge einer vor Jahren begonnenen Konsolidierung erhebliche Differenzen hinsichtlich der Plausibilität solcher Messungen ergaben (vgl. Seidling 2005). Auch die Überprüfung der Depositionsmessungen ergab deutliche Qualitätsunterschiede, die länderweise auftreten. Durch die systematische Anwendung der u.a. bei Mosello et al. (2005) aufgeführten Kriterien konnten hier flächenbezogenen Qualitätseinstufungen vorgenommen werden. Allerdings können hier durch rekonstruktive Verfahren Verbesserungen erzielt werden (Fischer & Seidling in prep.), so dass das Heranziehen derartiger Kriterien als verfrüht angesehen werden muss. Außerdem könnte sich durch die Anwendung derartiger Qualitätskriterien eine noch ungleichmäßigere Verteilung der Flächen hinsichtlich der Bundesländer ergeben, was ebenfalls problematisch sein dürfte.

Literatur

- Builtjes, P., Hendriks, E., Koenen, M., Schaap, M., Banzhaf, S., Kerschbaumer, A., Gauger, T., Nagel, H.-D., Scheuschner, T., Schlutow, A., 2011: Erfassung, Prognose und Bewertung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland. UBA Texte 40/2011.
- Bund/Länder-ad-hoc-AG „Waldmonitoring (Aydin, C.-T., Block, J., Bolte, A., Chmara, I., Dietrich, H.-P., Eichhorn, J., Engels, F., Gehrman, J., Grell, S., Heinitz, M., Kallweit, R., Meesenburg, H., Raben, G., Schäffer, J., Strich, S., von Wilpert, K., Wellbrock, N.)“ 2007: Bund-Länder-Konzeption für das zukünftige Monitoring in Deutschland. 23 S. unveröffentlicht.
- Fischer, U., Seidling, W., in prep.: Quality of Wet Deposition Data from German Forests: Constrains and Options.
- Goos, J., 2011: Optimal design of experiments. Wiley.
- Meintrup, D., 2012: Statistische Versuchsplanung mit JMP – von der Klassik zur Moderne. KSFE 2012 16. Konferenz der SAS Anwender in Forschung und Entwicklung, 8.-9. März 2012 TU Dresden, S. 24.
- Mosello, R., Amoriello, T., Arisci, S., Carcano, A., Clarke, N., Derome, J., Derome, K., Koenig, N., Tartari, G., Ulrich, E., 2005: Validation of chemical analyses of atmospheric deposition in forested European sites. *J. Limnol.* 64: 93-102.
- Seidling, W., 2005: Outline and examples for integrated evaluations of data from the intensive (Level II) monitoring of forest ecosystems in Germany. *Eur. J. Forest Res.* 124: 273-287.
- Vanmechelen, L., Groenemans, R., Van Ranst, E., 1997: Forest Soil condition in Europe. EC UNECE (ed.), Brussels, Geneva, 261 p.
- Wolff, B., Riek, W., 1997: Deutscher Waldbodenbericht 1996, Band 2. BMELF (Hg.), Bonn, o.S.