Landesforst

Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern

Heft 5/2004



Mecklenburg Vorpommern

Landesforst

Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern

Heft 5/2004



Mecklenburg Vorpommern

Titelbild:
links: Bodenprofil eines Podsols, Foto: J. MARTIN
rechts: Kiefernbestand, Foto: U. GEHLHAR

ISSN 1613 - 0529

Impressum

Herausgeber:
Landesamt für Forsten und Großschutzgebiete Mecklenburg-Vorpommern
Dezernat Forstliches Versuchswesen
Zeppelinstraße 3
19061 Schwerin

Redaktion:
U. Gehlhar und H. Schulz

Herstellung:
Druckhaus Panzig, Greifswald

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Dezember 2004

Vorwort

Bodenuntersuchungen auf Waldflächen haben in Mecklenburg-Vorpommern eine lange Tradition. Die forstliche Standortskartierung erhebt seit 1952 Bodendaten und verfügt inzwischen über einen Analysenfundus von mehr als 550 analysierten Bodenprofilen.
Die Bodenbefunde der Standortskartierung gewährten schon frühzeitig erste Einblicke in die Eigenschaften der verschiedenen Waldböden; eine systematische Überwachung des Bodenzustandes ist mit dem Methodengefüge der Standortskartierung aber nicht möglich und auch nicht vorgesehen. Erst die Anlage von 59 Bodendauerbeobachtungsflächen im Zeitraum 1986-89 schaffte die Voraussetzung, flächenrepräsentative und zeitlich im Zusammenhang stehende Daten über den Bodenzustand sowie dessen Entwicklung im Zeitverlauf zu erlangen.
Im vorliegenden Bericht veröffentlicht die Forstverwaltung erstmals ein umfassend statistisch aufbereitetes Datenmaterial über den Zustand der Waldböden und die Bodenentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 1986-2001. Die Bedeutung der verschiedenen Bodenkennwerte wird dargestellt und die Merkmalsausprägung der Bodenkennwerte anhand von Mittelwerten und Streumaßen für flächenhaft im Land bedeutsame Böden beschrieben. Die Befunde der Bodenaufnahmen werden ergänzt durch Ergebnisse von Nadel/-Blattanalysen aus Beständen, in denen die Bodendauerbeobachtungsflächen angelegt wurden. Darüber hinaus geht der Bericht der Frage nach, welche Wirkungen vom Boden auf den Ernährungszustand der Bäume ausgehen und wie die Waldvitalität vom Boden- und Ernährungszustand der Bäume beeinflusst wird.
Der Bericht wendet sich an einen breiten Interessentenkreis. Den Forstleuten und Waldbesitzern im Land soll er als bodenkundliches Nachschlagewerk dienen. Sie finden dort für flächenhaft bedeutende Waldböden ein umfangreiches, übersichtlich aufbereitetes Zahlenmaterial, das den bodenchemischen Zustand der Waldböden umfassend beschreibt und die Einordnung ggf. vorhandener eigener Bodenanalysedaten in einen landesweiten Rahmen gestattet. Die forstliche Standortskartierung wird auf Grundlage des vorgelegten Zahlenmaterials in die Lage versetzt, bestehende Auswerterahmen für Bodenanalysendaten kritisch zu prüfen und für viele Bodenkennwerte erstmals einen Bewertungsrahmen zu definieren. Die vorliegenden Daten vermitteln darüber hinaus ein Bild von der Umweltsituation im Wald und stellen eine notwendige fachliche Grundlage für die Forstverwaltung dar, waldbauliche und forstpolitische Entscheidungen vorzubereiten sowie die Öffentlichkeit über den Umweltzustand im Wald zu informieren. Die Daten dienen u. a. auch der Vorbereitung und Durchführung von Bodenschutzmaßnahmen im Wald.
Die ausführliche Methodenbeschreibung im ersten Teil des Berichtes ist für die Interpretation der Ergebnisse unverzichtbar und verfolgt darüber hinaus den Zweck, die Aufnahmemethoden, die teilweise an keiner anderen Stelle dokumentiert sind, für die Zukunft zu bewahren.
Die im Bericht vorgelegten Ergebnisse sind ein Gemeinschaftswerk vieler Forstleute über einen Zeitraum von mehr als 15 Jahren. Die konzeptionellen Vorbereitungen für die Anlage der Bodendauerbeobachtungsflächen-Forst trafen Forstwissenschaftler der Forstlichen Fakultät der TU Dresden, des Institutes für Forstwissenschaften Eberswalde und des VEB Forstprojektierung im Rahmen der *Forschungsgemeinschaft Waldschäden* im Jahr 1985. Die Flächenanlage wurde von der forstlichen Standortskartierung des *VEB Forstprojektierung Potsdam, BT Schwerin*, vorgenommen. Alle Wiederholungsaufnahmen, die Datenauswertung und die Berichtslegung erfolgten im *Forstlichen Versuchswesen des Landesamtes für Forsten und Großschutzgebiete Mecklenburg-Vorpommern*. Vitalitätsansprachen in den Probeflächenbeständen wurden von den Forstschutzbeauftragten der Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe und ab 1992 von spezialisierten Aufnahmeteams aus den Forstämtern des Landes Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt.
Allen beteiligten Forstleuten sei an dieser Stelle herzlich gedankt! Danken möchte ich auch den privaten und kommunalen Waldbesitzern, die nach 1991 den weiteren Betrieb der Probeflächen auf ihrem Besitz zugelassen haben. Für die gute und stets unkomplizierte Zusammenarbeit möchte ich Frau Finger und Herrn Dr. Reichelt sowie deren Mitarbeitern im Labor in Eberswalde danken. Mein Dank gilt auch Frau Prof. Kück, Frau Liane Buchmann und Herrn Dr. Fischer vom Lehrstuhl Statistik der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock, die mich in statistischen Fragen beraten und mir die Software zur Auswertung meiner Daten zur Verfügung gestellt haben. Einen herausragenden Beitrag zum Gelingen des gesamten Vorhabens der Bodendauerbeobachtung hat Herr Hartmut Just geleistet. Er war bereits an der Anlage des Beobachtungsnetzes maßgeblich beteiligt, hatte einen wesentlichen Anteil an der Datenerhebung und digitalen Datenaufbereitung und hat wichtige Auswerteschritte vorbereitet. Nicht unerwähnt soll auch der Beitrag anderer Kollegen aus dem Forstlichen Versuchswesen bleiben, die mich hinsichtlich der Gestaltung des Berichtes beraten, das Manuskript durchgesehen und umfangreiche Nachbearbeitungen der Graphiken vorgenommen haben. Namentlich möchte ich hier die Kollegen Dr. Herbert Rolf Schäfer, Michael Meyer, Uwe Gehlhar und Heiko Schulz nennen. Ihnen gebührt mein besonderer Dank!

Schwerin, im Dezember 2004 Olaf Dieckmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Methodik	8
2.1	Beobachtungsnetz	8
2.1.1	Repräsentanz	10
2.1.2	Flächenanlage	12
2.1.3	Flächenbehandlung	12
2.2	Auf- und Probenahmen	12
2.2.1	Bodenaufnahmen	12
2.2.2	Boden- und Nadel-/Blattpobenahmen	12
2.2.3	Analysen	13
2.2.4	Kronenzustandsansprache	16
2.2.5	Vegetationsaufnahme	17
2.3	Datenhaltung und -auswertung	17
2.3.1	Datenhaltung	17
2.3.2	Auswertungskonzept	18
3	Ergebnisse	20
3.1	Boden	20
3.1.1	pH-Wert	20
3.1.2	Kationenaustauschverhältnisse	24
3.1.2.1	Kationenaustauschkapazität	26
3.1.2.2	Basensättigung	32
3.1.2.3	Calcium-, Magnesium-, Kalium-, Natrium-Sättigung	36
3.1.2.4	Mangan-, Aluminium-, Eisen-, H-Sättigung	41
3.1.2.5	Austauscheracidität	46
3.1.3	Elementgehalte und -vorräte	52
3.1.3.1	Gesamtgehalte und -vorräte	52
3.1.3.1.1	Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor	52
3.1.3.1.2	Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium	67
3.1.3.2	Pflanzenverfügbare Gehalte und Vorräte	74
3.1.3.2.1	Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium	74
3.1.3.2.2	Mangan, Aluminium, Eisen, Protonen	83
3.1.3.2.3	Schwefel	93
3.2	Ernährungszustand nach Nadel-/Blattanalysen	95
3.3	Kronenzustand	105
3.4	Ernährungs- und Kronenzustand	107
3.5	Boden- und Kronenzustand	116
4	Schlussfolgerungen und Maßnahmen	131
5	Zusammenfassung	140
6	Literatur	142
7	Anhang	143

Waldbodenbericht der Forstverwaltung Mecklenburg-Vorpommern

Zustand und Entwicklung der Waldböden auf den Bodendauerbeobachtungsflächen-Forst im Zeitraum 1986 bis 2001 und folgen für die Bestandesernährung und Baumvitalität

OLAF DIECKMANN

1 Einleitung

Waldböden gelten im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten oder bebauten Böden als naturnah, haben aber eine oftmals Jahrhunderte währende menschliche Beeinflussung erfahren. Bereits mit der Sesshaftwerdung um 3000 v. u. Z. wurden Wälder gerodet und als Acker oder Viehweide genutzt. Vom 12. Jahrhundert an verringerte sich im Zuge der deutschen Kolonisation der Waldanteil in Mecklenburg-Vorpommern beträchtlich und erreichte um 1730 mit deutlich unterhalb 14 % seinen Tiefstand (MAGER 1955). Auch als Wald verbliebene Flächen waren nicht frei von landwirtschaftlicher Nutzung. Insbesondere in den Sandlandschaften war Streunutzung eine gewöhnliche Waldnutzungsform, die teilweise noch bis in die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts betrieben wurde. Waldweide war bis Ende des 19. Jahrhunderts weit verbreitet und wurde erst in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts endgültig eingestellt. PARCHMANN (1921) berichtet, dass noch 1793 für zwei Drittel der Waldfläche Mecklenburgs Weideberechtigungen bestanden.

Nach 1871 gab es erste zaghafte Ansätze der Industrialisierung in Mecklenburg-Vorpommern. Rauchgase aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe gelangten in den Wald; ihr Einfluss blieb in Mecklenburg-Vorpommern lokal begrenzt. Mit dem Bau hoher Schornsteine in den mittel- und westdeutschen Industriegebieten setzte in den 60er Jahren der Ferntransport von Luftschadstoffen ein, die in die Wälder Mecklenburg-Vorpommerns gelangten. Seit Anfang der 70er Jahren entwickelte sich die industriemäßig betriebene Landwirtschaft zu einem bedeutenden Emittenten, insbesondere von Stickstoffverbindungen. Die stärksten Luftverunreinigungen traten am Ende der 80er Jahre auf. Pro Jahr und Hektar gelangten etwa 23-26 kg Sulfat-Schwefel, 10-16 kg Nitrat- und Ammoniumstickstoff, 10-15 kg Calcium, 2-5 kg Magnesium und 2-6 kg Kalium aus Depositionen (Freiland) in den Wald (SIEMON & WESTENDORF 1990). Im Raum Ferdinandshof starben Anfang der 80er Jahre im Nahbereich von Massentierhaltungsstätten erstmals Waldgebiete in Mecklenburg-Vorpommern flächenhaft ab. Mit dem Niedergang und der Rekonstruktion der mitteldeutschen Industriegebiete und der Umgestaltung der Landwirtschaft nach 1990 verbesserte sich die Luftqualität spürbar. Die Einträge (Freiland) gingen bei Sulfat-Schwefel auf 5-8 kg/ha*Jahr zurück; bei den basischen Stäuben und beim Stickstoff verharrten sie auf dem Niveau der 80er Jahre (LUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN 2002). Der pH-Wert des Niederschlages lag 1999 mit 4,8-5,5 wieder in der Größenordnung natürlicher, wenig belasteter Gebiete.

Im „Gedächtnis“ der Waldböden hinterließen die Eingriffe des Menschen in den Boden tiefe Spuren. Nahezu alle an- und semihydromorphen Waldböden weisen heute Merkmale ehemaliger landwirtschaftlicher Nutzung, wie Pflughorizonte, erodierte Böden und Kolluvialerden, auf. Etwa 9 % der sandigen Waldböden sind nach Ergebnissen der Forstlichen Standortskartierung durch Erosion holozän überprägt. Auf bindigen Böden führte der Wegfall der Interzeption und des Wasserverbrauches des Waldes zu einer sekundären Vernässung, über deren flächenhaftes Ausmaß nur wenig bekannt ist. Beackerung ließ die Humusvorräte ehemaliger Waldböden schwinden. Es ist mit Humusabbau von 10-20 % zu rechnen (KOPP 1988). Insbesondere auf sandigen Böden trat durch Zerstörung der Vegetations- und Humusdecke und die daran geknüpfte Auswaschung sowie durch Biomasseentzug teilweise der vollständige Verlust der Stickstoffvorräte des Bodens ein. Biomasseernte auf landwirtschaftlich genutzten Flächen führte neben Stickstoffverlusten auch zum Entzug wichtiger Pflanzennährstoffe, u. a. von Calcium, Kalium und Magnesium. MENGEL (1984) gibt für die Nutzung eines guten Lehmstandortes als Wiese einen Nährstoffentzug von ca. 220 kg Kalium/ha*a und 30 kg/ha*a Magnesium an. Bei der Entnahme von einer Tonne Nadelstreu gehen dem Waldboden ca. 1 kg Calcium, 4 kg Kalium und 0,5 kg Magnesium verloren. Eine ähnliche Wirkung auf die Waldböden besitzen Einträge starker Mineralsäuren aus der Atmosphäre. Eingetragene Protonen werden gegen Ca-, K- und Mg-Ionen des Bodens eingetauscht, mit den Säureresten der Schwefel- und Salpetersäure im Sickerwasserstrom in Richtung Untergrund befördert und in äquivalenten Mengen durch H-, Al-, Fe- und Mn-Ionen ersetzt. Der Boden wird nährstoffärmer; er versauert allmählich.

Der Wald als Vegetationsform hat die verschiedenen Eingriffe des Menschen bisher mit erstaunlicher Toleranz überstanden. Nach jeder Störung setzen waldinterne Prozesse ein, die zur Regeneration des Humus-, Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf des Waldes mit dem Ergebnis der Wiederannäherung an den Ausgangszustand führen. In Sukzessionsschritten, die das gesamte Ökosystem erfassen und überwiegend in Zeithorizonten von Jahrhunderten verlaufen, strebt der Wald in seine Ausgangslage zurück. Geschwindigkeit, Richtung und Verlauf der Sukzession sind weitgehend abhängig von den Umweltbedingungen, in erster Linie vom Klima und Bodenzustand. Es bildet sich ein Störungs-/Regenerationsmosaik heraus, welches das ohnehin schon vielgestaltige Standortsmosaik überlagert. Verluste an Neutralkationen im Boden können nur bedingt durch Verwitterung aus dem Mineralbestand des Bodens und durch Neutralkationeneinträge ausgeglichen werden. Eine dauerhafte Abnahme der Neutralkationenvorräte im Boden scheint als verbreitete Folge eingetreten zu sein.

2 Methodik

2.1 Beobachtungsnetz

Auf dem Territorium des heutigen Mecklenburg-Vorpommern wurde 1986 mit der Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen (Basisflächen) der Ökologischen Waldzustandskontrolle begonnen. Die Arbeiten wurden 1989 abgeschlossen. In Mecklenburg-Vorpommern entstand ein Beobachtungsnetz von 59 Bodendauerbeobachtungsflächen. Diese Flächen wurden von der Landesforstverwaltung als forstliche Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF-F) übernommen und bis zum Jahr 2001 nahezu unverändert fortgeführt. 1995 wurden zwei BDF-F zu Intensivmessflächen des europäischen Level-II-Netzes ausgebaut. 11 Flächen im Privatwald wurden im Jahre 2001 aufgegeben und durch Flächen im Landeswald ersetzt.

Dem Beobachtungsnetz liegt das Konzept einer geschichteten Zufallsstichprobe zugrunde. In einem 5 x 5-km-Raster sollten in Suchkreisen von 1,25 km Radius Reinbestände der **Hauptbaumarten Kiefer und Rotbuche** auf **mittelfrischen, mittel nährstoffversorgten Standorten (M2)** mit homogener Standortsausstattung, einem Abstand >200 m zum Waldrand und einem **Bestandesalter > 40-80 (Buche bis 120)** Jahre als BDF-F ausgewählt werden. In der Praxis wurden die Vorgaben für die Flächenauswahl nicht streng eingehalten. Eine Übersicht über die tatsächlich erreichte Ausstattung der BDF-F nach Standorten und Bestockungsmerkmalen geben die Tabellen 2-1 bis 2-3. Abbildung 2-1 zeigt die Lage der BDF-F im Land. Die BDF-F sind näherungsweise gleichmäßig über die Landesfläche verteilt; sie decken alle bedeutenden Klimagebiete und geologischen Straten ab.

Im Beobachtungsnetz fehlen stärker wasserbeeinflusste Böden, wie Moore und vollhydromorphe Gleye mit und ohne feuchtebedingter Humusakkumulation, sowie Rohböden und Ranker (Regosole). In den Mooren und auf vollhydromorphen Böden, mit Einschränkungen auch auf semihydromorphen Böden, ist das Bodenwasser die beherrschende Ökosystemkomponente. Veränderungen im Wasserhaushalt ziehen auf diesen Standorten einen weitreichenden Bodenzustandswandel nach sich, dessen Beobachtung Sonderuntersuchungen vorbehalten bleiben soll und nicht Gegenstand der forstlichen Bodendauerbeobachtung in Mecklenburg-Vorpommern ist. Tabelle 2-1 informiert über die Flächenausstattung der BDF-F nach Bestockungs- und Standortsmerkmalen zum Zeitpunkt der Flächenanlage. Einseitig dominieren Kiefernforsten (46 Flächen), deren ökologische Spannweite vom Flechten- bis zum Himbeer-Kiefernforst reicht. Der Anzahl nach vorherrschend sind Kräuter-Blaubeerforsten (28 Flächen). Natürliche Kiefernwälder kommen im Beobachtungsnetz nicht vor. 11 Kiefernflächen weisen einen Laubholzzwischen- oder -unterstand auf, der durch Rotbuchen-Unterbau (3 Flächen) oder spontan, im Zuge einer Sukzession, entstanden ist. Die Rotbuche ist 1986 mit 12 Flächen im Beobachtungsnetz vertreten. Die Buchenflächen sind hinsichtlich ihrer Vegetationsausstattung als naturnah anzusehen. Mit 7 Flächen sind Perlgras-Buchenwälder am häufigsten. Im ärmeren Flügel reichen

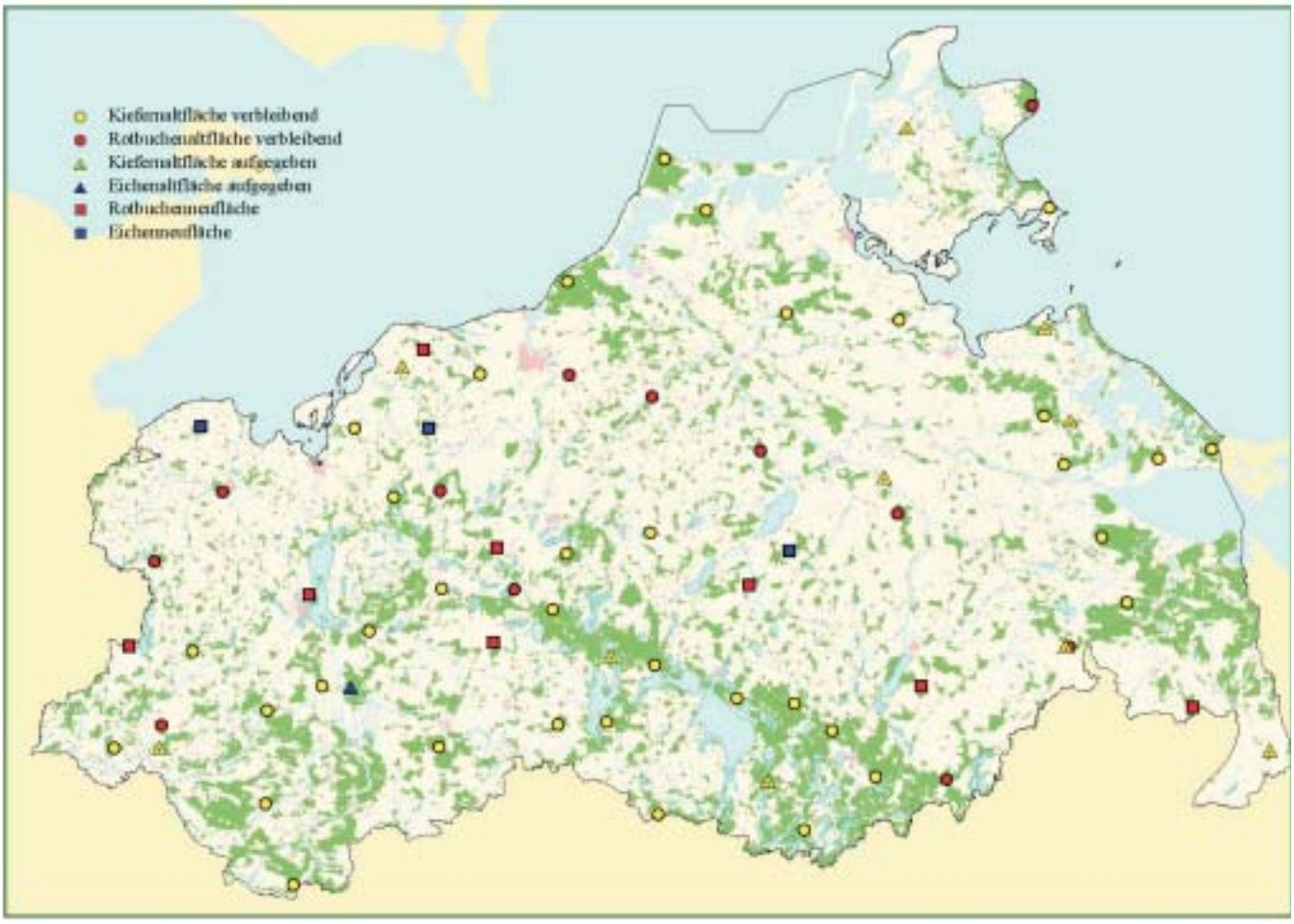


Abb. 2-1: Lage der BDF-F in Mecklenburg-Vorpommern

die Buchenwälder bis zum Hainrispen-Buchenwald (5 Flächen); Drahtschmielen-Buchenwälder treten nicht auf.

Nach Standortsformengruppen herrschen im gesamten Beobachtungsnetz mittelfrische, mittel nährstoffversorgte Standorte (M2) vor (21 Flächen). Ähnlich häufig sind mit 20 Flächen mittelfrische, kräftige Standorte (K2). 12 Beobachtungsflächen, die ausschließlich mit Kiefern bestockt sind, befinden sich auf mittelfrischen und frischen, ziemlich armen Standorten (Z1/Z2). Der Flächenanteil sonstiger Standorte ist mit 6 Flächen gering. Die ökologische Amplitude reicht von feuchten, reichen (NR2) bis zu mittelfrischen, armen Standorten (A2).

Häufigster und zugleich ökologisch heterogenster Substratfolgetyp (Substrattyp) sind die Sandböden (51 Flächen), deren ökologische Eigenschaften maßgeblich von der vertikalen Abfolge der Nebenkörnungsartengruppen im Bodenprofil (Grob-, Mittelfein- oder Staubsand), dem Auftreten oder Fehlen lehmiger Bänder im Untergrund, dem Verlehmungsgrad der Decken und der Karbonattiefe bestimmt werden. Lehmböden (8 Flächen) treten nur in untergeordneter Anzahl auf. Es kommen Lehm-, Tieflehm- und Decklehmböden vor. Bei Lehmböden setzt kompakter Lehm mit mindestens 40 cm Mächtigkeit in der Schichtfolge oberhalb und bei Tieflehmen unterhalb von 40 cm Tiefe ein. Beim Decklehm folgt einer > 20 cm bis maximal 80 cm mächtigen Lehmschicht Sand im Untergrund. Die ökologische Spannweite der Substratfolgen reicht vom reinen, mittelfeinkörnigen Sand, ohne Lehmbänder und ohne verlehmte Decke, bis zum kompakten Lehm, der unmittelbar an der Oberfläche einsetzt. Braunerden (38 Flächen) unterschiedlichen Podsolierungsgrades, teilweise mit erodierter periglazialer Decke (Rumpfrosterden) und temporärem Wassereinfluss im tieferen Untergrund (Gleybraunerden) stellen den häufigsten Horizontfolgetyp (Bodentyp) dar. Auf 7 Flächen kommen Fahlerden, Parabraunerden und Staugley-Fahlerden vor. Diese Böden markieren den ökologisch reichen Flügel der BDF-F. Podsole und Gleypodsole (13 Flächen) sind die ärmsten Standorte im Beobachtungsnetz. Als sonstiger Bodentyp trat 1986 ein Anmooramphigley auf.

Zur Wiederholungsauf- und -probenahme wurden die Bodenprofile der BDF-F bis zum Jahr 2001 insgesamt zweimal aufgegraben und dabei um ca. 0,5 m je Aufnahme in Richtung Aufnahmewand erweitert. In einzelnen Fällen wurde zur Wiederholungsaufnahme auch die Profilrück- oder Seitenwand genutzt. Im Verlaufe von zwei Wiederholungsaufnahmen musste auf 8 BDF-F (14 % aller Flächen) die ursprüngliche Standortsansprache aus dem Jahr 1986 korrigiert werden. Tabelle 2-2 zeigt die Veränderungen, die teilweise durch den Wechsel des Aufnahmepersonals (Wechsel des subjektiven Beurteilungsmaßstabes) und teilweise aus der vorhandenen echten kleinräumigen Standortsvarianz resultieren. In 3 Fällen änderte sich der Horizont- **und** Substratfolgetyp; 2-mal wurde ein anderer Substratfolgetyp und 3-mal ein neuer Horizontfolgetyp ermittelt. Die erneute Standortsansprache führte in 2 Fällen zu einer Neubewertung der Stamm-Standortsformengruppe. 3 Kiefernflächen wurden im Zeitraum von 1986 bis 2001 mit Rotbuche unterbaut; auf einer Kiefernfläche hat sich spontan ein Laubholzunterstand eingestellt.

Tab. 2-1: Standorts- und Bestockungszustand der BDF-F zum Zeitpunkt der Flächenanlage im Jahre 1986

Baumart		GKI											RBU							SEI		
Unterstand		RBU-Unterbau		Σ	mit Sukzession		Σ	ohne			Σ	Σ	mit		Σ	ohne		Σ	Σ	ohne	Σ	ΣΣ
Zustandsvegetation*		Mo	RM		Mo	RM		Mo	RM	Ro			MM	Mo		MM	Mo			Mu		
Bodentyp	Substrattyp																					
Braunerde	Mittelfeinsand			0		1	1	1	11		12	13	1		1		1	1	2		0	15
	Staubsand			0	1	1	2		1		1	3			0			0	0		0	3
	Grobsand		1	1	1		1		1	1	2	4			0			0	0		0	4
	Bändersand	1	1	2			0			1	1	3			0	2		2	2		0	5
	Bänderstaubsand			0			0	1			1	1		1	1		1	1	2		0	3
	Mittelfeinsand lehmunterlagert			0			0				0	0		1	1			0	1		0	1
	Bändersand lehmunterlagert			0			0		1		1	1			0			0	0		0	1
	Bänderstaubsand lehmunterlagert			0			0				0	0		1	1			0	1		0	1
Anmoor-amphigley	Decklehm			0			0				0	0			0			0	0	1	1	1
Rumpf-rosterde	Mittelfeinsand			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
	Sandskelett			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
	Bändersand			0			0	1	1		2	2			0			0	0		0	2
	Bänderstaubsand			0			0		1		1	1			0			0	0		0	1
Fahlerde	Tieflehm			0	1	1	2				0	2			0	1		1	1		0	3
	Lehm			0			0				0	0			0	1		1	1		0	1
Staugley-fahlerde	Tieflehm			0			0		1		1	1	1		1			0	1		0	2
	Lehm			0			0				0	0	1		1			0	1		0	1
Podsol	Mittelfeinsand			0		1	1		3	2	5	6			0			0	0		0	6
	Staubsand			0			0		1	3	4	4			0			0	0		0	4
Gleypodsol	Mittelfeinsand			0		1	1			1	1	2			0			0	0		0	2
	Staubsand			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
Summe		1	2	3	3	5	8	3	21	11	35	46	3	3	6	4	2	6	12	1	1	59

* siehe Anlage Zustandsvegetationsformen

Tab. 2-2: Standorts- und Bestockungszustand der BDF-F nach einmaliger Wiederholungsbeprobung im Jahre 2001

Baumart		GKI											RBU							SEI		
Unterstand		RBU-Unterbau		Σ	mit Sukzes-sion		Σ	ohne			Σ	Σ	mit		Σ	ohne		Σ	Σ	ohne	Σ	ΣΣ
Zustandsvegetation*		Mo	RM		Mo	RM		Mo	RM	Ro			MM	Mo		MM	Mo			Mu	0	
Bodentyp	Substrattyp																				0	
Braunerde	Mittelfeinsand		1	1	2	3	5		7		7	13	1		1		1	1	2		0	15
	Staubsand			0			0	1	1	1	3	3			0			0	0		0	3
	Grobsand	1		1	1		1		2		2	4			0			0	0		0	4
	Bändersand	1		1			0				0	1			0	1		1	1		0	2
	Bänderstaubsand	1		1			0				0	1			0	1		1	1		0	2
	Mittelfeinsand lehmunterlagert			0			0				0	0			0	1		1	1		0	1
	Staubsand lehmunterlagert			0			0				0	0			0	1		1	1		0	1
	Bändersand lehmunterlagert			0			0		1	1	2	2			0			0	0		0	2
Anmoor-amphigley	Decklehm			0			0				0				0				0	1	1	1
Rumpf-rosterde	Mittelfeinsand			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
	Sandskelett			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
	Bändersand			0			0		1		1	1			0			0	0		0	1
	Bänderstaubsand			0			0		1		1	1			0			0	0		0	1
Fahlerde	Tieflehm			0	2		2		1		1	3			0	2		2	2		0	5
	Decklehm			0	1		1				0	1			0			0	0		0	1
	Lehm			0			0				0	0			0	1		1	1		0	1
Staugley-fahlerde	Tieflehm			0			0		1		1	1	1		1			0	1		0	2
	Lehm			0			0				0	0	1		1			0	1		0	1
Podsol	Mittelfeinsand			0	1	1	2		2	3	5	7			0			0	0		0	7
	Staubsand			0			0		1	2	3	3			0			0	0		0	3
Gleypodsol	Mittelfeinsand			0			0		2		2	2			0			0	0		0	2
	Staubsand			0			0			1	1	1			0			0	0		0	1
Kolluvialerde	Mittelfeinsand			0			0				0	0			0		1	1	1		0	1
Summe		3	1	4	7	4	11	1	20	10	31	46	3	0	3	7	2	9	12	1	1	59

* siehe Anlage Zustandsvegetationsformen

2001 wurden 10 BDF-F in Kiefernbeständen auf Sandstandorten und eine Eichenfläche auf einem vollhydromorphen Standort (Anmooramphigley) aufgegeben, um den Anteil buchen-bestockter Flächen und nährstoffreicher Lehmböden im Beobachtungsnetz zu erhöhen. Die Ausstattung der BDF-F nach Bestockungs- und Standortsmerkmalen ab 2001 zeigt Tabelle 2-3. 2001 setzt sich das Beobachtungsnetz aus 20 Rotbuchen-, 3 Eichen- und 36 Kiefern-BDF-F zusammen. Der Anteil der Lehm- und Tieflehmböden im Beobachtungsnetz verdoppelte sich auf 19 Flächen. Frische und mittelfrische reiche Standorte (R1/R2) sind ab 2001 mit 13 Flächen im Beobachtungsnetz vertreten.

2.1.1 Repräsentanz

Die BDF-F-Stichprobe liefert für ca. **75 % der Waldfläche Mecklenburg-Vorpommerns** Ergebnisse. Moore und vollhydromorphe Böden, die zusammen etwa 25 % der Waldfläche einnehmen, sind im Beobachtungsnetz nicht vertreten. Für diese Standorte haben die im Bericht vorgelegten Daten keine Relevanz. Die an- und halbhydromorphen Böden (75 % der Waldfläche) werden von der BDF-F-Stichprobe offenbar ausreichend gut widergespiegelt. Die Stichprobe bildet sowohl die Hydromorphie- als auch die Substrattypenverteilung der an- und halbhydromorphen Böden im Land gut ab (Tab. 2-4). Etwas überrepräsentiert sind die anhydromorphen Sandböden; eine leichte Unterrepräsentation ist für die halbhydromorphen Sandböden feststellbar.

Zu Auswertezwecken wird die Gesamtstichprobe in Straten gleicher oder ähnlicher Eigenschaften, z. B. nach Bodentypengruppen, stratifiziert. Der Stichprobenumfang verringert sich dabei innerhalb der einzelnen Straten teilweise erheblich. Es stellt sich die Frage, inwieweit für einzelne, durch eine geringe Stichprobenanzahl belegte Straten, z. B. die Gleypodsole, noch zuverlässige Aussagen getroffen werden können. Eine Prüfmöglichkeit ergab sich im Zusammenhang mit dem Umbau des Beobachtungsnetzes im Jahre 2001. 1986 entfielen nur 7 Stichprobepunkte auf die Bodentypengruppe der Fahlerden. 3 Stichprobepunkte lagen zudem in für Mecklenburg-Vorpommern untypischer Weise in Kiefernbeständen; repräsentierten also einen zu ungünstigen Humuszustand. 2001 wurde die Anzahl der Stichprobepunkte auf der Bodentypengruppe der Fahlerden von 7 auf 19 Flächen mehr als verdoppelt, ohne dass sich die Mittelwerte und Streumaße einzelner Bodenkennwerte (z. B. pH-Wert, Basensättigung) nennenswert verändert hätten. Lediglich die Ränder der Merkmalsverteilungen einzelner Bodenkennwerte veränderten sich geringfügig. Die geringe Stichprobenanzahl von nur 7 Flächen im Jahre 1986 war offenbar ausreichend, die Eigenschaften der Bodentypengruppe der Fahlerden hinreichend zuverlässig beschreiben zu können. Der Stichprobenumfang der Bodentypengruppen der Fahlerden, Braunerden und Podsole ist offenbar ausreichend groß, um eine Flächenrepräsentativität zu gewährleisten. In der Gruppe der Podsole fehlen in der Stichprobe Podsole mit Karbonat im Untergrund und anhydromorphe Podsole mit Filzauflagen (Rohhumusdecken > 12 cm). Der Flächenanteil

Tab. 2-3: Standorts- und Bestockungszustand der BDF-F nach Aufgabe und Neuanlage von 11 BDF-F im Jahre 2001

Baumart		GKI										RBU							SEI		
Unterstand		RBU-Unterbau		Σ	mit Sukzession		Σ	ohne		Σ	Σ	mit		Σ	ohne		Σ	Σ	RBU-Unterbau	Σ	ΣΣ
Zustandsvegetation*		Mo	RM		Mo	RM		RM	Ro			MM	Mo		MM	Mo			MM		
Bodentyp	Substrattyp																				
Braunerde	Mittelfeinsand		1	1	2	2	4	6		6	11	1		1		1	1	2		0	13
	Staubsand			0			0	1	1	2	2			0			0	0		0	2
	Grobsand	1		1	1		1	1		1	3			0			0	0		0	3
	Bändersand	1		1			0			0	1			0	1		1	1		0	2
	Bänderstaubsand	1		1			0			0	1			0	1		1	1		0	2
	Mittelfeinsand lehmunterlagert			0			0			0	0			0	1		1	1		0	1
	Staubsand lehmunterlagert			0			0			0	0			0	1		1	1		0	1
	Bändersand lehmunterlagert			0			0	1	1	2	20			0	0		0	0		0	2
Rumpf-rosterde	Mittelfeinsand			0			0		1	1	1			0			0	0		0	1
	Sandskelett			0			0		1	1	1			0			0	0		0	1
	Bänderstaubsand			0			0	1		1	1			0			0	0		0	1
Fahlerde	Tieflehm			0	2		2			0	2			0	2		2	2		0	4
	Lehm			0			0			0	0			0	9		9	9	3	3	12
Staugley-fahlerde	Tieflehm			0			0	1		1	1	1		1			0	1		0	2
	Lehm			0			0			0	0	1		1			0	1		0	1
Podsol	Mittelfeinsand			0		1	1	1	3	4	5			0			0	0		0	5
	Staubsand			0			0	1	1	2	2			0			0	0		0	2
Gleypodsol	Mittelfeinsand			0			0	1	1	2	2			0			0	0		0	2
	Staubsand			0			0		1	1	1			0			0	0		0	1
Kolluvialerde	Mittelfeinsand			0			0			0	0			0		1	1	1		0	1
Summe		3	1	4	5	3	8	14	10	24	36	3	0	3	15	2	17	20	3	3	59

* siehe Anlage Zustandsvegetationsformen

Substrattyp	BDF-F-Stichprobe		Verteilung im Land	
	Anzahl der Stichprobepunkte	Prozent	Fläche (ha)	Prozent
anhydromorphe Böden	52	90	269.768	85
Sand	48	**83**	131.741	**73**
Lehm	1	**2**	16.175	**5**
Tieflehm	3	**5**	21.571	**7**
restl.	0	**0**	104	**0**
halbhydromorphe Böden	6	10	48.817	15
Sand	3	**5**	35.521	**11**
Lehm	1	**2**	5.039	**2**
Tieflehm	2	**3**	8.153	**2**
Summe	58[1)]	**100**	318.603	**100**

Tab. 2-4: Verteilung der Substrat- und Hydromorphietypengruppen im Jahre 1986 in der BDF-F-Stichprobe und auf an- sowie halb-hydromorphen Waldböden in Mecklenburg-Vorpommern

[1)] unberücksichtigt BDF-F auf Anmooramphigley (1 Fläche)

dieser Podsole ist im Land aber vernachlässigbar gering. Der Stichprobenumfang der Bodentypengruppe der Gleypodsole ist mit nur 3 Flächen zu gering, um das im Land vorhandene Merkmalsspektrum in seiner Gesamtheit abbilden zu können. Die vorgelegten Daten gestatten nur eine größenordnungsmäßige Einordnung der Bodenkennzahlen nach Mittelwerten.

Mit der Anlage von 11 Stichprobenpunkten auf besten Lehmstandorten im Jahre 2001 wurde die Repräsentanz der Gesamtstichprobe für die an- und halbhydromorphen Standorte im Land aufgegeben. Die Lehmböden sind ab 2001 in der Gesamtstichprobe zu stark überrepräsentiert (Tab. 2-5). Eine Auswertung des Bodenzustandes in Richtung einer Gesamtaussage für die an- und halbhydromorphen Standorte im Land ist nicht mehr möglich und war aber auch primär nicht unmittelbar vorgesehen. Zukünftig wird eine Auswertung nur nach Bodenstraten, z. B. den Bodentypengruppen, möglich sein. Der höhere Stichprobenumfang auf den Lehmböden gestattet dort allerdings differenziertere Auswertungen, während die Verminderung der Stichprobenanzahl auf den Sandböden, aufgrund der immer noch hohen Probepunktzahl, kaum Folgen für den Aussagewert der ermittelten Daten in diesem Stratum hat.

Einschränkungen hinsichtlich der Repräsentanz der vorgelegten Daten sind auch für die Daten zum Ernährungs- und Kronenzustand zu beachten. Die Ergebnisse der Ernährungs- und Vitalitätsuntersuchungen gelten ausschließlich für mittelalte und alte Kiefern- und Rotbuchenbestände. Jüngere Bestände und andere Baumarten wurden nicht untersucht.

Substrattyp	BDF-F-Stichprobe		Verteilung im Land	
	Anzahl der Stichprobepunkte	Prozent	Fläche (ha)	Prozent
anhydromorphe Böden	53	90	269.768	85
Sand	37	63	131.741	73
Lehm	12	20	16.175	5
Tieflehm	4	7	21.571	7
restl.	0	0	104	0
halbhydromorphe Böden	6	10	48.817	15
Sand	3	5	35.521	11
Lehm	1	2	5.039	2
Tieflehm	2	3	8.153	2
Summe	59	100	318603	100

Tab. 2-5: Verteilung der Substrat- und Hydromorphietypengruppen im Jahre 2001 in der BDF-F-Stichprobe und auf an- sowie halb-hydromorphen Waldböden in Mecklenburg-Vorpommern

2.1.2 Flächenanlage

BDF-F wurden von Fachpersonal der forstlichen Standortskartierung angelegt, aufgenommen und beprobt. Auch Flächenerneuerungen sowie Neuanlagen (im Jahr 2001) und Wiederholungsauf- und -probenahmen erfolgten durch spezialisiertes Fachpersonal.

Eine BDF-F besteht aus der eigentlichen Versuchsfläche und einer Pufferzone von 10 m, die die Versuchsfläche allseitig umgibt. Die BDF-F hat eine rechteckige Flächenform. Ihre Flächengröße wird vom Standraum der 100-105 Bäume bestimmt, die der Bestandesüberwachung dienen, und beträgt 600-1200 m². Die Eckpunkte der Fläche werden durch Eichenpfähle dauerhaft markiert. Im Zentrum der Versuchsfläche liegt eine Bodengrube mit einer Mindesttiefe von 1,6 m. Durch eine zusätzliche Bohrung am Grunde der Bodengrube wird der Boden bis 3,0 m Tiefe aufgeschlossen. Nach der Erst- und der ersten Wiederholungsaufnahme blieb die Bodengrube offen. Nach der zweiten Wiederholungsaufnahme wurden alle Profile mit Erdaushub verfüllt. Alle lebenden Bäume innerhalb der Versuchsfläche wurden zum Zeitpunkt der Erstanlage lückenlos nummeriert. Die Auffrischung der Nummern erfolgt alle 5 Jahre.

2.1.3 Flächenbehandlung

Bodendauerbeobachtungsflächen unterliegen mit wenigen Ausnahmen **keiner** forstlichen Sonderbehandlung. Die Bestockung auf der Bodendauerbeobachtungsfläche wird im Rahmen der üblichen forstlichen Pflege, zusammen mit dem umgebenden Bestand, durchforstet. Soweit Auswahlmöglichkeiten bestehen, werden Bäume, die der jährlichen Kronenzustandsansprache dienen, geschont. Baumentnahmen innerhalb der BDF-F werden vom zuständigen Revierförster registriert und dem Forstlichen Versuchswesen bekannt gegeben.
Darüber hinaus gelten auf BDF-F folgende Behandlungsregeln:

- Die Bodenoberfläche der Bodendauerbeobachtungsfläche ist zu erhalten. Das Befahren der Fläche mit schweren Maschinen ist auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Die Anlage von Rückegassen innerhalb der Fläche ist nicht statthaft.
- Die Bodendauerbeobachtungsfläche und ein Bereich von 100 m um die Außenbegrenzung der Fläche sind von Kalkungs- und Düngemaßnahmen freizuhalten.
- Die Anlage von Kirrungen, die Ablage flächenfremder Biomasse und sonstiger Fremdstoffe sind nicht zulässig.
- Der Bestand, in dem sich die Bodendauerbeobachtungsfläche befindet, ist bis zur Hiebsreife zu erhalten.
- Vor- und Unterbauten sind mit dem Forstlichen Versuchswesen abzustimmen.

2.2 Auf- und Probenahmen

2.2.1 Bodenaufnahme

Bodenaufnahmen erfolgen nach Standortskartierungsanweisung Mecklenburg-Vorpommern (bis 1994 SEA 74 A/B; ab1995 SEA 95 B). Aufgenommen wird das Bodenprofil im Zentrum der Versuchsfläche. Bodenansprachen werden an der Stirnwand der Bodengrube vorgenommen. Anspracheeinheit ist die Bodenlage (Horizont und Schicht). Nachstehende Merkmale werden aufgenommen und in einem Formblatt dokumentiert:

- Lagen(Horizont)tiefen und –mächtigkeit
- Horizontgliederung
- Perstruktionsgliederung
- Skelettgehalt
- Bodenart
- Humusgehalt
- Farbe
- Bodendichte
- Bodengefüge
- Kalkgehalt
- Feindurchwurzelung
- Besonderheiten

Nach Vorlage der Analysenbefunde aus dem Labor werden Feldansprachen, soweit notwendig, aktualisiert. Ein Foto ergänzt die Profilbeschreibung. Erst- und Wiederholungsaufnahmen sind unmittelbar vergleichbar.

2.2.2 Boden- und Nadel-/Blattprobenahme

Die Entnahme von Bodenproben richtet sich nach *SEA 74 A/B* bzw. *SEA 95 B*. Für die Nadel-/Blattpobenahme gilt die Richtlinie *Basisnetz der ÖWK* aus dem Jahre 1987.

Bodenprobenahme

Mineralbodenproben werden lagenweise an der Stirnwand des Bodenprofils entnommen. Durch mehrmaliges, diagonal über die Bodenlage verteiltes Einschlagen eines Stechzylinders mit einem Volumen von 100 oder 200 cm^3, werden volumengerecht 600-800 cm^3 Mineralboden je Bodenlage gewonnen. Beprobt werden alle Bodenlagen bis mindestens 160 cm Tiefe. Die oberste Mineralbodenlage wird, soweit sie mächtiger als 5 cm ausgebildet ist, zur Probenahme in zwei Teilbereiche unterteilt. Getrennt beprobt werden die obersten 5 cm und der restliche Teil der Bodenlage bis zur Lagenuntergrenze. Störungen wie Wurzelgänge, Eiskeile u. ä. werden nicht bzw. gesondert beprobt.

Die Entnahme von Humusproben erfolgt flächengerecht mittels Stechrahmen oder Stechzylinder an und vor der Profilwand. Es wird soviel Humus entnommen, bis ein Probenbeutel von 2 l Inhalt gefüllt ist. Bei Auflagehumusformen werden F- und H-Lage gemeinsam beprobt. Die L-Lage wird verworfen. Anlässlich der ersten Wiederholungsaufnahme in den Jahren 1991-95 wurden bei einzelnen Profilen **zusätzlich** die L- und F-Lage gemeinsam sowie die H-Lage getrennt entnommen. Bei Mineralbodenhumusformen wird der oberste Zentimeter des Mineralbodens beprobt. Eine Entnahme von Satellitenproben erfolgt weder beim Mineralboden noch bei der Humusauflage.
Erst- und Wiederholungsprobenahmen sind in Bezug auf die Probenahmemethode unmittelbar vergleichbar. Die Probenahme liefert punktbezogene Bodeninformationen (vgl. S. 21). 1986-89, 1991-1995 und 1999-2000 wurden alle 59 BDF beprobt. Darüber hinaus liegen die Ergebnisse der Erstprobenahme für die 11 im Jahre 2001 neu angelegten BDF-F vor.

Nadel-/Blattprobenahme

Nadel-/Blattproben werden an **3 vorherrschenden und herrschenden** Bäumen außerhalb der Bodendauerbeobachtungsfläche aus dem umgebenen Bestand in der Pufferzone der Fläche gewonnen. 1986-1989 und 1991-94 wurden die Probebäume gefällt. Bei der Baumart Kiefer wurden aus jedem Probebaum drei Seitenzweige des 5. oder 6. Wirtels herausgesägt und der 1. und 2. Nadeljahrgang getrennt beerntet. Buchenblätter wurden aus dem Kronenmantel der Wipfelregion gepflückt. Ab 1999 erfolgte die Nadel-/Blattprobenahme durch gezielten Schrotschuss. Aus der voll belichteten Oberkrone der 3 Probebäume werden mindestens 3 Zweige herausgeschossen und beerntet. Bei jeder Probenahme werden je Nadeljahrgang mindestens 250 g Kiefernnadeln bzw. > 200 Buchenblätter geworben. Die Buche wird in den Monaten Juli-August und die Kiefer während der vollständigen Vegetationsruhe im November-Februar beprobt.

2.2.3 Analysen

Das Analysenspektrum der Bodendauerbeobachtung entspricht in zahlreichen Bodenkennwerten den teilweise seit Jahrzehnten gebräuchlichen Analysenmethoden der forstlichen Standortskartierung und ermöglicht eine Beurteilung der Analysenergebnisse auf der Grundlage vorhandener Auswerterahmen der Standortskartierung. Daneben wurden 1986 neue Analysenmethoden eingeführt, die das bewährte Analysenspektrum der Standortskartierung ergänzen. Die Erstanalyse (1986-89) und erste Wiederholungsanalyse (1991-97) wurden im Labor der forstlichen Standortskartierung (VEB Forstprojektierung Potsdam, ab 1990 Landesanstalt für Forstplanung) in Eberswalde unter Leitung von Frau Finger durchgeführt. Dieses Labor wurde 1998 mit dem Labor der Landesforstanstalt Eberswalde zusammengeführt. Die zweite Wiederholungsanalyse (1999-2000) erfolgte im Labor der Landesforstanstalt Eberswalde unter Leitung von Herrn Dr. Reichelt.

Die Analysenmethoden wurden im Zeitraum 1986 bis 2001 möglichst nicht oder nur wenig verändert. Vollständig unverändert blieben die Korngrößenbestimmung, die Bestimmung von Kohlenstoff und des pH-Wertes sowie mit Einschränkungen die Stickstoffbestimmung. Teilweise machte die rasche Entwicklung der Aufschluss- und Bestimmungsmethoden es erforderlich, die Analysenmethoden anzupassen. Dies gilt insbesondere für den Ersatz der Flammenfotometrie durch AAS und ICP, die eine schnellere und genauere Messung ermöglichen. In begrenztem Umfang wurde die Analysenvergleichbarkeit der pflanzenverfügbaren Gehalte an Calcium, Magnesium und Kalium geprüft, weil bei diesen Elementen die Mess- und beim Magnesium auch das Extraktionsverfahren verändert wurden und die Neuwerte insbesondere beim Element Magnesium im Bereich hoher Gehalte (im Humus) scheinbar höher ausfallen als die Altwerte. Die Überprüfung der Analysenvergleichbarkeit wurde durch Wiederholungsanalysen eingelagerter Archivproben der ersten Probenahme vorgenommen und ergab folgende Ergebnisse:

- Magnesium (löslich)
  Die 1994 neu eingeführte Extraktions- und Mess-methode liefern hochsignifikant höhere Magnesiumgehalte als die Altmethode. Die Neuwerte liegen im Mittel 50 % über den Altwerten.

- Calcium (löslich)
  Das seit 1994 angewandte Messverfahren führt bei einer größeren Streuung der Einzelwerte zu vergleichbaren Ergebnissen mit den Daten der Altmethode. Die mittlere Differenz zwischen Alt- und Neumethode beträgt + 15 % und ist nicht signifikant.

- Kalium (löslich)
  Die Änderung des Messverfahrens ab 1994 hatte keinen gesicherten Einfluss auf die Vergleichbarkeit der Analysenmethoden. Alt- und Neumethode sind prinzipiell vergleichbar. Die mittlere Differenz zwischen Alt- und Neumethode beträgt - 11 % und ist nicht signifikant.

Bodenanalysen

Probenaufbereitung

Der Analyse geht die Aufbereitung zugesandter Proben voraus. Diese umfasst die Trocknung (bis 1991 wurden dem Labor lufttrockene Proben, ab 1992 nur noch im Trockenschrank getrocknete Proben übergeben) sowie eine Masse- und Feuchtebestimmung. Ein Teil des Feinbodens (< 2 mm) wird aus der lufttrockenen Probe abgesiebt und dient als Ausgangsmaterial für die meisten Analysen. Vom abgesiebten Feinboden wird ein weiterer Teil mit einer Mörser- oder Scheibenschwingmühle gemahlen. Von der Trocknung abgesehen, wurden seit 1986 keine Veränderungen der Probenvorbereitung vorgenommen. Überzähliges Probenmaterial wird in Faltkartons der Größe 100 x 70 x 40 mm gefüllt und als Rückstellprobe im Probenarchiv eingelagert. Nachstehende Bodenparameter werden bestimmt:

Korngrößenverteilung

Dispergierung des Feinbodens (FB) mit Natriumpyrophoshat-Lösung; Abtrennung und Trocknung der Sandfraktion (> 0,063 mm) und anschließende Trockensiebung. Aerometrische Bestimmung der Schluff- und Tonfraktion (< 0,063 mm). Ergebnis: Körnungsarten in Masse-%. Keine Veränderung der Methode seit 1986**.**

pH-Wert

Verrühren der Probe mit Wasser (pH H_2O) bzw. 0,1 N KCl-Lösung (pH KCl) im Volumenverhältnis Probe : Lösung = 1 : 2,5 , mindestens 4 Stunden Stehen unter zwischenzeitlichem mehrfachen Umrühren, Messen mit einer pH-Glaselektrode. Keine wesentliche Veränderung der Methode seit 1986.

Basensättigung

a) Methode Kappen-Adrian
Methode ist nur für karbonatfreie Böden geeignet. Sie wird in der ostdeutschen Standortskartierung seit 1965 durchgeführt. Die Basensättigung **(V-Wert)** wird aus dem S-Wert und dem H-Wert nach folgender Formel berechnet:

$$\textbf{V-Wert (\%)} = \frac{\text{S-Wert} \times 100}{\text{S-Wert} + \text{H-Wert}}$$

Der **S-Wert** (Summe der austauschbaren **Neutralkationen**) wird durch Extraktion des Feinbodens mit 0,1 N Salzsäure und anschließender Rücktitration nicht umgesetzter H-Ionen mit 0,1 N Natronlauge ermittelt.
Der **H-Wert** (Summe der austauschbar gebundenen Kationensäuren und Protonen) wird durch Extraktion des Feinbodens mit einem schwach alkalischen (pH = 8,5) Borat-Kalziumchlorid-Gemisch und anschließender Rücktitration nicht umgesetzter OH-Ionen mit 0,1 N Salzsäure bestimmt.
Seit 1999 erfolgt die Titration von S- und H-Wert mit einem Titriergerät. Dieses erkennt den gewünschten Endpunkt potentiometrisch. Die durch Eigenfärbung der Extrakte verursachten Messungenauigkeiten werden wesentlich verringert.
Der **T-Wert** (Summe aller austauschbar gebundenen Kationen) ergibt sich aus der Addition von S-Wert und H-Wert.

b) Methode nach Behm
Die Basensättigung (BS) wird nach folgender Formel berechnet:

$$BS\ (\%) = \frac{\text{Neutralkationen} \times 100}{\text{Austauschkapazität}}$$

Neutralkationen = lösliches Ca + Mg + K + Na in $mmol_c$/100g Boden
Kationensäuren = lösliches Al + Fe + Mn + (H aus Aciditätsbestimmung) in $mmol_c$/100g Boden

Die Austauschkapazität ist die Summe aus: Neutralkationen + Kationensäuren + H-Ionen in $mmol_c$/100g Boden.

Austauschacidität

Durch Extraktion des Feinbodens mit 1 N KCl-Lösung gehen H- und Al-Ionen in Lösung. Anschließend wird aus einem ersten Aliquot die **Gesamtacidität** aus H- und Al-Ionen durch Titration mit 0,02 N Natronlauge bestimmt. Die **H-Acidität** wird aus einem zweiten Aliquot nach Maskierung der Al-Ionen mit Natriumfluorid durch Titration mit 0,02 N Natronlauge ermittelt. Durch Subtraktion der H-Azidität von der Gesamtacidität wird die **Al-Acidität** berechnet. Seit 1998 erfolgt die Titration von Gesamt- und H-Acidität mit einem Titriergerät. Dieses erkennt den gewünschten Endpunkt potentiometrisch und vermeidet damit Abweichungen der Ergebnisse durch unterschiedliche Interpretation der Farben durch verschiedene Mitarbeiter.

Gesamtgehalte

Stickstoff (Kjeldahl-Verfahren)
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit konzentrierter Schwefelsäure und Selenreaktionsgemisch. Destillation und Titration des entstehenden Ammoniaks mit 0,05 N Salzsäure. Seit 1998 teilweise auch Messung der aufgeschlossenen Lösung am Fließinjektionsanalysator. Beide Methoden ergeben gleiche Ergebnisse**.**

Kohlenstoff
Nasse Oxidation des gemahlenen Bodens mit 0,4 N Dichromat-Schwefelsäure bei 125 Grad Celsius. Rücktitration mit Eisenammonium-II-Sulfatlösung. Keine Veränderung der Methode seit 1986.

Kronenbild	Benadelungsgrad	Nadelverfärbung	Vitalität	mittleres Nadelverlust-%
1	1	1	1	
Krone dicht	über 85 %, volle Benadelung, 3. Jahrgang mit geringen Verlusten	grüne Nadeln in allen Jahrgängen	gesund	5
2	2	2	2	
von innen beginnende Verlichtung der Krone	über 65 %, geringer Nadelverlust, 3. Jahrgang stark reduziert oder fehlend	überwiegend grün, mehrjährige Nadeln gelbgrün, Gelbspitzigkeit	kränkelnd	25
3	3	3	3	
fortschreitende Verlichtung der Krone, schüttere Benadelung	über 40 %, starker Nadelverlust, 2. Nadeljahrgang reduziert	stärkere Nadelverfärbung, mehrjährige Nadeln an den Spitzen beginnend braun	krank	50
4	4	4	4	
Krone sehr licht, häufig Kronenteile abgestorben, sehr kurze Triebe, pinselartige Benadelung	über 25 %, sehr starker Nadelverlust, 1. Jahrgang mit geringen Verlusten, 2. Jahrgang fehlt	sämtliche Nadeln verfärbt, einjährige Nadeln an den Spitzen beginnend braun	absterbend	70
5	5	5	5	
Krone skelettiert, durchsichtig	unter 25 %, (fast) vollständiger Nadelverlust, 1. Jahrgang nur noch in Resten vorhanden oder alle Nadeln fehlend bzw. tot	Nadelreste des 1. Jahrgangs stark verfärbt	tot	90

Tab. 2-6: Anspracheschlüssel Kronenzustand Kiefer (1986-89)

Phosphor
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit Flusssäure. Kolorimetrische Messung am Fließinjektionsanalysator ab 1986. Keine Bestimmung in der zweiten Wiederholungsanalyse (1999-2001).

Calcium
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit Flusssäure. Abtrennung störender Ionen mittels Oxalatfällung des Calciums. Nach Wiederauflösung des Ca-Oxalates flammenphotometrische Messung. Seit 1998 Messung am ICP direkt in der Aufschlusslösung.

Magnesium
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit Flusssäure. Nach Zugabe eines spektrometrischen Puffers Messung am AAS. Seit 1998 Messung am ICP direkt in der Aufschlusslösung.

Kalium und Natrium
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit Flusssäure. Direkt aus der salzsauren Lösung Messung am Flammenphotometer (seit 1998 am ICP).

Schwermetalle (Kupfer, Molybdän, Zink, Blei)
Aufschluss des gemahlenen Bodens mit Flusssäure. Direkt aus der salzsauren Lösung Messung am Flammenphotometer (seit 1998 am ICP).

Lösliche (austauschbare) Gehalte
Calcium, Kalium, Natrium
Extraktion des Feinbodens mit 0,5 N Ammoniumchloridlösung durch einstündiges Schütteln. Nach Filtration der Bodensuspension Messung am Flammenphotometer. Ab 1994 Messung am AAS und ab 1998 am ICP.

Magnesium
Bis 1994 Extraktion des Feinbodens mit 0,025 N Calciumchloridlösung durch einstündiges Schütteln. Nach Filtration der Bodensuspension Messung am AAS. Ab 1994 Extraktion des Feinbodens mit 0,5 N Ammoniumchloridlösung durch einstündiges Schütteln und Messung am AAS (ab 1998 am ICP).

Aluminium, Eisen, Mangan
Ab 1994 Extraktion des Feinbodens mit 0,5 N Ammoniumchloridlösung durch einstündiges Schütteln und Messung am AAS (ab 1998 am ICP).

Schwefel
Ab 1998 Extraktion des Feinbodens mit 0,5 N Ammoniumchloridlösung durch einstündiges Schütteln und Messung am ICP.

Nadel-/Blattanalysen

Probenaufbereitung

Die Probenaufbereitung umfasst die Trocknung der Nadeln und Blätter bei 60 °C und die Bestimmung der Trockenmasse von 100 Nadelpaaren der Baumart Kiefer. Die Zerkleinerung der Pflanzenproben erfolgte bis 1994 in Kaffeemühlen (ab 1991 mit Titanmessern). Von 1995 bis 1997 wurde eine Kugelmühle mit Zirkonoxid-Mahlgarnitur und ab 1998 eine Ultra-Zentrifugalmühle mit Titan-Mahlgarnitur verwendet.

Stickstoff (Kjeldahl-Verfahren)
Aufschluss und Messung wie bei Bodenproben.

Phosphor, Calcium, Magnesium, Kalium
Bis 1993 trockene Veraschung des Nadelmehls bei 500 °C. Anschließend Lösen der Asche in verdünnter Salzsäure, Filtration und Einzelelementbestimmung im Aliquot des salzsauren Filtrats. Die Messung erfolgte beim Element

- Phosphor kolorimetrisch am Fließinjektionsanalysator
- Calcium und Kalium flammenfotometrisch
- Magnesium am Atomabsorptionsspektrometer (AAS).

Ab 1993 wird ein Salpetersäure-Druckaufschluss durchgeführt. Die Messung erfolgt beim Element:

- Phosphor kolorimetrisch am Fließinjektionsanalysator,
- Calcium, Magnesium und Kalium am AAS

Ab 1998 werden alle Elemente am ICP gemessen.

Kronenbild	Belaubungsgrad	Blattverfärbung	Vitalität	mittleres Nadelverlust-%
1	1	1	1	
Krone dicht	über 90 %, volle Belaubung	Laub durchgängig grün, keine Nekrosen	gesund	5
2	2	2	2	
beginnende schüttere Belaubung im äußeren Kronenbereich, einzelne Astspitzen dürr	über 65 %, geringer Belaubungsrückgang im äußeren Kronenbereich	überwiegend grüne Laubfärbung, erste Blattverfärbung	kränkelnd	25
3	3	3	3	
schüttere Belaubung der gesamten Krone, Beginn der Verkahlung ganzer Äste in der Außenkrone, größerer Anteil von Dürrästen	über 40 %, schüttere Belaubung, Blätter häufig sehr klein	partienweise Verfärbung, deutliche Blattnekrosen	krank	50
4	4	4	4	
Verkahlung der Äste auch in der Innenkrone, einzelne Kronenteile abgestorben	über 10 %, sehr schüttere Belaubung	starke Verfärbung der gesamten Krone bzw. vorzeitiger Laubfall, Blattnekrosen	absterbend	75
5	5	5	5	
gesamte Krone skelettiert, durchsichtig	unter 10 %, Laub nur in Resten vorhanden	ohne Blätter bzw. alle Blätter tot	tot	95

Tab. 2-7: Anspracheschlüssel Kronenzustand Buche und Eiche (1986-89)

Tab. 2-8: Mittelwerte und Spannweiten von Bodenstraten der mittleren prozentualen absoluten Abweichungen vom arithmetischen Mittel aus drei zeitlich versetzten Aufnahmen innerhalb einzelner Bodenlagen

	pH(H2O)	pH(KCl)	Basensättg.	Gesamtacid.	N-Gesamt	C-Gesamt	Ca(lösl.)	Mg(lösl.)	K(lösl.)	Na(lösl.)
alle Lagen										
N	471	471	468	471	471	471	471	471	471	471
Mittelwert	**11**	**10**	**70**	**59**	**73**	**74**	**129**	**122**	**119**	**55**
Minimum	0	0	1	0	0	2	5	5	8	0
Maximum	56	82	276	377	299	333	365	380	354	289
Braunerden										
N	305	305	304	305	305	305	305	305	305	305
Mittelwert	**11**	**10**	**72**	**54**	**73**	**75**	**134**	**125**	**111**	**47**
Minimum	0	0	1	0	0	2	5	8	8	0
Maximum	56	82	243	323	299	333	365	335	332	289
Fahlerden										
N	66	66	64	66	66	66	66	66	66	66
Mittelwert	**15**	**15**	**49**	**93**	**70**	**76**	**112**	**105**	**126**	**79**
Minimum	2	1	8	0	11	4	13	5	9	0
Maximum	37	58	143	377	159	210	303	290	318	235
Podsole										
N	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Mittelwert	**10**	**8**	**71**	**54**	**81**	**66**	**113**	**113**	**123**	**51**
Minimum	1	1	5	7	8	6	17	24	11	0
Maximum	32	26	220	157	280	214	283	333	354	186
F+H-Lagen										
N	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
Mittelwert	**13**	**14**	**45**	**76**	**66**	**67**	**94**	**103**	**113**	**55**
Minimum	1	0	4	7	10	2	6	5	9	0
Maximum	52	40	178	377	159	210	297	256	318	289
Bv-Lagen										
N	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Mittelwert	**9**	**6**	**73**	**42**	**65**	**73**	**139**	**134**	**119**	**62**
Minimum	0	0	14	5	7	5	32	8	17	0
Maximum	32	40	180	140	214	208	312	288	332	241
C-Lagen										
N	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Mittelwert	**10**	**8**	**78**	**68**	**89**	**103**	**172**	**150**	**128**	**48**
Minimum	0	0	7	0	0	34	16	25	17	0
Maximum	55	64	220	247	180	246	365	335	307	237

Schwefel
Bis 1990 wird die Schwefelbestimmung mit dem Verbrennungsofen nach STRÖHLEIN durchgeführt. Ab 1993 erfolgen der Salpetersäure-Druckaufschluss und die Messung am ICP.

2.2.4 Kronenzustandsansprache

Die Kronenzustandsansprache auf BDF-F dient im Gegensatz zur bundesweiten Waldzustandserhebung (WZE), welche die repräsentative, landesweite Erhebung des Vitalitätszustandes des Waldes zu einem festgelegten Zeitpunkt zum Ziel hat, der Klärung des Zusammenhanges zwischen der Vitalität von Kiefern- und Rotbuchenbeständen und deren Ernährungs- und Bodenzustand. Im Beobachtungszeitraum von 1986-2002 hat sich die Methodik der Kronenzustandsansprache mehrmals verändert. Ein vollständiger Bruch des Anspracheverfahrens hat aber nie stattgefunden. Anspracheobjekt sind die 100 Bäume, die die Fläche der BDF-F bestimmen. Davon wurden 30 vorherrschende und herrschende Exemplare in näherungsweise gleichmäßiger Verteilung bereits während der Flächenanlage als Ansprachebäume ausgewählt und nachfolgend jährlich seit 1986 angesprochen. Abgestorbene oder entnommene Bäume werden durch neue Bäume aus dem Gesamtkollektiv der ursprünglich 100 Bäume ersetzt. Soweit ein Absterbegrund ermittelbar ist, wird dieser auf einem Formblatt dem forstlichen Versuchswesen mitgeteilt.
Von Beginn an wurde die Kronenzustandsansprache von spezialisiertem Personal durchgeführt. Bis 1991 waren dies die Forstschutzbeauftragten der Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe. Ab 1992 wurde diese Aufgabe von regionalen Anspracheteams übernommen, welche die Kronenzustandsansprache in ihrem Heimatforstamt und 2 bis 3 benachbarten Forstämtern durchführten. Das Personal wird jährlich, vor Beginn der Aufnahmen, geschult. Etwa 10 % der angesprochenen Bäume werden von Mitarbeitern des Forstlichen Versuchswesens überprüft.

Im Überblick lässt sich die Methodenentwicklung wie folgt darstellen:

1986-1989
Rotbuche wird im August und Kiefer von September bis Oktober angesprochen. Ansprachemerkmale sind: Kronenbild, Benadelungs-/Belaubungsgrad, Nadel-/Blattverfärbung und Vitalität in jeweils 5 Ausprägungsstufen (Tab. 2-6 und 2-7). Abiotische und biotische Schäden werden als Nebenmerkmale erfasst.

1990-1993
Der Ansprachetermin bleibt unverändert. Die Ansprachemerkmale Benadelungsgrad und Nadelverfärbung werden in 5 %-Stufen erhoben. Die übrigen Ansprachemerkmale werden weiter nach alter Methode aufgenommen.

1994-1998
Ansprachezeitpunkt für die Baumart Kiefer ist nun der Winter mit den Monaten November-Februar. Die Rotbuche wird weiterhin im August taxiert. Die Ansprachemerkmale ändern sich nicht.

1999
Es erfolgt eine vollständige Verfahrensangleichung an die Bundesweite Waldzustandserhebung (WZE).

Methodenänderungen haben zwangsläufig Auswirkungen auf das Anspracheergebnis. Den größten Einfluss hat der Zeitpunkt der Kronenzustandsansprache. Die Kiefer verliert bereits im September/Oktober einen großen Teil des jeweils ältesten Nadeljahrganges und erscheint daher transparenter. Mit zunehmender herbstlicher Feuchte steigt auch der Anteil pilzbedingt verfärbter Nadeln. Bei der Bewertung der Kronenzustandsentwicklung ist dies zu beachten.
Um auswertbare Datenreihen zu erhalten, war es notwendig, die Benadelungsgradstufen der Jahre 1986-1989 nach den Stufenmitten in %- Stufen umzurechnen (Tab.2-6 und 2-7).

2.2.5 Vegetationsaufnahme

Die Vegetationsaufnahme erfolgt in Anlehnung an das Verfahren nach *Braun-Blanquet*. Auf der durch vier Eckpfähle dauerhaft markierten BDF-F werden, getrennt nach Schichten, der Deckungswert und die Artzugehörigkeit aller vorhandenen Gefäßpflanzen und Moose aufgenommen. Als Schicht wird beurteilt:
- Baumschicht 1 (> 10 m)
- Baumschicht 2 (5-10 m)
- Strauchschicht (1-5 m)
- Krautschicht (< 1m)
- Moosschicht (alle Moosarten auf dem Boden)

Zusätzlich wird der Deckungswert jeder Schicht bestimmt. Die Deckungswerte der Arten sollten zum Deckungswert der Schicht aufsummiert werden können. Die Angabe der Deckungswerte sowohl der Arten als auch der Schichten erfolgt in %-Stufen sowie in den Stufen „r“ und „ + “.
In homogenen Pflanzenbeständen wird eine Vegetationsaufnahme durchgeführt. Heterogene Vegetationsdecken werden in homogene Teilbestände gegliedert und getrennt dokumentiert.

Hinsichtlich Erst- und Wiederholungsaufnahmen treten keine methodischen Unterschiede auf. Die Qualität der Aufnahmen ist von der Artenkenntnis und der Bereitschaft des aufnehmenden Personals zur Richtlinieneinhaltung geprägt.

2.3 Datenhaltung und -auswertung

2.3.1 Datenhaltung

Der gesamte Datenbestand der Bodendauerbeobachtung ist in einer Access-Datenbank abgelegt. Die Datenbank-Tabellen enthalten nur primäre Aufnahmedaten. Berechnete oder abgeleitete Daten werden über Abfragen oder Berechnungsmodule (Vorratsberechnungsprogramm) bei Bedarf jeweils neu erzeugt.
Mit Ausnahme der Analysendaten wurde eine Plausibilitätsprüfung der Aufnahmedaten im Zusammenhang mit der Dateneingabe in den PC durchgeführt. Analysendaten wurden erst nach einer ersten statistischen Aufbereitung und Erarbeitung von Prüfkriterien auf ihre Plausibilität geprüft. Im Zuge der Dateneingabe wurde der gesamte Datenbestand standardisiert. Als Standards wurden verwendet:

Gruppe	Nomenklatur nach SEA 95	Nomenklatur nach KA 4
1. Bodentypengruppen		
Braunerden	• Braunerden • Rumpfrosterden • Gleybraunerden (reliktisch) • Braunpodsole	• Braunerden • Regosol-Braunerden • Gley-Braunerden (reliktisch) • Podsol-Braunerden
Fahlerden	• Fahlerden • Rumpffahlerden • Staugleyfahlerden	• Fahlerden, Parabraunerden • Erodierte Fahlerden und Parabraunerden • Pseudogley-Fahlerden und -Parabraunerden
Podsole	• Humuseisenpodsole • Eisenpodsole • Rügpodsole • Saumpodsole	• Podsole • Eisenpodsole • Braunerde-Podsole • Podsol-Regosole
Gleypodsole	• Gleyhumuseisenpodsole • Gleyhumuspodsole	• Gley-Podsole
2. Horizonttypen		
F+H	F+H-, F-, L- und H-Lagen	L-, Of-, Oh- und H-Lagen
ABv	ABv-, Ap-, A(Bv)-Lagen, AEs-Lagen der Braunerden < 5 cm	Ah- und Ap-Lagen der Braunerden Aeh-, Ahe-, Ae-Lagen der Braunerden < 5 cm
AEs	AEs-, Ap-Lagen der Podsole, AEs-Lagen der Braunerden > 5 cm	Ahe-, Ae- und Ap-Lagen der Podsole, in Braunerden > 5 cm
Bv	Bv-Lagen	Bv-Lagen
(Bv)	(Bv)-Lagen	Bv+Cv-Lagen
Bsh	Bsh-, Bs-, Bi-, (Bi)-Lagen	Bsh-, Bs-, Bh-Lagen
Et	Et-Lagen in Fahlerden	Ael-Lagen in Fahlerden
Bt	Bt-Lagen, BtS-Lagen der Staugleyfahlerden	Bt-Lagen, Bt-Sd-Lagen der Pseudogley-Fahlerden und -Parabraunerden
C	C-Lagen, reliktische Gr- oder Go-Lagen in Braunerden und Podsolen	C-Lagen, reliktische Gr- oder Go-Lagen in Braunerden und Podsolen
Cca	Cca-Lagen	Cc-Lagen
G	Gr-, Go-Lagen der Gleypodsole	Gr-, Go-Lagen der Gleypodsole

Tab. 2-9: Zusammenfassung von Bodentypen zu Bodentypengruppen und von Horizonten zu Horizontgruppen

- *Standortskartierungsanweisung (SEA) 95* für die Standorts- und Profildaten
- *Exkursionsflora der Gefäßpflanzen* von ROTHMALER (1991) für die Artnamen der Gefäßpflanzen
- *Arbeitsrichtlinie zum Waldzustandsmonitoring auf den Flächen der Waldzustandserhebung (WZE) und Ökologischen Waldzustandskontrolle (ÖWK)* aus dem Jahre 1999 für die methodisch einheitliche Aufbereitung der Kronenzustandsdaten

2.3.2 Auswertungskonzept

Bodendaten

Bodendaten wurden auf den Probeflächen bodenlagenweise an **Aufnahmepunkten** (Profilgruben) in mindestens drei zeitlich versetzten Aufnahmen erhoben. Die Bodenprobenahme wirkt zerstörend, eine Wiederholungsaufnahme am unmittelbar gleichen Ort ist ausgeschlossen. Bei geringer räumlicher Variabilität der Bodenkennwerte auf der Fläche wäre die geringfügige Verlagerung des Probenahmeortes im Zuge einer Wiederholungsaufnahme zu vernachlässigen. Bei hoher räumlicher Variabilität entsteht ein zufälliger Probenahmefehler, der sich erst bei höherer Stichprobenanzahl ausgleichen wird.
Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Probenahmefehler üben auch die Probenahmegewohnheiten des an den Probennahmen beteiligten Personals aus. Daneben kommt ein Laborfehler zum Tragen, der sich aus einem systematischen und einem zufälligen Fehler zusammensetzt. Zu systematischen Fehlern führen Methodenveränderungen im Labor. Zufällige Laborfehler entstehen durch die Streuung der Analysenergebnisse um den Normzustand.
Bereits im Zuge der Plausibilitätsprüfung wurde eine hohe Variabilität der Bodenkennwerte vergleichbarer Bodenlagen in der zeitlichen Folge beobachtet. Um eine genauere Übersicht über die durch Probenahme, zufälligen Laborfehler und reale Veränderung verursachte Streuung der Bodenkennwerte innerhalb einzelner Bodenlagen bei Wiederholungsaufnahmen zu erhalten, wurde für alle Bodenlagen, deren feldmorphologischer Aufbau über die drei Probenahmen näherungsweise konstant geblieben ist und für die Bodenkennwerte in einer Erstaufnahme und zwei Wiederholungen vorliegen, die **mittlere prozentuale absolute Abweichung vom gemeinsamen arithmetischen Mittel in Prozent** berechnet. In einem zweiten Schritt wurden die Bodenlagen nach aussichtsreich erscheinenden Merkmalen stratifiziert und aus den mittleren prozentualen absoluten Abweichungen der einzelnen Bodenlage das arithmetische Mittel und die Spannweite (Min., Max.) für einzelne Straten berechnet. Tabelle 2-8 zeigt die Ergebnisse. **Die Streuungen der Bodenkennwerte in der zeitlichen Wiederholung innerhalb einzelner Profile und Bodenlagen sind, sieht man vom pH-Wert einmal ab, insgesamt beachtlich und lassen eine Auswertung von Einzelprofilen und deren spätere Aggregation zu einem Landesergebnis als nicht sinnvoll erscheinen.** Auch eine Regionalisierung der Untersuchungsergebnisse auf der Grundlage von Einzelprofilen erweist sich aus o. g. Gründen als problematisch und wird **nicht** vorgenommen. Als mögliches Auswertungskonzept für die Bodendaten kommt nur ein massenstatistischer Auswerteansatz infrage. Die Bildung von Auswertestraten mit genügend großem Stichprobenumfang führt zum Ausgleich zufälliger Probenahme- und Laborfehler und gestattet, statistische Maßzahlen und deren Veränderung für die verschiedenen Bodenkennwerte sinnvoll zu berechnen.
Voraussetzung für eine statistische Auswertung ist eine sinnvolle Stratifizierung des Datenpools. Diese erwies sich anfangs als schwierig, da kaum aufbereitete Informationen über den bodenchemischen Zustand mecklenburgischer Waldböden verfügbar waren, nach denen die einzelnen Profile hätten stratifiziert werden können. Aus diesem Grunde wurde in einem ersten Auswerteschritt eine weitreichende Gliederung der vorkommenden Bodentypen bis zur Ebene der Hauptbodenform vorgenommen und für deren bodenchemische Kennwerte Mittelwerte und Streumaße berechnet. In einem zweiten Auswerteschritt wurden die Hauptbodenformen bzw. auch Bodentypen, die sich hinsichtlich der Merkmalsausprägung ihrer Bodenkennwerte und der Profilmorphologie als sehr ähnlich erwiesen, zu sog. **Bodentypengruppen** zusammengefügt und statistisch gemeinsam ausgewertet. Tabelle 2-9 informiert darüber, welche Bodentypen und Horizonte zu Auswerteeinheiten zusammengefasst wurden.

Die Zusammenfassung der Bodendaten zu größeren Auswerteeinheiten bedingt einen gewissen Formalismus. So mussten mehrfach übereinander liegende, gleichartige Horizonttypen (z. B. zwei Bv- oder auch bis zu drei C-Horizonte) mit teilweise ausgeprägten Tiefengradienten im Profil zusammen in einer Auswerteeinheit bearbeitet werden. Dieses Vorgehen bedingt u. a. eine Ausdehnung der Merkmalsbreite von Bodenkennwerten, insbesondere in Untergrundhorizonten.

Im Auswerteteil *Boden* wird zwischen Humusdecke, Oberboden, Unterboden und Untergrund unterschieden. Die **Humusdecke** beinhaltet die dem Mineralboden aufliegende postmortale organische Substanz und bei Mineralbodenhumusformen die humusreichen obersten Zentimeter des Mineralbodens. Zum **Oberboden** werden die von der Bodenbildung vollständig geprägten oberen Teile des Mineralbodens bis maximal 40–60 (80) cm Tiefe zusammengefasst. Auf periglazialen Oberflächen umfasst der Oberboden den Bereich der periglazialen Deckzone. Der **Unterboden** repräsentiert die nur noch schwach von der Bodenbildung beeinflussten Bodenbereiche; auf periglazialen Oberflächen sind dies die periglazialen Übergangszonen. Der **Untergrund** ist von der Bodenbildung nicht betroffen und umfasst C-, Cca- und G-Horizonte (periglaziale Untergrundzone).

Nährstoffvorräte in Böden werden nicht nach Horizontmerkmalen, sondern nach festen Tiefenstufen (Humusdecke, Mineralboden 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm, 100-120 cm, 120-160 cm) mithilfe eines Berechnungsprogramms aus den Horizontdaten unter Verwendung der Trockenraumdichte und Nährstoffgehalte berechnet. Das Vorratsberechnungsprogramm erlaubt die Berechnung der Nährstoffvorräte für Bodenblöcke und kumulativ für Tiefenstufen bis 160 cm Tiefe jeweils unter Einschluss der Humusdecke oder getrennt nach Humusdecke und Mineralboden.

Humusformen sind nach der in der ostdeutschen Standortskartierung üblichen Methode nach den bodenchemischen Kennwerten pH-Wert, N % von C und der Basensättigung (Methode KAPPEN/ADRIAN) definiert. Sie werden im Gelände mittels ökologischer Artengruppen der Bodenvegetation erhoben (vgl. SEA 95). Eine Auswertung nach morphologischen Humusformen wurde nicht versucht; die Ausgangsdaten sind nur unvollständig verfügbar.

Die statistische Datenauswertung erfolgte am Lehrstuhl Statistik der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock mit dem Statistikprogramm *SPSS 10*. Als Mittelwert dient, soweit nicht gesondert auf einen anderen Mittelwert hingewiesen wird, stets der Median. Dieser wird von

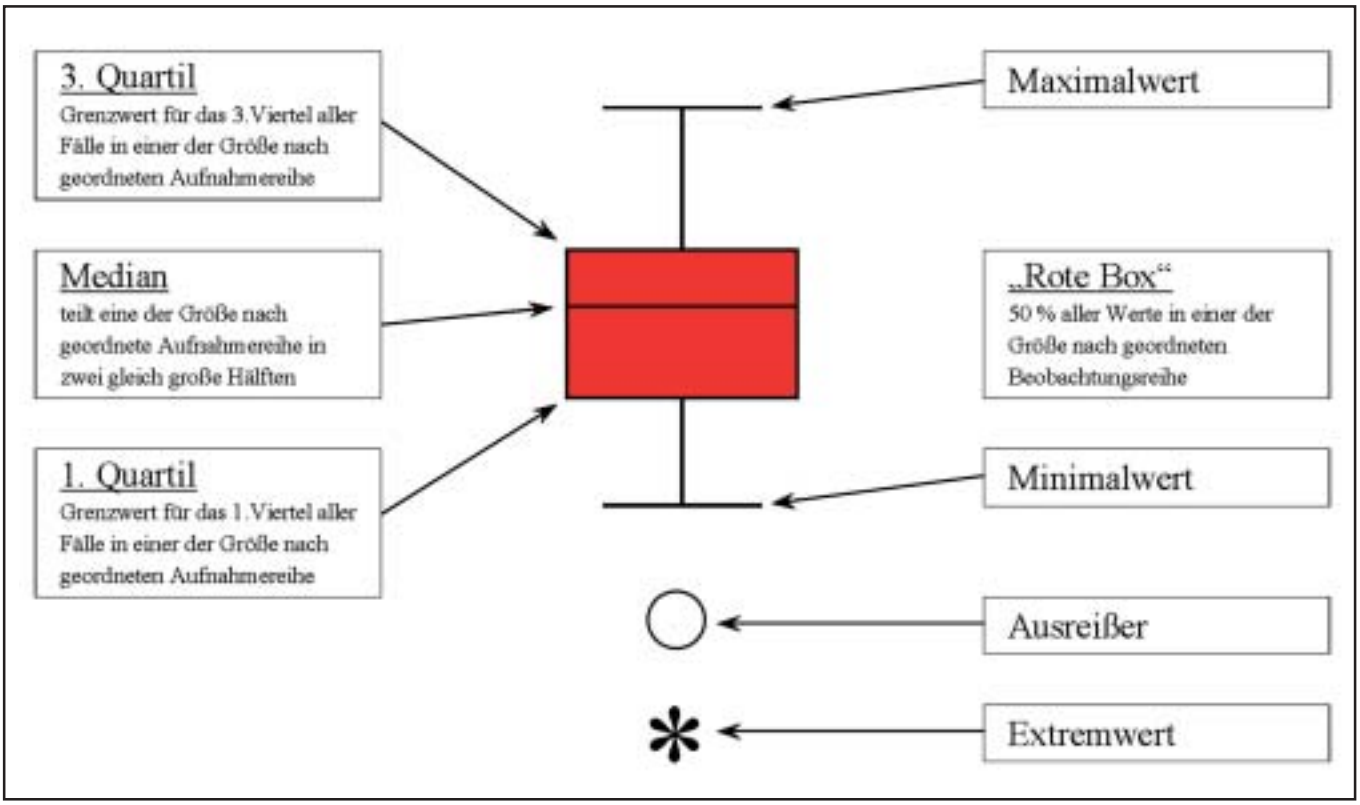


Abb. 2-2: Legende für eine Boxplot-Graphik

Ausreißern und Extremwerten weit weniger stark beeinflusst als beispielsweise das arithmetische Mittel. Als Streumaße werden das 1. und 3. Quartil sowie der Maximal- und Minimalwert verwendet.
Graphisch wird die Merkmalsverteilung der Bodenkennwerte mittels sog. Boxplot-Graphiken dargestellt (Abb. 2-2). In der y-Achse ist die der Größe nach geordnete Aufnahmereihe des jeweiligen Bodenkennwertes (z. B. pH-Wert) verzeichnet. In der x-Achse sind die Auswertestraten, z. B. die Horizonte der Bodentypengruppen, in ihrem natürlichen Tiefenverlauf aufgetragen. Die waagerechten Linien ober- und unterhalb der Box kennzeichnen die Spannweite der Aufnahmewerte. Die rote Box enthält den Aufnahmeschwerpunkt (50 % der Aufnahmewerte). Die waagerechte Linie innerhalb der roten Box zeigt die Lage des Medians (teilt eine der Größe nach geordnete Aufnahmereihe in zwei gleich große Hälften). Die obere und untere waagerechte Linie an den Enden der roten Box bezeichnen die Lage des 1. und 3. Quartils (Grenzwert für das erste bzw. dritte Viertel aller Fälle in einer der Größe nach geordneten Aufnahmereihe). Ausreißer (Punkte) und Extremwerte (Sternchen) liegen mehr als 1,5 bzw. 3,0 Boxbreiten vom oberen oder unteren Rand der Box entfernt.
Verschiedene sonstige Diagramme wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm *Excel 2000*, teilweise auch mit *SPSS 10* erzeugt.

Mittelwertsdifferenzen wurden mit dem t-Test für nicht gepaarte Stichproben berechnet. In die Auswertung wurden nur die Daten von Profilen einbezogen, die bei der Wiederholungsbeprobung einen mit der Erstbeprobung vergleichbaren Profilaufbau vorwiesen. Änderte sich der Profilaufbau bedeutend, wurde z. B. aus einer Bändersand-Braunerde in der Wiederholungsaufnahme eine Lehm-Fahlerde, wurden für die Berechnung der Mittelwertsdifferenzen sowohl die Daten der Erst- als auch die der Wiederholungsbeprobung nicht verwendet. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden darüber hinaus die Bodendaten der im Jahr 2001 neu angelegten 11 BDF-F. Die in der Anlage aufgeführten Mittelwerte können aus diesem Grund von den für die Berechnung der Mittelwertsdifferenzen (Zeitvergleiche) verwendeten Mittelwerten abweichen.

Ernährungsdaten

Ergebnisse der Nadel-/Blattanalysen werden nach Aufnahmejahren, getrennt nach Baumarten und Nadeljahrgängen, ausgewertet. Als Auswerterahmen dient der von WOLFF und RIEK (1996) für die Beurteilung der Ernährungsdaten der Bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE) vorgeschlagene Werterahmen. Es werden der Zustand und die Entwicklung des Ernährungszustandes mittelalter und alter Kiefern- und Buchenbestände in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 1986-2001 dargestellt. Darüber hinaus wird untersucht, welche Wirkung vom Boden auf die Bestandesernährung ausgeht.

Kronenzustandsdaten

Die Auswertung erfolgt nach den in der Bundesweiten Waldzustandserhebung (WZE) gebräuchlichen Kennwerten *mittlerer Nadel-/Blattverlust* und *Anteil der Schadstufe 2-4*. Der Zustand und die Entwicklung des Kronenzustandes seit 1986 werden auf unterschiedlichen Böden und in unterschiedlich ernährten Beständen betrachtet und es wird geprüft, ob vom Boden oder der Bestandesernährung ein unmittelbarer Einfluss auf die Waldvitalität ausgeübt wird.

3 Ergebnisse

3.1 Boden

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Laboranalyse für die Kennwerte des Bodenzustandes dargestellt. Neben Laborbefunden, die direkt im Labor gemessen werden, wie beispielsweise der pH-Wert oder die löslichen Gehalte der Nährstoffe Ca, Mg und K, werden eine Vielzahl aus primären Laborbefunden berechnete Bodenkennwerte, wie die Basensättigung oder die Nährstoffvorräte, vorgestellt.
In jedem Abschnitt wird einleitend auf die ökologische Bedeutung der einzelnen Bodenkennwerte hingewiesen und, soweit vorhanden, ein Auswerterahmen oder Bewertungsmaßstab besprochen. Im Hauptteil eines jeden Abschnittes erfolgt die Darstellung der empirischen Merkmalsausprägung der Bodenkennwerte auf der Grundlage der Bodendaten des Jahres 2001. Dieser Datensatz ist hinsichtlich des Spektrums der durchgeführten Analysen und in Bezug auf die Qualität der durchgeführten Bodenanalysen als der hochwertigste anzusehen. Darüber hinaus spiegelt er den aktuellen Bodenzustand zum gegenwärtigen Zeitpunkt wider. Auf eine Darstellung der Bodendaten der Jahre 1995-99 wird vollständig verzichtet, da zwischen der Erst- und Wiederholungsbeprobung ein Zeitraum von nur 5 Jahren lag und die Ergebnisse mehr die „Unschärfen“ des Verfahrens als reale Veränderungen im Boden beschreiben dürften. Bodenanalysen der Jahre 1986-89 werden nur dargestellt, soweit Unterschiede zur Merkmalsausprägung des Jahres 2001 zu verzeichnen sind oder keine Analysendaten für die Aufnahmeperiode 1999-2001 vorliegen (z. B. Phosphorgehalt).

3.1.1 pH-Wert

Der pH-Wert beschreibt die H^+-Ionenkonzentration und damit die Säurestärke im Boden. Er ist die Maßzahl für die Bodenreaktion. Der pH-Wert beeinflusst im Boden direkt oder indirekt Verwitterungs-, Austausch- und Lebensvorgänge sowie das Bodengefüge und ist damit eine wichtige ökologische Kennzahl für den Zustand des Bodens.

Im humiden Klima ist die Menge der H^+-Ionen, die der Boden im Verlaufe seiner Entwicklung erhält, größer als diejenige, die von ihm neutralisiert werden kann; er versauert allmählich. Die natürliche H^+-Ionenfreisetzung im Boden resultiert vor allem aus der Bildung von Kohlen- und organischen Säuren durch mikrobielle Prozesse und Wurzelatmung. Historische Landnutzungen und Einträge starker Mineralsäuren aus der Atmosphäre haben den Prozess der natürlichen Versauerung der Waldböden verstärkt und beschleunigt.

Jeder Boden besitzt ein spezifisches Vermögen, H^+-Ionen zu puffern. Verschiedene chemische Reaktionen bewirken eine Überführung dissoziierter H^+-Ionen in undissoziierte Formen. Innerhalb bestimmter pH-Bereiche wird so einem Absinken des pH-Wertes bei H^+-Ionenzufuhr entgegengewirkt. Nach ULRICH (1981) werden diese Bereiche, in denen bestimmte Substanzen dominierend H^+-Ionen neutralisieren, als Pufferbereiche bezeichnet. Übersteigt die H^+-Ionenbelastung aus externen und internen Quellen (Einträge und Stickstoffnitrifizierung) die Pufferrate eines Pufferbereiches, gelangt der Boden in den nächst ungünstigeren Pufferbereich. Als kritisch wird ein in der **Lösungsphase** des Bodens gemessener pH-Wert ≤ 4,2 angesehen. In diesem Zustand ist die Neutralkationenauslaugung des Bodens weit vorangeschritten, und in der Bodenlösung treten Al- und Fe-Ionen in Konzentrationen auf, die als schädlich für die Feinwurzeln wenig säuretoleranter Baumarten und als lebensfeindlich für anspruchsvolle Mikroorganismen gelten (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Darüber hinaus tritt ab pH-Werten ≤ 4,2 ein verstärkter Säureangriff auf die Tonminerale des Bodens (Tonmineralzerstörung) auf, und in die Zwischenschichten der Tonminerale lagern sich sog. Al-Hydroxy-Polymere ein; das Kationenaustauschvermögen der Böden nimmt ab.

In der Bodendauerbeobachtung werden keine pH-Werte in der Lösungsphase (Bodenwasser) bestimmt. Es liegen pH-Werte aus der Bodenfestphase vor. Aus Abbildung 3-1 ist ersichtlich, dass sich die Al-Sättigung an den Austauschern des Bodens anders verhält als in der Bodenlösung. Nicht erst bei pH-Werten 4,2, sondern bereits ab pH(H2O) ≤ 5,6 bzw. pH(KCl) ≤ 4,8 ist ein exponentieller Anstieg der Al-Belegung in der Bodenfestphase zu verzeichnen. Ursache dafür ist das Bindungsverhalten des Al-Ions an den Austauschern. Als dreiwertiges Ion wird es be-

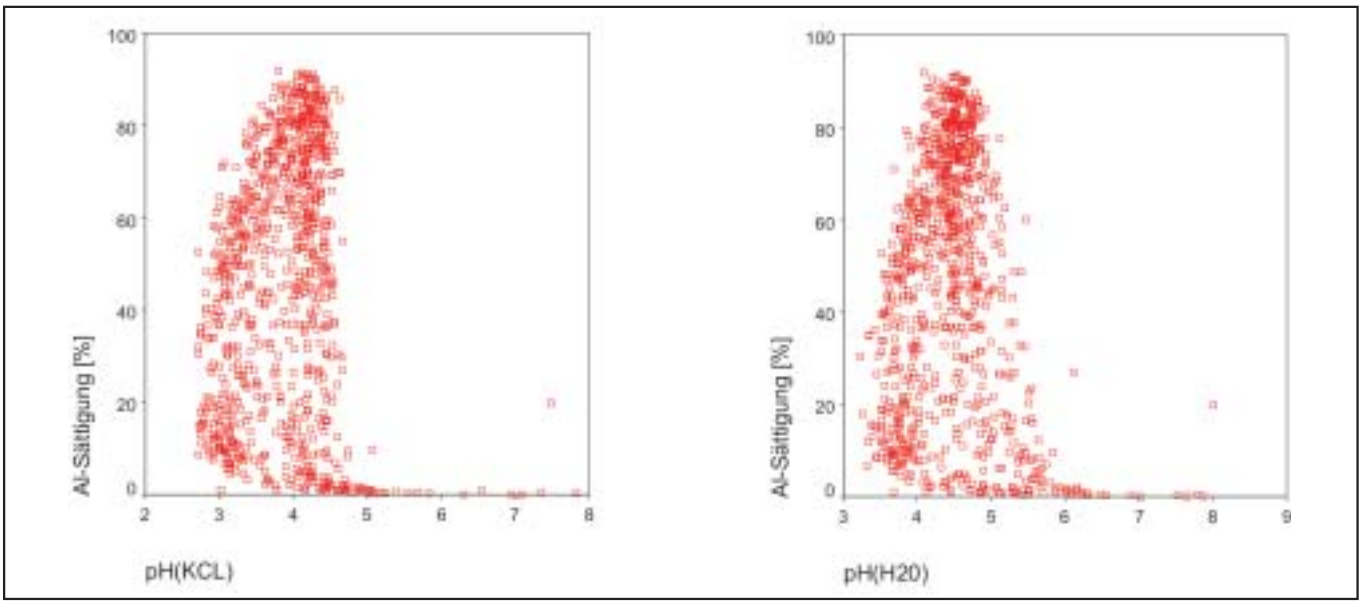


Abb. 3-1: Aluminiumsättigung der Austauscher des Bodens in Abhängigkeit vom pH(H2O) und pH(KCl)-Wert

vorzugt sorbiert und liegt aus diesem Grund an den Austauschern stets in höherer Konzentration als in der Bodenlösung vor. Die Grundlage für den in Abbildung 3-1 dargestellten Zusammenhang zwischen der Al-Sättigung der Austauscher und dem pH(H2O) bzw. pH(KCl) bilden die Daten aus allen drei Aufnahmeperioden.

Pufferbereiche nach ULRICH

Calciumcarbonatpufferbereich (pH > 6,3)
Kalk ($CaCO_3$) als Puffersubstanz; H-Ionen reagieren mit Carbonat unter Bildung von Hydrogenkarbonat, so dass freie Ca-Ionen in das Sickerwasser abgegeben werden; sehr hohe Pufferrate: > 2 kmol H^+/ha*Jahr

Silikatpufferbereich (6,3 ≥ pH > 5,0)
Säurepufferung an primären Silikaten (Wirkung grundsätzlich in allen Pufferbereichen); Entstehung sekundärer Minerale (Tonmineralneubildung); Freisetzung von Alkali- und Erdalkali-Ionen aus den Silikatgittern; Pufferrate: > 1-2 kmol H^+/ha*Jahr; optimale Nährstoffverfügbarkeit

Austauscherpufferbereich (5,0 ≥ pH > 4,2)
Säurepufferung durch Verwitterung der Restgitter primärer Silikate sowie Freisetzung von Al-Ionen aus Tonmineralen; Entstehung polymerer Al-Hydroxo-Kationen und Einlagerung in die Tonmineralzwischenschichten; dadurch Reduktion der effektiven Kationenaustauschkapazität sowie Verdrängung und Auswaschung von Alkali- und Erdalkali-Ionen (Basenauswaschung); geringe Pufferrate: > 0,2 kmol H^+/ha*Jahr

Al-Pufferbereich (4,2 ≥ pH > 3,8)
Säurepufferung durch Auflösung sekundärer Tonminerale und Al-Hydroxo-Komplexe; Freisetzung von Al-Ionen; Pufferrate abhängig von der Menge der in den Zwischenschichten der Tonminerale eingelagerten Al-Hydroxo-Kationen

Al-Fe-Pufferbereich (3,8 ≥ pH > 3,2)
Säurepufferung durch Auflösung von Eisenhydroxiden; Mobilisierung von Eisen und Huminstoffen

Fe-Pufferbereich (pH < 3,2)
Säurepufferung durch Auflösung von Eisenoxiden; Eisenverlagerung (Podsolierung)

Auf den BDF-F werden zwei pH-Werte gemessen. Der **aktuelle Aciditätszustand** des Bodens zum Zeitpunkt der Bodenprobenahme kommt im **pH(H2O)-Wert** zum Ausdruck. Der pH(H2O)-Wert ist im Jahresverlauf einer größeren saisonalen Schwankung unterworfen und weit weniger stabil als der pH(KCl)-Wert. Der in Salzlösung (KCl) ermittelte **pH (KCl)-Wert** gilt als Maß für den von äußeren Einflüssen weitgehend unabhängigen **potenziell niedrigsten Aciditätszustand** des Bodens und spiegelt den **maximalen Versauerungsfortschritt** im Boden wider. Abbildung 3-2 zeigt den Zusammenhang zwischen beiden pH-Werten. Sie führen zu tendenziell ähnlichen Ergebnissen; der pH(KCl) fällt etwas niedriger aus als der pH(H2O), da neben den Protonen der reinen Wassersuspension beim pH(KCl) zusätzlich ein Teil der an den Austauschern festgelegten Protonen und Kationensäuren in Lösung geht und mit gemessen wird.

Aus der Differenz zwischen dem pH(H2O) und dem pH(KCl) kann auf den aktuell herrschenden Versauerungsdruck im Boden geschlossen werden: Umso dichter beide pH-Werte beieinander liegen, umso größer ist die aktuelle Versauerungsbelastung. 1986 betrug die mittlere Differenz über alle Bodenlagen zwischen den beiden pH-Werten **0,35**. Im Jahre 2001 vergrößerte sich diese Differenz auf **0,52**. Der Versauerungsdruck auf den Boden hat offenbar im Zusammenhang mit zunehmenden pH-Werten im Niederschlag spürbar nachgelassen.

Der pH-Wert zeigt einen ausgeprägten Tiefengradienten. Er nimmt tendenziell von der Mineralbodenoberfläche in Richtung Untergrund zu. Die niedrigsten pH-Werte werden unterhalb der Humusdecke in den obersten Zentimetern des Mineralbodens, auf Podsolen auch in der Humusdecke gemessen. Die höchsten pH-Werte haben C- und Cca- Horizonte des Untergrundes. Entscheidende Einflussgröße für den Tiefenverlauf des pH-Wertes ist der Verlauf der Carbonatobergrenze im Profil. Tritt Carbonat auf, steigen die pH-Werte in Richtung Untergrund meist schon vor Erreichen der Carbonatobergrenze mit einem steilen Gradienten an. Tritt kein Carbonat im Profil auf, nimmt der pH-Wert weit weniger stark zu. In der Humusdecke ist der pH-Wert von der Humusform abhängig und steigt im Mittel vom Rohhumus in Richtung Mull an.

pH(H2O)-Wert

Die Spannweite des pH(H2O)-Wertes in allen drei Aufnahmen reicht von **2,8** bis **9,1**. Der niedrigste pH-Wert wird in der Humusdecke eines Saumpodsols gemessen; der höchste pH-Wert findet sich im Cca-Horizont einer Sand-Braunerde. Der mittlere pH(H2O)-Wert (Median) über alle Bodenlagen beträgt 1986 **4,4,** 1991 **4,4** und 2001 **4,5**.

Abbildung 3-3 zeigt den Tiefenverlauf des pH(H2O) in an- und halbhydromorphen Böden, gegliedert nach Bodentypengruppen. Die Horizonttypen sind in der Reihenfolge ihres natürlichen

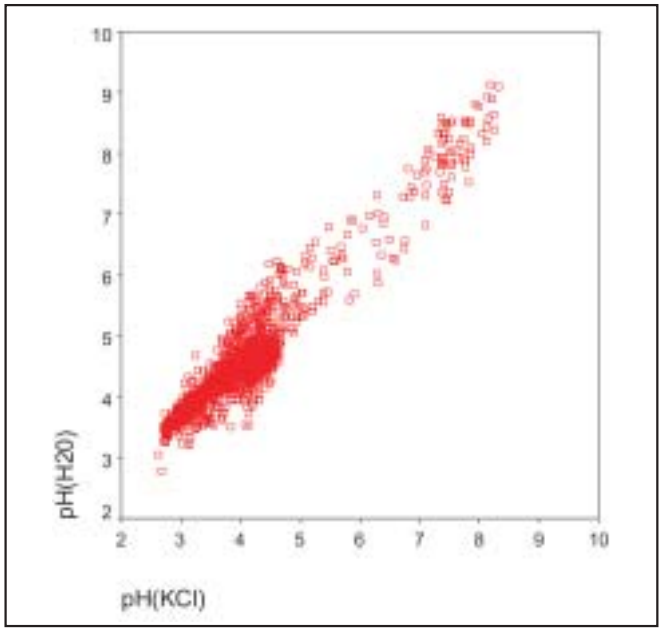


Abb. 3-2: Zusammenhang zwischen pH(H2O) und pH(KCl)

Vertikalverlaufes im Profil angeordnet. Auffallend sind sehr niedrige pH(H2O)-Werte im Ober- und Unterboden aller Bodentypengruppen. Mit Ausnahme der C- und Cca-Lagen der Fahlerden und carbonatführender Sande liegen die pH(H2O)-Werte unterhalb der Schwelle von 5,6; die Austauscher des Mineralbodens dürften weitgehend mit Aluminium gesättigt sein. Besonders niedrig fallen die pH(H2O)-Werte im Oberboden aus. Zwischen den Bodentypengruppen sind kaum Unterschiede feststellbar, was erstaunlich ist, reicht doch das Aufnahmespektrum vom Blaubeer-Kiefernwald auf einem Podsol bis zum Waldmeister-Buchenwald auf jungpleistozänen Lehm-Fahlerden. **Die pH(H2O)-Werte der Oberböden haben sich offenbar auf ökologisch sehr unterschiedlichen Böden auf einem sehr niedrigen Niveau angenähert.** Nährstoffreiche Humusformen wie der Mull oder Mullartige Moder, die verbreitet unter Laubholzbestockung auf Lehm-Fahlerden und in geringem Umfang auch auf Sand-Braunerden anzutreffen sind, haben deutlich höhere pH(H2O)-Werte. Im Unterboden nehmen die pH(H2O)-Werte selbst jungpleistozäner Fahlerden nur geringfügig zu und überschreiten auch im Untergrund carbonatfreier Sandböden die Schwelle von ≤ 5,6 nicht. Nur carbonatführende Braunerden und einige Bt- sowie die meisten C- Lagen und alle Cca-Lagen jungpleistozäner Fahlerden haben pH(H2O)-Werte > 5,6. Die Spannweite des pH(H2O) nimmt im Untergrund der Braunerden und besonders aber der Fahlerden deutlich zu, was darauf hinweist, das ein bedeutender Teil dieser Böden im Untergrund noch wenig von Bodenversauerung betroffen ist.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Mit dem T-Test für ungepaarte Stichproben wurden die Mittelwertsdifferenzen der pH(H2O)-Werte 1986 und 2001 berechnet. Tabelle 3-1 zeigt die Mittelwertsdifferenzen der Bodentypengruppen und Horizonttypen. Eine Mittelwertsdifferenz gilt als zufällig, wenn der mit der Prüfgröße verbundene α-Wert ≥ 0,05 ist. Der t-Test verwendet den arithmetischen Mittelwert. Die Mittelwertsabweichungen sind fast ausnahmslos

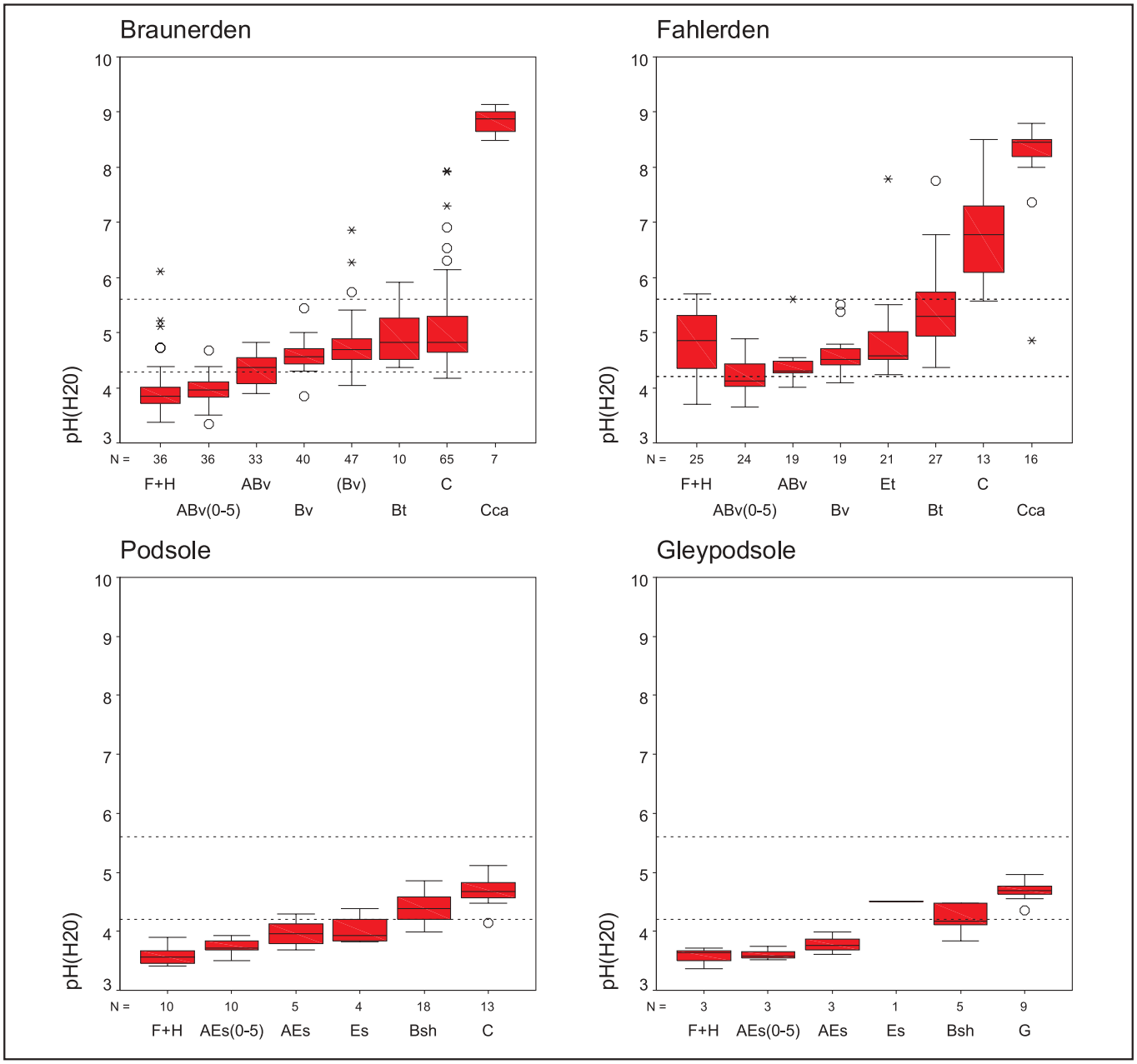


Abb. 3-3: pH(H2O) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

	pH(H2O) Mittelwert 1986	N	pH(H2O) Mittelwert 2001	N	pH(H2O) mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	4,48	451	4,62	451	**0,14**	**0,02**
Braunerden	4,60	288	4,67	294	0,12	0,14
F+H	3,88	37	4,02	39	0,14	0,15
ABv (0-5)	3,83	37	3,97	39	0,14	0,05
ABv	4,19	31	4,34	35	**0,15**	**0,04**
Bv	4,41	37	4,59	43	**0,18**	**0,00**
(Bv)	4,60	58	4,76	47	0,16	0,08
Bt	4,79	14	4,90	12	0,11	0,51
C	5,02	59	5,12	66	0,10	0,38
Cca	7,68	15	8,74	10	**1,06**	**0,00**
Fahlerden	4,66	50	4,81	59	0,15	0,42
F+H	4,17	8	4,89	10	0,72	0,06
ABv (0-5)	4,09	8	4,34	6	0,25	0,05
ABv	4,09	8	4,35	8	**0,26**	**0,02**
Bv	4,33	7	4,44	10	0,11	0,33
Et	4,50	6	4,57	9	0,07	0,55
Bt	5,16	7	5,36	10	0,20	0,55
C	5,58	4	6,01	1	-	-
Cca	8,01	3	7,05	3	-0,96	0,44
Podsole	4,00	69	4,16	60	**0,16**	**0,03**
F+H	3,56	11	3,59	10	0,03	0,71
AEs(0-5)	3,67	10	3,74	10	0,07	0,24
AEs	3,93	7	3,97	5	0,04	0,78
Es	3,94	9	4,01	4	0,07	0,66
Bsh	4,21	20	4,40	18	**0,19**	**0,04**
C	4,39	12	4,68	13	**0,29**	**0,03**
Gleypodsole	4,04	23	4,20	24	0,16	0,24

Tab. 3-1: Mittelwertsdifferenzen des pH(H2O) im Zeitraum 1986-2001

positiv. Signifikante Mittelwertsabweichungen sind im Fettdruck hervorgehoben. Der Stichprobenumfang der Gleypodsole ist zu gering, um sinnvoll Mittelwertsdifferenzen für Horizonttypen berechnen zu können. Aus diesem Grund ist nur die Mittelwertsdifferenz der Gleypodsole über alle Bodenlagen aufgeführt. Die signifikante Mittelwertsdifferenz in den Cca-Lagen der Braunerden resultiert aus der gegenüber 1986 verminderten Stichprobeanzahl. 2001 wurde ein Teil der Cca-Lagen nicht mehr beprobt, um Kosten zu sparen.

Signifikante Mittelwertsdifferenzen treten vor allem in den **sandigen Oberböden der Braunerden sowie in den Bsh- und C-Lagen der Podsole auf. Offenbar haben seit 1986 spürbar höhere pH-Werte im Niederschlag zu höheren pH(H2O)-Werten in diesen Böden geführt.** Aus Abbildung 3-4 ist aber auch deutlich zu erkennen, dass dieser Befund vor allem aus der Verringerung der Spannweite des pH(H2O) im Bereich sehr niedriger Werte resultiert. 2001 treten in diesen Bodenlagen die außergewöhnlich niedrigen pH(H2O)-Werte des Jahres 1986 nicht mehr auf. Der Aufnahmeschwerpunkt (rote Box) des pH(H2O) hat sich gegenüber 1986 aber nicht wesentlich verschoben.

Die Aufnahme von 11 zusätzlichen BDF-F **auf mergelführenden Moränenstandorten** mit Laubholzbestockung hat nur in der Humusdecke und in der C-Lage der Fahlerden höhere pH(H2O)-Werten erbracht. Die Übergewichtung kiefernbestockter Fahlerden im Beobachtungsnetz des Jahres 1986 hat in untypischer Weise für das Land Mecklenburg-Vorpommern zu zu niedrigen pH(H2O)-Werten in der Humusdecke geführt. Der für Mecklenburg-Vorpommern typische Mergeleinfluss im Untergrund der Fahlerden kam deshalb in der Stichprobe des Jahres 1986 nur schwach zum Ausdruck.

pH(KCl)-Wert

Die Spannweite der pH(KCl)-Werte reicht von **2,6** bis **8,3**. Der niedrigste pH -Wert wird in der Humusdecke eines Rostpodsols gemessen; den höchsten pH(KCl)-Wert weist ein aus Schreibkreide bestehender Cca-Horizont einer Tieflehm-Fahlerde auf Rügen auf. Der mittlere pH(KCl)-Wert (Median) über alle Bodenlagen lag in den Jahren 1986, 1991 und 2001 bei **4,0.**

Die in Salzsuspension gemessenen pH(KCl)-Werte zeigen auf niedrigerem Werteniveau einen den in Wasser gemessenen pH(H2O)-Werten tendenziell vergleichbaren Tiefenverlauf. Bemerkenswert ist die dem allgemeinen Tiefengradienten des pH-Wertes entgegen laufende kräftige Abnahme des pH(KCl) in der Bt-Lage der Bändersand-Braunerden. **Dieser Befund weist auf erhebliche Speicherung von Kationensäuren im Bt-Horizont der Bändersand-Braunerden hin, die durch Versauerungsprozesse aus dem Oberboden verlagert wurden.**

Die Bodenversauerung ist nach dem pH(KCl) viel weiter vorangeschritten, als dies am pH(H2O) erkennbar wird. Ein pH(KCl)-Wert > 4,8, ab dem eine stärkere Al-Sättigung an den Austauschern als unwahrscheinlich anzusehen ist (vgl. Abb. 3-1), tritt im Mineralboden nur im Untergrund carbonatführender Braunerden und in C- und Cca-Lagen von Fahlerden auf. In allen anderen an- und halbhydromorphen Böden muss mit dem Auftreten einer tiefreichenden Bodenversauerung gerechnet werden. Im Oberboden unterscheiden sich die Bodentypengruppen nur wenig; ein Befund, der bei den sehr unterschiedlichen Ausgangssubstraten der Bodenbildung (Sande/Geschiebelehme) nicht erwartet wurde. Im Oberboden tritt auf allen an- und halbhydromorphen Böden ein pH(KCl) ≤ 4,8 auf. Im Unterboden, Untergrund und in der Humusdecke sind zwischen den einzelnen Bodentypengruppen teilweise beachtliche Unterschiede feststellbar. Podsole und Gleypodsole haben über das gesamte Profil hinweg sehr niedrige pH(KCl)-Werte. Ein pH(KCl) ≤ 4,8 weist kein Podsol oder Gleypodsole auf. Die pH(KCl)-Werte der Braun- und Fahlerden sind im Unterboden nur wenig höher als die der Podsole und Gleypodsole. 68 % aller Braunerden unterscheiden sich auch im Untergrund nicht von Podsolen und Gleypodsolen; die Versauerung ist ähnlich weit vorangeschritten. Fahlerden heben sich von den Sandböden (Braunerden, Podsolen,

Gleypodsolen) positiv ab; sie haben durchschnittlich bessere Humusformen mit höheren pH(KCl)-Werten und überwiegend hohen pH(KCl)-Werten im Untergrund.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Die Aufnahmedaten des Jahres 2001 bestätigen im Wesentlichen die Datenlage des Jahres 1986. Signifikante Veränderungen des pH(KCl)-Wertes sind mit Ausnahme der Cca-Lagen der Braunerden, deren Stichprobenanzahl 2001 vermindert ist, nicht zu verzeichnen. Dies bestätigt auch Abbildung 3-6. Die Merkmalsverteilung des pH(KCl) des Jahres 1986 gleicht der des Jahres 2001 fast vollständig. Lediglich für die Fahlerden ergibt sich durch die Aufnahme von 11 zusätzlichen Flächen eine geringfügig veränderte Befundlage. In der Humusdecke und in der C-Lage liegen die pH(KCl)-Werte 2001 über denen des Jahres 1986.

3.1.2 Kationenaustauschverhältnisse

Die Adsorption von Kationen an negativ geladenen Bodenbestandteilen und ihr äquivalenter Austausch mit Kationen der Bodenlösung wird als **Kationenaustausch** bezeichnet. Der Kationenaustausch bildet eine unmittelbare Grundlage für die Nährstoffversorgung der Pflanzen, verleiht Böden die Fähigkeit zur Stoffrückhaltung und nimmt dadurch Einfluss auf den Stoffhaushalt der gesamten Landschaft (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Darüber hinaus beeinflussen die austauschbaren Kationen bedeutende Bodeneigenschaften, wie das Gefüge, den Wasser- und Lufthaushalt, die Bodenreaktion und die biologische Aktivität. Die Summe der austauschbaren Kationen wird **Kationenaustauschkapazität** genannt. Die Kationenaustauschkapazität ist insbesondere abhängig vom ph-Wert, der die Austauscher umgebenden Bodenlösung und steigt meist mit zunehmendem pH-Wert an. Bei pH > 7,0 (Anwesenheit von Carbonat) erreicht die Kationenaustauschkapazität ihr Maximum und heißt **potenzielle** Kationenaustauschkapazität. Die

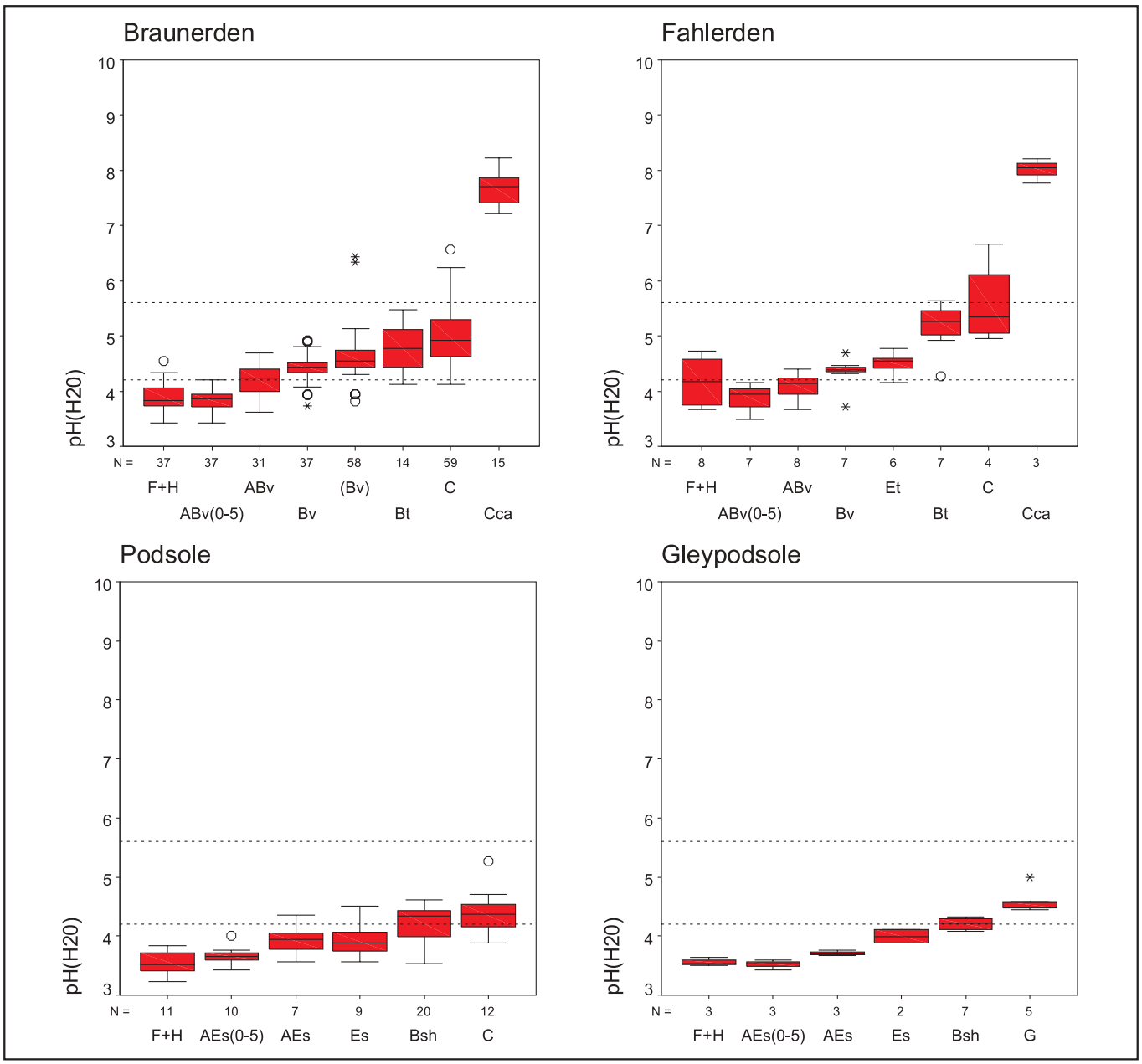


Abb. 3-4: pH(H2O) nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

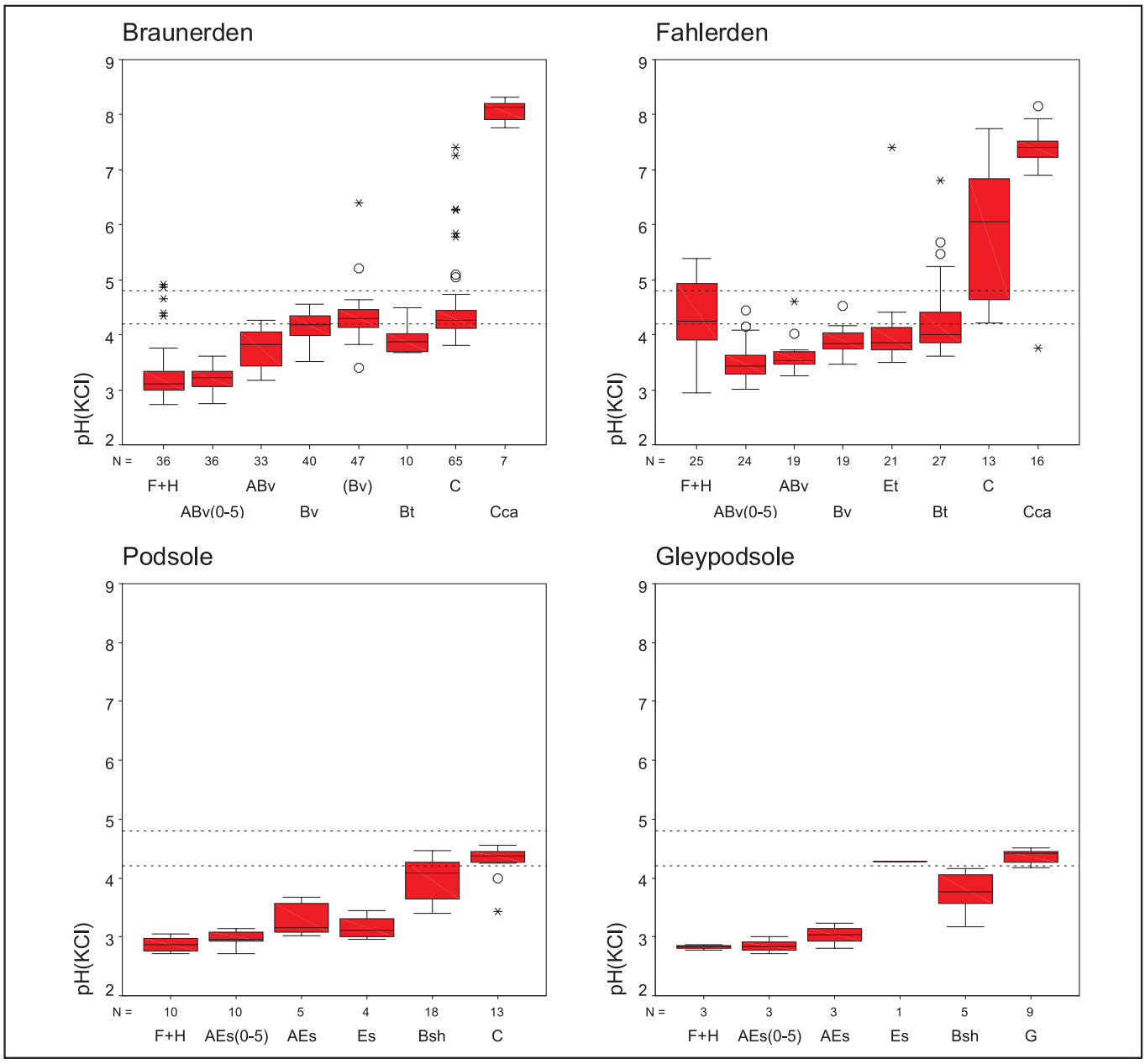


Abb. 3-5: pH(KCl) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

effektive Kationenaustauschkapazität kann erheblich unter der potenziellen Kationenaustauschkapazität liegen und wird beim jeweils aktuellen pH des Bodens gemessen. Identisch sind effektive und potenzielle Kationenaustauschkapazität nur in carbonathaltigen Böden; bei niedrigem Boden-pH ist dagegen die effektive Kationenaustauschkapazität erheblich niedriger als die potenzielle Kationenaustauschkapazität.

Der prozentuale Anteil der Summe der austauschbaren Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen an der gesamten Austauschkapazität des Bodens ist die **Basensättigung**. Den Anteil eines einzelnen (Basen-)Ions an der Austauschkapazität des Bodens bezeichnet man als Sättigung dieses Kations, z. B. die des Ca-Ions als Ca-Sättigung. Die **Kationensäuren- und Protonen-Sättigung** umfasst den prozentualen Anteil der Summe der austauschbaren H-, Mn-, Al- und Fe-Ionen an der gesamten Austauschkapazität. Kationensäuren können durch Hydrolyse Protonen in der Bodenlösung bilden und leisten unterhalb von pH 4,2 einen maßgeblichen Beitrag an der Bodenacidität. Basen-, Kationensäuren- und Protonen-Sättigung ergänzen sich zu 100 % Austauschersättigung.

Im Verlauf der natürlichen Bodenentwicklung im humiden Klima verändert sich die Ionen-Zusammensetzung an den Austauschern. Der Anteil der Neutralkationen (Ca, Mg, K, Na) am Austauscher nimmt ab und der Anteil der Kationensäuren- und Protonen zu; der Boden versauert allmählich. Am BDF-F-Datensatzes des Jahres 2001 kann dies auf der Grundlage von Mittelwerten beispielhaft aufgezeigt werden (Abb. 3-7): Oberhalb von pH(KCl) 4,8 sind die Austauscher noch weitgehend hoch basengesättigt (90 %); der Anteil der Kationensäuren und Protonen an den Austauschern ist mit 10 % sehr niedrig. Mangan tritt in seiner höchsten Konzentration am Austauscher auf und markiert mit seinem Auftreten den Beginn der Bodenversauerung. Unterhalb von pH(KCl) 4,8 wird Aluminium zum häufigsten Ion am Austauscher; der Anteil der Neutralkationen geht auf

ca. ein Drittel zurück. Ab pH(KCl) 3,6 nimmt der Al-Anteil an den Austauschern zugunsten von H- und Fe-Ionen wieder ab; die Endphase der Versauerung ist erreicht. Der Prozess der Bodenversauerung beginnt an der Mineralbodenoberfläche und setzt sich in Richtung Untergrund fort.

3.1.2.1 Kationenaustauschkapazität

Die Austauschkapazität beschreibt den quantitativen Umfang der Ionensorption im Boden. Sie ist in erster Linie abhängig von der Art und dem Gehalt des Bodens an Tonmineralen und organischer Substanz. Daneben fungieren als Ionen-Austauscher verschiedene Oxide und Hydroxide des Aluminiums und Eisens sowie amorphe Kieselsäure. Eine hohe Austauschkapazität verleiht dem Boden die Fähigkeit, bedeutende Mengen Kationen zu speichern und einer Erschöpfung der Neutralkationenvorräte durch Nährstoffauswaschung bzw. -entzug wesentlich länger zu widerstehen als ein sorptionsschwacher Boden. Eine hohe Austauchkapazität für Ionen im Boden ist mittelbar meist mit einer hohen Speicherkapazität für Wasser verbunden. Austauschstarke Böden weisen daher für viele Bodennutzungen überwiegend günstige Fruchtbarkeitseigenschaften auf.

Sehr wirksame Austauscher im Boden sind der Humuskomplex und die Tonminerale. Hohe Humus- und Tongehalte bewirken eine hohe Kationenaustauschkapazität (Abb. 3-8 und 3-9). Gebräuchlicher Bezugsrahmen für die Kationenaustauschkapazität ist das Bodengewicht (z. B. Kationenaustauschkapazität **mmol$_c$/100g Boden**). Bei diesem Bezugsrahmen schneidet der Humus als Austauscher aufgrund seines geringen spezifischen Gewichtes überdurchschnittlich gut ab; er besitzt nur eine niedrige Trockenraumdichte und weist daher ein vergleichsweise hohes Volumen mit einer entsprechend hohen Kationenaustauschkapazität je Gewichtseinheit auf. Zu einem anderen Ergebnis führt die für einen realistischen Vergleich der Böden besser geeignete Beurteilung der Kationenaustauschkapazität auf Grundlage des Volumens (z. B. Kationenaustauschkapazität

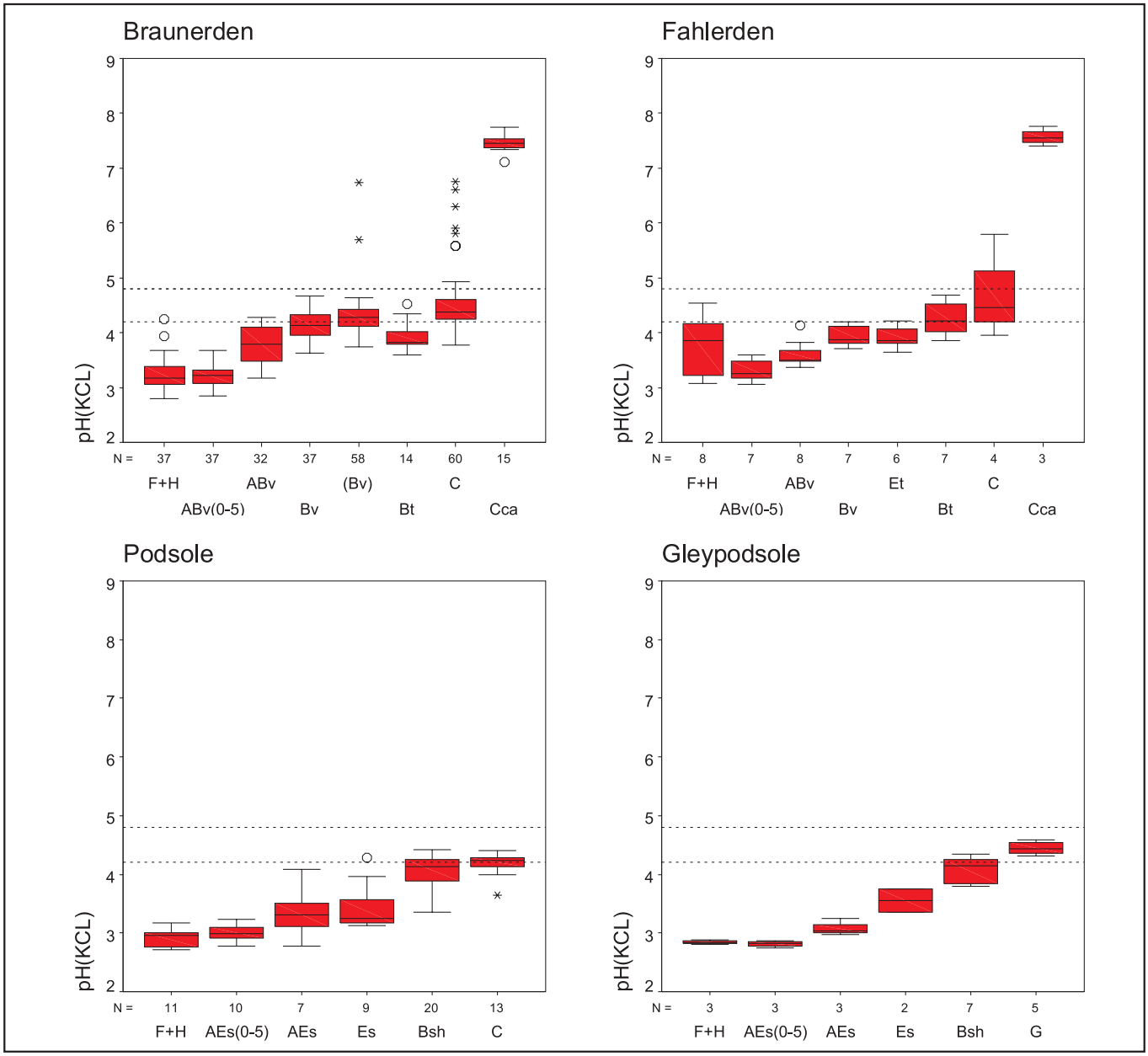


Abb. 3-6: pH(KCl) nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

	pH(KCl) Mittelwert 1986	N	pH(KCl) Mittelwert 2001	N	pH(KCl) mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	4,03	455	4,00	451	-0,03	0,61
Braunerden	4,15	291	4,07	294	-0,08	0,31
F+H	3,26	37	3,32	39	0,06	0,55
ABv (0-5)	3,22	37	3,20	39	-0,02	0,76
ABv	3,77	32	3,75	35	-0,02	0,83
Bv	4,14	37	4,15	43	0,01	0,74
(Bv)	4,31	58	4,32	47	0,01	0,97
Bt	3,94	14	3,91	12	-0,03	0,84
C	4,55	60	4,49	66	-0,06	0,58
Cca	7,47	15	8,07	10	**0,6**	**0,00**
Fahlerden	4,09	50	4,19	59	0,1	0,60
F+H	3,76	8	4,25	10	0,49	0,14
ABv (0-5)	3,32	8	3,51	6	0,19	0,19
ABv	3,60	8	3,58	8	-0,02	0,84
Bv	3,95	7	3,87	10	-0,08	0,46
Et	3,90	6	4,18	9	0,28	0,38
Bt	4,26	7	4,16	10	-0,1	0,61
C	4,66	4	4,56	1	-0,1	0,81
Cca	7,57	3	6,97	3	-0,6	0,55
Podsole	3,59	69	3,58	60	-0,01	0,89
F+H	2,90	11	2,86	10	-0,04	0,55
AEs(0-5)	3,00	10	2,97	10	-0,03	0,63
AEs	3,34	7	3,30	5	-0,04	0,16
Es	3,45	9	3,16	4	-0,29	0,13
Bsh	4,04	20	3,98	18	-0,06	0,61
C	4,19	12	4,29	13	0,1	0,35
Gleypodsole	3,65	23	3,70	24	0,05	0,79

Tab. 3-2: Mittelwertsdifferenzen des pH(KCl) im Zeitraum 1986–2001

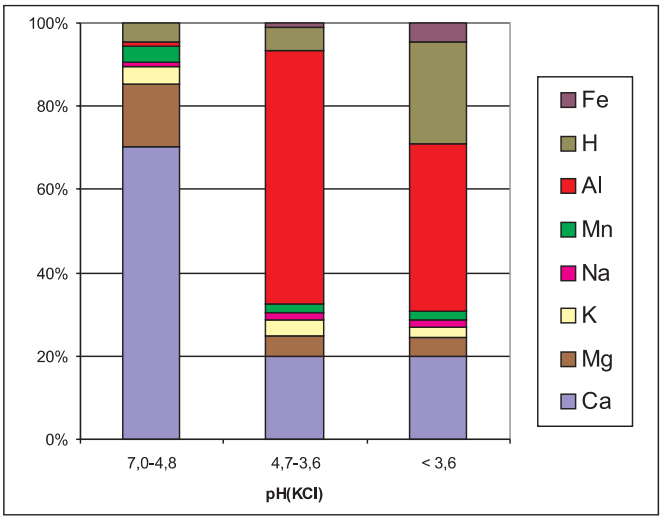


Abb. 3-7: Kationenzusammensetzung am Austauscher in Abhängigkeit vom pH(KCl)

$mmol_c/ha*cm$). Hier haben tonreiche Böden die höchste Kationenaustauschkapazität. Die Kationenaustauschkapazität des Humuskomplexes entspricht bei diesem Bezugsrahmen etwa der des lehmigen Sandes (Tab. 3-3).

Daten zur Austauschkapazität liegen aus zwei unabhängigen Bestimmungsverfahren vor. Die **Totale Sorption (T-Wert)** nach der Methode KAPPEN/ADRIAN wird als Summe der austauschbaren Neutralkationen (S-Wert) und der austauschbar gebundenen Kationensäuren sowie Protonen (H-Wert) berechnet (vgl. S. 14). Die **Austauschkapazität nach BEHM** stellt die Summe aller einzeln gemessenen Neutralkationen und Kationensäuren sowie der Protonen (vgl. S. 14) dar. Beide Verfahren führen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Die Ergebnisse nach der Methode KAPPEN/ADRIAN sind im Mittel um den Faktor 6 höher als die der Methode nach BEHM (Abb. 3-10). Die Unterschiede resultieren vor allem aus den in beiden Verfahren verwendeten Extraktionsmitteln. Bei der Methode KAPPEN/ADRIAN werden sehr aggressive Extraktionsmittel (Salzsäure,

Tab. 3-3: Mittlere Kationenaustauschkapazität (Median) verschiedener Körnungsarten und der Humusdecke bei Gewichts- und Volumenbezug

Kationenaustauschkapazität (KAPPEN/ADRIAN) $mmol_c/100g$ Boden	Kationenaustauschkapazität (BEHM) $mmol_c/100g$ Boden	Kationenaustauschkapazität (BEHM) $kmol_c/ha*cm$ Boden	Körnungsart/Substratschicht
4,87	0,66	0,86	reiner Sand
11,24	1,65	2,20	anlehmiger Sand
10,91	1,99	2,93	lehmiger Sand
16,15	4,68	6,89	Lehm
86,15	16,55	2,87	Humus

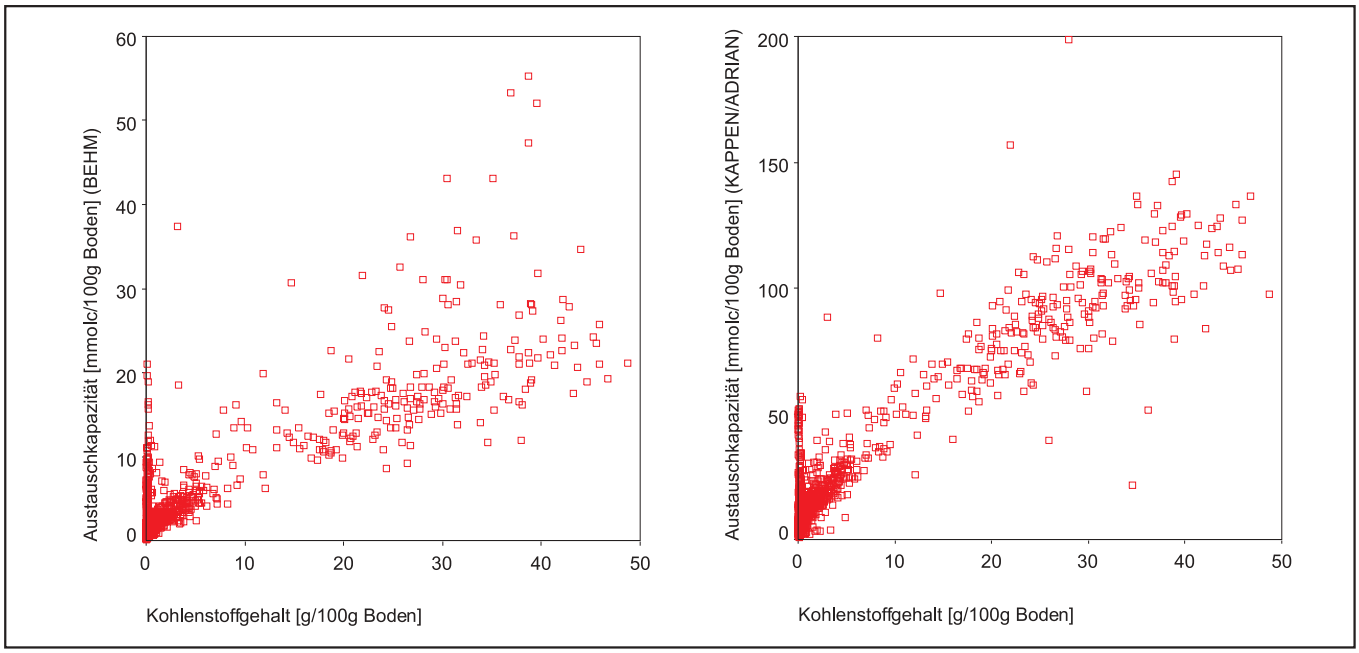


Abb. 3-8: Zusammenhang zwischen Humusgehalt und Kationenaustauschkapazität im Boden

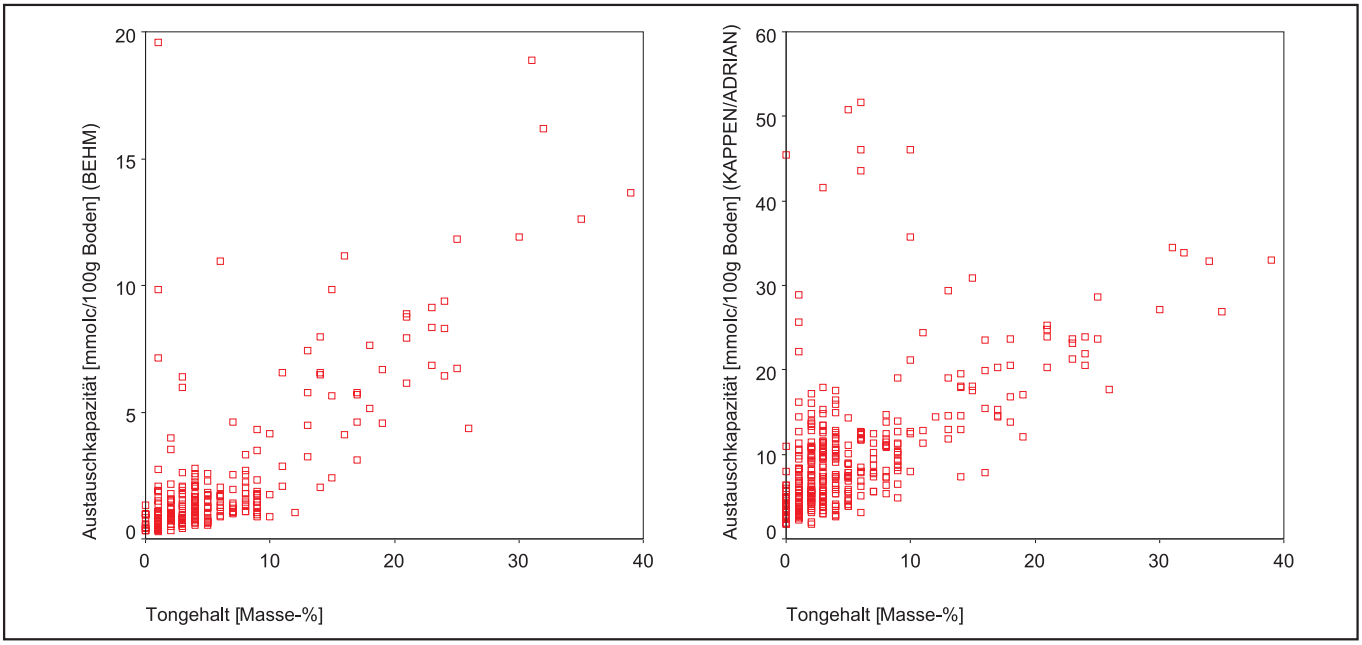


Abb. 3-9: Zusammenhang zwischen Tongehalt und Kationenaustauschkapazität im Boden für Bodenlagen < 1 % Humus

Borat-Kalziumchlorid-Gemisch) eingesetzt, die entsprechend umfassend Kationen von den Austauschern in Lösung bringen. Die Methode BEHM verwendet im Gegensatz dazu ein schonendes, ungepuffertes Extraktionsmittel (Ammoniumchlorid), das weit weniger stark auf die Austauscher einwirkt. Die Pufferung der Extraktionslösung auf pH 8,6 führt dazu, dass die Methode KAPPEN/ADRIAN nur Werte für die **potenzielle Kationenaustauschkapazität** liefern kann. Die Ergebnisse der Methode BEHM weisen demgegenüber die **effektive Austauschkapazität** aus. Die Methode KAPPEN/ADRIAN wird seit den 60er Jahren in der ostdeutschen Standortskartierung als Standardmethode verwendet. Die Methode BEHM wurde erst im Zusammenhang mit dem Beginn der Bodendauerbeobachtung eingeführt, hat aber den Vorteil, dass sie die Betrachtung einzelner Kationen am Austauscher unter den aktuell im Boden herrschenden Aciditätsverhältnissen (effektive Austauschkapazität) ermöglicht.

Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAPPEN/ADRIAN)

Die potenzielle Kationenaustauschkapazität nach KAPPEN/ADRIAN wird auch als T-Wert (totale Sorption) bezeichnet. Die Spannweite des T-Wertes reicht von **0,7 bis 199 mmol$_c$/100g Boden**. Eine Kationenaustauschkapazität von 0,7 mmol$_c$/100g Boden erreicht ein Sand-Saumpodsol im C-Horizont; eine Kationenaustauschkapazität von 199 mmol$_c$/100g Boden besitzt eine Lehm-Staugleyfahlerde in der Mineralbodenhumuslage. Der mittlere T-Wert über alle Bodenlagen lag 1986 bei 11 mmol$_c$/100g Boden, 1991 bei 12 mmol$_c$/100g Boden und 2001 bei 13 mmol$_c$/100g Boden.

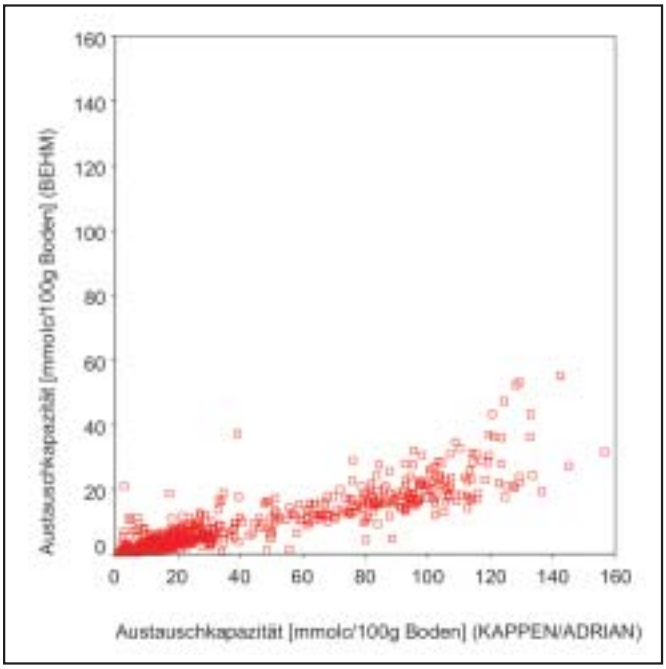


Abb. 3-10: Vergleich der Kationenaustauschkapazität nach den Methoden KAPPEN/ADRIAN und BEHM

Die Bodentypengruppen und Humusformen unterscheiden sich im T-Wert kaum. Lediglich Fahlerden heben sich durch einen höheren T-Wert im tonreichen Unterboden und Untergrund von den übrigen Böden ab. Die Humusdecken haben aufgrund ihres geringen spezifischen Gewichtes und des daraus resultierenden hohen Volumens bei Gewichtsbezug mit weitem Abstand die höchsten T-Werte, im Mittel (Median) **84-104 mmol$_c$/100g Boden**. Auch die noch relativ humusreichen Ah-Lagen weisen in 0-5 cm Tiefe höhere T-Werte auf (im Mittel **15-23 mmol$_c$/100g Boden**). Mit abnehmendem Humusgehalt sinkt der T-Wert in Richtung Untergrund in sandigen Böden auf Werte unter **10 mmol$_c$/100g Boden** ab. In den Bt- und Bsh-Lagen der Braunerden, Podsole und Gleypodsole steigt der T-Wert aufgrund höherer Ton- bzw. Humusgehalte wieder etwas an (**12-22 mmol$_c$/100g Boden**). In den Fahlerden nimmt der T-Wert mit steigendem Tongehalt der Bt- und C-Lagen in Untergrund auf im Mittel über **20 mmol$_c$/100g Boden** zu. Hohe T-Werte von **> 20 mmol$_c$/100g Boden** erreichen auch alle Cca-Lagen.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Eine messbare Veränderung der potenziellen Kationenaustauschkapazität im Boden im Verlauf von nur 14 Jahren ist kaum zu erwarten. Sie wäre nur möglich, wenn im Boden ein bedeutender Humusabbau stattgefunden oder Tonminerale durch Einlagerung sog. Al-Hydroxy-Polymere einen Teil ihres Sorptionsvermögens eingebüßt hätten, was zumindest in messbaren Dimensionen eher als unwahrscheinlich anzusehen ist. Die Ergebnisse der Prüfung der Mittelwertsdifferenz bestätigten diese Annahme; erwartungsgemäß treten keine signifikanten Mittelwertsabweichungen im T-Wert im Vergleich der Jahre 1986 und 2001 auf (Tab. 3-4), und die Merkmalsausprägung des T-Wertes lässt im Aufnahmejahr 2001 selbst für die Bodentypengruppe der Fahlerden, deren Stichprobenumfang erheblich erweitert wurde, kaum Unterschiede zum Aufnahmejahr 1986 erkennen (Abb. 3-12).

Kationenaustauschkapazität (BEHM)

Gewichtsbezug

Tendenziell führt die Bestimmung der Kationenaustauschkapazität nach der Methode BEHM zu den gleichen Ergebnissen wie nach der Methode KAPPEN/ADRIAN. Die Werte fallen aber viel niedriger aus (Abb. 3-13).

Die Spannweite der Kationenaustauschkapazität reicht von **0,2-55 mmol$_c$/100g Boden**. Die niedrigste Kationenaustauschkapazität hat ein C-Horizont einer Braunerde mit 0,2 mmol$_c$/100g Boden. Die höchste Kationenaustauschkapazität weist ebenfalls eine Braunerde, dort aber in der Humusdecke, mit

	T-Wert **mmol$_c$/100g** Boden Mittelwert 1986	N	T-Wert **mmol$_c$/100g** Boden Mittelwert 2001	N	T-Wert **mmol$_c$/100g** Boden mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	21,8	444	24,2	449	2,4	0,22
Braunerden	19,7	284	21,7	275	2,0	0,37
F+H	79,8	37	88,5	36	8,7	0,08
ABv (0-5)	18,6	37	20,8	36	2,2	0,15
ABv	12,9	32	13,1	33	0,2	0,81
Bv	9,7	37	9,4	40	-0,3	0,66
(Bv)	6,0	58	6,9	47	0,9	0,17
Bt	12,0	14	14,5	10	2,5	0,13
C	5,2	59	6,3	65	1,1	0,09
Cca	39,4	9	49,4	7	10,0	0,06
Fahlerden	29,1	48	30,7	58	1,6	0,61
F+H	92,9	8	94,6	10	1,7	0,90
ABv (0-5)	24,1	7	28,9	10	4,8	0,32
ABv	15,9	8	16,5	6	0,6	0,82
Bv	10,6	7	14,9	10	4,3	0,10
Et	8,5	6	11,9	9	3,4	0,33
Bt	15,5	7	19,0	10	3,5	0,22
C	19,2	4	7,9	1	-11,3	0,20
Cca	46,0	1	42,4	2	-3,6	0,88
Podsole	20,0	69	22,4	60	2,4	0,64
F+H	80,8	10	86,6	10	5,8	0,58
AEs(0-5)	19,8	10	16,4	10	-3,4	0,39
AEs	11,9	7	8,8	5	-3,1	0,37
Es	6,3	9	7,3	4	1,0	0,62
Bsh	9,1	20	9,7	18	0,6	0,67
C	4,1	13	5,2	13	1,1	0,30
Gleypodsole	28,1	23	23,3	25	-4,8	0,57

Tab. 3-4: Mittelwertsdifferenzen des T-Werts im Zeitraum 1986–2001

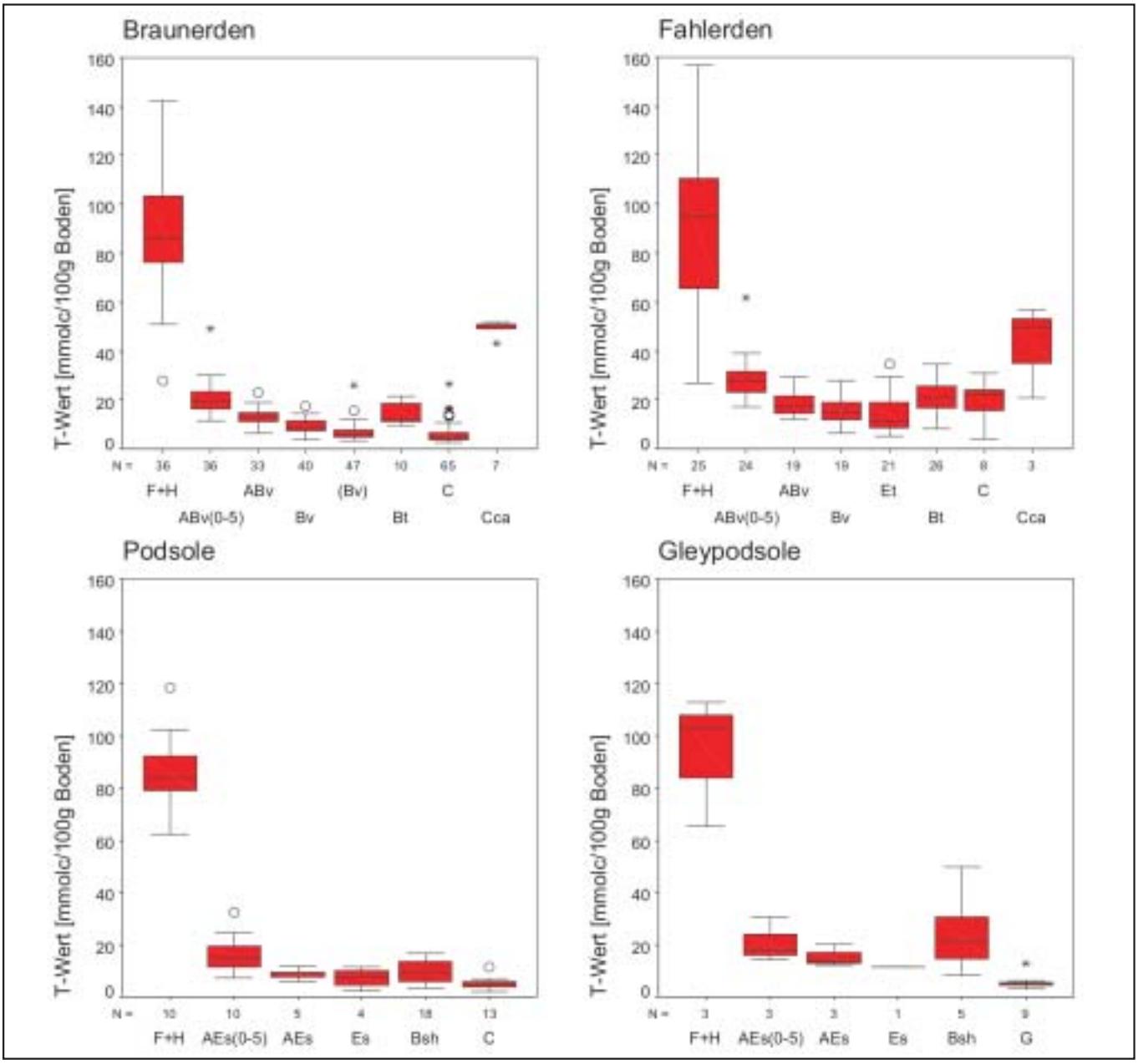


Abb. 3-11: T-Wert nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

der Humusform Mullartiger Moder mit 56 $mmol_c$/100g Boden auf. Der Median der Kationenaustauschkapazität aller Bodenlagen hatte in den Aufnahmejahren 1986, 1991 und 2001 Werte von 1,9, 2,1 und 2,4 $mmol_c$/100g Boden**.**

Wie beim T-Wert unterscheiden sich die Bodentypengruppen nur wenig. Die mit Abstand höchste Kationenaustauschkapazität haben die Humusdecken (Median von **17-22 $mmol_c$/100g Boden**). Mit abnehmendem Humusgehalt sinkt in Richtung Untergrund auch die Kationenaustauschkapazität. Erst der höhere Tongehalt der Bt-Lagen der Braunerden und der der Fahlerden im Untergrund lässt die Kationenaustauschkapazität dort wieder auf im Mittel **4 bzw. 7 $mmol_c$/100g Boden** ansteigen. Eine auffallend niedrige Kationenaustauschkapazität besitzen humusarme Sandböden (< **1 $mmol_c$/100g Boden).**

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

1986 wurden nur für 245 der vorhandenen 456 Bodenlagen alle Elemente, die zur Berechnung der Kationenaustauschkapazität notwendig sind, bestimmt. Auf eine Berechnung der Mittelwertsdifferenzen muss aus diesem Grund verzichtet werden. In Abbildung 3-14 ist die Merkmalsverteilung der Kationenaustauschkapazität im Jahr 1986 dargestellt. Die Ergebnisse sind mit denen des Jahres 2001 gut vergleichbar. Fahlerden, deren Stichprobenumfang sich mehr als verdoppelt hat, wurden schon durch die kleine Stichprobe des Jahres 1986 recht gut erfasst.

Volumenbezug

Im Abschnitt A) werden die Ergebnisse der Laboranalyse für die Kationenaustauschkapazität nach der Methode BEHM auf Grundlage eines Gewichtsbezuges, hier konkret der Kationenaustauschkapazität von 100 g Boden, beschrieben. Dieselben

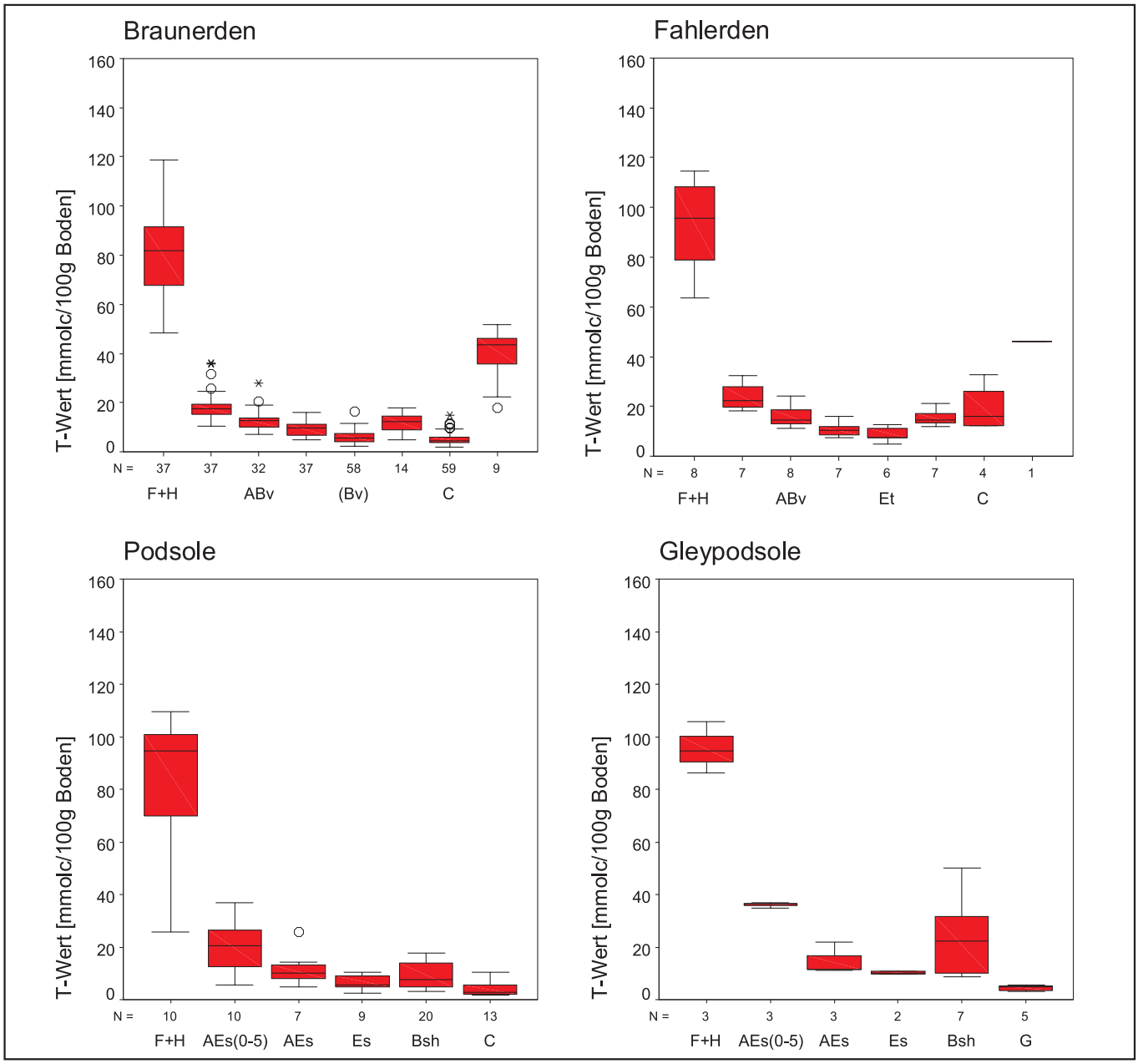


Abb. 3-12: T-Wert nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

Laborergebnisse führen bei Bezug auf ein Bodenvolumen, konkret auf ein Volumen von 100 m^3 oder einem Bodenblock von 1 ha Fläche und 1 cm Mächtigkeit zu einer im Vergleich zum Gewichtbezug sehr abweichenden Bewertung der Kationenaustauschkapazität, die der Realität aber besser gerecht wird als die in der Bodenkunde übliche Beurteilung der Kationenaustauschkapazität auf Grundlage eines Gewichtbezuges.

Die Berechnung der Kationenaustauschkapazität für einen Bodenblock von 100 m^3 setzt voraus, dass für die betrachtete Bodenlage alle austauschbaren Elemente und die Trockenraumdichte bestimmt wurden. Dies ist leider nur in 627 der in drei Aufnahmen beprobten 1500 Bodenlagen geschehen. Die in Abbildung 3-15 gezeigte Auswertung der Kationenaustauschkapazität stützt sich auf diese 627 Bodenlagen aus allen drei Aufnahmejahrgängen.

Die Spannweite der Kationenaustauschkapazität reicht von **0,22 bis 32 $kmol_c$/ha*cm**. Ein tonarmer (Bv)-Horizont einer Sand-Braunerde besitzt eine Kationenaustauschkapazität von 0,22 $kmol_c$/ha*cm. Die höchste Kationenaustauschkapazität weist ein Bt-Horizont einer Lehm-Fahlerde auf. Der Median der Kationenaustauschkapazität aller 627 Bodenlagen liegt bei **2,4 $kmol_c$/ha*cm**.

Die mit weitem Abstand höchste Kationenaustauschkapazität haben tonreiche Bodenlagen wie Bt-Lagen von Bändersand-Braunerden sowie Bt- und C-Lagen der Fahlerden. Mit einer mittleren Kationenaustauschkapazität von über **5 bzw. 10 $kmol_c$/ha*cm** liegt die Kationenaustauschkapazität dieser Bodenlagen um den Faktor 5 bzw. 10 über der ton- und humusarmer Sandböden, deren Kationenaustauschkapazität nur etwa **1 $kmol_c$/ha*cm** beträgt. Humusreichtum bewirkt nur einen mäßigen Anstieg der Kationenaustauschkapazität. Humuslagen sandiger Böden, wie Braunerden, Podsole oder Gleypodsole,

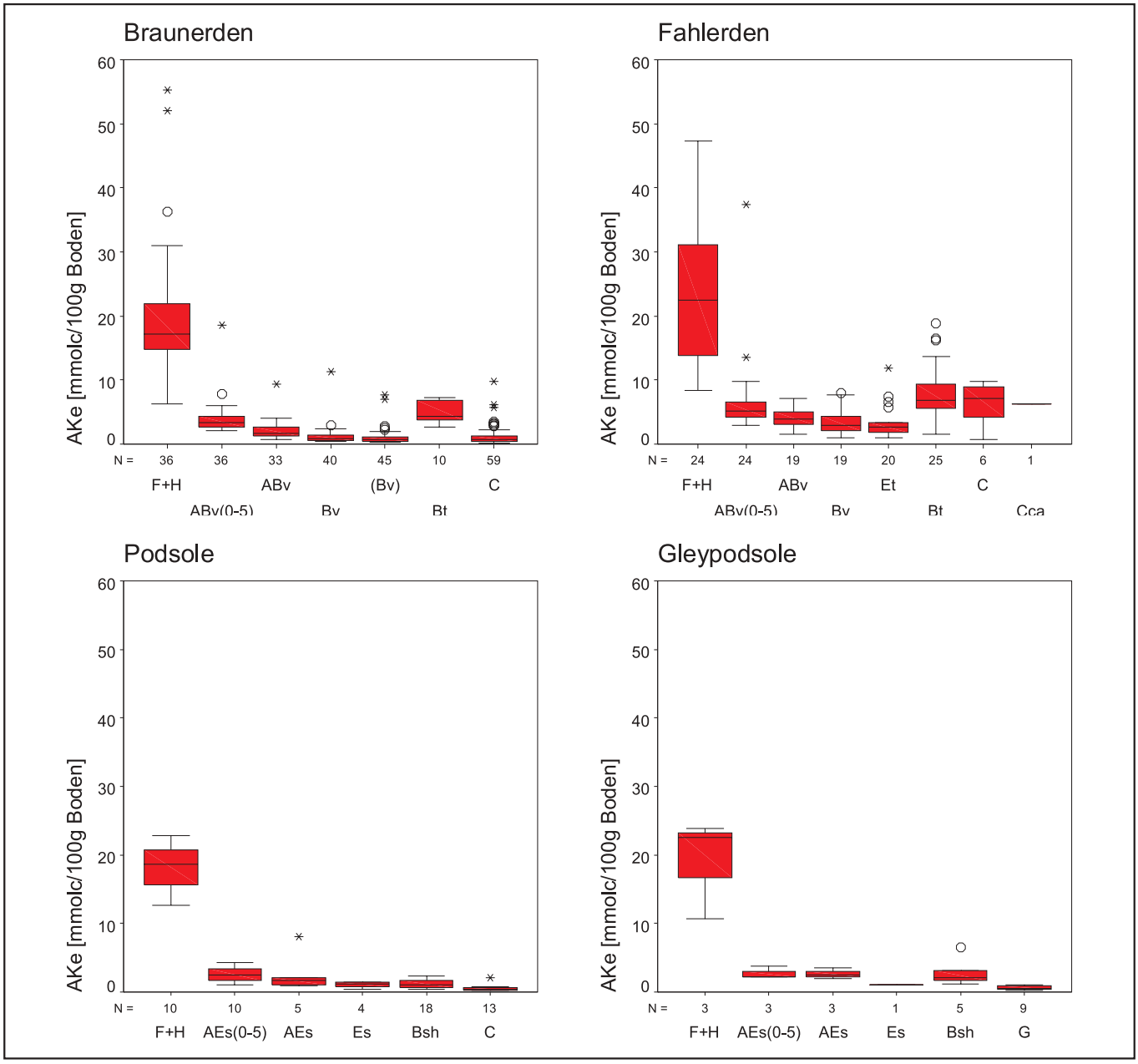


Abb. 3-13: Austauschkapazität (BEHM) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

weisen eine Kationenaustauschkapazität um **3 kmol$_c$/ha*cm** auf. Mit abnehmendem Humusgehalt in Richtung Untergrund sinkt die Kationenaustauschkapazität dieser Böden gleichlaufend ab und steigt nur in carbonatführenden Sanden im C- bzw. Cca-Horizont wieder an. Fahlerden, deren Oberböden meist anlehmige bis lehmige Sande besitzen, verhalten sich anders. Ihre Kationenaustauschkapazität fällt im Oberboden höher aus als die sandiger Böden und nimmt mit sinkendem Humusgehalt nicht ab. Im Lehm, besonders aber im Mergel, steigt die Kationenaustauschkapazität sehr stark an und verleiht Fahlerden die Eigenschaft, der Erschöpfung der Nährstoffe durch Nährstoffentzug langzeitig zu widerstehen.

3.1.2.2 Basensättigung

Die Basensättigung beschreibt den prozentualen Anteil der Summe der austauschbar gebundenen Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen an der gesamten Kationenaustauschkapazität. Eine hohe Basensättigung ist Ausdruck einer günstigen Nährstoffversorgung und Kennzeichen für eine hohe Elastizität des Bodens gegenüber Basenauswaschung oder -entzug. Im Mittel über alle Bodenlagen und Aufnahmejahre wird die Basensättigung zu **65 %** vom Ca-, 1**3 %** vom Mg-, 1**3 %** vom K- und **9 %** vom Na-Ion getragen. Die Basensättigung steht in enger Beziehung zu den meisten Parametern der Bodenlösung und gestattet somit auf vergleichsweise einfache Weise eine Abschätzung des Säure-/Basenzustandes der Bodenlösung. **Als kritisch gilt eine Basensättigung von unter 15 %**; bei Unterschreitung dieses Schwellenwertes ist mit einem hohen Anteil potenziell phytotoxischer Al-Ionen in der **Bodenlösung** zu rechen. Oberhalb einer Basensättigung von 15 % in der Bodenfestphase

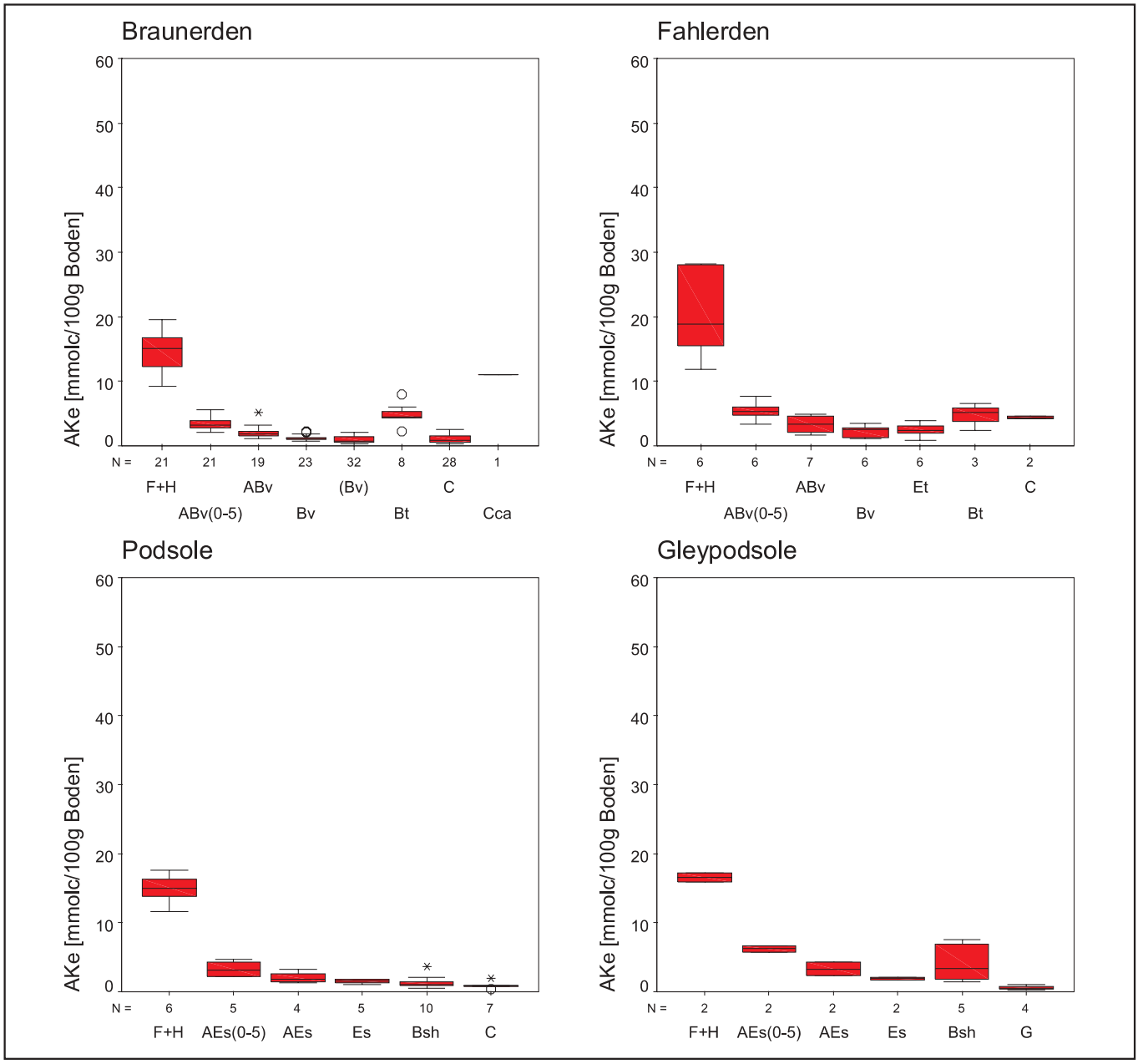


Abb. 3-14: Austauschkapazität (BEHM) nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

bedingt die höhere Selektivität des Austauscherkomplexes für Aluminium eine Basensättigung von über 60 % in der Bodenlösung. Oberhalb von 50 % Basensättigung am Austauscher liegt die Basensättigung der Bodenlösung konstant bei 100 % (ARBEITSKREIS C DER BUND-LÄNDER ARBEITSGRUPPE LEVEL II 2000).

Die Basensättigung lässt einen ähnlichen Tiefengradienten erkennen wie der pH(H2O)-Wert. Prinzipiell steigt die Basensättigung von der Mineralbodenoberfläche in Richtung Untergrund an. Die niedrigste Basensättigung besitzen Oberböden; die höchste Basensättigung wird im Untergrund (C- und Cca-Lagen) gemessen. Tritt Carbonat im Boden auf, nimmt der Tiefengradient der Basensättigung einen steilen Verlauf. Fehlt Carbonat im Profil, steigt die Basensättigung in austauschschwachen (Sand)-Böden im Untergrund meist nur mäßig an. In austauschstarken (Lehm)-Böden werden im Untergrund auch ohne Anwesenheit von Carbonat überwiegend hohe Basensättigungen erreicht. In der Humusdecke wird die Basensättigung von der Humusform bestimmt. Mineralbodenhumusformen heben sich durch eine hohe Basensättigung von den hinsichtlich der Basensättigung kaum untereinander unterscheidbaren Auflagehumusformen ab.

Im Rahmen der Bodendauerbeobachtung wird die Basensättigung nach zwei unabhängigen Methoden bestimmt (vgl. S. 14). Beide Methoden liefern tendenziell vergleichbare Ergebnisse, was in einem Korrelationskoeffizienten von 0,68 zum Ausdruck kommt. Im Einzelfall können die Ergebnisse aber auch sehr unterschiedlich ausfallen; Ausdruck dafür ist das Bestimmtheitsmaß für den linearen Zusammenhang von 0,46. Im Durchschnitt liefert die Methode nach BEHM höhere Werte als die der Methode KAPPEN/ADRIAN (Abb. 3-16).

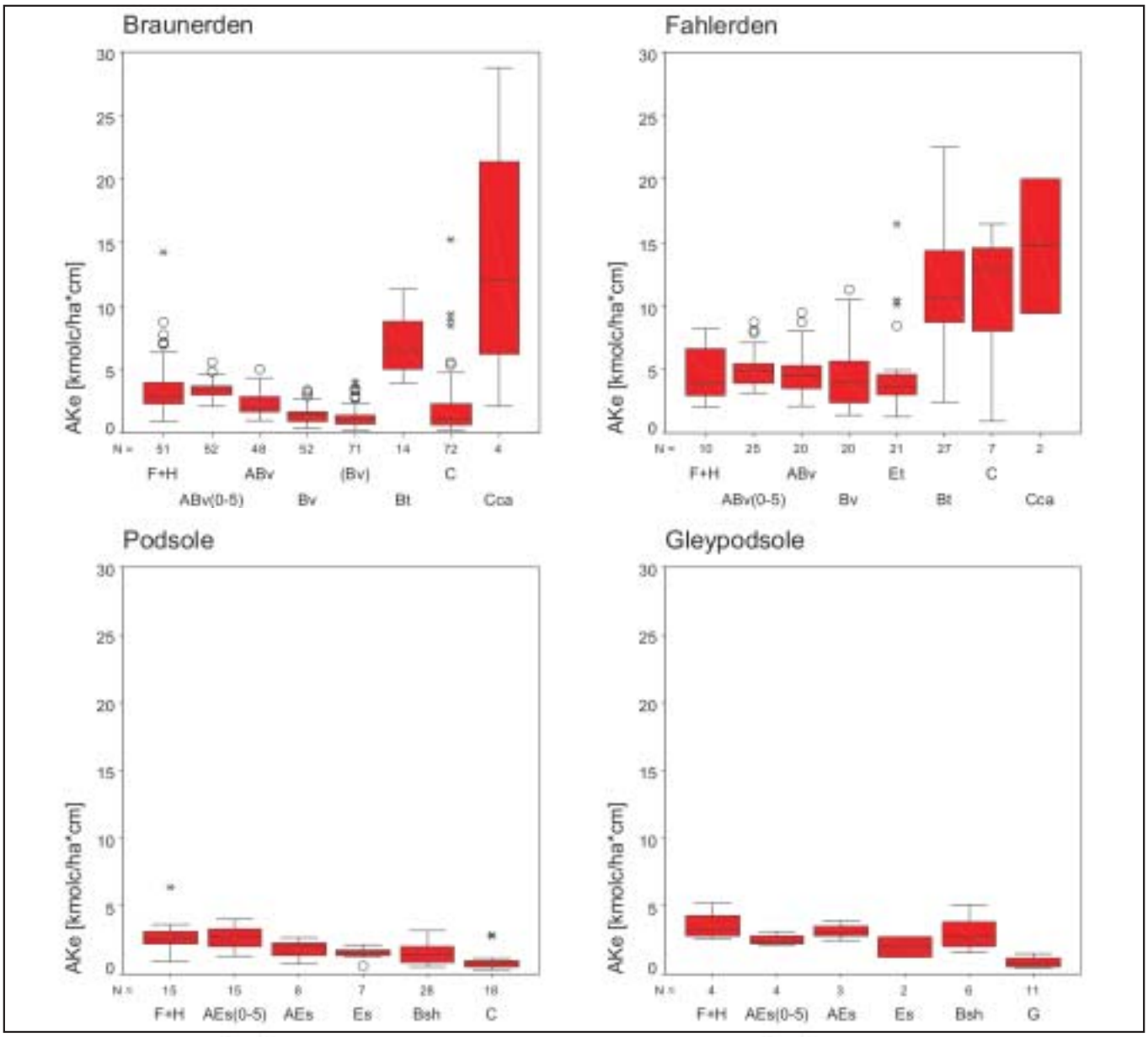


Abb. 3-15: Austauschkapazität (BEHM) nach Bodentypengruppen (alle verfügbaren Datensätze, 1986-2001)

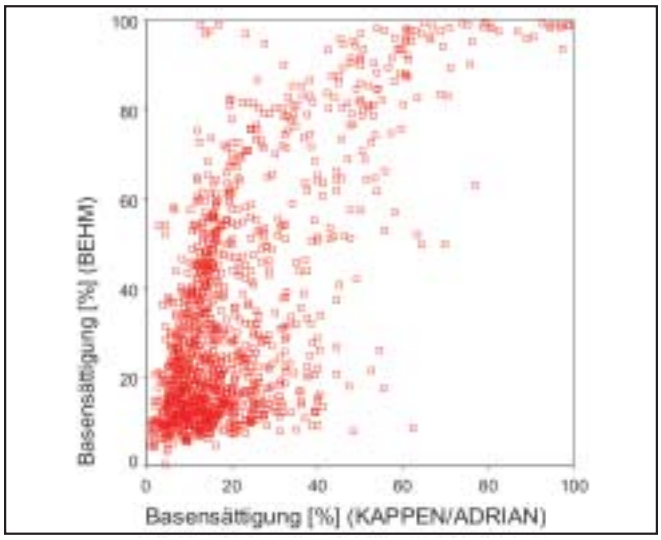


Abb. 3-16: Vergleich der Basensättigung nach den Methoden KAPPEN/ADRIAN und BEHM

Basensättigung nach der Methode KAPPEN/ADRIAN

Die mittlere Basensättigung über alle Bodenlagen betrug in allen drei Aufnahmeperioden konstant **16 %**. Die niedrigste Basensättigung wurde im Bsh-Horizont eines reliktischen (entwässerten) Gleypodsols mit **1 %** gefunden. Die höchste Basensättigung haben Cca-Lagen mit **100 %**.

Zwischen den Bodentypengruppen bestehen deutliche Unterschiede (Abb. 3-17). **Podsole** und **Gleypodsole** haben in der Humusdecke, im Oberboden, Unterboden und im Untergrund niedrige Basensättigungen. Oberhalb der C- bzw. G-Lage haben nur ein Viertel aller Podsole und kein Gleypodsol eine Basensättigung von > 15 %. In der Bsh-Lage der Podsole steigt die Basensättigung leicht an, aber **weniger als 15 % aller Podsole** überschreitet dort die kritische Schwelle von > 15 % Basensättigung. Der Anteil der Podsole/Gleypodsole mit einer Basensättigung < 15 % im Untergrund beträgt immerhin noch 34 % bzw. 70 %. **Braun- und Fahlerden** haben in der Humusdecke, im Unterboden und im Untergrund durchschnittlich höhere Basensättigungen als Podsole und Gleypodsole; im

Oberboden unterscheiden sie sich aber nur wenig. Auf Fahlerden entwickeln sich Mineralbodenhumusformen mit höherer Basensättigung (Median 33 %). Die Humusdecken der Braunerden liegen mit einer mittleren Basensättigung von 15 % zwischen der der Podsole/Gleypodsole und der der Fahlerden. Im Oberboden weisen Braun- und Fahlerden überwiegend nur eine niedrige Basensättigung auf. 60 % aller Braunerden überschreiten die Schwelle von > 15 % Basensättigung im Bv-Horizont nicht. Bei den Fahlerden beträgt dieser Anteil 47 %. Die niedrigste Basensättigung haben die Ah-Lagen. In Richtung Unterboden nehmen sowohl der Median als auch die Spannweite der Basensättigung beträchtlich zu. Im Untergrund ist eine Basensättigung < 15 % nur noch in wenigen Braunerden anzutreffen (11 % aller Braunerden). 66 % aller Braunerden weisen im Untergrund eine gute Basenausstattung von mehr als 50 % auf. Nur 25 % aller Fahlerden besitzen im Untergrund eine Basensättigung < 50 %; der Median liegt bei einer Basensättigung von 62 %.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Die Aufnahmen des Erhebungsjahres 2001 ergeben für die Basensättigung kaum signifikante Mittelwertsdifferenzen gegenüber dem Aufnahmejahr 1986 (Tab. 3-5). Auch die Spannweite der Aufnahmewerte der Basensättigung hat sich in den einzelnen Auswertestraten gegenüber dem Jahr 1986 nur wenig verändert (Abb. 3-18). Eine geringe Tendenz hinsichtlich des Auftretens sehr niedriger Basensättigungen im Oberboden einzelner Braun- und Fahlerden ist aber gegeben, und auch die berechneten Mittelwertsdifferenzen sind überwiegend negativ. Dies könnte ein Hinweis auf eine abnehmende Basensättigung in einem Teil der Waldböden sein.

Abbildung 3-18 zeigt die Basensättigung der Fahlerden im Aufnahmejahr 1986. Da 11 gute Moränenstandorte hinzugekommen sind, hätte erwartet werden können, dass die Basensättigung gegenüber dem Aufnahmejahr 1986 spürbar höher ausfallen würde. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Basensättigung der Fahlerden im ursprünglichen Beobachtungsnetz

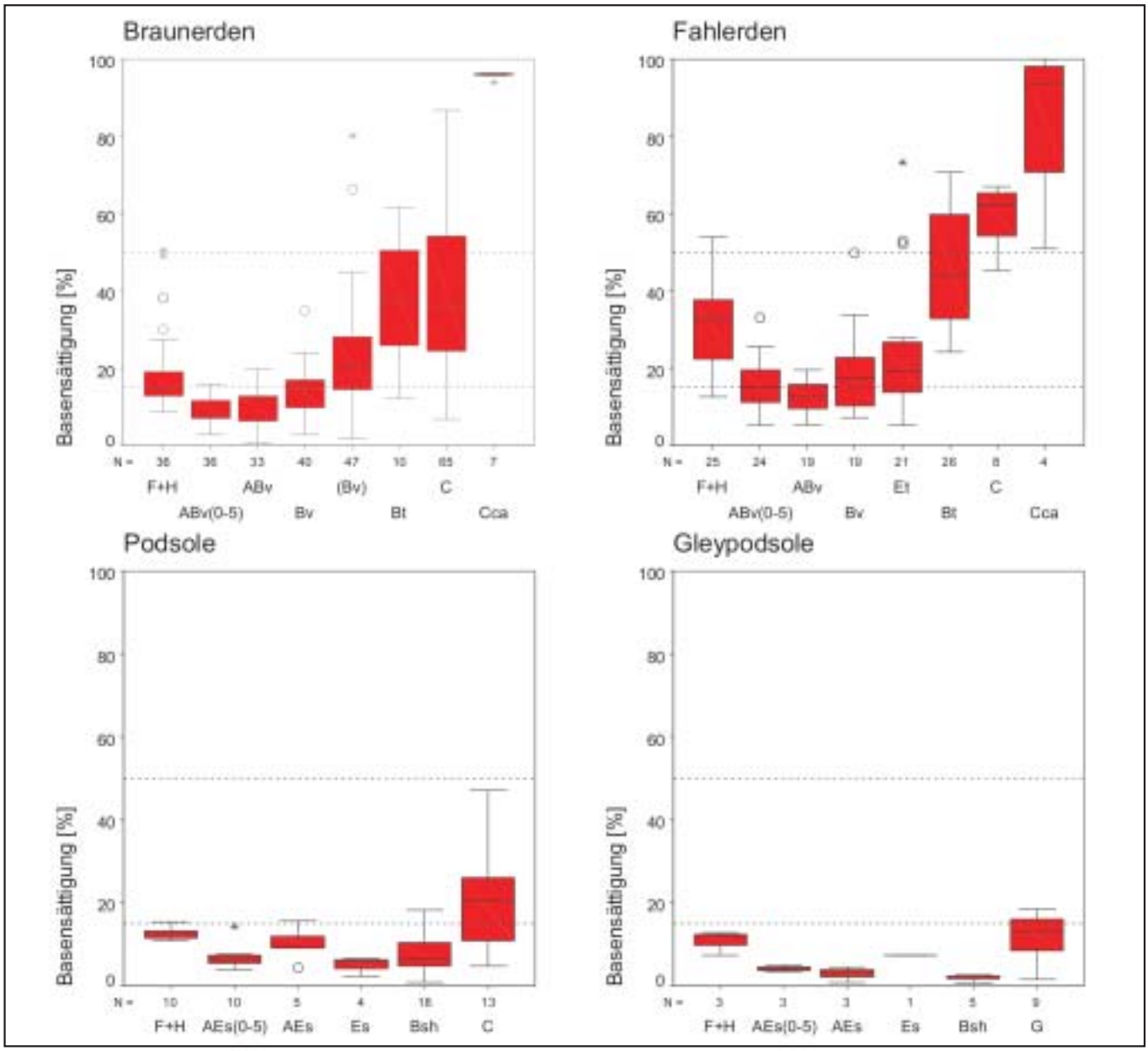


Abb. 3-17: Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

unterscheidet sich kaum von der im erweiterten Aufnahmenetz des Jahres 2001.

Basensättigung nach BEHM

Die Basensättigung nach der Methode BEHM liefert tendenziell mit der Methode KAPPEN/ADRIAN vergleichbare Ergebnisse. Das Werteniveau liegt aber höher, vor allem in Bodenlagen mit höherer Austauschkapazität. Dies betrifft vor allem Humus- und Bt-Horizonte. Außerdem differenzieren die einzelnen Bodenlagen viel stärker als nach der Methode KAPPEN/ADRIAN. 1986 wurde die Bestimmung der Basensättigung nach der Methode BEHM im Labor eingeführt; es wurden aber nur an 246 der vorhandenen 456 Bodenproben nach dieser Methode untersucht. Dies änderte sich in den Jahren 1991 und 2001; von diesem Zeitpunkt an wurde die Analyse aller Bodenproben nach dieser Methode vorgenommen.

Die Spannweite der Basensättigung reicht von **3** bis **100 %**. Eine Basensättigung von 3 % tritt in der Ah-Lage einer Braunerde auf. C-Lagen mehrerer Braunerde sind zu 100 % basengesättigt. Die mittlere Basensättigung über alle Bodenlagen lag 1986 bei **30 %,** 1991 bei **23 %** und 2001 bei **20 %**.
Zwischen den Bodentypengruppen bestehen nach der Methode BEHM ähnliche Unterschiede wie nach der Methode KAPPEN/ADRIAN (Abb. 3-19). Die niedrigsten Basensättigungen haben die Podsole und Gleypodsole. Dort treten in der Humusdecke noch vergleichsweise hohe Basensättigungen von im Mittel 47 bzw. 45 % auf. Im Oberboden ist die Basensättigung sehr niedrig; kein Podsol oder Gleypodsol erreicht dort in allen Bodenlagen eine Basensättigung > 15 %. Die Basensättigung nimmt auch im Unterboden nicht nennenswert zu, sondern steigt erst im C- bzw. G-Horizont leicht an. Im Untergrund weisen noch 31 bzw. 44 % aller Podsole/Gleypodsole eine Basensättigung < 15 % auf. **Braunerden** sind den Podsolen und Gleypodsolen ähnlicher als Fahlerden. In der Humusdecke tritt eine mittlere Basensättigung von 48 % auf. Im Oberboden erreicht nur ein Viertel aller Braunerden eine Basensättigung > 15 %. Im Unterboden haben 38 % aller Braunerden eine Basensättigung > 15 %. Im Untergrund liegt die Basensättigung aber in 71 % aller Fälle > 15 %. Besonders gut schneiden Bändersand-Braunerden ab. Deren Basensättigung beträgt im Bt-Horizont im Mittel 55 %, und auch die darunter liegenden C-Horizonte sind vergleichsweise hoch basengesättigt. **Fahlerden** haben gegenüber Braunerden und Podsolen mit Ausnahme des Oberbodens auffallend hohe Basensättigungen. In der Humusdecke liegt die Basensättigung bei im Mittel 79 %. Im Oberboden unterscheiden sich Podsole, Braun- und Fahlerden hinsichtlich ihrer Basensättigung aber nicht sehr voneinander. 53 % aller Fahlerden haben im Bv-Horizont, der den größten Volumenanteil am Oberboden einnimmt, eine Basensättigung < 15 % und sind im Hauptwurzelraum als stark basenverarmt anzusehen. In Richtung Unterboden steigt die Basensättigung in Fahlerden moderat an. Dies ändert sich in den Bt-Lagen vollständig; hier werden Basensättigungen von im Mittel 81 % gemessen. Im Untergrund der Fahlerden liegt die Basensättigung generell über 90 %.

Aufgrund fehlender Laborbefunde für die Basensättigung nach der Methode BEHM im Jahr 1986 und dem daraus resultierenden sehr unterschiedlichen Stichprobenumfang erscheint die Berechnung von Mittelwertsdifferenzen der Basensättigung für die Jahre 1986 und 2001 wenig sinnvoll. Auf eine Darstellung wird aus diesem Grund verzichtet.

3.1.2.3 Calcium-, Magnesium-, Kalium-, Natrium-Sättigung

Die Neutralkationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium werden in sehr unterschiedlichen Anteilen am Austauscher sorbiert. Höherwertige Kationen werden von den Austauschern stärker angezogen und fester gebunden als niedrigwertige Kationen. Sinkt die Kationen-Konzentration in der Bodenlösung, verstärkt sich dieser Effekt. Bei gleicher Wertigkeit steigt die Eintauschstärke mit zunehmendem Ionenradius und damit einhergehender abnehmender Hydratationsenergie an. Ca-Ionen werden aus diesem Grund stärker eingetauscht als Mg-Ionen

	Basensättigung % Mittelwert 1986	N	Basensättigung % Mittelwert 2001	N	Basensättigung % mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	20,2	444	19,8	449	-0,4	0,48
Braunerden	25,5	284	24,3	293	-1,2	0,28
F+H	17,1	37	18,7	39	1,6	0,42
ABv (0-5)	10,6	37	9,0	39	-1,6	0,09
ABv	11,8	32	10,5	35	-1,3	0,35
Bv	15,8	37	14,4	43	-1,4	0,47
(Bv)	24,6	57	22,6	47	-2,0	0,47
Bt	36,7	14	37,3	12	0,6	0,94
C	39,7	60	39,0	66	-0,7	0,84
Cca	95,4	10	96,3	9	0,9	0,44
Fahlerden	30,6	48	29,4	58	-1,2	0,90
F+H	28,2	8	37,2	10	9,0	0,20
ABv (0-5)	14,9	7	17,9	10	3,0	0,39
ABv	14,3	8	13,1	6	-1,2	0,54
Bv	18,2	7	16,5	10	-1,7	0,59
Et	26,7	6	20,6	9	-6,1	0,19
Bt	53,8	7	52,1	10	-1,7	0,80
C	65,4	4	64,3	1	-	-
Cca	97,8	1	84,4	2	-	-
Podsole	11,5	68	11,4	60	-0,1	0,94
F+H	11,6	11	12,7	10	1,1	0,27
AEs(0-5)	7,0	9	6,9	10	-0,1	0,91
AEs	6,2	7	10,0	5	3,8	0,11
Es	8,9	9	5,2	4	-3,7	**0,04**
Bsh	12,0	20	8,1	18	-3,9	0,06
C	18,9	12	20,7	13	1,8	0,64
Gleypodsole	7,8	23	6,9	25	-0,9	0,58

Tab. 3-5: Mittelwertsdifferenzen der Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) im Zeitraum 1986-2001

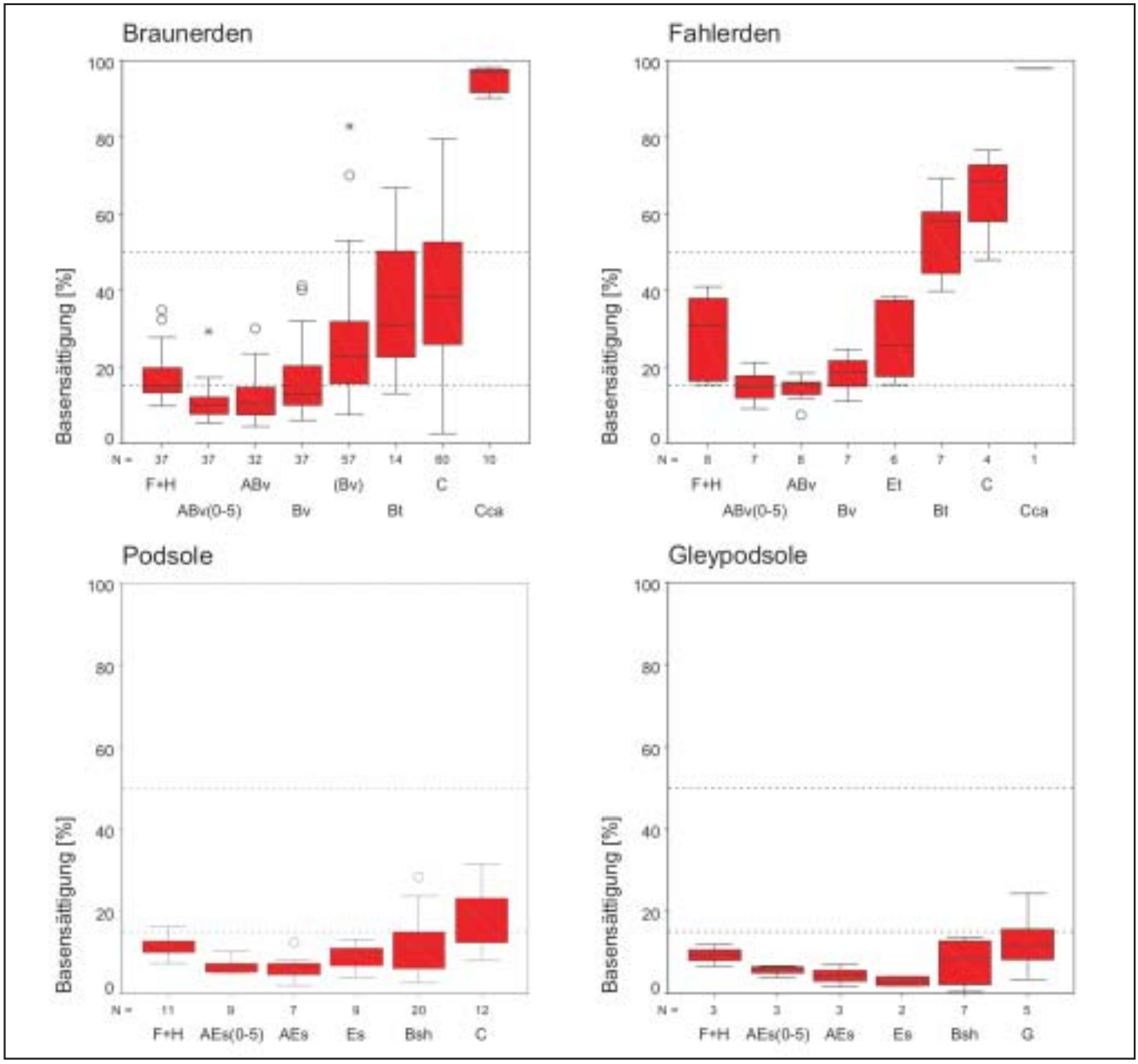


Abb. 3-18: Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

und K-Ionen stärker als Na-Ionen. Es gilt folgende Reihenfolge der Eintauschstärke: Ca > Mg > K > Na.

Neben der unspezifischen Adsorption, die von den elektrostatischen Kräften negativ geladener Oberflächen ausgeht, tritt im Boden eine spezifische Adsorption von Kalium in „K-spezifischen Positionen“ randlich aufgeweiteter illitischer Tonminerale auf.

Ein vollständiger Datensatz, der die Neutralkationen-Sättigung nahezu aller beprobten Bodenlagen beschreibt, existiert nur für die Aufnahmeperiode 2001. In den Jahren 1986 und 1991 wurde im überwiegenden Teil aller Proben kein Aluminium, tlw. auch kein Natrium bestimmt, so dass die Kationenaustauschkapazität und die Neutralkationen-Sättigung nicht berechnet werden konnten. Auf Veränderung der Sättigung einzelner Neutralkationen im Verlauf der letzten 14 Jahre kann aus diesem Grund nicht eingegangen werden, der vorhandene Stichprobenumfang, der für den Vergleich zur Verfügung steht, lässt dies nicht sinnvoll erscheinen.

Calciumsättigung

Das Ca-Ion ist das eintauschstärkste Neutralkation und nimmt daher mit weitem Abstand den höchsten Anteil an der Neutralkationenbelegung der Austauscher ein. Etwa 65 % der gesamten Neutralkationenbelegung der Austauscher werden vom Ca-Ion realisiert. Dieser Anteil bleibt auch bei zunehmender Neutralkationenauswaschung im Boden erhalten (Abb. 3-7). Es ändert sich lediglich das Verhältnis von Neutralkationen zu Kationensäuren, nicht aber der relative Anteil der Neutralkationen untereinander. Eine hohe Ca-Sättigung (> 70 %) im humusarmen Mineralboden zeigt carbonathaltige oder von Nährstoffauswaschung bisher kaum beeinflusste Bodenbereiche an. Sehr niedrige Ca-Sättigungen von < 5 % sind ein Zeichen für eine fast vollständige Neutralkationenverarmung des Bodens.

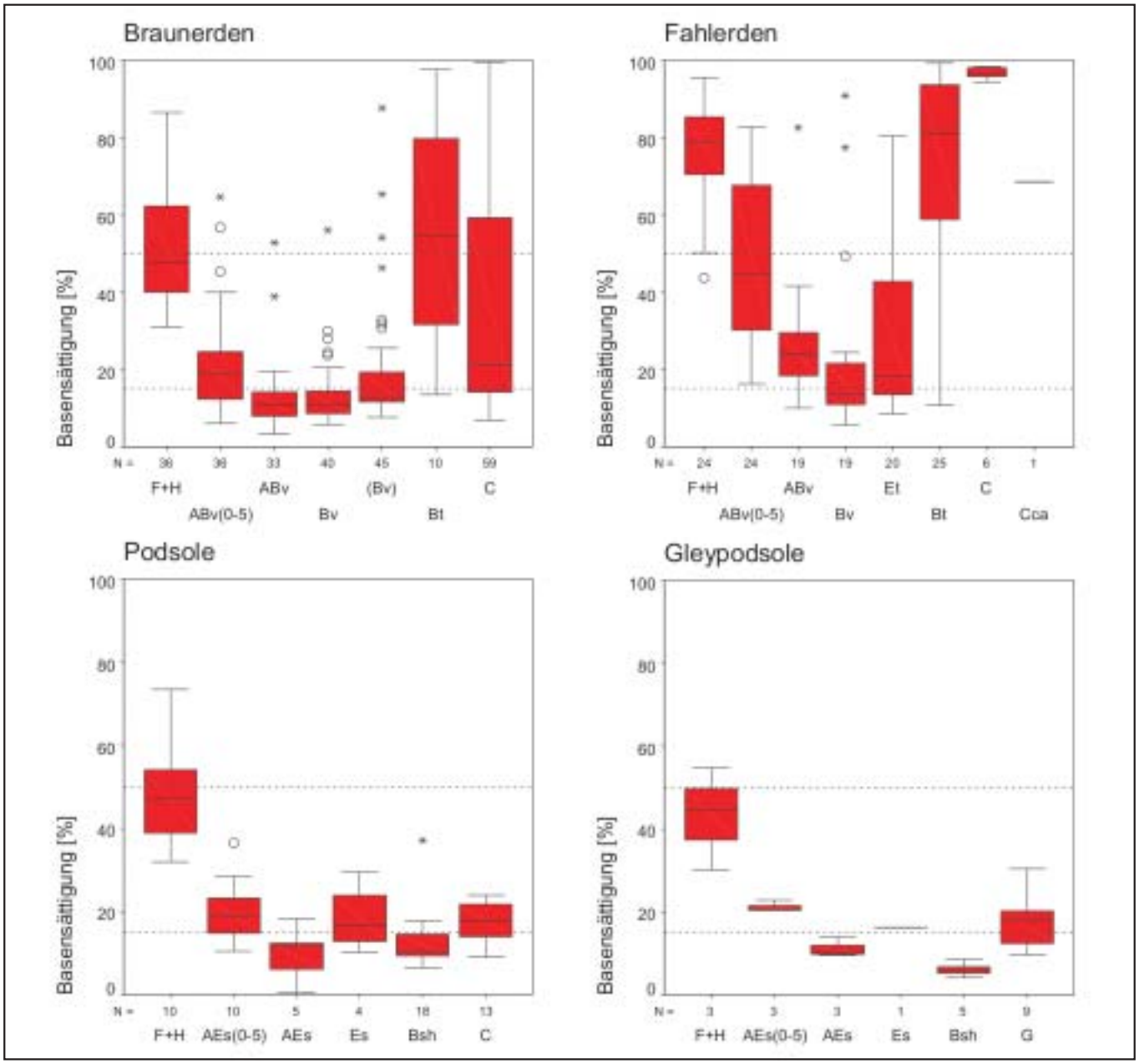


Abb. 3-19: Basensättigung (BEHM) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Die niedrigste ermittelte Ca-Sättigung liegt bei **1 %** und wurde im Ah-Horizont einer Braunerde gemessen. Die höchste Ca-Sättigung haben die Cca-Horizonte mit fast **100 %**. Aber auch C-Horizonte können durchaus hohe Ca-Sättigungen von bis zu 81 % aufweisen. Die mittlere Ca-Sättigung aller Bodenlagen beträgt in den Aufnahmejahren 1986, 1996 und 2001 20 %, 10 % und 12 %.

Einzelheiten der Ca-Sättigung nach Bodentypengruppen sind in Abbildung 3-20 dargestellt. Das Tiefenprofil der Ca-Sättigung gleicht auf etwas niedrigerem Werteniveau dem der Basensättigung nach der Methode BEHM. Relativ hohe Ca-Sättigungen haben die Humusdecken sowie die meisten Bt-Lagen der Braun- und Fahlerden und alle C-Lagen der Fahlerden. Besonders niedrig ist die Ca-Sättigung im humusarmen Mineralboden der Podsole und Gleypodsole. Bis in den Untergrund hinein sind dort regelmäßig Ca-Sättigungen von < 5 % anzutreffen. Aber auch 53 % aller Braunerden weisen im Bv-Horizont und 15 % auch bis in den Untergrund hinein Ca-Sättigungen < 5% auf. Vergleichs-weise hoch ist die Ca-Sättigung in Fahlerden. In der Humusdecke liegt der Median der Ca-Sättigung mit 59 % weit über dem der anderen an- und halbhydromorphen Böden. Hohe Ca-Sättigungen treten auch in den Bt- und C-Lagen auf. Immerhin 98 % der Fahlerden haben dort eine Ca-Sättigung von > 70 %. Im Oberboden sind aber auch Fahlerden stärker Ca-verarmt. Der Median der Ca-Sättigung liegt im Bv-Horizont mit 8 % in der Größenordnung der anderen Bodentypengruppen und lässt eine fortgeschrittene Nährstoffverarmung im Oberboden der Fahlerden erkennen.

Magnesiumsättigung

Das Mg-Ion ist nach dem Ca-Ion das am zweitstärksten am Austauscher vertretene Neutralkation (13 % Anteil an der Neutralkationensorption). Die Spanne der Mg-Sättigung reicht von **< 1 %** im (Bv)-Horizont einiger Braunerden bis **31 %** im Bt- und C-Horizont von Fahlerden. Im Mittel aller Bodenlagen trat in allen

Aufnahmejahren eine Mg-Sättigung von 3 % auf. Der Tiefengradient der Mg-Sättigung verläuft ähnlich wie der der Basen- und Ca-Sättigung. Die Mg-Sättigung in der Humusdecke ist auf allen Bodentypengruppen vergleichs-weise hoch, fällt im Oberboden mit abnehmendem Humusgehalt stark ab und steigt in Braunerden im Bt-Horizont und in Fahlerden im gesamten lehmigen Unterboden und Untergrund wieder kräftig an.

Hinsichtlich der Mg-Sättigung (Abb. 3-21) verhalten sich die Bodentypengruppen recht unterschiedlich. **Podsole und Gleypodsole** sind bis in den Untergrund hinein gering Mg-gesättigt. Mit Ausnahme der Humusdecke und humusreicher Ah-Lagen treten im gesamten Profil regelmäßig Mg-Sättigungen von **< 3 %** auf. Nur wenig günstiger ist die Situation in **Braunerden**. Diese unterscheiden sich in ihrer Mg-Sättigung in der Humusdecke und im Ober- sowie Unterboden kaum von den Podsolen. Lediglich Bändersand-Braunerden sind in den Lehmbändern und den darunter bzw. dazwischen liegenden C-Lagen überwiegend recht gut Mg-gesättigt (**Bt- bzw. C-Lagen im Mittel 12 % bzw. 8-12 %**). Aber auch C-Lagen carbonathaltiger Braunerden, die von einer tief reichenden Nährstoffverarmung bisher nicht betroffen sind, weisen hohe Mg-Sättigungen von **> 8 %** auf. **64 %** aller Braunerden haben im Untergrund eine Mg-Sättigung von **< 5 %** und unterscheiden sich im Untergrund kaum von Podsolen. Die höchste Mg-Sättigung tritt in **Fahlerden** auf. Die vergleichsweise nährstoffreichen Mineralbodenhumusformen der Fahlerden heben sich durch Mg-Sättigungen von überwiegend **> 10 %** von der Humusdecke anderer an- und halbhydromorpher Böden ab. Im Oberboden sind Fahlerden kaum besser Mg-gesättigt als Braunerden und Podsole. Mit zunehmendem Tongehalt steigt die Mg-Sättigung im Unterboden und Untergrund mit einem steilen Gradienten an und erreicht dort die höchsten aller gemessenen Werte.

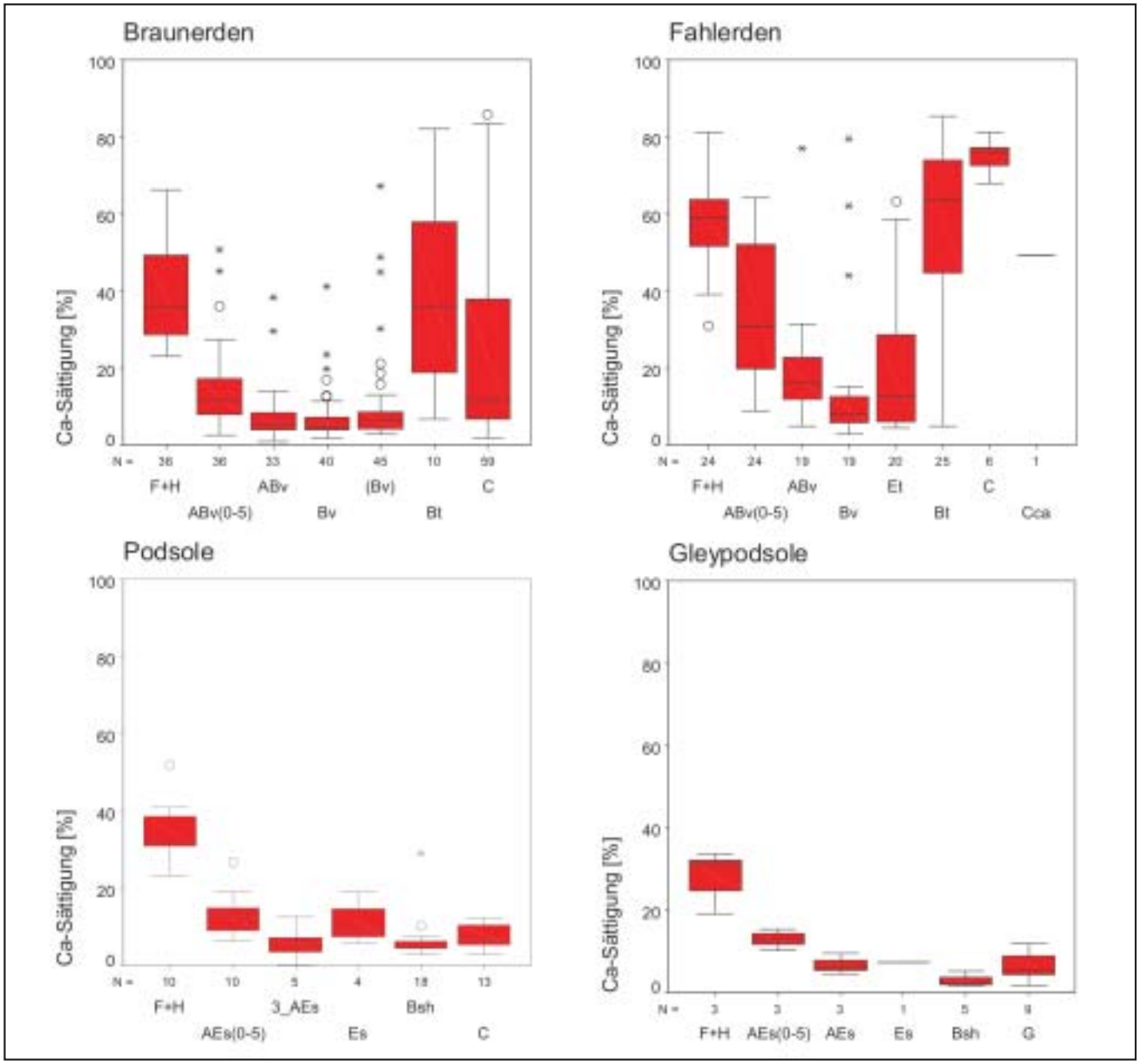


Abb. 3-20: Calciumsättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Kaliumsättigung

Kalium wird nur schwach von den Austauschern adsorbiert (13 % Anteil an der Neutralkationensorption). Es kommt in allen Bodenlagen und Bodentypengruppen in verhältnismäßig gleichmäßiger Sättigung von durchschnittlich 2-3 % vor. Der Tiefengradient der K-Sättigung hat folglich einen völlig anderen Verlauf als der der Basen-, Ca- und Mg-Sättigung. Ein Zusammenhang zum Tongehalt des Bodens ist nicht erkennbar. Die spezifische Adsorption von Kalium in „K-spezifischen Positionen“ randlich aufgeweiteter illitischer Tonminerale hat offenbar nur eine geringe Bedeutung für die Kaliumsättigung der Waldböden. Kaliumhumate sind wasserlöslich und sollten daher für die Kaliumspeicherung im Boden ebenfalls von untergeordneter Bedeutung sein. In Abbildung 3-22 zeigt sich aber eine deutliche Abhängigkeit der K-Sättigung vom Humusgehalt des Bodens. Insbesondere nährstoffreiche Mineralbodenhumusformen, die verbreitet auf Fahlerden anzutreffen sind, haben überwiegend eine sehr hohe K-Sättigung.

Die K-Sättigung bewegt sich zwischen **< 1** und **15 %**. Die mittlere K-Sättigung aller Bodenlagen betrug 1986, 1991 und 2001 3 %. Sehr niedrige K-Sättigungen von < 1 % treten verbreitet in ton- und humusarmen, reinen Sanden im Ober- und Unterboden auf. Sehr hohe K-Sättigungen von > 4 % kommen bevorzugt in Humusdecken, im Ah-Horizont der Fahlerden sowie im Untergrund einiger Braunerden, Podsole und Gleypodsole mit niedriger Ca-Sättigung und pH-Werten im Aluminium-Pufferbereich vor. Eine hohe Ca-Sättigung bewirkt offenbar aufgrund der ausgeprägten Ionenkonkurrenz am Austauscher eine niedrige K-Sättigung. Aus diesem Grund weisen Fahlerden und carbonatführende Braunerden im Untergrund auch nur geringe K-Sättigungen auf. Eine hohe Aluminium-Sättigung führt aus den gleichen Gründen in der Regel auch zu einer niedrigen K-Sättigung.

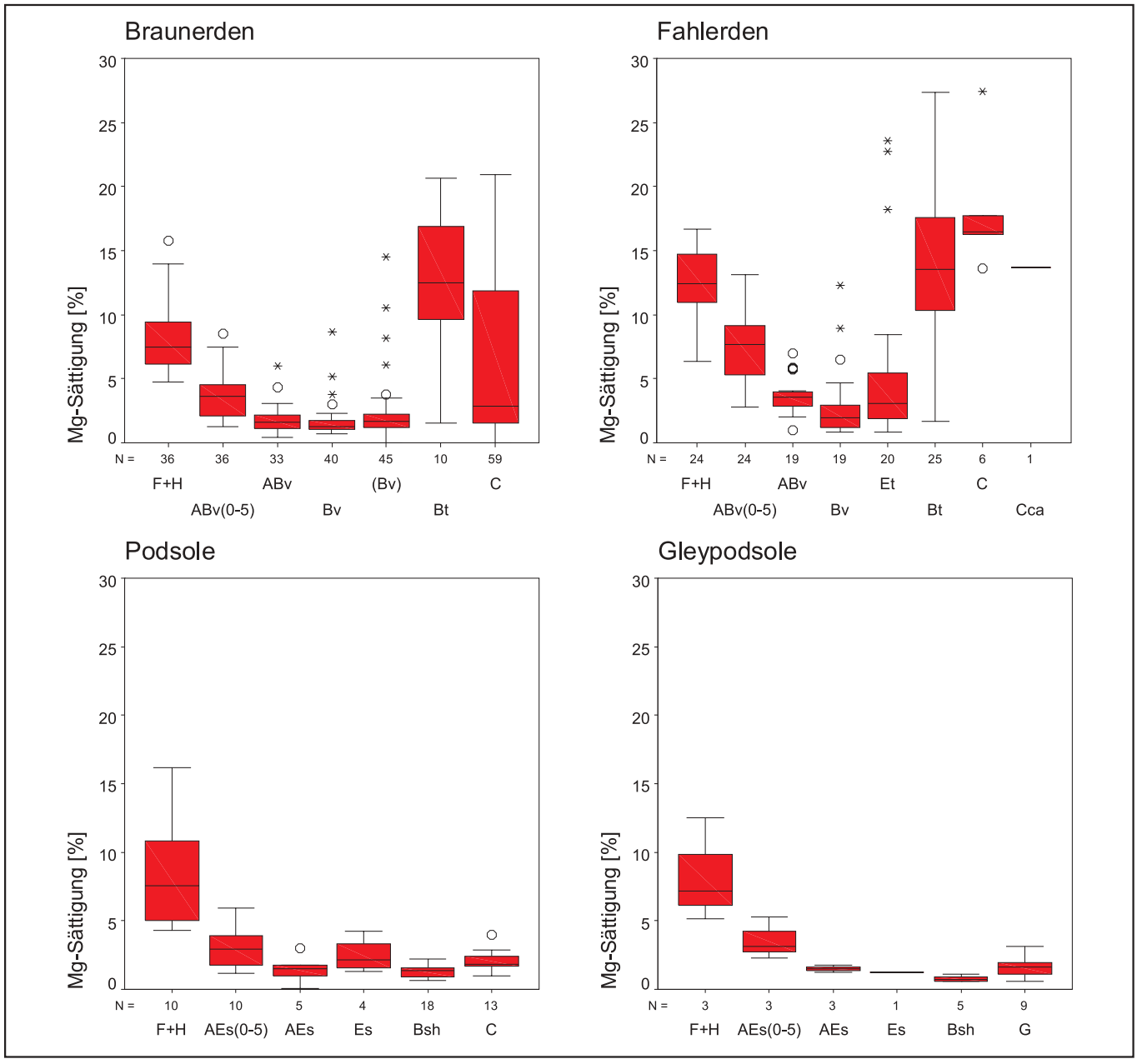


Abb. 3-21: Magnesiumsättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Natriumsättigung

Natrium ist das eintauschschwächste Neutralkation. Es trägt im Mittel zu 9 % zur Neutralkationensättigung bei. An der gesamten Austauschkapazität hat es einen durchschnittlichen Anteil von nur 1-2 %. Höhere Na-Sättigungen von im Mittel > 2 % kommen in der Humuslage der Gleypodsole, im Bv-Horizont von Braunerden sowie im Untergrund von Podsolen und Gleypodsolen vor (Abb. 3-23). Ein Zusammenhang zwischen der Lage der BDF-F zur Ostsee (Eintrag von Meersalzspray) und der Höhe der Na-Sättigung im Boden ist mit Ausnahme der Na-Sättigungen in der Humusdecke der Gleypodsole nicht erkennbar. Die drei BDF-F auf Gleypodsolen liegen sämtlich in räumlicher Nähe zur Ostsee. Dies führt sehr wahrscheinlich zu der beobachteten hohen Na-Sättigungen in der Humusdecke dieser Bodentypengruppe. Im Übrigen ist weder vom Ton- noch vom Humusgehalt der Böden eine Abhängigkeit feststellbar. Vermutlich gilt für das Na-Ion Ähnliches wie für da K-Ion. Nur dort, wo die Ionenkonkurrenz durch Al- und Ca-Ionen schwächer ausfällt, steigt der Anteil der Na-Ionen am Austauscher leicht an.

3.1.2.4 Mangan-, Aluminium-, Eisen-, H-Sättigung

Die Mn-, Al-, Fe- und H-Sättigung ist neben dem pH-Wert und der Basensättigung ein Maß für die Neutralkationenverarmung und den Versauerungsfortschritt im Boden. Aus der Relation der Kationensäuren- zur Neutralkationensättigung sowie aus dem Verhältnis der Kationensäuren untereinander kann auf den aktuellen Säure-/Basenstatus von Böden geschlossen werden (Abb. 3-7). Die Beobachtung der Veränderung der Kationensäurenzusammensetzung der Austauscher bietet zudem die Möglichkeit, auch auf Böden mit sehr niedriger Basensättigung das weitere Fortschreiten der Versauerung dokumentieren zu können.

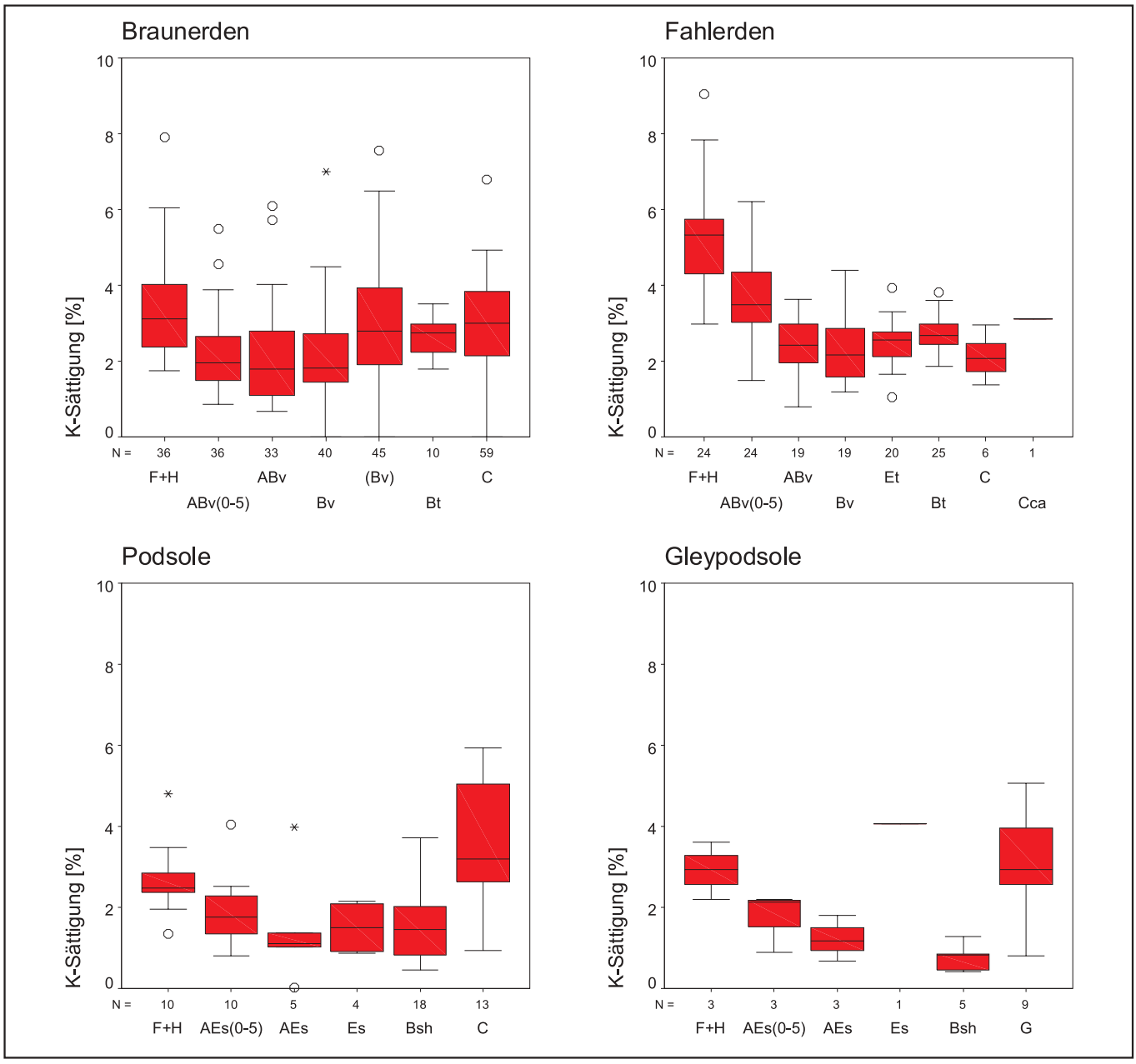


Abb. 3-22: Kaliumsättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Mengenmäßig dominiert an den mineralischen Austauschern das dreiwertige Al-Ion. Es ist besonders eintauschstark und hat im Mittel über alle Bodenlagen einen Anteil von **87 %** an der Kationensäuren- und Protonenbelegung der Austauscher. Quantitativ bedeutsam ist daneben noch das H-Ion mit einem mittleren Anteil an Kationensäuren- und Protonenbelegung der Austauscher von **10 %**. Mn- und Fe-Ionen spielen mit einem durchschnittlichen Anteil an der Kationensäuren- und Protonenbelegung der Austauscher von nur **2** bzw. **1 %** eine untergeordnete Rolle.

Daten der Mn-, Al-, Fe-, H-Sättigung konnten leider nur für den Probenahmejahrgang 2001 vollständig gewonnen werden. In den vorhergehenden Probenahmeperioden wurden die Analysen im Labor nur an einem kleinen Teil aller Proben durchgeführt. Für den Nachweis von Veränderungen der Kationensäuren- bzw. H-Ionenanteile der Austauscher reicht der Umfang der übermittelten Daten aus den Jahren 1986 und 1991 nicht aus. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die Darstellung des Ist-Zustandes im Jahre 2001.

Mangansättigung

Mangan gilt als mobiles Ion und leitet die Initialphase der Versauerung im Boden ein. Bei Anwesenheit von Al-Ionen im sauren Milieu wird es leicht vom Austauscher verdrängt und ausgewaschen (WOLFF & RIEK 1996). Eine hohe Mn-Sättigung ist folglich ein Indikator für einen nährstoffreichen, wenig versauerten Boden (Abb. 3-7).

In Abbildung 3-24 ist der Zusammenhang zwischen der Mn-Sättigung und dem pH(KCl) im Boden dargestellt. Der Darstellung auf der linken Seite liegt der gesamte verfügbare Datensatz zugrunde. In der Darstellung auf der rechten Seite wurden alle Bodenlagen mit einem Kohlenstoffgehalt von mehr als einem Prozent (Humus- und viele Ah-Lagen) von der Auswer-

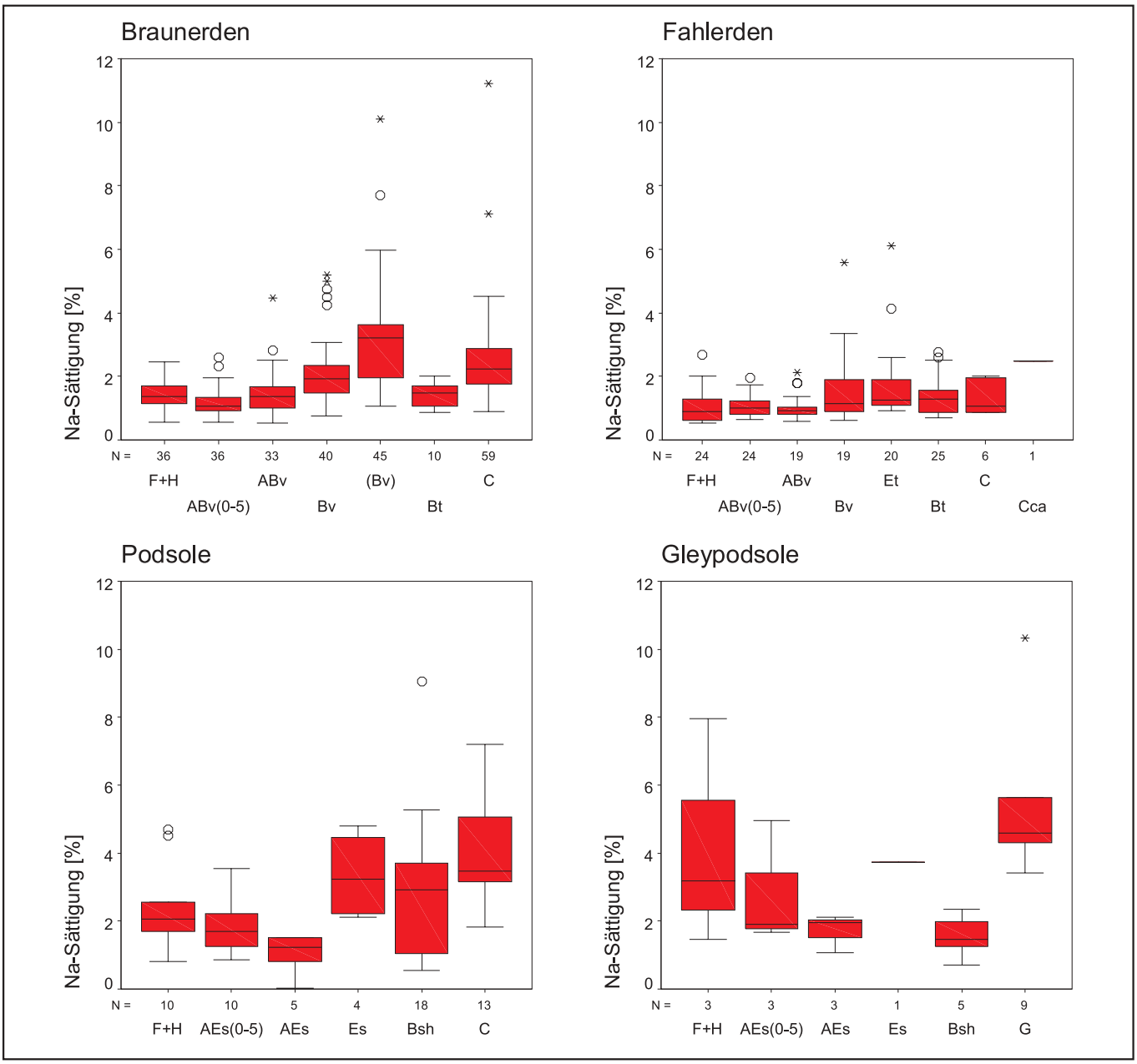


Abb. 3-23: Natriumsättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

tung ausgeschlossen. Sehr deutlich ist aus dem Vergleich der beiden Darstellungen der große Einfluss des Humusgehaltes auf die Mn-Sättigung zu erkennen. Mn-Sättigungen von > 3 % kommen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nur in humusreichen Bodenlagen (Humus- und Ah-Lagen) mit einem pH(KCl) von 4,0-5,5 vor. Im Mineralboden ist eine hohe Mn-Sättigung (> 2 %) an einen pH(KCl) > 3,7 und eine Ca-Sättigung von meist > 30 % gebunden.

Die Spanne der Mn-Sättigung reicht von **< 0,1 %** in der AEs-Lage eines Humusrostpodsols bis **14 %** in der Humusdecke einer Lehm-Fahlerde. Der Median der Mn-Sättigung aller Bodenlagen im Jahr 2001 beträgt **2 %**.

Die Unterschiede in der Mn-Sättigung der Bodentypengruppen sind beträchtlich und spiegeln deren Säure-/Basenstatus gut wider (Abb. 3-25). Die mit weitem Abstand höchste Mn-Sättigung tritt in der Humusdecke und den humusreichen Ah-Horizonten der Fahlerden mit nährstoffreichen Mineralbodenformen auf. Mit abnehmendem Humusgehalt sinkt auch die Mn-Sättigung der Fahlerden im Oberboden auf das Niveau der Mn-Sättigung von Braunerden (1-2 %). Im humusarmen Oberboden haben Braun- und Fahlerden eine Mn-Sättigung von ≈ **1 %**. In Richtung Untergrund ändert sich die Mn-Sättigung bei abnehmender Bodenacidität vermutlich aufgrund der zunehmenden Ionenkonkurrenz durch Ca-Ionen nur wenig. Podsole und Gleypodsole weisen über das gesamte Profil hinweg eine auffallend niedrige Mn-Sättigung von < 1 % auf. Wichtigster Mn-Speicher ist auch in Podsolen und Gleypodsolen die Humusdecke. Die Mn-Sättigung ist dort aber um den Faktor 10-20 niedriger als in der Humusdecke von Braun- und Fahlerden.

Aluminiumsättigung

Die Al-Sättigung zeigt eine ausgeprägte Abhängigkeit vom Aciditätszustand des Bodens. Ab pH(KCl) < 4,8 steigt die Al-Sättigung der Austauscher exponentiell an, kulminiert bei pH(KCl) 4,0 und nimmt bis pH(KCl) 2,8 zugunsten von H- und Fe-Ionen wieder ab (Abb. 3-1). Der Tiefengradient der Al-Sättigung im Boden verläuft weithin spiegelbildlich zur Basensättigung. Niedrige Basen- korrespondieren im Allgemeinen mit hohen Al-Sättigungen. Die Al-Sättigung der Humusdecke aller untersuchten Bodentypengruppen fällt mit Werten von deutlich unter 20 % niedrig aus, steigt in den überwiegend sauren Ah-Horizonten steil an und erreicht im humusarmen Oberboden, der die Hauptwurzelzone der Waldbäume darstellt, Spitzenwerte von häufig > 80 %. Auf sandigen, bis in den Untergrund hinein sauren Böden, wie den meisten Braunerden, bleibt die Al-Sättigung auch im Untergrund auf hohem Niveau oder aber steigt in Podsolen und Gleypodsolen noch an. In jungpleistozänen Lehmböden (Fahlerden) ist im Untergrund keine nennenswerte Al-Anreicherung zu beobachten.

Die Spannweite der Al-Sättigungen reicht von **0 %** in vielen Cca-Lagen bis **92 %** im Bsh-Horizont eines Gleyhumusrostpodsols. Über alle Bodenlagen betrug die mittlere Al-Sättigung (Median) 1986 50 %, 1991 37 % und 2001 59 %. Die teilweise stark voneinander abweichenden Mittelwerte der Al-Sättigung in den einzelnen Aufnahmejahren resultieren aus sehr unterschiedlichen Stichprobeumfängen. 1986 und 1991 wurde nur in einem Teil aller gewonnenen Bodenproben das austauschbare Aluminium bestimmt. 2001 gehörte die Bestimmung der Kationensäuren Aluminium, Mangan und Eisen zu den Routineuntersuchungen im Labor und wurde an allen Proben vorgenommen.

Hinsichtlich der Al-Sättigung verhalten sich die Bodentypengruppen sehr unterschiedlich (Abb. 3-26). Im Mittel haben **Podsole und Gleypodsole** aufgrund der hohen Anteile von Fe- und H-Ionen am Austauscher die niedrigste Al-Sättigung. Die dort im Ober- und Unterboden vorkommende hohe Bodenacidität hat teilweise zur Auflösung der Al-Hydroxo-Komplexe und deren Ablösung durch Fe-betonte Puffersysteme geführt. In Richtung Untergrund nimmt die Bodenacidität in Podsolen und Gleypodsolen deutlich ab. In der Folge steigt die Al-Sättigung dieser Böden entsprechend an. **Fahlerden** haben

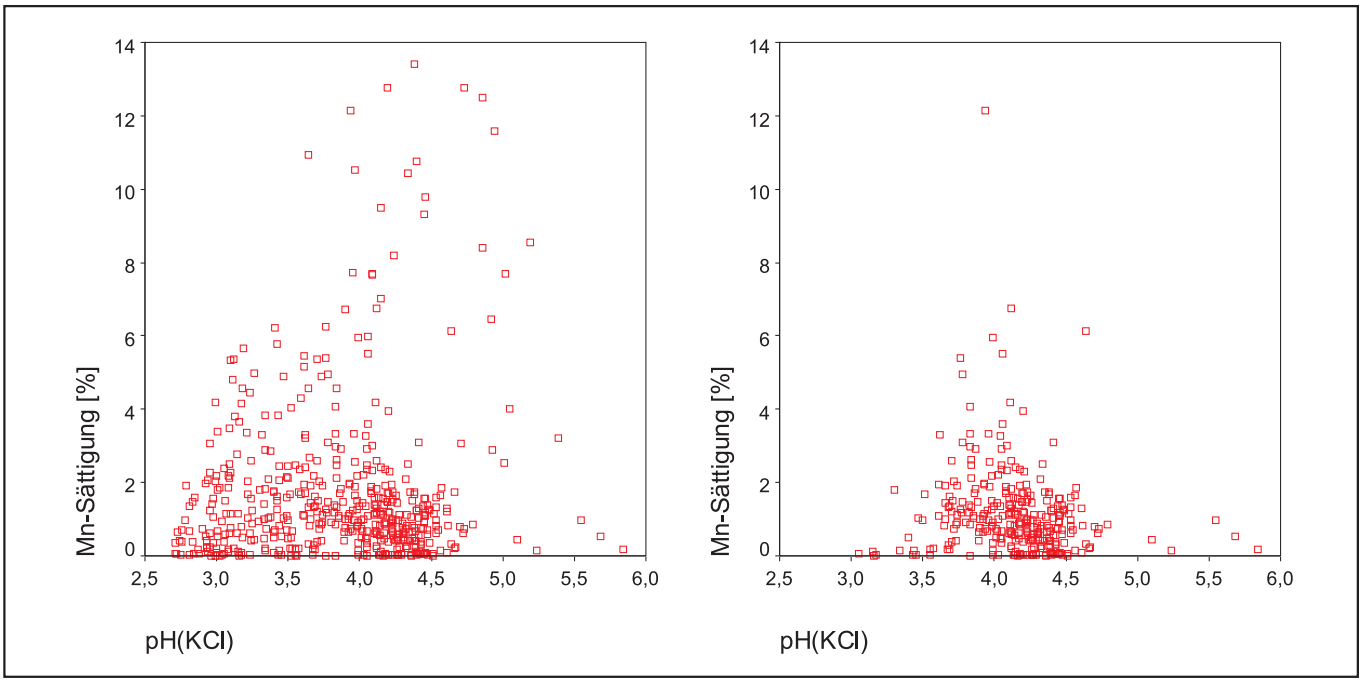


Abb. 3-24: Mangansättigung in Abhängigkeit vom pH(KCl)-Wert im Boden (linke Seite alle Bodenlagen, rechte Seite Bodenlagen < 1 % Kohlenstoffgehalt)

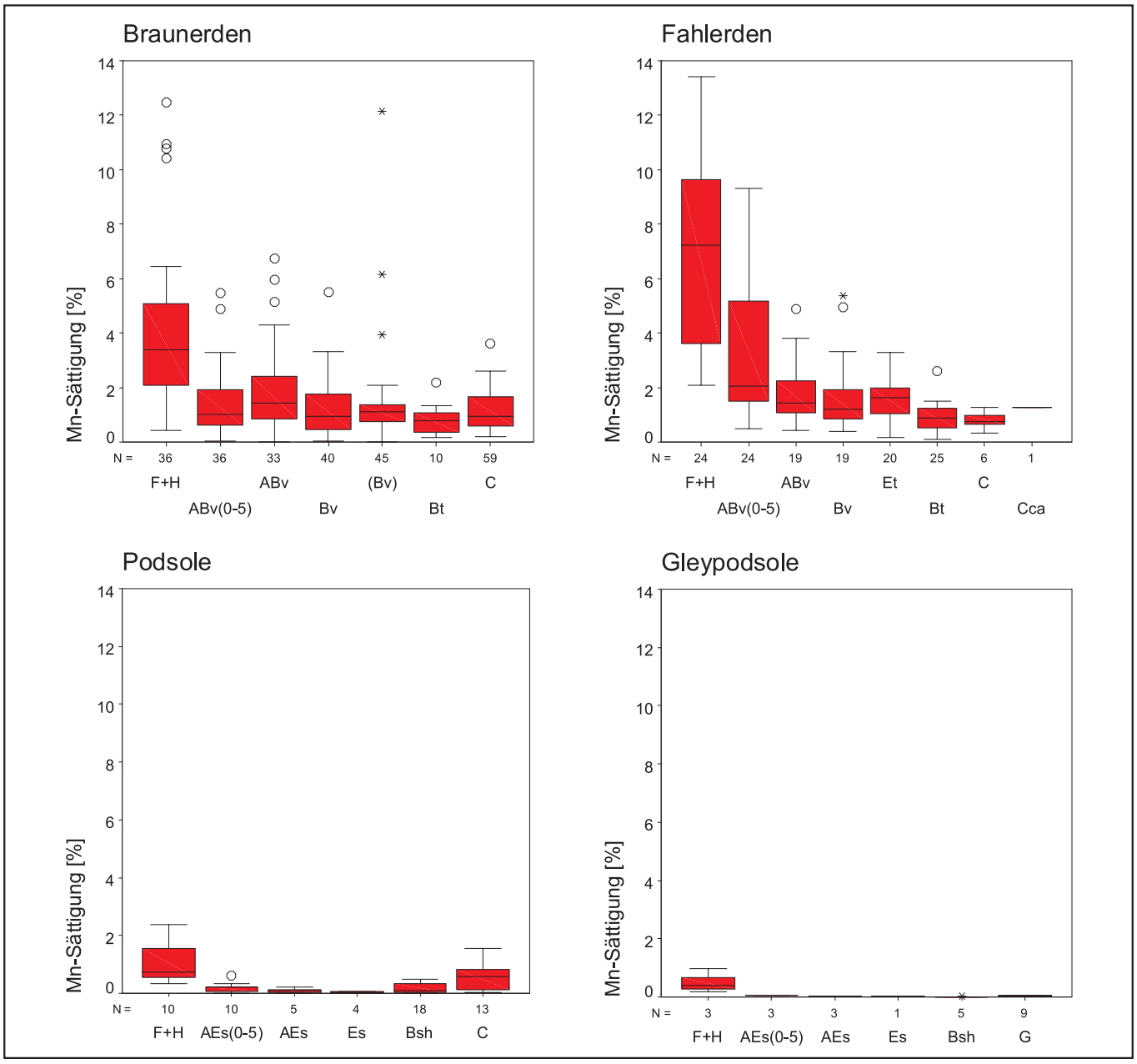


Abb. 3-25: Mangansättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

bemerkenswert niedrige Al-Sättigungen von < 5 % in der Humusdecke. Im gesamten Oberboden verhalten sie sich wie Braunerden mit Al-Sättigungen von teilweise > 80 %. Mit Einsetzen lehmiger Substrate im Bt-Horizont und der dort verbreitet anzutreffenden höheren Basensättigung nimmt die Al-Sättigung der Fahlerden extrem ab und sinkt im Untergrund auf die unbedeutende Höhe von < 1 %. **Braunerden**, die den höchsten Flächenanteil an den anhydromorphen Böden im Land einnehmen, weisen, mit Ausnahme weniger Bt-Lagen, die höchste Al-Sättigung aller Bodentypengruppen auf. Im Oberboden wird in der Hälfte aller Fälle eine Al-Sättigung von 80 % überschritten. Im Unterboden nimmt die Al-Sättigung nur wenig ab und liegt im Untergrund im Mittel (Median) noch bei 70 %. Lediglich ein Teil der Lehmbänder in Bändersand-Braunerden und im Untergrund carbonatführender Braunerden haben moderate Al-Sättigungen von < 40 %.

Eisensättigung

Eine hohe Fe-Sättigung markiert Bodenbereiche, die sehr stark neutralkationenverarmt und sauer sind. Abbildung 3-27 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel des pH(KCl) und der Fe-Sättigung. Danach treten unterhalb von pH(KCl) 4,6 erstmals Bodenlagen mit einer hohen Fe-Sättigung von > 2 % auf. Mit abnehmenden pH steigt die Fe-Sättigung unterhalb von pH(KCl) 3,8 noch einmal stark an und erreicht Spitzenwerte von > 10 %. Die höchste Fe-Sättigung wird in den Ah-Lagen, in denen die Versauerung am weitesten vorangeschritten ist, gemessen. Mit **34 %** Fe-Sättigung erreicht eine stark podsolierte Braunerde im Ah-Horizont in 0-5 cm Tiefe den Maximalwert. Minimale Fe-Sättigungen treten im Untergrund der Fahlerden und in Cca-Horizonten carbonatführender Braunerden mit einer Fe-Sättigung von **< 0,1 %** auf. Der Median der Fe-Sättigung über alle Bodenlagen liegt bei **1 %**.

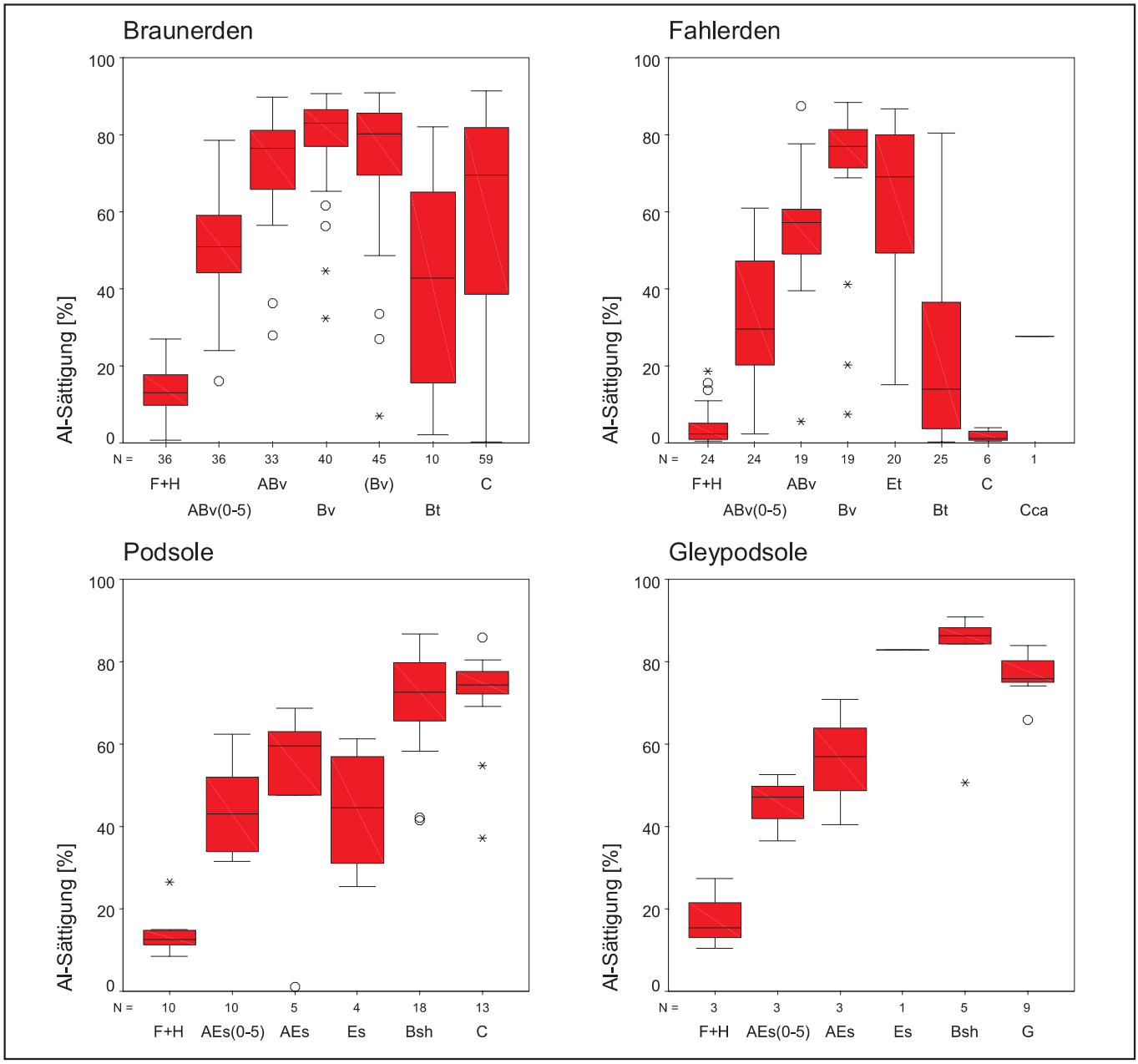


Abb. 3-26: Aluminiumsättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Podsole weisen im gesamten Oberboden hohe Fe-Sättigungen von im Mittel (Median) **> 4 %** auf. Erst in der Bsh-Lage nimmt die Fe-Sättigung auf den immer noch hohen Wert von 3 % (Median) ab. Etwas niedriger fällt die Fe-Sättigung in **Gleypodsolen** aus. Sie liegt dort im gesamten Oberboden um **2 %** (Median). Braun- und Fahlerden haben nur im Übergangsbereich von der Humusdecke zum Mineralboden (0-5 cm Tiefe) eine hohe Fe-Sättigung von im Mittel > 4 %. Im darauf folgenden Ah-Horizont sinkt die Fe-Sättigung bereits stark ab und fällt in der Bv-Lage im Mittel auf < 1 %. Im Unterboden und Untergrund der Braun- und Fahlerden treten kaum noch Fe-Ionen an den Austauschern auf (Abb. 3-28).

H-Sättigung

Im fortgeschrittenen Zustand der Neutralkationenverarmung des Bodens treten neben Fe- besonders H-Ionen in hoher Sättigung an den Austauschern auf. Die Bilder der Streudiagramme der H- und Fe-Sättigung in Abhängigkeit vom pH(KCl) (Abb. 3-27 und 3-29) ähneln sich auf unterschiedlichem Werteniveau in bemerkenswerter Weise. Die Fe- und H-Sättigungen fallen und kulminieren etwa im gleichen pH(KCl)-Bereich.

Die höchste gemessene H-Sättigung tritt in der Humusdecke einer Braunerde mit **53 %** auf. Sehr niedrige H-Sättigungen von ca. **1 %** haben Cca-Lagen und C-Lagen von Fahlerden. Der Median der H-Sättigung über alle Bodenlagen liegt bei **7 %**. **Braunerden** besitzen einen ausgeprägten Tiefengradienten der H-Sättigung. Diese ist in der Humusdecke mit einem Median von 32 % am höchsten, fällt bis zur Bv-Lage auf im Mittel 3 % ab und verändert sich mit fortschreitender Bodentiefe kaum noch. In **Fahlerden** hat der Tiefengradient der H-Sättigung einen anderen Verlauf. In der Humusdecke fällt die H-Sättigung vergleichsweise niedrig aus, steigt in 0-5 cm Mineralbodentiefe

und im Ah-Horizont auf hohe Werte von im Mittel > 10 % an und nimmt dann bis zum Einsetzen lehmiger Substrate stark ab. Im Lehm ist die H-Sättigung bedeutungslos. Der fortgeschrittene Versauerungsstatus der **Podsole und Gleypodsole** kommt u. a. auch in deren hoher H-Sättigung zum Ausdruck. In der Humusdecke werden H-Sättigungen von > 35 % erreicht. Diese nehmen im darauf folgenden Oberboden bis in die Es-Lagen hinein nur wenig ab. Erst in den Bsh- , C- bzw. G-Lagen vermindert sich die H-Sättigung zugunsten der Al-Sättigung (Abb. 3-30).

3.1.2.5 Austauscheracidität

Die Austauscheracidität ist ein kapazitiver Bodenkennwert, der die austauschbaren Gehalte des Bodens an Kationensäuren und Protonen beschreibt. Die Austauscheracidität ist ein Weiser für den Versauerungsstatus eines Bodens. Eine Zunahme der Austauscheracidität in bestimmten Bodenbereichen bzw. im Tiefenverlauf der Profile oder ein Wechsel von aluminium- zu protonendominierter Austauscheracidität signalisiert eine voranschreitende Bodenversauerung.

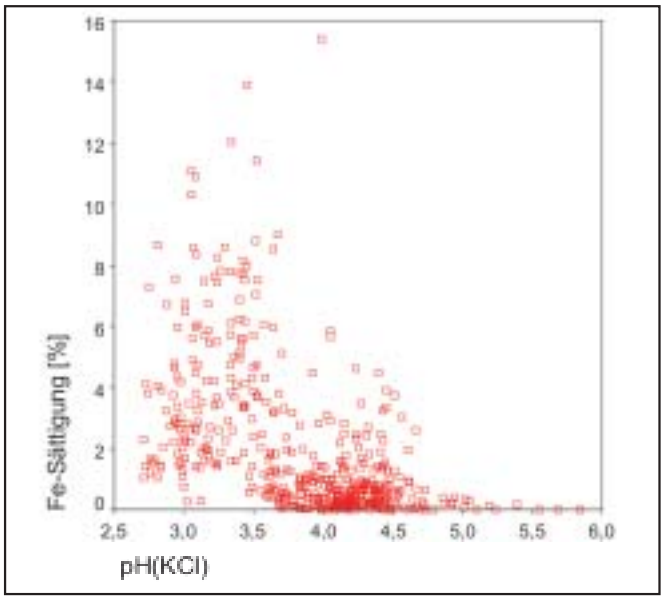


Abb. 3-27: Eisensättigung in Abhängigkeit vom pH(KCl)-Wert im Boden

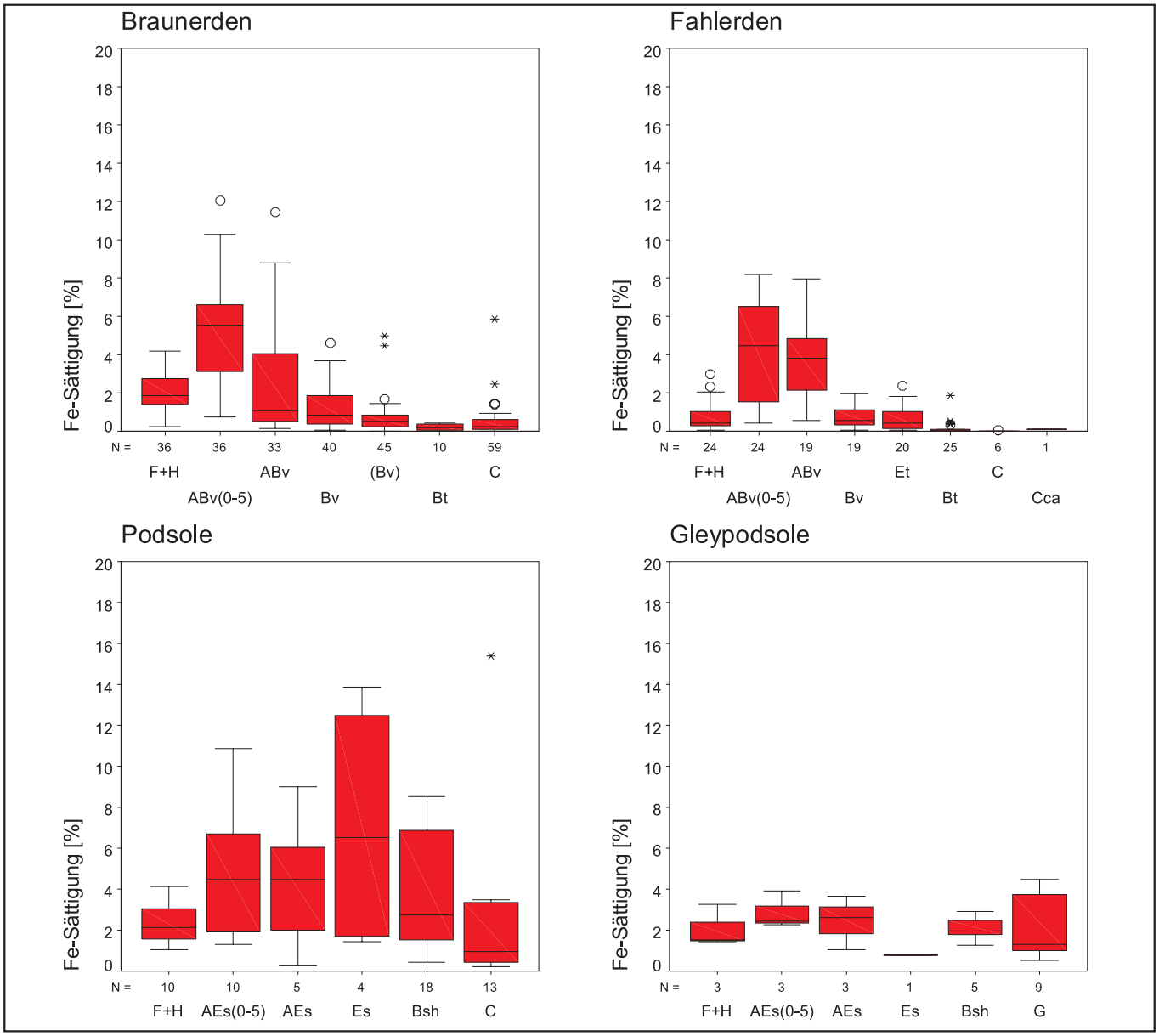


Abb. 3-28: Eisensättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Als kapazitiver Bodenkennwert ist die Austauscheracidität nicht allein vom Fortschritt der Neutralkationenverarmung bzw. Protonen- sowie Kationensäurenanreicherung im Boden abhängig. Sie wird auch von der Austauschkapazität beeinflusst. Daher kann ein unmittelbarer Vergleich von Böden hinsichtlich ihrer Austauscheracidität nur zwischen Böden mit ähnlicher Austauschkapazität erfolgen.
Die Austauscheracidität wird im Gegensatz zur Mn-, Al-, Fe-, H-Sättigung nicht aus ohnehin vorhandenen primären Analysendaten berechnet, sondern in einem gesonderten Analysengang im Labor unmittelbar gemessen. Die Austauscheracidität wurde sowohl 1986 als auch 2001 nach der gleichen Methode für alle beprobten Bodenlagen bestimmt. Es liegen Daten zur Gesamt-, Al- und H-Acidität vor.

In Abbildung 3-31 ist auf der Grundlage aller verfügbaren Datensätze der Zusammenhang zwischen der Gesamt-, Al-, H-Acidität und dem pH(KCl)-Wert dargestellt. Danach tritt eine **nennenswerte Austauscheracidität erst unterhalb eines pH(KCl) von 4,8** auf. Die Gesamtacidität erreicht bei pH(KCl)-Werten um 3,0 ihren Maximalwert. Die Al-Acidität steigt bereits un-

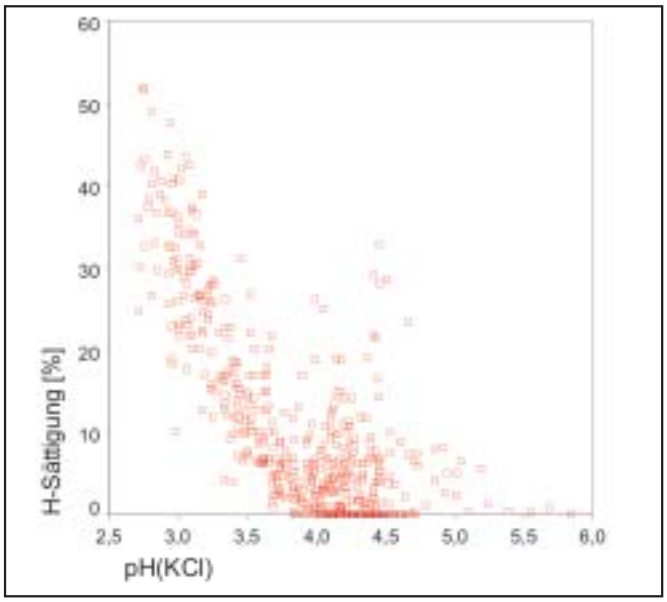


Abb. 3-29: H-Sättigung in Abhängigkeit vom pH(KCl)-Wert im Boden

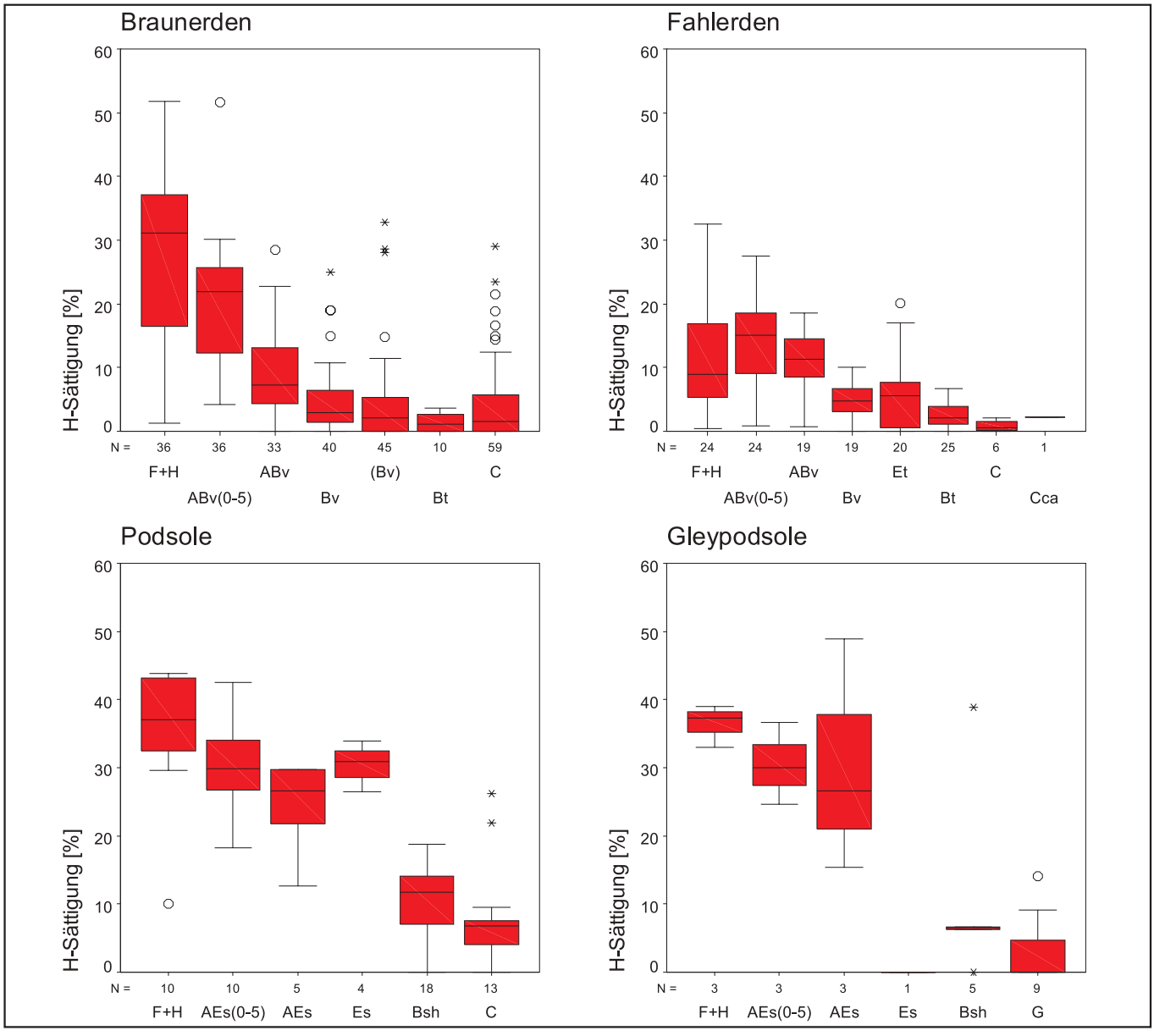


Abb. 3-30: H-Sättigung nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

mittelbar unterhalb pH(KCl) 4,8 steil an und erlangt zwischen pH(KCl) 4,0 und 2,8 Höchstwerte. Die H-Acidität gewinnt an der Gesamtacidität des Bodens erst unterhalb pH(KCl) 3,5 ein größeres Gewicht und markiert etwa vom Schwellenwert > 5 $mmol_c$/100g Boden Bodenbereiche, die stark basenverarmt und sauer sind.

Gesamtacidität

Die Gesamtacidität gestattet die Beurteilung des quantitativen Umfanges der Kationensäuren- und Protonenspeicherung (Gesamtsäurespeicherung) im Boden. Sie nimmt in der Tendenz von der Oberfläche in Richtung Untergrund ab (Abb. 3-32) und mit abnehmendem pH-Wert (Abb. 3-31) und steigender Austauschkapazität zu.
Die Wertespanne der Gesamtacidität reicht von **18 $mmol_c$/100g Boden** in der Humusdecke einer Braunerde bis **0 $mmol_c$/100g Boden** in C- und Cca-Lagen carbonatführender Braunerden und jungpleistozäner Fahlerden. Die Mediane der Gesamtacidität aller untersuchten Bodenlagen lagen in den Aufnahmeperioden 1986, 1991 und 2001 bei 1, 2 und 2 $mmol_c$/100g Boden.

Die Bodentypengruppen sandiger Substrate, wie **Braunerden, Podsole und Gleypodsole,** weisen einen ähnlichen Tiefengradienten der Gesamtacidität auf. In der Humusdecke von Braunerden, Podsolen und Gleypodsolen tritt eine sehr hohe Gesamtacidität von im Mittel 8-10 $mmol_c$/100g Boden auf. Die hohe Gesamtacidität der Humusdecken resultiert aus dem verbreiteten Auftreten saurer, nährstoffarmer Auflagehumusformen mit hoher Austauschkapazität. Soweit auf Braunerden nährstoffreiche Mineralbodenhumusformen vorkommen, fällt die Gesamtacidität entsprechend niedrig aus. Im Mineralboden nimmt die Gesamtacidität in Richtung Untergrund ausgeprägt ab. Relativ hoch ist die Gesamtacidität in den stark versauerten und durch Humuseinmischung mit höherer Austauschkapazität ausgestatteten Ah-Lagen, nimmt dann aber mit abnehmenden Humusgehalten auf im Mittel 1 $mmol_c$/100g Boden im Bv- bzw. Bsh-Horizont der Braunerden und Podsole ab. Im Untergrund liegt die Gesamtacidität der Bodentypengruppen sandiger Substrate unter 1 $mmol_c$/100g Boden. Ein auffälliger Anstieg der Gesamtacidität ist in den Lehmbändern der Bändersand-Braunerden zu verzeichnen. Hier hat eine Anreicherung von Al-Io-

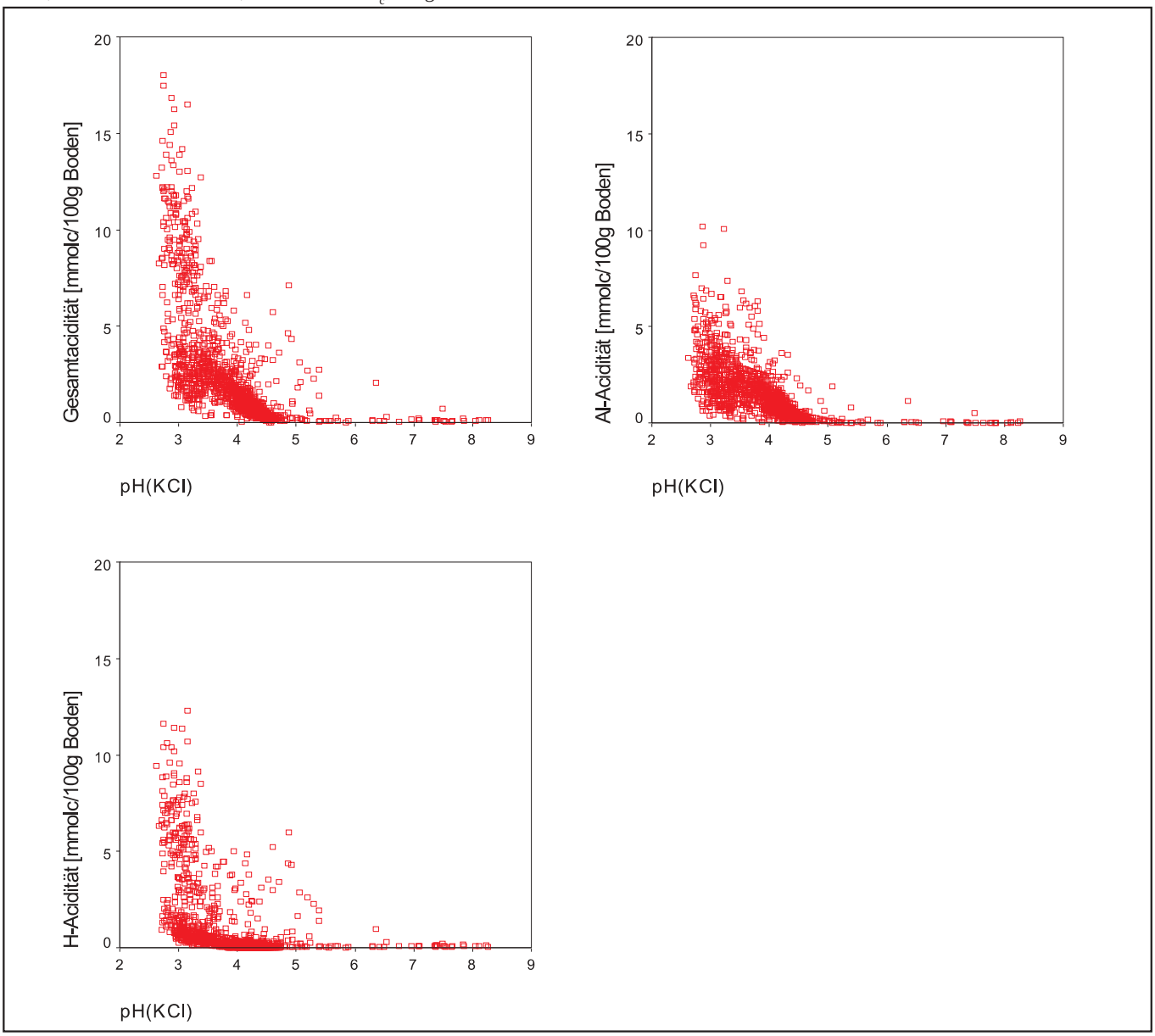


Abb. 3-31: Abhängigkeit der Gesamt-, Al- und H-Acidität vom pH(KCl)-Wert

nen durch Verlagerung aus dem Oberboden stattgefunden, und die Austauschkapazität ist höher als in den benachbarten, sandigen Bodenlagen. Gleypodsole sind bis in die Bsh-Lage hinein humusreicher als Braunerden und Podsole. Dies führt bei vergleichbarem Säure-/Basenstatus zu einer etwas höheren Gesamtacidität. In den **Lehmböden** nimmt der Tiefengradient der Gesamtacidität einen anderen Verlauf. Die dort vorherrschenden, durchschnittlich weniger sauren und nährstoffreicheren Mineralbodenformen haben im Vergleich zu den Sandböden eine niedrige Gesamtacidität von nur 5 $mmol_c$/100g Boden zur Folge. Im Oberboden sinkt die Gesamtacidität aufgrund der fortgeschrittenen Neutralkationenverarmung und der herrschenden relativ hohen Austauschkapazität der überwiegend humusreichen, anlehmigen bis lehmigen Substrate nur wenig ab. In den Bt-Lagen klingt die Gesamtacidität jedoch allmählich aus. In den C-Lagen wird die Gesamtacidität als Ausdruck fehlender Kationensäuren- und Protonenspeicherung bedeutungslos.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Tabelle 3-6 zeigt die Mittelwertdifferenzen der Gesamtacidität im Vergleich der Jahre 1986 und 2001. Die Gesamtacidität hat in den meisten Bodenlagen leicht zu-, in einigen aber auch abgenommen. Die **Veränderungen sind durchgehend zufällig**. In Abbildung 3-33 ist die Verteilung der Aufnahmewerte für die Gesamtacidität im Jahr 1986 dargestellt. Mit Ausnahme der Fahlerden hat sich die Gesamtacidität seit 1986 nur wenig verändert. In Braunerden und Podsolen ist eine leichte Zunahme der Gesamtacidität in der Humus- und humusreichen obersten Ah-Lage zu beobachten. Die Messwerte für die Gleypodsole liefern aufgrund des geringen Stichprobenumfanges kein auswertbares Ergebnis, und die Unterschiede in der Gesamtacidität der Fahlerden in den Jahren 1986 und 2001 sind eine Folge der Verdreifachung des Stichprobenumfanges in dieser Bodentypengruppe im Jahr 2001. Ein gesicherter Hinweis auf eine Zunahme der Gesamtacidität und damit auf das Fortschreiten der Versauerung im Boden innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Jahren kann aus den vorliegenden Daten **nicht** abgeleitet werden.

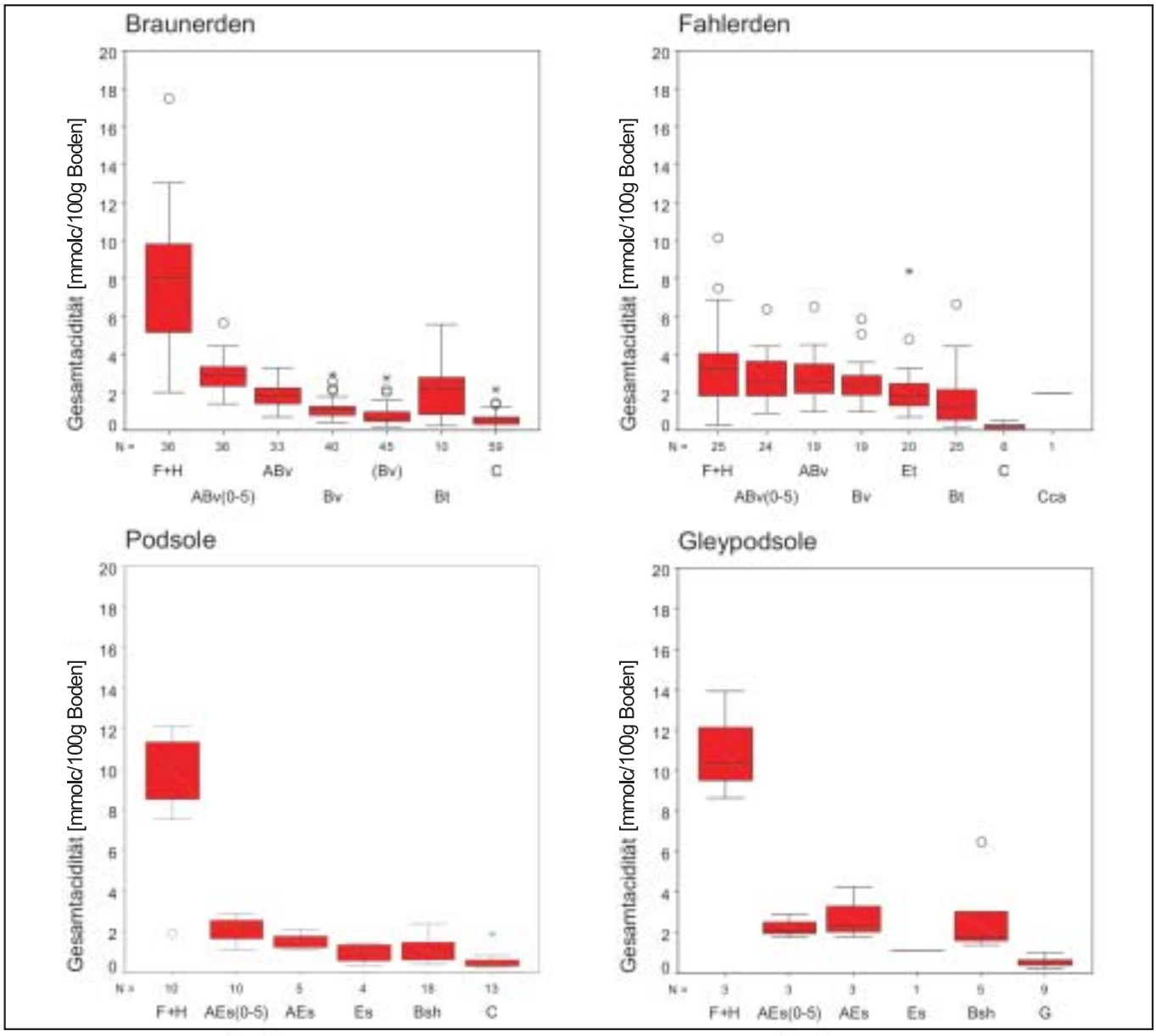


Abb. 3-32: Gesamtacidität nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Aluminiumacidität

Mit der Aluminiumacidität wird der quantitative Umfang der Kationensäurenspeicherung im Boden gekennzeichnet. Neben Al-Ionen werden in der Aluminiumacidität auch die Gehalte der mengenmäßig weniger bedeutsamen Mn- und Fe-Ionen im Boden erfasst. Die Aluminiumacidität stellt den bedeutensten Teil der im Boden vorhandenen Gesamtacidität dar (im Mittel ≈ 75 %) und markiert Bodenbereiche im beginnenden und entwickelten, nicht aber fortgeschrittenen Stadium der Versauerung (Abb. 3-31). Die Aluminiumacidität wird stark von der im Boden vorhandenen Austauschkapazität bestimmt. Dies führt in sorptionsschwachen Sandböden dazu, dass der Tiefengradient der Aluminiumacidität offenbar mehr eine Funktion des Humusgehaltes als die des Säure-/Basenzustandes darstellt.
Im Untergrund von carbonatführenden Braunerden und von Fahlerden tendiert die Aluminiumacidität gegen Null. Die höchste Aluminiumacidität wurde im Et-Horizont einer Fahlerde mit **6,34 mmol$_c$/100g Boden** gemessenen. Die Mediane der Aluminiumacidität aller Bodenlagen in den Jahren 1986, 1991 und 2001 betrugen 1,1, 1,1 und 1,2 mmol$_c$/100g Boden.
Die Verbreitung der Aluminiumacidität nach Bodentypengruppen zeigt Abbildung 3-34. In **sandigen Böden**, wie Braunerden, Podsolen und Gleypodsolen tritt die höchste Aluminiumacidität in der Humusdecke mit im Mittel 3 mmol$_c$/100g Boden auf. Mit abnehmendem Humusgehalt im Untergrund der Braunerden und Podsole sinkt die Aluminiumacidität auf < 1 mmol$_c$/100g Boden. In den Lehmbändern der Bändersand-Braunerden steigt die Aluminiumacidität auf im Mittel > 2 mmol$_c$/100g Boden an und entspricht dort größenordnungsmäßig der Gesamtacidität. **Gleypodsole** sind humusreicher; die Aluminiumacidität fällt bei vergleichbarem Säure-/Basenstatus bis in die Bsh-Lage hinein etwas höher als in Braunerden und Podsolen aus. **Fahlerden** besitzen überwiegend günstige Mineralbodenhumusformen mit besserer Neutralkationenausstattung. Dies führt bei hoher Austauschkapazität zu einer relativ niedrigen Aluminiumacidität von im Mittel nur 0,6 mmol$_c$/100g Boden. Der Oberboden der Fahlerden ist sehr stark versauert und besitzt zudem eine vergleichsweise hohe Austauschkapazität. Dies führt zu einer besonders hohen Aluminiumacidität von > 2 mmol$_c$/100g Boden**.** In Richtung Untergrund fällt die Aluminiumacidität bei stark zunehmender Austauschkapazität ab und verliert sich in den C-Lagen vollständig.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Signifikante Mittelwertsdifferenzen der Aluminiumacidität treten im Beobachtungszeitraum von 15 Jahren **nicht** auf (Tab. 3-7). In Braunerden ist aber, besonders in der Humuslage, in allen Lagen eine Zunahme der Aluminiumacidität zu verzeichnen (Abb. 3-35). Der Median der Aluminiumacidität in der Humusdecke der Braunerden hat um beachtliche 1 mmol$_c$/100g Boden zugenommen, und die Spannweite hat sich im oberen Bereich von 4 auf 6 mmol$_c$/100g Boden erhöht. Eine Zunahme des Medians der Aluminiumacidität ist auch in den Lehmbändern der Bändersand-Braunerden zu beobachten. Dies könnte als Hinweis auf eine schwache Zunahme der Aluminiumacidität in Braunerden interpretiert werden. Gleypodsole sind nicht auswertbar.

H-Acidität

Die H-Acidität charakterisiert den quantitativen Umfang der Protonenspeicherung im Boden. Im Mittel hat die H-Acidität einen Anteil von 25 % an der Gesamtacidität. Der relative Anteil der H-Acidität an der Gesamtacidität nimmt von der Humusdecke saurer Auflagehumusformen über die Mineralbodenoberfläche in Richtung Untergrund ausgeprägt ab. Eine hohe H-Acidität kennzeichnet Bodenbereiche im Zustand fortgeschrittener Versauerung und beschränkt sich auf die humosen Oberböden.

Der Maximalwert der H-Acidität wird in der Humusdecke einer Braunerde mit **12 mmol$_c$/100g Boden** gemessen. Minimalwerte von nahe **0 mmol$_c$/100g Boden** kommen im Untergrund aller Bodentypengruppen vor. Die Mediane der H-Acidität über alle Bodenlagen lagen in den Jahren 1986, 1991 und 2001 bei 0,2, 0,2 und 0,1 mmol$_c$/100g Boden.
Die Verteilung der Aufnahmewerte der H-Acidität innerhalb der Bodentypengruppen hat auf geringerem Werteniveau große Ähnlichkeit mit der der Aluminiumacidität. In den Humus-

	Gesamtacidität **mmol$_c$/100g** Boden Mittelwert 1986	N	Gesamtacidität **mmol$_c$/100g** Boden Mittelwert 2001	N	Gesamtacidität **mmol$_c$/100g** Boden mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	2,39	405	2,36	429	-0,03	0,90
Braunerden	2,13	250	2,26	275	0,13	0,57
F+H	6,81	37	7,52	39	0,71	0,30
ABv (0-5)	2,81	37	2,88	39	0,07	0,69
ABv	1,71	31	1,89	35	0,18	0,33
Bv	1,16	36	1,17	43	0,01	0,95
(Bv)	0,68	50	0,79	45	0,11	0,97
Bt	2,10	13	2,18	12	0,08	0,90
C	0,50	39	0,57	60	0,07	0,43
Fahlerden	2,68	44	2,34	56	-0,34	0,37
F+H	5,18	8	3,69	10	-1,49	0,33
ABv (0-5)	3,42	7	2,49	10	-0,93	0,07
ABv	2,77	8	2,63	6	-0,14	0,84
Bv	1,99	7	2,31	10	0,32	0,43
Et	1,75	6	1,98	9	0,23	0,61
Bt	0,86	5	1,17	9	0,31	0,54
Podsole	2,47	70	2,56	60	0,09	0,87
F+H	8,75	11	9,33	10	0,58	0,65
AEs(0-5)	2,53	10	2,16	10	-0,37	0,38
AEs	1,68	7	1,56	5	-0,12	0,82
Es	1,17	9	0,95	4	-0,22	0,13
Bsh	1,02	20	1,12	18	0,1	0,61
C	0,68	13	0,56	13	-0,12	0,35
Gleypodsole	3,48	23	2,86	24	-0,62	0,54

Tab. 3-6: Mittelwertsdifferenzen der Gesamtacidität im Zeitraum 1986-2001

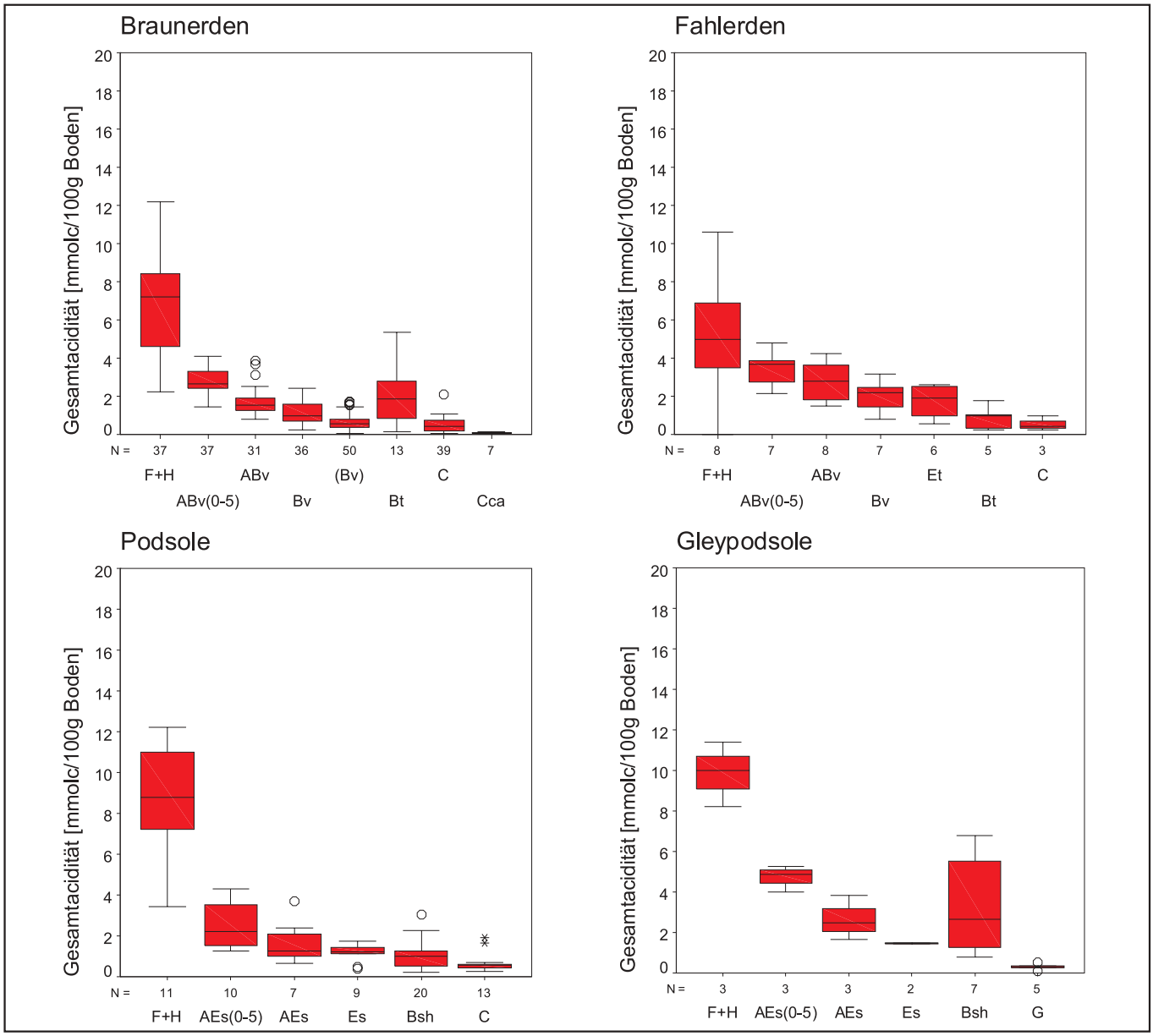


Abb. 3-33: Gesamtacidität nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

decken aller Bodentypengruppen fällt die H-Acidität besonders hoch aus, wobei durchaus Unterschiede in der H-Acidität zwischen den Humusformen erkennbar werden. Nährstoffreiche Mineralbodenhumusformen weisen eine deutlich niedrigere H-Acidität auf als nährstoffarme Auflagehumusformen. So liegt der Median der H-Acidität der Humusformen Rohhumus und Rohhumusartiger Moder bei 7,0 bzw. 5,3 $mmol_c$/100g Boden und der der Humusform Mullartiger Moder bei 2,6 $mmol_c$/100g Boden. Im Mineralboden sinkt die H-Acidität in allen Bodentypengruppen von der Oberfläche (0-5 cm Tiefe) von ≈ **0,7 $mmol_c$/100g Boden** mit abnehmendem Humusgehalt bis zur Untergrenze des Oberbodens auf **< 0,1 $mmol_c$/100g Boden**. Im Unterboden und -grund aller Bodentypengruppen tritt keine nennenswerte H-Acidität mehr auf; dort wird die Austauscherbelegung von anderen Ionen beherrscht.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

In der Grundtendenz ist anhand der in Tabelle 3-8 aufgeführten Mittelwertsdifferenzen eine Abnahme der H-Acidität im Beobachtungszeitraum erkennbar. Signifikant fällt diese jedoch nur in Braunerden, in Bodenlagen unterhalb des Ah-Horizontes aus. Mit großer Wahrscheinlichkeit haben verbesserte Messmethoden im Labor die Messgrenze nach unten verschoben und so zu signifikant niedrigeren Werten der H-Acidität im unteren Messbereich geführt. Auch ein Vergleich der Verteilung der Aufnahmewerte der H-Acidität in den Jahren 1986 (Abb. 3-37) und 2001 (Abb. 3-36) gibt, mit Ausnahme einer Verschiebung des Medians der H-Acidität in der Humusdecke von Braunerden um 1 $mmol_c$/100g Boden, keine Hinweise auf eine bedeutende Veränderung der H-Acidität. Die Laborbefunde zur H-Acidität lassen einen weiteren Fortschritt der Versauerung in den Waldböden Mecklenburg-Vorpommerns als unwahrscheinlich erscheinen.

3.1.3 Elementgehalte und Vorräte

3.1.3.1 Gesamtgehalte und -vorräte

3.1.3.1.1 Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor

Kohlenstoff

Im Kohlenstoffkreislauf des Bodens greifen Biosphäre und Pedosphäre eng ineinander und beeinflussen sich wechselseitig. So wirkt der Kohlenstoffkreislauf mittel- und unmittelbar auf die ökologischen Eigenschaften von Böden und hat maßgeblichen Einfluss auf deren Entwicklung. Wichtiger Bestandteil des Kohlenstoffkreislaufs ist der Humushaushalt von Böden. Dieser wirkt sich über die Gefügeausbildung, die Bodenfarbe und das Speichervermögen für Nährstoffe, Wasser und Luft auf den Nährstoff-, Wasser-, Wärme- und Lufthaushalt im Boden aus. Der Kohlenstoffkreislauf ist darüber hinaus eng mit dem CO_2-Kreislauf der Atmosphäre verbunden, der wiederum vom Wechselspiel der Akkumulation und Mineralisation organischer Substanz im und auf dem Boden abhängig ist.

Gesteuert wird der Kohlenstoffkreislauf von Böden von den jeweils herrschenden Umweltbedingungen. Haupteinflussfaktoren sind das Klima, der Wasserhaushalt und die Nährstoffausstattung. Seit der Sesshaftwerdung nimmt der Mensch durch Waldrodung, agrarische Landnutzung und, in jüngerer Zeit, durch die Verbrennung fossiler Kohlenstoffvorräte Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf. Historische agrarische Landnutzungen führten temporär zu Humusverlusten in Waldböden von ca. 10-20 % (KOPP 1988). Mit der Aufforstung agrarisch genutzter Landflächen, seit Einsetzen der geregelten Forstwirtschaft, begann eine Regeneration des Kohlenstoffhaushaltes der Böden. Ein bedeutender Teil der Waldböden ist in dieser Hinsicht als akkumulierendes System anzusehen.

Kohlenstoff wird in der aufwachsenden Vegetation und im Boden überwiegend in Form von Humus und abgestorbener organischer Substanz gespeichert. Unter den klimatischen Bedin-

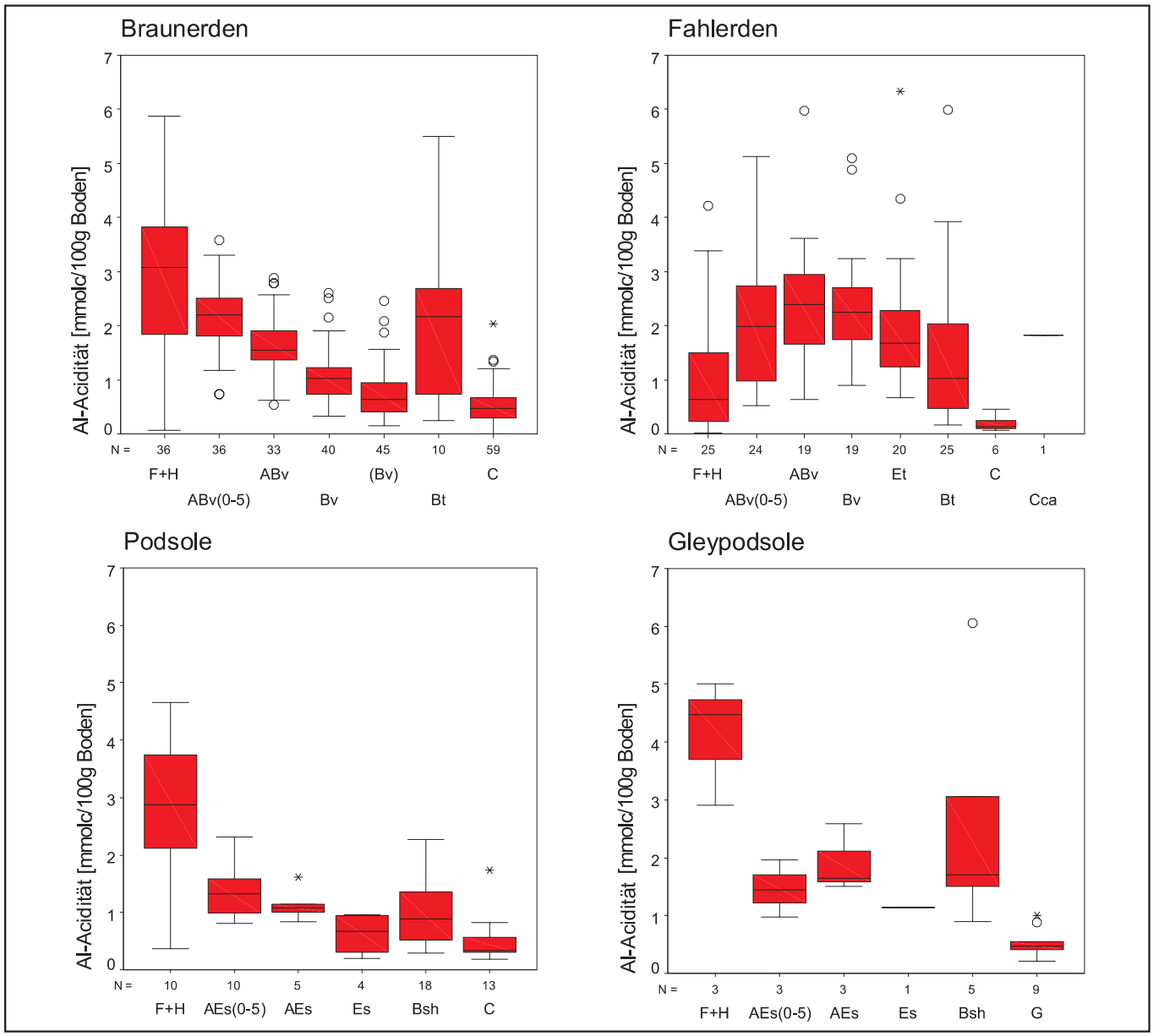


Abb. 3-34: Aluminiumacidität nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

	Mittelwert 1986	N	Mittelwert 2001	N	mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	1,40	387	1,44	429	0,04	0,53
Braunerden	1,25	237	1,41	275	0,16	0,79
F+H	2,18	35	2,64	39	0,46	0,30
ABv (0-5)	1,99	37	2,14	39	0,15	0,30
ABv	1,44	31	1,66	35	0,22	0,14
Bv	1,02	36	1,10	43	0,08	0,50
(Bv)	0,60	48	0,76	45	0,16	0,09
Bt	1,88	12	2,09	12	0,21	0,14
C	0,36	37	0,54	60	0,18	0,14
Fahlerden	1,77	41	1,68	56	-0,09	0,68
F+H	1,69	7	1,19	10	-0,50	0,50
ABv (0-5)	2,45	7	1,85	10	-0,60	0,19
ABv	2,39	8	2,25	6	-0,14	0,84
Bv	1,99	6	2,17	10	0,18	0,62
Et	1,38	6	1,89	9	0,51	0,28
Bt	0,81	4	1,06	9	0,25	0,63
Podsole	1,25	70	1,25	60	0,00	0,99
F+H	3,26	11	2,85	10	-0,41	0,48
AEs(0-5)	1,43	10	1,37	10	-0,06	0,83
AEs	1,12	7	1,13	5	0,01	0,96
Es	0,80	9	0,63	4	-0,17	0,45
Bsh	0,76	20	0,92	18	0,16	0,19
C	0,55	13	0,52	13	-0,03	0,87
Gleypodsole	2,06	23	1,74	24	-0,32	0,53

Tab. 3-7: Mittelwertsdifferenzen der Aluminiumacidität im Zeitraum 1986-2001

gungen Mecklenburg-Vorpommerns verteilt sich auf anhydromorphen Waldböden der Kohlenstoff im aufwachsenden Derbholzvorrat des Waldes und im Boden (Humus) etwa im Verhältnis von 3,5 : 1. Auf wasserbeeinflussten Böden, wie z. B. Gleypodsolen, verschiebt sich dieses Verhältnis auf 1 : 1, und auf vollhydromorphen Böden, besonders aber auf Moorböden, kehrt sich dieses Verhältnis auf mehr als 1 : 7 um.

Kohlenstoffgehalt

Kohlenstoff in Waldböden ist zu fast 100 Prozent biogenen Ursprungs; nur in Karbonaten finden sich geringe Mengen mineralischen Kohlenstoffs. Der organische Kohlenstoff tritt in Form von Humus in der Humusdecke und im Mineralboden auf. In Richtung Untergrund nimmt der Kohlenstoffgehalt sehr schnell ab. In der Humusdecke kommen die höchsten Kohlenstoffgehalte von bis zu **49 %** vor. Der mittlere Kohlenstoffgehalt in der Humusdecke aller Profile (Median) beträgt 27 %. In den obersten 5 Zentimetern des Mineralbodens sinkt der Humusgehalt auf im Mittel 2-4 % und in den darunter liegenden Ah-Lagen auf nur noch 1-2 %. In den Bv-, Et- und Es- Lagen liegt der Humusgehalt bereits unter 1 %; in noch tieferen Bodenlagen ist kaum noch Kohlenstoff zu finden.

Im Kohlenstoffgehalt treten zwischen den Bodentypengruppen keine sehr großen Unterschiede auf (Abb. 3-38). Lediglich Gleypodsole fallen durch einen etwas höheren Kohlenstoffgehalt im Oberboden infolge des dort herrschenden feucht-kühlen und sauren, zersetzungshemmenden Milieus auf. Podsole zeichnen sich durch höhere Kohlenstoffgehalte in der Humusdecke aus. Das Tiefenprofil des Kohlenstoffgehaltes variiert nur wenig nach der Humusform, die auf den jeweiligen Böden ausgebildet ist. Am Beispiel der Bodentypengruppe der Braunerden zeigt dies Abbildung 3-39. Lediglich Braunerden mit der Humusform Rohhumus haben einen im Mittel um 5 % höheren Kohlenstoffgehalt in der Humusdecke als Braunerden mit nährstoffreicheren, biologisch sehr aktiven Humusformen, wie dem Mullartigen Moder. Diese besitzen im Ah-Horizont aber 1-2 % mehr Kohlenstoff als Braunerden mit biologisch inaktiven Humusformen.

	Mittelwert 1986	N	Mittelwert 2001	N	mittlere Differenz	α-Wert
alle Bodenlagen	1,02	407	0,92	429	-0,10	0,44
Braunerden	0,90	252	0,85	275	-0,05	0,74
F+H	4,48	37	4,88	39	0,40	0,46
ABv (0-5)	0,82	37	0,74	39	-0,08	0,35
ABv	0,29	32	0,23	35	-0,06	0,26
Bv	0,14	36	0,07	43	-0,07	**0,00**
(Bv)	0,11	50	0,03	45	-0,08	**0,00**
Bt	0,36	13	0,08	12	-0,28	**0,04**
C	0,17	40	0,03	60	-0,14	**0,00**
Fahlerden	1,02	44	0,66	56	-0,36	0,18
F+H	3,70	8	2,52	10	-1,18	0,19
ABv (0-5)	0,97	7	0,64	10	-0,33	0,75
ABv	0,39	8	0,37	6	-0,02	0,89
Bv	0,25	7	0,14	10	-0,11	0,12
Et	0,37	6	0,09	9	-0,28	0,12
Bt	0,22	5	0,10	9	-0,12	0,14
Podsole	1,22	70	1,32	60	0,10	0,81
F+H	5,49	11	6,47	10	0,98	0,26
AEs(0-5)	1,10	10	0,79	10	-0,31	0,18
AEs	0,56	7	0,43	5	-0,13	0,57
Es	0,37	9	0,32	4	-0,05	0,66
Bsh	0,26	20	0,13	18	-0,13	0,24
C	0,13	13	0,04	13	-0,09	**0,00**
Gleypodsole	1,42	23	1,12	24	-0,30	0,64

Tab. 3-8: Mittelwertsdifferenzen der H-Acidität im Zeitraum 1986-2001

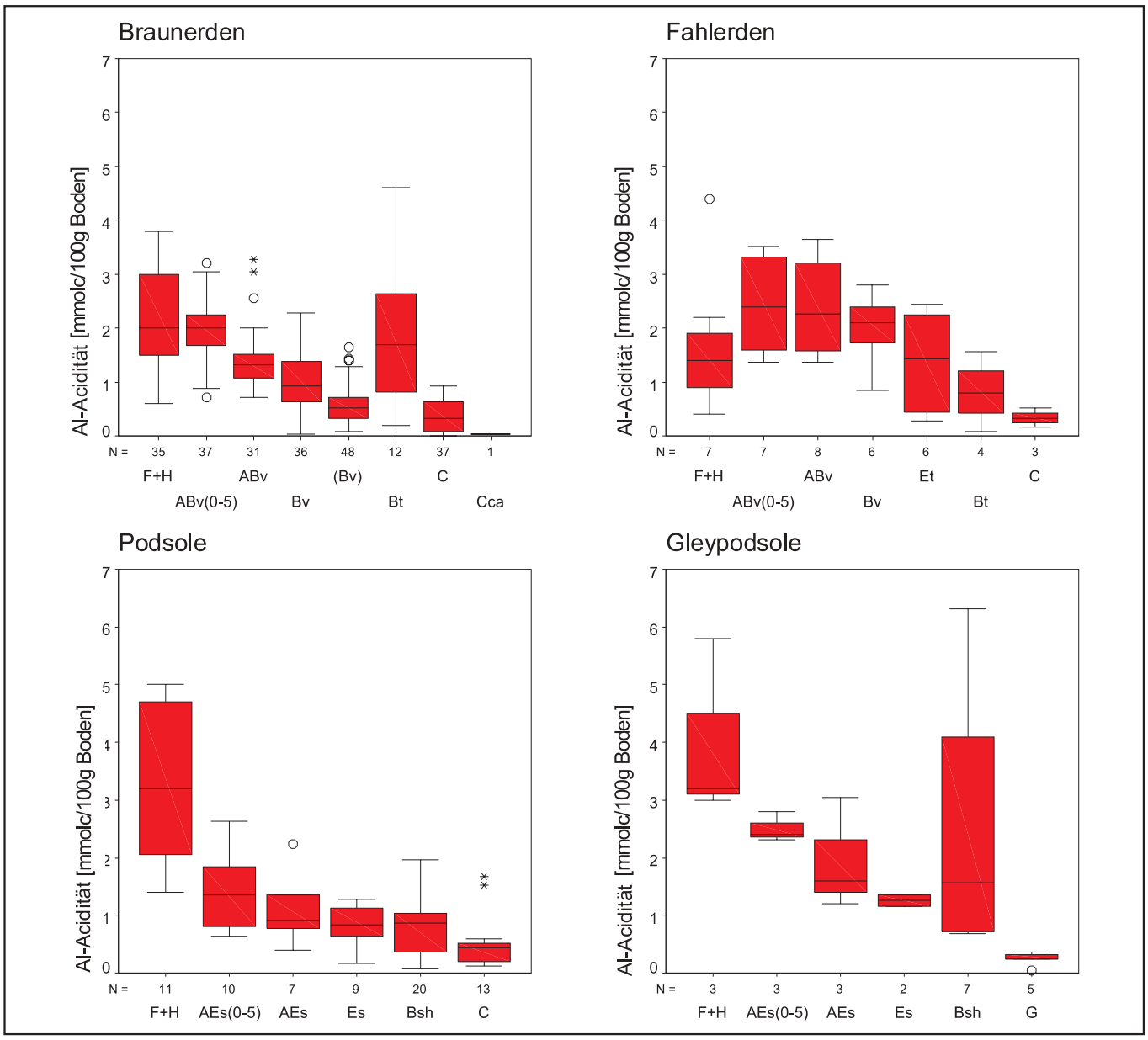


Abb. 3-35: Aluminiumacidität nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

Humusgehalt

Kohlenstoff kommt im Boden ganz überwiegend in Form von Humus vor. Aus diesem Grund kann der Kohlenstoff- in Humusgehalt durch Multiplikation mit dem Faktor **1,73** umgerechnet werden. Das graphische Bild des Humusgehaltes im Boden ist auf höherer Werteskala (* 1,73) identisch mit dem des Kohlenstoffgehaltes in den Abbildung 3-38 und 3-39.

Kohlenstoffvorrat

Im Kohlenstoffvorrat kommt die auf ein definiertes Bodenvolumen bezogene im und auf dem Boden vorhandene Kohlenstoffmasse (t/ha*Bodentiefe) zum Ausdruck. Der Vorrat wird aus dem Kohlenstoffgehalt und der Trockenraumdichte berechnet. Durch Multiplikation mit dem Faktor **1,73** können die Kohlenstoffvorräte in Humusvorräte umgerechnet werden. Die CO_2-Äquivalente für den im Boden vorkommenden Kohlenstoff ergeben sich durch die Multiplikation des Kohlenstoffvorrates mit dem Faktor **3,66.**

Die ökologische Spanne des Kohlenstoffvorrates bis 160 cm Bodentiefe reicht von **22 t/ha** in einem Sand-Saumpodsol auf einer holozänen Düne bis **178 t/ha** auf einem Sand-Gleypodsol mit einer mächtigen Rohhumusauflage von 17 cm. Im Mittel über alle Profile kommen bis 160 cm Bodentiefe **91 t/ha** Kohlenstoff vor.

Im mittleren Kohlenstoffvorrat und im Tiefenprofil des Kohlenstoffvorrates treten zwischen den Bodentypengruppen einige Unterschiede auf (Abb. 3-40). Den geringsten Kohlenstoffvorrat von im Mittel **79 t/ha** bis 160 cm Tiefe besitzen **Braunerden**. Nicht ganz ein Drittel dieses Kohlenstoffvorrates kommt mit **24 t/ha** (30 %) in der Humuslage vor. Bis 80 cm Tiefe steigt der Vorrat auf **73 t/ha** (92 %). Kohlenstoffarm ist der Bodenblock 80-160 cm Tiefe. Dort sind nur noch **6 t/ha** (8 %) zu finden. **Fahlerden** haben durchschnittlich einen etwas höheren Kohlenstoffvorrat als Braunerden von **99 t/ha**. Aber nur 14 t/ha (14 %) sind oberirdisch in der Humuslage akkumuliert. Bis 80 cm Mineralbodentiefe steigt der Kohlenstoffvorrat der Fahlerden auf 65 t/ha (79 %). Im Untergrund setzt sich der Kohlenstoffvorratsanstieg weiter fort; der Vorrat nimmt um noch

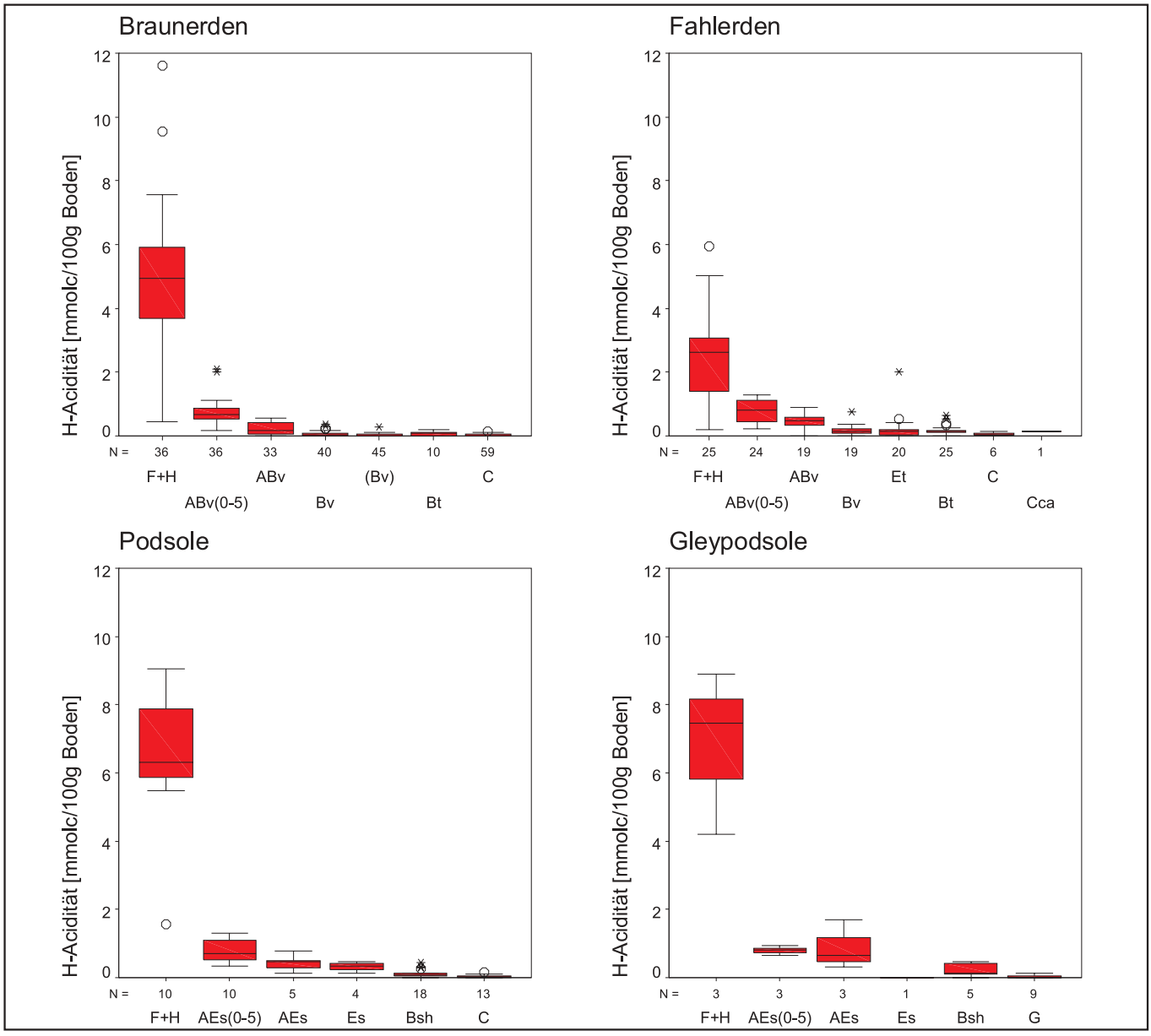


Abb. 3-36: H-Acidität nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

20 t/ha (21 %) zu. Relativ kohlenstoffreich sind in der Gruppe der anhydromorphen Böden auch die **Podsole**. Bis 160 cm Bodentiefe kommen dort **96 t/ha** Kohlenstoff vor. Die Verteilung des Kohlenstoffs im Profil ähnelt aber der von Braunerden. Oberirdisch sind 31 t/ha (33 %) zu finden. Bis 80 cm Tiefe nimmt der Vorrat auf 87 t/ha (89 %) zu und steigt dann bis 160 cm Tiefe nur noch um 9 t/ha (11 %). **Gleypodsole** sind viel kohlenstoffreicher als anhydromorphe Böden und weichen im Tiefenprofil des Kohlenstoffvorrates von diesen ab. Allein in der Humusdecke kommen im Mittel (Median) schon **103 t/ha** (47 %) Kohlenstoff vor. Bis 80 cm Bodentiefe steigt der Kohlenstoffvorrat auf **212 t/ha** (97 %) an. Der darunter folgenden Mineralboden ist im Gegensatz zu den Braun- und Fahlerden fast kohlenstofffrei; ein weiterer Vorratsanstieg erfolgt nur noch um 7 t/ha (3 %) auf **218 t/ha**.

Einfluss auf die Verteilung des Kohlenstoffs im Boden hat die biologische Aktivität eines Bodens, die in der Humusform ihren Ausdruck findet. In Abbildung 3-41 sind nach Humusformen stratifiziert die Tiefenprofile des Kohlenstoffvorrates von Braun- und Fahlerden sowie Podsolen dargestellt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Höhe ihres Gesamt-Kohlenstoffvorrates bis 160 cm Bodentiefe nicht erheblich, wohl aber in der vertikalen Verteilung der Vorräte im Profil. Nährstoffreichere Humusformen, wie der Mullartige Moder, haben nur geringe oberirdische Kohlenstoffvorräte, die methodenbedingt in Abb. 3-41 noch etwas überhöht dargestellt sind. Die Kohlenstoffvorräte sind im Mineralboden verteilt und nehmen bis 80 cm Tiefe kräftig und von 80 cm Tiefe an noch mäßig zu. Demgegenüber sind auf Böden mit der Humusform Rohhumus bedeutende Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus gespeichert. Im Mineralboden steigen die Kohlenstoffvorräte nur in den obersten 40 cm kräftig an; Unterboden und Untergrund sind demgegenüber auffallend kohlenstoffarm.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Im Kohlenstoffvorrat der Böden sind im Verlauf der letzten 15 Jahre keine signifikanten Veränderungen aufgetreten (Tab. 3-9). Die Gesamtvorräte haben im Mittel zwar um 1,7 t/ha abgenommen; diese Zunahme ist jedoch zufällig. Auch die nach Datenlage zu beobachtende Verlagerung von Humus aus dem

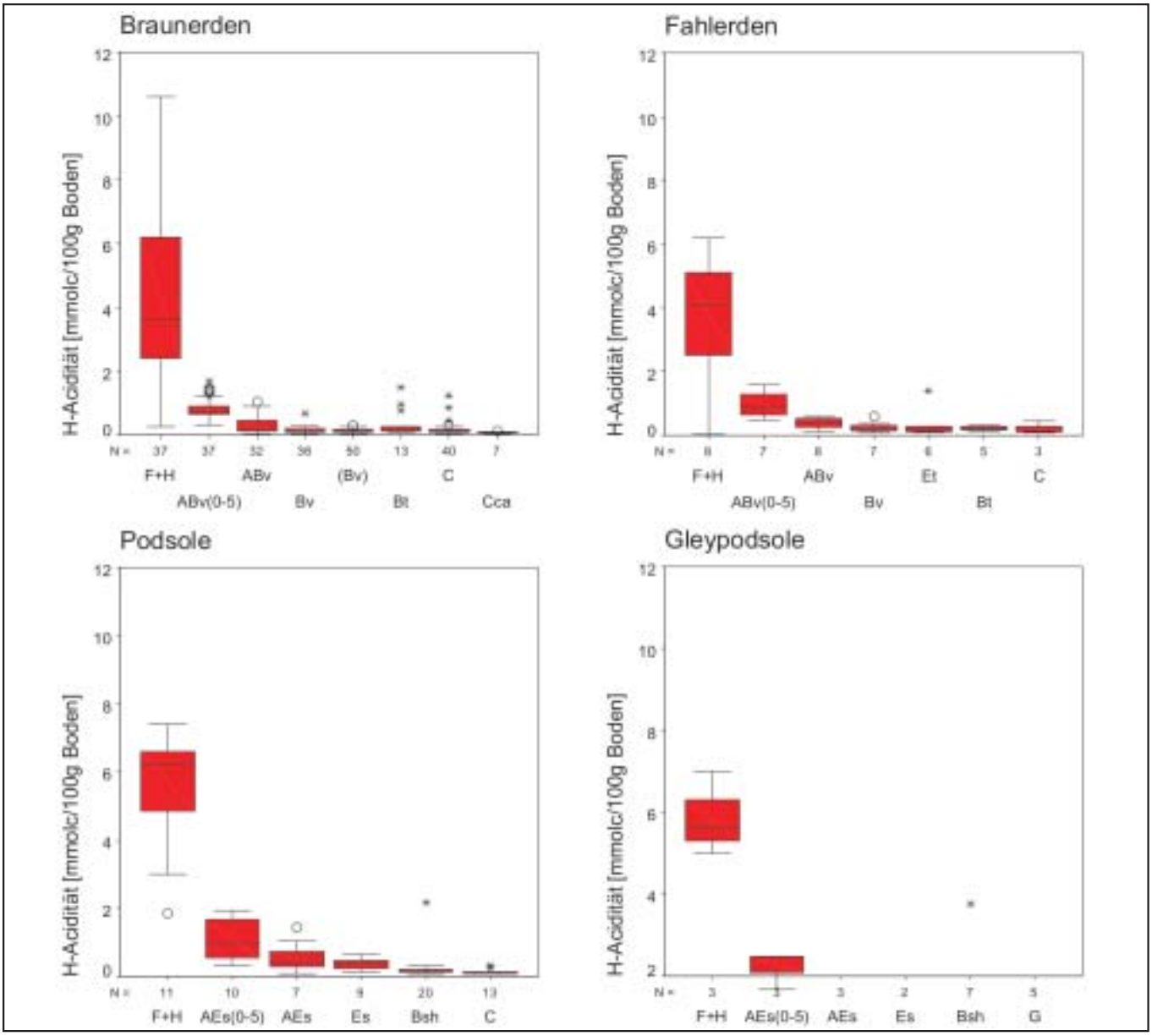


Abb. 3-37: H-Acidität nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

Mineralboden in die Humusdecke lässt sich statistisch nicht sichern.
Erwartet wurde eher eine Kohlenstoffumverteilung von der Humusdecke in Richtung Mineralboden infolge verbesserter Umsatzbedingungen durch verstärkten Stickstoffeintrag. Die Zunahme des Kohlenstoffvorrates in der Humusdecke kann u. U. als Indiz für eine Verschlechterung der Lebensbedingungen für das Edaphon infolge fortgeschrittener Versauerung der Oberböden gewertet werden. Leistungsfähige Arten, die einen hohen Stoffumsatz erzielen, werden von leistungsschwächeren, säuretoleranten Arten ersetzt. Der Stoffumsatz geht dadurch insgesamt zurück; es kommt zu einer Kohlenstoffakkumulation in der Humusdecke.

Feldmorphologisch wird der Befund der Zunahme des Kohlenstoffvorrates in der Humusdecke durch eine Zunahme der mittleren Mächtigkeit der Humusauflage der Böden um im Mittel 1,6 cm verifiziert. Auf 60 % aller Aufnahmepunkte hat die Mächtigkeit der Humuslage zugenommen, z. T. um mehrere Zentimeter. Eine Abnahme der Humusmächtigkeit wird nur in 19 % aller Profile beobachtet, wobei eine Abnahme von mehr als einem Zentimeter in keinem Fall aufgetreten ist. In allen anderen Fällen wurde 2001 die gleiche Mächtigkeit der Humusauflage ermittelt wie 1986.
Neben einer allgemeinen Zunahme der Mächtigkeit der Humusdecke tritt als weitere Entwicklung ein vergleichsweise rasanter Abbau der Humusstofflage auf. 1986 besaßen noch 44 (75 %) aller Aufnahmeflächen eine Humusstofflage in der Humusdecke. Nach nur 15 Jahren waren in 12 % aller Fälle die Humusstofflagen vollständig und in weiteren 28 % bis auf Reste von 1-2 cm Zentimetern mineralisiert. Feldmorphologisch hat somit ein Wandel der Humusform vom Rohhumus und Rohhumusartigen Moder zum Moder stattgefunden. Der Abbau bzw. die Reduktion der Humusstofflage wird aber durch eine Zunahme der Vermoderungslage überkompensiert.

Stickstoff

Stickstoff ist wie Kohlenstoff in Waldböden biogenen Ursprunges. Er kommt in Böden nicht primär pflanzenverfügbar vor,

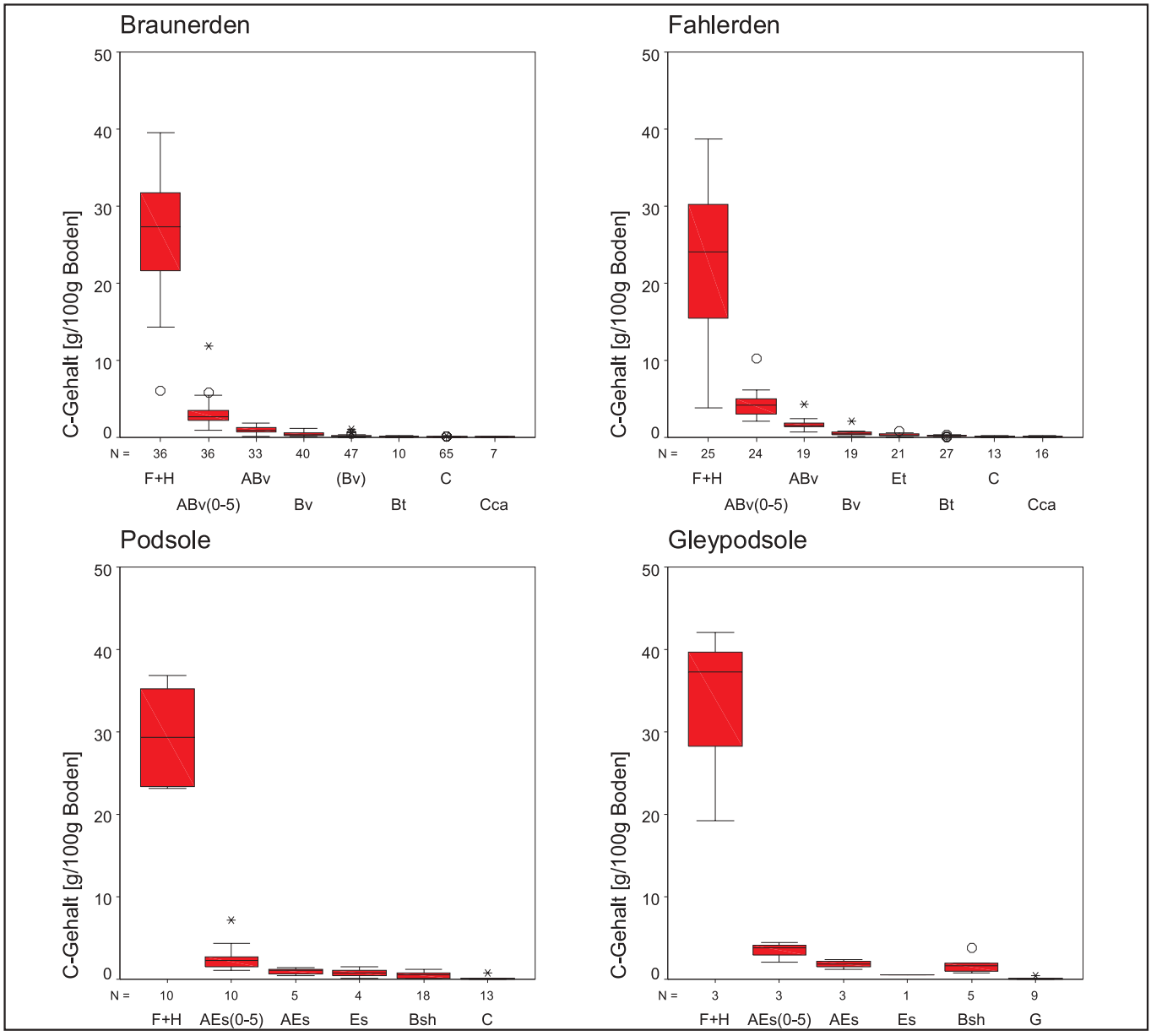


Abb. 3-38: Kohlenstoffgehalt nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

sondern wird aus der Atmosphäre in pflanzennutzbare Formen überführt und dann im Stoffkreislauf der Waldökosysteme gespeichert. Für natürliche Waldökosysteme ist es von Vorteil, Stickstoffverluste so gering wie möglich zu halten; sie sind evolutionär darauf eingerichtet, Stickstoff zu akkumulieren.
Stickstoff tritt in Waldökosystemen mit übergroßem Schwergewicht in den Pflanzen und im Humus auf. Der Mineralboden ist im Allgemeinen stickstoffarm. Die Stickstoffgehalte und -vorräte nehmen folglich von der Humusdecke und den Ah-Lagen mit einem steilen Gefälle in Richtung Untergrund ab.
Die natürliche Verbreitung des Stickstoffs in Waldökosystemen schwankt in weiten Grenzen. Stickstoffarm sind Primärwälder, wie z. B. Flechten- und Krähenbeeren-Kiefernwälder junger Oberflächen an der Ostseeküste. Absolut stickstoffreich, vor allem bezogen auf den Kohlenstoffvorrat im Oberboden, sind Erlen-Eschenwälder auf Reichmooren. Im anhydromorphen Standortsbereich haben Eschen-Buchenwälder, besonders hohe Stickstoffvorräte.

Dem Stickstoff kommt in der Waldsukzession auf Primärböden und nach Störung durch den Menschen eine herausragende Bedeutung zu. Die einzelnen Waldentwicklungsstadien sind an die Entwicklung bzw. Wiederherstellung des Stickstoff-Kreislaufes gebunden.
In natürlichen Waldökosystemen existieren enge Zusammenhänge zwischen der Stickstoff- und Basenausstattung der Böden (KOPP 1996). Entwickelte Waldökosysteme auf basenreichen Böden sind stickstoffreich, auf basenarmen Böden stickstoffarm. Nach Störung oder im Verlaufe von Sukzessionen können auch basenreiche mit relativ stickstoffarmen Bodenzuständen kombiniert sein; die Entwicklung verläuft in einem derartigen Fall in Richtung basen- und stickstoffreicher Bodenzustände. Ein basenarmer Bodenzustand, der mit einem reichen Stickstoffzustand im Boden verknüpft ist, deutet auf anthropogenen Stickstoffeintrag hin.

Der Stickstoffgehalt oder -vorrat allein ist noch kein ökologisch wirksames Bodenmerkmal. Ärmere vollhydromorphe Böden mit anspruchloser Bodenvegetation haben oftmals höhere Stickstoff-

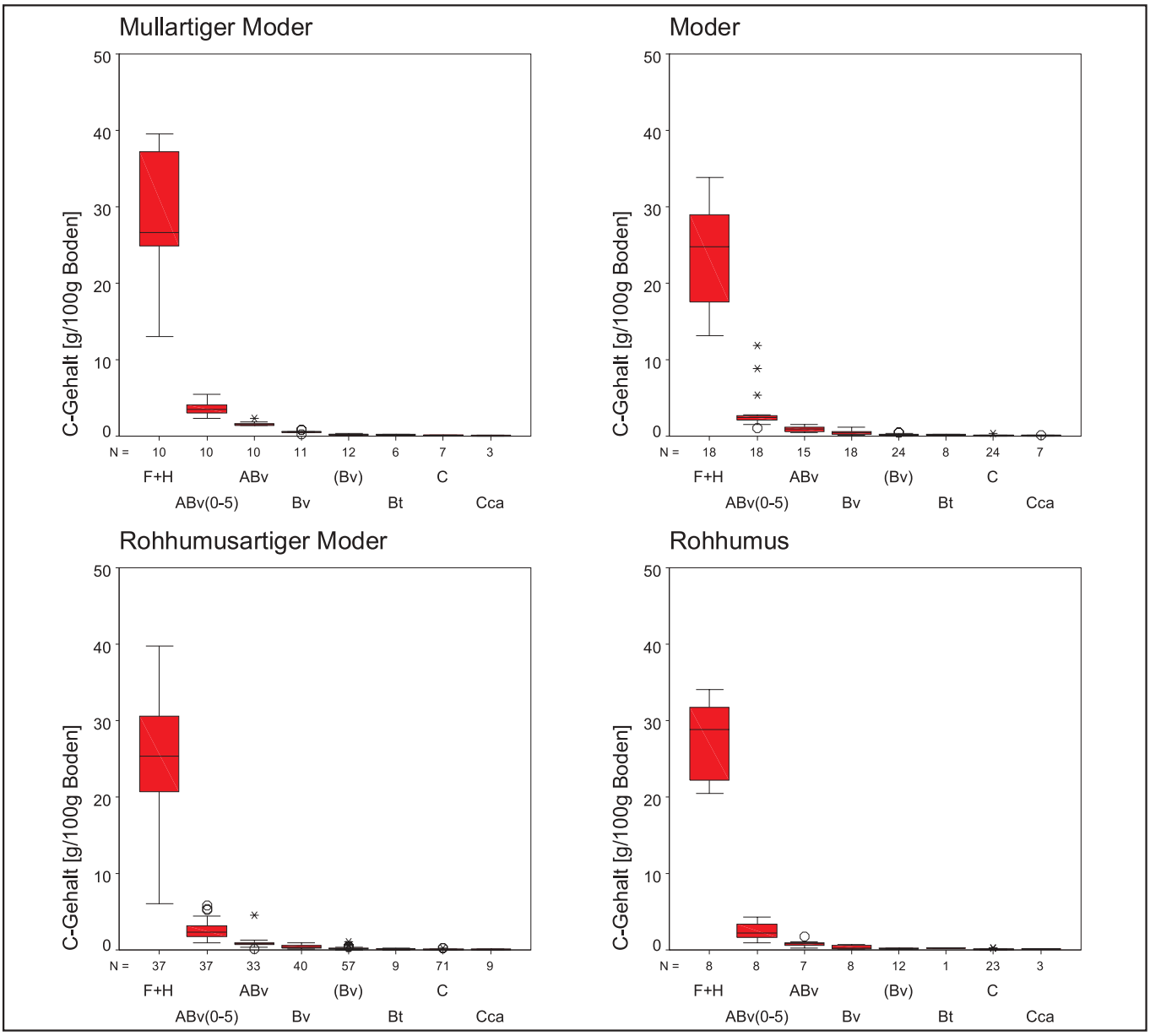


Abb. 3-39: Kohlenstoffgehalt von Braunerden nach Humusformen (alle Datensätze)

gehalte oder -vorräte als beste anhydromorphe Standorte mit anspruchsvollem Pflanzenarteninventar. Der Stickstoffgehalt oder -vorrat ist vielmehr ein Maß für die Reaktionsbereitschaft des Bodens gegenüber Stickstoffein- oder -austrag. Verliert ein stickstoffreicher Boden seinen Stickstoff-Vorrat, z. B. infolge eines Kahlschlages, wird dies auf den Boden eine andere Wirkung hinterlassen als auf einem stickstoffarmen Boden. Bei Stickstoff-Eintrag reagiert die Vegetation infolge der Wirkung des Minimumsgesetzes auf einem stickstoffreichen Boden weit weniger heftig als auf einem stickstoffarmen Boden.
Direkt ökologisch relevant ist die Relation zwischen dem Kohlen- und Stickstoff, ausgedrückt als C/N-Verhältnis oder N % von C, dessen Aussagefähigkeit in der Humusauflage am höchsten ist und zur Untergrenze des Ah-Horizontes stark abnimmt (KOPP 1996).

Stickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt im Boden bewegt sich zwischen < **0,01 %** im C-Horizont einer Braunerde im Sandersand und **2,1 %** im Humus-Horizont einer Braunerde im Goldnessel-Buchenwald auf einem besseren Jungmoränenstandort. In der Humusdecke liegt der Median des Stickstoff-Gehaltes bei 1,17 %. In der Ah-Lage sinkt er in 0-5 Zentimeter Bodentiefe auf 0,17 %, im unteren Teil der Ah-Lage bereits auf 0,06 %. In dem darunter liegenden Teil des Oberbodens überschreitet der N-Gehalt die Schwelle von 0,04 % nur in wenigen Ausnahmefällen. Im Untergrund fallen die N-Gehalte ganz überwiegend auf < 0,01 %. Wie schon beim Kohlenstoffgehalt, fallen die Unterschiede der Bodentypengruppen im Stickstoff-Gehalt gering aus (Abb. 3-42). Daran wird ersichtlich, dass dem N-Gehalt allein nur wenig direkter ökologischer Aussagewert zukommt. Braun- und Fahlerden haben in vergleichbaren Bodenlagen fast identische N-Gehalte. Lediglich in 0-5 cm Mineralbodentiefe fällt der mittlere N-Gehalt der Fahlerden mit 0,25 % höher aus als der der Braunerden mit 0,13 %. Podsole und Gleypodsole, die sich durch eine vergleichsweise anspruchslose Vegetation und nur eine mäßige Biomasseproduktion auszeichnen, besitzen in der Humusdecke einen ähnlichen Aufnahmeschwerpunkt (rote Box) wie Braun- und Fahlerden. In Podsolen fällt aber der Median

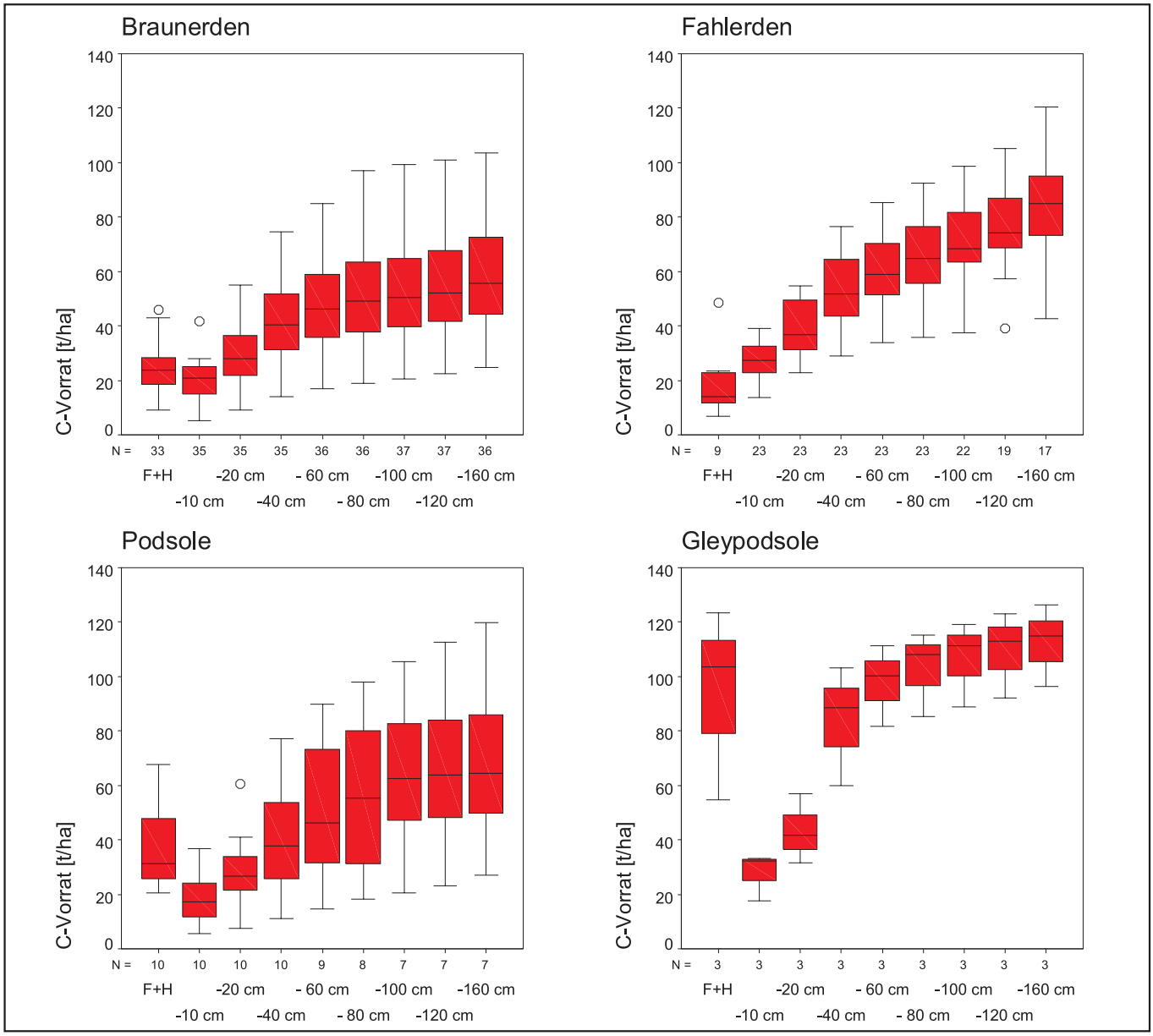


Abb. 3-40: Kohlenstoffvorrat nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Bodenblock (alle Lagen)	C-Vorrat **(t/ha)** Mittelwert 1986	N	C-Vorrat **(t/ha)** Mittelwert 2001	N	C-Vorrat **(t/ha)** Mittlere Differenz	α-Wert
F+H	24,2	52	30,4	54	6,2	0,06
0-10 cm	21,6	60	21,8	62	0,2	0,88
10-20 cm	10,6	60	10,6	62	0	0,95
20-40 cm	14,0	61	13,7	62	-0,3	0,86
40-60 cm	8,1	60	7,6	62	-0,5	0,50
60-80 cm	4,8	59	4,6	60	-0,2	0,57
80-100 cm	3,1	59	2,6	59	-0,5	0,26
100-120 cm	3,1	59	2,6	57	-0,5	0,13
120-160 cm	5,3	57	3,9	55	-1,4	0,09
0-160 cm	68,6	57	66,9	55	-1,7	0,75

Tab. 3-9: Mittelwertsdifferenz des C-Vorrats im Zeitraum 1986-2001

des Stickstoff-Gehaltes in der Humusdecke mit 1,0 % niedriger als in Braun- und Fahlerden aus; dafür ist der Stickstoff-Gehalt in der Humusdecke von Gleypodsolen mit 1,4 % auffallend hoch. Podsole und Gleypodsole haben darüber hinaus sehr niedrige Stickstoff-Gehalte in 0-5 cm Mineralbodentiefe.

Stickstoffvorrat

Der Stickstoffvorrat beschreibt die Stickstoffmasse (t/ha/Bodentiefe) für ein definiertes Bodenvolumen. Der Vorrat wird aus dem Stickstoffgehalt und der Trockenraumdichte berechnet.

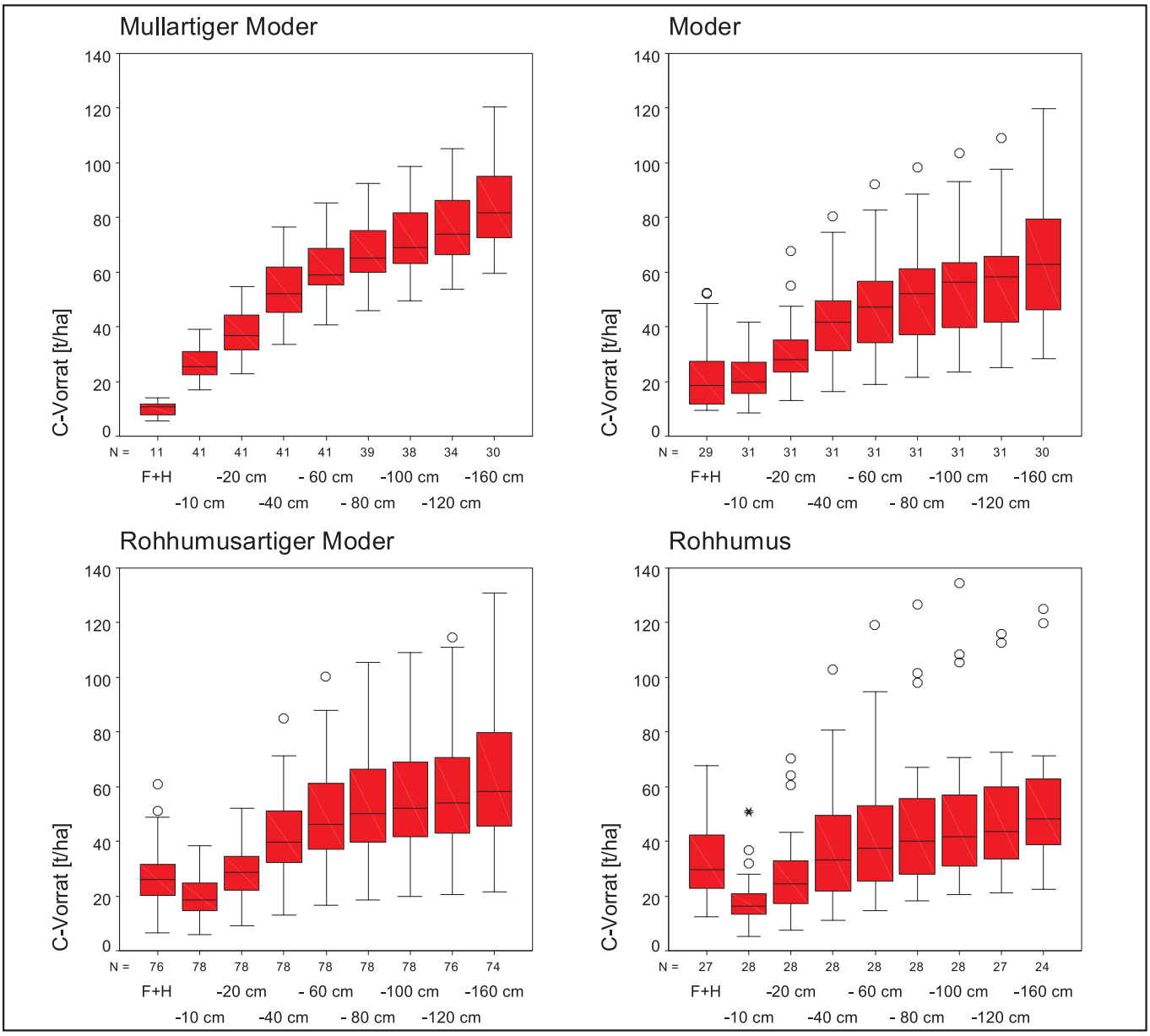


Abb. 3-41: Kohlenstoffvorrat von Braunerden, Fahlerden und Podsolen nach Humusformen (im Mineralboden kumuliert)

Der Stickstoffvorrat an- und halbhydromorpher Böden in der Stichprobe schwankt in den Grenzen zwischen **2,7 t/ha** auf einer Sand-Braunerde im Sandersand und **16 t/ha** auf einer mit einem Waldmeister-Buchenwald bestockten jungpleistozänen Fahlerde. Über alle untersuchten Profile hinweg liegt der Median des Stickstoffvorrates in der Humusdecke bei 1 t/ha (19 % des Vorrates bis 160 cm Tiefe). Bis 80 cm Bodentiefe nimmt der Stickstoffvorrat um weitere 2,7 t/ha zu und erreicht 70 % des Gesamtvorrates. Bis 160 cm Tiefe erfolgt nur noch eine Vorratszunahme von 0,6 t/ha auf **5,4 t/ha**.

Der Stickstoffvorrat und die Vorratsverteilung im Tiefenprofil werden vom Bodentyp und der Humusform beeinflusst. In Abbildung 3-43 ist der Tiefenverlauf des Stickstoffvorrates nach Bodentypengruppen dargestellt. Den im Mittel (Median) höchsten Stickstoffvorrat erreichen **Gleypodsole** mit **8,5 t/ha** bis 160 cm Tiefe. Der Stickstoffvorrat der **Fahlerden** liegt in ähnlicher Größenordnung bei **8,1 t/ha** bis 160 cm Tiefe. Deutlich niedriger fällt der Stickstoffvorrat von Braunerden und Podsolen aus. Bis 160 cm Tiefe haben **Braunerden** einen Stickstoffvorrat von **4,8 t/ha** und **Podsole** von **4,4 t/ha**. Fahlerden, die durchschnittlich nährstoffreiche Mineralbodenhumusformen ausgebildet haben, weisen über das gesamte aufgeschlossene Profil bis 160 cm Tiefe einen vergleichsweise gleichmäßigen Anstieg des Stickstoffvorrates auf. In sandigen Böden, wie Braunerden, Podsolen und Gleypodsolen, findet die stärkste Stickstoffvorratszunahme im Oberboden bis 60 bzw. 80 cm Tiefe statt. Danach flacht die Kurve der Stickstoffvorratsentwicklung deutlich ab.

Neben dem Bodentyp besitzt die Humusform einen Einfluss auf die Höhe und die Verteilung des Stickstoffs im Bodenprofil. Dies wird am Beispiel der Braunerden in Abbildung 3-44 ersichtlich. Braunerden mit biologisch aktiven Humusformen, wie dem Mullartigen Moder, haben die höchsten Stickstoffvorräte (Median = 6,5 t/ha bis 160 cm Tiefe) und eine vergleichsweise gleichmäßige Vorratszunahme bis 160 cm Tiefe. Mit abnehmender biologischer Aktivität der Humusform sinkt der insgesamt verfügbare Stickstoffvorrat und die Hauptvorräte konzentrieren sich auf den Oberboden. Braunerden mit der Humusform Rohhumus haben einen Stickstoffvorrat von nur noch 3,7 t/ha

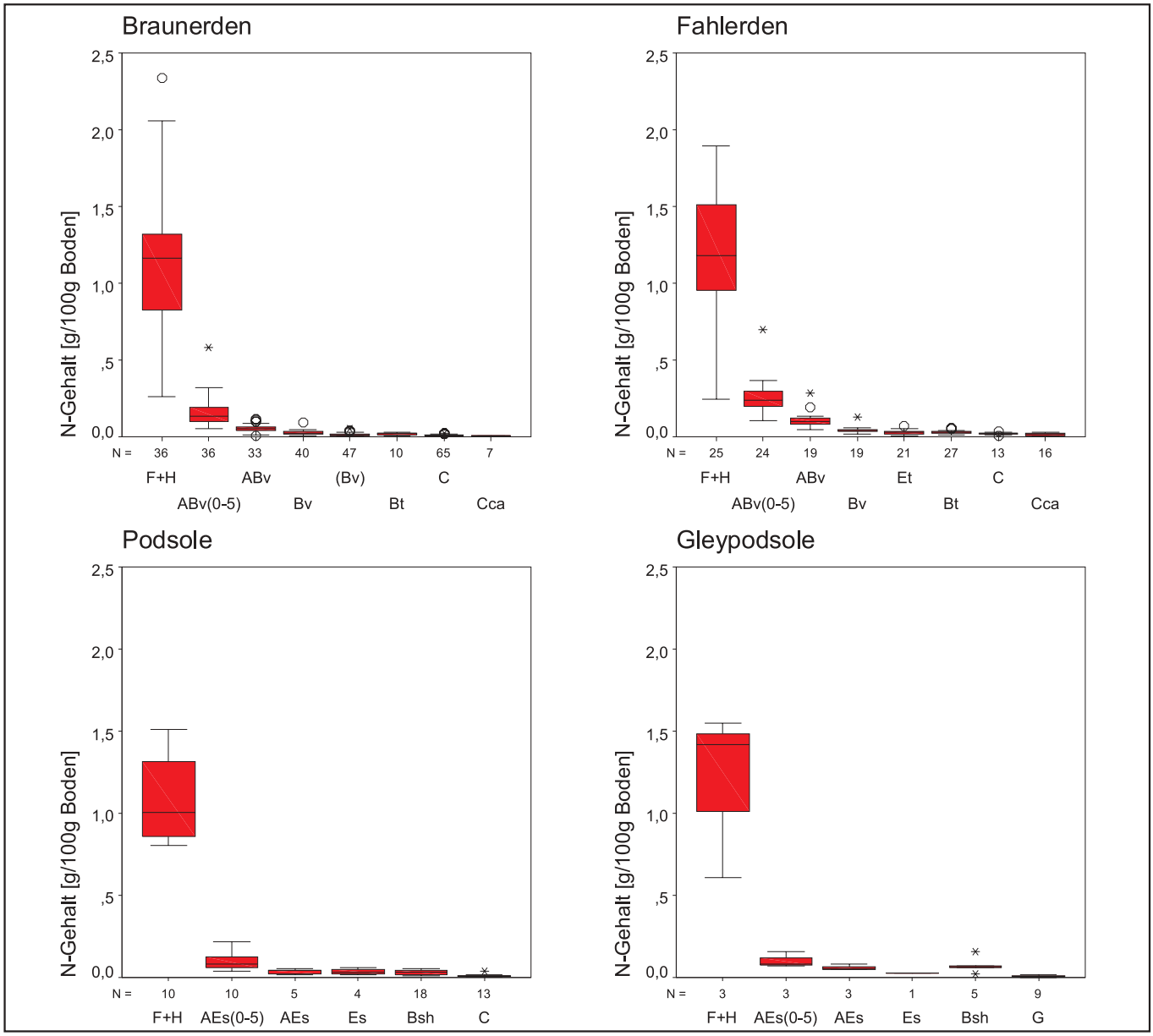


Abb.3-42: Stickstoffgehalt nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

bis 160 cm Tiefe, der zudem zu 82 % in den obersten 60 cm des Bodens anzutreffen ist.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Im Beobachtungszeitraum kann mit einer jährlichen Stickstoffdeposition in Höhe von etwa 30 kg/ha in Nadelholz- und 20-25 kg/ha in Laubholzbeständen gerechnet werden. Darüber hinaus dürfte sich die natürliche Regeneration des Stickstoffhaushaltes ehemals durch landwirtschaftliche Nutzung stickstoffdegradierter Wälder fortgesetzt haben.

In Tabelle 3-10 sind die arithmetischen Mittelwerte des Stickstoffvorrates und deren Veränderung im Beobachtungszeitraum aufgeführt. Danach hat eine hoch signifikante Zunahme der Stickstoffvorräte innerhalb der letzten 15 Jahre in der Humusauflage der Waldböden stattgefunden. Von 1986 bis 2001 sind im Durchschnitt der untersuchten Waldböden 300 kg Stickstoff in der Humusdecke festgelegt worden. Dies entspricht einer jährlichen Stickstoffakkumulation von 20 kg/ha. Im Mineralboden ist eine derartige Entwicklung nicht nachweisbar; dort haben sich die Stickstoffvorräte insgesamt nur wenig verändert und die Veränderungen sind durchweg nicht gesichert.

Mit 20 kg/ha*a Akkumulationsrate im Boden dürfte der größte Teil des aus der Luft eingetragenen Stickstoffs gespeichert worden sein. Weiterer Stickstoff wurde in der Waldvegetation (Bäume, Sträucher, Krautschicht) gebunden. Da Daten zu den Stickstoffgehalten und Biomassevorräten der Vegetation nicht aufgenommen wurden, kann eine Bilanzierung der Vorratsveränderungen in der Vegetation nicht durchgeführt werden. **Aufgrund der Ein-/Austragsrelation ist aber anzunehmen, dass bisher in Mecklenburg-Vorpommern Stickstoffausträge aus Waldböden in Richtung Untergrund oder Atmosphäre eine untergeordnete Bedeutung hatten.** Ein gesicherter Nachweis für diese Annahme kann durch eine direkte Messung der Nitratkonzentration unterhalb der Hauptwurzelzone erbracht werden. Ist dort Nitrat im Sickerwasser in höherer Konzentration feststellbar, so gilt dies als Zeichen für stattfindende Nitratauswaschung MELLERT, GENSIOR & KÖLLING (2005). Leider stan-

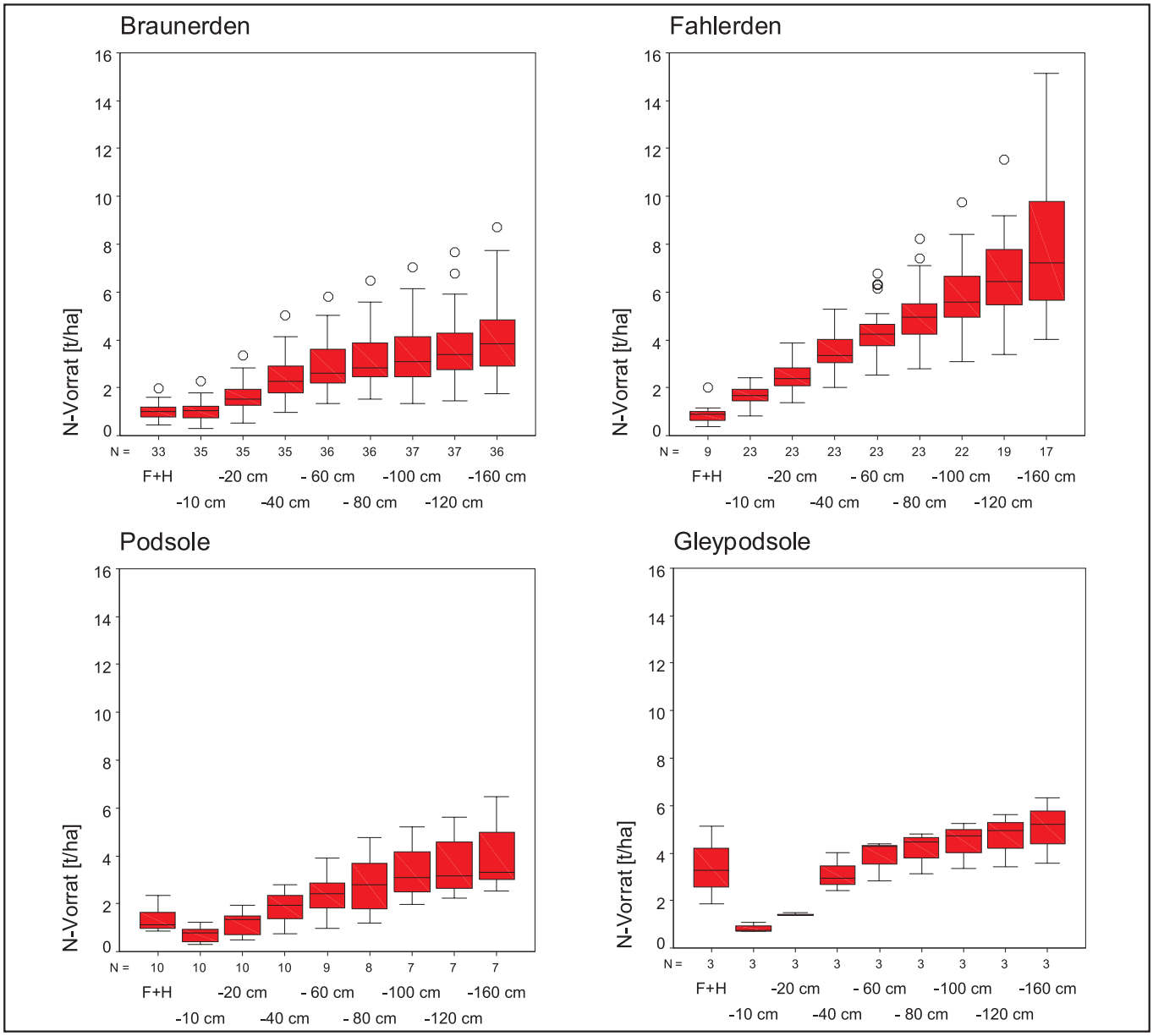


Abb.3-43: Stickstoffvorrat nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Bodenblock (alle Lagen)	N-Vorrat **(t/ha)** Mittelwert 1986	N	N-Vorrat **(t/ha)** Mittelwert 2001	N	N-Vorrat **(t/ha)** mittlere Differenz	α-Wert
F+H	0,9	52	1,2	54	0,3	**0,00**
0-10 cm	1,1	60	1,1	62	0,0	0,90
10-20 cm	0,7	60	0,6	62	-0,1	0,61
20-40 cm	0,9	61	0,9	62	0	0,61
40-60 cm	0,6	60	0,6	62	0	0,77
60-80 cm	0,4	59	0,4	60	0	0,92
0-160 cm	4,7	57	4,6	55	-0,1	0,72

Tab. 3-10: Mittelwertsdifferenzen des Stickstoffvorrates im Zeitraum 1986- 2001

den die technischen und personellen Resourcen dafür nicht zur Verfügung. Die Frage nach dem erreichten Ausmaß der Stickstoffsättigung bzw. -austrages aus Wäldern kann daher nur indirekt mit anderen, nachfolgend dargestellten Methoden nachgegangen werden:

Aktueller Stickstoffstatus der Bestände im Vergleich zum Stickstoffstatus unter natürlicher Waldvegetation

Historische agrarische Landnutzungen in heutigen Waldflächen führten zum vollständigen bzw. teilweisen Zusammenbruch des Stickstoffhaushaltes der Wälder. Nach Einstellung der agrarischen Landnutzungen begannen viele Böden ihre erneute Entwicklung zum Waldboden mit minimalen bzw. verminderten Stickstoffvorräten. Durch Gegenüberstellung des aktuellen Stickstoffstatus eines Waldbodens mit dessen Stickstoffstatus

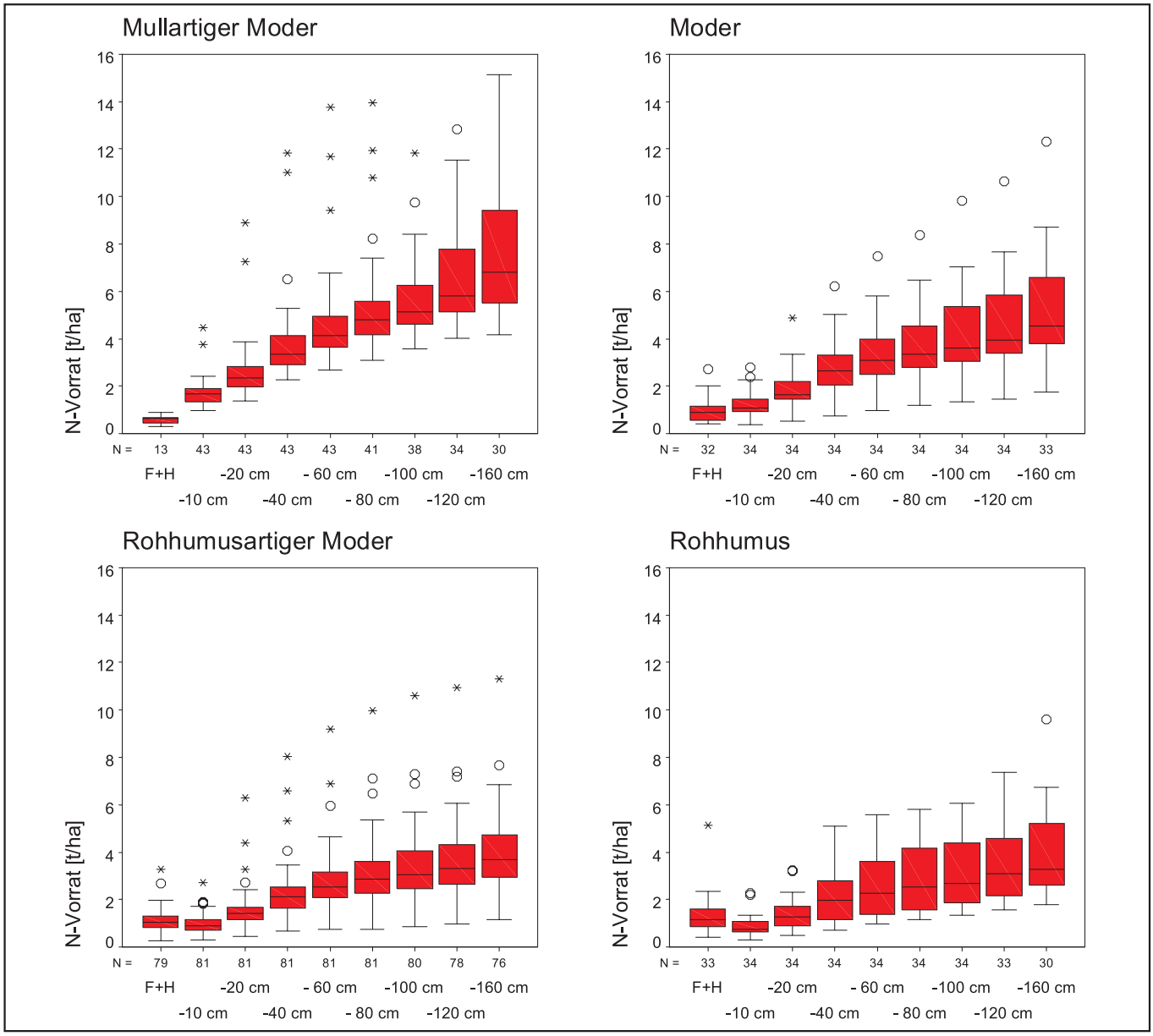


Abb.3-44: Stickstoffvorrat nach Humusformen (im Mineralboden kumuliert)

unter natürlicher Waldvegetation nach einem Methodenansatz von KOPP (1996) kann das Ausmaß der Regeneration des Stickstoffhaushaltes ermittelt werden. Der Vergleich zeigt auch, wie weit der aktuelle vom natürlichen N-Status abweicht, ob noch N-Degradierung, Gleichgewicht oder infolge anhaltender N-Einträge schon N-Aggradierung auftreten.

Am Beispiel der Humusdecken im Beobachtungsnetz der BDF-F im Jahr 1986 und 2001 wird ein solcher Vergleich in Tabelle 3-11 vorgenommen. Die Zahlen in den grau hinterlegten Feldern kennzeichnen den Gleichgewichtszustand, die Zahlen oberhalb den Zustand der N-Aggradierung und die Zahlen unterhalb den Zustand der N-Degradierung. 1986 hatten nur 25 % aller BDF-F einen aktuellen Stickstoffstatus, der dem unter natürlicher Waldvegetation entspricht. Bis 2001 hat sich die Anzahl derartiger Flächen auf 29 % erhöht. Stickstoffaggradiert und damit vermutlich bereits von Stickstoff-Einträgen beeinflusst waren 1986 nur 2 % aller BDF-F; die Anzahl derartiger Flächen hat sich bis zum Jahr 2001 auf 8 % erhöht. Betroffen sind ausschließlich BDF-F auf armen und ziemlich armen Standorten, die 2001 ein höheres N % von C besaßen, als dies unter natürlicher Bestockung zu erwarten gewesen wäre. Der überwiegende Teil aller BDF-F war 1986 noch stickstoffdegradiert (73 %). Bis zum Jahr 2001 hat dieser Anteil auf 63 % abgenommen. Entwicklungen haben vor allem in Kiefernbeständen mit ehemals sehr stickstoffarmen Humusdecken, wie dem Rohhumus, stattgefunden. Im Jahr 2001 tritt die sehr stickstoffarme Humusform Rohhumus nicht mehr auf, wenn man von einer Ausnahme auf einem sehr humusreichen Gleypodsol absieht. Als Resümee bleibt festzuhalten:

a. Ein höherer, auf den Gesamtkohlenstoff bezogener Stickstoffgehalt in der Humusdecke, als unter natürlicher Waldvegetation zu erwarten wäre, tritt in untergeordnetem Umfang (8 %) und nur auf Standorten, die von Natur aus sehr stickstoffarm sind, auf.
b. Die Entwicklung des N % von C in der Humusdecke blieb hinter den Erwartungen zurück. 2001 herrscht immer noch Stickstoffdegradierung (63 % aller BDF-F), besonders in Kiefernbeständen, vor.

Diese, scheinbar moderate Entwicklung hat ihre Ursache vermutlich in der sehr unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der den Bestand bildenden Baumarten, bezogen auf die Herausbildung eines anspruchsvollen Stickstoffkreislaufes. Die Baumart Kiefer im Reinbestand ist offenbar nicht in der Lage, einen trophisch höher entwickelten Stickstoffkreislauf hervorzubringen. Im Beobachtungsnetz der BDF-F entwickelte sich in Kiefernreinbeständen das N % von C in der Humusdecke in keinem Fall über ein trophisches Niveau des Rohhumusartigen Moders hinaus. Erst wenn sich ein Laubholzunter- und/oder Zwischenstand unter der Kiefer einstellt oder die Kiefer mit Laubholz unterbaut wird, ist der Kiefern-Mischbestand in der Lage, ein N % von C in der Humusdecke auf trophischem Niveau des Moders zu erreichen. Eine noch stickstoffreichere Humusform, z. B. ein Mullartiger Moder hat sich auf keiner kiefernDominierten BDF-F entwickelt. Rotbuchenbestände verhalten sich in dieser Hinsicht anders. Die Baumart limitiert hier nicht die Herausbildung anspruchsvoller Stickstoffumsatzniveaus.
Nach dieser Einschätzung sind im Jahr 2001 **81 % aller Kiefernbestände an ihrer Grenze hinsichtlich der weiteren Aufnahme von Stickstoff angelangt**. Diese Bestände sind mit hoher Wahrscheinlichkeit zukünftig nicht mehr in der Lage, weiteren, aus der Luft deponierten Stickstoff zu akkumulieren. Es muss mit klimarelevanten Austrägen von Stickstoff in die Atmosphäre und schädigender Stickstoffverlagerung in Richtung Boden und Grundwasser gerechnet werden. Laubholzdominierte Waldflächen sind vermutlich nicht von Stickstoffsättigung und ggf. -austrag betroffen. Allein eine Zunahme des N % von C vom mittleren Niveau des Moders zum mittleren Niveau des Mullartigen Moders bietet bei einer Zunahme des N % von C um 1,3 % und einem Kohlenstoffvorrat auf anhydromorphen Böden von im Mittel ≈ 75 t/ha bis 80 cm Tiefe ein Stickstoff-Speicherpotential von ca. 975 kg/ha im Boden. Darüber hinaus ist mit einer bedeutenden Stickstoffspeicherung in der belebten Biomasse zu rechnen.

Aktueller Stickstoff- im Vergleich zum Basenstatus in der Humusdecke

Nach KOPP (1996) besteht in der Humusdecke von Waldböden ein Zusammenhang zwischen dem N % von C und dem Basenstatus, ausgedrückt durch den pH(KCl) und die Basensättigung. Abbildung 3-45 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel des N % von C und der Basensättigung nach der Methode KAPPEN/ADRIAN. Der aktuelle Zustand in den Jahren 1986 und 2001 kommt, nach Baumarten gegliedert, in den Punkteinträgen zum Ausdruck. Harmonische Beziehungen (vgl. Tab. 3-12) zwischen dem Stickstoff- und dem Basenzustand in der Humuslage der BDF-F bestanden auf mehr als einem Drittel aller BDF-F bereits im Jahre 1986 nicht mehr. 9 % der Humusdecken von Kiefern-BDF-F und 54 % der Rotbuchen-DBF-F waren 1986, bezogen auf ihre Basensättigung, noch zu stickstoffarm. Zu stickstoffreich waren 15 % der Kiefern-BDF-F und keine Rotbuchen-DBF-F. Bis 2001 hat der Anteil der, bezogen auf die Basensättigung, zu stickstoffreichen Humusdecken kaum zugenommen (6 %), und es kommen nach wie vor, besonders in Rotbuchenbeständen, regelmäßig BDF-F vor, deren Stickstoffniedriger als die zugehörige Basenstufe ausfällt. Die befürchtete Zunahme von Ernährungsdisharmonien zwischen Neutralkationen- und Stickstoffversorgung ist offenbar **nicht** eingetreten. In Kiefernbeständen hat vermutlich die mangelnde Leistungsfähigkeit der den Stoffumsatz beherrschenden Baumart Kiefer ein Ansteigen des Stickstoffumsatzes über die o. g. Schwellenniveaus verhindert, und in Buchenbeständen reichten die Stickstoffakkumulationsraten hierfür nicht aus.

Phosphor

Phosphor ist im Gegensatz zum Kohlen- und Stickstoff geogenen Ursprunges, wird aber biogen im Verlaufe der Boden- und Vegetationsentwicklung im Humus angereichert. In der Humusdecke liegt Phosphor überwiegend in organisch gebundener Form vor. Im Mineralboden ist die Phosphorspeicherung stark von den herrschenden Aciditätsverhältnissen abhängig. Im sauren Milieu der Waldböden wird Phosphor besonders an Oxiden und Hydroxiden des Aluminiums und Eisens adsorbiert; im Ca-reichen Untergrund geht Phosphor Verbindungen mit dem Ca-Ion (Ca-Phosphate) ein.
Für die Vegetation ist weniger der Phosphor-Gehalt oder -Vorrat als vielmehr die Phosphor-Verfügbarkeit bedeutsam. Diese in erster Linie von den Aciditätsverhältnissen im Boden abgän-

Tab. 3-11: Stickstoffstatus (N % von C) in der Humusdecke aller BDF-F im Jahre 1986 und 2001 im Vergleich zum Stickstoffstatus unter natürlicher Waldvegetation

N % von C in der Humusdecke			> 6,9		6,9-5,6		5,5-4,4		4,3-3,4		3,3-2,4		Summen	
	Humusform*		Mu		MM		Mo		RM		Ro			
			unter natürlicher Waldvegetation											
			1986	2001	1986	2001	1986	2001	1986	2001	1986	2001	1986	2001
> 6,9	Mu	aktuell in der Humusdecke	**1**	**1**									**1**	**1**
6,9-5,6	MM			1	**1**	**2**							**1**	**3**
5,5-4,4	Mo		2	1	8	11	**4**	**5**	1	1			**15**	**18**
4,3-3,4	RM				10	7	14	16	**7**	**9**		4	**31**	**36**
,3-2,4	Ro				1		3		5	1	**2**	0	**11**	**1**
		Summen	**3**	**3**	**20**	**20**	**21**	**21**	**13**	**11**	**2**	**4**	**59**	**59**

* Erläuterung in Anlage Zustandsvegetationsformen

gig. Am wenigsten ist Phosphor im sehr stark sauren Milieu der Oberböden und im basischen Umfald der Cca-Lagen löslich (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Phosphormangel ist folglich auf sehr sauren Böden mit nährstoffarmen Auflagehumusformen am wahrscheinlichsten.
Phosphor wurde nur 1986 als Gesamtgehalt im Flusssäureaufschluss (vgl. S. 15) für alle Bodenlagen bestimmt. Für das Probenahmejahr 2001 sind Phosphor-Gesamtgehalte nicht ermittelt worden.

Phosphorgehalt

Der höchste Phosphorgehalt tritt generell in der Humusdecke auf. Mit **0,11 g/100g Boden** wird dort der Maximalwert auf einer Fahlerde gemessen. Der niedrigste Phosphorgehalt mit **0,004 g/100g Boden** ist in mehreren Auswaschungs- und Untergrundhorizonten von Podsolen zu verzeichnen. Der Median des Phosphorgehaltes aller Bodenlagen beträgt 0,026 g/100g Boden.

Die Bodentypengruppen haben recht unterschiedliche Phosphorgehalte. Am phosphorreichsten sind **Fahlerden;** sie haben durchschnittlich bessere Humusformen als Braunerden und Podsole sowie ein tonreicheres Bodensubstrat. Dies führt in der Humuslage von Fahlerden zu Phosphorgehalten von im Mittel 0,079 g/100g Boden und in der C-Lage zu Phosphorgehalten von im Mittel 0,027 g/100g Boden. Der Phosphorgehalt der **Braunerden** liegt erheblich unterhalb des Phosphorgehaltes der Fahlerden. Besonders die Humusdecken (0,053 g/100g Boden) und Untergründe (0,018 g/100g Boden) sind auffallend phosphorärmer. Noch niedriger fallen die Phosphorgehalte der **Podsole und Gleypodsole** aus. In der Humusdecke liegt dort der Median des Phosphorgehaltes unter 0,05 g/100g Boden und in den C- und G-Lagen kommen in mehr als 50 % aller Fälle Phosphorgehalte von < 0,02 g/100g Boden vor.
Einfluss auf den Phosphorgehalt und die Phosphorverteilung im Boden hat neben der Boden- auch die Humusform. Am Beispiel der Braunerden wird dies in Abbildung 3-47 ersichtlich.

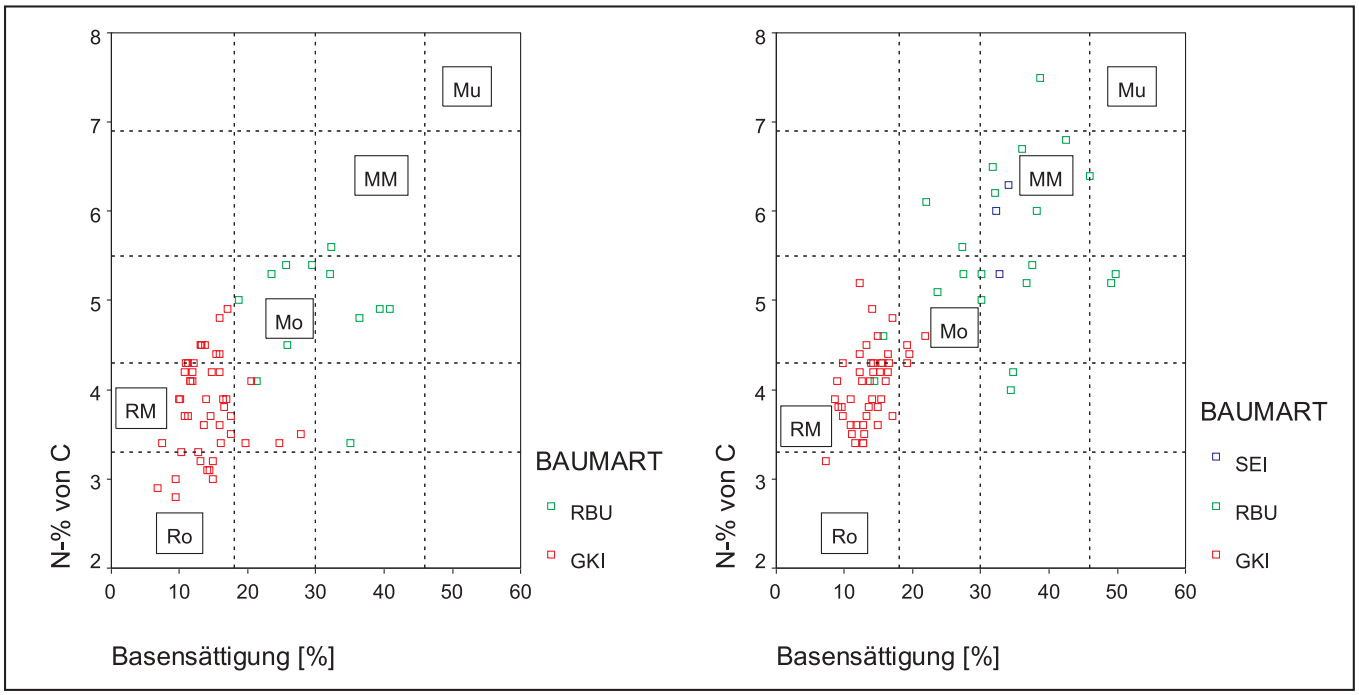


Abb.3-45: N % von C und Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) in der Humusdecke der BDF-F in den Jahren 1986 (l. S.) und 2001 (r. S.)

Humusform	Mull		mullartiger Moder	Moder	rohhumusartiger Moder	(Normal-) Rohhumus	Magerrohhumus	Hungerrohhumus
Horizontfolge	Of - A		Of - Of - A	Of - Of - Oh - A				1)
Stickstoffstufe	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1 2)
N_t von C_t%	≤10,4	8,6 ... 6,8	7,0 ... 5,4	5,6 ... 4,2	4,4 ... 3,2	3,4 ... 2,4	≤ 2,6	2)
C/N	≥9,6	11,6...14,7	14,2...18,5	17,8...23,8	22,7...31,2	29,4...41,6	≥ 38,6	2)
Säure-/Basenstufe	b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3		2)
Basen-Sättigung %	≥ 66	66 ...> 46 (68)	46 ... > 30 (48)	30 ... > 18 (32)	18 ... > 10 (20)	10 ... > 6 (12)		2)
p_H KCl	≥6,0	6,2 ...4,8	5,0 ... 4,0	4,2 ... 3,2	≤ 3,4	≤ 3,2	≤ 3,2	2)

Tab. 3-12: Analytische Merkmale der Humusformen mit Harmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe (aus SEA 95)

1) Der O-Horizont ist bei Magerrohhumus und Hungerrohhumus jeweils dünner als beim (Normal-)Rohhumus der entsprechenden Oberbodenfeuchtestufe.
2) Bei gegenwärtig angewendeten Labormethoden nur über die Bodenvegetation vom Magerrohhumus trennbar

Der Median des Phosphorgehaltes von Braunerden nimmt in der Humuslage vom Mullartigen Moder in Richtung Rohhumus von 0,068 auf 0,042 g/100g Boden ab. In gleicher Richtung verändert sich auch die Verteilung des Phosphors im Mineralboden. Braunerden mit nährstoffreichen Mineralbodenhumusformen weisen aufgrund ihrer höheren Humusgehalte in der Ah-Lage auch höhere Phosphorgehalte im obersten Mineralboden auf. Braunerden mit ungünstigen Auflagehumusformen, wie dem Rohhumus, sind im Mineralboden auffallend phosphorarm.

Phosphorvorrat

Der Phosphorvorrat bis 160 cm Tiefe bewegt sich in den Grenzen zwischen **2,1** und **11 t/ha**. Die untere Grenze der Merkmalsverteilung wird von einem Sand-Saumpodsol auf einer holozänen Düne eingenommen. Die obere Grenze erreicht eine Lehm-Fahlerde in der Jungmoräne. Der Median des Phosphorvorrates aller Profile beträgt 4,7 t/ha.

Fahlerden stellen die phosphorvorratsreichste Bodentypengruppe dar. Im Bodenblock bis 160 cm Tiefe erreichen sie einen mittleren Phosphorvorrat von **6,4 t/ha**. Davon sind 50 **kg**/ha (< 1 %) in der Humuslage und 3,0 t/ha (47 %) in den oberen 80 cm des Mineralbodens zu finden. Sandböden sind phosphorärmer. Der Median des Phosphorvorrates von **Braunerden** bis 160 cm Tiefe liegt bei **4,7 t/ha**. Dieser Vorrat verteilt sich auf die Tiefenbereiche Humusdecke, 0-40 cm und 80-160 cm im Verhältnis von 0,05 : 2,4 : 2,3 t/ha (< 1 : 50 : 49 %). In **Podsolen** und **Gleypodsolen** sind die Phosphorvorräte noch etwas niedriger und liegen bei **3,9** bzw. **4,4 t/ha**. Davon kommen 0,05/0,07 t/ha (1/2 %) in der Humusauflage und 2,2/2,5 t/ha (56/57 %) in 0-80cm Tiefe vor (Abb. 3-48).

C/P-Verhältnis in der Humusdecke

Wie das C/N- gibt das C/P-Verhältnis in der Humusdecke einen Einblick in die biologische Aktivität eines Bodens. Ein enges C/P-Verhältnis gilt als Ausdruck biologisch aktiver Böden und ist meist an Mineralbodenhumusformen gekoppelt. Umsatzschwache Auflagehumusformen sind durch ein weites C/P-Verhältnis gekennzeichnet.

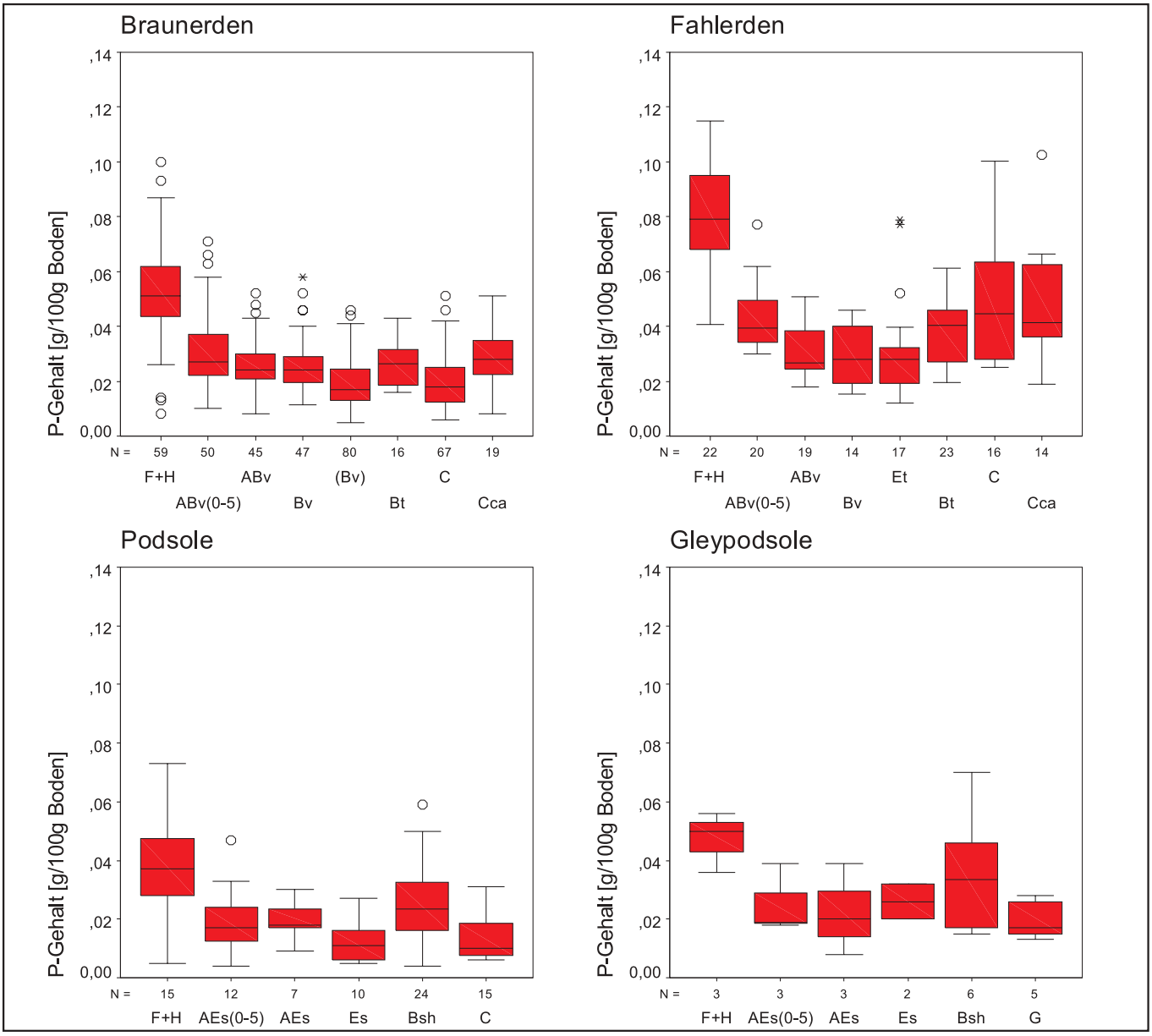


Abb. 3-46: Phosphorgehalt nach Bodentypengruppen im Jahr 1986

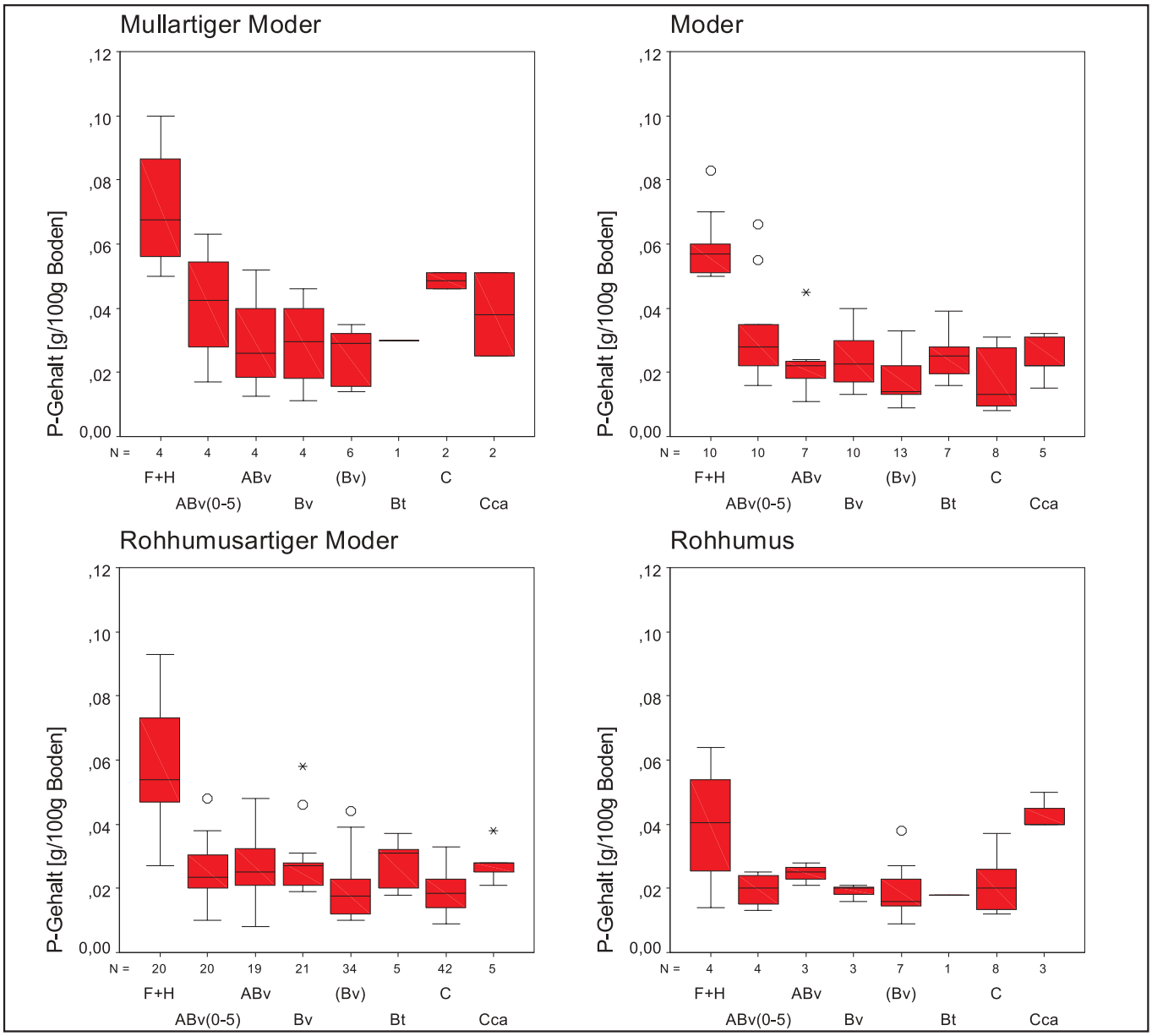


Abb. 3-47: Phosphorgehalt von Braunerden im Jahr 1986, stratifiziert nach Humusformen

In der Stichprobe reicht die Spanne des C/P-Verhältnisses in der Humusdecke von **113** auf einer Lehm-Fahlerde mit der Humusform **Mull** bis **7546** auf einem Sand-Saumpodsol mit der Humusform **Rohhumus**. Der Median des C/P-Verhältnisses in der Humusdecke aller Profile hat einen Wert von 448 und zeigt das Überwiegen biologisch nur mäßig aktiver Auflagehumusformen auf den stark von der Baumart Kiefer geprägten an- und halbhydromorphen Standorte im Land an. Das C/P-Verhältnis der Humuslage ist stratifiziert nach Humusformen unter Auslassung einiger Extremwerte in Abbildung 3-49 dargestellt. Nach dem Median lassen sich die Humusformen eindeutig trennen. In der Merkmalsbreite treten, insbesondere zwischen den Humusformen Moder und Rohhumusartiger Moder, bedeutende Überschneidungen auf.

Ein vergleichsweise loser Zusammenhang besteht nach Abbildung 3-50 zwischen dem C/N- und dem C/P-Verhältnis in der Humusdecke. In der Tendenz steigt zwar mit zunehmendem C/N- auch das C/P-Verhältnis an. Insbesondere mittlere C/P-Verhältnisse können aber mit sehr unterschiedlichen C/N-Verhältnissen kombiniert sein.

3.1.3.1.2 Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium

Gesamtgehaltsbestimmungen dienen dazu, die „nachschaffende Kraft“ des Bodens zu kennzeichnen. Mit Flusssäure wird das Silikatgerüst der Minerale vollständig zerstört und die organische Substanz restlos aufgeschlossen. In der entstehenden Aufschlusslösung werden die enthaltenen Elementkonzentrationen gemessen. Die Ergebnisse vermitteln einen Eindruck darüber, mit welcher Nährstoffnachlieferung aus der Mineralisation der Humusdecke und aus der Verwitterung des Gesteins zu rechnen ist. Die ermittelten Ca-, Mg-, K- und Na-Gesamtvorräte im Mineralboden sind nur extrem langfristig, in ihrer Gesamtheit wahrscheinlich nie vollständig pflanzenverfügbar. Der Flusssäureaufschluss hat die Silikatzählmethode, die bis in die 50er Jahre zur Kennzeichnung der Nährkraft der Böden verwendet wurde, abgelöst.

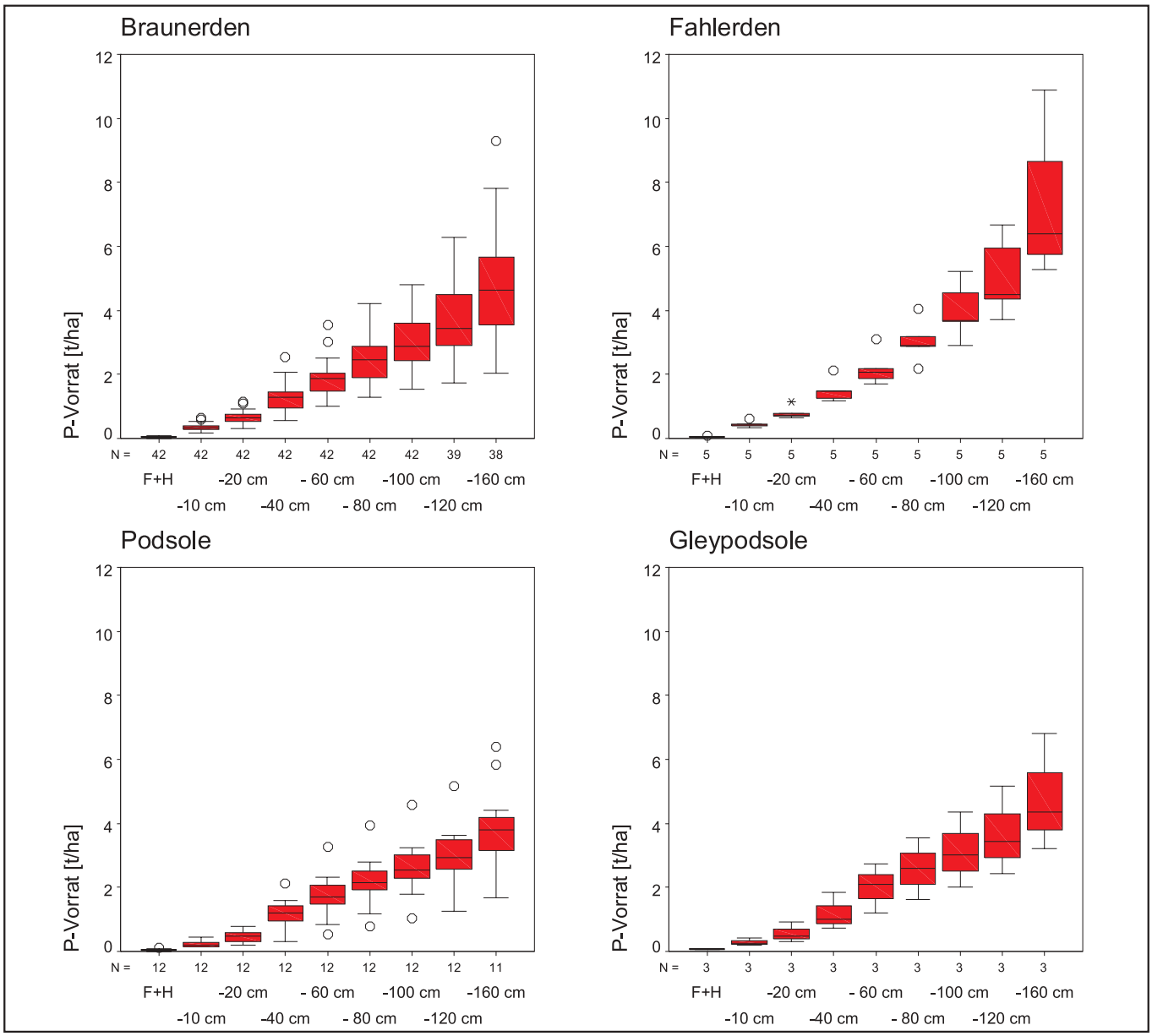


Abb. 3-48: Phosphorvorrat nach Bodentypengruppen im Jahr 1986 (im Mineralboden kumuliert)

In der Standortskartierung werden die Gesamtgehalte an Mg, Ca, K und P zur Ausweisung sog. Nährstoffserien, die die Grundlage für die Bestimmung der Stamm-Nährkraft der meisten anhydromorphen Böden bilden, verwendet.

Gesamtgehaltsbestimmungen der Elemente Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium werden nur bei der Erstanlage der BDF-F durchgeführt; sie liegen für die Elemente Calcium, Magnesium und Kalium nahezu vollständig für das Probenahmejahr 1986 und für die im Jahr 2001 neu angelegten 11 BDF-F vor. Die Natrium-Gesamtgehaltsbestimmung wurde 1986 nur in 175 der 456 Bodenlagen durchgeführt; die nachfolgend dargestellten Ergebnisse für das Element Natrium sind aus diesem Grund weniger aussagefähig.

Calcium

Calcium tritt primär im Boden vor allem in Carbonaten und Silikaten auf. Da die Entkalkung der Bodenbildung vorausgeht, haben Carbonate als Calciumquelle nur noch im Untergrund jungpleistozäner Böden eine größere Bedeutung. Calciumreiche Silikate sind ebenfalls leicht verwitterbar und daher in den von der Bodenbildung beeinflussten Bodenbereichen ebenfalls kaum noch anzutreffen. Der Calciumvorrat je Volumeneinheit Boden nimmt aus diesen Gründen von der Humusdecke in Richtung Untergrund zu (Abb. 3-51).

Biogen wird Calcium in Form von Calciumhumaten im Humus angereichert. Der Calciumgesamtvorrat im Humus stellt aber nur einen verschwindend kleinen Bruchteil des Calciumgesamtvorrates im Boden dar.

Calciumgesamtgehalt

Der Calciumgesamtgehalt an- und semihydromorpher Waldböden liegt zwischen **0,02** und **19,5 g/100g Boden**. Ein Calciumgesamtgehalt von 0,02 g/100g tritt in der Humusdecke eines Podsol-Regosols (Saumpodsols) und in der AEs-Lage verschiedener Podsole auf. Einen Calciumgesamtgehalt von 19,5 g/100g Boden besitzt die Schreibkreide auf der Insel Rügen, die im

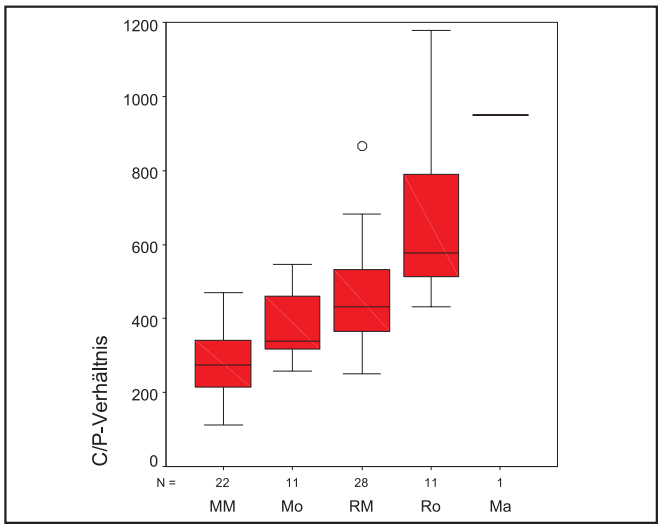


Abb. 3-49: C/P-Verhältnis in der Humuslage, stratifiziert nach Humusformen im Jahr 1986

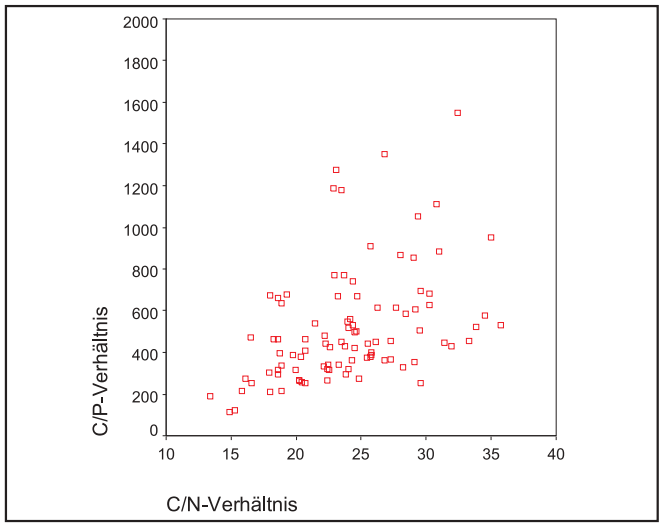


Abb. 3-50: Zusammenhang zwischen dem C/P- und C/N-Verhältnis in der Humuslage

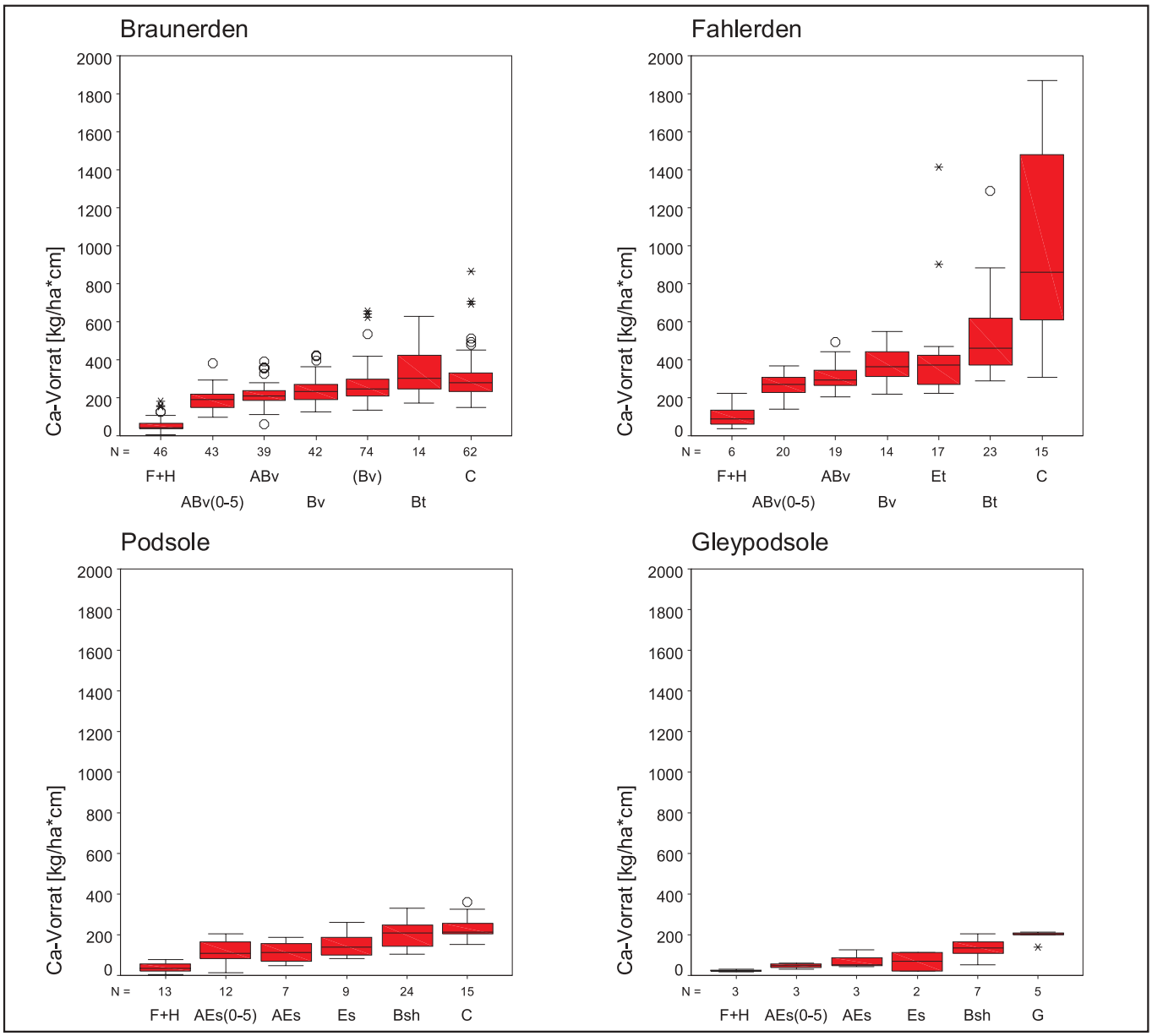


Abb. 3-51: Calciumvorrat je Volumeneinheit Boden (cm/ha) nach Bodentypengruppen

Untergrund einer Fahlerde aufgeschlossen wurde. Den höchsten Calciumgesamtgehalt in einem nicht Carbonat führenden Substrat hat mit 1,0 g/100g Boden die C-Lage einer Tieflehm-Fahlerde. Der mittlere Calciumgesamtgehalt (Median) über alle Bodenlagen beträgt 0,2 g/100g Boden.
Die Bodentypengruppen weisen erhebliche Unterschiede in ihrem Calciumgesamtgehalt auf (Abb. 3-52), die offenbar vor allem vom primären Silikat- und Carbonatbestand des Ausgangssubstrates der Bodenbildung verursacht werden. Sedimente mit langem glazifluviatilen Transportweg und hohem Sortierungsgrad sind im Allgemeinen calciumarm, unmittelbar aus der Moräne abgesetzte Sedimente demgegenüber calciumreich. Mit weitem Abstand treten die höchsten Calciumgesamtgehalte von 1,3 bzw. 4,4 g/100g Boden in den kalkführenden Cca-Lagen der Braun- und Fahlerden auf. Auch Humuslagen haben aufgrund ihres geringen spezifischen Gewichtes und des damit bei Massebezug verbundenen hohen Volumens etwas höhere Calciumgesamtgehalte.
Fahlerden entstehen auf wenig sortiertem Moränenschutt, der primär silikatreich und kalkhaltig ist. Ihr Calciumgesamtgehalt liegt weit über dem der Sandböden bei im Mittel um 0,25 g/100g Boden im Oberboden. Mit Einsetzen des Lehmes steigt der Calciumgesamtgehalt der Fahlerden im Bt-Horizont auf 0,3 g/100g Boden bzw. 0,4 g/100g in unverwitterten C-Lagen an. **Braunerden** sind im Durchschnitt silikatreicher als Podsole und deutlich silikatärmer als Fahlerden. Ihr Calciumgesamtgehalt liegt im Oberboden etwas unterhalb von 0,2 g/100g Boden. In den Lehmbändern und im unverwitterten Untergrund tritt im Mittel ein etwas höherer Calciumgesamtgehalt von über 0,2 g/100g Boden auf. Calciumarm sind **Podsole und Gleypodsole**. Im Oberboden bewegen sich deren Calciumgesamtgehalte um 0,1 g/100g Boden und nehmen auch im Untergrund nur schwach, auf im Mittel 0,15 g/100g Boden, zu.

Calciumgesamtvorrat

Die Spanne des Calciumgesamtvorrates im Bodenblock bis 160 cm Tiefe reicht von **21 t/ha** in einer altpleistozänen, tief entkalkten Braunerde bis **8626 t/ha** in einer Grobsand-Braunerde mit hoch anstehendem Kalk. Im Mittel (Median) aller an-und

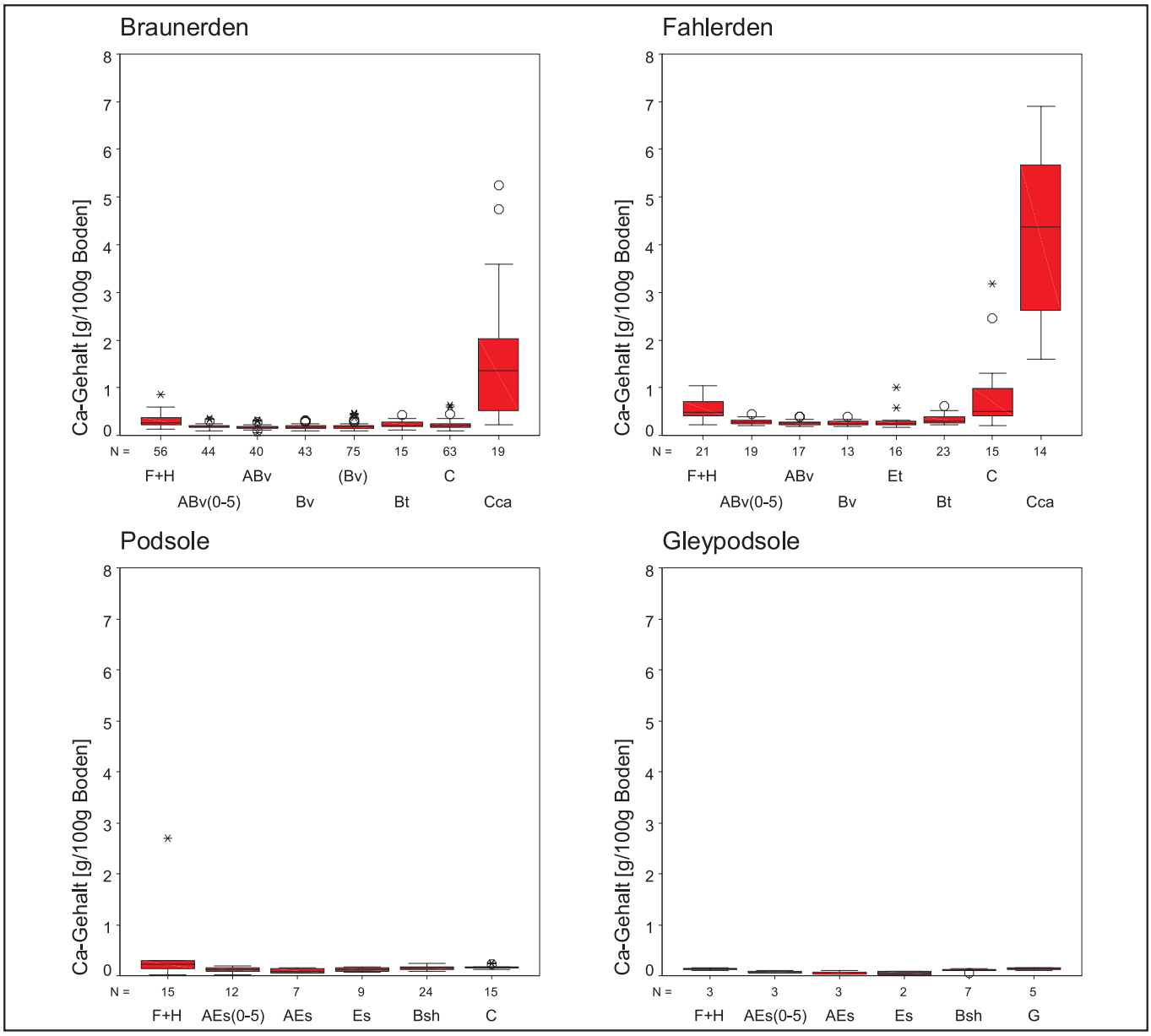


Abb. 3-52: Calciumgesamtgehalt nach Bodentypengruppen

halbhydromorpher Böden kommen bis 160 cm Tiefe 43 t/ha Gesamtcalcium vor. Davon treten in der Humuslage 0,2 t/ha (< 1 %), bis 80 cm Tiefe 19 t/ha (44 %) und im Bodenblock 80-160 cm 24 t/ha (56 %) auf.

Nach dem Calciumgesamtvorrat lassen sich Bodentypengruppen sandiger und lehmiger Substrate unterscheiden (Abb. 3-53). **Fahlerden** haben einen hohen Calciumgesamtvorrat von im Mittel (Median) **297 t/ha** bis 160 cm Tiefe, der sich wie folgt auf die Tiefenstufen verteilt: Humuslage 0,2 t/ha (< 1 %), bis 80 cm 37 t/ha (13 %) und ab 80 bis 160 cm 260 t/ha (87 %). Der stärkste Vorratsanstieg erfolgt in den überwiegend Geschiebemergel führenden Bodenlagen unterhalb von 80 cm Tiefe. Braunerden, Podsole und Gleypodsole, als Vertreter der Bodentypengruppe sandiger Substrate, sind deutlich calciumärmer als Fahlerden. Der mittlere Calciumgesamtvorrat von **Braunerden** beträgt bis 160 cm Tiefe **44 t/ha**, der von **Podsolen und Gleypodsolen 34** bzw. **28 t/ha** und der Vorratsanstieg in Richtung Untergrund fällt wesentlich gleichmäßiger als im lehmigen Substrat der Fahlerden aus. Nicht ganz die Hälfte des Calciumgesamtvorrates befindet sich im Tiefenbereichen oberhalb von 80 cm. In Braunerden variieren die Vorräte etwas stärker. Braunerden auf Moränen- und moränennahen Sanderstandorten haben höhere Calciumgesamtvorräte, und der Schwerpunkt des Vorrates liegt deutlicher im Untergrund als in Braunerden auf moränenfernen Sanden oder in Podsolen und Gleypodsolen.

Magnesium

Magnesium entstammt in Waldböden denselben Quellen wie Calcium. Carbonate erhöhen den Magnesiumgesamtgehalt aber nur mäßig. Eine viel stärkere positive Wirkung ruft ein hoher Schluff- oder Tongehalt hervor. Im Mittel ist der Magnesiumgesamtgehalt an- und halbhydromorpher Waldböden in Mecklenburg-Vorpommern nur halb so hoch wie der Calciumgesamtgehalt. In der Humusdecke ist der Magnesiumgesamtgehalt besonders niedrig.

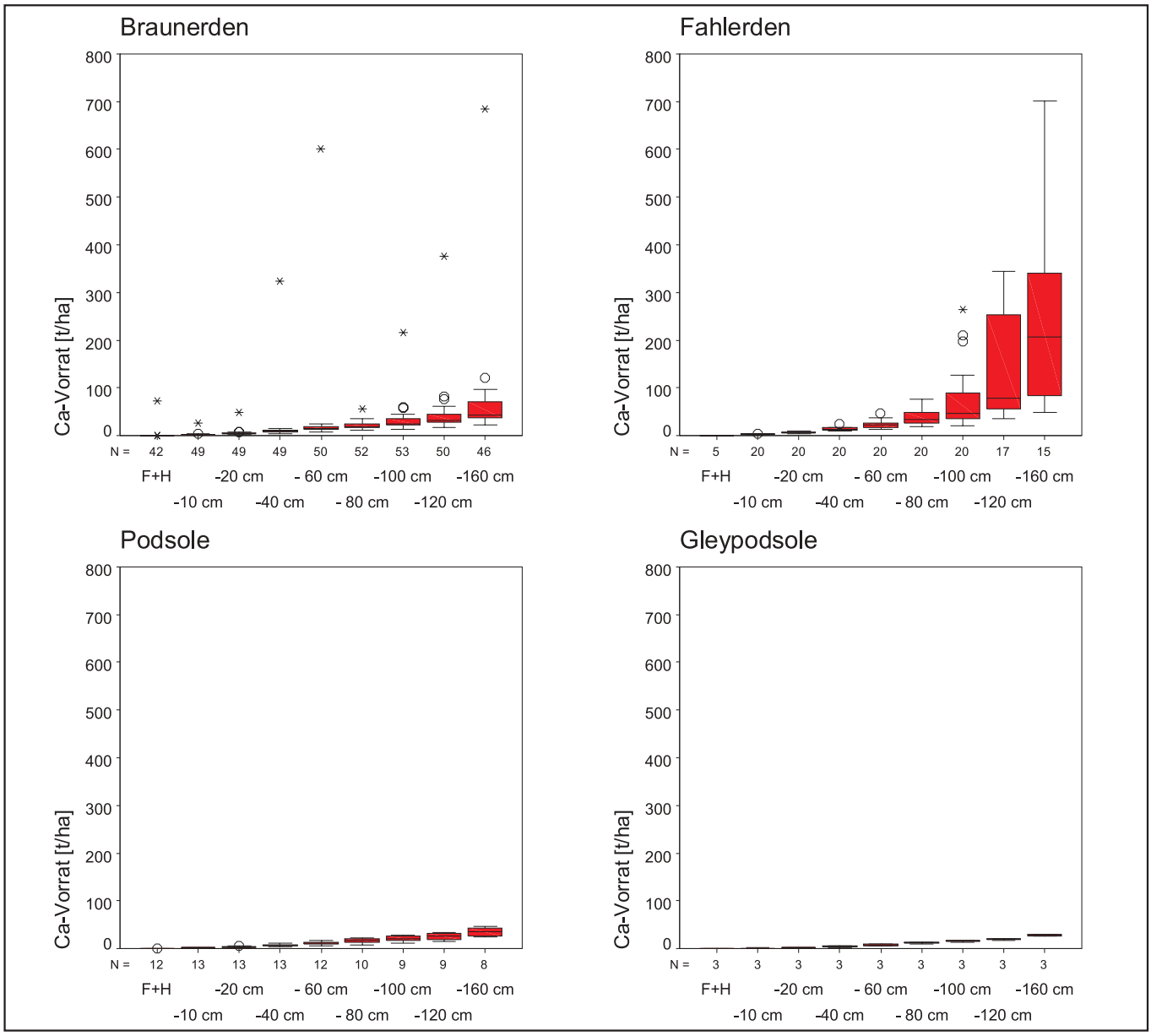


Abb. 3-53: Calciumvorrat nach Bodentypengruppen (im Mineralboden kumuliert)

Magnesiumgesamtgehalt

Die Spanne der Magnesiumgesamtgehalte setzt ein mit **0,02 g/100g Boden** in der Ah-Lage einer erodierten Braunerde (Rumpfrosterde) und endet mit **1,09 g/100g Boden** im Bt-Horizont einer Lehm-Fahlerde. Der mittlere Magnesiumgesamtgehalt über alle Bodenlagen beträgt 0,09 g/100g Boden. Humusdecken haben, mit Ausnahme der Podsole, niedrigere Mg-Gehalte als Mineralbodenlagen. Auch Mineralbodenlagen aus reinem Sand sind sehr magnesiumarm. Auffallend magnesiumreich sind die Bt-Lagen der Braun- und Fahlerden (0,23 und 0,29 g/100g Boden).

Die Unterschiede innerhalb der Bodentypengruppen sind beachtlich (Abb. 3-54). **Podsole** und **Gleypodsole** sind aufgrund ihres sandigen, silikatarmen Substrates und der fortgeschrittenen Silikatverwitterung sehr magnesiumarm. Oberhalb des Anreicherungshorizontes wird ein Median des Magnesiumgesamtgehaltes von 0,05 g/100g Boden nicht überschritten. Erst im Anreicherungs-, C- bzw. G-Horizont liegen die Magnesiumgesamtgehalte geringfügig oberhalb dieser Schwelle. **Braunerden** weisen über alle Lagen hinweg im Mittel höhere Mg-Gehalte als Podsole auf. Der Magnesiumgesamtgehalt aller sandgeprägten Bodenlagen bleibt im Mittel aber unterhalb von 0,1 g/100g Boden. Der Magnesiumgesamtgehalt der meist schon in der Decke anlehmigen, häufig auch lehmigen **Fahlerden** liegt weit über dem Magnesiumgesamtgehalt sandgeprägter Bodentypengruppen. Mit einem mittleren Magnesiumgesamtgehalt um 0,2 g/100g Boden ist deren Magnesiumgesamtgehalt doppelt so hoch wie der der Braunerden. Im Bt- und C-Horizont der Fahlerden sind die höchsten Magnesiumgesamtgehalte innerhalb der gesamten Stichprobe von im Mittel um 0,4 g/100g Boden zu finden.

Magnesiumgesamtvorrat

Den niedrigsten Magnesiumgesamtvorrat bis 160 cm Bodentiefe hat eine stark podsolierte Sand-Braunerde auf einer Altdüne mit **7 t/ha**. Der höchste Magnesiumgesamtvorrat bis 160 cm Bodentiefe tritt mit **169 t/ha** in einer Lehm-Fahlerde mit lehmigem Ton im Untergrund auf. Der Median des Magnesiumgesamtvorrates aller Profile bis 160 cm Bodentiefe beträgt **23 t/ha**. Davon tritt in der Humuslage ein Magnesiumgesamtvorrat von 0,07 t/ha (< 0,01 %) auf. Bis 80 cm Bodentiefe nimmt der Magnesiumgesamtvorrat um weitere 10 t/ha (43 %) zu. Im Bodenblock 80 bis 160 cm Tiefe findet dann nochmals ein Magnesiumgesamtvorratsanstieg von 13 t/ha (57 %) statt.
Im Magnesiumgesamtvorrat sind, wie beim Calciumgesamtvorrat, bedeutende Unterschiede innerhalb der Bodentypengruppen feststellbar (Abb. 3-55), die auf ähnliche Ursachen zurückzuführen sind. **Fahlerden** haben tonreiche Substrate. Ihr Magnesiumgesamtvorrat ist der höchste aller Bodentypengruppen und liegt im Mittel bis 160 cm Bodentiefe bei **87 t/ha**. Davon tritt in der Humuslage ein Magnesiumgesamtvorrat von 0,06 t/ha (< 0,01 %) auf. Bis 80 cm Bodentiefe findet ein Magnesium-Gesamtvorratsanstieg um noch einmal 38 t/ha (44 %) statt. Im Bodenblock 80 bis 160 cm Tiefe steigt der Magnesiumgesamtvorrat dann um 49 t/ha (56 %) an. Sandige Substrate sind wesentlich magnesiumärmer. In Braunerden, Podsolen und Gleypodsolen liegt der Median des Magnesiumgesamtvorrates bei **23 t/ha** bzw. **13/20 t/ha.** Der Vorratsanstieg verläuft flacher als auf Lehmstandorten, und die Merkmalsbreite fällt in allen Tiefenstufen, besonders bei den Podsolen und Gleypodsolen, sehr schmal aus. Die Relation der Magnesiumgesamtvorräte im Tiefenbereich ober- und unterhalb von 80 cm Bodentiefe beträgt bei Braunerden 47:53 % und bei Podsolen sowie Gleypodsolen 44:56 %. Braunerden auf Moränenstandorten mit lehmigen Bändern oder carbonatführendem Untergrund zeichnen sich durch einen überdurchschnittlich hohen Magnesiumgesamtvorrat aus, der mit einem hohen Anteil im Untergrund zu finden ist.

Kalium

Kalium zeigt in seinem Auftreten im Waldboden auf höherem Werteniveau eine gewisse Übereinstimmung mit dem Auftreten des Magnesiums. Es kommt in Humusdecken und in podsolierten, sandigen Mineralböden in sehr niedrigem Gehalt vor. Hohe Gehalte erreichen schluff- und tonreiche Bodenlagen, wie Bt-Horizonte der Braun- und Fahlerden und lehmig/tonige C-Lagen der Fahlerden.

Die Kaliumgehalte sind im Mittel 10-mal höher als die des Magnesiums und 5mal höher als die des Calciums. Wichtige Kaliumquellen sind Tonminerale und einige schwerer verwitterbare Silikate. Carbonate spielen als Kaliumlieferanten kaum eine Rolle.

Kaliumgehalt

Die Spanne der Kaliumgesamtgehalte reicht von **0,22** bis **2,44 g/100g Boden**. 0,22 g Kalium je 100g Boden hat ein Podsol im Humus-Horizont. 2,44 g Kalium/100g Boden erreicht ein C-Horizont einer Fahlerde aus schluffigem Ton. Über alle Bodenlagen hinweg beträgt der mittlere Kaliumgesamtgehalt 0,95 g/100g Boden.

Zwischen den Bodentypengruppen sind beachtliche Unterschiede in Kaliumgesamtgehalt zu verzeichnen (Abb. 3-56). **Fahlerden** sind kaliumreich. Bereits im meist anlehmigen oder lehmigen Oberboden werden Kaliumgesamtgehalte von im Mittel um 1,5 g/100g Boden erreicht. Im lehmigen Untergrund nehmen diese auf 1,75 g/100g Boden zu. **Podsole** und **Gleypodsole** sind ausgesprochen kaliumarm. In den podsolierten, tonarmen Sanden des Oberbodens sind offenbar auch schwer verwitterbare, kaliumhaltige Silikate weitgehend mineralisiert. Die Kaliumgesamtgehalte bewegen sich dort im Mittel zwischen 0,6 und 0,8 g/100g Boden und nehmen erst im Anreicherungshorizont und in den von der Bodenbildung nicht beeinflussten C- bzw. G-Lagen auf 0,9 bzw. 0,8 g/100g Boden zu. **Braunerden** nehmen hinsichtlich des Kaliumgesamtgehaltes eine Mittelstellung ein. Im gesamten Mineralbodenprofil mit Ausnahme der Bt-Lage liegt der Median des Kaliumgesamtgehaltes um 1,0 g/100g Boden. Die Bt-Lage ist mit 1,32 g/100g Boden kaliumreicher.

Kaliumgesamtvorrat

Das obere und untere Ende der Merkmalsspanne des Kaliumgesamtvorrates bis 160 cm Bodentiefe bilden eine erodierte Grobsand-Braunerde auf altpleistozänem Sand mit **131 t/ha** und eine Lehm-Fahlerde mit lehmigen Ton im Untergrund mit **478 t/ha** Kaliumgesamtvorrat. Im Mittel aller Profile haben an- und halbhydromorphe Böden bis 160 cm Tiefe einen Kaliumgesamtvorrat von 224 t/ha. Weniger als 0,48 t/ha (0,01 %) dieses Vorrates kommen in der Humusdecke vor. Bis 80 cm Bodentiefe erhöht sich der Kaliumgesamtvorrat um weitere 108 t/ha (48 %). Mit 116 t/ha (52 %) hat der Bodenblock 80 bis 160 cm Tiefe den höchsten Kaliumgesamtvorratsanteil im Profil.

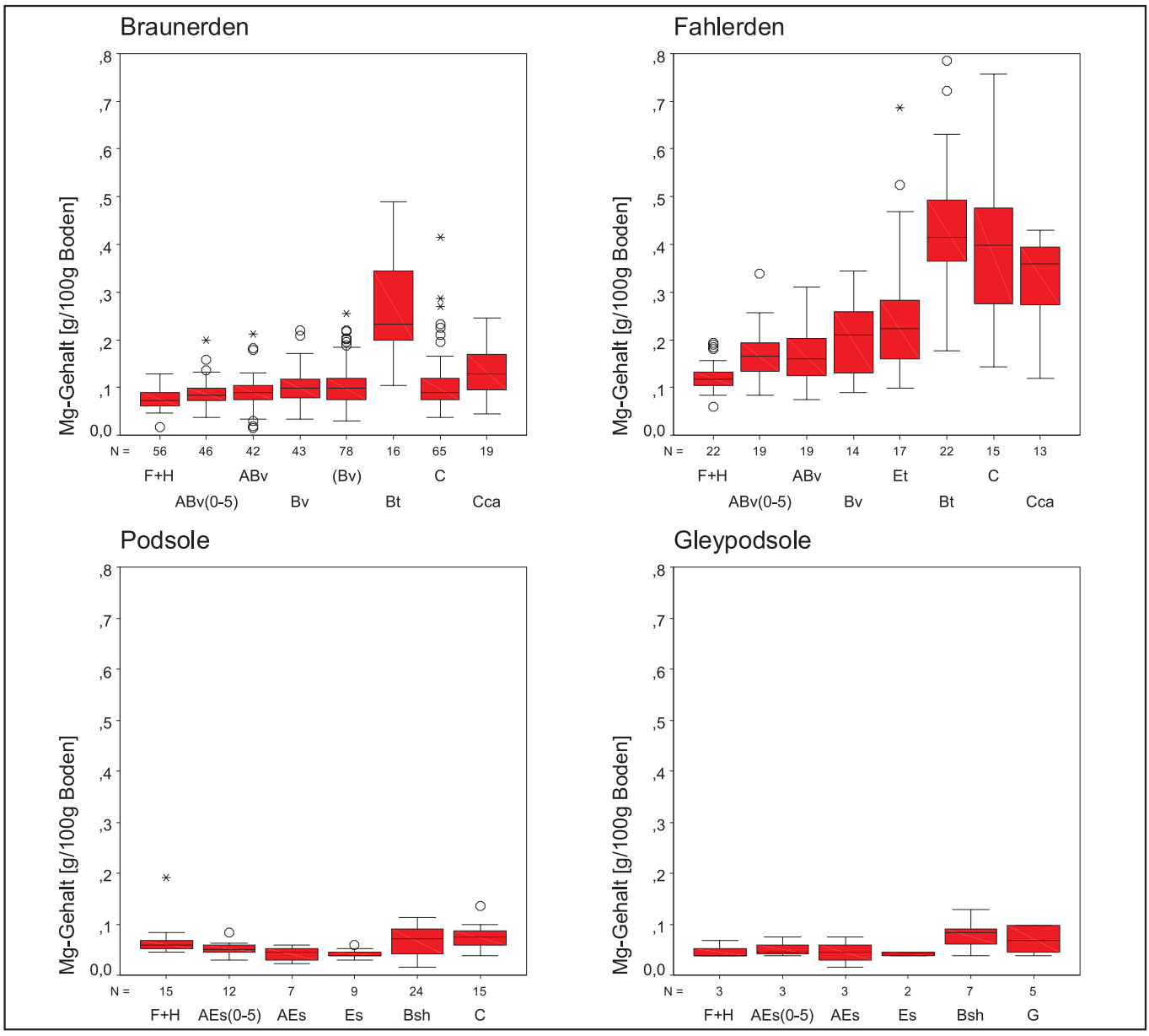


Abb. 3-54: Magnesiumgesamtgehalt nach Bodentypengruppen

Es bestehen erhebliche Unterschiede in der Kaliumausstattung der Bodentypengruppen (Abb. 3-57). Die relativen Unterschiede sind aber nicht so stark wie bei den Elementen Calcium und Magnesium. **Fahlerden** sind innerhalb der Stichprobe die kaliumreichsten Böden. Bis 160 cm Tiefe weisen sie einen Kaliumgesamtvorrat von **420 t/ha** auf, der zu 49 % (205 t/ha) im Bodenblock 80-160 cm Tiefe anzutreffen ist. Wenig Kalium tritt in **Podsolen** und **Gleypodsolen** auf. Der Kaliumgesamtvorrat beträgt hier **204** und **206 t/ha**, wovon 94 und 92 t/ha (46 und 45 %) im Bodenblock 80-160 cm Tiefe festgelegt sind. Der Kaliumgesamtvorrat von **Braunerden** liegt mit **227 t/ha** im Bodenblock 0-160 cm Tiefe deutlich unterhalb des Kaliumgesamtvorrates von Fahlerden und nur mäßig über dem der Podsole und Gleypodsole. 108 t/ha (48 %) des Kaliumgesamtvorrates sind in den oberen 80 cm von Braunerden zu finden. Der Gradient des Vorratsanstieges hat in Braunerden, Podsolen und Gleypodsolen einen ähnlichen Verlauf. In Fahlerden fällt er steiler aus.

Natrium

Natrium liegt im Boden primär in natriumhaltigen Silikaten, wie beispielsweise dem Kalknatronfeldspat (Plagioklas), vor. Der Natriumgesamtgehalt bewegt sich in den Grenzen zwischen **0,08** und **0,95 g/100g Boden**. Der Maximal- und Minimalwert werden in einem Profil erreicht. Ein Anmooramphistaugley weist im H-Horizont den Minimalwert und im Go-Horizont den Maximalwert auf. Auf anhydromorphen Böden liegt die Wertespanne zwischen **0,13** und **0,81 g/100g Boden** in der Humusdecke einer Braunerde und dem Bt-Horizont einer Fahlerde. Der mittlere Natriumgehalt über alle Bodenlagen beträgt 0,48 g/100g Boden. In Abbildung 3-58 ist der Natriumgesamtgehalt für die Bodentypengruppe der Braunerden und Podsole dargestellt. Für die zwei anderen Bodentypengruppen sind zu wenige Daten verfügbar.

Der **Natriumvorrat** bis 160 cm Tiefe liegt in der untersuchten Stichprobe zwischen **60** und **188 t/ha**. Im Mittel (Median) über alle analysierten Profile tritt ein Natriumvorrat von 110 t/ha

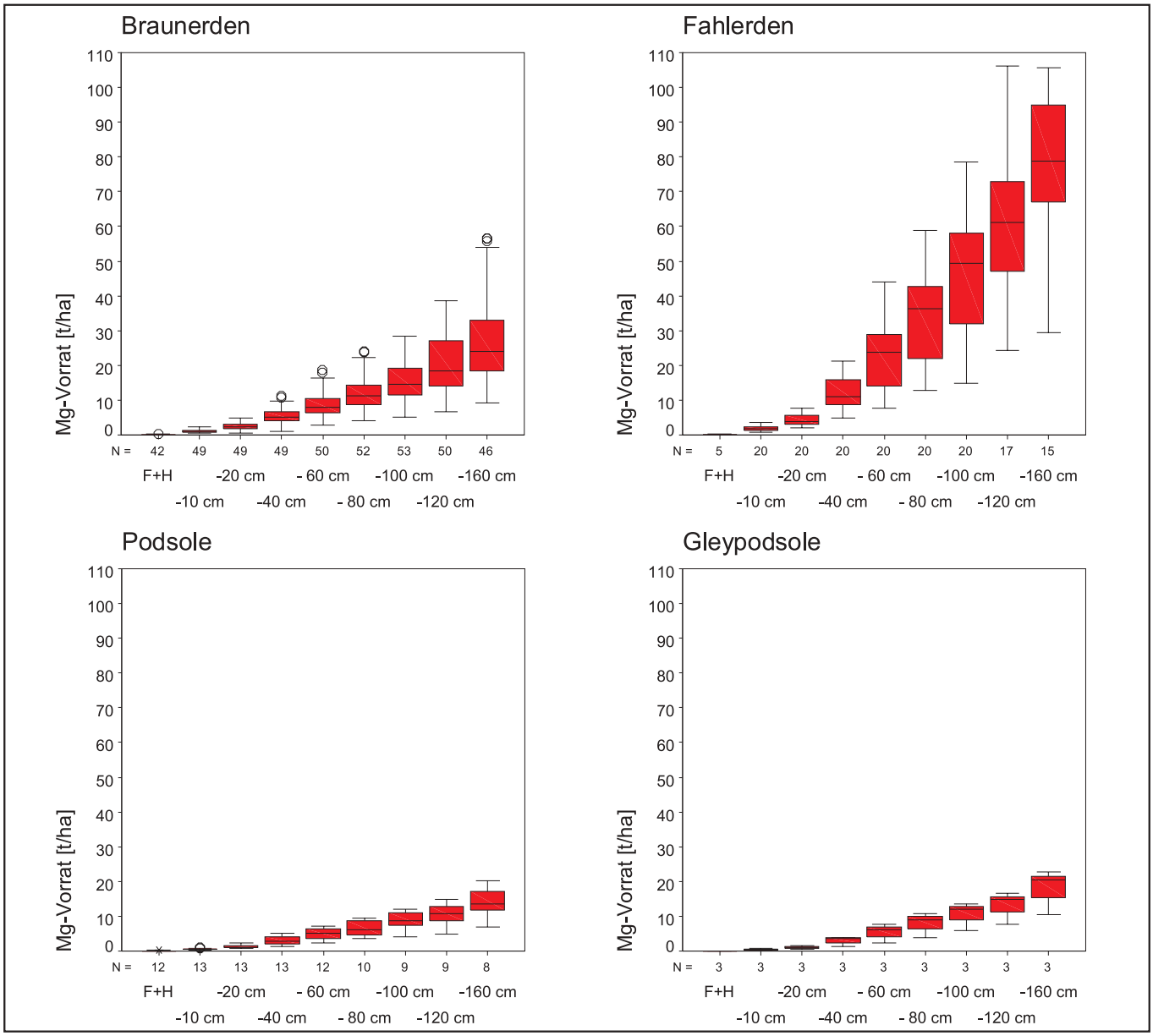


Abb. 3-55: Magnesiumvorrat nach Bodentypengruppen (im Mineralboden kumuliert)

auf, der sich wie folgt verteilt: < 0,3 t/ha (0,1 %) in der Humuslage, 49,6 t/ha (45 %) bis in 80 cm Tiefe und 60 t/ha (55 %) bis in 160 cm Tiefe.

3.1.3.2 Pflanzenverfügbare Gehalte und Vorräte

Durch schonende Bodenaufschlüsse mit Ammonium- oder Calciumchloridlösungen (vgl. S. 15) werden die leicht löslichen, unmittelbar am Kationenumtausch beteiligten Ionen des Bodens von den Austauschern extrahiert und anschließend in der Aufschlusslösung gemessen. Die ermittelten Gehalte dienen der Kennzeichnung des unmittelbar pflanzenverfügbaren Nährstoffpools sowie der Darstellung des quantitativen Ausmaßes der Kationensäurenfreisetzung.

3.1.3.2.1 Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium

Die pflanzenverfügbaren Gehalte an Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Boden liegen weit unter den Gesamtnährstoffgehalten. Die Relation zwischen dem pflanzenverfügbaren Gehalt und dem Gesamtnährstoffgehalt beträgt im Mittel beim Calcium 1:33, beim Magnesium 1:127, beim Kalium 1:476 und beim Natrium 1:533. In der sich aufweitenden Spanne zwischen dem pflanzenverfügbaren Gehalt und dem Gesamtgehalt kommt u. a. das unterschiedliche Sorptionsverhalten der einzelnen Ionen im Boden zum Ausdruck (vgl. S. 26 bis 32). Besonders einwertige Ionen werden nach ihrer Freisetzung aus dem Silikatbestand des Bodens rasch in Richtung Untergrund ausgewaschen. Die Relation zwischen dem Gesamtnährstoffgehalt und dem pflanzenverfügbaren Gehalt ist in unterschiedlichen Horizonten nicht einheitlich; in der Humusdecke und in Bt-Lagen von Braun- und Fahlerden ist sie besonders eng, in Bv-, (Bv)- und Et-Lagen sowie im Untergrund der Podsole und Gleypodsole vergleichsweise weit.
Die löslichen Gehalte der Neutralkationen Calcium, Magnesium und Kalium wurden bei der Erstaufnahme und den zwei Wiederholungen nahezu vollständig an allen entnommenen Bodenproben bestimmt. Einschränkungen existieren beim Element Natrium. Dieses Element wurde 1986 nur in 185 von 471 Proben gemessen.

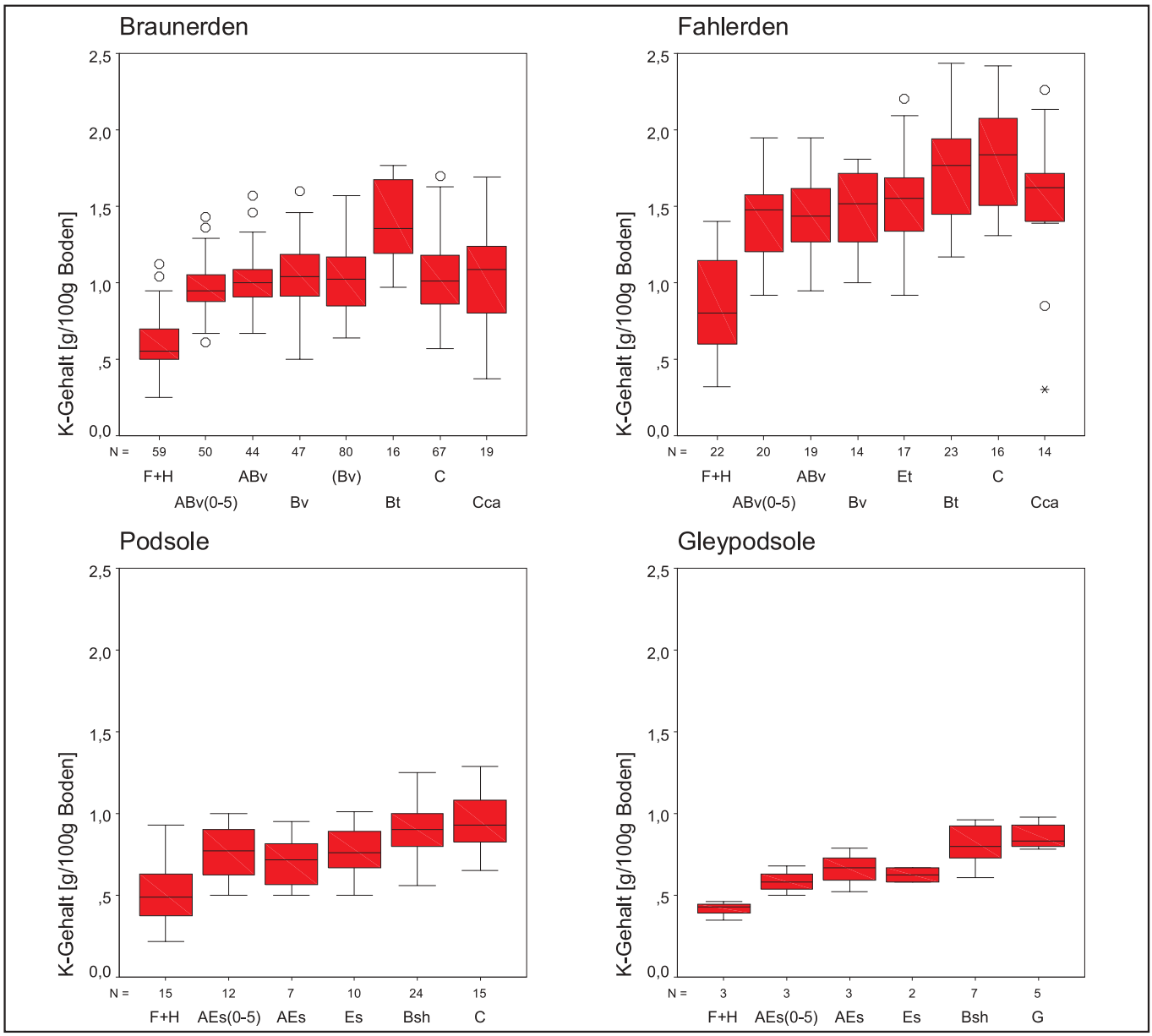


Abb. 3-56: Kaliumgesamtgehalt nach Bodentypengruppen

Calcium

Calcium ist mengenmäßig das wichtigste Neutralkation im Boden. Die löslichen Ca-Gehalte sind im Mittel 8-mal höher als die löslichen Mg-Gehalte, 3-mal höher als die löslichen K-Gehalte und 7-mal höher als die löslichen Na-Gehalte.

Calciumgehalt

Die Spannweite des Calciumgehaltes reicht von **0,2** bis **606 mg/100g Boden**. Den niedrigsten Gehalt hat eine Sand-Braunerde in der C-Lage mit 0,2 mg/100g Boden. Den höchsten Gehalt weist mit 606 mg/100g Boden die Humuslage einer Bändersand-Braunerde auf. Über alle Bodenlagen hinweg liegt der Median des Calciumgehaltes bei 6,2 mg/100g Boden.
Die Bodentypengruppen sind sehr unterschiedlich mit Calcium ausgestattet (Abb. 3-59). Die Unterschiede konzentrieren sich vor allem auf den Calciumgehalt der Humuslagen und den Untergrund. **Im Oberboden sind die Calciumgehalte aller Bodentypengruppen, auch die der Fahlerden, mit < 5 mg/100g Boden ähnlich niedrig.** Eine Ausnahme stellen die ABv-Lagen der Fahlerden in 0-5 cm Tiefe mit ihren relativ hohen Humusgehalten dar. Deren Calciumgehalte liegen im Mittel (Median) bei 29 mg/100g Boden. Die Unterschiede im Calciumgehalt der Humusdecken resultieren aus den Humusformen, die sich auf den Böden herausgebildet haben. Nährstoffreichere Mineralbodenhumusformen, wie Mull oder Mullartiger Moder, weisen höhere Calciumgehalte auf als nährstoffarme Auflagehumusformen, wie z. B. der Rohhumus. Aus diesem Grund fällt der Calciumgehalt in der Humuslage der Fahlerden im Mittel etwa doppelt so hoch aus wie der der Braunerden und Podsole. Die Spannweite des Calciumgehaltes in der Humusdecke der Braunerden ist aus diesem Grund auch wesentlich breiter als die von Podsolen. Im Untergrund hängt der Calciumgehalt der Bodentypengruppen vor allem vom Vorhandensein von Carbonat und vom Sorptionsvermögen der Böden ab. Carbonat bzw. auch die Nähe von Carbonat (mit Salzsäure im Gelände nicht nachweisbar) führt zu hohen Calciumgehalten. Eine ähnliche Wirkung entfaltet ein hohes Sorptionsvermögen. Sorbtionsstarke Böden widerstehen der Calciumauswaschung länger als

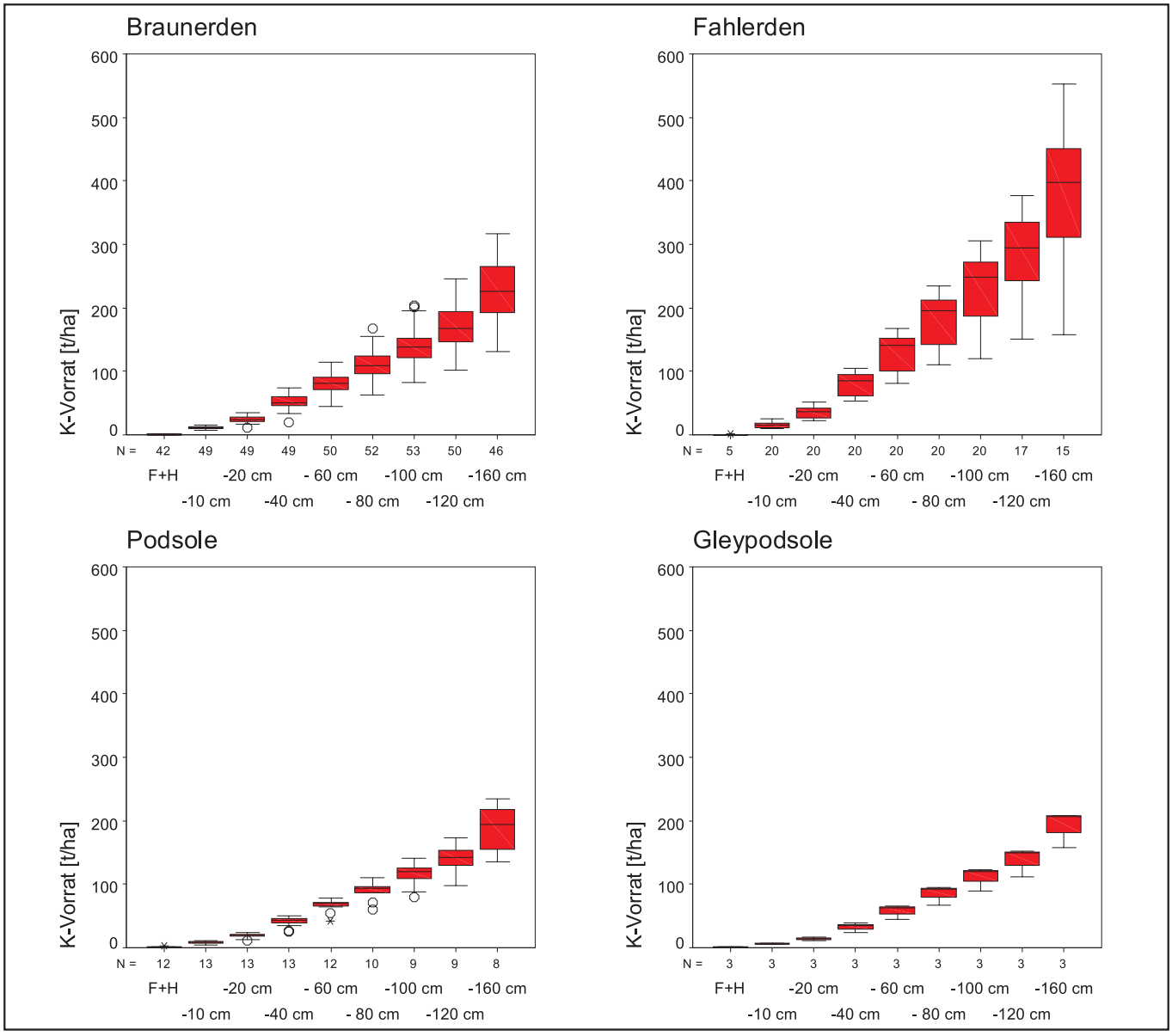


Abb. 3-57: Kaliumvorrat nach Bodentypengruppen (im Mineralboden kumuliert)

sorptionsschwache Böden. **Fahlerden** erreichen daher in den Bt- und C-Lagen Spitzengehalte von im Mittel (Median) 91 bzw. 156 mg/100g Boden. Im Gegensatz dazu stehen die Calciumgehalte der **Podsole und Gleypodsole**, die bis in den Untergrund hinein calciumarm sind. Die relativ höchsten Ca-Gehalte haben Podsole und Gleypodsole in der Humusdecke. **Braunerden** ähneln im Calciumgehalt mehr Podsolen und Gleypodsolen als Fahlerden. 32 % aller Braunerden haben im Untergrund ähnlich niedrige Calciumgehalte wie die Podsole (< 1 mg/100g Boden). Weitere 34 % aller Braunerden (gesamt: 66 %) kommen im Untergrund nicht über einen Calciumgehalt von 5 mg/100g Boden hinaus. Die Neutralkationenauswaschung ist in diesen Braunerden bis in den Untergrund hinein fortgeschritten. Ein weiteres Drittel aller Braunerden ist im Untergrund gut bis sehr gut mit Calcium ausgestattet. In diesen Braunerden steht Carbonat entweder im aufgeschlossenen Profil an oder aber folgt unmittelbar darunter. Daneben verfügen Bändersand-Braunerden in den Lehmbändern über höhere Calciumgehalte (Median: 36 mg/100g Boden).

Calciumvorrat

Der Calciumvorrat an- und semihydromorpher Böden in Mecklenburg-Vorpommern bis 160 cm Tiefe liegt innerhalb der Grenzen von **244 kg/ha** und **45,8 t/ha**. Den niedrigsten Vorrat hat eine jungpleistozäne Sand-Braunerde, den höchsten Vorrat weist eine Tieflehm-Fahlerde auf. Der Median des Calciumvorrates aller Profile bis 160 cm Tiefe beträgt 1,5 t/ha. 120 kg/ha (8 %) dieses Vorrates treten in der Humuslage, 226 kg/ha bis 80 cm (15 %) und 1154 kg/ha (77 %) in 80 bis 160 cm Bodentiefe auf.

Die Bodentypengruppen haben sehr unterschiedliche Calciumvorräte und Tiefenverläufe des Calciumvorrates (Abb. 3-60). **Fahlerden** mit ihren lehmigen, im Untergrund meist carbonatführenden Substraten haben hohe Calciumvorräte von im Mittel **31 t/ha** bis 160 cm Tiefe. Im Oberboden, der den Hauptwurzelraum bildet, verläuft der Anstieg des Calciumvorrates in Richtung Untergrund aber ähnlich verhalten wie in den Sandböden. Erst mit Einsetzen des Lehmes nimmt ab etwa 80 cm Tiefe der Calciumvorrat kräftig zu. Dies kommt u. a. in der

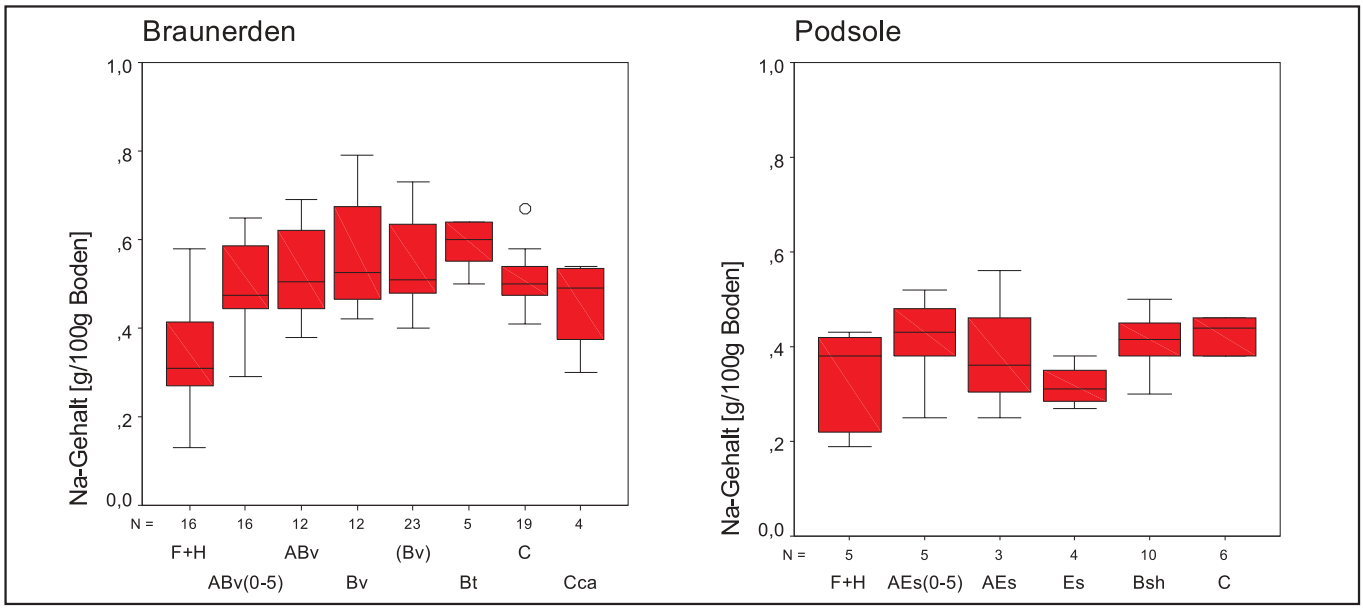


Abb. 3-58: Natriumgesamtgehalt nach Bodentypengruppen

Relation aus dem Calciumvorrat ober- und unterhalb von 80 cm Bodentiefe zum Ausdruck. 84 % des löslichen Calciumgesamtvorrates befinden sich im Bereich von 80-160 cm Tiefe. Daneben sind die Vorratsunterschiede innerhalb der Bodentypengruppe der Fahlerden beachtlich. Ein Viertel aller Fahlerden hat bis 160 cm Tiefe einen Calciumvorrat von weniger als 12 t/ha (1. Quartil). Ein weiteres Viertel weist Calciumvorräte von über 37 t/ha (3. Quartil) auf. Sandböden sind schon allein aufgrund ihres geringeren Sorptionsvermögens wesentlich calciumärmer. Der Calciumvorrat von **Podsolen** und **Gleypodsolen** beträgt im Mittel (Median) nur **438 bzw. 490 kg/ha**. Die Verteilung im Profil ist der der Fahlerden entgegengesetzt. Nur 124/88 kg/ha (29/18 %) des Calciumvorrates sind im Tiefenbereich 80-160 cm zu finden. Die Hauptcalciumvorräte der Podsole und Gleypodsole sind in der Humusdecke und im humosen Oberboden gespeichert. In 44 % aller Fälle haben **Braunerden** keinen höheren Calciumvorrat als Podsole. Im Mittel liegt der Calciumvorrat bis 160 cm Tiefe mit **624 kg/ha** aber über dem der Podsole. Die Spanne des Calciumvorrates von Braunerden fällt vergleichsweise weit aus. 25 % aller Braunerden haben weniger lösliches Calcium als 317 kg/ha (1. Quartil) und weitere 25 %, insbesondere Braunerden mit Carbonat im Untergrund, mehr als 4,5 t/ha (3. Quartil). In Braunerden treten drei Verteilungstypen auf: Carbonatführende Braunerden ähneln in der Vorratsverteilung Fahlerden. Tiefgründig saure Braunerden verhalten sich wie Podsole, und eine Dritte Gruppe lässt eine ausgeglichene Vorratsverteilung erkennen.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

In Tabelle 3-13 sind die Veränderungen für den Calciumvorrat im Beobachtungszeitraum ausgewiesen. Signifikante Mittelwertsdifferenzen im Calciumvorrat treten in der Humuslage auf. Hier sind die Vorräte von 1986 zu 2001 jeweils um 39 kg/ha angestiegen. Dieser Vorratsanstieg resultiert vermutlich aus einer Umverteilung des löslichen Calciums aus dem Mineralboden in die Humusdecke. Mit der Humusanreicherung oberhalb des Mineralbodens (vgl. S. 55 u. 57) wurden offenbar auch bedeutende Calciummengen in der Humusauflage der Waldböden festgelegt.

Magnesium

Magnesium ist das Neutralkation, das im Boden in der niedrigsten Massenkonzentration auftritt. Es zeigt im Tiefenverlauf der Gehalte und Vorräte auf niedrigerem Werteniveau ein mit dem Calcium vergleichbares Verhalten.

Magnesiumgehalt

Mit **0,01 mg/100g Boden** haben mehrere Sand-Braunerden in der (Bv)-Lage den niedrigsten Magnesiumgehalt aller an- und semihydromorpher Böden. Den höchsten Magnesiumgehalt von **97 mg/100g Boden** weist eine Bändersand-Braunerde mit der Humusform Mullartiger Moder in der Humuslage auf. Der Median des Magnesiumgehaltes aller Bodenlagen hat einen Wert von 1,0 mg/100g Boden.

Die Verbreitung des pflanzenverfügbaren Magnesiums innerhalb der Horizont- und Bodentypengruppen ist sehr unterschiedlich (Abb. 3-61). Hohe Magnesiumgehalte haben generell die Humusdecken (Median 14,6-37,2 mg/100g Boden) und Bt-Horizonte (Median 7,0-12,1 mg/100g Boden). Magnesiumarm sind die Oberböden aller Bodentypengruppen, auch die der Fahlerden. Die niedrigsten Gehalte treten in den Bv-Horizonten auf (z. B. in Braunerden mit einem Median von 0,1 mg/100g Boden). Magnesium ist dort weitgehend gegen Al- und H-Ionen ausgetauscht und bewegt sich wahrscheinlich teilweise am Rande des „Eisernen Bestandes“. Reine Sande sind nur in der Decke magnesiumarm; im Untergrund können sie durchaus beachtliche Magnesiumgehalte aufweisen.
Fahlerden zeichnen sich, mit Ausnahme des Oberbodens, durch hohe Mg-Gehalte aus. In der Humusdecke, im Bt-Horizont und im Untergrund treten die höchsten Mg-Gehalte innerhalb der an- und semihydromorphen Böden auf (Mediane: 30,7/12,1/12,3 mg/100g Boden). Im Gegensatz dazu stehen **Podsole** und **Gleypodsole**. Diese sind im Oberboden und im Untergrund magnesiumarm (**< 0,5 mg/100g Boden**). Nur Humusdecken haben relativ erhöhte Magnesiumgehalte (Median 18,6 bzw. 20,8 mg/100g Boden). Der Mg-Gehalt der **Braunerden** ist dem Mg-Gehalt der Podsole ähnlicher als dem der Fahlerden. 61 % aller Braunerden haben im Untergrund die gleichen niedrigen

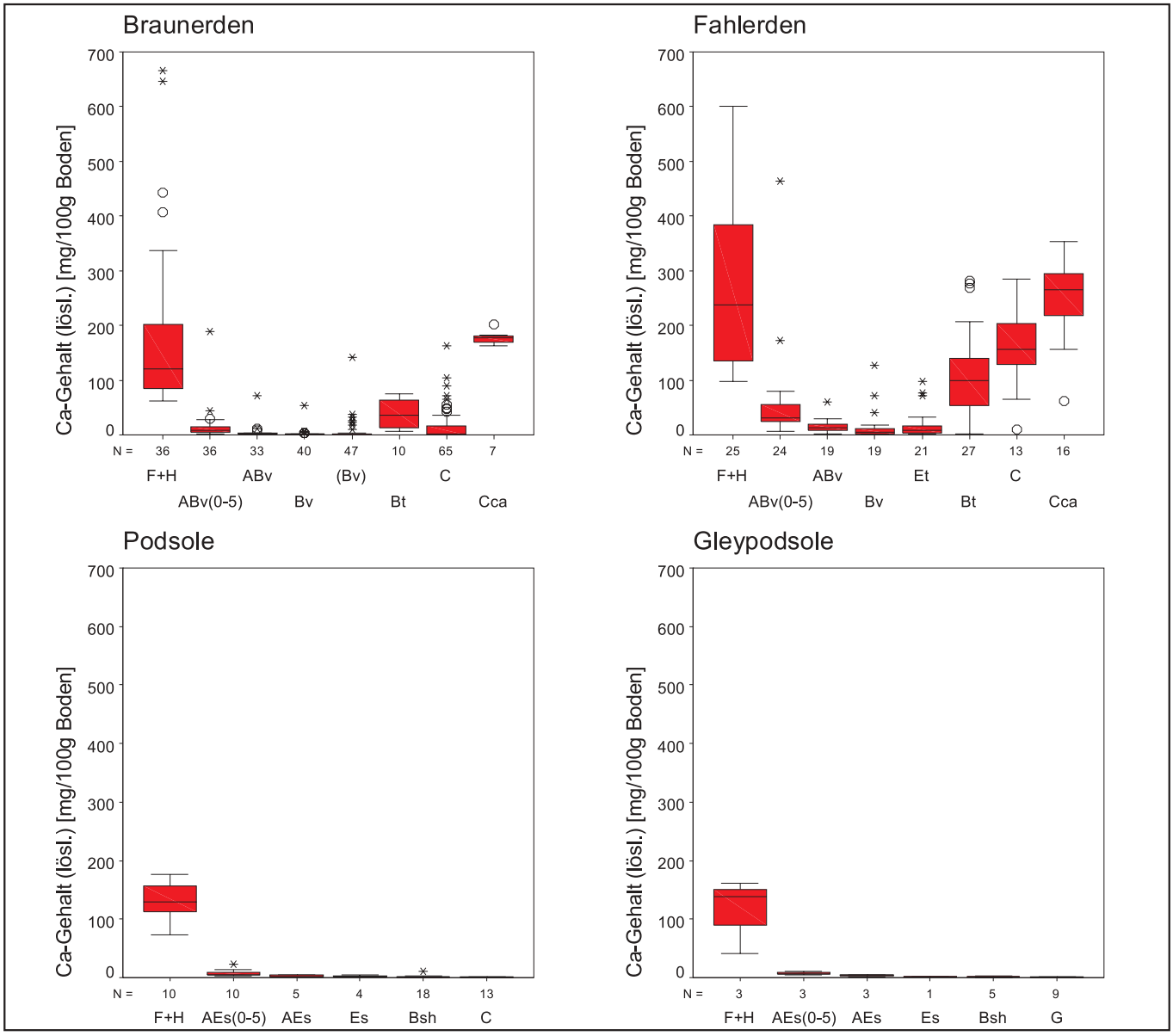


Abb. 3-59: Calciumgehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Mg-Gehalte wie Podsole. Nur Bändersand-Braunerden heben sich durch hohe Mg-Gehalte in den Bt-Lagen (Median 7,0 mg/100g Boden) positiv von anderen Braunerden ab. Ein höherer Mg-Gehalt im Untergrund der Braunerden steht im direkten Zusammenhang mit dem Auftreten von Kalk im Boden.

Magnesiumvorrat

Die Spanne des Magnesiumvorrates bis 160 cm Tiefe reicht von **8 kg/ha** auf einer überdünten, jungpleistozänen Sand-Braunerde bis zu **8,4 t/ha** auf einer jungpleistozänen Lehm-Fahlerde mit tonigem Lehm im Untergrund. Der Median des Magnesiumvorrates aller Profile bis 160 cm Tiefe liegt bei 183 kg/ha. Davon kommen 16 kg/ha (9 %) in der Humuslage, 53 kg/ha (31 %) bis 80 cm Tiefe vor. 130 kg/ha (69 %) des Magnesiumvorrates sind in 80-160 cm Tiefe gebunden.
Die Bodentypengruppen unterscheiden sich erheblich in ihrem Magnesiumvorrat (Abb. 3-62). Mit weitem Abstand haben **Fahlerden** den höchsten Magnesiumvorrat von im Mittel (Median) **1,7 t/ha** bis 160 cm Tiefe, der sich auf die Tiefenbereiche ober- und unterhalb von 80 cm im Verhältnis von 42/58 % verteilt. In Sandböden ist der Magnesiumvorrat viel niedriger. So haben **Podsole** und **Gleypodsole** bis 160 cm Tiefe einen Magnesiumvorrat von im Mittel (Median) nur **56/154 kg/ha**. Davon befinden sich 38/90 kg/ha (68/58 %) in den oberen 80 cm des Bodenprofils. Vergleichbar niedrig fällt der Magnesiumvorrat in 40 % aller **Braunerden** aus. Im Mittel haben Braunerden mit **120 kg/ha** bis 160 cm Tiefe aber einen deutlich höheren Magnesiumvorrat als Podsole, und die Vorräte im Profil konzentrieren sich wie bei den Fahlerden auf den Untergrund. In den obersten 80 cm des Profils kommen im Mittel nur 41 kg/ha (34 %) des Magnesiumgesamtvorrates bis 160 cm Tiefe vor. Insbesondere carbonatführende Braunerden mit hoher Neutralkationensättigung besitzen auch hohe Magnesiumvorräte.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Tabelle 3-14 zeigt die Entwicklung des Magnesiumvorrates im Beobachtungszeitraum. Der Magnesiumvorrat hat scheinbar fast

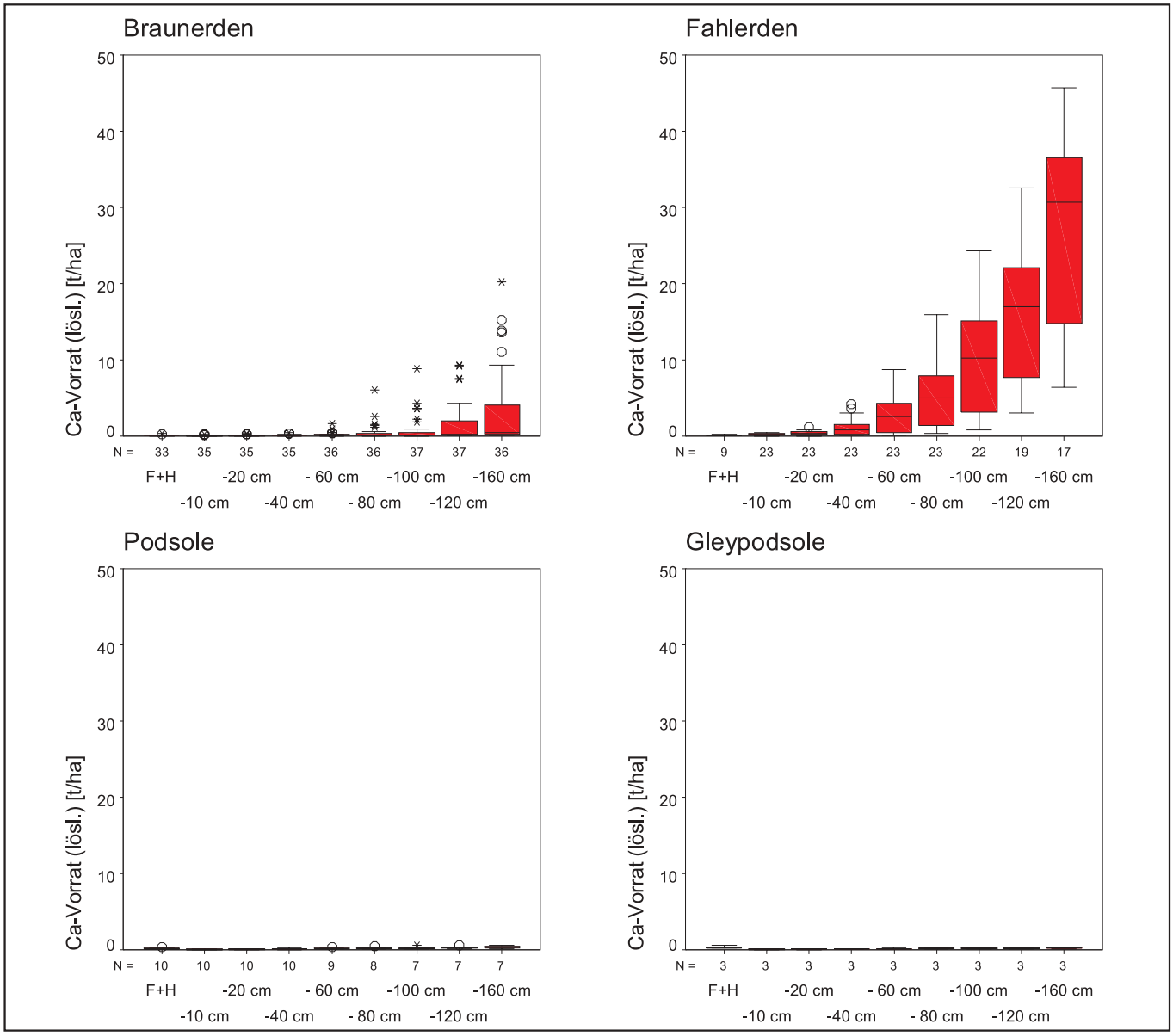


Abb. 3-60: Calciumvorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

durchweg zugenommen. Der Vorratsanstieg fällt aber nur in der Humuslage gesichert aus. Vermutlich haben zwei Einflussfaktoren zu diesem Ergebnis maßgeblich beigetragen:

1. Wie beim Element Calcium könnte die oberirdische Humusanreicherung zum Anstieg des Calciumvorrates in der Humuslage geführt haben. Lösliches Magnesium wäre aus dem Mineralboden in die oberirdische Humuslage umverteilt worden.

2. Das Aufschluss- und Messverfahren zur Bestimmung des löslichen Magnesiums führt zu signifikant höheren Messergebnissen (S. 14).

Hinweise auf eine generelle Zu- oder Abnahme des Magnesiumvorrates im Beobachtungszeitraum sind nicht erkennbar.

Bodenblock (alle Lagen)	Ca-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 1986	N	Ca-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 2001	N	Ca-Vorrat **(kg/ha)** mittlere Differenz	α-Wert
F+H	102	52	141	54	39	**0,04**
0-10 cm	91	60	102	62	11	0,54
10-20 cm	56	60	49	62	-7	0,62
20-40 cm	200	61	191	62	-9	0,94
40-60 cm	228	60	348	62	120	0,45
60-80 cm	621	59	582	60	-39	0,88
80-100 cm	985	59	861	59	-124	0,72
100-120 cm	1421	59	1242	57	-179	0,71
120-160 cm	2342	57	2283	55	-59	0,94

Tab. 3-13: Mittelwertsdifferenz des Ca-Vorrats im Zeitraum 1986-2001

Kalium

Das lösliche Kalium verhält sich im Boden anders als Calcium und Magnesium; es liegt im Mineralboden in relativ gleichmäßiger Verteilung vor; Lehmbänder oder andere tonreiche Substrate wirken bei Gewichtsbezug nur mäßig konzentrationserhöhend, und die Unterschiede zwischen den Bodentypengruppen fallen viel geringer aus als bei den Elementen Calcium und Magnesium (Abb. 3-64), weil tonreiche Substrate auch ein hohes spezifisches Gewicht und damit ein niedriges Volumen besitzen.
Kalium wird selektiv und pH-unabhängig an Tonmineralen, in jungpleistozänen Substraten vor allem am Illit, im Boden gebunden. Tongehalt und Kaliumvorrat sind mit dem Faktor 0,71 korreliert. Den Zusammenhang zwischen dem Tongehalt und Kaliumvorrat zeigt Abbildung 3-63. Mit zunehmendem Tongehalt steigt der Kaliumvorrat je Volumeneinheit Boden ebenfalls an.

Die höchsten Kaliumgehalte sind, vergleichbar mit dem Calcium und Magnesium, in der Humuslage anzutreffen. Auch die obersten, humusreichen Ah-Lagen sind noch relativ kaliumreich. Die geringe Trockenraumdichte von Humus- bzw. humushaltigen Bodenlagen bewirkt ein hohes Volumen je Masseeinheit Boden. Sehr niedrige K-Gehalte weisen reine Sande in der Decke auf; ihr Kaliumgehalt unterschreitet regelmäßig die Schwelle von 0,8 mg/100g Boden.

Kaliumgehalt

Kalium tritt in an- und semihydromorphen Waldböden mit einer Gesamtspanne von **< 0,01** bis **146 mg/100g Boden** auf. Einen Kaliumgehalt von 0,01 mg /100g Boden haben der (Bv)- und C- Horizont einer altpleistozänen Sand-Braunerde; 146 mg/100g werden in der Humuslage einer Bändersand-Braunerde mit der Humusform Mullartiger Moder gemessen. Der Median des Kaliumgehaltes über alle Bodenlagen beträgt 1,8 mg/100g.

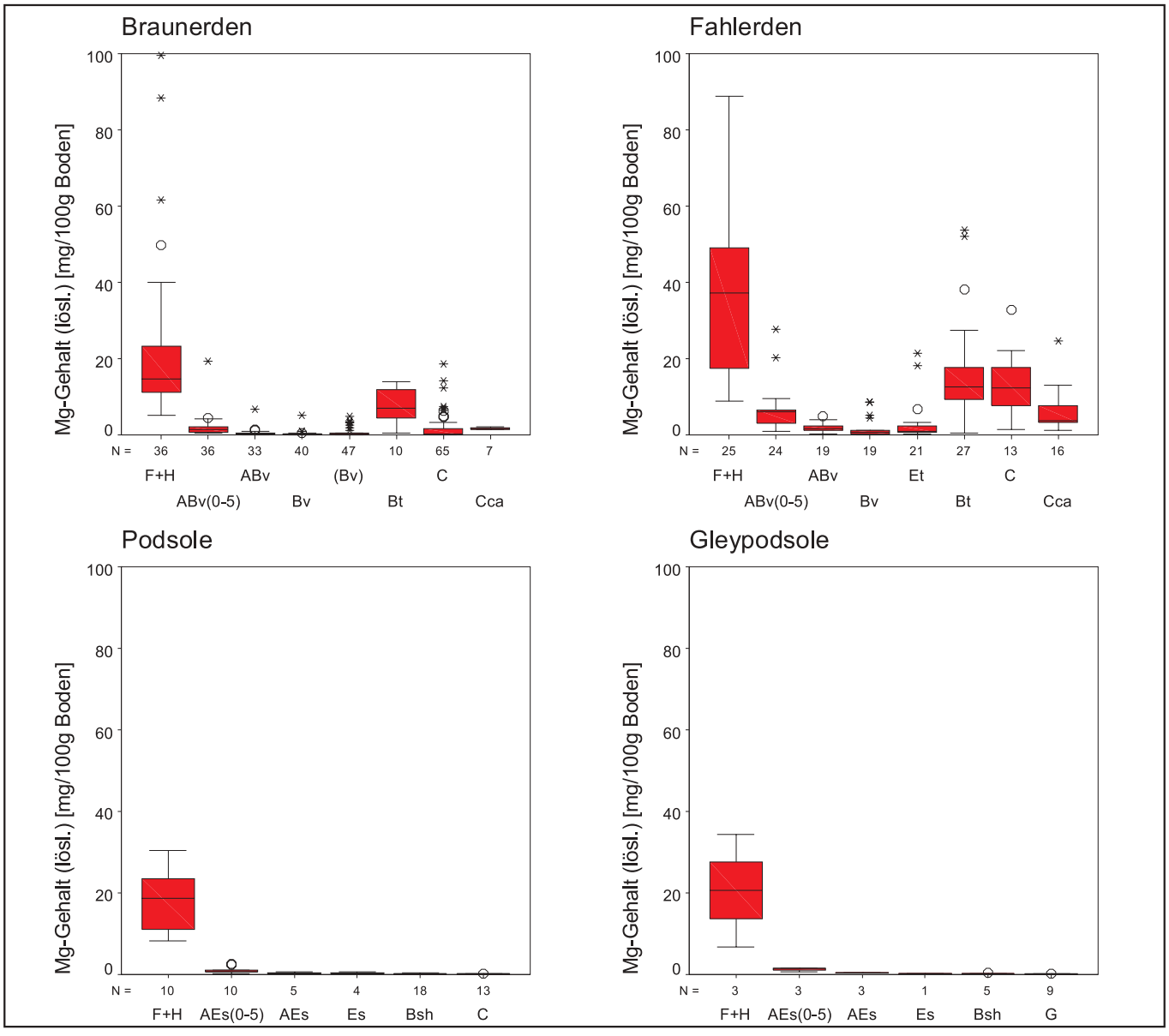


Abb. 3-61: Magnesiumgehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Der Kaliumgehaltsunterschied zwischen den Bodentypengruppen ist beträchtlich. **Fahlerden** sind, mit Ausnahme des Oberbodens, kaliumreich. Im Humus, in den Ah-Lagen und im Untergrund erreichen Fahlerden Kaliumgehalte von im Mittel (Median) 41,8, 8,0 bzw. 6,4 mg/100g Boden. Diese sind die höchsten aller an- und semihydromorphen Waldböden! Selbst in der Bv-Lage der Fahlerden sind noch K-Gehalte von 2,4 mg/100g Boden zu finden. **Podsole** und **Gleypodsole** sind demgegenüber sowohl in der Decke als auch im Untergrund kaliumarm **(< 2,0 mg/100g Boden**). Die relativ höchsten Kaliumgehalte haben Podsole und Gleypodsole in der Humusdecke (17,5/20,3 mg/100g Boden) und in den noch humusreichen obersten 5 Zentimetern der AEs-Lage (< 1,7/1,9 mg/100g Boden). Der Kaliumgehalt der **Braunerden** liegt tendenziell über dem der Podsole, aber erheblich unter dem der Fahlerden. Ca. 30 % aller Braunerden haben im Ober- und Unterboden ähnlich niedrige Kaliumgehalte wie Podsole. Kaliumarmut in Braunerden ist aber weit weniger verbreitet als Magnesium- oder Calciumarmut. Die selektive Kalium-Speicherung sorgt offenbar auch bei tiefreichender Nährstoffauswaschung für ein Mindestangebot an Kalium.

Kaliumvorrat

Mit **61 kg/ha** kommt in einer altpleistozänen Sand-Braunerde der niedrigste Kaliumvorrat in der Tiefenstufe bis 160 cm innerhalb der Stichprobe vor. Den höchsten Kaliumvorrat von **3,0 t/ha** weist eine jungpleistozäne Lehm-Fahlerde mit lehmigem Ton im Untergrund auf. Im Mittel aller Profile haben an- und semihydromorphe Waldböden bis 160 cm Tiefe einen Kaliumvorrat von 238 kg/ha, der sich wie folgt verteilt: Humuslage 20 kg/ha (9 %), Tiefenstufe 0-80 cm 136 kg/ha (66 %) und 80-160 cm 82 kg/ha (25 %).
Sand- und Lehmböden sind sehr unterschiedlich mit Kalium ausgestattet (Abb. 3-65). Der Vorratsanstieg in Richtung Untergrund fällt aber in beiden Substratgruppen wesentlich gleichmäßiger als beim Magnesium und Calcium aus. **Fahlerden** haben mit **1,4 t/ha** im Mittel bis 160 cm Tiefe einen sehr hohen Kaliumvorrat. 727 kg/ha (52 %) dieses Vorrates treten im Bodenblock 80-160 cm Tiefe auf. Kaliumarm sind **Podsole** und **Gleypodsole.** Ihr Vorrat liegt im Mittel (Median) bis 160 cm Tiefe bei nur **139** bzw. **232 kg/ha** mit einem Vorratsanteil in der Tiefenstufe 80-160 cm von 87/71 kg/ha (42/35 %). Der

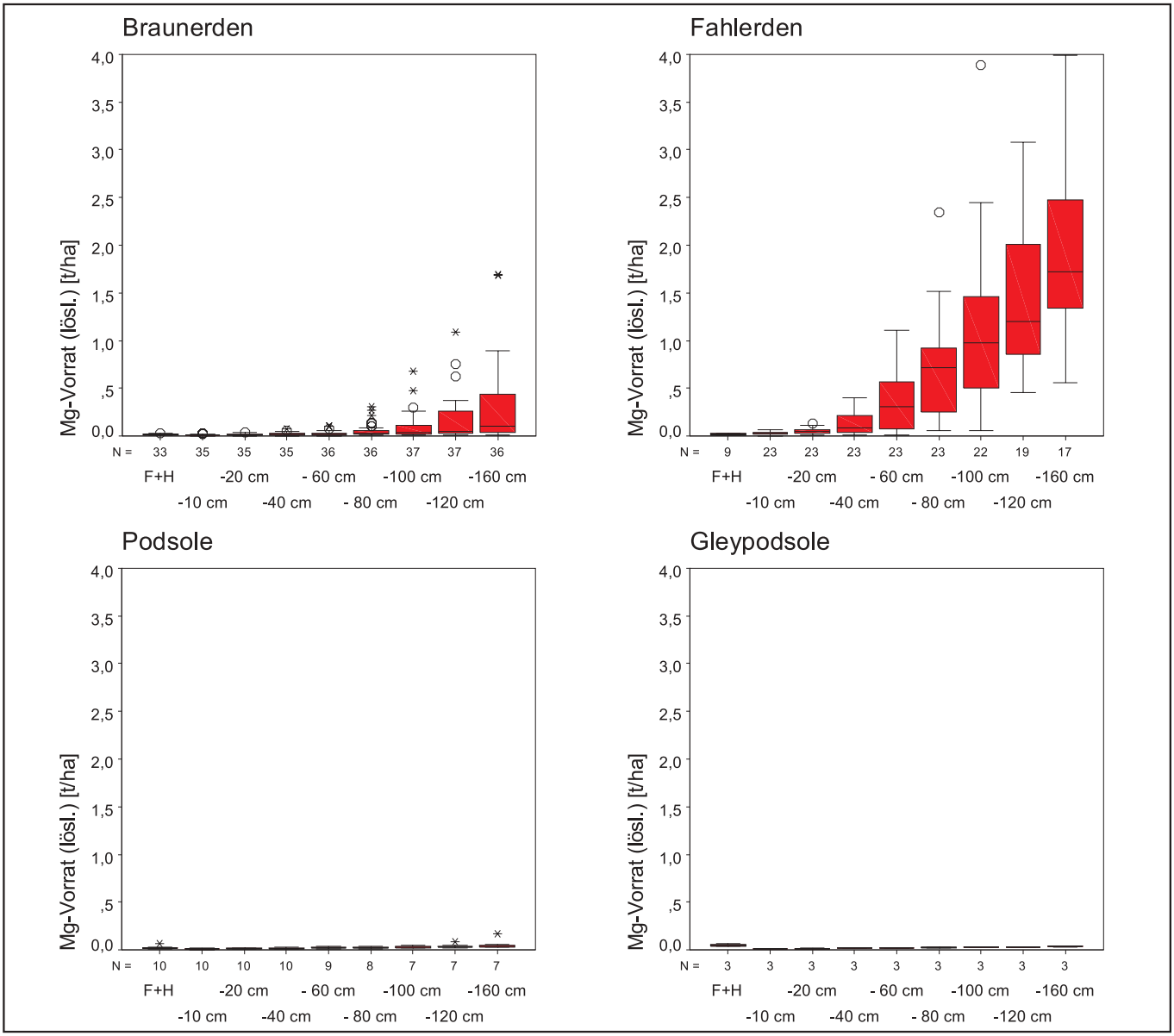


Abb. 3-62: Magnesiumvorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

(alle Lagen)	Mg-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 1986	N	Mg-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 2001	N	Mg-Vorrat **(kg/ha)** mittlere Differenz	α-Wert
F+H	10	52	19	54	9	**0,00**
0-10 cm	11	60	13	62	2	0,28
10-20 cm	6	60	6	62	0	0,46
20-40 cm	19	61	18	62	-1	0,93
40-60 cm	24	60	32	62	8	0,56
60-80 cm	44	59	57	60	13	0,45
80-100 cm	69	59	82	59	13	0,59
100-120 cm	78	59	98	57	20	0,44
120-160 cm	138	57	171	55	33	0,46

Tab. 3-14: Mittelwertsdifferenz des Magnesiumvorrats im Zeitraum 1986-2001

Kaliumvorrat der Humusdecke und oberen humusreicheren Mineralbodenlagen bewirkt einen größeren Kaliumvorrat im Ober- als im Unterboden. **Braunerden** zeigen im Kaliumvorrat weit mehr Ähnlichkeit mit Podsolen und Gleypodsolen als mit Fahlerden. Der Median ihres Kaliumvorrates beträgt **216 kg/ha**. 130 kg/ha (61 %) dieses Vorrates stehen im Mittel in den oberen 80 cm des Profiles an. 86 % aller Braunerden weisen, mit Podsolen vergleichbar, niedrige Kaliumvorräte im gesamten Profil auf.

Veränderungen im Zeitraum 1986-2001

Mit Ausnahme der Humusdecke hat der Kaliumvorrat im Beobachtungszeitraum abgenommen (Abb. 3-15). Die Veränderungen sind vor allem im Oberboden (10-40 cm Tiefe) statistisch gesichert. Im Humus und in den tieferen Mineralbodenblöcken sind die Mittelwertsdifferenzen mit Ausnahme der Tiefenstufe 120-160 cm nicht signifikant. Die beobachtete Veränderung des Kaliumvorrates könnte durch zwei Ursachen hervorgerufen worden sein:

(1) Kalium unterliegt als einwertiges Ion bevorzugt der Auswaschung und gelangte besonders am Ende der 80er Jahre über Flugasche-Einträge in die Waldböden. Es erscheint plausibel, dass mit nachlassenden Kaliumeinträgen seit den 90er Jahren die Kaliumauswaschung eingesetzt hat und die Vorräte allmählich abnehmen. In der Humusdecke wirkt die oberirdische Humusakkumulation, die vermutlich mit einer Kaliumvorratszunahme in der Humusdecke verbunden ist, diesem Entwicklungstrend entgegen.

(2) Das in der letzten Erhebungsperiode zur Bestimmung des löslichen Kaliums angewendete Messverfahren im Labor führt in der Tendenz zu niedrigeren Kaliumgehalten (S. 14). Ein Teil der Vorratsveränderung könnte darauf zurückzuführen sein.

Natrium

Natrium ist hinsichtlich seiner Massekonzentration am Austauscher das unbedeutendste Neutralkation im Boden.
Die räumliche Nähe der Probeflächen zur Ostsee beeinflusst den Natriumgehalt in der Humuslage positiv. Die meisten der BDF-F mit hohem Natriumgehalt in der Humusdecke befinden sich in Ostseenähe; Meersalzspray trägt dort vermutlich zur Natriumausstattung der Böden in höherem Umfang bei. Zum Ausdruck kommt dies u. a. im hohen Natriumgehalt der Humusdecken der Gleypodsole, die sich sämtlich im Einflussbereich der Ostsee befinden. Auf den Vorrat hat die Lagebeziehung zur Ostsee aber offenbar keinen Einfluss. Hier wirken das Sorptionsvermögen und Vorhandensein von Carbonat (neutralkationenreicher Austauscher) viel stärker.
Im Tiefenverlauf des Natriumgehaltes und -vorrates besteht eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Element Kalium. Die relativen Gehalts- und Vorratsunterschiede zwischen den Horizont- und Bodentypengruppen sind viel geringer als bei den Elementen Calcium und Magnesium.

Natriumgehalt

Der Natriumgehalt von an- und semihydromorphen Waldböden hat eine Spanne von **0,1** bis **41 mg/100g Boden**. Mit 0,11 mg/100g Boden hat eine (Bv)-Lage einer altpleistozänen Sand-Braunerde im Binnenland den niedrigsten Natriumgehalt innerhalb der Stichprobe. Den höchsten Natriumgehalt erreicht ein Gleypodsol in der Humusdecke in unmittelbarer Nachbarschaft zur Ostsee. Der Median über alle Bodenlagen beträgt 0,8 mg/100g Boden.
Vergleichsweise hoch fällt der Natriumgehalt in der Humusdecke aller Profile (Mediane 5,4-8,9 mg/100g Boden) aus. Auch Bt-Lagen haben höhere Natriumgehalte (1,3-2,0 mg/100g Boden). Natriumarm sind sandige, sorptionsschwache und sehr saure Bodenlagen, wie (A)Bv-, (A)Es- und teilweise auch C-Lagen (0,4-0,8 mg/100g Boden).
Sieht man von den Bt-Lagen der Braun- und Fahlerden und C-Lagen der Fahlerden einmal ab, sind die Unterschiede im Natriumgehalt zwischen den Bodentypengruppen gering. Die Gehalte bewegen sich überwiegend im Bereich < 2 mg/100g Boden. Nur die Humusdecken, Bt-Lagen und der lehmig-schluffige Untergrund der Fahlerden weisen einen höheren Natriumgehalt auf (Abb. 3-66).

Natriumvorrat

Die Spanne des Natriumvorrates bis 160 cm Tiefe setzt mit **42 kg/ha** auf einer jungpleistozänen Sand-Braunerde ein und endet mit einem Natriumvorrat von **1,8 t/ha** auf einer jungpleistozänen Lehm-Fahlerde mit lehmigem Ton im Untergrund. Der Median des Natriumvorrates aller Profile liegt bei

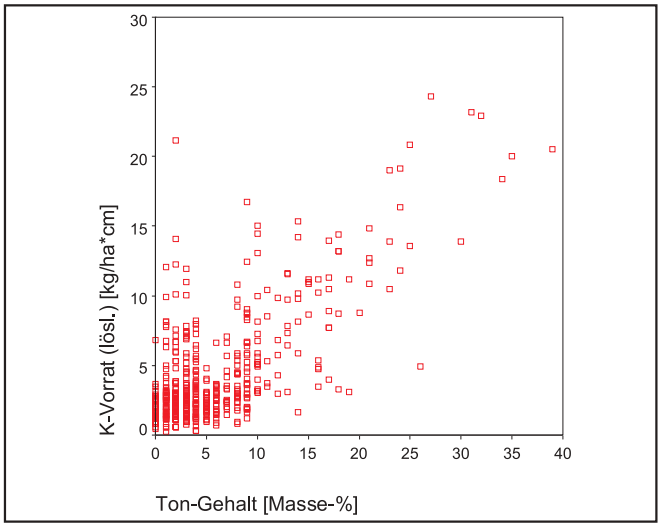


Abb. 3-63: Zusammenhang zwischen Ton-Gehalt und Kalium(lösl.)-Vorrat

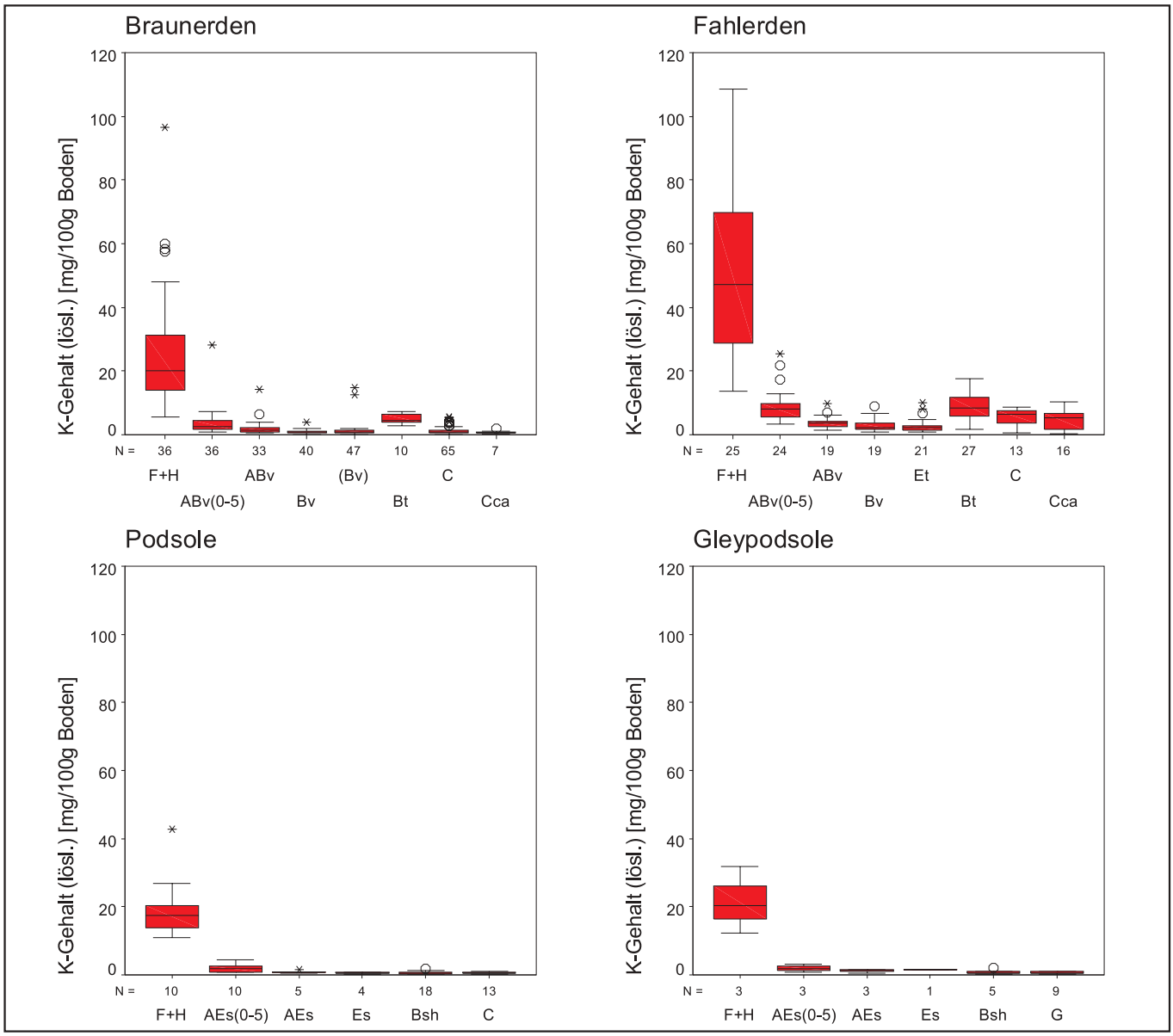


Abb. 3-64: Kalium-Gehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

143 kg/ha, wovon in der Humuslage 6 kg/ha (4 %), in der Tiefenstufe 0-80 cm 69 kg/ha (48 %) und in 80-160 cm Tiefe 68 kg/ha (48 %) vorkommen.

Fahlerden mit ihrem hohen Sorptionsvermögen und überwiegend carbonatführenden Untergrund besitzen die höchsten Natriumvorräte von im Mittel (Median) **361 kg/ha**. 153 kg/ha (42 %) dieses Vorrates treten in der Hauptwurzelzone, der Tiefenstufe 0-80 cm, auf. Der Hauptteil des Vorrates ist im Lehm gebunden. In sandigen Böden ist der Natriumvorrat deutlich niedriger und offenbar stark vom Humusgehalt des Bodens abhängig. **Podsole** haben mit **93 kg/ha** löslichem Natrium bis 160 cm Tiefe den niedrigsten Vorrat, der mit einem Vorratsanteil von 57 kg/ha (61 %) besonders in den oberen 80 cm des Profils verteilt ist. Wesentlich höher fällt der Natriumvorrat der **Gleypodsole** mit **209 kg/ha** aus. In der Humusauflage und den humosen oberen Profilteilen einschließlich der Bsh-Lage (oberen 80 cm) sind 140 kg/ha (67 %) lösliches Natrium gespeichert. Der untere Profilteil unterscheidet sich im Natriumvorrat nicht von dem der Podsole und Braunerden. **Braunerden** sind hinsichtlich ihres Natriumvorrates mit den Podsolen vergleichbar. 49 % haben einen Natriumvorrat bis 160 cm Tiefe, der dem der Podsole entspricht. Im Mittel (Median) haben Braunerden einen Natriumvorrat von **103 kg/ha** bei einem Vorratsanteil von 58 kg/ha (56 %) in den oberen 80 cm des Profils. Braunerden, deren Natriumvorrat höher als 161 kg/ha (3. Quartil) ausfällt, führen im Untergrund Carbonat oder besitzen sorptionsstarke Schichten, wie Lehmbänder oder Lehmunterlagerungen im Untergrund (Abb. 3-67).

Auf eine Darstellung der Veränderung der Na-Vorräte im Verlauf des Beobachtungszeitraumes wird verzichtet, da im Verlauf der Erstanalyse nur eine kleine, nicht repräsentative Auswahl von Proben hinsichtlich ihres Natriumgehaltes untersucht wurde.

3.1.3.2.2 Aluminium, Mangan, Eisen, Protonen

Die austauschbaren Gehalte und Vorräte der Elemente Aluminium, Mangan und Eisen sowie der Protonen im Boden vermitteln einen Eindruck darüber, wie weit der Neutralkationenaustausch im Zuge der Bodenentwicklung oder durch Neutralkationenentzug bzw. -auswaschung vorangeschritten ist und welche Mengen an Protonen und Kationensäuren dabei freigesetzt wurden.

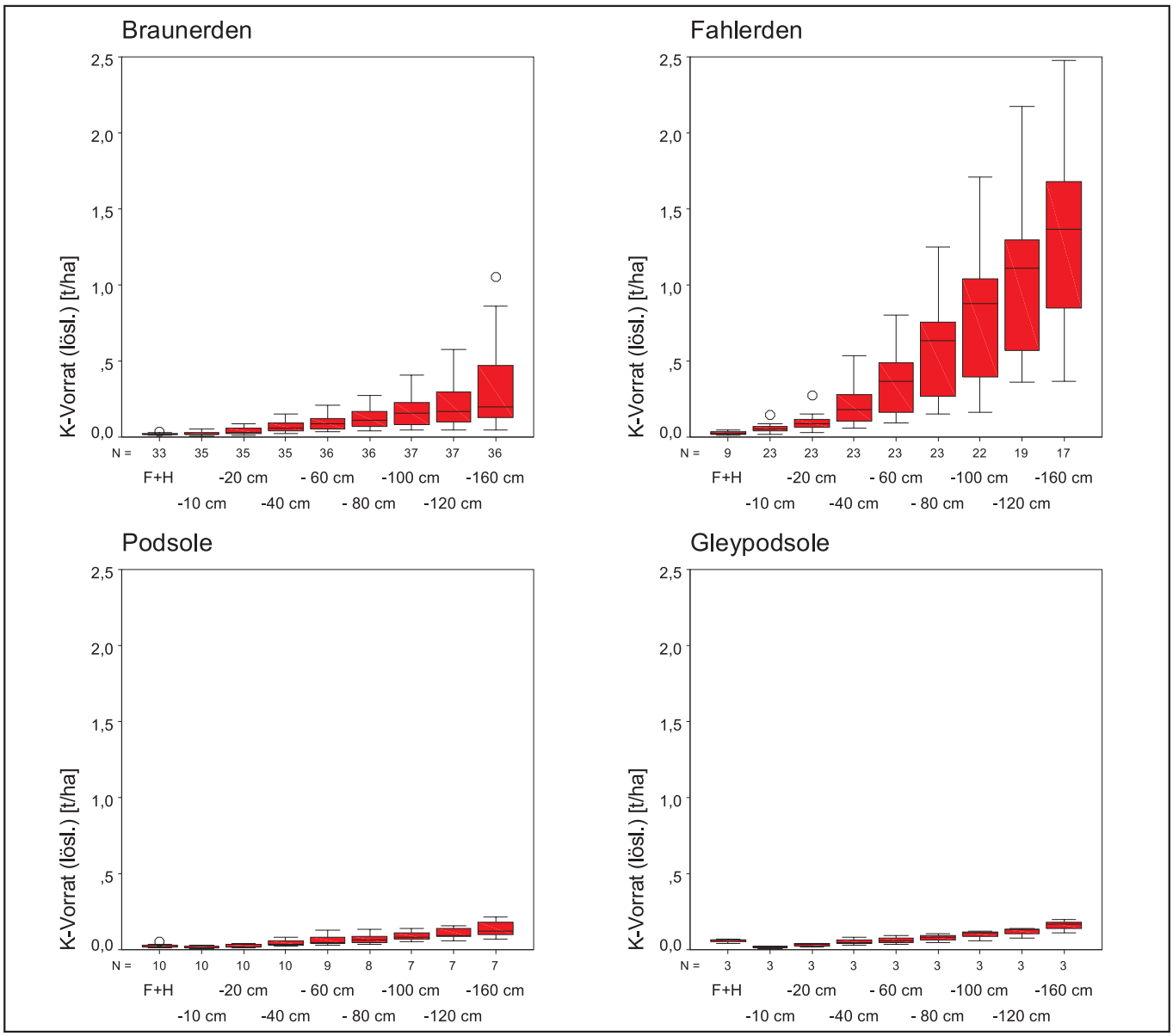


Abb. 3-65: Kalium-Vorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

In Abbildung 3-68 ist der Zusammenhang zwischen den Vorräten der Elemente Aluminium, Mangan, Eisen sowie der Protonen und dem pH(KCl) dargestellt. Prinzipiell wird eine mit der Kationensäuren-**Sättigung** vergleichbare Befundlage erkennbar (S. 41-46). Neben dem Versauerungsstatus ist der Kationensäuren- und Protonenvorrat stark von der verfügbaren Austauschkapazität der Böden abhängig. Bei gleicher Bodenacidität hat ein soptionsstarker Boden einen höheren Kationensäuren-Vorrat als ein soptionsschwacher Boden.
Neben dem Indikatorwert für den Versauerungsfortschritt im Boden kommt den Elementen Mangan und Eisen eine Bedeutung als Pflanzennährstoff zu.

Mangan

Mangan ist für Pflanzen ein essentielles Element. Es kommt im Boden primär in verschiedenen Silikaten vor und reichert sich biogen stärker in der Humusdecke von Waldböden in Form metallorganischer Komplexe an. Mangan gilt zugleich als Indikatorelement für einen Boden in der Initialphase der Versauerung. Dies zeigt Abbildung 3-24 exemplarisch. Erst oberhalb von pH 4,7 tritt Mangan mit einer höheren Sättigung von 2 % am mineralischen Austauscher in Erscheinung. Zu beachten ist aber, dass Mangan in der Humuslage und in humusreichen Ah-Lagen sowie im Mineralboden in quantitativ sehr unterschiedlichen Niveaustufen vorkommt. Mangan ist in der Humusdecke und in humusreichen Ah-Lagen mit höheren Gehalten und Vorräten in organischen Mn-Komplexen gebunden. An mineralischen Austauschern kommt es in deutlich niedrigerer Konzentration vor. Als Folge dieses Effektes treten Bodenlagen, die die stärkste Bodenacidität aufweisen (Abb. 3-69), wie Humus- und Ah-Lagen von Braunerden und Podsolen, relativ hohe Mangangehalte und -vorräte auf.

Mangangehalt

Die Spanne des Mangangehaltes reicht von < **0,01** bis **132 mg/100g Boden**. Einen Mangangehalt von < 0,01 haben mehrere Bv- und (Bv)-Horizonte von Braunerden sowie viele Mineralboden-Horizonte von Podsolen und Gleypodsolen. Einen

Bodenblock (alle Lagen)	K-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 1986	N	K-Vorrat **(kg/ha)** Mittelwert 2001	N	K-Vorrat **(kg/ha)** mittlere Differenz	α-Wert
F+H	19	52	23	54	4	0,07
0-10 cm	42	60	25	62	-17	**0,00**
10-20 cm	34	60	17	62	-17	**0,00**
20-40 cm	64	61	32	62	-32	**0,00**
40-60 cm	64	60	37	62	-27	**0,05**
60-80 cm	72	59	51	60	-21	0,08
80-100 cm	86	59	61	59	-25	0,10
100-120 cm	93	59	64	57	-29	0,08
120-160 cm	176	57	110	55	-66	**0,03**

Tab. 3-15: Mittelwertsdifferenz des Kaliumvorrats im Zeitraum 1986-2001

Mangangehalt von 132 mg/100g Boden hat eine Fahlerde mit der Humusform Mullartiger Moder in der Humuslage. Der Median des Mangangehaltes aller Bodenlagen beträgt **0,4 mg/100g Boden** und der Median aller humusarmen Mineralbodenlagen 0,25 mg/100g Boden.

Die Mangangehalte der Bodentypengruppen fallen sehr unterschiedlich aus. Generell besitzen die Humuslagen im Mittel 10-40 mal höhere Mangangehalte als Mineralbodenlagen. Mit abnehmendem Humusgehalt in Richtung Untergrund sinken die Mangangehalte**. Fahlerden** haben überdurchschnittlich hohe Mangangehalte. Dies betrifft die Humuslage und den Mineralboden. In der Humuslage tritt ein Mangangehalt von im Mittel 38 mg/100g Boden auf, der im Oberboden auf 1,0 bis 2,4 mg/100g Boden und im Untergrund auf 0,4 mg/100g Boden (C-Lage) abnimmt. **Braunerden,** deren Humusformen im Durchschnitt wesentlich nährstoffärmer sind als die der Fahlerden, weisen einen mittleren Mangangehalt von 12 mg/100g Boden in der Humusdecke auf. Im Mineralboden sinken die Mangangehalte im Mittel auf 0,2 mg/100g Boden in der Bv- und C-Lage ab. Sehr manganarm sind **Podsole** und **Gleypodsole**. Deren

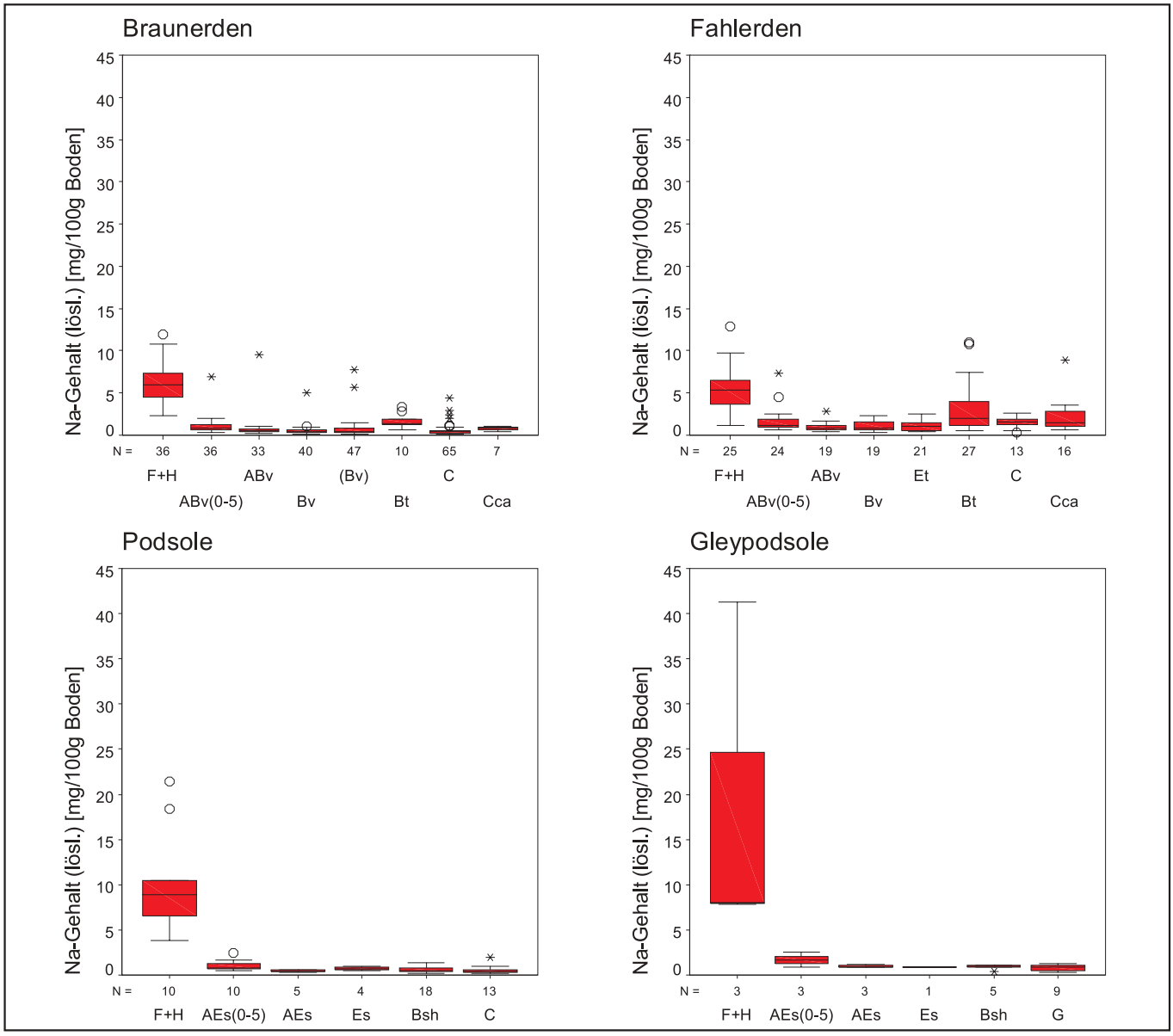


Abb. 3-66: Natrium-Gehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

mittlerer Mangangehalt in der Humuslage liegt bei nur 3,6 bzw. 2,5 mg/100g Boden und nimmt in Richtung Untergrund auf einen extrem niedrigen mittleren Mangangehalt von < 0,01 mg/100g Boden ab.

Manganvorrat

Der Manganvorrat an-und semihydromorpher Böden bis 160 cm Tiefe schwankt in den Grenzen von < 0,5 bis 533 kg/ha. Weniger als 0,5 kg/ha Mangan besitzen einige Podsole und Gleypodsole. Den höchsten Manganvorrat innerhalb der Stichprobe hat eine jungpleistozäne Lehm-Fahlerde mit grobsandigem Lehm als Substrat und der Humusform Mullartiger Moder. Der Median des Manganvorrates aller Profile beträgt 76 kg/ha.
Der mittlere Manganvorrat von Fahlerden übersteigt den der Braunerden, Podsole und Gleypodsole um den Faktor 4-60. In **Fahlerden** kommen im Mittel bis 160 cm Tiefe **307 kg/ha** lösliches Mangan vor. Dieser Vorrat verteilt sich gleichmäßig auf das Profil. 18 kg/ha (6 %) sind in der Humuslage, 146 kg/ha (47 %) in 0 bis 80 cm Tiefe und weitere 143 kg/ha (47 %) in 80-160 cm Tiefe zu finden. Auch **Braunerden** sind im Mittel gut mit Mangan ausgestattet. Ihr Vorrat liegt bei **85 kg/ha**; davon kommen 13 kg/ha (15 %) in der Humuslage und 36 kg/ha (42 %) im Tiefenbereich 0-80 cm vor. Weniger als 10 % aller Braunerden haben einen ähnlich niedrigen Manganvorrat wie Podsole. Auffallend niedrig ist der Manganvorrat in **Podsolen** und **Gleypodsolen**. Deren Vorrat liegt bei nur **15** bzw. **5 kg/ha**; in der Humusdecke kommen davon 5/3 kg/ha (33/60 %) und in den oberen 80 cm des Profils 4/1 kg/ha (27/20 %) vor (Abb. 3-70).

Aluminium

Aluminium tritt als isomorpher Ersatz für Silizium in vielen Silikaten auf. Durch Hydrolyse wird es aus dem Atomgitter der Silikate herausgelöst, gelangt in die Bodenlösung und als dreiwertiges, eintauschstarkes Ion bevorzugt an die Austauscher des Bodens.
Aluminium ist kein lebensnotwendiger Nährstoff für Pflanzen; es wirkt in Konzentrationen > 10-20 mg/l toxisch auf anspruchsvolle Bodenlebewesen und Feinwurzeln von Pflanzen SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992).

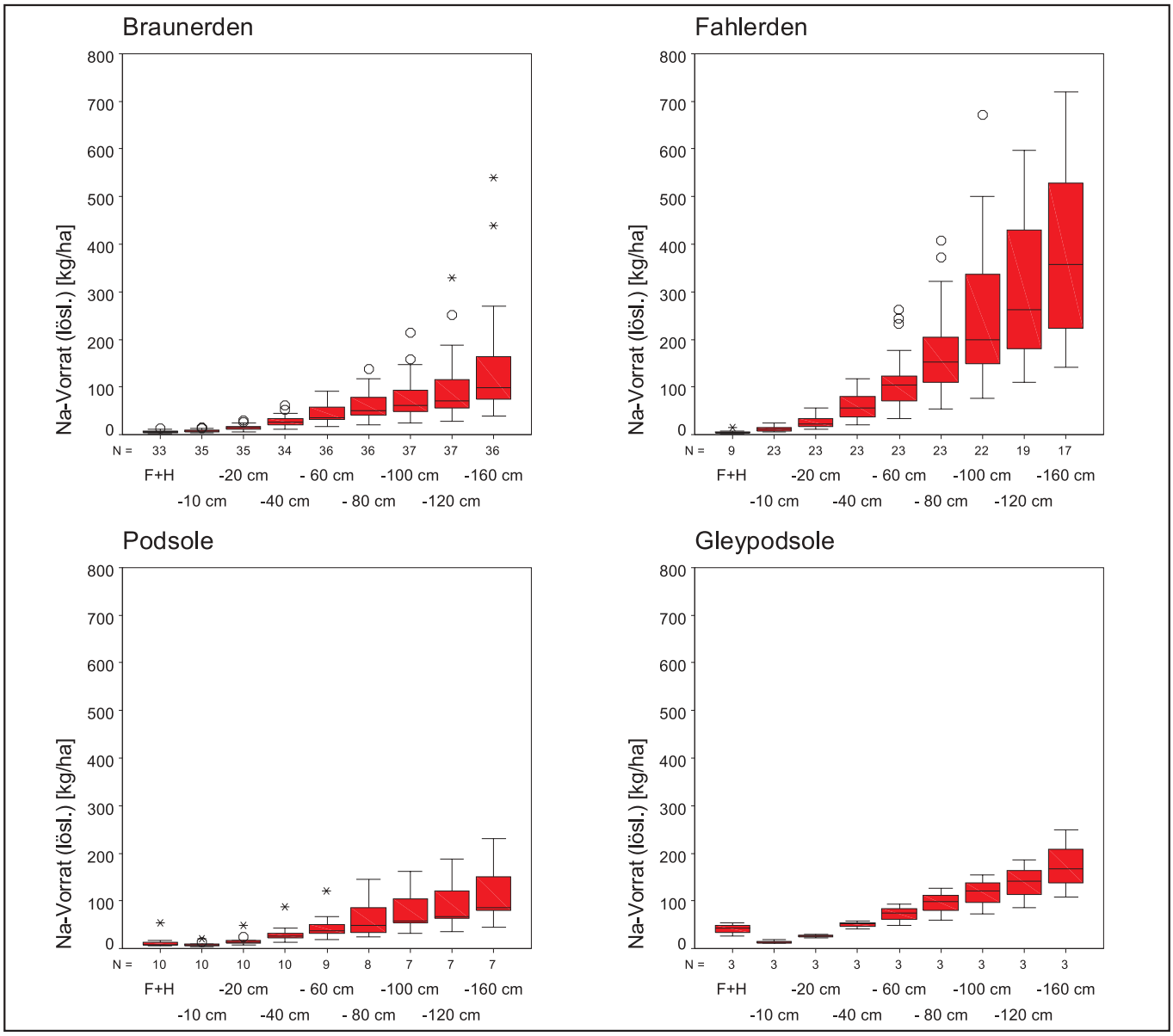


Abb. 3-67: Natrium-Vorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Aluminiumgehalt

Die Spannweite des Aluminiumgehaltes im Boden reicht von **0** bis **92 mg/100g Boden**. Praktisch aluminiumfrei sind Cca- und einige C-Lagen von Braun- und Fahlerden. Den Maximalwert des Aluminiumgehaltes von 92 mg/100g Boden besitzt eine Lehm-Fahlerde im stark versauerten Et-Horizont, bestehend aus lehmigem Ton. Der Median des Aluminiumgehaltes über alle Bodenlagen liegt bei **7,8 mg/100g Boden**.

Die Bodentypengruppen haben sehr unterschiedliche Aluminiumgehalte (Abb. 3-71). Humuslagen, die bei Massebezug je Gewichtseinheit ein hohes Volumen besitzen und saure, sorptionsstarke Bodenlagen haben hohe Aluminiumgehalte. Niedrige Aluminiumgehalte treten in Bodenlagen mit pH(KCl) > 4,8 auf.

Fahlerden besitzen bereits im Oberboden durchschnittlich sorptionsstärkere Substrate, und die Versauerung ist weit vorangeschritten. Der Aluminiumgehalt erreicht hier im ABv- und Bv-Horizont Spitzenwerte von im Mittel **17 mg/100g Boden**. Aluminiumarm ist die Humuslage der Fahlerden (Median 6 mg/100g Boden). Dies ist im verbreiteten Auftreten nährstoffreicher Mineralbodenhumusformen, die niedrige Aluminiumgehalte aufweisen, begründet. Im Unterboden und Untergrund der Fahlerden nimmt mit zunehmender Neutralkationensättigung der Austauscher der Aluminiumgehalt ausgeprägt ab und erreicht in der C-Lage den minimalen Wert (Median) von 0,3 mg/100g Boden. In **Braunerden** spiegelt der Aluminiumgehalt nur verdeckt den Versauerungsstatus der Bodenlagen wider. Vorrangig stellt dort der Aluminiumgehalt eine Funktion der abnehmenden Trockenraumdichte (Volumenverringerung je Gewichtseinheit) dar. Die Humuslage hat folglich den höchsten und die (Bv)-Lage den niedrigsten Aluminiumgehalt. In der Bt-Lage nehmen Sorptionsvermögen und Trockenraumdichte bei insgesamt fortgeschrittener Versauerung deutlich zu. In der Folge resultiert daraus ein hoher Aluminiumgehalt von im Mittel (Median) 16 mg/100g Boden. Im Untergrund der Braunerden (C-Lage) treffen ein geringes Sorptionsvermögen und eine mäßige Versauerung aufeinander; der Aluminiumgehalt sinkt auf niedrige 2,7 mg/100g Boden. Für **Podsole** und **Gleypodsole** gilt hinsichtlich ihres Aluminiumgehaltes Ähnliches wie für die Braunerden. Mit abnehmender Trockenraumdichte nimmt auch der Aluminiumgehalt ab. Das Niveau des Aluminiumgehaltes

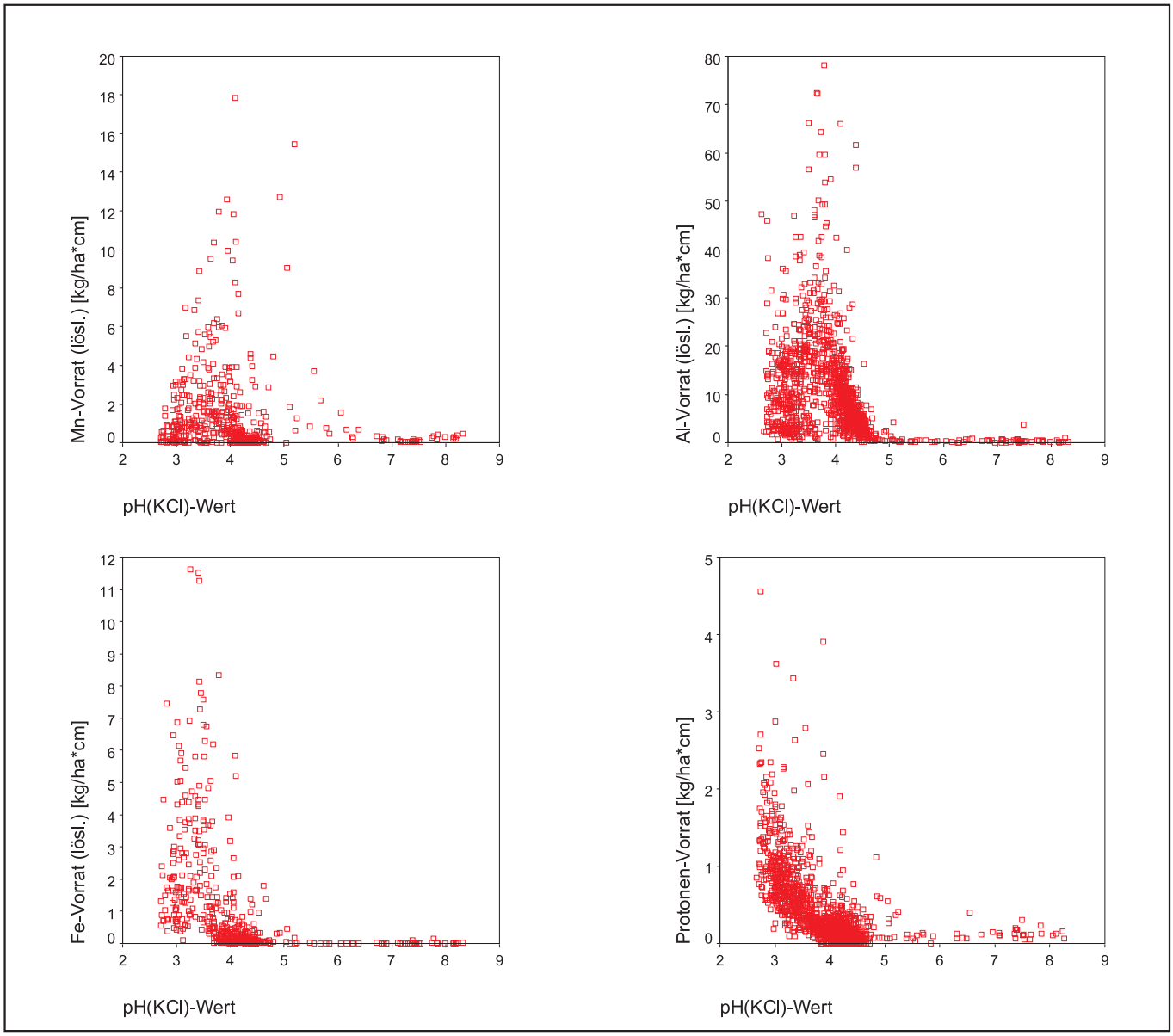


Abb. 3-68: Zusammenhang zwischen Kationensäuren- und Protonenvorrat und pH(KCl)

fällt im Oberboden niedriger aus als in Braunerden, weil Aluminium in bedeutendem Umfang im fortgeschrittenen Stadium der Versauerung gegen H- und Fe-Ionen ausgetauscht ist.

Aluminiumvorrat

Mit **423 kg/ha** Aluminium bis 160 cm Tiefe hat innerhalb der Stichprobe eine Grobsand-Braunerde mit hoch anstehendem Carbonat den niedrigsten Aluminiumvorrat. Der höchste Aluminiumvorrat von **5,2 t/ha** bis 160 cm Tiefe tritt in einer altpleistozänen Bändersand-Braunerde mit einer Lehmunterlagerung im Untergrund auf. Der Median des Aluminiumvorrates über alle Profile beträgt bis 160 cm Tiefe **1,3 t/ha**. Der Aluminiumvorrat ist im Mittel wie folgt verteilt: Humuslage 20 kg/ha (2 %), Tiefenstufe 0-80 cm 899 kg/ha (67 %) und 80-160 cm 421 kg/ha (31 %).

Fahlerden besitzen aufgrund ihres hohen Sorptionsvermögens und ihrer sauren Oberböden mit weitem Abstand die höchsten Aluminiumvorräte von im Mittel bis 160 cm Tiefe 2,4 t/ha, die sich auf den Tiefenbereich > < 80 cm im Verhältnis von 59:41 verteilen. Bis 60 cm Tiefe erfolgt in jeder Tiefenstufe ein markanter Anstieg des Aluminiumvorrates. Unterhalb von 60 cm Tiefe vermindert sich die Vorratszunahme beträchtlich; hier setzt die Wirkung der hohen Neutralkationensättigung im Boden ein. In den Tiefenstufen 100-120 und 120-160 cm steigt der Aluminiumvorrat wieder stärker an. Diese Vorratszunahme hat in erster Linie methodische Gründe. Von 23 untersuchten Profilen wurden die sechs basenreichsten, in denen der Mergel unmittelbar unterhalb des Unterbodens ansteht, nicht bis 160 cm Tiefe beprobt. Dadurch verschieben sich Median, Minimalwert und Streumaße deutlich in Richtung hoher Aluminiumvorräte. Klammert man diesen Effekt aus, ist in Fahlerden ab ca. 80 cm Tiefe kaum noch ein realer Anstieg des Aluminiumvorrates zu beobachten. In **Braunerden** ist bis 160 cm Tiefe ein Aluminiumvorrat von im Mittel 1,2 t/ha zu finden. Davon sind im Bodenblock 0 bis 80 cm Tiefe 777 kg/ha (67 %) gespeichert. Die Streubreite des Aluminiumvorrates in Braunerden ist aber vergleichsweise hoch; sorptionsstarke Braunerden mit bindigeren Substraten haben einen Aluminiumvorrat von über 2 t/ha und Braunerden, in denen Carbonat unmittelbar unterhalb der periglazialen Decke ansteht, sind ausgesprochen aluminiumarm (423 kg/ha). **Podsole** haben einen ähnlich nied-

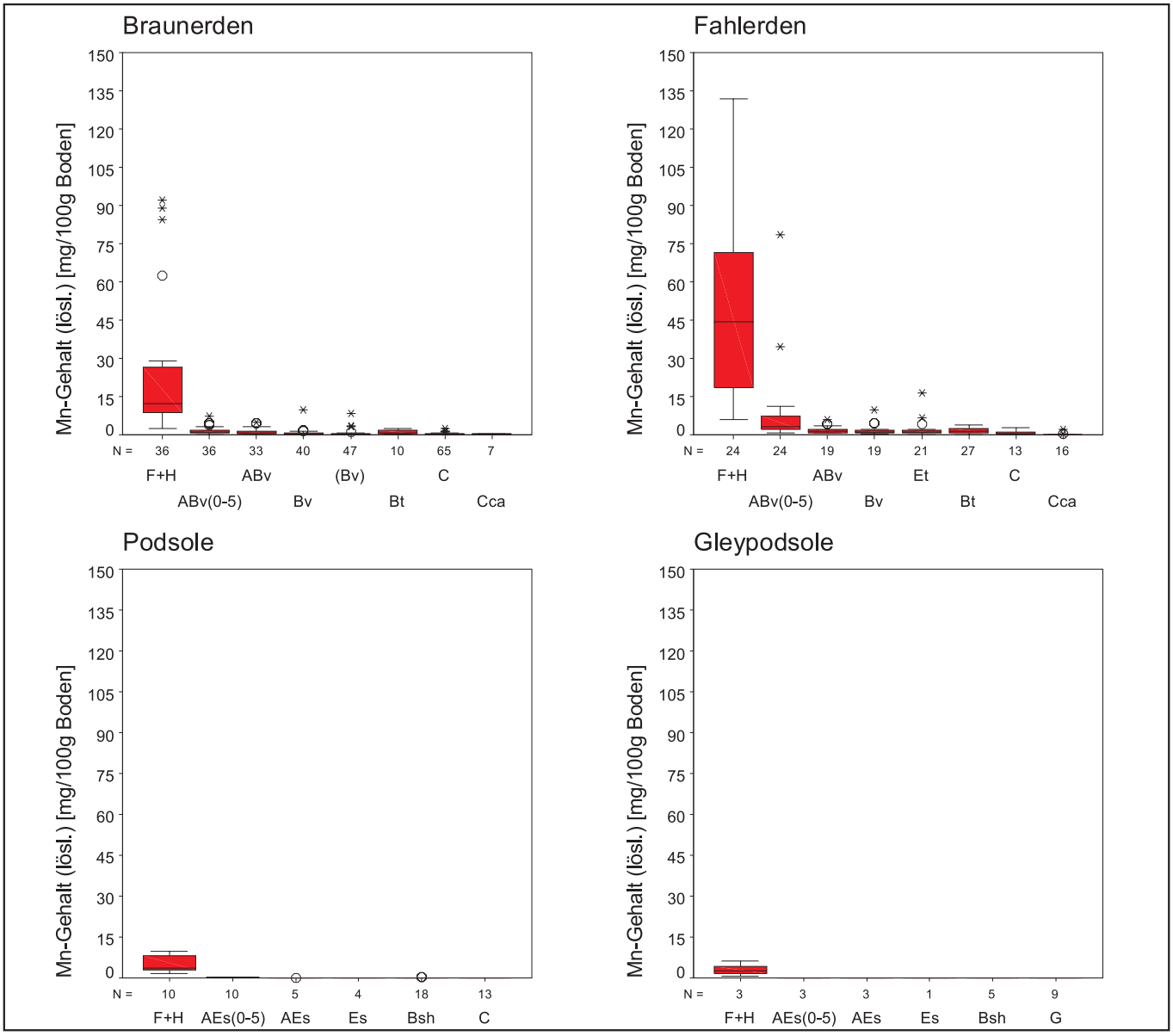


Abb. 3-69: Mangangehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

rigen mittleren Aluminiumvorrat (1,1 t/ha) wie Braunerden. Die Streubreite des Aluminiumvorrates fällt aber wesentlich geringer aus. Es fehlen Podsole mit hohem Aluminiumvorrat, weil sorptionstarke Substrate nicht vorkommen und die Oberböden vergleichsweise aluminiumarm sind. Im Bodenblock 0-80 cm kommen dennoch 696 kg/ha (65 %) des Aluminiumvorrates vor. **Gleypodsole** besitzen sehr hohe Humusgehalte. Diese bewirken offenbar auch einen höheren Aluminiumvorrat von im Mittel 1,6 t/ha bei vergleichsweise geringer Streubreite. Im humusreichen Bodenblock bis 80 cm Tiefe ist der Haupt-Aluminiumvorrat von 1,2 t/ha (73 %) zu finden (Abb. 3-72).

Eisen

Eisen liegt primär in Silikaten im Boden vor und ist nach Aluminium das häufigste Metall. Im Zuge der Verwitterung wird es aus dem Gesteinsverband herausgelöst und in Form von Oxiden im Boden gebunden. In der Bodenlösung belüfteter Böden tritt Eisen als metallorganischer Komplex und im sehr sauren Milieu als anorganisches Fe(III)-Ion auf (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

Eisen ist unentbehrliches Nährelement für Pflanzen und Indikator für einen fortgeschrittenen Zustand der Nährstoffverarmung und Versauerung von Böden.

Eisengehalt

Der Eisengehalt an-und semihydromorpher Böden bewegt sich in den Grenzen von Null bis 16,1 mg/100g Boden. Kein lösliches Eisen ist in vielen Cca- und C-Lagen von Braunerden und einigen Fahlerden nachweisbar. Der Maximalgehalt an löslichem Eisen tritt in der Humusdecke eines Podsols auf. Der mittlere Eisengehalt (Median) aller Bodenlagen beträgt 0,29 mg/100g Boden.
Eisenmangel ist in Waldböden nicht zu erwarten, da Humuslagen generell relativ hohe Eisengehalte aufweisen und Oberböden aufgrund ihres fortgeschrittenen Versauerungsstatus ebenfalls reich an löslichem Eisen sind.
Eisen tritt im Mineralboden und in Humuslagen in anderen quantitativen Konzentrationsniveaus auf. Die geringe Trockenraumdichte der Humuslage von Auflagehumusformen bewirkt dort eine hohe Eisenkonzentration von über 6 mg/100g Boden.

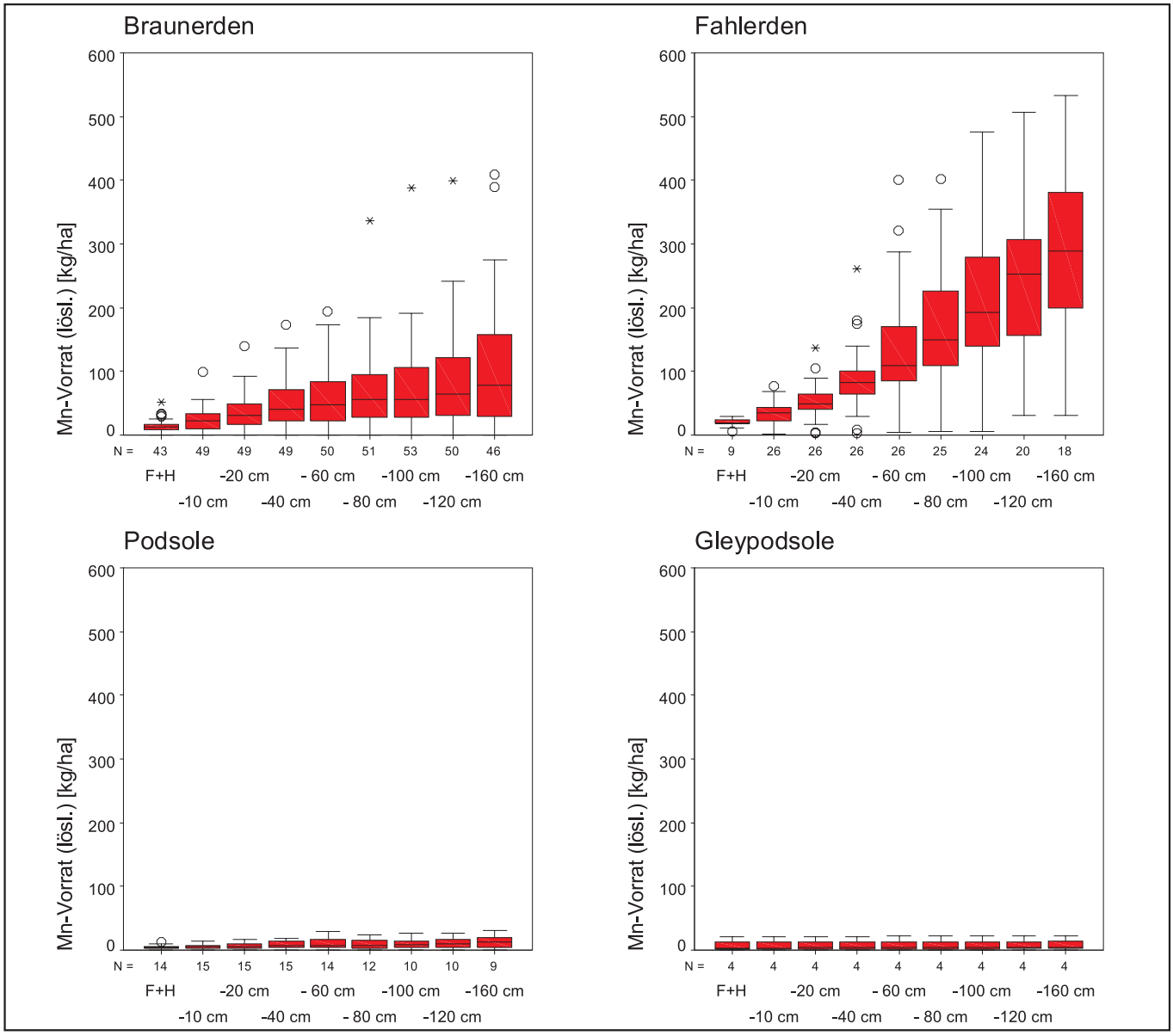


Abb. 3-70: Manganvorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Der Eisengehalt der Mineralbodenhumusformen fällt demgegenüber wesentlich niedriger aus. Fahlerden besitzen beispielsweise in der Humuslage nur einen Eisengehalt von im Mittel 2,2 mg/100g Boden. Im Mineralboden spiegelt der Eisengehalt den Versauerungsstatus des Bodens gut wider (Abb. 3-73). Ah-Lagen sind die am stärksten von Versauerung betroffenen Bodenlagen und sie sind vergleichsweise eisenreich. Der Eisengehalt erreicht dort, insbesondere in Braun- und Fahlerden, sehr hohe Werte von im Mittel 0,3 bis 4,2 mg/100g Boden. In Richtung Untergrund sinkt der Eisengehalt in Braun- und Fahlerden auf durchschnittlich < 0,2 mg/100g Boden ab. Podsole und Gleypodsole sind im oberen Mineralboden (0-5 cm Tiefe), vermutlich infolge fehlender Sorptionskapazität, eisenärmer als Braunerden; im übrigen von der Bodenbildung betroffenen Profilteil liegt der Eisengehalt aber über dem von Braunerden.

Eisenvorrat

Die Gesamtspanne des Eisenvorrates bis 160 cm Tiefe reicht von < **6 kg/ha** auf einer jungpleistozänen Sand-Braunerde mit hoch anstehendem Carbonat bis **616 kg/ha** auf einer im Oberboden sehr sauren, jungpleistozänen Lehm-Fahlerde mit lehmigem Ton im Untergrund. Der Median des Eisenvorrates aller Profile beträgt **58 kg/ha**. Das lösliche Eisen ist im Profil sehr ungleichmäßig verteilt (Abb. 3-74). In der Humuslage sind 6 kg/ha (10 %), in der Tiefenstufe 0-80 cm 46 kg/ha (79 %) und in 80-160 cm Tiefe nur noch 6 kg/ha (11 %) vorhanden.
Die Verteilung und Höhe der löslichen Eisenvorräte ist in den Bodentypengruppen sehr unterschiedlich. Die höchsten Eisenvorräte haben **Podsole** und **Gleypodsole**. Im Bodenblock bis 160 cm Tiefe sind im Mittel **83** bzw. **105 kg/ha** lösliches Eisen vorhanden, die verhältnismäßig gleichmäßig über das gesamte Profil verteilt sind und den fortgeschrittenen Versauerungsstatus dieser Bodentypengruppen dokumentieren. Auch **Fahlerden** besitzen aufgrund ihres hohen Sorptionsvermögens und der sauren Oberböden relativ hohe Eisenvorräte von **73 kg/ha** bis 160 cm Tiefe, die aber ganz überwiegend in den oberen 80 cm des Profils akkumuliert sind (52 kg/ha, 71 %). Vergleichsweise niedrig fällt der Eisenvorrat von **Braunerden** aus. Deren niedrige Sorptionskapazität und im Vergleich zu Podsolen moderater Versauerungsstatus führt zu Eisenvorräten von im Mittel nur **48 kg/ha**. Der Haupteisenvorrat von Braunerden tritt in

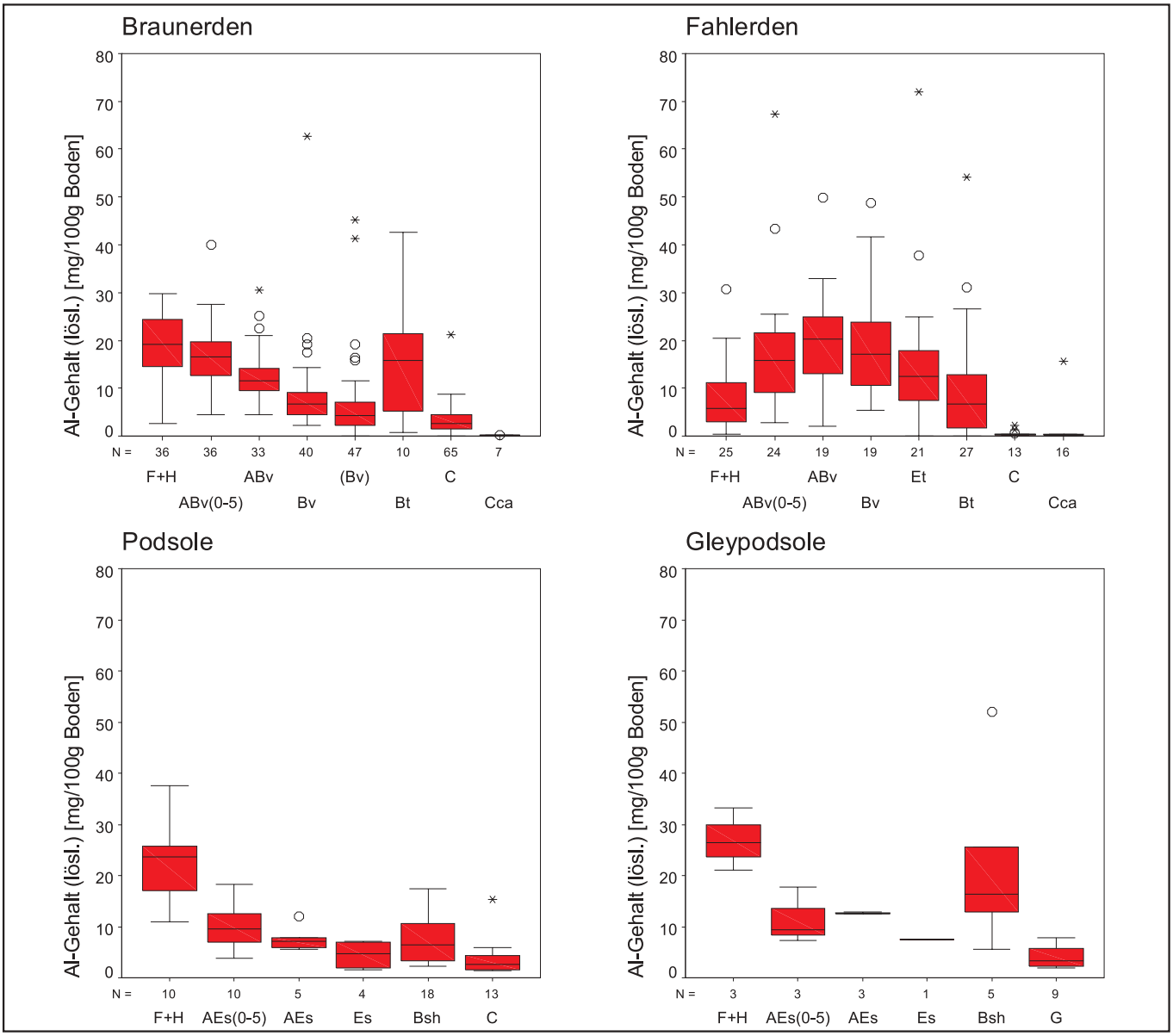


Abb. 3-71: Aluminiumgehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

den oberen 80 cm des Profils auf. Dort sind 43 kg/ha (90 %) des Gesamtvorrates akkumuliert (Abb. 3-7).

Wasserstoffionen

Wasserstoffionen werden durch Dissoziation von funktionellen Säuregruppen, wie Carboxyl-, (COOH)- und phenolischen OH-Gruppen organischer Austauscher sowie von (Al, Fe)OH- und (Al, Fe)OH_2-Gruppen an der Oberfläche von Tonmineralen und Oxiden in die Bodenlösung abgegeben. Eine zweite Quelle der Wasserstoffionenfreisetzung sind austauschbare Al-Ionen, die durch Hydrolyse Wasserstoffionen in die Bodenlösung freisetzen SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992). Eine hohe Wasserstoffionenkonzentration bzw. ein hoher Wasserstoffionenvorrat im Boden kennzeichnet Böden im fortgeschrittenen Zustand der Bodenversauerung (Abb. 3-7).

Wasserstoffionengehalt

Der Wasserstoffionengehalt an- und semihydromorpher Waldböden liegt in den Grenzen von **Null** bis **12,3 mg/100g** Boden. Im Untergrund, teilweise auch im Unterboden vieler Braun- und Fahlerden wurden keine Wasserstoffionen gemessen. Der Maximalwert des Wasserstoffionengehaltes tritt in der Humusdecke eines Podsols mit der Humusform Rohhumus auf. Der Median des Wasserstoffionengehaltes aller Bodenlagen liegt bei **0,14 mg/100g** Boden.

Die qualitativ höchste Wasserstoffionenkonzentration herrscht in der Humuslage (Abb. 3-75). Der Wasserstoffionengehalt ist dort gegenüber humusarmen Mineralbodenlagen bis zum Faktor 600 erhöht. Dies resultiert zum einen aus dem Volumeneffekt (hohes Volumen je Masseeinheit) und zum anderen aus der hohen Wirksamkeit organischer Austauscher für die Wasserstoff-ionenfreisetzung. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Wasserstoffionengehalt und Humusform. Der Wasserstoffionengehalt der Humuslage nimmt vom Mullartigen Moder in Richtung Rohhumus ausgeprägt zu. **Fahlerden**, die überdurchschnittlich günstige Humusformen besitzen, haben einen Median der Wasserstoffionenkonzentration von **2,6 mg/100g** Boden. Der Median der Wasserstoffionenkonzentration von **Gleypodsolen**, die ausnahmslos feinhumusreiche Rohhumusdecken tragen, beträgt demgegenüber **7,5 mg/100g** Bo-

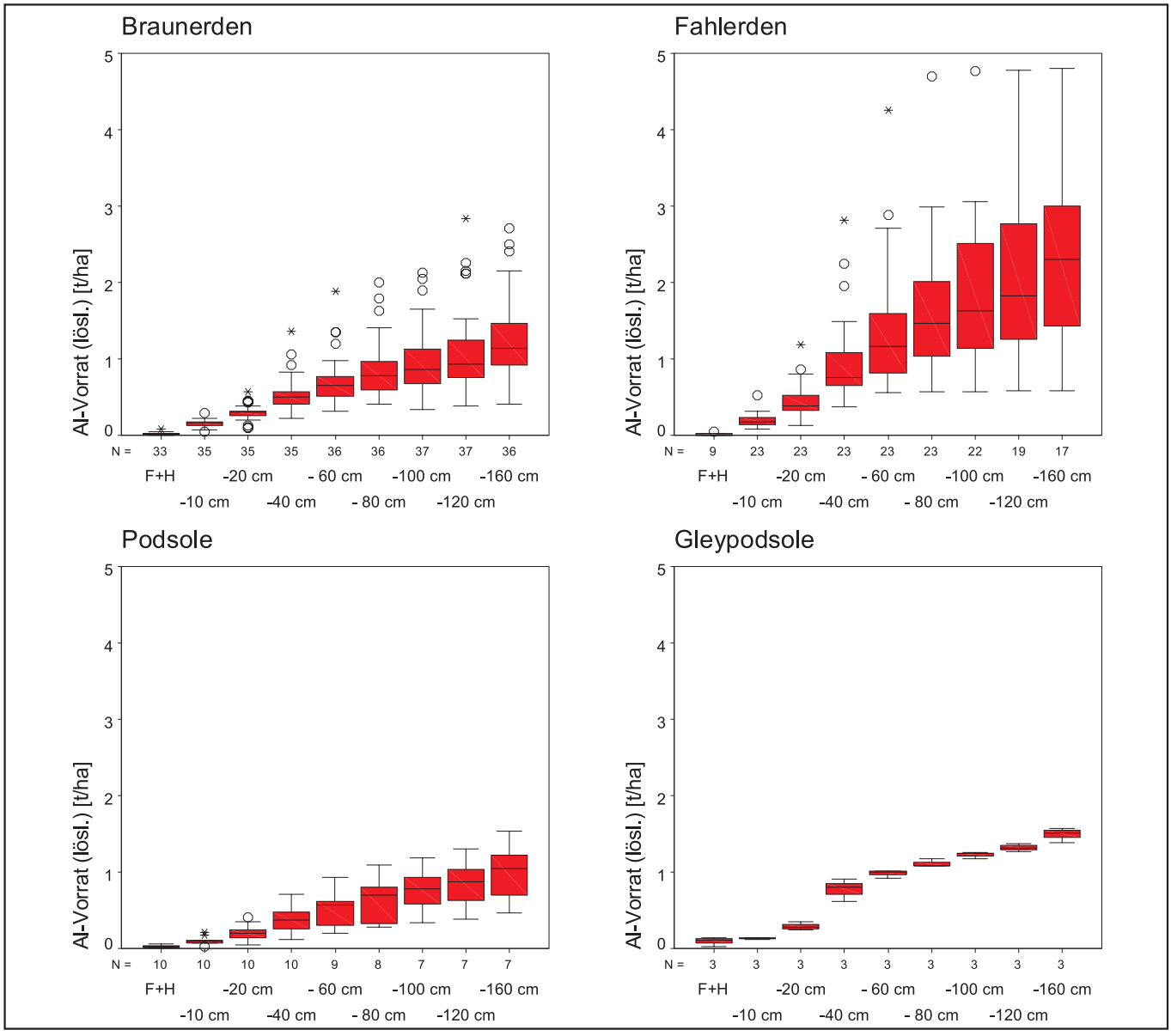


Abb. 3-72: Aluminiumvorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

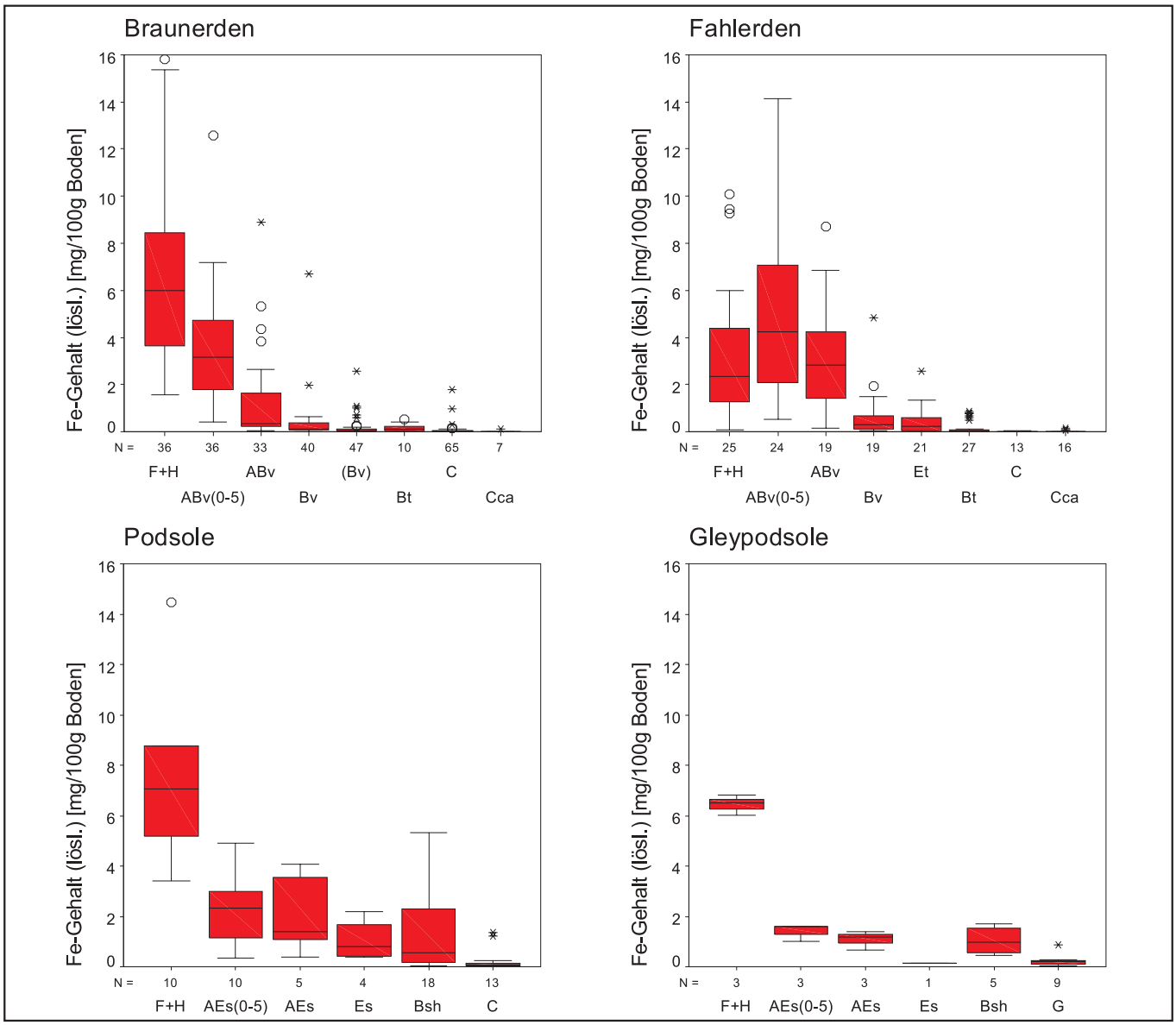


Abb. 3-73: Eisengehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

den. Höhere Wasserstoffionengehalte von im Mittel 0,2 bis 0,8 mg/100g Boden treten noch in den humusreichen und stark versauerten Ah-Lagen aller Bodentypengruppen auf. Im humusarmen Ober- und Unterboden sowie im Untergrund nimmt der Wasserstoffionengehalt mit abnehmender Neutralkationenverarmung der Böden stark ab und liegt in C- bzw. G-Lagen unter 0,05 mg/100g Boden.

Wasserstoffionenvorrat

Mit **4 kg /ha** besitzt eine Sand-Braunerde den niedrigsten und ein Gleypodsol mit **57 kg/ha** den höchsten Wasserstoffionenvorrat der Stichprobe. Der Median des Wasserstoffionenvorrates aller Profile bis 160 cm Tiefe liegt bei **31 kg/ha**. In der Humuslage sind 5 kg/ha (16 %), in der Tiefenstufe 0-80 cm 14 kg/ha (45 %) und in 80-160 cm Tiefe nur noch 12 kg/ha (39 %) vorhanden.
Der Wasserstoffionenvorrat spiegelt den Versauerungsstatus der Böden weitaus deutlicher wider als der Wasserstoffionengehalt. So besitzen **Podsole und Gleypodsole** mit **34** und **50 kg/ha** bis 160 cm Tiefe den höchsten Wasserstoffionenvorrat, obwohl sie nur über eine niedriges Sorptionsvermögen verfügen. Der Wasserstoffionenvorrat von Podsolen steigt bis in den Untergrund hinein an; der Hauptvorrat ist aber in der Humusdecke und im humusreichen Oberboden anzutreffen (bis 80 cm Tiefe 23/42 kg/ha, 67/84 %). Auch **Fahlerden** haben einen vergleichs-weise hohen Wasserstoffionenvorrat von 32 kg/ha. Dieser resultiert vor allem aus dem hohen Sorptionsvermögen dieser Bodentypengruppe. Der Vorratsanstieg tritt nahezu ausschließlich in den oberen 60 cm des Profils auf; der scheinbare weitere Vorratsanstieg des in Abbildung 3-76 dargestellten Wasserstoffionenvorrates ist methodisch bedingt und wird allein durch die Absenkung des Stichprobenumfanges in der Tiefenstufe > 60 cm hervorgerufen. Basenreiche Fahlerden wurden nur bis zur Obergrenze des Mergels beprobt. Der mittlere Wasserstoffionenvorrat von **Braunerden** fällt mit **20 kg/ha** niedriger aus. Der Hauptvorratsanstieg erfolgt wie bei den anderen Bodentypengruppen in der Humusdecke und im humusreichen Oberboden. Ein realer mäßiger Vorratsanstieg ist aber bis in den Untergrund hinein zu verzeichnen. Im Bodenblock bis 80 cm Tiefe kommen 15 kg/ha (75 %) vom Gesamtvorrat vor. Der vergleichsweise niedrige Wasserstoffionenvor-

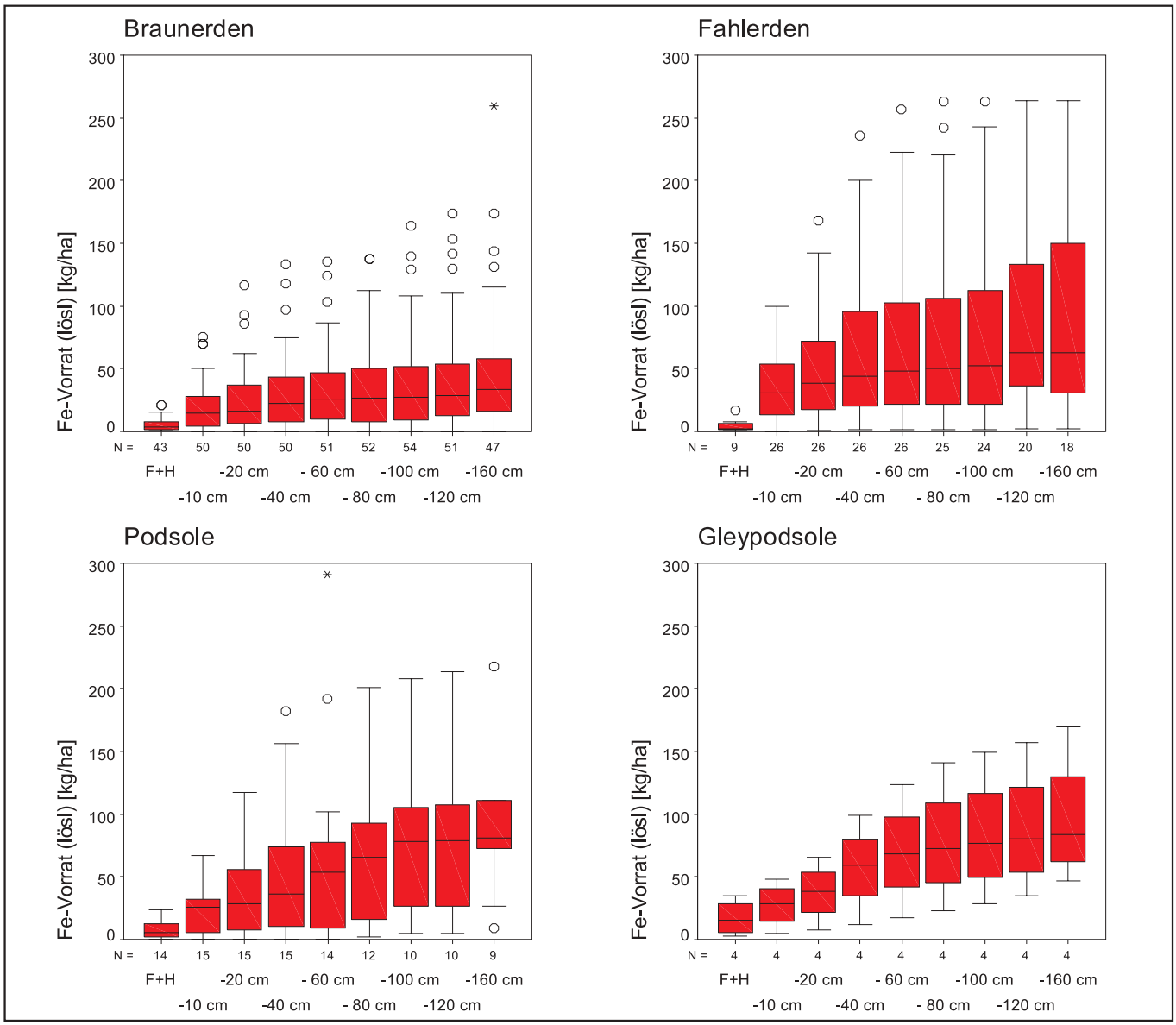


Abb. 3-74: Eisenvorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

rat der Braunerden ist eine Folge der niedrigen Sorptionskapazität und des im Vergleich zu den Podsolen moderaten Versauerungszustandes dieser Bodentypengruppe.

3.1.3.2.3 Schwefel

Schwefel kommt primär im Boden in Silikaten und Sulfaten vor. Im Laufe der Verwitterung wird Schwefel freigesetzt und reichert sich biogen in der Humusdecke und in humusreichen Oberbodenlagen an. Im sauren Milieu vieler Waldböden wird Schwefel darüber hinaus an Aluminium- und Eisenhydroxiden als Hydroxy-Al- oder -Fe-Sulfat adsorbiert.
Eine weitere Quelle für den Schwefel im Boden stellen Einträge aus der Atmosphäre dar. Übersteigt der Schwefeleintrag das Sorptionsvermögen der Böden, wird Schwefel ausgewaschen und führt zur Bodenversauerung. Schwefelspeicherung wirkt in dieser Hinsicht puffernd. Hydroxy-Al- oder -Fe-Sulfat sind wasserlöslich und geben den adsorbierten Schwefel mit der Zeit wieder in die Bodenlösung ab, wo er mit zeitlichem Verzug versauernd wirken kann (ALEWELL 1995).

Schwefel ist ein für Pflanzen unentbehrliches Nährelement. Daneben gilt Schwefel als Leitelement für die Säurebelastung von Böden durch atmosphärischen Eintrag.

Schwefel wurde nur im dritten Untersuchungsdurchgang im Jahr 2001 bestimmt. Für die Proben der vorhergehenden Probenahmekampagnen existieren keine Daten.

Schwefelgehalt

Der Schwefelgehalt an- und semihydromorpher Böden setzt bei **0,05 mg/100g Boden** ein und endet bei **18,1 mg/100g Boden**. Der Minimalwert tritt in einem Es-Horizont eines Saumpodsols auf. Den Maximalwert des Schwefelgehaltes erreicht eine Bändersand-Braunerde mit der Humusform Mullartiger Moder in der Humuslage. Der Median des Schwefelgehaltes aller Bodenlagen liegt bei **1,1 mg/100g Boden**.
Die höchsten Schwefelgehalte sind generell in der Humuslage anzutreffen. Deren geringe Trockenraumdichte führt bei Massebezug zu Gehalten von im Mittel 4,2 bis 7,7 mg/100g Boden. Es

besteht eine klare Abhängigkeit zwischen dem Schwefelgehalt in der Humuslage und der Humusform. Vom Mullartigen Moder in Richtung Rohhumusartiger Moder nimmt der Schwefelgehalt signifikant ab. Die Humusformen Rohhumusartiger Moder und Rohhumus unterscheiden sich in ihrem Schwefelgehalt nur noch zufällig. Dieser Befund weist darauf hin, dass die unterschiedlichen Schwefelgehalte der Humuslage vermutlich natürlichen Ursprunges sind und nicht vordergründig aus Einträgen resultieren.

Der niedrigste Schwefelgehalt tritt in **Podsolen** und **Gleypodsolen** auf und liegt im Mineralboden im Mittel um **0,6 mg/100g Boden**. Nur die aluminium- und eisenreicheren Bsh-Lagen haben Schwefelgehalte von 0,8 und 0,9 mg/100g Boden. Den Podsolen und Gleypodsolen fehlen Aluminium- und Eisenhydroxiden, an denen Schwefel adsorbiert werden könnte. **Braunerden** haben im Durchschnitt bessere Humusformen als Podsole und Gleypodsole. Dies äußert sich u. a. in einem Schwefelgehalt von im Mittel 4,9 mg/100g Boden in der Humuslage. Außerdem treten im Oberboden der Braunerden die höchsten Aluminiumgehalte aller Bodentypengruppen auf. Dies führt offenbar zu hohen Schwefelgehalten von im Mittel 1,4 mg/100g Boden im Bv-Horizont. Die durchschnittlich günstigste Humusformenausstattung besitzen **Fahlerden**. Diese besitzen einem mittleren Schwefelgehalt in der Humuslage von 6,2 mg/100g Boden. Im Mineralboden weisen Fahlerden einen den Braunerden vergleichbaren Schwefelgehalt auf.

Schwefelvorrat

Mit **13 kg/ha** bis 160 cm Tiefe hat ein Sand-Saumpodsol auf dem Darß den niedrigsten Schwefelvorrat der gesamten Stichprobe. Den Maximalvorrat von **730 kg/ha** erreicht eine Lehm-Fahlerde. Der mittlere Vorrat (Median) aller Profile beträgt **226 kg/ha**. Dieser Vorrat verteilt sich gleichmäßig auf das Profil. Nur 4 kg/ha (2 %) sind in der Humuslage, 116 kg/ha (51 %) in 0 bis 80 cm Tiefe und 106 kg/ha (47 %) in 80-160 cm Tiefe zu finden.

Fahlerden besitzen den höchsten Schwefelvorrat aller Bodentypengruppen von **254 kg/ha**. Dieser wird maßgeblich vom

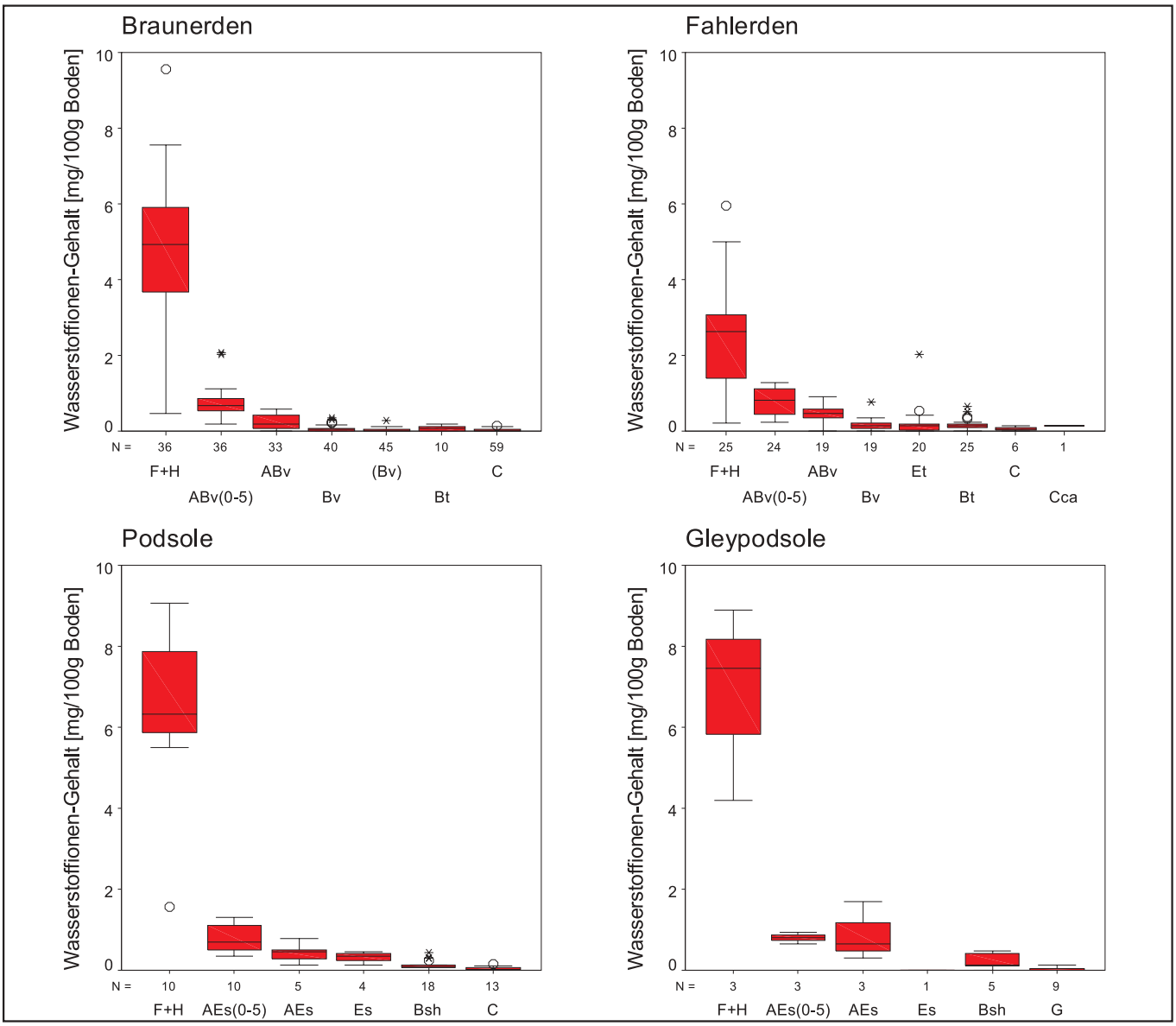


Abb. 3-75: Protonengehalt nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

hohen Sorptionsvermögen und dem hohen Aluminum- sowie Humusvorrat im Oberboden dieser Bodentypengruppe bestimmt. 114 kg/ha (45 %) des Schwefelvorrates sind auf den Bodenblock 0-80 cm Tiefe konzentriert. Der Schwefelvorrat von **Braunerden** ist mit **238 kg/ha** nur wenig niedriger als der der Fahlerden. Der hohe Schwefelvorrat ist signifikant mit dem Aluminium- und Humusvorrat des Ober- und Unterbodens der Braunerden korreliert. Bis 80 cm Tiefe kommen 154 kg/ha (65 %) des Gesamtvorrates vor. **Podsole** und **Gleypodsole** besitzen mit **145** bzw. **203 kg/ha** den niedrigsten Schwefelvorrat aller Bodentypengruppen. Wie in den Braunerden ist die Schwefelspeicherung in Podsolen mit 100 kg/ha (69 %) auf den Humus sowie den Ober- und Unterboden konzentriert. Im Untergrund ist nur noch wenig Schwefel akkumuliert. Gleypodsole lassen diesbezüglich ein anderes Verhalten erkennen. Dort findet auch noch im Tiefenbereich 80-160 cm eine beachtliche Schwefelspeicherung von 91 kg/ha (45 %) statt. Der Bsh-Horizont mit seinem höheren Humus- und Aluminiumvorrat reicht bis in diesen Tiefenbereich hinab, und die Aluminiumvorräte nehmen in Richtung Untergrund zu (Abb. 3-78).

3.2 Ernährungszustand nach Nadel-/Blattanalysen

Nadel-/Blattanalysedaten dienen der Einschätzung des aktuellen Ernährungszustandes der Waldbäume. Sie geben Hinweise auf potenzielle Ernährungsstörungen. Im Zusammenhang mit Bodenanalysedaten sind sie zur umfassenden Kennzeichnung des Fruchtbarkeitszustandes eines Standortes verwendbar. Ferner eignen sich Nadel-/Blattanalysedaten als Indikator zur Abschätzung lokaler Belastungssituationen durch Stoffeinträge. Besprochen werden Ergebnisse der Nadel-/Blattanalysen für die Makronährelemente Ca, Mg, K, P und N sowie das Nähr- und Schadelement S. Für diese Elemente existiert ein nahezu vollständiger Datensatz von allen BDF-F für alle Aufnahmeperioden.
Spurenelemente und Schwermetalle wurden nur in einzelnen Aufnahmejahren und nur auf einem Teil der BDF-F untersucht. Der Datensatz ist lückenhaft; auf eine Darstellung der Ergebnisse wird aus diesem Grund verzichtet.
Aus personell-kapazitativen Gründen musste in einzelnen Aufnahmeperioden die Probennahme auf mehrere (bis zu 4) Jahre ausgedehnt werden; der Datensatz ist daher teilweise in

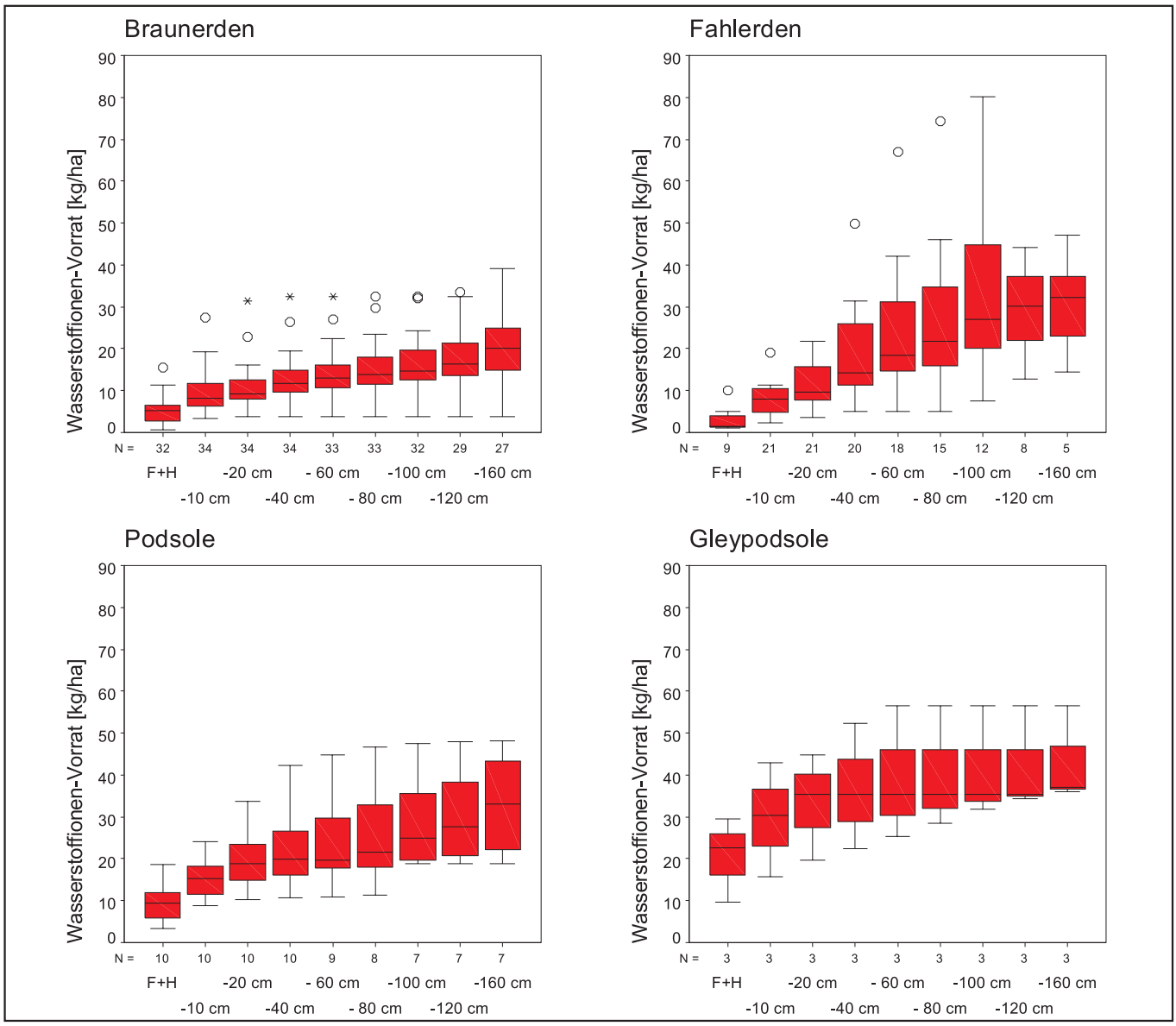


Abb. 3-76: Protonenvorrat nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Bezug auf witterungsbedingte Einflüsse, die zu Verdünnungs- oder Anreicherungseffekten von Elementen in Nadeln und Blättern führen bzw. eine unterschiedliche Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden zur Folge haben können, als nicht homogen anzusehen. Die Ergebnisse der Nadel-/Blattanalysen einer Aufnahmeperiode werden dennoch jeweils gemittelt und so dargestellt, als wären sie in einem Jahr entnommen worden.
Beurteilungsgrundlage für die Nadel-/Blattanalysen ist der Auswerterahmen von WOLFF & RIEK (1996), der für die Bewertung der Nadel-/Blattanalysen der Bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) verwendet wurde.
Nadel- und Blattmassen wurden in den ersten zwei Aufnahmeperioden leider nicht bzw. sehr unvollständig bestimmt. Es ist daher nicht möglich, für den gesamten Datensatz die vom Labor übermittelten Elementkonzentrationen auf ein einheitliches Nadel-/Blattgewicht umzurechnen.

Vorrangiges Ziel von Ernährungsuntersuchungen auf BDF-F ist, den Ernährungsstatus der Baumarten Kiefer und Rotbuche langfristig zu überwachen und Ernährungsstörungen rechtzeitig zu erkennen, um mit geeigneten waldbaulichen Maßnahmen darauf reagieren zu können. In diesem Zusammenhang ist u. a. die Frage von Interesse, ob bestimmte Ernährungszustände eine Bindung an spezifische Bodenzustände besitzen, ob ein ggf. vorhandener Nährelementmangel oder -überschuss in Nadeln und Blättern unmittelbar an eine bestimmte Elementausstattung im Boden gebunden ist. In einem praxisorientierten Ansatz wird nachfolgend neben dem Ernährungszustand auch der Zusammenhang zwischen der Elementkonzentration in den Nadeln und Blättern und der Elementausstattung im Boden auf den BDF-F im Zeitraum 1986-2001 geprüft und dargestellt.
Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Elementkonzentration in den Nadeln und Blättern nicht nur von der Elementausstattung im Boden abhängig ist, sondern von weiteren Einflussfaktoren, wie u. a. der Witterung, lokalen Belastungsschwerpunkten oder dem Alter der Bestände maßgeblich beeinflusst wird. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass regionale räumliche Effekte und eine mögliche Wirkung von Schwellenwerten, die bei der Gruppenbildung meist unberücksichtigt bleiben, das Erkennen von Zusammenhängen erschweren. Außerdem muss damit gerechnet werden, dass der Zusammenhang der Elementkonzentrationen in den

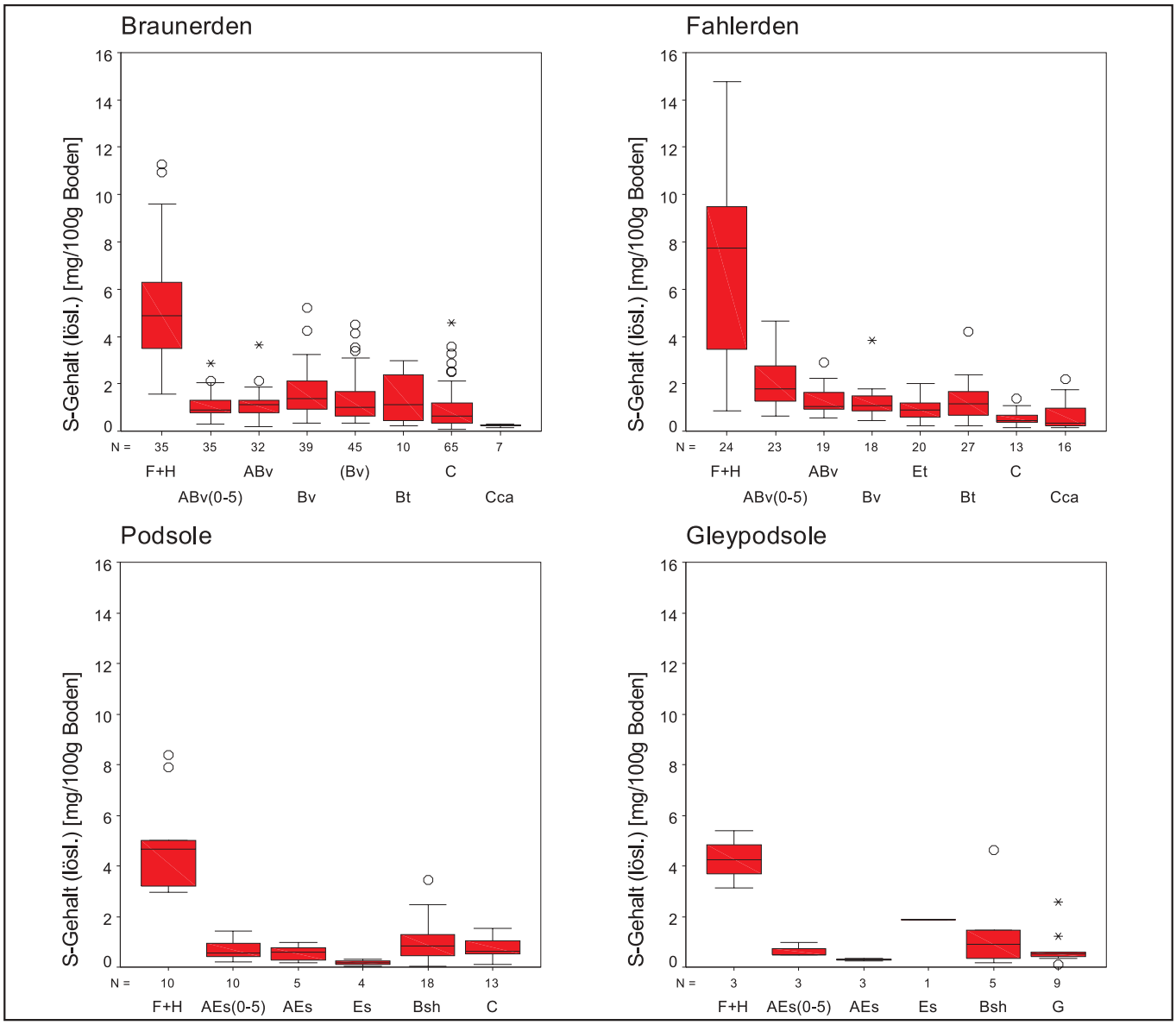


Abb. 3-77: Schwefelgehalt (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001

Nadeln und Blättern und der Elementausstattung im Boden von verschiedenen Einflussfaktoren gleichzeitig gesteuert werden (MAYER 1999). Integrierende Auswerteansätze wären notwendig, um die Problemstellung angemessen zu untersuchen. Da eine modellgestützte Berechnung von Klima- und Depositionsdaten für die einzelnen BDF-F nicht realisiert werden konnte und der verfügbare Stichprobenumfang von 58 Flächen einer Stratifizierung nach unterschiedlichen Merkmalen enge Grenzen setzt, weil einzelne Straten nur noch mit wenigen Stichprobepunkten belegt sind und eine sinnvolle Auswertung kaum noch zulassen, musste die Datenauswertung in Form einer Einzelanalyse von Einflussfaktoren vorgenommen werden. Nur starke, unmittelbar wirksame Einflussfaktoren können auf diese Weise abgebildet werden. Sofern im Beobachtungszeitraum kein Zusammenhang zwischen Elementkonzentrationen in den Nadeln und Blättern und der Elementausstattung im Boden erkennbar wird, bedeutet dieser Befund nicht, dass kein genereller Einfluss des entsprechenden Merkmals vorhanden ist, sondern nur, dass keine unmittelbar wirksame Beeinflussung erkennbar wird. In Kombination mit anderen Einflussfaktoren kann durchaus eine Abhängigkeit bestehen.

Stickstoff

Stickstoff hat grundlegende Bedeutung für den Eiweißstoffwechsel der Pflanzen. Als Bestandteil von Enzymen ist er an Stoffwechselvorgängen beteiligt. Stickstoffmangel führt zu Stoffwechselstörungen, Vergilbungen und Kümmerwuchs. Stickstoffüberschuss kann die Wurzelaufnahme anderer Nährstoffe behindern und zu Nährstoffungleichgewichten führen. Ferner steigt bei Stickstoffüberernährung die Anfälligkeit der Bäume gegenüber Schädlingsbefall, und die Frostresistenz nimmt ab. Stickstoff wird überwiegend über die Wurzel aus dem Boden, aber auch direkt aus der Luft über die Nadeln und Blätter, in die Pflanze aufgenommen.
Stickstoff ist in der Pflanze leicht beweglich und kann bei knapper Versorgung in Nadelbäumen in älteren Nadeln mobilisiert und in jüngere Nadeln verlagert werden.

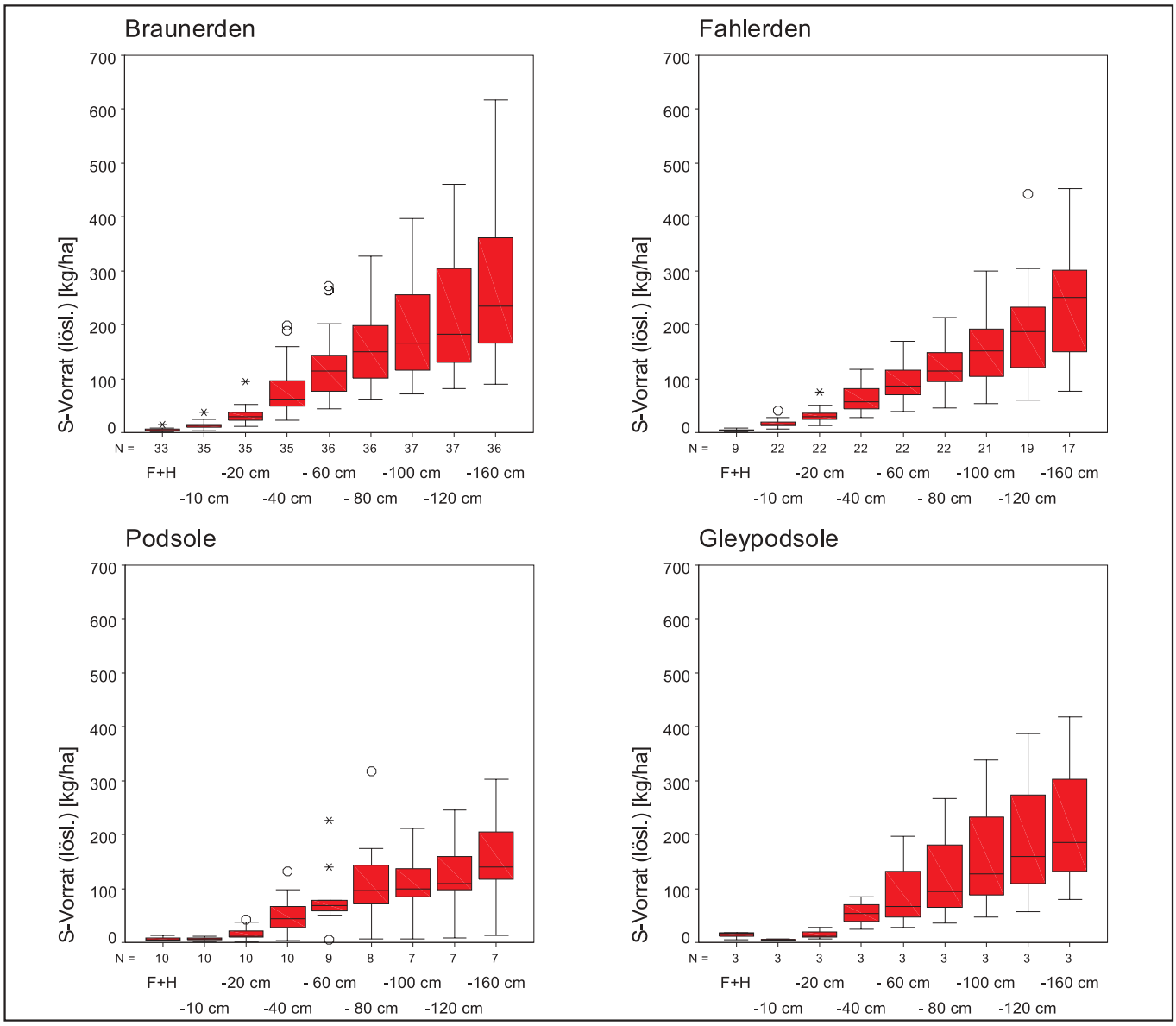


Abb. 3-78: Schwefel-Vorrat (lösl.) nach Bodentypengruppen im Jahr 2001 (im Mineralboden kumuliert)

Kiefer

Noch in den 60er Jahren war Stickstoff auf vielen „Kiefern-Standorten“ wachstumslimitierendes Element; in der Gegenwart muss in Kiefernbeständen mit einem Überangebot gerechnet werden. Abbildung 3-79 zeigt den Befund der Nadelanalysen für das Element Stickstoff. Danach stützen die Stickstoffgehalte der Nadeln die Datenlage aus dem Boden. Bereits in der ersten Aufnahme in den Jahren 1986-89 waren Kiefernnadeln im Mittel *sehr hoch* mit Stickstoff versorgt. Auf ein Überangebot, das von den Beständen nicht genutzt werden kann, deutet der gegenüber dem 1. Nadeljahrgang höhere Stickstoffgehalt des 2. Nadeljahrganges hin. Nur 15 % aller Kiefernbestände der Stichprobe hatte im 1. Nadeljahrgang einen Stickstoffgehalt der Ernährungsstufe *mittel* bis *sehr gering*. An dieser Situation änderte sich auch in der Aufnahmeperiode 1991-95 grundsätzlich nichts. Erst in der letzten Aufnahmeperiode 1999-2001 nahm der Stickstoffgehalt der Kiefernnadel ab. Der Median des 1. und 2. Nadeljahrganges fiel auf das Ernährungsniveau der Stufe *hoch* und der 2. Nadeljahrgang besitzt zumindest im Mittel (Median) keinen höheren Stickstoffgehalt mehr als der 1. Nadeljahrgang.
Der Eintrag von Stickstoff scheint rückläufig zu sein oder, was wahrscheinlicher ist, stärker im Land zu differenzieren. Neben Regionen mit nach wie vor hoher Belastung treten Räume mit verminderter Stickstoffbelastung auf. So kommen 2001 wieder Kiefernbestände mit *mittlerer* und *geringer* Stickstoffversorgung, in zwei Fällen sogar mit Stickstoffmangel, vor. Der Anteil der Kiefernbestände mit *sehr hohem* Stickstoffgehalt in der Nadel hat auf 25 % abgenommen.

Im Zusammenhang mit einer luxuriösen Stickstoffernährung vieler Kiefernbestände wird neben einer Betrachtung der absoluten Stickstoffgehalte immer wieder die Frage der Elementrelationen des Stickstoffs zum Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium diskutiert (KALLWEIT 2001). Es besteht Anlass zur Sorge, dass durch übermäßigen Stickstoffkonsum andere essenzielle Makronährstoffe in einen relativen Mangel geraten und Ernährungsstörungen sowie eine Vitalitätsschwächung der Bäume hervorrufen könnten. In Tabelle 3-16 sind die Grenzwerte und der Anteil „disharmonischer“, d. h. relativ zu stickstoffreicher Bodendauerbeobachtungsflächen dargestellt. Im Gegensatz zu den zuvor besprochenen absoluten Gehalten fallen die Elementquotienten insbesondere zwischen Stickstoff und den Elementen Phosphor, Kalium und Magnesium sehr ungünstig aus. **Es zeichnet sich ein Bild verbreiteter Stickstoffüberversorgung und „disharmonischer“ Ernährungszustände schon von Beginn der 80er Jahre an ab.** So tritt beispielsweise in allen Aufnahmeperioden beim Element Kalium ein, bezogen auf den Stickstoffgehalt, relativer Kaliummangel in über 90 % aller Kiefernbestände auf. Aber auch relativer Magnesiummangel ist weit verbreitet. Nur die Calciumversorgung scheint vor dem Hintergrund der Stickstoffernährung ausreichend zu sein.

Der generelle Zusammenhang zwischen der Stickstoffversorgung der Kiefer und der Ausstattung der Nadeln mit den anderen Makronährstoffen ist in Tabelle 3-17 dargestellt. Zwischen dem Stickstoff-, Phosphor-, Calcium-, Kalium- und Schwefelgehalt von Kiefernnadeln besteht eine schwache bzw. mittlere signifikante positive Beziehung. 14 % aller Kiefernbestände mit einer hohen und sehr hohen Stickstoffversorgung in der Nadel hatte im Jahr 2001 auch eine mindestens hohe absolute Phosphor-, Calcium-, Kalium- und Schwefelausstattung. Derartige, optimal ernährte Kiefernbestände finden sich in allen Aufnahmejahren auf Böden aller Standortsformengruppen, auch auf armen Böden (A-Standorten) und zeichnen sich auch nicht durch das Auftreten spezieller Humusformen aus.

Zwischen dem Stickstoffgehalt der Kiefernnadeln und der Stickstoffausstattung des Bodens, ausgedrückt im Stickstoffvorrat und im N % von C der Humuslage, ist im gesamten Beobachtungszeitraum nur ein schwacher Zusammenhang zu erkennen (Abb. 3-80). Die Korrelationskoeffizienten (Tab. 3-18) liegen zwischen -0,11 und 0,26. Der Stickstoffvorrat des Bodens hat einen schwachen positiven Einfluss auf den Stickstoffgehalt der Kiefernnadeln des 2. Nadeljahrgangs, und mit steigendem N % von C in der Humusdecke nimmt tendenziell der Stickstoffgehalt im 1. Nadeljahrgang der Kiefern zu. Die Modellanpassungen der linearen Regressionen für den Vorrat und das N % von C von $R^2 < 0{,}01$ zeigen aber, dass der Zusammenhang nur von wenigen Wertepaaren hervorgerufen wird. Vermutlich kommt dem Stickstoffeintrag aus der Luft eine überragende Rolle für die Stickstoffversorgung der Kiefernbestände zu.

Buche

Buchenbestände stocken durchschnittlich auf sorptionsstärkeren Standorten, die auf historische agrarisch motivierte Landnutzung und damit einhergehende Standortsdegradierung weit weniger heftig reagieren als beispielsweise viele Sandstandorte, auf denen die Kiefer bevorzugt verbreitet ist. Das Ausmaß der Stickstoffdegradierung ist insoweit in Buchenbeständen viel geringer als in Kiefernbeständen. Wie die Kiefer profitiert auch die Buche von Stickstoffeinträgen aus der Atmosphäre.
Im Mittel weisen Buchenbestände eine Stickstoffversorgung in den Blättern in den Stufen *sehr hoch* und *hoch* auf (Abb. 3-81). Seit 1986 hat der mittlere Stickstoffgehalt der Blätter wie in den Nadeln der Kiefer abgenommen, und eine Differenzierung der Stickstoffgehalte von Buchenblättern nach der regionalen Lage der Bestände ist zu beobachten. In 27 % aller Fälle des Aufnahmejahres 2001 liegt der Stickstoffgehalt der Blätter in der Stufe *mittel* oder schlechter. In einem Buchenbestand tritt sogar Stickstoffmangel auf. Ein Zusammenhang zur Stickstoffausstattung des Standortes ist in Buchenbeständen noch weniger zu erkennen als in Kiefernbeständen. Die 2001 beobachtete *mittlere* oder noch ungünstigere Stickstoffversorgung einzelner Buchenbestände wird nicht von der Stickstoffausstattung des Bodens verursacht (Tab. 3-20). Die betroffenen Bestände stocken auf Moränenstandorten (K- und R-Standorte) und haben als Humusform mit nur einer Ausnahme einen Mullartigen Moder und zählen zu den eher vitalen Beständen im Land (Ausnahme: Moder).

In der Buche ist die Stickstoffversorgung noch weit weniger als in der Kiefer mit einer über alle Makronährstoffe hinweg ausgewogenen Ernährung verbunden. Die Korrelationsanalyse lässt kaum einen Zusammenhang zwischen der Stickstoffversorgung und der Ernährung der Buche mit den anderen Makronährstoffen erkennen (Tab. 3-19). Ebenso ist kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Stickstoffausstattung im Boden und der Stickstoffernährung der Buche feststellbar (Tab. 3-20).

Phosphor

Phosphor ist wesentlicher Bestandteil von Enzymen und hat eine maßgebliche Bedeutung für den Energie- und Baustoff-

stoffwechsel der Pflanze. Phosphormangel führt zu Stoffwechselstörungen und zu Störungen des Wachstums der Triebe und der Öffnung der Blüten und Knospen.

Kiefer

Kiefernbestände sind durchschnittlich *mittel* bis *hoch* mit Phosphor versorgt (Abb. 3-82). Die Phosphorausstattung der Kiefernbestände unterliegt im Verlaufe der 15-jährigen Beobachtung einer großen Schwankungsbreite. Insbesondere in der Aufnahmeperiode 1991-1995 fällt die Phosphorversorgung besonders hoch aus. Ein hoher witterungsbedingter Wasserüberschuss könnte die Aufnahme von Phosphor begünstigt haben. Phosphormangel tritt nur als Einzelphänomen in einzelnen Jahren auf. 2001 war ein anderer Bestand von Phosphormangel betroffen als 1986. Häufiger (ca. 10 % aller Fälle) ist dagegen eine *geringe* Phosphorversorgung. Der Phosphorgehalt des 1. Nadeljahrgangs übersteigt im Allgemeinen den des 2. Jahrganges.

Gut phosphorversorgte Kiefernbestände sind tendenziell auch besser stickstoff-, kalium-, calcium-, magnesium- und schwefelversorgt. Die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang sind in Tabelle 3-21 zusammengestellt. 7 % aller hoch oder sehr hoch phosphorversorgten Kiefernbestände weisen im 1. Nadeljahrgang auch eine mindestens hohe absolute Stickstoff-, Calcium-, Kalium- und Magnesiumausstattung auf. Bei diesen Standorten handelt es sich erstaunlicherweise ausschließlich um Podsole bzw. um eine Podsol-Braunerde jeweils mit der Humusform Rohhumusartiger Moder.
Mit der Phosphorausstattung im Boden ist der Phosphorgehalt der Kiefernnadeln kaum korreliert (Tab. 3-22). So besteht zwischen dem C/P-Verhältnis der Humusdecke und dem Phosphorgehalt der Nadeln kein gesicherter Zusammenhang. Darüber hinaus sind beide Merkmale negativ korreliert. Eine sehr schwache Beziehung weist die Korrelationsanalyse für den Phosphorvorrat und den Phosphorgehalt des 2. Nadeljahrganges aus. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression von 0,16 für die Anpassung der Ausgleichsgeraden des P-Vorrates in der Humuslage und dem P-Gehalt im 2. Nadeljahrgang der Kiefer weist aber darauf hin, dass dem von der Korrelationsanalyse angezeigten Zusammenhang kein nennenswerter Aussagewert zukommt. Für die Tiefenstufen 40 und 80 cm fällt das Bestimmtheitsmaß noch niedriger aus.

Buche

Buchenbestände sind *mittel* bis *sehr hoch* mit Phosphor versorgt (Abb. 3-83). Phosphormangel bzw. eine geringe Phosphorversorgung treten kaum auf. Die Phosphorversorgung hat sich im zeitlichen Verlauf positiv entwickelt. 1986 waren Buchenbestände im Mittel (Median) noch *mittel* mit Phosphor ausgestattet. Anfang der 90er Jahre verbesserte sich die Phosphorversorgung drastisch; 80 % aller Buchenbestände hatten in dieser Zeit *hohe* oder *sehr hohe* Phosphorgehalte in den Blättern. 2001 nahm die Phosphorversorgung durchschnittlich wieder auf ein *hohes* Niveau ab.

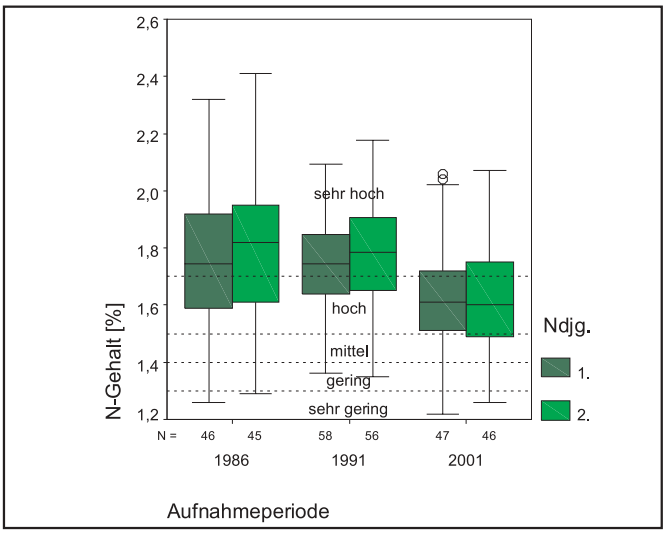


Abb. 3-79: Stickstoffgehalt in Kiefernadeln

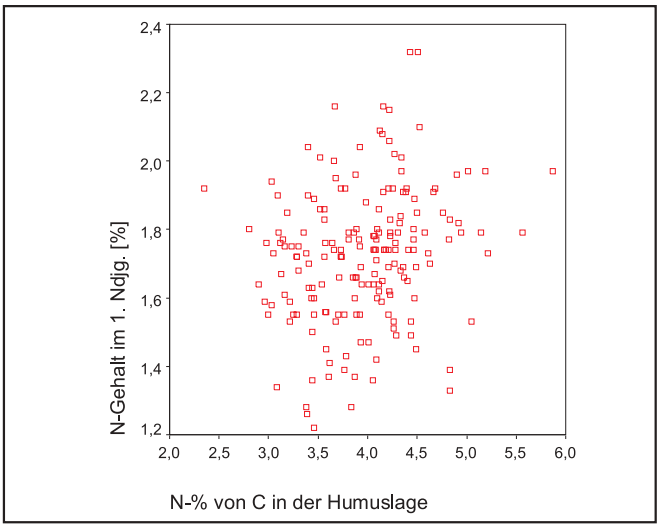


Abb. 3-80: Zusammenhang zwischen dem N % von C in der Humuslage und dem Stickstoffgehalt im 1. Nadeljahrgang der Kiefer (alle Aufnahmeperioden)

Mit einer guten Phosphor- nimmt tendenziell auch die Kaliumversorgung im Buchenblatt zu (Tab.3-23). Zu den anderen Makronährstoffen besteht keine Beziehung.
Die Phosphorversorgung der Buche wird von der Phosphorausstattung des Bodens offenbar nicht unmittelbar bestimmt (Tab. 3-24). Tendenziell nimmt auf den BDF-F mit steigender Phosphorausstattung im Boden der Phosphorgehalt im Blatt sogar ab.

Calcium

Calcium ist für den Aufbau der Zellgerüste der Pflanzen und als Enzymaktivator für zahlreiche Stoffwechselprozesse von großer Bedeutung. Es wirkt durch Entquellen des Zellplasmas dem Kalium entgegen und kann bei hoher Konzentration in

Tab. 3-16: Grenzwerte für „disharmonische“ Elementquotienten und Anteil der Bestände mit Grenzwertüberschreitung im 1. Nadeljahrgang

Element-relation	AK-Standorts-kartierung (BZE)	Anteil (%) der Bestände mit Grenzwertüberschreitung		
		1986	1991	2001
N/P	> 10	61	22	47
N/K	> 2,3	70	86	93
N/Ca	> 17	0	0	0
N/Mg	> 17	65	69	38

		K	P	Ca	Mg	S
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,35**	**0,47**	**0,22**	0,01	**0,48**
	α-Wert	0,000	0,000	0,007	0,893	0,000
	N	151	151	151	151	138
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,28**	**0,43**	-0,04	-0,04	**0,45**
	α-Wert	0,001	0,000	0,631	0,656	0,000
	N	147	147	147	147	134

Tab. 3-17: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Stickstoff- sowie der Kalium-, Phosphor-, Calcium-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Kiefernnadeln

		N % von C in der Humuslage	N-Vorrat in der Humuslage	N-Vorrat in 0-40 cm Tiefe	N-Vorrat in 40-80 cm Tiefe
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,26**	-0,07	0,22	0,09
	α-Wert	0,02	0,524	0,055	0,416
	N	78	78	78	77
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	0,18	-0,11	**0,32**	**0,26**
	α-Wert	0,113	0,337	0,04	0,02
	N	77	77	77	77

Tab. 3-18: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Stickstoffgehalt in Kiefernnadeln und ausgewählten Stickstoffkennwerten im Boden

der Rhizosphäre die Kaliumaufnahme der Wurzel behindern (K/Ca-Antagonismus). In der Pflanze ist Calcium überwiegend organisch gebunden und kann nur schwer verlagert werden. Es reichert sich demzufolge in älteren Nadeln an.

Kiefer

Die Calciumversorgung der Kiefernbestände im Land hat, gemessen am biologisch besonders aktiven 1. Nadeljahrgang, in allen drei Aufnahmeperioden den Schwerpunkt im Bereich einer *mittleren* Ausstattung (Abb. 3-84). In den einzelnen Aufnahmeperioden sind etwa 20-40 % aller Kiefernbestände *hoch* und *sehr hoch* mit Calcium versorgt, und ein gutes weiteres Drittel besitzt eine *geringe* oder *sehr geringe* Calciumkonzentration in den Nadeln. Calciummangel ist ein Einzelphänomen, das nur in den Jahren 1986 und 2001 auftrat. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass kein Bestand, für den 1986 Calciummangel diagnostiziert wurde, auch 2001 noch diesen Mangel aufwies. Im Jahr 2001 waren völlig andere Bestände von Calciummangel betroffen als 1986. Im Zeitraum 1986-2001 zeichnet sich kein auffälliger Entwicklungstrend in der Versorgung der Kiefer mit Calcium ab.

Der Calcium- ist mit dem Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelgehalt in Kiefernnadeln schwach positiv korreliert (Tab. 3-25). Eine gesicherte schwache negative Korrelation weist die Korrelationsanalyse im 2. Nadeljahrgang für das Kalium aus.

Die Calciumausstattung des Bodens hat nur mäßigen Einfluss auf die Calciumversorgung der Kiefernbestände. In Tabelle 3-26 sind die Korrelationskoeffizienten für diesen Zusammenhang aufgeführt. Danach existiert ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Calcium-Sättigung in der Humuslage und der Calciumversorgung der Kiefernbestände (Abb. 3-85). Mit zunehmender Calcium-Sättigung in der Humuslage steigt, bei insgesamt mäßiger Modellanpassung ($R^2 = 0,37$), in der Tendenz auch der Calciumgehalt in den Kiefernnadeln. Der Calciumvorrat im Boden scheint für die Calciumversorgung der Kiefernbestände kaum eine Bedeutung zu haben.

Buche

Buchenbestände sind im Mittel *hoch* mit Calcium versorgt. Mit 40-70 % Anteil dominieren Bestände mit einer *hohen* oder *sehr hohen* Calciumversorgung. Die Calciumversorgung ist über die

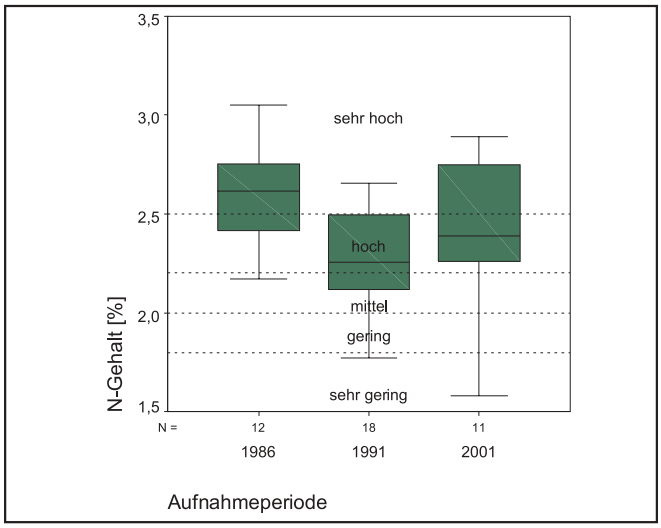


Abb. 3-81: Stickstoffgehalt in Buchenblättern

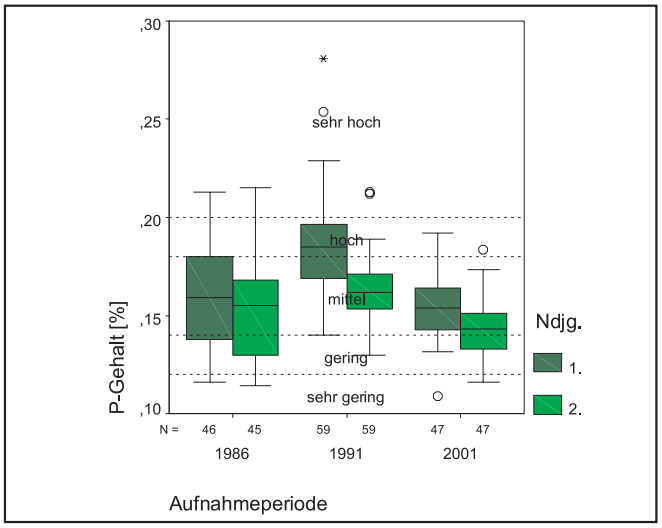


Abb. 3-82: Phosphorgehalt in Kiefernadeln

	P	K	Ca	Mg	S
Korrelation nach Pearson	**-0,06**	0,28	0,07	0,06	0,11
α-Wert	0,028	0,082	0,672	0,704	0,492
N	41	41	41	41	40

Tab. 3-19: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Stickstoff- sowie der Phosphor-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Buchenblättern

	N % von C in der Humuslage	N-Vorrat in der Humuslage	N-Vorrat in 0-40 cm Tiefe	N-Vorrat in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	0,23	0,35	0,31	0,29
α-Wert	0,408	0,208	0,08	0,105
N	15	15	33	33

Tab. 3-20: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Stickstoffgehalt in Buchenblättern und ausgewählten Stickstoffkennwerten im Boden

gesamte Aufnahmeperiode sehr stabil (Abb. 3-86). In den Jahren 1991 und 2001 fiel die Spannweite des Calciumgehaltes deutlich weiter als 1986 aus. Calciummangel trat im Jahr 2001 in einem Buchenbestand auf Schreibkreide in der *Stubnitz* auf Rügen auf und muss wohl durch einen Laborfehler erklärt werden.
Zwischen dem Calcium- und dem Magnesiumgehalt im Buchenblatt besteht eine deutliche positive Korrelation (Tab. 3-27); im Durchschnitt steigt mit dem Calcium- auch der Magnesiumgehalt im Buchenblatt an.
Ein Zusammenhang zur Calciumausstattung des Bodens ist nicht erkennbar (Tab. 3-28). Weder die Calciumsättigung noch die Calciumvorräte in verschiedenen Bodentiefen haben einen erkennbaren direkten Einfluss auf die Calciumversorgung der Buchenbestände.

Magnesium

Magnesium ist Zentralelement des Chlorophylls und hat damit große Bedeutung für die Assimilationsleistung der Bäume. Daneben ist es als Enzymaktivator an zahlreichen Stoffwechselprozessen beteiligt. In der Pflanze ist Magnesium nur zum Teil fest in organischen Verbindungen gebunden. Ionares Magnesium ist leicht beweglich und wird bei Bedarf von älteren Nadeln in jüngere transloziert.

Kiefer

Kiefernbestände sind, ohne dass ein Entwicklungstrend erkennbar wäre, stabil über die gesamte Aufnahmeperiode hinweg im Mittel (Median) *gering* magnesiumversorgt (Abb. 3-87). **Etwa ein Fünftel aller Kiefernbestände im Land weist einen Magnesiummangel auf.** Insgesamt 22 der 46 Bestände waren davon einmal in den drei Aufnahmeperioden betroffen; 7 Bestände wiesen zweimal in Folge Magnesiummangel auf. Eine *mittlere* bis *sehr hohe* Magnesiumversorgung wird in weniger als 20-40 % aller Bestände ermittelt.
Der Magnesium- ist mit dem Phosphor- und Kaliumgehalt im 1. Nadeljahrgang der Kiefern schwach positiv korreliert. Im 2.

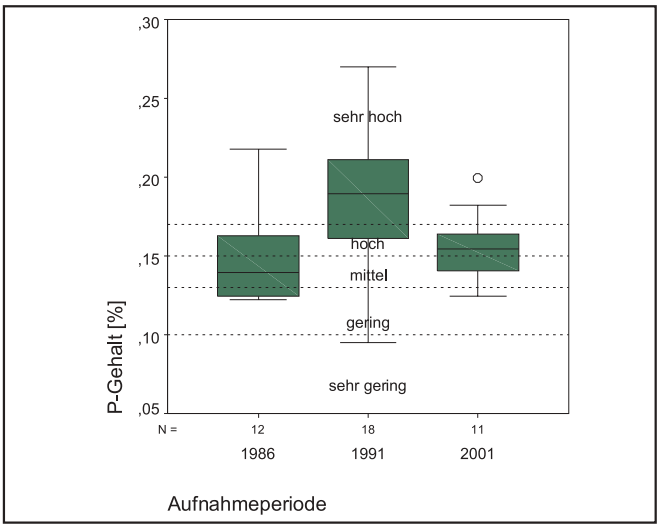


Abb. 3-83: Phosphorgehalt in Buchenblättern

		N	K	Ca	Mg	S
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,47**	**0,62**	**0,17**	**0,36**	**0,53**
	α-Wert	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000
	N	151	152	152	152	139
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,43**	**0,62**	-0,04	**0,32**	**0,47**
	α-Wert	0,000	0,000	0,626	0,000	0,000
	N	147	151	151	151	138

Tab. 3-21: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Phosphor- sowie der Natrium-, Kalium-, Calium-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Kiefernnadeln

		C/P-Verhältnis in der Humuslage	P-Vorrat in der Humuslage	P-Vorrat in 0-40 cm Tiefe	P-Vorrat in 40-80 cm Tiefe
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	-0,22	0,13	0,06	0,07
	α-Wert	0,635	0,273	0,583	0,524
	N	78	78	78	78
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	-0,18	**0,28**	**0,24**	**0,26**
	α-Wert	0,523	0,014	0,040	0,025
	N	77	77	77	77

Tab. 3-22: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt in Kiefernnadeln und ausgewählten Phosphorkennwerten im Boden

	N	K	Ca	Mg	S
Korrelation nach Pearson	-0,06	**0,35**	0,01	0,19	0,08
α-Wert	0,725	0,024	0,967	0,229	0,647
N	41	41	41	41	40

Tab. 3-23: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Phosphor- sowie der Stickstoff-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Buchenblättern

	C/P-Verhältnis in der Humuslage	P-Vorrat in der Humuslage	P-Vorrat in 0-40 cm Tiefe	P-Vorrat in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	-0,08	-0,32	-0,08	-0,11
α-Wert	0,367	0,236	0,657	0,532
N	15	15	33	33

Tab. 3-24: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt in Buchenblättern und ausgewählten Phosphorkennwerten im Boden

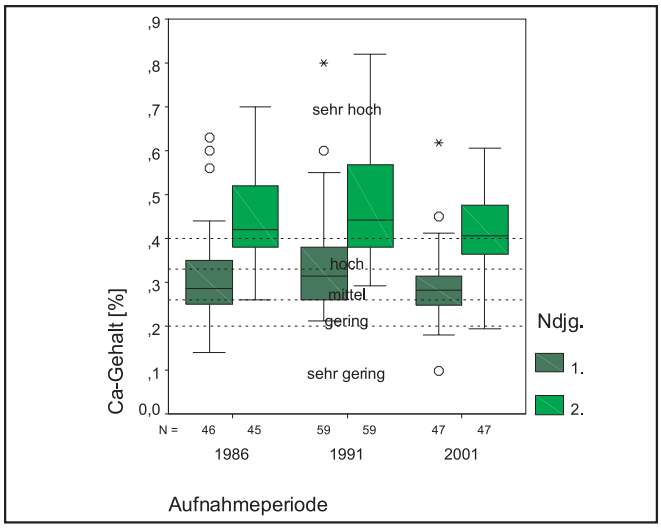


Abb. 3-84: Calciumgehalt in Kiefernnadeln

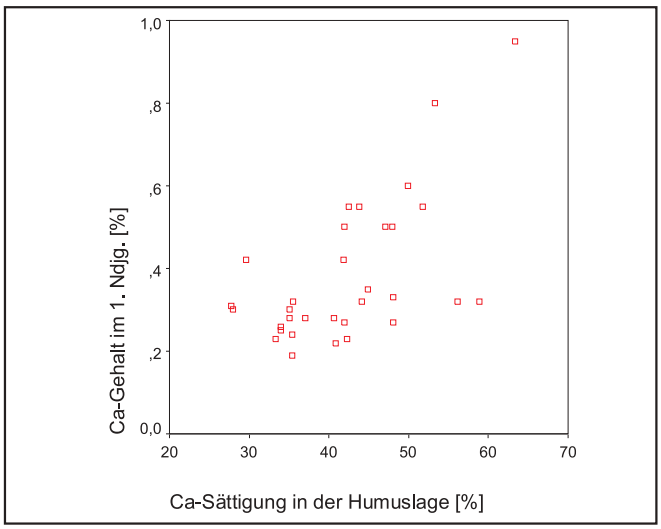


Abb. 3-85: Zusammenhang zwischen der Calciumsättigung in der Humuslage und dem Calciumgehalt im 1. Nadeljahrgang der Kiefer (alle Aufnahmeperioden)

Nadeljahrgang wird ein schwacher Zusammenhang zum Phosphor- und Schwefelgehalt erkennbar (Abb. 3-29). Zu den anderen Makronährelementen besteht keine Beziehung.
Eine direkte Abhängigkeit zwischen der Magnesiumausstattung des Bodens und der der Nadeln ist kaum erkennbar. Beim Magnesiumvorrat in der Humuslage und dem Magnesiumgehalt im 1. Nadeljahrgang tritt ein schwacher positiver Zusammenhang auf, dieser wird im Wesentlichen aber nur von einem Aufnahmepunkt hervorgerufen. Mit $R^2 = 0,06$ besitzt das Anpassungsmodell der linearen Regression keine Aussagekraft. Im Übrigen scheinen weder die Magnesiumsättigung noch der Magnesiumvorrat einen bedeutenden Einfluss auf den Magnesiumgehalt der Kiefernnadeln auszuüben. (Tab. 3-30).

Buche

Im Gegensatz zu Kiefern- besteht in Buchenbeständen kein Problem mit der Magnesiumversorgung. Im Mittel (Median) über alle Aufnahmejahre sind Buchenbestände *hoch* bis *sehr hoch* mit Magnesium ausgestattet. Weniger als 10-20 % aller Buchenbestände weisen in den einzelnen Aufnahmeperioden eine *mittlere* oder *geringe* Magnesiumausstattung im Blatt auf. Ein Magnesiummangel wird auf keiner Aufnahmefläche beobachtet (Abb. 3-88).

Bei der Buche stehen der Magnesium- und der Calciumgehalt im Blatt deutlich in einem positiven Zusammenhang (Tab. 3-31). 58 % aller Buchenbestände mit mindestens hoher Magnesiumausstattung besitzen auch einen mindestens hohen Calciumgehalt im Blatt.

Ein unmittelbarer Einfluss der Magnesiumausstattung des Bodens auf die Magnesiumversorgung der Buchenbestände ist nicht nachweisbar. Die Korrelationsanalyse zeigt ausschließlich nicht gesicherte Zusammenhänge (Tab. 3-32) an.

		K	P	N	Mg	S
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	0,05	**0,17**	**0,22**	-0,05	**0,32**
	α-Wert	0,551	0,036	0,007	0,583	0,000
	N	152	152	151	152	139
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**-0,24**	-0,04	-0,04	-0,03	**0,30**
	α-Wert	0,003	0,626	0,631	0,740	0,000
	N	151	151	147	151	138

Tab. 3-25: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Calcium- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Kiefernnadeln

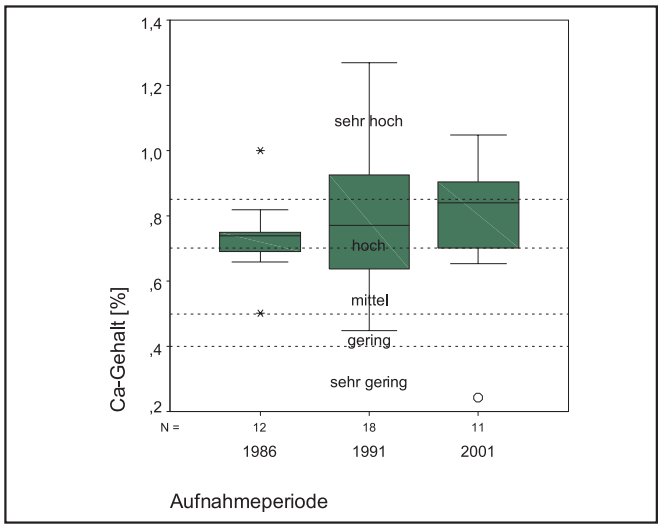


Abb. 3-86: Calciumgehalt in Buchenblättern

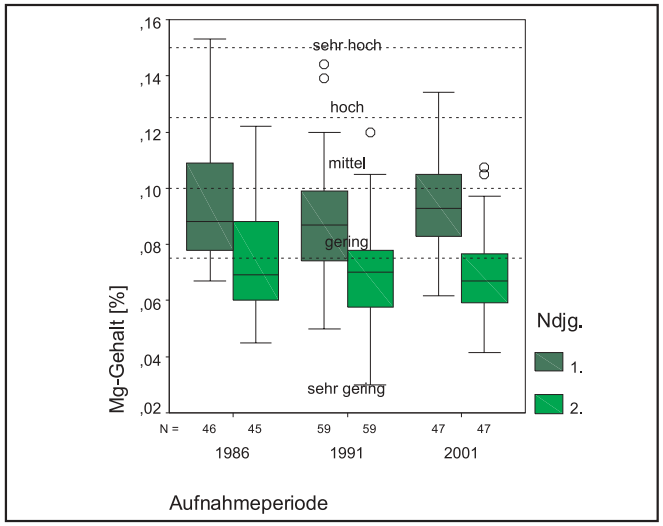


Abb. 3-87: Magnesiumgehalt in Kiefernadeln

Kalium

Kalium wirkt in den Pflanzen im Wesentlichen in Ionenform und hat als Enzymaktivator Bedeutung für zahlreiche Stoffwechselvorgänge. Es reguliert den Zelldruck und steuert über die Regulation der stomatären Wasserleitfähigkeit die Transpiration der Pflanzen. Kalium gilt in der Pflanze als mobiles Ion und tritt im 1. Nadeljahrgang häufig mit höheren Spiegelwerten als im 2. Nadeljahrgang auf.

Kiefer

Die Kalium-Ernährung der Kiefernbestände befindet sich auf einem stabilen hohen trophischen Niveau. Die Kaliumgehalte der Nadeln liegen in ca. 80 % aller Fälle in der Ernährungsstufe *hoch*, in wenigen Fällen auch *sehr hoch*. Eine ungünstigere Ernährungsstufe als *mittel* wird nicht registriert. Die Gehalte des 2. Nadeljahrganges sind gegenüber dem 1. Nadeljahrgang überwiegend geringfügig vermindert (Abb. 3-89).

Der Kalium- ist mit dem Phosphorgehalt in den Kiefernnadeln stark positiv korreliert (Tab. 3-33). Eine schwache bis mäßige signifikante Beziehung zeigt die Korrelationsanalyse zur Magnesium-, Phosphor- Stickstoff- und Schwefelausstattung der Nadeln.

Die Korrelationsanalyse zeigt zwischen der Kaliumausstattung des Bodens und dem Kaliumgehalt der Kiefernnadeln einen Zusammenhang an, der nur schwer zu interpretieren ist. Mit zunehmender Kaliumsättigung im Boden fallen tendenziell die Kaliumgehalte in den Kiefernnadeln. Der Kaliumvorrat im Boden hat offenbar wenig direkten Einfluss auf die Kaliumernährung der Bestände (Tab. 3-34).

		Ca-Sättigung im Boden			Ca-Vorrat im Boden		
		in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,61**	0,01	-0,19	0,01	-0,01	0,06
	α-Wert	0,000	0,996	0,307	0,904	0,959	0,591
	N	32	32	32	78	78	78
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,53**	-0,20	-0,12	0,05	-0,22	0,09
	α-Wert	0.002	0.915	0,507	0,700	0,055	0,462
	N	32	32	32	77	77	77

Tab. 3-26: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt in Kiefernnadeln und ausgewählten Kennwerten der Calciumausstattung im Boden

	K	P	N	Mg	S
Korrelation nach Pearson	0,03	0,01	0,07	**0,50**	**0,39**
α-Wert	0,839	0,967	0,672	0,001	0,013
N	41	41	41	41	40

Tab. 3-27: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Calcium- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Buchenblättern

	Ca-Sättigung im Boden			Ca-Vorrat im Boden		
	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	0,11	0,36	0,07	0,50	0,18	0,27
α-Wert	0,738	0,131	0,769	0,059	0,323	0,128
N	9	19	19	12	30	30

Tab. 3-28: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Buchenblatt und ausgewählten Kennwerten der Calciumausstattung im Boden

		K	P	N	Ca	S
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,19**	**0,36**	0,01	-0,05	0,08
	α-Wert	0,018	0,000	0,893	0,583	0,368
	N	152	152	151	152	139
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	0,21	**0,32**	-0,04	-0,03	**0,20**
	α-Wert	0,740	0,000	0,656	0,740	0,017
	N	151	151	147	151	138

Tab. 3-29: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Magnesium- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Calcium- und Schwefelausstattung in Kiefernnadeln

		Mg-Sättigung Boden			Mg-Vorrat Boden		
		in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	0,12	-0,33	-0,29	**0,24**	0,01	-0,15
	α-Wert	0,511	0,064	0,145	0,036	0,977	0,187
	N	32	32	27	78	78	78
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	0,12	-0,33	-0,29	**0,24**	0,01	-0,15
	α-Wert	0,511	0,064	0,145	0,036	0,977	0,187
	N	32	32	27	78	78	78

Tab. 3-30: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Magnesiumgehalt in Kiefernnadeln und ausgewählten Kennwerten der Magnesiumausstattung im Boden

Buche

Die Kaliumernährung von Buchenbeständen stellt sich differenzierter als die der Kiefernbestände dar (Abb. 3-90). Sie hat sich zumindest im Mittel (Median) seit 1986 kontinuierlich verbessert. Die Aufnahmeperiode 1986-89 war in den Hauptbeprobungsjahren der Buche, den Jahren 1986 und 87, trocken und warm. Fehlende Wasserverfügbarkeit im Boden könnte zu einer herabgesetzten Kaliumaufnahme geführt haben, die sich in einer nur *mittleren* Kaliumversorgung der Buchenbestände geäußert hat. Die beiden nachfolgenden Aufnahmeperioden waren insgesamt feuchter und kühler; die Kaliumgehalte der Buchenblätter stiegen auf ein *hohes* bzw. *sehr hohes* Niveau. Kaliummangel tritt in je einem Buchenbestand je Aufnahmeperiode auf. Es sind nie die gleichen Bestände, die Kaliummangel aufweisen, sondern in jeder Aufnahmeperiode andere.

Zwischen den anderen Makronährstoffen im Buchenblatt sind keine gesicherten Beziehungen zu beobachten (Tab. 3-35). Auch sind gesicherte Beziehungen zur Kaliumausstattung des Bodens nicht nachweisbar (Abb. 3-36).

Schwefel

Schwefel ist ein unentbehrliches Nährelement. Es wird von den Pflanzen für den Aufbau von Eiweißstoffen (Proteinen, Aminosäuren) essentiell benötigt. Der Schwefelvorrat der Böden ist zur Deckung des Schwefelbedarfs der Pflanzen im Allgemeinen ausreichend. Die Ausfilterung von Schwefel aus atmosphärischen Einträgen führt zur Schwefelakkumulation in Nadeln und Blättern. Die Höhe dieser Akkumulation gestattet Rückschlüsse auf die Größenordnung der Schwefeleinträge.

Kiefer

Der Schwefelgehalt der Nadeln von Kiefernbeständen lag 1986 aufgrund der damals herrschenden Schwefeleintragssituation überwiegend auf einem *sehr hohen* Niveau. Bis 1991 hielt dieser Zustand an. Mit nachlassendem Eintrag ging in der Folge auch der Schwefelgehalt in den Nadeln auf ein im Mittel (Median) *mittleres* Niveau zurück. Ein Teil der Kiefernbestände (32 %) ließ auch im Jahr 2001 noch eine *hohe* (1. Ndjg.) oder *sehr hohe* (2. Ndjg.) Schwefelkonzentration in den Nadeln erkennen (Abb. 3-91). Die Annahme, dass es sich bei diesen Beständen um Kiefern auf sorptionsstarken, bindigen Böden handeln könnte, die größere Schwefelvorräte im Boden akkumuliert haben, lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht belegen. Es sind keine unmittelbaren Zusammenhänge zwischen dem Schwefelgehalt der Nadeln und dem Schwefelvorrat im Boden zu erkennen (Tab. 3-38). Eine regionale Häufung von Kiefernbeständen mit besonders hohen oder niedrigen Schwefelgehalten in der Nadel ist ebenfalls nicht zu beobachten.
Der Schwefelgehalt steht zu den Makronährelementen Kalium, Calcium, Phosphor und Stickstoff in signifikanter positiver Beziehung (Tab. 3-37).

Buche

In der Baumart Rotbuche hat eine ähnliche Entwicklung wie in den Kiefernbeständen stattgefunden. Die Schwefelgehalte der Buchenblätter sind seit 1991 auffallend rückläufig. Sie befanden sich 2001 unterhalb der VON DER BURG (1993) als *normal* (0,20-0,23 %) für Buchenbestände bezeichneten Gehalte. Schwefelmangel (< 0,6 %) tritt aber nicht auf (Abb. 3-92).
Der Schwefelgehalt der Buchenblätter wird vermutlich weitaus stärker von der Höhe der Schwefeldeposition als vom Schwefelvorrat im Boden beherrscht. Beide Merkmale sind nicht miteinander korreliert (Tab. 3-39).

	K	P	N	Ca	S
Korrelation nach Pearson	0,15	0,19	0,06	**0,50**	0,10
α-Wert	0,340	0,229	0,704	0,001	0,525
N	41	41	41	41	40

Tab. 3-31: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Magnesium- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Calcium- und Schwefelaus´stattung in Buchenblättern

Tab. 3-32: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Magnesiumgehalt in Buchenblättern und ausgewählten Kennwerten der Magnesiumausstattung im Boden

	Mg-Sättigung Boden			Mg-Vorrat Boden		
	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	-0,18	0,25	0,11	0,47	0,29	0,25
α-Wert	0,652	0,312	0,656	0,075	0,102	0,165
N	9	19	19	12	30	30

3.3 Kronenzustand

Der Kronenzustand gilt als ein unspezifischer Weiser für die Vitalität eines Baumes. Er wird von einer Vielzahl von Umweltfaktoren, aber auch von individualspezifischen Eigenheiten der Einzelbäume beeinflusst. Vor allem klimatische Einflüsse, hier insbesondere Wassermangel, aber auch große Hitze oder Frost, setzen den Bäumen zu und führen zu Kronenverlichtungen. Daneben beeinflussen eine Reihe von biotischen Faktoren, wie beispielsweise Insektenfraß oder Pilzbefall, den Kronenzustand nachteilig. Auch das Alter der Bäume wirkt sich unmittelbar auf den Kronenzustand aus. Ältere Bäume sind durchschnittlich geringer belaubt als jüngere (MAYER 1999). Einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Kronenzustand hat auch die Konkurrenz zwischen den Bäumen; nicht ausreichend mit Licht versorgte Bäume bilden kleine, wenig benadelte Kronen aus. Ferner wirkt die Intensität von Blüte und Fruchtbildung unmittelbar auf den Kronenzustand ein. Bäume, die stark blühen oder fruktifizieren, besitzen weniger Nadeln oder Blätter, da an den Zweigpositionen, an denen Blüten und Früchte gebildet werden, keine Nadeln oder Blätter vorhanden sein können.

Kronenzustandsansprachen werden auf den BDF-F mit dem Ziel durchgeführt, die Wirkung unterschiedlicher oder sich verändernder Ernährungs- und/oder Bodenzustände auf den Kronenzustand im Zeitverlauf zu verfolgen. Die gleichzeitige komplexe Wirkung von Ernährungs- und Bodenzuständen mit anderen, wie den zuvor genannten Einflussfaktoren schränkt die Möglichkeit der direkten Beobachtung dieser Zusammenhänge aber erheblich ein. Eine mittelbare Abschätzung des Einflusses von Ernährungs- und Bodenzustand auf die Waldvitalität kann mit multivariaten statistischen Verfahren vorgenommen werden. Diese beschreiben den Einfluss einzelner Faktoren im komplexen Wirkungsgefüge. Derartige Verfahren setzen aber einen Stichprobenumfang voraus, der eine weitgehende Stratifizierung der Daten zulässt. Mit 59 plus 11 BDF-F ist diese Möglichkeit aber nur ungenügend gegeben. In den nachfolgenden Abschnitten wird daher vorrangig die vorgefundene Befundlage in 15 Jahren Bodendauerbeobachtung dargestellt. Es wird aufgezeigt, welcher Kronenzustand auf den BDF-F unter welchen Ernährungs- und Bodenbedingungen angetroffen wurde und welche Entwicklungen zu beobachten waren. Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem Ernährungs-, Boden- und Kronenzustand beschränkt sich auf eine Einzelfaktorenanalyse, die der Problemstellung nur ungenügend gerecht wird, da nur unmittelbar wirkende, **starke** Einflüsse zwischen zwei Einzelmerkmalen angezeigt werden. Indirekt oder nur im Zusammenwirken mit anderen Einflussgrößen wirksame Faktoren werden nicht erkannt. **Aus den vorgelegten Daten kann, soweit die Einzelfaktorenanalyse keine Abhängigkeit zwischen dem Kronen-, Ernährungs- und/oder Bodenzustand erkennen lässt, nicht geschlossen werden, dass eine solche generell nicht existiert.**

Im Rahmen der Bodendauerbeobachtung werden seit 1986 jährlich Kronenzustandsmerkmale aufgenommen (S.16-17). Als beschreibende Merkmale für die Vitalität dienen der Nadel-/Blattverlust und die Kronenvergilbung. Als erklärende Variablen werden Daten über Art und Ausmaß abiotischer und biotischer Schäden und von Blüte und Fruchtbildung erhoben. Für alle BDF-F und Aufnahmejahre werden auf Grundlage dieser Daten der mittlere Nadel-/Blattverlust als arithmetisches Mittel aller aufgenommenen Bäume und der prozentuale Anteil aller Bäume in den Schadstufen 2-4 (Tab. 3-41 und 3-42) berechnet und untersucht, ob als erklärende Variablen erfasste Nebenmerkmale den Kronenzustand einzelner Aufnahmejahre maßgeblich geprägt haben. Die so berechneten Kronenzustand-Mittelwerte der einzelnen BDF-F werden für die Jahre, in denen eine Boden- oder Nadel-/Blattprobenahme stattgefunden hat, in Be-

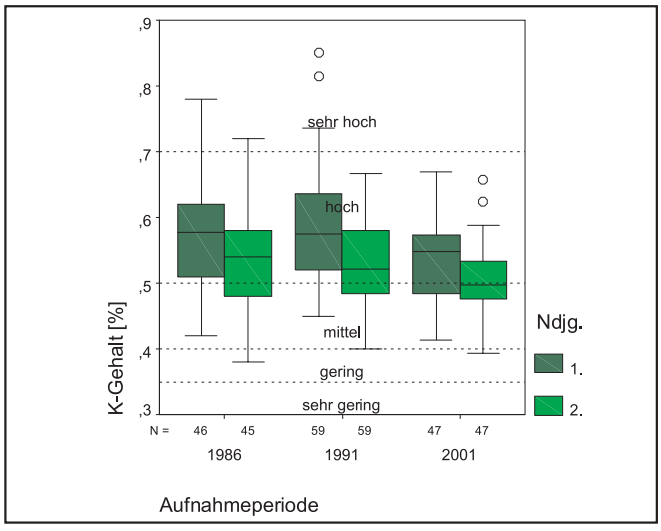


Abb. 3-88: Magnesiumgehalt in Buchenblättern

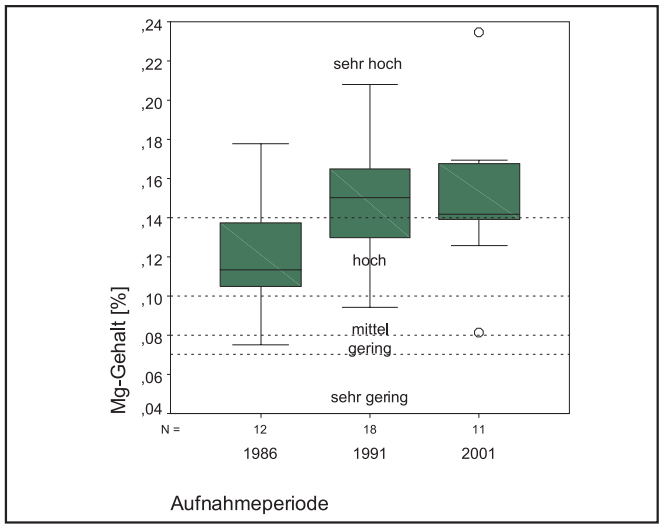


Abb. 3-89: Kaliumgehalt in Kiefernadeln

		Mg	P	N	Ca	S
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,19**	**0,62**	**0,35**	-0,05	**0,40**
	α-Wert	0,018	0,000	0,000	0,551	0,000
	N	152	152	151	152	139
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,21**	**0,62**	**0,28**	**-0,24**	**0,26**
	α-Wert	0,011	0,000	0,001	0,003	0,002
	N	151	151	147	151	138

Tab. 3-33: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Kalium- sowie der Magnesium-, Phosphor-, Stickstoff-, Calcium- und Schwefelausstattung in Kiefernnadeln

ziehung zu Boden- und Ernährungskennwerten dieser Flächen im jeweiligen Aufnahmejahr gesetzt. Mittels bivariater Korrelationsanalyse wird der Zusammenhang von Kronenzustands- und Ernährungs- sowie Bodenkennwerten getestet. Soweit kein signifikanter Zusammenhang angezeigt wird, wird die entsprechende Merkmalskombination nicht weiter untersucht; das getestete Boden- oder Ernährungsmerkmal hat den Kronenzustand offenbar nicht wesentlich beeinflusst. Gibt die Korrelationsanalyse einen gesicherten Zusammenhang aus, wird mit einer Regressionsanalyse die Art des Zusammenhanges ermittelt und die Modellanpassung in Form des Bestimmtheitsmaßes berechnet. Weist das Bestimmtheitsmaß auf eine schlechte Modellanpassung hin, kommt dem Ergebnis der Korrelationsanalyse kein nennenswerter Aussagewert zu, und die Merkmalskombination wird ebenfalls nicht weiter betrachtet. Bei einer mittleren oder guten Modellanpassung der Regressionskurve wird die Merkmalskombination in einer graphischen Darstellung visualisiert. Der mittlere Kronenzustand aller Aufnahmejahre (auch der, in denen keine Nadel-/Blatt- oder Bodenanalysen durchgeführt wurden) wird für Bestände gleicher Boden- oder Ernährungszustandsklassen berechnet und in Form von Liniendiagrammen graphisch dargestellt. In einem zweiten Auswerteansatz werden die vorliegenden Ernährungs- und Bodendaten klassifiziert, der mittlere Kronenzustand aller Bestände in der jeweiligen Klasse für den Zeitraum 1986-2002 berechnet und die Mittelwerte mit dem t-Test für nicht gepaarte Stichproben hinsichtlich ihrer Mittelwertsdifferenz untersucht. Im Ergebnis des t-Tests wird ersichtlich, ob und wie stark sich der mittlere Kronenzustand der Bestände auf BDF-F in den einzelnen Ernährungs- und Bodenzustandsklassen unterscheidet. Bei diesem Ansatz ist aber zu beachten, dass die Klassenbildung überwiegend nicht ökologisch untermauert ist. So haben beispielsweise die Ernährungstufen den Charakter einer von Experten abgestimmten Konvention. Für die meisten Bodendaten werden die Klassen nach einem rein häufigkeitsstatistischen Verfahren, den Grenzen der vier Quartile, gebildet. Eine bedeutende ökologische Differenzierung der einzelnen Klassen ist daher von vornherein nicht unbedingt zu erwarten. Die Klassen eignen sich aber, um darzustellen, wie sich Kiefern- und Buchenbestände unter unterschiedlichen Ernährungs- und Bodenzuständen im Beobachtungszeitraum verhalten haben.

Abbildung 3-93 zeigt den durchschnittlichen mittleren Nadel-/Blattverlust und den prozentualen Anteil der Bäume mit den Schadstufen 2-4 auf den BDF-F im Vergleich zu über 60-jährigen Beständen der Baumarten Gemeine Kiefer und Rotbuche in der Stichprobe der Bundesweiten Waldzustandserhebung (WZE) bzw. für die Zeit vor 1992 im Vergleich zum Rasternetz der Ökologischen Waldschadenskontrolle in M-V (5 x 5 km-Inventurnetzes zur Erhebung der Waldvitalität in der ehem. DDR). In der Tendenz werden eine gute Übereinstimmung der durchschnittlichen Kurvenverläufe des Kronenzustandes der Erhebungsnetze und damit eine ausreichende Repräsentanz der BDF-F-Stichprobe erkennbar. Die Kiefern- und Buchenbestände auf den BDF-F spiegeln die Kronenzustandsverhältnisse im Land offenbar gut wider. Niveauunterschiede in der Baumart Kiefer ab 1992 resultieren aus unterschiedlichen Ansprachezeitpunkten im BDF-F und WZE-Inventursystem. Auf den BDF-F wurde die Kiefer im Herbst bzw. auch Winter zu einem Zeitpunkt, an dem der natürliche jährliche Nadelfall weitgehend abgeschlossen ist, angesprochen. Auf den WZE-Flächen erfolgte die Kronenzustandsansprache in den Monaten Juli-August. Die Niveauunterschiede verlieren sich mit der Verfahrensangleichung im Jahr 1999. In der Zeit bis 1990 sind die Ansprachevefahren auf den BDF-F und dem Referenznetz identisch. Rotbuchenbestände auf den BDF-F sind im Durchschnitt dichter belaubt als die entsprechenden Referenzbestände. Vermutlich stellt dieser Effekt eine Wirkung der etwas voneinander abweichenden Alterszusammensetzung der Bestände in den unterschiedlichen Inventurnetzen dar. Buchenbestände auf BDF-F sind nicht älter als 120 Jahre. In den Referenzstichproben kommen dagegen auch ältere Bestände vor.

Der Kronenzustand auf BDF-F nimmt in Kiefern- eine andere Entwicklung als in Buchenbeständen. In der Baumart Kiefer wird bereits mit Beginn der Aufnahmen im Jahr 1986 ein relativ hoher Nadelverlust von 19 % bei insgesamt aber noch geringem Anteil stärker geschädigter Bäume registriert. Bis zum Jahr 1991 steigen der Nadelverlust und besonders der Anteil stärker geschädigter Bäume auf ein sehr hohes Niveau von 37 bzw. 64 % an. In den Folgejahren verbessert sich der Kronenzustand der Kiefer im Land mit Ausnahme des Jahres 1998, in dem noch einmal eine geringe Zunahme der Kronenverlichtung festgestellt wurde, kontinuierlich. In der Baumart Rotbuche waren der Blattverlust und der Anteil stärker geschädigter Bäume zu Beginn der Aufnahmen mit 6 bzw. 0 % vergleichsweise

		K-Sättigung Boden			K-Vorrat Boden		
		in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	-0,14	**-0,50**	-0,11	**0,29**	0,19	0,13
	α-Wert	0,438	0,005	0,560	0,011	0,088	0,249
	N	32	32	32	78	78	78
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	-0,10	**-0,46**	-0,45	**0,36**	**0,23**	0,12
	α-Wert	0,962	0,008	0,807	0,001	0,042	0,303
	N	32	32	32	77	77	77

Tab. 3-34: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Kaliumgehalt in Kiefernnadeln und ausgewählten Kennwerten der Kaliumausstattung im Boden

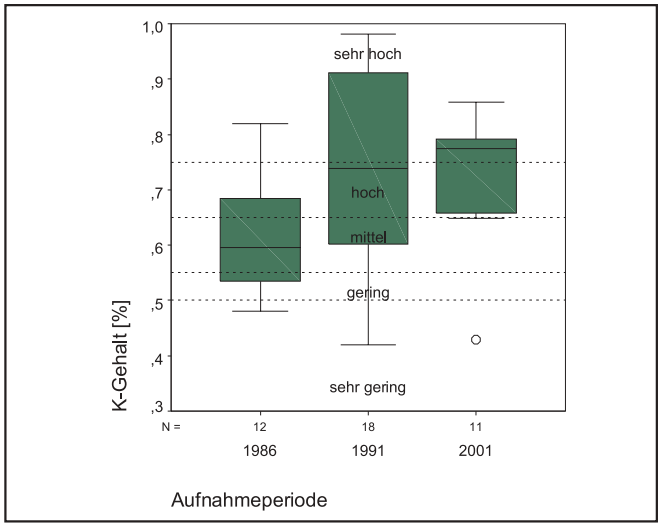


Abb. 3-90: Kaliumgehalt in Buchenblättern

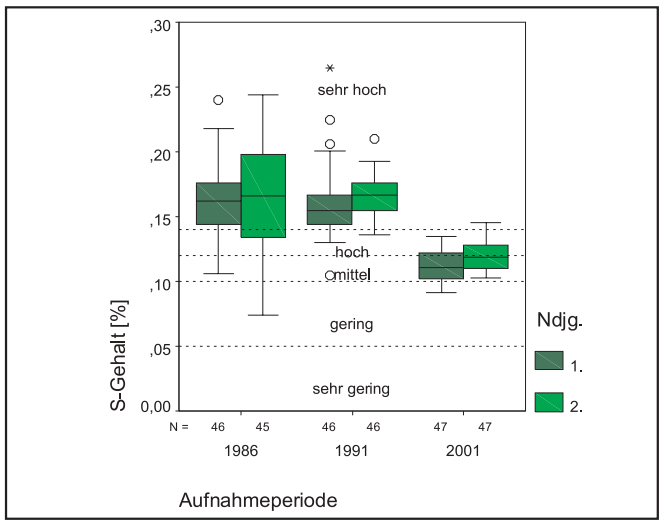


Abb. 3-91: Schwefelgehalt in Kiefernnadeln

niedrig, stiegen aber bis 1990 auf ein Niveau von 28 bzw. 44 % an. Bis zum Jahr 1993 ging die Kronenverlichtung in der Rotbuche noch einmal deutlich zurück, nahm dann aber in der Tendenz bei insgesamt starker jährlicher Schwankung in positiver als auch negativer Richtung bis zum Jahr 2002 wieder leicht zu.

Haupteinflussfaktoren für den durchschnittlichen Verlauf der Kronenzustandsentwicklung scheinen die jährliche Witterung und in der Baumart Rotbuche auch das Auftreten von Halb- oder Vollmasten zu sein. Der durchschnittliche Verlauf der Kronenzustandsentwicklung auf den BDF-F lässt sich relativ zwanglos mit diesen natürlichen Phänomenen in Übereinstimmung bringen. Die Witterungsperioden 1989-92 und 1996-97 waren durch ein hohes Niederschlagsdefizit, besonders in der Vegetationsperiode, gekennzeichnet (Abb. 3-94). Die Baumarten Kiefer und Rotbuche reagierten darauf mit einer erhöhten Kronenverlichtung. In den Jahren 1995 und 2000 fruktifizierte die Buche besonders stark. In der Folge wurde ebenfalls eine erhöhte Kronenverlichtung registriert. Der Witterungseinfluss und die Wirkung der Fruktifikation überlagern offenbar den Einfluss des chemischen Bodenzustandes. Die durchschnittlichen Kurvenverläufe der Kronenzustandsparameter bleiben auch bei einer Stratifizierung nach Klassen unterschiedlicher Bodenkennwerte erkennbar.

3.4 Ernährungs- und Kronenzustand

Die Elementausstattung in Nadel oder Blatt spiegelt den aktuellen Ernährungsstatus zum Zeitpunkt der Probenahme wider. Eine ausgewogene Ernährung stellt eine Voraussetzung für vitale, dicht benadelte Bäume dar. Elementmangel oder Elementdisharmonien können Ernährungsstörungen und Vitalitätsverlust bei Bäumen nach sich ziehen. Mittels bivariater Korrelationsanalyse wird der Zusammenhang zwischen dem Ernährungsstatus und dem Kronenzustand auf den BDF-F untersucht. Signifikante Korrelationen sind in Tabelle 3-43 fett unterlegt dargestellt. Einen Einfluss auf den Kronenzustand

Tab. 3-35: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Kalium- sowie der Calcium-, Phosphor-, Stickstoff-, Magnesium- und Schwefelausstattung in Buchenblättern

	Ca	P	N	Mg	S
Korrelation nach Pearson	0,03	0,35	0,28	0,15	-0,20
α-Wert	0,839	0,024	0,082	0,340	0,222
N	41	41	41	41	40

Tab. 3-36: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Kaliumgehalt in Buchenblättern und ausgewählten Kennwerten der Kaliumausstattung im Boden

	K-Sättigung Boden			K-Vorrat Boden		
	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	-0,15	0,38	0,32	0,40	0,07	0,09
α-Wert	0,699	0,107	0,179	0,140	0,715	0,636
N	9	19	19	12	30	30

Tab. 3-37: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Schwefel- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Calcium- und Magnesiumausstattung in Kiefernnadeln

		K	P	N	Ca	Mg
1. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,40**	**0,53**	**0,48**	**0,32**	0,08
	α-Wert	0,000	0,000	0,000	0,000	0,368
	N	139	139	139	139	139
2. Ndjg.	Korrelation nach Pearson	**0,26**	**0,47**	**0,45**	**0,30**	**0,20**
	α-Wert	0,002	0,000	0,000	0,000	0,017
	N	138	138	134	138	138

	S-Vorrat Boden		
	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	-0,16	-0,25	-0,02
α-Wert	0,509	0,301	0,940
N	19	19	19

Tab. 3-38: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen Schwefel in der Nadel und im Boden

üben nach dem Ergebnis der Korrelationsanalyse in Kiefernbeständen der Calcium-, Magnesium- und Schwefelgehalt sowie das Stickstoff-Calcium- und das Stickstoff-Magnesiumverhältnis in der Nadel aus. In Buchenbeständen beeinflussen der Magnesiumgehalt sowie das Stickstoff-Calcium- und das Stickstoff-Magnesiumverhältnis offenbar den Kronenzustand. Nachfolgend werden Zusammenhänge näher dargestellt.

Calciumgehalt in Kiefernnadeln und Kronenzustand

Der mittlere Nadelverlust und der Anteil der Bäume mit Schadstufen 2-4 sind mit dem Calciumgehalt in der Kiefernnadel mäßig positiv korreliert. Steigender Calciumgehalt in der Kiefernnadel bewirkt danach höhere mittlere Nadelverluste oder Anteile stärker geschädigter Bäume. Aus den Streudiagrammen (Abb. 3-95) und den Bestimmtheitsmaßen von im günstigsten Fall 0,22 ist aber ersichtlich, dass im Beobachtungszeitraum auf den BDF-F die Calciumversorgung der Kiefer kaum einen Einfluss auf den Kronenzustand ausgeübt hat. Auch die Mittelwertsdifferenzen des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 über alle Aufnahmejahre hinweg für Kiefernbestände in den einzelnen Calciumgehaltsklassen der Nadel fallen überwiegend zufällig aus (Tab. 3-44). Nur Bestände mit sehr hoher und in einem Fall mit hoher Calciumversorgung (in Tab.3-44 fett dargestellt) fielen im Beobachtungszeitraum durch signifikant höhere Nadelverluste und einen höheren Anteil stärker geschädigter Bäume gegenüber weniger gut calciumversorgten Beständen auf. Ob der beobachtete Effekt tatsächlich eine Folge der guten Calciumversorgung darstellt, erscheint fraglich. Die Durchsicht der Daten nach anderen, gleichzeitig mit der Calciumernährung wirksamen Einflussfaktoren blieb jedoch ohne konkretes Ergebnis.

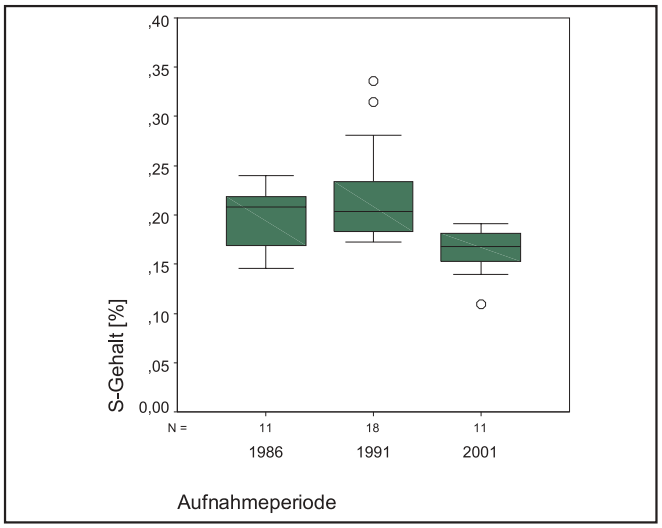


Abb. 3-92: Schwefelgehalt in Buchenblättern

Magnesiumgehalt in der Kiefernnadel und Kronenzustand

Die Korrelationsanalyse zeigt eine schwache negative Korrelation zwischen dem Magnesiumgehalt im 1. Nadeljahrgang der Kiefer und dem mittlere Nadelverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume an. Dieser Befund erscheint plausibel; tritt doch in gut 20 Prozent aller Kiefernbestände im Land Magnesiummangel auf. Aus Abbildungen 3-96 und der Modellanpassung der linearen Regressionsgeraden von nur 0,03 geht allerdings hervor, dass der Magnesiumgehalt der Kiefernnadel keinen nennenswerten Einfluss auf den Kronenzustand im Beobachtungszeitraum ausgeübt hat. Günstige und ungünstige Benadelungszustände kamen im Beobachtungszeitraum re-

	K	P	N	Mg	Ca
Korrelation nach Pearson	-0,20	0,08	0,11	0,10	**0,39**
α-Wert	0,222	0,647	0,492	0,525	0,013
N	40	40	40	40	40

Tab. 3-39: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Schwefel- sowie der Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-, Calcium- und Magnesiumausstattung in Buchenblättern

	S-Vorrat Boden		
	in der Humuslage	in 0-40 cm Tiefe	in 40-80 cm Tiefe
Korrelation nach Pearson	0,43	0,69	0,34
α-Wert	0,468	0,020	0,314
N	5	11	11

Tab. 3-40: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Schwefelgehalt in Buchenblättern und dem Schwefelvorrat im Boden

Stufe	Nadel-/ Blattverlust [%]	Bezeichnung	
0	0-10	**ohne Schadensmerkmale**	
1	11 25	**schwach geschädigte (Warnstufe)**	
2	26-60	mittelstark geschädigt	} deutlich geschädigt
3	61-99	stark geschädigt	
4	100	abgestorben	

Tab. 3-41: Kronenverlichtung in Stufen relativen Nadel-/Blattverlustes

Nadel-/ Blattverluststufe	Vergilbungsstufe (Anteil der vergilbten Nadel-/Blattmasse in %)		
	0+1 (0-25)	**2** (26-60)	**3** (61-100)
0	0	1	2
1	1	2	2
2	2	3	3
3	3	3	3

Tab. 3-42: Matrix zur kombinierten Kronenzustands-einstufung

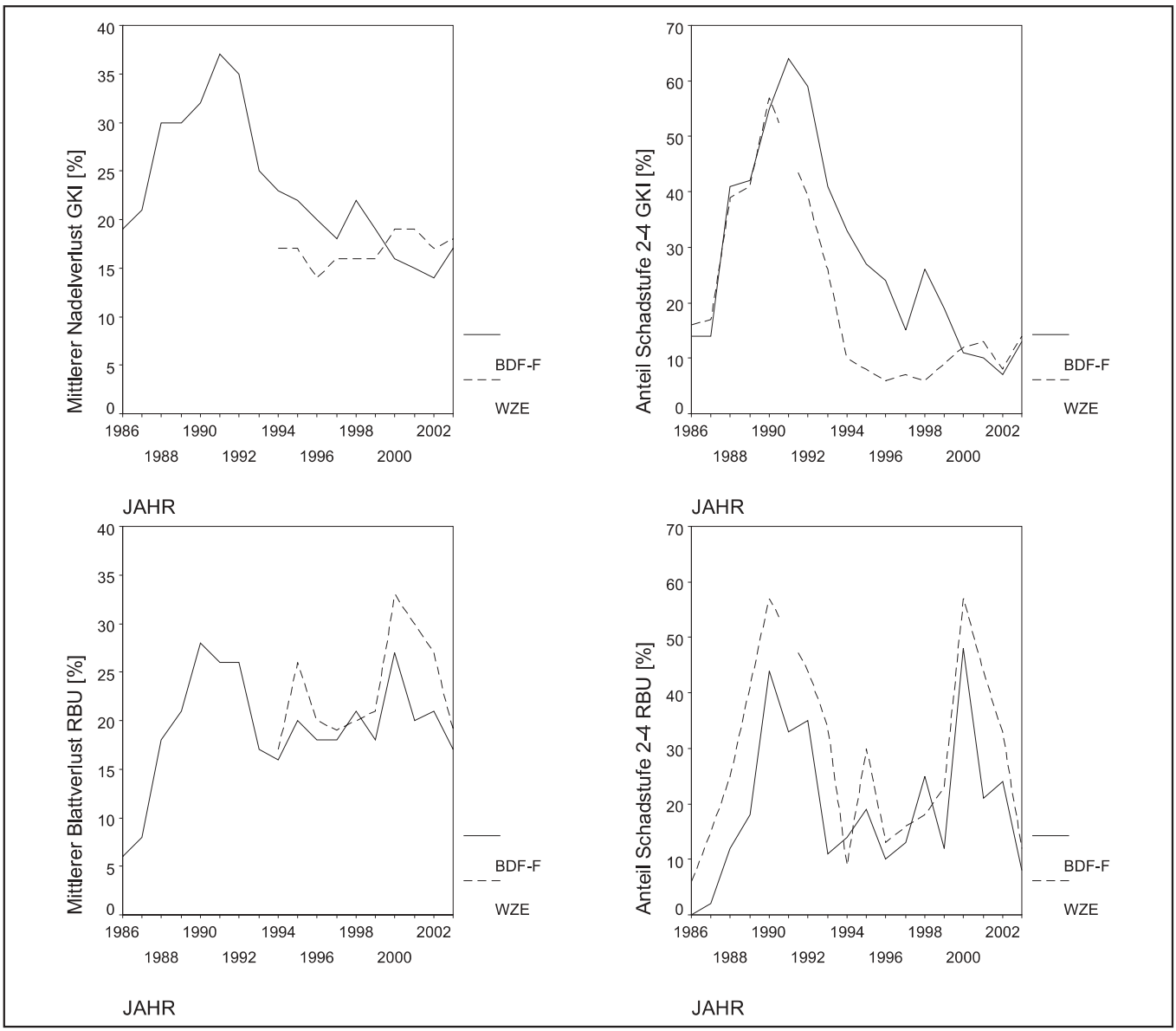


Abb. 3-93: Mittlerer Nadel-/Blattverlust sowie Anteil stärker geschädigter Bäume in der BDF-F-Stichprobe und im WZE-Referenznetz im Zeitraum 1986-2003

		N	P	K	Ca	Mg	S	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg
GKI, 1. Ndjg.											
Korrelation nach Pearson	Mittl. Nadelverlust	0,10	-0,04	-0,03	**0,37**	**-0,16**	**0,22**	0,14	0,14	**-0,29**	**0,21**
Signifikanz (2-seitig)		0,200	0,625	0,695	0,000	0,050	0,010	0,092	0,088	0,000	0,009
N		152	152	152	152	152	139	152	152	152	152
Korrelation nach Pearson	Anteil % SST 2-4	0,09	0,03	-0,06	**0,37**	**-0,16**	0,14	0,05	0,15	**-0,29**	**0,20**
Signifikanz (2-seitig)		0,276	0,715	0,434	0,000	0,045	0,099	0,576	0,059	0,000	0,012
N		152	152	152	152	152	139	152	152	152	152
GKI, 2. Ndjg.											
Korrelation nach Pearson	Mittl. Nadelverlust	0,10	-0,10	-0,14	**0,47**	-0,10	**0,38**	**0,17**	**0,21**	**-0,36**	0,15
Signifikanz (2-seitig)		0,234	0,215	0,079	0,000	0,205	0,000	0,034	0,011	0,000	0,067
N		151	151	151	151	151	138	151	151	151	151
Korrelation nach Pearson	Anteil % SST 2-4	0,07	-0,09	**-0,17**	**0,47**	-0,13	**0,33**	0,13	**0,21**	**-0,36**	0,15
Signifikanz (2-seitig)		0,396	0,289	0,032	0,000	0,104	0,000	0,108	0,012	0,000	0,062
N		151	151	151	151	151	138	151	151	151	151
RBU											
Korrelation nach Pearson	Mittl. Blattverlust	-0,31	0,16	-0,27	0,29	**0,41**	0,19	-0,24	0,11	**-0,43**	**-0,50**
Signifikanz (2-seitig)		0,050	0,316	0,088	0,063	0,008	0,234	0,125	0,476	0,006	0,001
N		41	41	41	41	41	40	41	41	41	41
Korrelation nach Pearson	Anteil % SST 2-4	-0,25	0,05	-0,24	0,30	**0,37**	0,07	-0,15	0,10	**-0,40**	**-0,43**
Signifikanz (2-seitig)		0,121	0,737	0,125	0,056	0,019	0,658	0,338	0,515	0,009	0,005
N		41	41	41	41	41	40	41	41	41	41

Tab. 3-43: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang mittlerer Nadel-/Blattverlust sowie Anteil aller Bäume in den Schadstufen 2-4 und Elementgehalte und -relationen im Blatt

lativ unabhängig von der Magnesiumversorgung der Bestände vor. Allerdings gibt der t-Test einige signifikante Mittelwertdifferenzen im mittleren Nadelverlust und im Anteil stärker geschädigter Kiefern für unterschiedlich magnesiumversorgte Bestände aus. Der mittlere Nadelverlust und besonders der Anteil stärker geschädigter Bäume *gering* und *mittel* magnesiumversorgter Kiefern lag im Mittel deutlich höher als der von Kiefern mit hoher und sehr hoher Magnesiumausstattung in der Nadel (Tab. 3-45).

Magnesiumgehalt im Buchenblatt und Kronenzustand

Der Magnesiumgehalt im Buchenblatt und der mittlere Blattverlust sowie der Anteil stärker geschädigter Bäume sind positiv korreliert; was letztlich bedeutet, dass mit zunehmendem Mg-Gehalt im Buchenblatt die Vitalität der Buchen abnimmt. Abbildungen 3-97 und 3-98 sowie das Bestimmtheitsmaß der linearen Modellanpassung von 0,17 bzw. 0,13 und der t-Test lassen aber erkennen, dass sich die zwei in der Buche auftretenden Mg-Gehaltsklassen nicht wirklich voneinander in ihrer Wirkung auf die Baumvitalität unterscheiden, dass die Unterschiede zufälliger Natur sind (Tab. 3-46).

Schwefelgehalt in der Kiefernnadel und Kronenzustand

Schwefel gilt als Leitelement für die Höhe der SO_2-Einträge. Noch in den 80er und 90er Jahren waren viele Kiefernbestände *sehr hoch* mit Schwefel versorgt. Eine Abnahme der Vitalität von Kiefern mit ansteigendem S-Gehalt in der Nadel erscheint vor diesem Hintergrund plausibel. Aus Abbildung 3-99, der Modellanpassung von < 0,1 und dem t-Test geht aber hervor, dass sich unterschiedlich schwefelversorgte Kiefern in den vergangenen 15 Jahren nicht wirklich in ihrer durchschnittlichen Vitalität zu unterscheiden waren (Tab. 3-47).

Stickstoff/Calcium-Verhältnis in der Kiefernnadel und Kronenzustand

Kiefernbestände in Mecklenburg-Vorpommern sind, bezogen auf das Element Stickstoff, nicht „disharmonisch“ mit Calcium ausgestattet. Aus der Korrelationsanalyse geht hervor, dass sich mit zunehmender Verschiebung der Elementrelation zugunsten des Stickstoffs die Vitalität der Kiefern verbessert. Dass dies real nicht der Fall ist, zeigt Abbildung 3-100. Innerhalb einer N/Ca-Spanne von 4 bis 8 sind Kronenverlichtungen in ihrer gesamten Merkmalsbreite zu finden. Das N/Ca-Verhältnis der

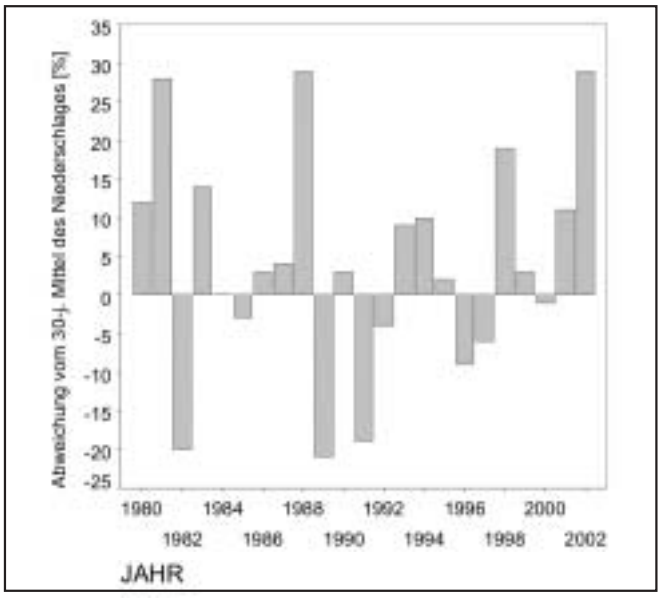


Abb. 3-94: Relative Abweichung der mittleren Jahresniederschläge vom 30-jährigen Mittel (1961-1990)

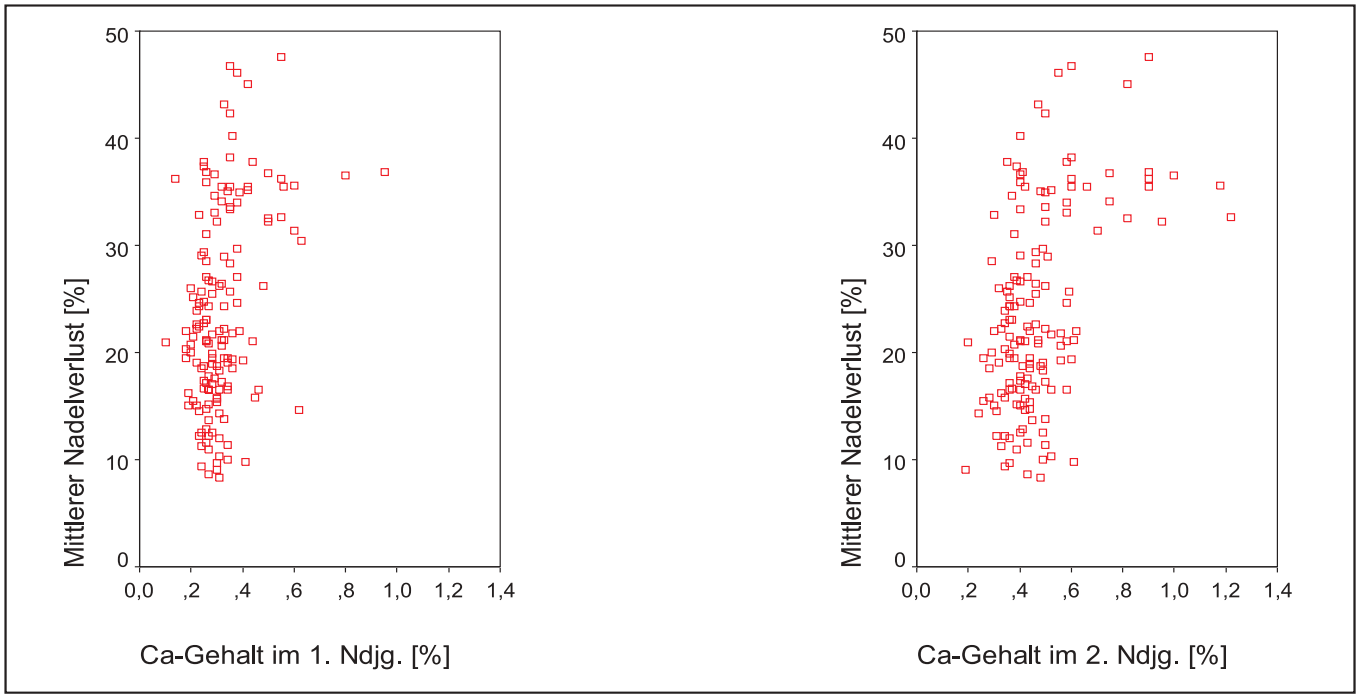


Abb. 3-95: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und Calciumgehalt in der Nadel

Tab. 3-44: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Calciumgehaltsklassen der Nadel

	Ernährungsstufe	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002					Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002				
		Ernährungsstufe					Ernährungsstufe				
		sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Arithmetisches Mittel		26	24	20	21	19	38	31	22	25	17
Mittelwertsdifferenz	sehr hoch										
	hoch	-3					-6				
	mittel	**6**	**3**				**16**	**10**			
	gering	**5**	2	-1			**13**	7	-3		
	sehr gering	**7**	5	1	2		**21**	14	5	8	

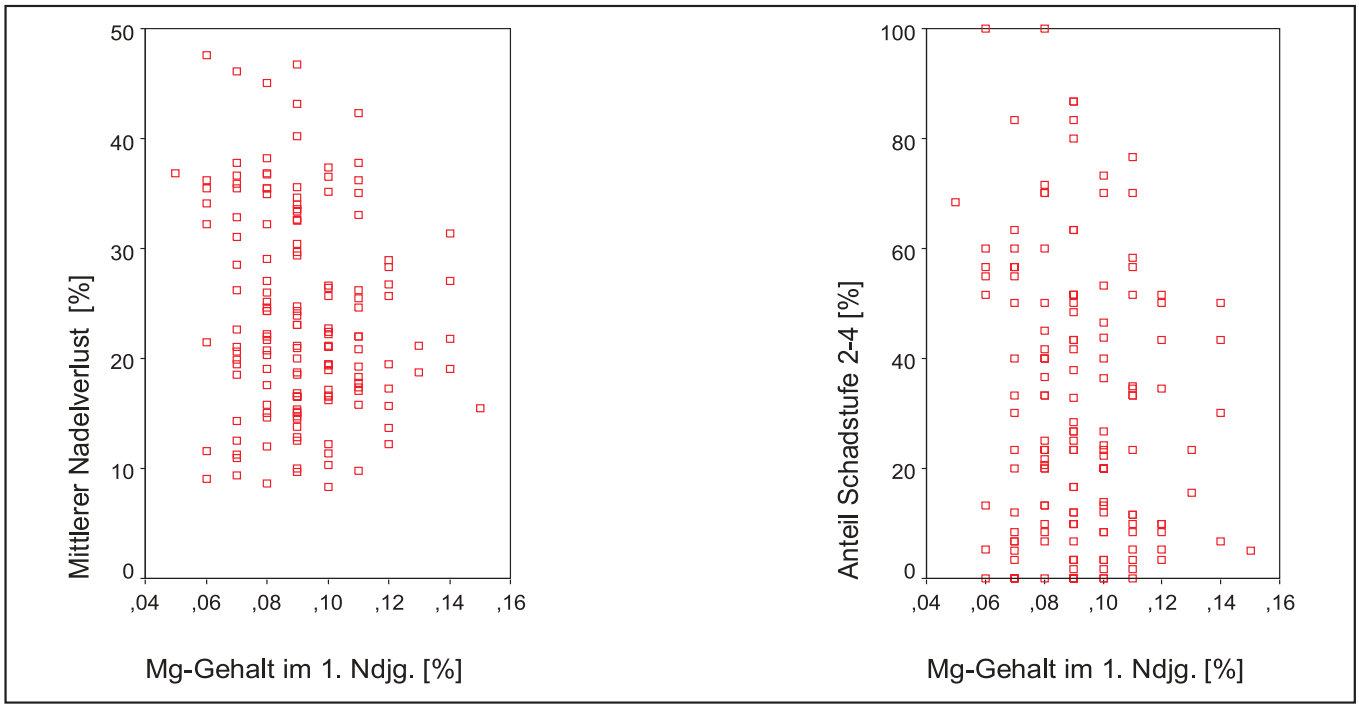


Abb. 3-96: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Magnesiumgehalt im 1. Nadeljahrgang

	Ernährungsstufe	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002					Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002				
		Ernährungsstufe					Ernährungsstufe				
		sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Arithmetisches Mittel		20	19	24	23	23	21	19	32	29	29
Mittelwerts-differenz	sehr hoch										
	hoch	1					2				
	mittel	**-4**	**-5**				**-11**	**-13**			
	gering	**-3**	**-4**	1			**-8**	**-10**	3		
	sehr gering	-3	**-4**	1	0		-8	**-10**	3	0	

Tab. 3-45: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Magnesiumgehaltsklassen der Nadel

	Ernährungsstufe	Mittlerer Blattverlust in % 1986-2002		Anteil der Bäume in der Schadstufe 2-4 in % 1986-2002	
		Ernährungsstufe		Ernährungsstufe	
		sehr hoch	hoch	sehr hoch	hoch
Arithmetisches Mittel		20	19	21	18
Mittelwerts-differenz	sehr hoch				
	hoch	1		3	

Tab. 3-46: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Blattverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Magnesiumgehaltsklassen im Blatt

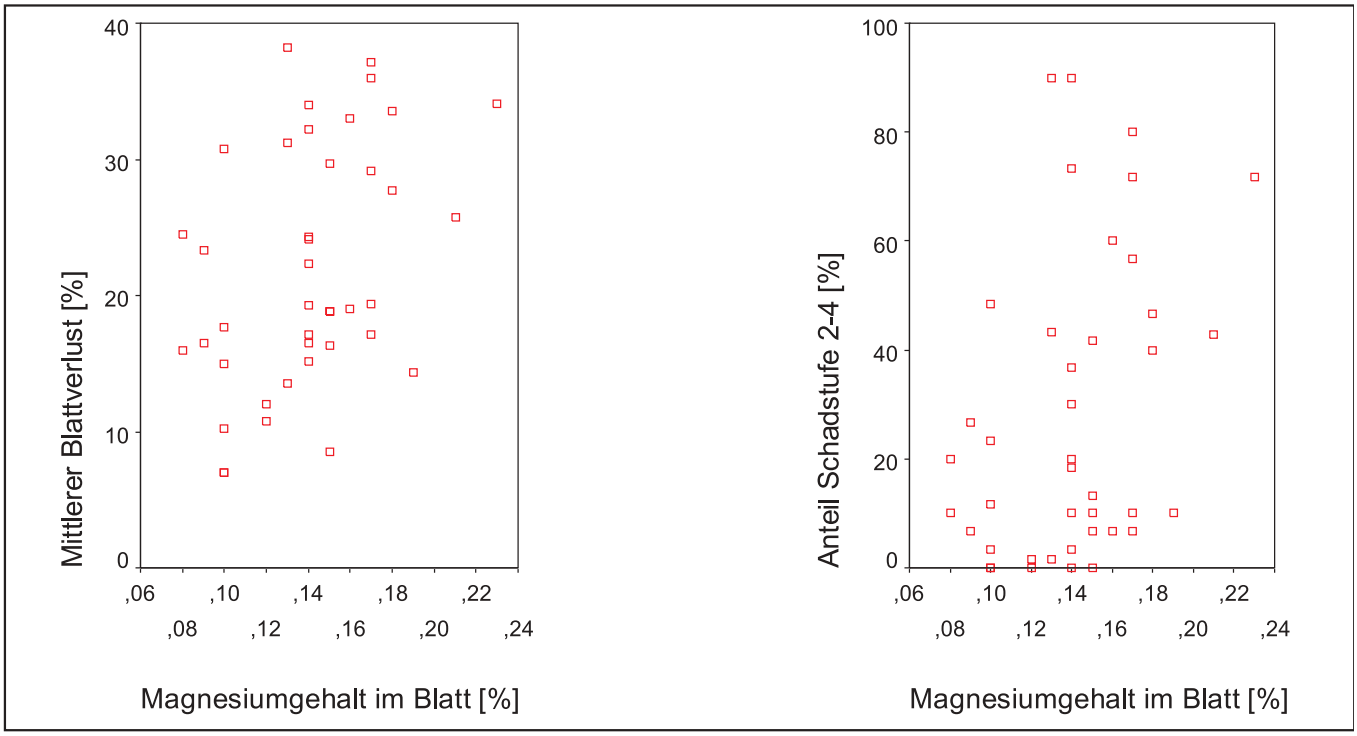


Abb. 3-97: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Magnesiumgehalt im Blatt

Nadel hat offenbar keinen Einfluss auf den mittlere Nadelverlust und den Anteil stärker geschädigter Bäume (Abb. 3-101). Ein signifikanter Vitalitätsunterschied zwischen den nach den Grenzen der Quartile gebildeten N/Ca-Klassen ist ebenfalls ist nicht feststellbar (Tab. 3-48).

Stickstoff/Calcium-Verhältnis im Buchenblatt und Kronenzustand

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse legt den Schluss nahe, dass mit zunehmender Verengung des Stickstoff-Calcium-Verhältnisses im Buchenblatt die Vitalität der Buche abnimmt. Dass dies so nicht geschieht, zeigen Abbildung 3-102, die Bestimmtheitsmaße von < 0,01 sowie der t-Test (Tab. 3-49), der keine gesicherten Mittelwertsdifferenzen im mittleren Blattverlust oder dem Anteil stärker geschädigter Bäume für die verschiedenen Stickstoff-Calcium-Verhältnisklassen ausgibt.

Stickstoff/Magnesium-Verhältnis in der Kiefernnadel und Kronenzustand

Durchschnittlich 57 % aller Kiefernbestände im Land sind über den Beobachtungszeitraum hinweg betrachtet, bezogen auf die Relation von Magnesium zu Stickstoff, „disharmonisch“ ernährt. Die Korrelationsanalyse kommt zu der erst einmal plausibel erscheinenden Aussage, dass mit zunehmender „Disharmonie“

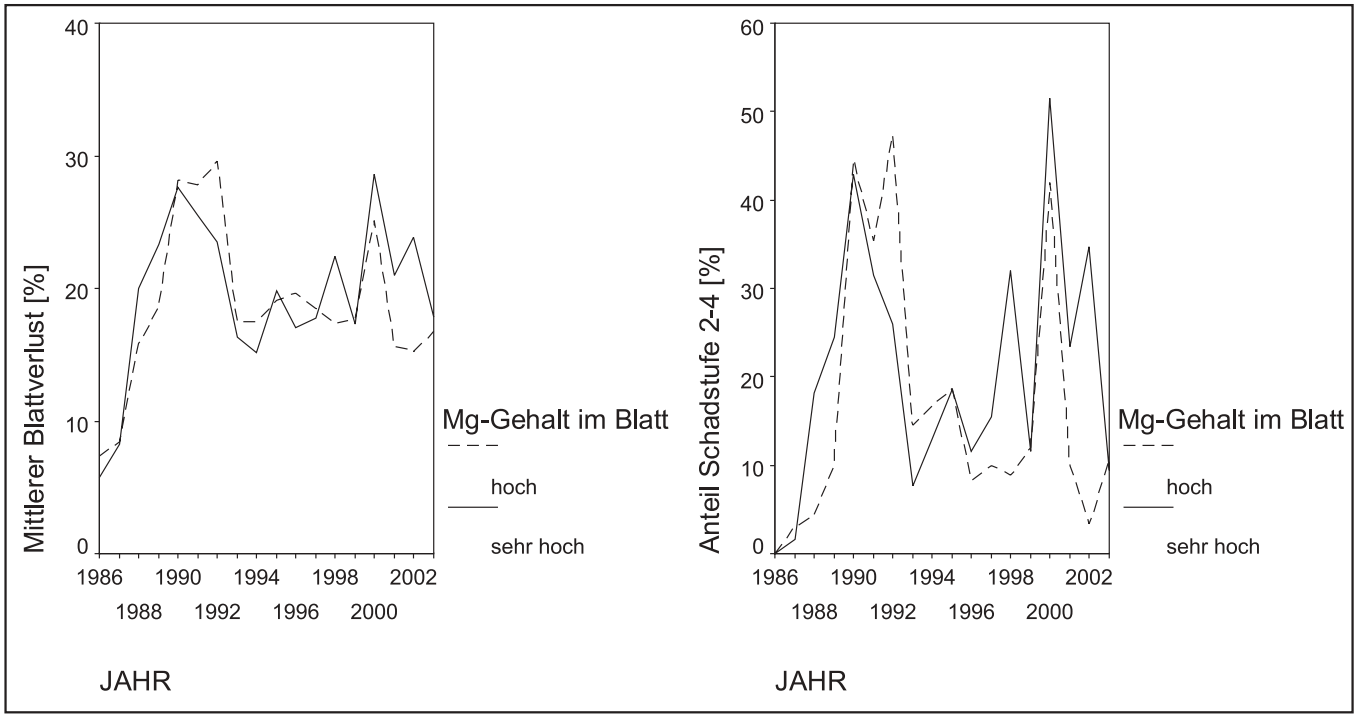


Abb. 3-98: Verlauf der Entwicklung des mittleren Blattverlustes sowie des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Magnesiumgehaltsklassen im Blatt

Tab. 3-47: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Schwefelgehaltsklassen der Nadel

	Ernährungsstufe	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002		Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002	
		Ernährungsstufe		Ernährungsstufe	
		sehr hoch	hoch	sehr hoch	hoch
Arithmetisches Mittel		24	23	31	27
Mittelwertsdifferenz	sehr hoch				
	hoch	1		4	

Tab. 3-48: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Stickstoff/Calcium-Klassen der Nadel

	N/Ca-Klasse	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
		N/Ca-Klasse				N/Ca-Klasse			
		< 4,7	4,7-5,4	5,4-6,2	>6,2	< 4,7	4,7-5,4	5,4-6,2	>6,2
Arithmetisches Mittel		24	23	23	24	31	29	27	31
Mittelwertsdifferenz	< 4,7								
	4,7-5,4	1				3			
	5,4-6,2	1	0			4	2		
	>6,2	0	-1	-1		0	-2	-4	

in der Magnesium-Stickstoff-Ernährung auch die Nadelverluste und der Anteil stärker geschädigter Kiefern zunehmen. Die Abbildungen 3-103 und 3-104 sowie der t-Test lassen aber erkennen, dass dies in der Realität nicht der Fall ist. „Harmonisch“ und „disharmonisch“ Magnesium-Stickstoff-ernährte Kiefernbestände hatten im Beobachtungszeitraum keinen gesichert voneinander verschiedenen Vitalitätszustand (Tab. 3-50).

Stickstoff/Magnesium-Verhältnis im Buchenblatt und Kronenzustand

Für Buchenbestände zeigt die Korrelationsanalyse mit zunehmender Aufweitung des Magnesium-Stickstoff-Verhältnisses (relative Zunahme des Stickstoffs) eine Verschlechterung des Vitalitätszustandes an. Aus Abbildung 3-105, den Bestimmtheitsmaßen (0,25 und 0,19) und dem Ergebnis des t-Tests geht allerdings hervor, dass diese Aussage nur für einige Bestände mit weitem N/Mg-Verhältnis im Blatt gilt. Eine signifikante Mittelwertsdifferenz im mittleren Blattverlust von 3 % bzw. von 10 % im Anteil stärker geschädigter Buchen tritt nur in Beständen mit einem N/Mg-Verhältnis > 21 auf. In den übrigen Beständen hat das N/Mg-Verhältnis im Blatt zu keiner Differenzierung der Kronenzustandskennwerte geführt.

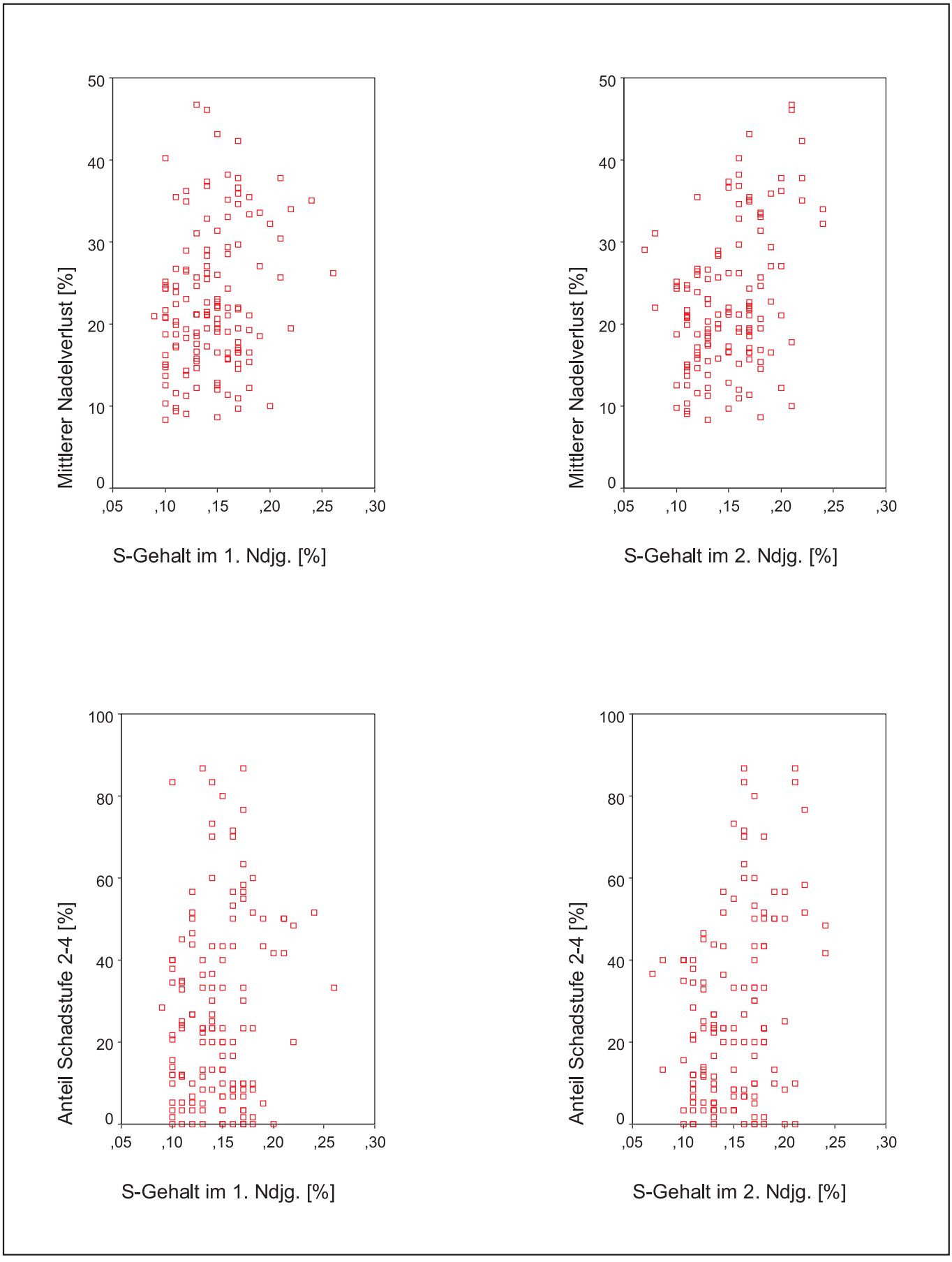


Abb. 3-99: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Schwefelgehalt in der Nadel

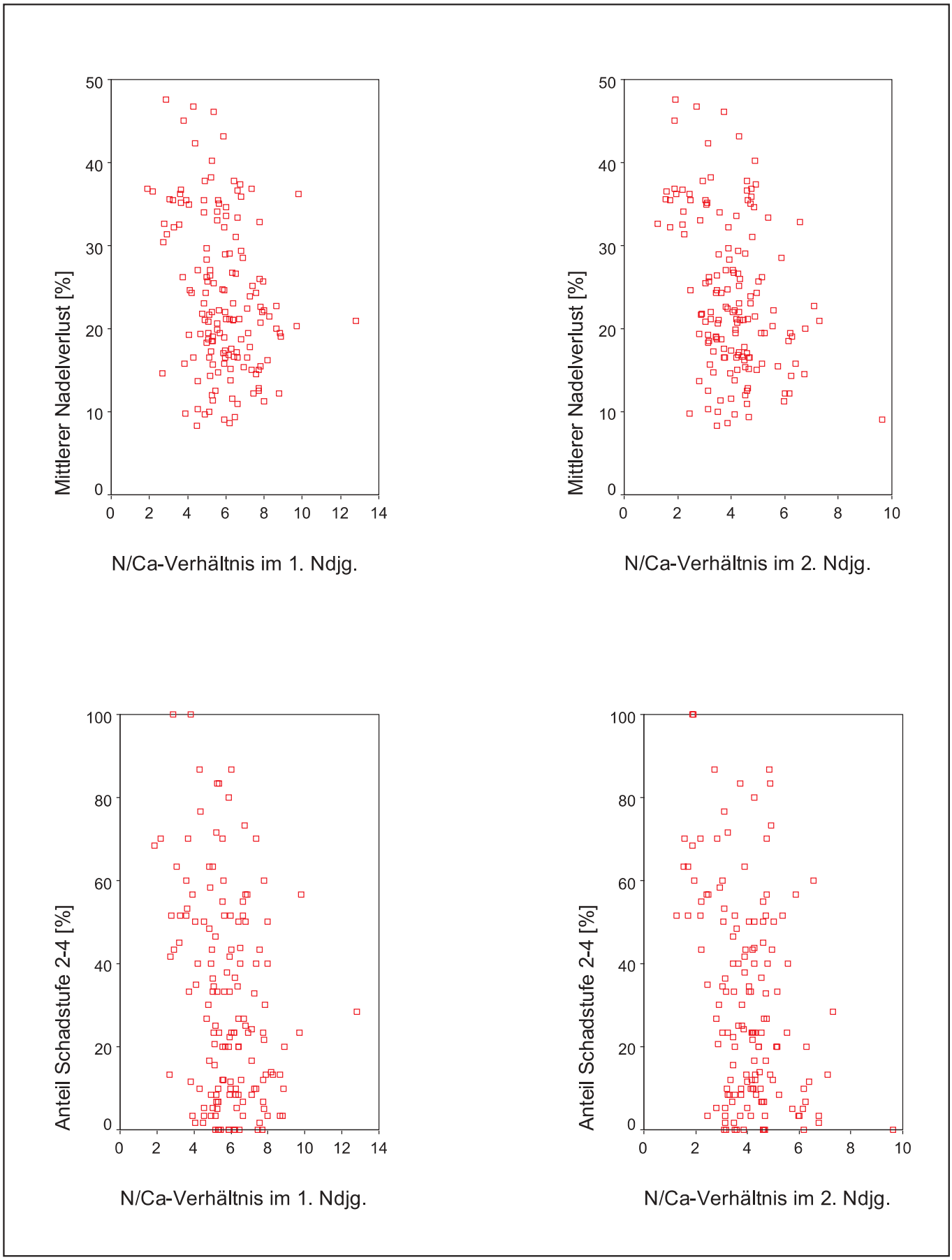


Abb. 3-100: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Stickstoff/Calcium-Verhältnis in der Kiefernnadel

3.5 Boden- und Kronenzustand

Die Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung zeigen, dass der Bodenzustand insgesamt nur einen geringen unmittelbaren Einfluss auf den Ernährungszustand der Kiefern- und Buchenbestände im Land hat. Offenbar beeinflussen eine Reihe anderer Faktoren, wie die Witterung oder atmosphärische Stoffeinträge, den Ernährungszustand der Bäume in viel stärkerem Maße. Aber auch zwischen dem Ernährungs- und dem Kronenzustand der Bäume lassen sich kaum unmittelbar wirksame Zusammenhänge aufzeigen. Es kann daher auch nicht verwundern, dass Kennwerte für den Boden- und Kronenzustand nicht oder nur sehr schwach miteinander in Beziehung stehen. In Tabelle 3-51 sind für die Baumarten Kiefer und Rotbuche, jeweils getrennt nach der Humusdecke und den Tiefenstufen 0-40 cm, 40-80 cm und 80-160 cm, die Korrelationskoeffizienten und

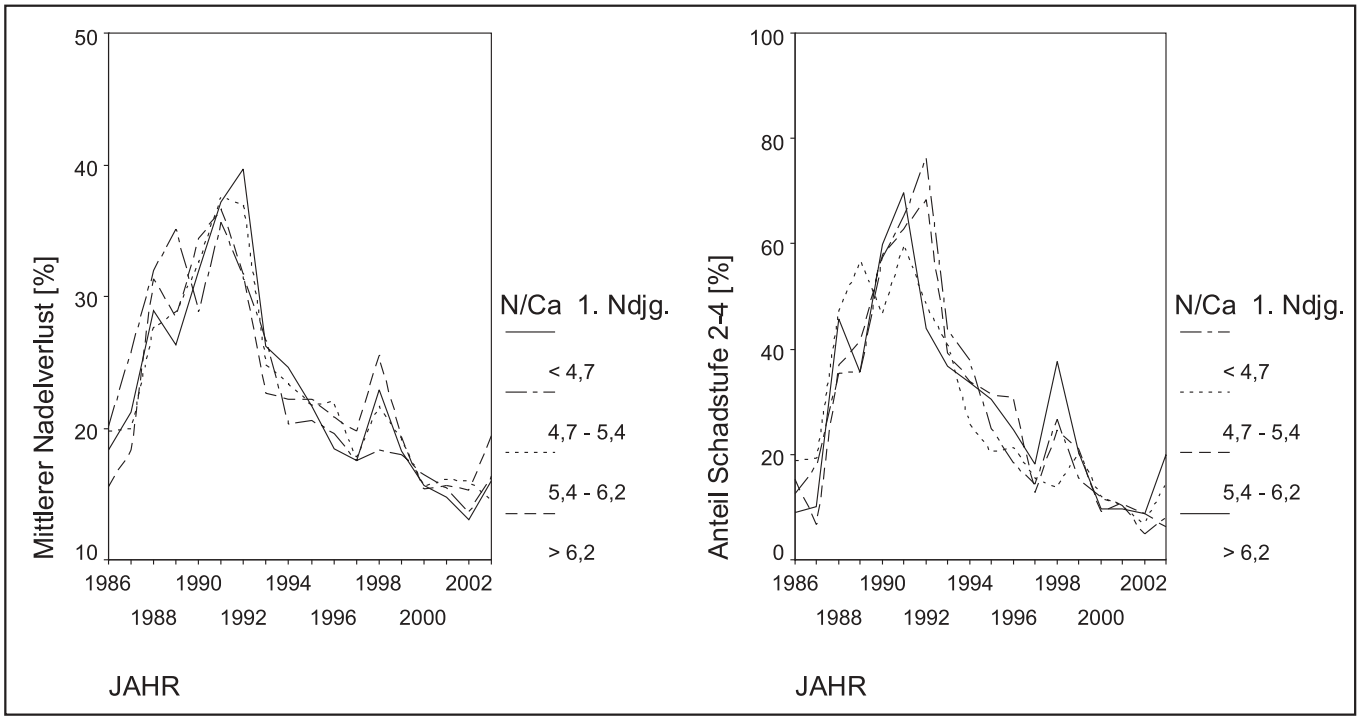


Abb. 3-101: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes sowie des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Stickstoff/Calcium-Verhältnisklassen im 1. Nadeljahrgang

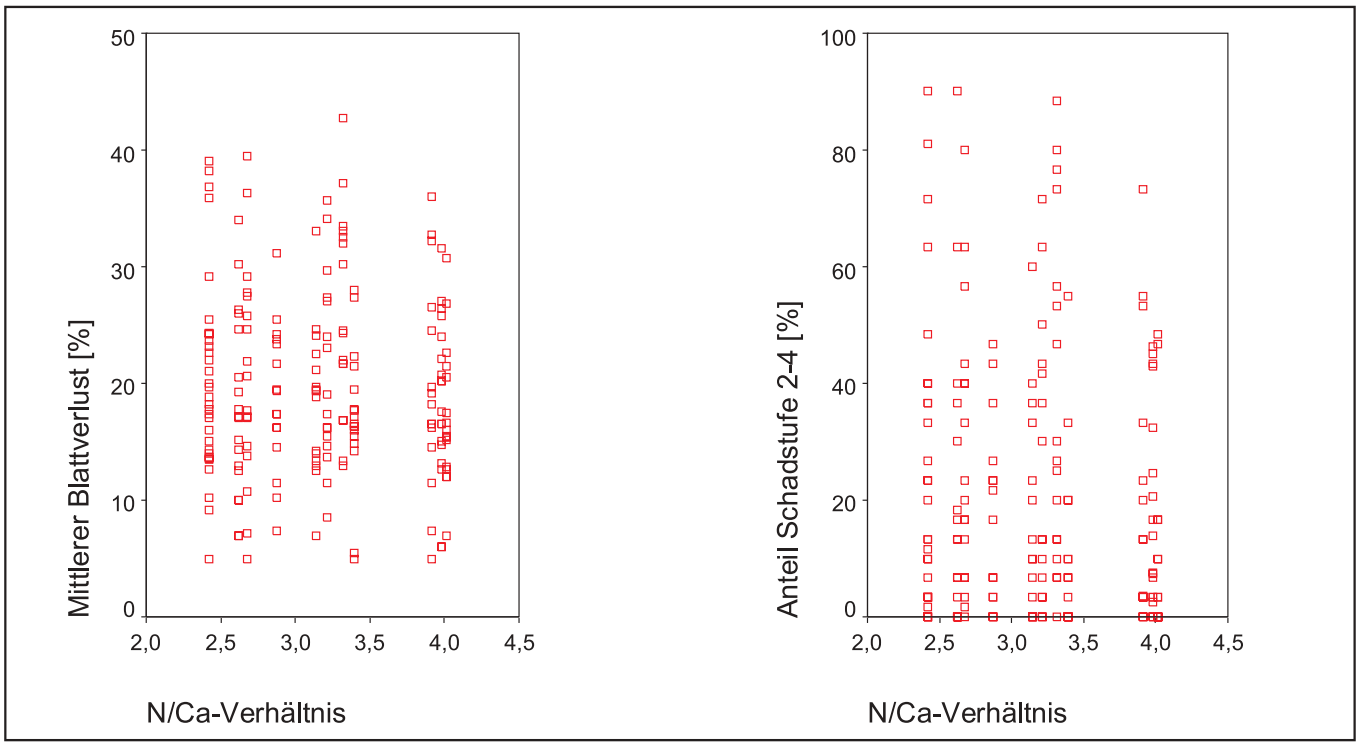


Abb. 3-102: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Stickstoff/Calcium-Verhältnis

Tab. 3-49: Arithmetische Mittel und Mittelwertsdifferenzen des mittleren Blattverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Stickstoff/Calcium-Klassen im Blatt

	N/Ca-Klasse	Mittlerer Blattverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
		N/Ca-Klasse				N/Ca-Klasse			
		< 1	1-3	3-4	>4	< 1	1-3	3-4	>4
Arithmetisches Mittel		20	19	21	18	21	20	24	15
Mittelwertsdifferenz	< 1								
	1-3	1				1			
	3-4	-1	-2			-3	-4		
	>4	2	1	3		6	5	9	

Tab. 3-50: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Stickstoff/Magnesium-Klassen der Nadel

	N/Mg-Klasse	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002		Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002	
		N/Mg-Klasse		N/Mg-Klasse	
		„harmonisch“	„disharmonisch“	„harmonisch“	„disharmonisch“
Arithmetisches Mittel		23	23	29	29

Signifikanzniveaus zwischen ausgewählten Bodenkennwerten und den in den Probenahmejahren vorgefundenen mittleren Nadel-/Blattverlusten bzw. dem prozentualen Anteil stärker geschädigter Bäume dargestellt. Signifikante Beziehungen treten nur wenige auf; sie sind durch Fettdruck hervorgehoben, und Korrelationskoeffizienten von meist < 0,3 weisen auf insgesamt nur schwach ausgeprägte Zusammenhänge hin.
Nachstehend wird, wie schon im vorhergehenden Abschnitt, für die durch die Korrelationsanalyse als signifikant korreliert angezeigten Merkmalskombinationen dargestellt, wie sich der Kronenzustand von Beständen auf Böden in unterschiedlichem Zustand im Beobachtungszeitraum verhalten hat, und ob signifikante Mittelwertdifferenzen im mittleren Kronenzustand nachweisbar sind. Darüber hinaus wird für einige Bodenkennwerte, für die kein signifikanter Zusammenhang zum Kronenzustand angezeigt wird, die aber in der Literatur als mögliche Einflussfaktoren auf den Kronenzustand diskutiert werden, die vorgefundene Befundlage dargestellt.

pH-Wert und Kronenzustand

Der pH-Wert, insbesondere der pH(H2O)-Wert, wirkt sich unmittelbar auf die Austauschprozesse im Boden, die Nährstoffverfügbarkeit und die Lebensbedingungen des Edaphons (Bodenlebewelt) und damit auf die Umsatzbedingungen im Boden aus. Unterhalb vom pH(H2O)-Wert 5,6 ist mit einer hohen Belegung der Austauscherplätze des Bodens mit potenziell feinwurzeltoxischen Aluminiumionen zu rechnen. Ein niedriger pH(H2O)-Wert, insbesondere unterhalb von 5,6, erhöht die Wahrscheinlichkeit von Feinwurzelschäden und Stoffumsatzstörungen innerhalb der Waldökosysteme und damit die Gefahr von Kronenverlichtungen.

Kiefer

Die Korrelationsanalyse gibt für die Kiefer einen schwachen negativen Zusammenhang zwischen dem pH(H2O)-Wert in den

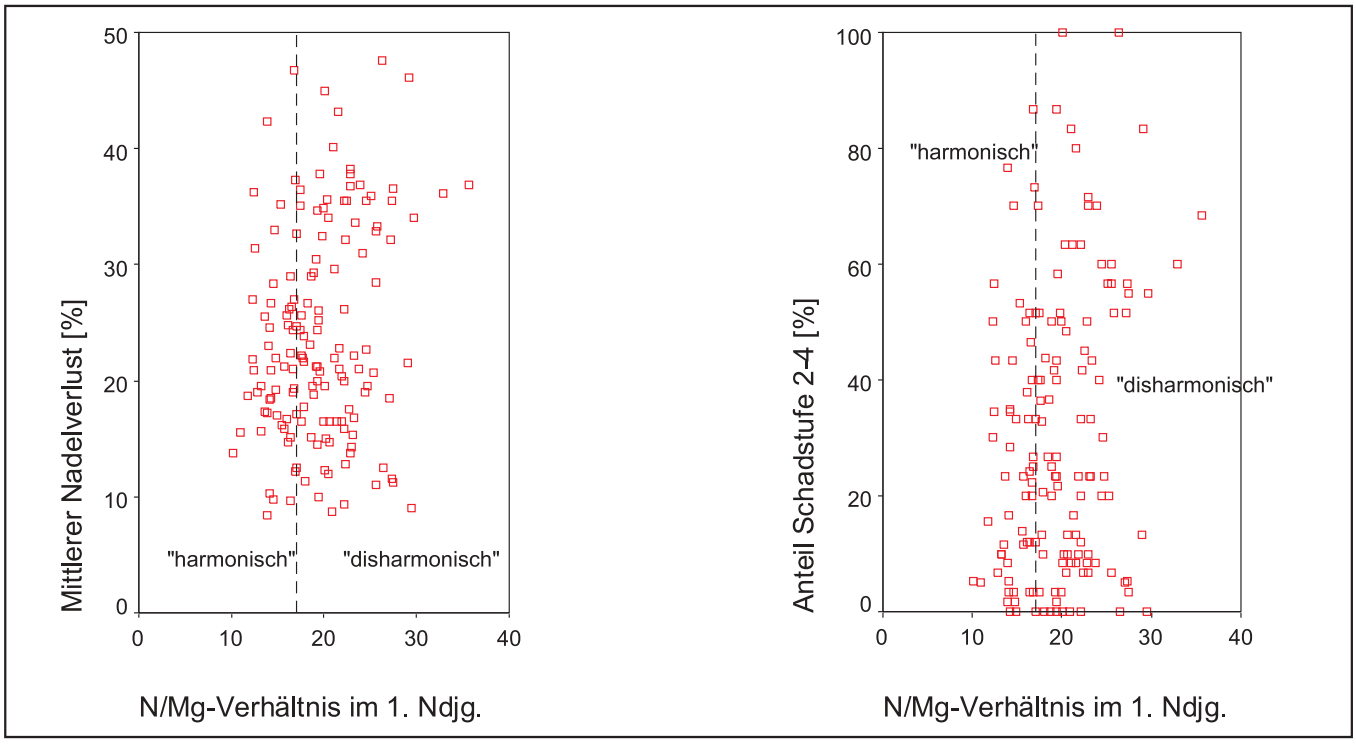


Abb. 3-103: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Stickstoff/Magnesium-Verhältnis in der Nadel

oberen 80 cm des Mineralbodens und dem mittleren Nadelverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume aus. Mit zunehmendem pH(H2O)-Wert nimmt danach tendenziell die Kronenverlichtung ab. Abbildung 3-106 zeigt in Form eines Streudiagramms diesen Zusammenhang am Beispiel des mittleren Nadelverlustes. Aus der Lage der Punkte und den Bestimmtheitsmaßen der linearen Regression (0,01-0,03) wird ersichtlich, dass der pH(H2O)-Wert kaum einen Einfluss auf den mittleren Nadelverlust ausgeübt hat. Auf hinsichtlich der Bodenacidität ungünstig zu beurteilenden Böden war im Beobachtungszeitraum keine auffällige Häufung hoher Kronenverlichtungen zu beobachten. Auch fallen die mittleren Nadelverluste und Anteile stärker geschädigter Bäume über alle Aufnahmejahre hinweg auf Böden in unterschiedlichem Pufferbereich sehr ähnlich aus (Tab. 3-52 und Abb. 3-107); signifikante Mittelwertdifferenzen sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, kaum zu verzeichnen.

Buche

Für Rotbuchenbestände weist die Korrelationsanalyse einen mäßig starken positiven Zusammenhang zwischen dem

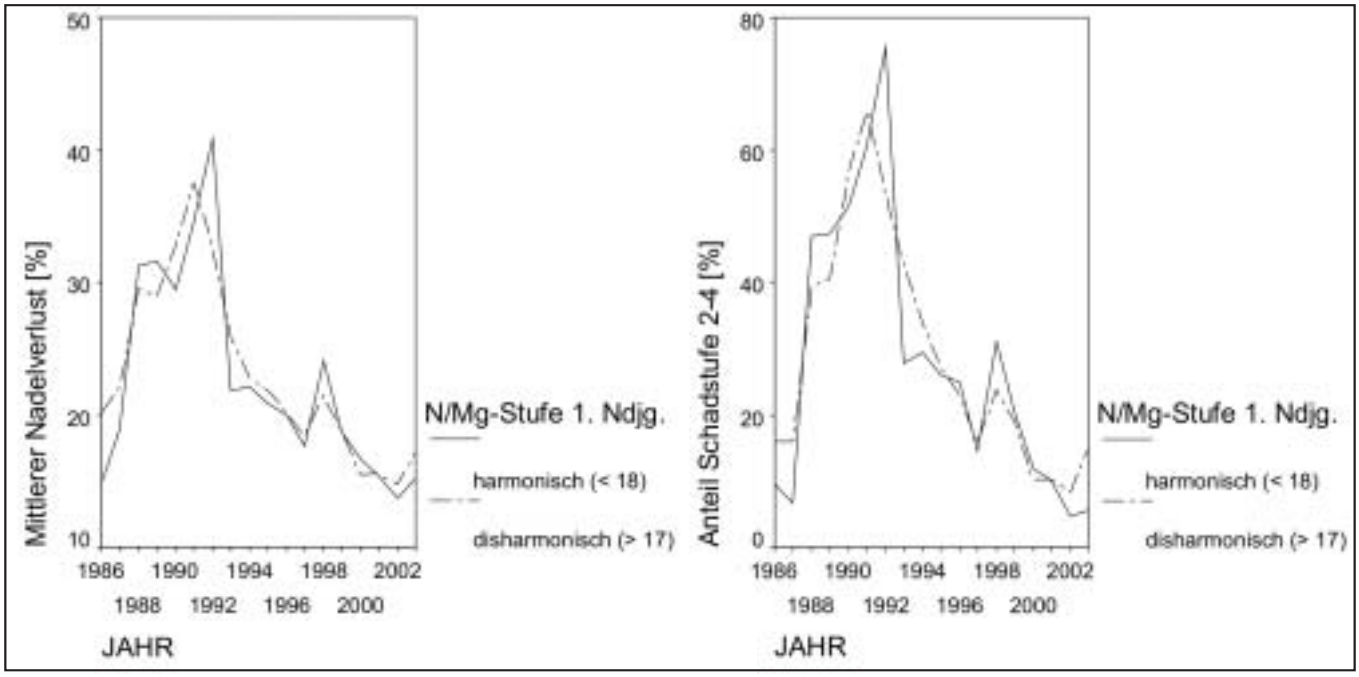


Abb. 3-104: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes sowie des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Stickstoff/Magnesium-Verhältnisklassen im 1. Nadeljahrgang

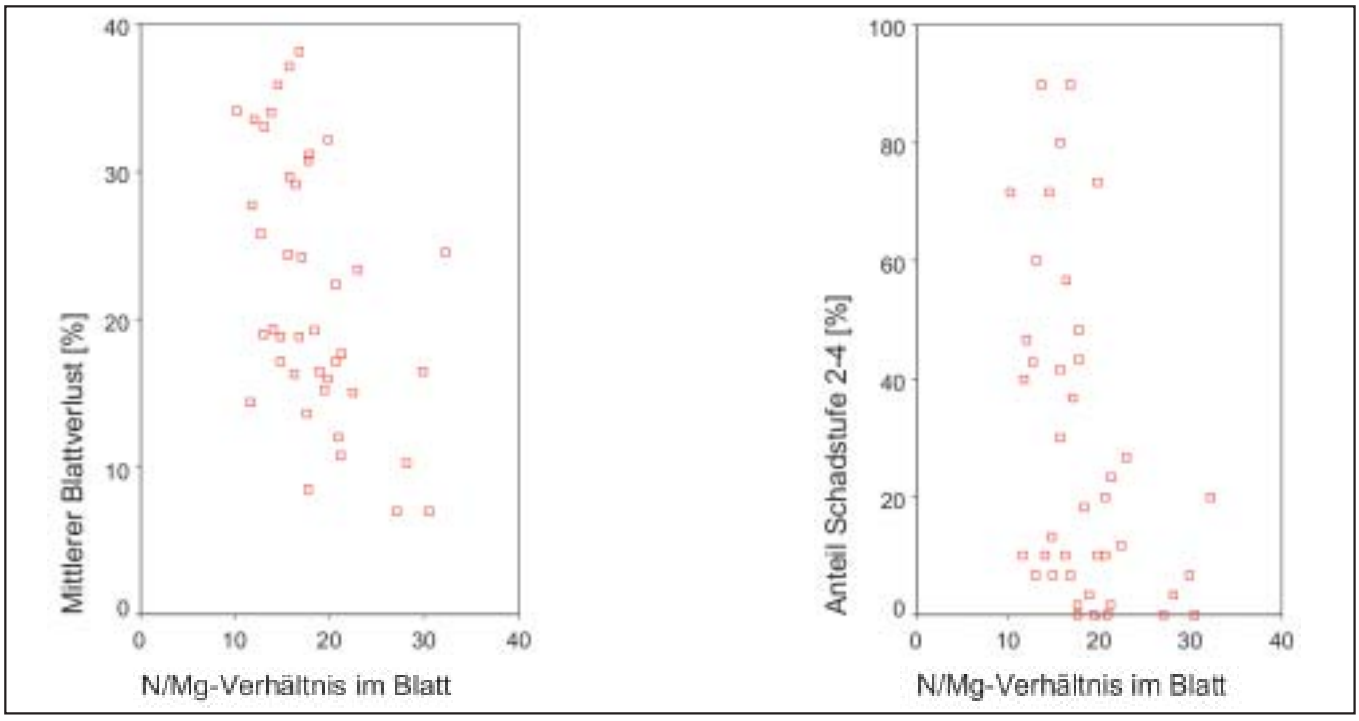


Abb. 3-105: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 und dem Stickstoff/Magnesium-Verhältnis im Blatt

Tab. 3-51: Korrelationskoeffizienten zwischen ausgewählten Bodenkennwerten und mittlerem Nadel-/Blattverlust sowie prozentualem Anteil stärker geschädigter Bäume

Elementgehalte

Elementvorräte

		pH(H2O)	pH(KCl)	V-Wert	N% von C	Basen-sättigung	Ca/Al	Ca-Sättigung	Mg-Sättigung	K-Sättigung	Fe-Sättigung	Al-Sättigung	Mn-Sättigung	N-Vorrat	C-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	S-Vorrat	Fe-Vorrat	Al-Vorrat	Mn-Vorrat
GKI																						
Humuslage																						
NBV	Korrelation nach Pearson	-0,101	0,027	0,016	0,006	-0,006	-0,204	0,050	-0,105	-0,168	-0,244	0,454	0,054	-0,240	-0,244	-0,267	-0,345	-0,239	-0,170	-0,272	0,117	0,157
	Signifikanz (2-seitig)	0,250	0,757	0,859	0,941	0,955	0,059	0,648	0,334	0,121	0,060	0,000	0,682	0,006	0,005	0,002	0,000	0,006	0,258	0,039	0,288	0,238
	N	132	132	132	132	86	86	86	86	86	60	86	60	130	130	130	130	130	46	58	84	58
SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,100	0,040	0,011	0,031	-0,010	-0,104	0,051	-0,111	-0,189	-0,333	0,351	0,060	-0,157	-0,175	-0,171	-0,230	-0,204	-0,100	-0,289	0,087	0,212
	Signifikanz (2-seitig)	0,255	0,651	0,903	0,720	0,928	0,342	0,642	0,308	0,081	0,009	0,001	0,651	0,074	0,047	0,052	0,009	0,020	0,506	0,028	0,431	0,110
	N	132	132	132	132	86	86	86	86	86	60	86	60	130	130	130	130	130	46	58	84	58
0-40 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	-0,181	0,165	0,139	-0,113	0,101	0,069	0,100	0,138	-0,072	-0,280	-0,182	-0,025	-0,143	-0,115	0,035	-0,051	0,018	0,189	-0,358	0,023	0,006
	Signifikanz (2-seitig)	0,037	0,058	0,110	0,195	0,350	0,524	0,355	0,203	0,505	0,029	0,092	0,848	0,100	0,187	0,687	0,556	0,841	0,208	0,005	0,830	0,962
	N	133	133	133	133	87	87	87	87	87	61	87	61	133	133	133	133	133	46	61	87	61
SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,177	0,121	0,144	-0,146	0,034	0,096	0,042	0,146	-0,123	-0,323	-0,233	-0,054	-0,137	-0,067	0,054	-0,016	-0,031	0,197	-0,353	0,062	0,027
	Signifikanz (2-seitig)	0,042	0,165	0,099	0,093	0,751	0,379	0,698	0,176	0,257	0,011	0,030	0,681	0,115	0,444	0,535	0,859	0,721	0,189	0,005	0,571	0,836
	N	133	133	133	133	87	87	87	87	87	61	87	61	133	133	133	133	133	46	61	87	61
40-80 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	-0,178	0,165	0,072	-0,122	0,163	-0,037	0,159	0,115	-0,081	-0,257	-0,321	-0,042	-0,181	-0,024	-0,039	-0,052	0,000	0,033	-0,233	-0,080	0,064
	Signifikanz (2-seitig)	0,040	0,057	0,407	0,162	0,139	0,736	0,148	0,296	0,466	0,052	0,003	0,755	0,037	0,783	0,653	0,549	0,999	0,825	0,071	0,460	0,622
	N	133	133	133	132	84	87	84	84	84	58	84	58	132	133	133	133	133	46	61	87	61
SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,131	0,113	0,112	-0,095	0,123	-0,003	0,115	0,156	-0,110	-0,249	-0,353	-0,055	-0,189	-0,039	0,004	0,002	-0,009	-0,001	-0,212	-0,041	0,168
	Signifikanz (2-seitig)	0,131	0,197	0,201	0,280	0,266	0,975	0,299	0,156	0,319	0,059	0,001	0,684	0,030	0,659	0,961	0,982	0,919	0,993	0,101	0,707	0,196
	N	133	133	133	132	84	87	84	84	84	58	84	58	132	133	133	133	133	46	61	87	61
80-160 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	-0,110	0,044	-0,017	0,032	-0,057	-0,078	-0,046	-0,035	-0,017	-0,282	-0,221	0,123	-0,172	0,048	-0,075	-0,145	-0,062	-0,056	-0,221	0,024	-0,134
	Signifikanz (2-seitig)	0,207	0,617	0,846	0,714	0,623	0,482	0,694	0,764	0,882	0,041	0,053	0,378	0,048	0,585	0,39	0,096	0,476	0,713	0,086	0,827	0,303
	N	133	133	127	132	77	84	77	77	77	53	77	53	132	133	133	133	133	46	61	85	61
SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,064	0,067	0,007	0,027	-0,040	-0,030	-0,024	-0,016	-0,051	-0,248	-0,242	0,042	-0,187	0,001	-0,015	-0,121	-0,084	0,015	-0,186	0,024	-0,094
	Signifikanz (2-seitig)	0,467	0,445	0,934	0,757	0,728	0,784	0,836	0,888	0,662	0,073	0,034	0,763	0,032	0,987	0,863	0,166	0,334	0,923	0,151	0,827	0,473

	N	133	133	127	132	77	84	77	77	77	53	77	53	132	133	133	133	133	46	61	85	61
RBU																						
Humuslage																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,322	0,339	0,477	-0,008	0,391	0,248	0,424	0,111	0,033	-0,289	-0,150	0,096	0,123	0,213	0,402	0,380	0,215	0,085	-0,115	-0,014	0,281
	Signifikanz (2-seitig)	0,154	0,133	0,029	0,972	0,149	0,373	0,115	0,693	0,907	0,362	0,593	0,767	0,594	0,354	0,071	0,089	0,350	0,815	0,723	0,961	0,376
	N	21	21	21	21	15	15	15	15	15	12	15	12	21	21	21	21	21	10	12	15	12
SST24	Korrelation nach Pearson	0,457	0,424	0,494	-0,018	0,375	0,365	0,340	0,277	0,131	-0,253	-0,220	0,106	0,207	0,250	0,509	0,524	0,367	0,189	-0,073	-0,027	0,321
	Signifikanz (2-seitig)	0,037	0,056	0,023	0,940	0,168	0,182	0,216	0,317	0,642	0,427	0,431	0,742	0,369	0,274	0,018	0,015	0,102	0,600	0,822	0,924	0,310
	N	21	21	21	21	15	15	15	15	15	12	15	12	21	21	21	21	21	10	12	15	12
0-40 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,019	-0,042	0,081	-0,155	0,057	0,116	0,078	0,025	-0,159	0,043	0,090	0,014	-0,006	0,183	0,066	0,052	-0,308	-0,198	0,044	0,034	0,069
	Signifikanz (2-seitig)	0,893	0,761	0,556	0,259	0,722	0,46	0,622	0,874	0,313	0,813	0,57	0,938	0,965	0,182	0,632	0,706	0,022	0,365	0,807	0,827	0,704
	N	55	55	55	55	42	43	42	42	42	32	42	32	55	55	55	55	55	23	33	43	33
SST24	Korrelation nach Pearson	0,040	-0,025	0,026	-0,080	0,040	0,110	0,049	0,053	-0,110	0,100	0,097	-0,017	0,042	0,169	0,039	0,061	-0,224	-0,209	0,068	0,062	-0,016
	Signifikanz (2-seitig)	0,772	0,854	0,848	0,561	0,800	0,484	0,759	0,741	0,488	0,587	0,542	0,928	0,760	0,217	0,776	0,657	0,100	0,338	0,708	0,691	0,928
	N	55	55	55	55	42	43	42	42	42	32	42	32	55	55	55	55	55	23	33	43	33
40-80 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,077	0,058	0,007	-0,072	0,049	0,104	0,023	0,044	0,096	0,192	0,126	-0,126	-0,170	-0,074	0,066	0,079	-0,124	-0,329	-0,033	-0,061	-0,156
	Signifikanz (2-seitig)	0,577	0,675	0,963	0,600	0,771	0,507	0,892	0,793	0,567	0,328	0,450	0,523	0,215	0,592	0,630	0,565	0,369	0,125	0,855	0,700	0,386
	N	55	55	47	55	38	43	38	38	38	28	38	28	55	55	55	55	55	23	33	43	33
SST24	Korrelation nach Pearson	0,072	0,074	-0,013	-0,040	0,040	0,095	0,006	0,080	0,099	0,207	0,135	-0,096	-0,046	0,013	0,031	0,092	-0,084	-0,284	0,013	0,031	-0,177
	Signifikanz (2-seitig)	0,601	0,590	0,930	0,769	0,811	0,545	0,972	0,634	0,555	0,291	0,418	0,626	0,740	0,923	0,822	0,502	0,543	0,189	0,942	0,846	0,324
	N	55	55	47	55	38	43	38	38	38	28	38	28	55	55	55	55	55	23	33	43	33
80-160 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,169	0,176	0,037	-0,040	0,076	0,116	0,079	0,059	-0,203	0,248	-0,043	-0,246	0,009	0,130	0,138	0,098	-0,080	0,140	0,228	0,110	0,106
	Signifikanz (2-seitig)	0,231	0,212	0,842	0,778	0,718	0,514	0,707	0,778	0,331	0,292	0,840	0,296	0,950	0,362	0,335	0,496	0,578	0,555	0,226	0,537	0,577
	N	52	52	31	52	25	34	25	25	25	20	25	20	51	51	51	51	51	20	30	34	30
SST24	Korrelation nach Pearson	0,097	0,110	0,063	0,010	0,034	0,116	0,045	0,042	-0,202	0,273	-0,002	-0,235	0,118	0,181	0,111	0,174	-0,036	0,158	0,239	0,067	0,103
	Signifikanz (2-seitig)	0,493	0,438	0,734	0,942	0,871	0,514	0,832	0,841	0,334	0,245	0,993	0,319	0,411	0,204	0,437	0,223	0,800	0,507	0,204	0,707	0,587
	N	52	52	31	52	25	34	25	25	25	20	25	20	51	51	51	51	51	20	30	34	30

pH(H2O)-Wert in der **Humusdecke** und dem Anteil stärker geschädigter Bäume aus. Auf den mittleren Blattverlust hat der pH(H2O)-Wert in der Humusdecke offenbar kaum Einfluss. Auch der pH(H2O)-Wert im Mineralboden scheint den Kronenzustand nur wenig zu beeinflussen. In Tabelle 3-53 sowie den Abbildungen 3-108 und 3-109 wird das Ergebnis der Korrelationsanalyse näher untersucht. Das Streudiagramm (Abb. 3-108), dem der Datenbestand der Korrelationsanalyse zugrunde liegt (nur Jahre mit Bodenprobenahme), lässt keinen eindeutigen Zusammenhang erkennen. Lediglich drei Buchenbestände auf Böden mit besseren Humusformen und höherem pH(H2O)-Wert in der Humusdecke hatten einen höheren Anteil stärker geschädigter Bäume. Entgegengesetzt fällt demgegenüber das Ergebnis des t-Tests aus (Tab. 3-53). Über alle Aufnahmejahre betrachtet, war der Anteil stärker geschädigter Bäume in Buchenbeständen mit pH(H2O)-Wert > 3,8 in der Humusdecke im Mittel 11 % niedriger als in Beständen mit ungünstiger Humusform (pH(H2O) < 3,8). Trockenjahre und Jahre mit starker Fruktifikation der Buche (starke Zunahme der Blattverluste) führten zu einer Verstärkung dieses Effektes (Abb. 3-109).

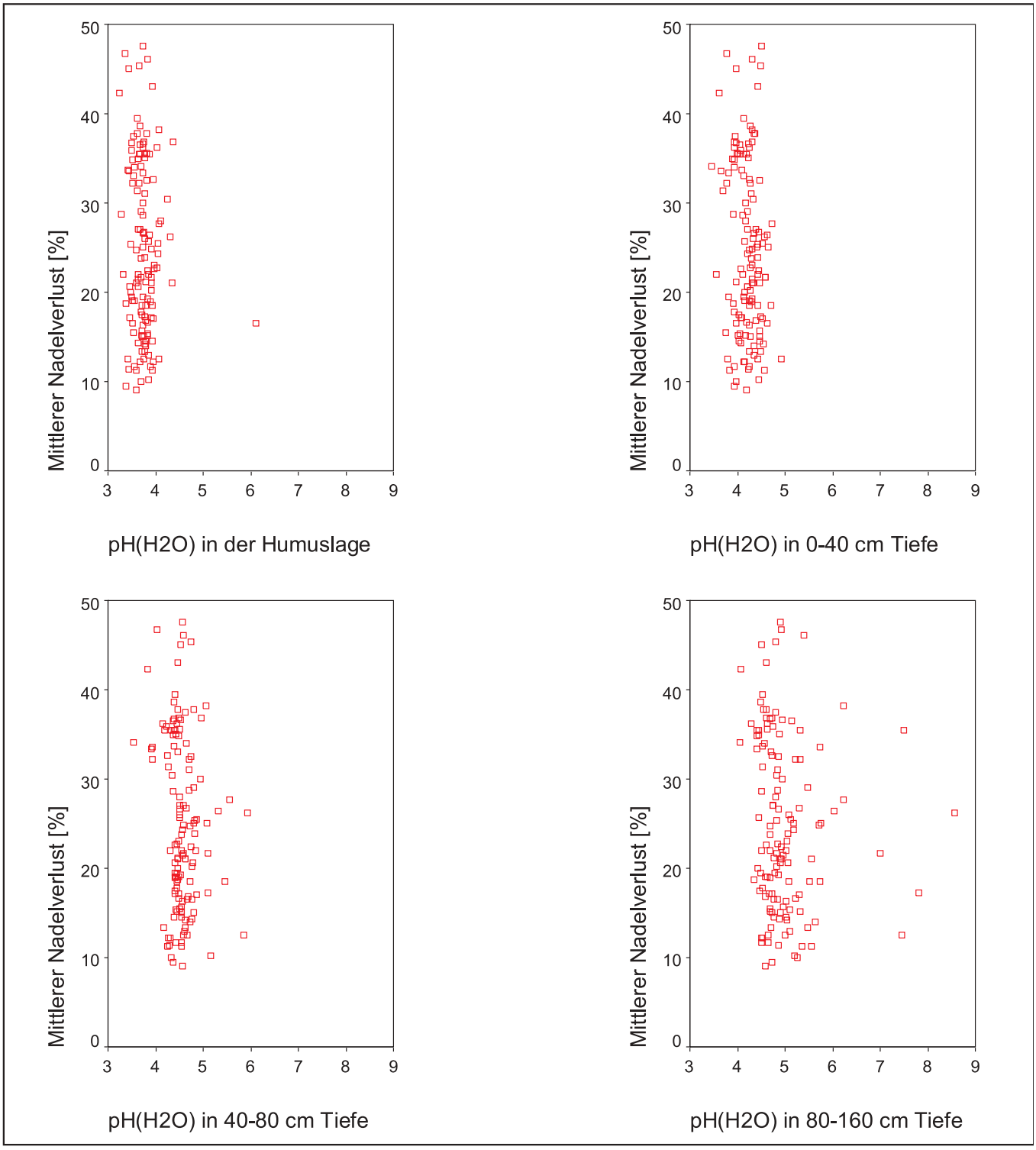


Abb. 3-106: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und pH(H2O) im Boden

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Pufferbereich				Pufferbereich			
			Silikat	Aust.	Al	Al/Fe	Silikat	Aust.	Al	Al/Fe
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	-	24	22	24	-	32	24	30
	1	0-40 cm	-	22	24	20	-	27	31	25
	2	40-80 cm	22	23	24	-	28	29	32	-
	3	80-160 cm	23	23	-	-	28	30	-	-
Signifikanz der Mittelwerts-differenz in Tiefenstufe	Pufferbereich									
	Silikat		ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne
	Aust.		ohne	ohne	**1**	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne
	Al		ohne	ohne	ohne	**0/1**	ohne	ohne	ohne	**0**
	Al/Fe		ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne

Tab. 3-52: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Pufferbereichen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

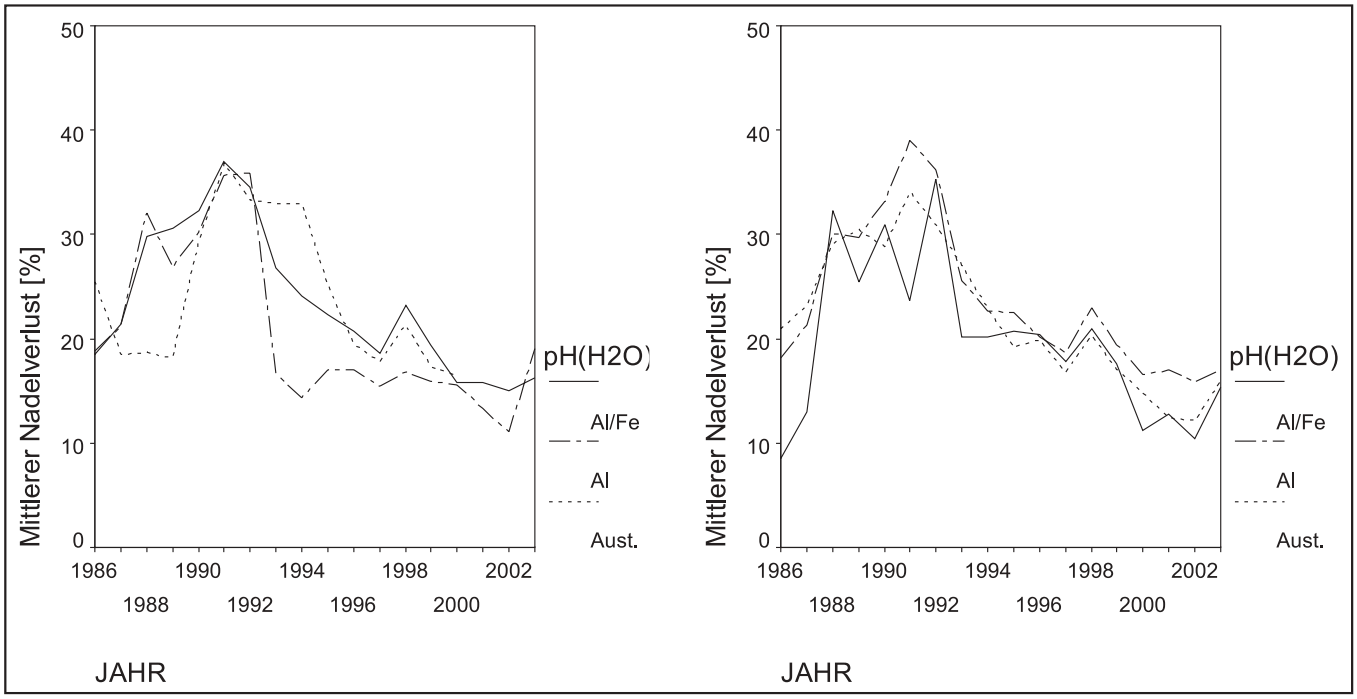


Abb. 3-107: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes auf Böden in unterschiedlichem Pufferbereich in der Humuslage (l. S.) und in 0-40 cm Tiefe (r. S.)

Für den pH(H2O)-Wert im Mineralboden lassen weder der t-Test noch das Streudiagramm eine Abhängigkeit zum Kronenzustand erkennen.

Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) und Kronenzustand

Die Basensättigung ist ein Bodenkennwert, der die Ernährungsbedingung der Bäume hinsichtlich der Neutralkationenausstattung komplex beschreibt. Eine hohe Basensättigung steht für ein potenziell ausreichendes Neutralkationenangebot im Boden. Eine niedrige Basensättigung (< 15 %) gilt als Hinweis auf potenzielle Ernährungengpässe und Al-Stress für das Feinwurzelsystem der Bäume. In der Folge steigt die Wahrscheinlichkeit einer verminderten Nadel-/Blattdichte.

Kiefer

Die Korrelationsanalyse zeigt keinen Zusammenhang zwischen der Basensättigung im Boden und dem mittleren Nadelverlust bzw. dem Anteil stärker geschädigter Bäume. Für Kiefernbestände auf den BDF-F war es für die Benadelungsdichte auch nach der Lage der Punkte im Streudiagramm (Abb. 3-110) und den Bestimmtheitsmaßen der linearen Modellanpassung (< 0,01) offenbar bedeutungslos, ob die Basensättigung im Boden unter oder über 15 % lag. Ein etwas anderes Bild vermittelt das Ergebnis des t-Tests. Danach hatten Kiefernbestände mit einer Basensättigung > 15 % in der Humusdecke über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg eine um 2 % höhere mittlere Benadelung und einen um 7 % geringeren Anteil stärker geschädigter Bäume als Bestände mit einer Basensättigung < 15 % (Tab. 3-54 und Abb. 3-111). Im mittleren Nadelverlust unterschieden sich auch Kiefernbestände mit einer Basensättigung > < 15 % in 40-80 cm Bodentiefe. Bestände auf Böden mit höherer Basensättigung hatten allerdings auch die höheren mittleren Nadelverluste (Tab. 3-54).

Buche

Für die Rotbuche gibt die Korrelationsanalyse keinen Zusammenhang zwischen der Basensättigung und dem mittleren Blattverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume aus. Die Streu- (Abb. 3-112) und Liniendiagramme (Abb. 3-113) untermauern den Befund, wonach die Basensättigung den Belaubungszustand der Buchenbestände in den letzten 15 Jahren nicht wesentlich beeinflusst hat.

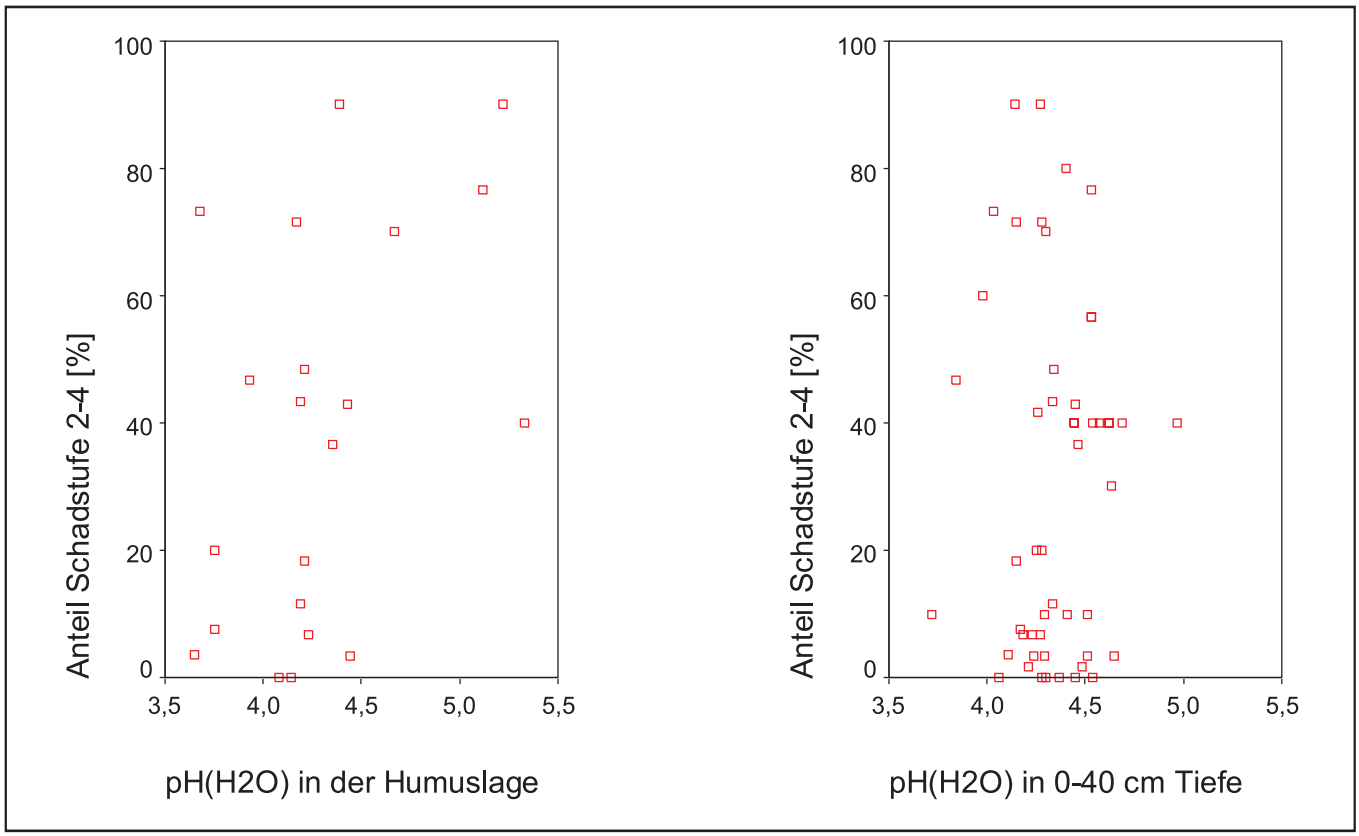


Abb. 3-108: Zusammenhang zwischen dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4und pH(H2O) im Boden

Magnesiumsättigung und Kronenzustand

Niedrige Mg-Sättigungen sind, besonders auf sandigen Böden, im Land verbreitet anzutreffen. Etwa ein Fünftel aller Kiefernbestände lässt einen Mg-Mangel in der Nadel erkennen (S. 101). Nadel-Verfärbungen in Kiefernbeständen stellen aber eine Ausnahmeerscheinung dar. Die Annahme, dass gering magnesiumgesättigte Böden zu Vitalitätsproblemen in Kiefernbeständen führen könnten, erscheint nahe liegend. In Buchenbeständen sind Mg-Mangelerscheinungen nicht bekannt geworden.

Kiefer

In der Korrelationsanalyse bringt die Mg-Sättigung keine gesicherten Beziehungen zum Kronenzustand von Kiefernbeständen hervor. Dieser Befund wird durch die Lage der Punkte in den Streudiagrammen und die Bestimmtheitsmaße des linearen Ausgleichs der Regressionsgeraden bestätigt (Abb. 3-114). Auch im mittleren Verlauf der Benadelung sind keine auffälligen Unterschiede zwischen Beständen auf unterschiedlich magnesiumgesättigten Böden erkennbar (Abb. 3-115).

Im t-Test erweisen sich besser magnesiumgesättigte Böden, von einer Ausnahme abgesehen, in einigen Bodenlagen und Sättigungsklassen als geringfügig dichter benadelt als weniger gut magnesiumausgestattete Böden. So bewirkt eine Mg-Sättigung von 7,7-10,1 % in der Humusdecke eine im Mittel um 3 % dichtere Benadelung und einen 6 % geringeren Anteil stärker geschädigter Kiefern als in der Sättigungsklasse 5,5–7,7 %. Ein ähnlicher Effekt existiert in der Tiefenstufe 80-160 cm (Tab. 3-55). Ob dieser Effekt tatsächlich eine Folge einer höheren Mg-Sättigung darstellt, erscheint fraglich. Magnesiumreichere Humusformen treten fast ausnahmslos in laubholzreichen Kiefernbeständen auf, und es erscheint denkbar, dass der vorhandene Laubholzunter- oder -zwischenstand die wirkliche Ursache für höhere Benadelungsdichte darstellt. Ähnlich könnte es sich mit dem Magnesiumreichtum im Untergrund der Kiefernbestände verhalten. Eine hohe Mg-Sättigung besitzen Bändersand-Braunerden. Diese haben aber neben der hohen Mg-Sätti-

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Blattverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Pufferbereich				Pufferbereich			
			Silikat	Aust.	Al	Al/Fe	Silikat	Aust.	Al	Al/Fe
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	-	21	18	22	-	19	15	26
	1	0-40 cm	-	19	20	24	-	19	20	31
	2	40-80 cm	21	19	24	-	24	18	32	-
	3	80-160 cm	19	19	22	-	16	20	27	-
Signifikanz der Mittelwerts-differenz in Tiefenstufe	Pufferbereich									
	Silikat									
	Aust.		ohne		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne
	Al		ohne	ohne		**0**	ohne	ohne		**0**
	Al/Fe		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Tab. 3-53: Arithmetische Mittel des mittleren Blattverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Pufferbereichen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

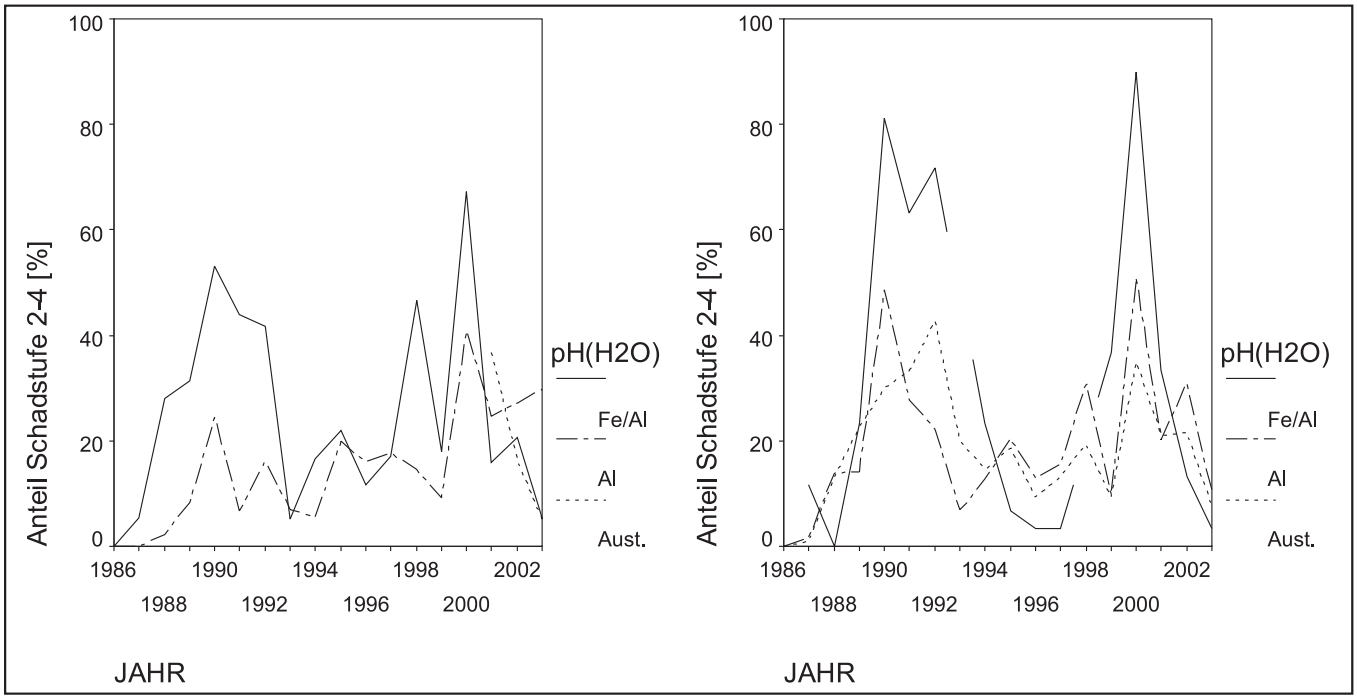


Abb. 3-109: Verlauf der Entwicklung des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 auf Böden in unterschiedlichem Pufferbereich in der Humuslage (l. S.) und in 0-40 cm Tiefe (r. S.)

gung auch einen günstigeren Wasserhaushalt als reine Sandstandorte. Die höhere Benadelungsdichte ist zwanglos durch den besseren Wasserhaushalt erklärbar.

Buche

Die Korrelationsanalyse zeigt keinen Zusammenhang zwischen der Mg-Sättigung und dem Belaubungszustand in Buchenbeständen an. In Abbildung 3-116 wird dieses Ergebnis durch die Streubilder und die Bestimmtheitsmaße der linearen Modellanpassung (< 0,01) verifiziert. Der t-Test weist aber für einige Mg-Sättigungsklassen und Tiefenstufen signifikante Mittelwertdifferenzen im mittleren Blattverlust und Anteil stärker geschädigter Bäume aus (Tab. 3-56). Es zeichnet sich allerdings ein wenig differenziertes Bild ab. In einigen Fällen führt eine höhere Mg-Sättigung im Boden zu einer höheren Belaubungsdichte und einem verminderten Anteil stärker geschädigter Buchen. In anderen Fällen tritt eine genau entgegengesetzte Wirkung auf. Vermutlich bewirken andere Einflussgrößen als die Mg-Sättigung, beispielsweise das Auftreten von Staunässe, die Unterschiede im Belaubungszustand der Buche.

Aluminiumsättigung und Kronenzustand

Höhere Aluminiumkonzentrationen in der Bodenlösung gelten als feinwurzeltoxisch. In der Folge sind Kronenverlichtungen nicht auszuschließen. Zwischen der Bodenlösung und der Al-Sättigung der Austauscher besteht ein Fließgleichgewicht; mit steigender Al-Sättigung der Austauscher nimmt auch die Al-Konzentration der Bödenlösung in der Tendenz zu. Die Baumart Kiefer gilt als säuretolerant. Die Rotbuche zählt zu den weniger säuretoleranten Baumarten.

Kiefer

Die Korrelationsanalyse kommt zu einem unerwarteten Ergebnis. Sie zeigt für die eher als säuretolerant geltende Baumart Kiefer signifikante Korrelationen zwischen der Al-Sättigung im Boden und Kronenzustandsmerkmalen an, während für die mäßig säuretolerante Rotbuche keine gesicherte Korrelation erkennbar wird.
Eine mäßig starke positive Korrelation besteht zwischen der Al-Sättigung in der Humusdecke von Kiefernbeständen und dem mittleren Nadelverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume. Mit zunehmender Al-Sättigung in der Humusdecke stei-

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002		Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002	
			Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN)		Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN)	
			> 15 %	< 15 %	> 15 %	< 15 %
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	22	24	25	32
	1	0-40 cm	24	23	29	29
	2	40-80 cm	24	22	30	27
	3	80-160 cm	23	22	30	26
Signifikanz der Mittelwertsdifferenz in Tiefenstufe	Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN)					
	> 15 %			**0/2**		**0**
	< 15 %		ohne		ohne	

Tab. 3-54: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Basensättigungsstufen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

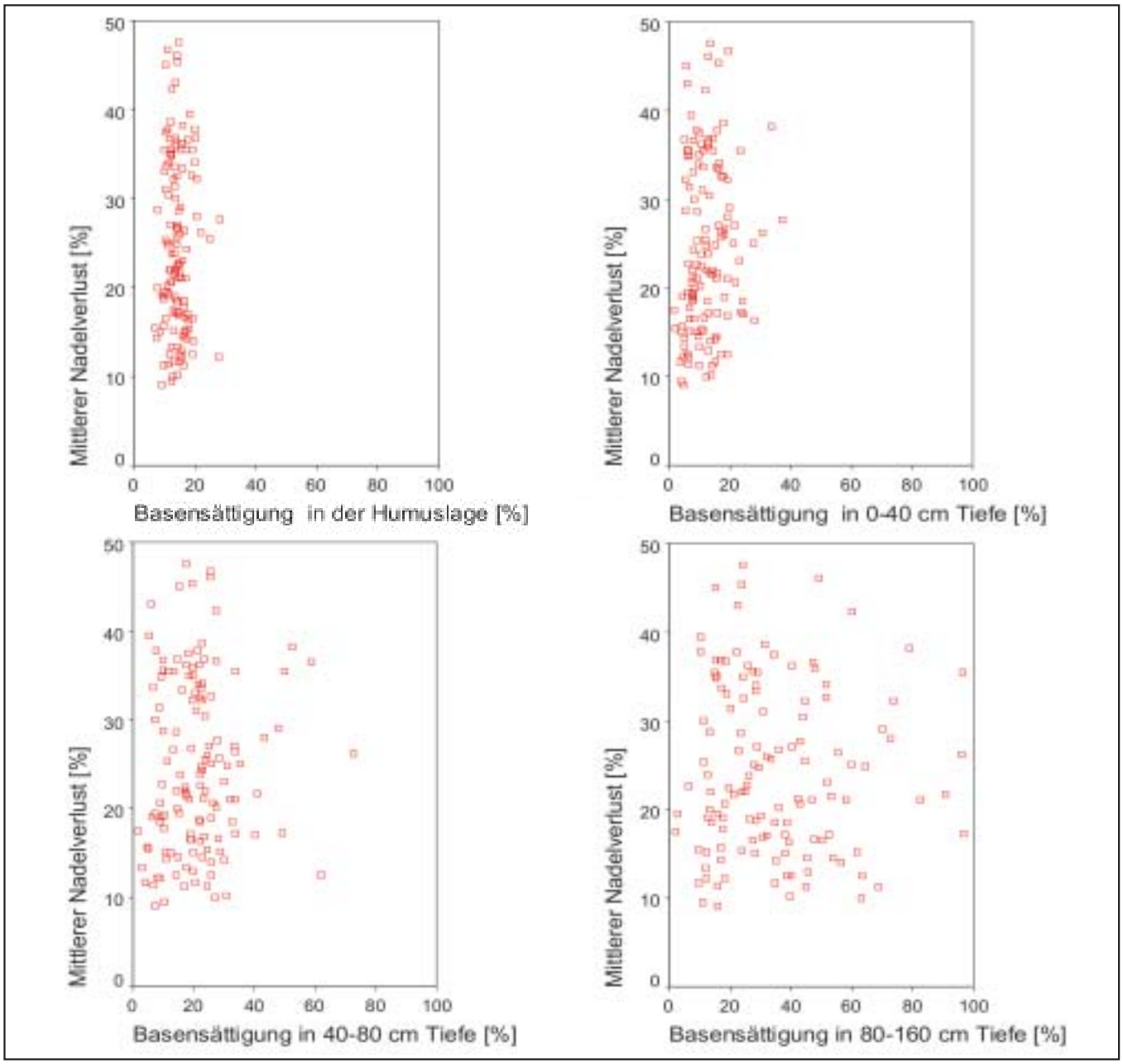


Abb. 3-110: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und der Basensättigung im Boden

gen die Kronenverlichtung und der Anteil stärker geschädigter Kiefern an. Dieser Befund ist überraschend; das Al-Ion liegt in humusreichen Bodenlagen überwiegend komplex gebunden vor und soll in dieser Form keine phytotoxische Wirkung entfalten. Aus Ergebnissen der zwei in Mecklenburg-Vorpommern betriebenen Intensivmessflächen des Forstlichen Umweltmonitorings (Level II) ist allerdings bekannt, dass die Waldbäume aufgenommenes überschüssiges Aluminium mit

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Mg-Sättigung %				Mg-Sättigung %			
			< 5,5	5,5–7,7	7,7-10,1	> 10,1	< 5,5	5,5–7,7	7,7-10,1	> 10,1
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	-	25	22	24	-	33	27	31
	1	0-40 cm	23	23	23	-	30	29	28	-
	2	40-80 cm	24	23	23	24	31	27	27	30
	3	80-160 cm	24	22	22	23	32	27	23	29
Signifikanz der Mittelwerts-differenz in Tiefenstufe	Mg-Sättigung %									
	5,5–7,7		**3**		**0**	ohne	**3**		**0**	ohne
	7,7-10,1		ohne	ohne		**0**	**3**	ohne		**0**
	> 10,1		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Tab. 3-55: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Magnesiumsättigungsklassen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

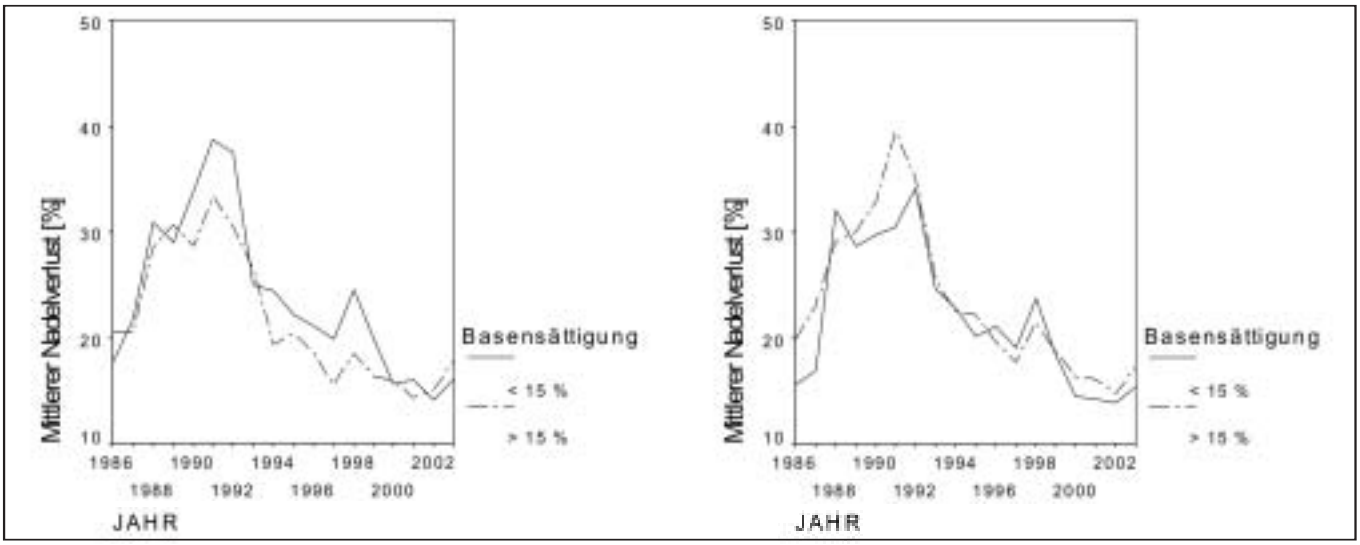


Abb. 3-111: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes auf Böden in unterschiedlichen Basensättigungsstufen in der Humuslage (l. S.) und in 40-80 cm Tiefe (r. S.)

dem herbstlichen Blattfall „entsorgen“ (SCHÄFER 1999). Eine hohe Al-Sättigung in der Humuslage kann insoweit als Ausdruck für einen hohen Al-Überschuss in der Nadel gelten, der durch einen ungünstigen Bodenzustand (hohe Al- und niedrige Neutralkationen-Sättigung) hervorgerufen sein dürfte. Eine zunehmende Kronenverlichtung bei hoher Al-Sättigung in der Humusdecke wäre bei dieser Betrachtungsweise plausibel und ein Indiz für einen hohen ökologischen Indikatorwert der Al-Sättigung in der Humusdecke. Im Mineralboden kommt die Korrelationsanalyse zu einen anderen Ergebnis. Hier tritt eine negative Korrelation zwischen der Al-Sättigung und dem mittleren Nadelverlust sowie der Anteil stärker geschädigter Bäume auf. Entgegen der Erwartung nehmen mit steigender Al-Sättigung der mittlere Nadelverlust sowie der Anteil stärker geschädigter Bäume ab. Dies kommt auch in Abbildung 3-117 zum Ausdruck. Eine hohe Al-Sättigung der mineralischen Austauscher hatte demnach im Beobachtungszeitraum eine positive Wirkung auf den Kronenzustand. Dieser Befund erscheint wenig plausibel, führt aber die Problemstellung hinsichtlich der Darstellung komplexer ökologischer Zusammenhänge sehr deutlich vor Augen. Nicht die hohe Al-Sättigung bewirkt den durchschnittlich besseren Kronenzustand, sondern der mit einer hohen Al-Sättigung unmittelbar verknüpfte bessere Wasserhaushalt erzeugt vermutlich diesen, sogar mit der Einzelfaktorenanalyse nachweisbaren, Effekt. In Sandböden, auf denen die Kiefer im Land bevorzugt wächst, ist die Al-Sättigung mit der Austauschkapazität und damit mit dem Wasserspeichervermögen der Böden korreliert. Der günstigere Wasserhaushalt der Böden mit höherer Al-Sättigung hat offenbar einen durchschnittlich besseren Kronenzustand bewirkt. Betrachtet man den Kronenzustand über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg nach Al-Sättigungsklassen, die formal nach den Grenzen der Quartile der Al-Sättigung im Boden, gebildet werden, so treten in keiner Tiefenstufe im Boden signifikante Mittelwertsdifferenzen im mittleren Nadelverlust oder im Anteil stärker geschädigter Bäume auf (Tab. 3-57). Die Al-Sättigung im Boden hat im Zeitraum 1986-2002 zu keinem messbaren Unterschied im mittleren Kronenzustand geführt. Selbst in Trockenjahren war der Kronenzustand der Kiefern auf Böden mit hoher Al-Sättigung besser als auf Böden mit niedriger Al-Sättigung (Abb. 3-118).

Buche

Für die Baumart Rotbuche gibt die Korrelationsanalyse keine gesicherten Zusammenhänge zwischen Al-Sättigung und Kronenzustand aus. Die Streudiagramme und Bestimmtheitsmaße des linearen Ausgleichs der Regressionsgeraden weisen in die gleiche Richtung. Der t-Test gibt allerdings für die Tiefenstufe 40-80 cm signifikante Mittelwertsdifferenzen im mittleren Blattverlust sowie im Anteil stärker geschädigter Bäume zwischen den Al-Sättigungsklassen 3-17 % und 17-27 % sowie > 27 % aus. In dieser Tiefenstufe verläuft die Grenze zwischen Lehm und Tieflehm. Die jeweils im Mittel höhere Belaubungsdichte bzw. der geringere Anteil stärker geschädigter Bäume trat in fast allen Fällen auf Tieflehmen auf, die in dieser Tiefenstufe eine höhere Al-Sättigung, aber auch einen für die Buche offenbar günstigeren Wärme- und Lufthaushalt besitzen. Eine nachteilige Wirkung hoher Al-Sättigungen auf den Kronenzustand der Buche lässt sich für den Zeitraum 1986-2002 aus den vorliegenden Daten somit nicht belegen (Abb. 3-119 und Abb. 3-120).

Eisensättigung und Kronenzustand

Eine hohe Eisensättigung der Austauscher ist Ausdruck für einen fortgeschrittenen Versauerungszustand des Bodens. Ungünstige Lebensbedingungen für das Edaphon, Armut an Neutralkationen und eine hohe Konzentration potenziell phytotoxischer Al-und Fe-Ionen führen zu ungünstigen Wachstumsbedingungen für die Waldbäume. Eine verminderte Vitalität gehört zum möglichen Reaktionsspektrum der Waldbäume.

Kiefer

Die Korrelationsanalyse gelangt für die Baumart Kiefer zu einem gegensätzlichen Befund. Sie weist für verschiedenen Bodentiefen (Tab. 3-51) schwache negative Korrelationen auf. Hohe Fe-Sättigungen im Boden wären danach in der Tendenz mit niedrigen Nadelverlusten verknüpft. Aus den Streudiagrammen in Abbildung 3-121 und den Bestimmtheitsmaßen der linearen Regression (von 0,06-0,07) geht allerdings hervor, dass dieser Be-

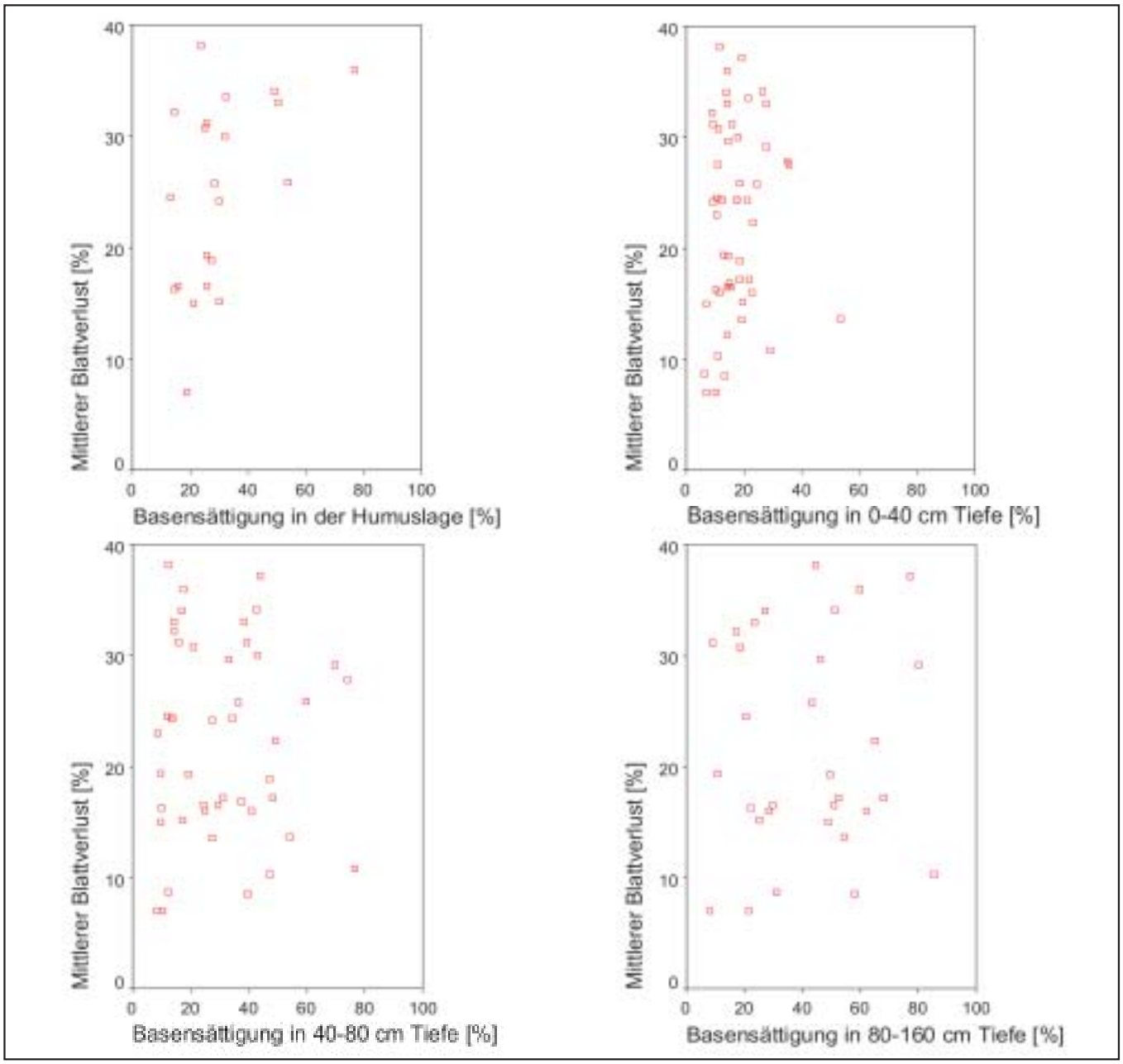


Abb. 3-112: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust und der Basensättigung im Boden

fund nicht zutreffend ist. Die Punktverteilung in den Streudiagrammen zeigt, dass die Fe-Sättigung in den vergangenen 15 Jahren kaum Einfluss auf die Benadelungsdichte hatte. Dies wird vom Grundsatz her auch durch den t-Test und den mittleren Verlauf des Benadelungszustandes der Bestände (Abb. 3-120) bestätigt. Die mittleren Benadelungsdichten der Bestände auf Böden in unterschiedlichen Fe-Sättigungsklassen liegen dicht beieinander. Einige signifikante Mittelwertsdifferenzen treten im mittleren Nadelverlust auf. Böden mit höherer Fe-Sättigung hatten im Beobachtungszeitraum, von einer Ausnahme abgesehen, durchschnittlich eine geringfügig dichtere Benadelung als Böden in der jeweils niedrigeren Fe-Sättigungsklasse (Tab. 3-58). Der t-Test filtert Kiefernbestände auf Gleypodsolen, die im Untergrund eine hohe Fe-Sättigung besitzen, sich daneben aber auch durch ein höheres Wasserspeichervermögen infolge ihres Humusreichtums auszeichnen, als besonders dicht benadelt heraus. Der Wasserhaushalt wirkt offenbar auf den Benadelungszustand der Kiefer viel stärker ein als der Säure-/Basenzustand des Bodens, selbst wenn dieser durch extreme Bodenacidität und Neutralkationenverarmung gekennzeichnet ist.

Buche

Die Rotbuche zählt zu den weniger säuretoleranten Baumarten. Dennoch treten zwischen der Fe-Sättigung im Boden und den Kronenzustandskennwerten in der Korrelationsanalyse keine gesicherten Zusammenhänge auf. Dies zeigen auch die Streudiagramme in Abbildung 3-123 sowie der Liniendiagramme in Abb. 3-124. Der t-Test weist mit Ausnahme von zwei Vergleichsklassen keine gesicherten Mittelwertsdifferenzen für den mittleren Blattverlust und den Anteil stärker geschädigter Buchen aus. Für Buchenbestände mit der niedrigsten Fe-Sättigungsklasse (< 0,7 %) in der Humuslage ergibt sich im Vergleich zur nächst höheren Klasse (0,7–1,9 %) ein im Mittel um 11 % höherer

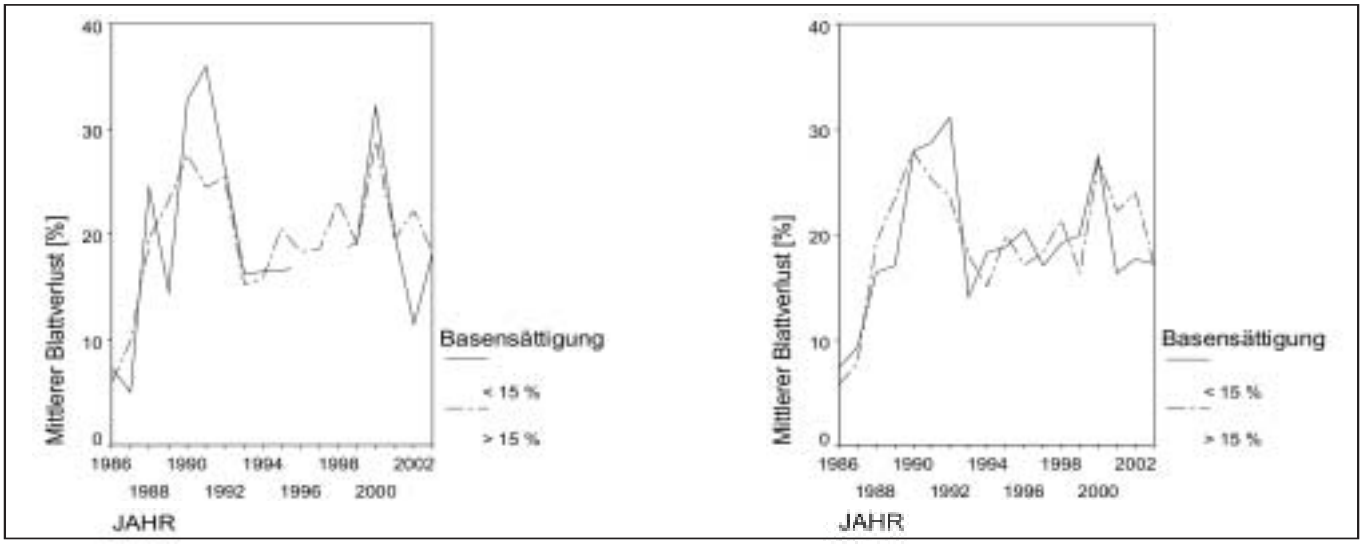


Abb. 3-113: Verlauf der Entwicklung des mittleren Blattverlustes auf Böden in unterschiedlichen Basensättigungsstufen in der Humuslage (l. S.) und in 0-40 cm Tiefe (r. S.)

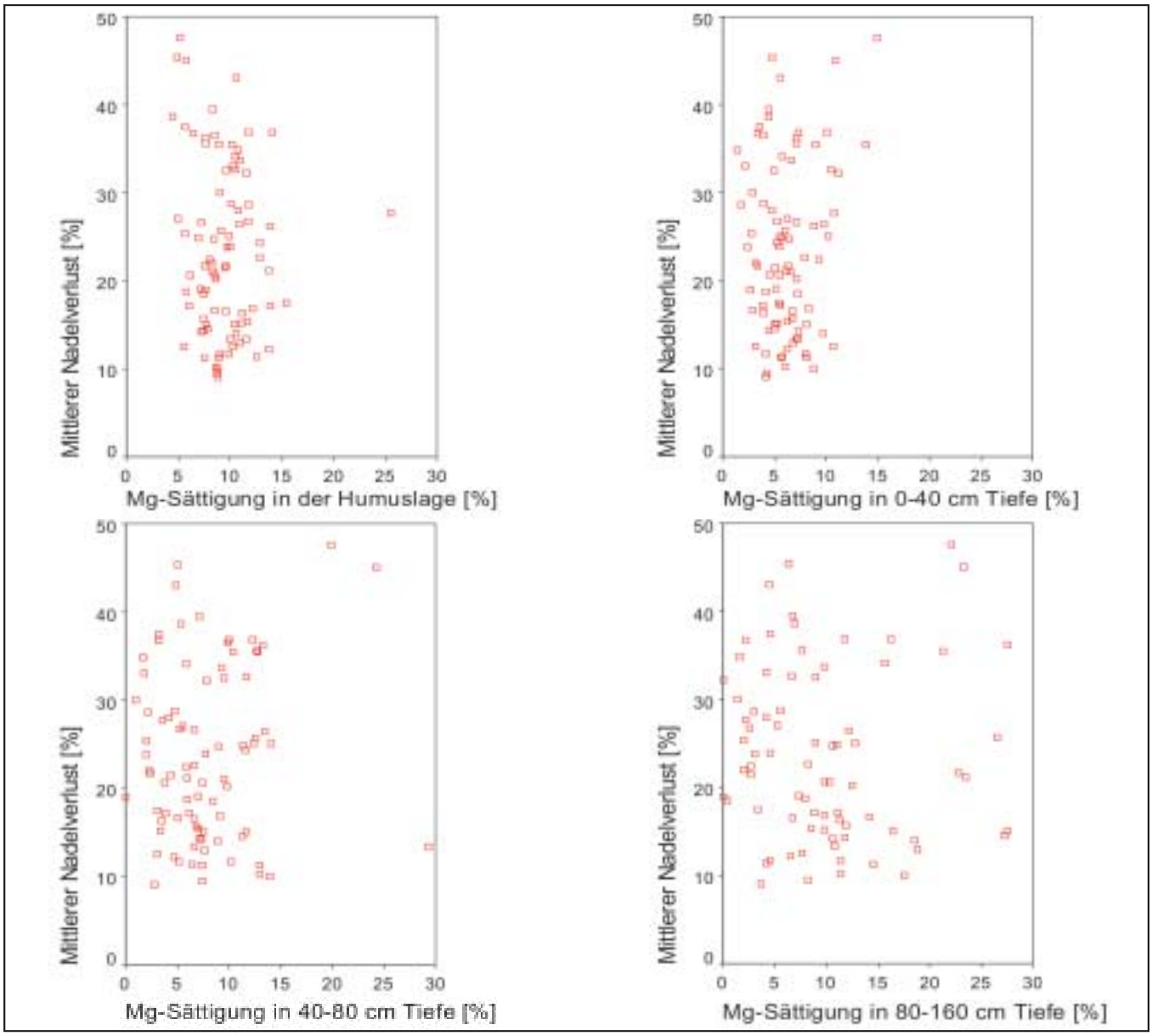


Abb. 3-114: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und Magnesiumsättigung im Boden

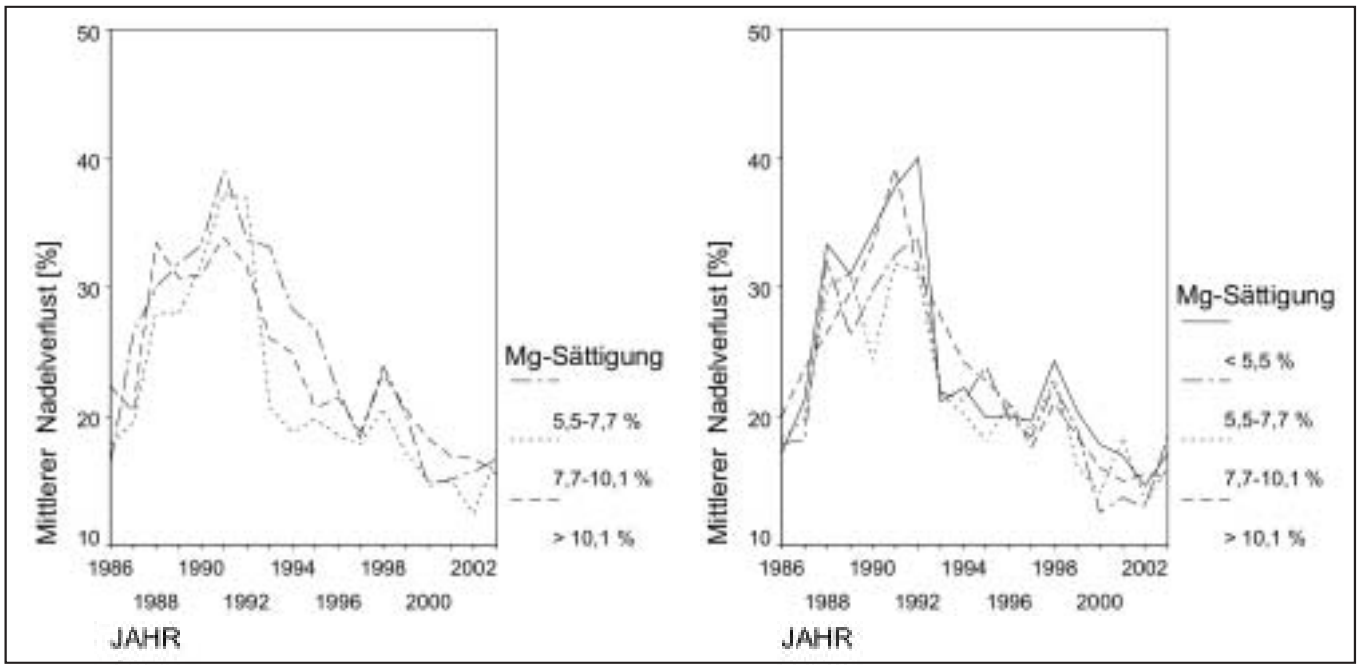


Abb. 3-115: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes auf Böden in unterschiedlichen Magnesiumsättigungsklassen in der Humuslage (l. S.) und in 80-160 cm Tiefe (r. S.)

Anteil stärker geschädigter Buchen. Bestände mit höherer Fe-Sättigung im Unterboden (Bodenblock 40-80 cm) hatten im Beobachtungszeitraum im Vergleich der Fe-Sättigungsklassen 0,7–1,9 % zu 1,9-3,6 % einen signifikant höheren mittleren Blattverlust von 3 % und einen um 8 % höheren Anteil stärker geschädigter Buchen (Tab. 3-59). Tiefreichende Versauerung hat sich nach diesem Befund nachteilig auf die Vitalität der Buchen ausgewirkt.

Stoffvorräte in der Humuslage und Kronenzustand

Ein hoher Humusvorrat gilt als Weiser für eine gehemmte Streuzersetzung. Insbesondere durch die Akkumulation von Neutralkationen in der oberirdischen Humusdecke sind diese dem unmittelbaren Stoffumsatz im Waldökosystem vorübergehend nicht mehr verfügbar. Eine Verschärfung möglicher Nährstoffengpässe könnte in der Folge eintreten und den Kronenzustand der Bäume belasten.

Kiefer

Die Korrelationsanalyse gibt nach Tabelle 3-51 bei der Baumart Kiefer für den Kohlenstoff-, Calcium-, Magnesium, Kalium- und Eisenvorrat in der Humuslage einen gesicherten schwachen negativen Zusammenhang zum mittleren Nadelverlust und überwiegend auch zum Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 aus. Steigende oberirdische Vorräte bewirken danach abnehmende mittlere Nadelverluste und verminderte Anteile stärker geschädigter Bäume. Primäres Element dieses Zusammenhanges ist der Kohlenstoff- bzw. der Humusvorrat. Dieser ist nach Tabelle 3-60 auf Sand-Standorten, auf denen die Kiefer bevorzugt wächst, mit dem Calcium-, Magnesium, Kalium- und Eisenvorrat stark positiv und hoch signifikant korreliert. Ein hoher oberirdischer Humusvorrat hat einen hohen oberirdischen Calcium-, Magnesium, Kalium- und Eisenvorrat zur Folge und wird in seiner Wirkung auf den Kronenzustand der Kiefer im Beobachtungszeitraum 1986-2002 nachfolgend näher dargestellt.

Abbildung 3-125 zeigt den Zusammenhang zwischen C-Vorrat und mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4. Sehr deutlich kommt in den Streudiagrammen und Bestimmtheitsmaßen der linearen Modellanpassung (0,06 und 0,03) zum Ausdruck, dass die negative Korrelation nur von zwei Wertepaaren hervorgerufen wird und dass der Kohlenstoff- bzw. Humusvorrat keinen erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand der Kiefer ausgeübt hat. Dieser Befund wird durch den t-Test untermauert. Mit Ausnahme der Kohlenstoffvorratsklassen 26-31 t/ha und > 31 t/ha, für die der t-Test eine gesicherte Mittelwertsdifferenz im mittleren Nadelverlust von 3 % ausgibt, treten keine weiteren gesicherten Kronenzustandsunterschiede in den nach häufigkeits-

Tab. 3-56: Arithmetische Mittel des mittleren Blattverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Magnesiumsättigungsklassen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Blattverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Mg-Sättigung %				Mg-Sättigung %			
			< 5,5	5,5–7,7	7,7-10,1	> 10,1	< 5,5	5,5–7,7	7,7-10,1	> 10,1
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	-	-	19	21	-	-	18	23
	1	0-40 cm	19	19	21	22	17	17	26	29
	2	40-80 cm	19	18	23	20	16	16	28	20
	3	80-160 cm	19	18	25	19	16	17	37	18
Signifikanz der Mittelwertsdifferenz in Tiefenstufe	Mg-Sättigung %									
	5,5–7,7		ohne		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne
	7,7-10,1		**3**	**2/3**		**3**	**3**	**2/3**		**3**
	> 10,1		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

statistischen Kriterien (Quartilen) gebildeten Kohlenstoffvorratsklassen auf (Tab. 3-61). Sowohl der Kohlenstoff- als auch der Calcium-, Magnesium, Kalium- und Eisenvorrat in der Humuslage haben nach diesem Ergebnis den Vitalitätszustand der Kiefern nicht nachweisbar beeinflusst.

Buche

Bei der Baumart Rotbuche ist eine Abhängigkeit nur zwischen dem Anteil stärker geschädigter Bäume und dem Calcium- sowie Magnesiumvorrat in der Humuslage feststellbar; die Korrelation fällt positiv aus. Mit steigendem oberirdischen Calcium- sowie Magnesiumvorrat in der Humuslage nimmt der Anteil stärker geschädigter Buchen zu. Der Befund der Korrelationsanalyse erweist sich nach Abbildung 3-126 als durchaus aussagekräftig. Tendenziell steigen mit zunehmendem Calcium- oder Magnesiumvorrat in der Humuslage die Blattverluste und der Anteil stärker geschädigter Buchen. Der t-Test kommt allerdings zu keiner gesicherten Mittelwertsdifferenz im mittleren Blattverlust und im Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 zwischen den Calcium- und Magnesiumvorratsklassen der Humuslage. Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg bleibt der Einfluss des Calcium- und Magnesiumvorrates in der Humuslage auf den Kronenzustand daher unbestimmt.

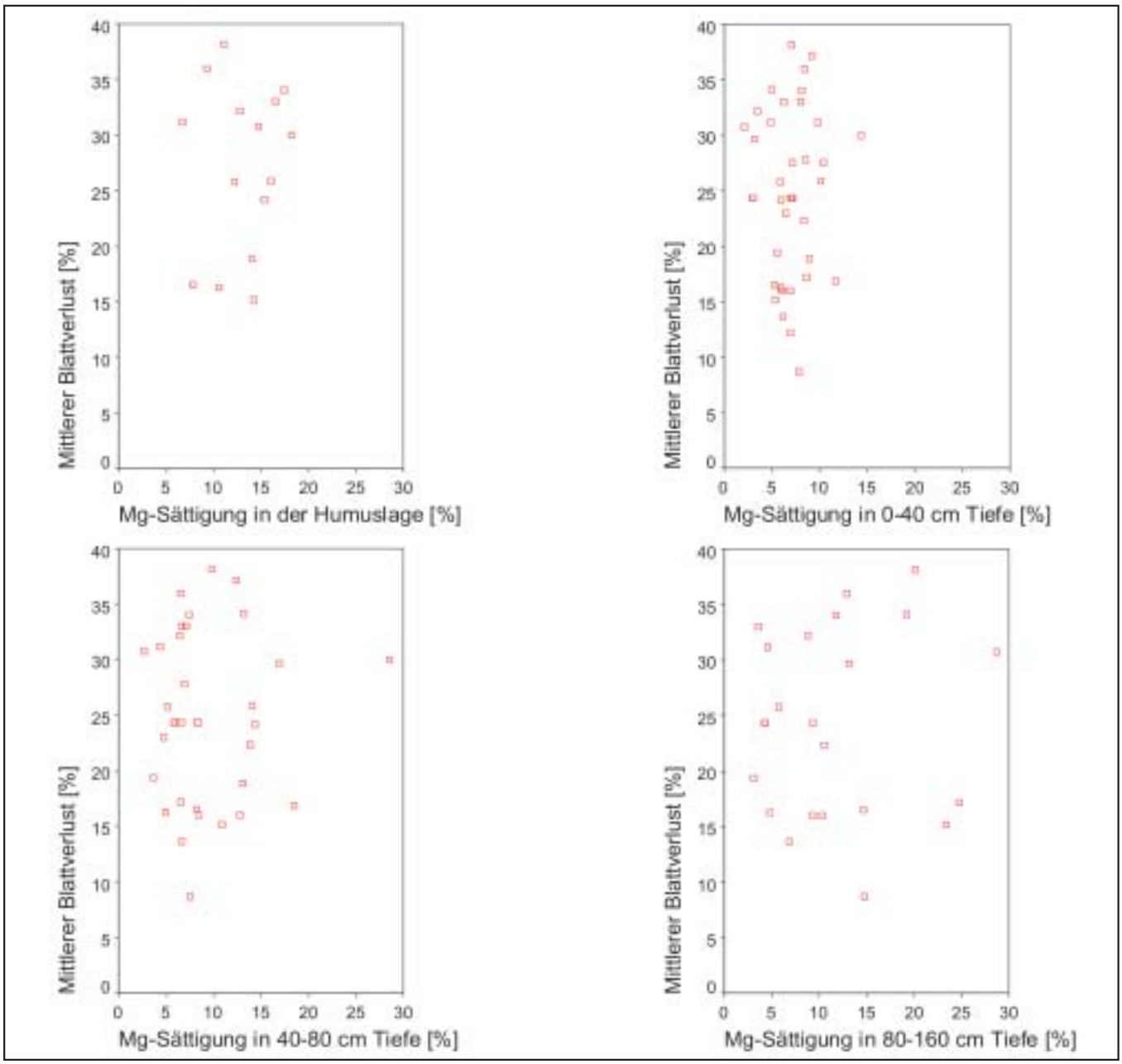


Abb. 3-116: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust und Magnesiumsättigung im Boden

4 Schlussfolgerungen und Maßnahmen

Die Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung geben deutliche Hinweise auf eine nicht unerhebliche Beeinflussung des Waldbodens durch den Menschen. Historische, agrarisch motivierte Landnutzungen und die Stoffeinträge des 20. Jahrhunderts haben den Säure-/Basenhaushalt der Waldböden offenbar nachhaltig beansprucht. Verbreitet muss in Waldböden unter Nadelholzbedeckung mit Stickstoffsättigung gerechnet werden. Einige der im Bundesbodenschutzgesetz genannten Bodenfunktionen erscheinen nach vorliegender Erkenntnislage als nicht mehr nachhaltig gesichert. Dies gilt insbesondere für die Filter- und Pufferfunktion der Waldböden. Eine Beeinträchtigung ist aber auch für die Lebensraum- und Nutzungsfunktion nicht auszuschließen.

Die **Filter- und Pufferfunktion** beruht auf der Eigenschaft von Waldböden, auf stoffliche Einwirkungen durch Abbau-, Ausgleichs- und Aufbauprozesse zu reagieren, um die Systemstabilität zu gewährleisten. So besitzen Böden die Fähigkeit, anthropogen bedingte Säureeinträge oder interne Versauerungsschübe durch Freisetzung von Puffersubstanzen in bestimmten Grenzen abzufedern. Aus der Luft deponierter Stickstoff wird bis zum Erreichen der Sättigung im Boden und in der belebten Biomasse des Waldes überwiegend gespeichert. Langfristig erscheint das **Puffervermögen gegenüber Säureeintrag** bzw. -bildung nur in jungpleistozänen Lehmböden und carbonathaltigen Sandböden (≈ 40 % der Waldfläche) gesichert. Ein hoher Neutralkationenvorrat von im Mittel 1.486 kmol/ha und im Geschiebemergel anstehendes Calciumcarbonat sorgen in jungpleistozänen Lehmböden und Calciumcarbonat in Sand-

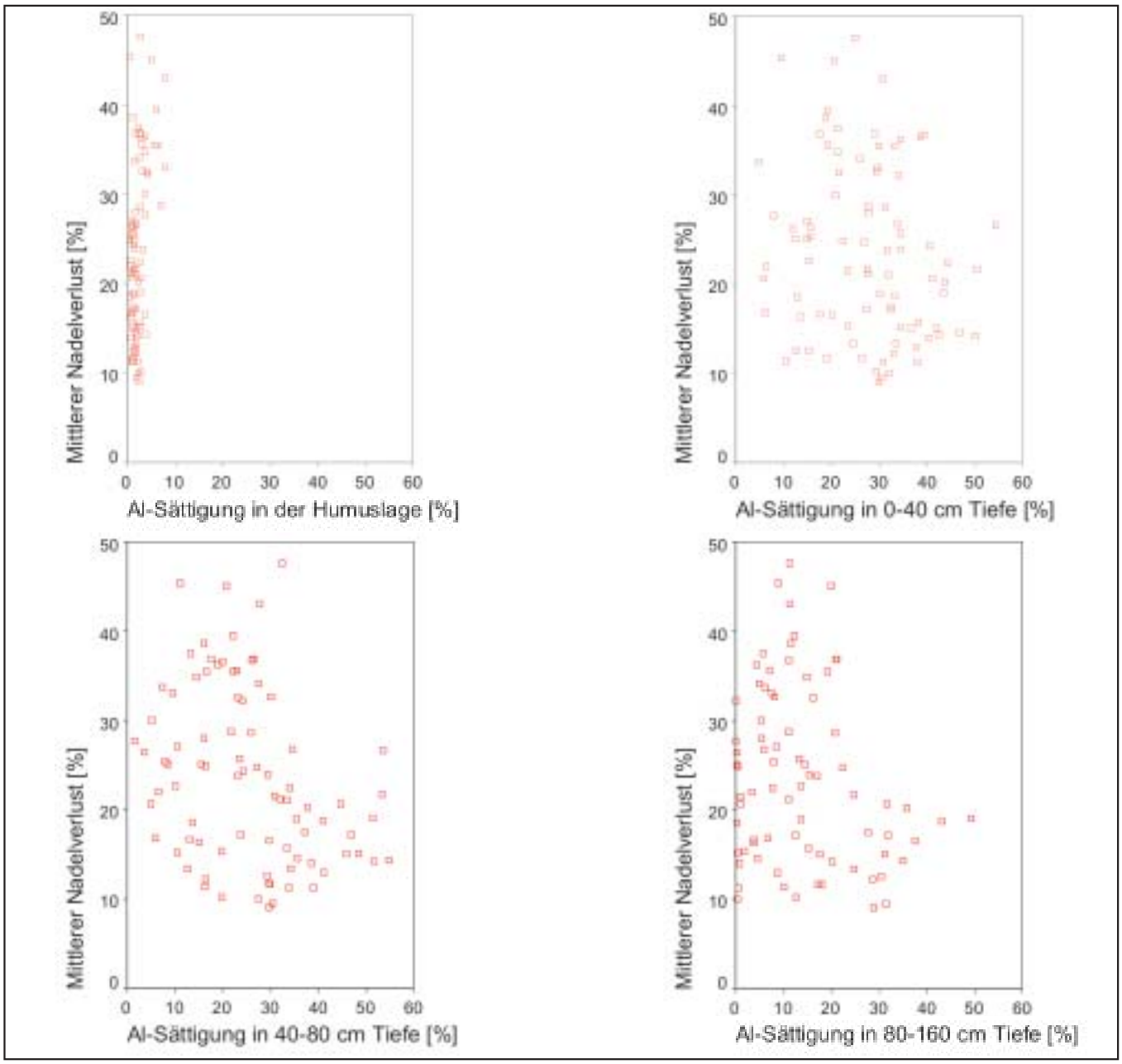


Abb. 3-117: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und Aluminiumsättigung im Boden

böden dauerhaft für ein hohes Säureneutralistionsvermögen. Anders muss das Puffervermögen carbonatfreier Sandböden beurteilt werden. Diese kommen auf ≈ 60 % der Waldfläche vor und sind im Mittel mit einer Säureneutralisationskapazität von nur 166-220 kmol/ha ausgestattet, dem ein Säureeintrag von durchschnittlich 1,6 kmol/ha/a (DRAAIJERS 1998) gegenübersteht. Mit einem Fortschreiten der Versauerung und Verlagerung von Al-Ionen in Richtung Untergrund muss auf diesen Böden gerechnet werden. Ein Austrag von Al-Ionen in das Grundwasser wird in der jungpleistozänen Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns dennoch kaum stattfinden, da im tieferen Untergrund der Böden in der Regel Carbonat auftritt und zu einer Festlegung der Al-Ionen führen dürfte. Selbst in der Altmoränenlandschaft Südwestmecklenburgs ist das Verlagerungspotenzial für Al-Ionen nur als gering einzustufen. Jüngere Kartierungen der forstlichen Standortskartierung haben gezeigt, dass ein Teil der Altmoränen in der Tiefe noch Carbonat führt. Darüber hinaus ist die Altmoränenlandschaft großflächig von den Schmelzwässern der Weichseleiszeit zertalt. In den Tälern stehen carbonatfreie Tal- und Sandersande an, die im Untergrund ein mächtiges Grundwasserstockwerk ausgebildet haben, das zum bedeutenden Teil mit Wasser aus der Jungmoränenlandschaft gespeist wird. Mitgeführtes Hydrogencarbonat setzt dort der Versauerung und Al-Verlagerung Grenzen.

Der weitgehende Verlust der **Filter- und Pufferfunktion** hinsichtlich der stofflichen Beeinflussung des Waldbodens durch **Stickstoff** muss nach den Daten der Bodendauerbeobachtung für nadelholzbestockte Waldböden konstatiert werden. Nach einer längeren Phase der Konsolidierung des Stickstoffhaushaltes auf in historischer Zeit großflächig stickstoffdegradierten Böden ist zum Ende der 90er Jahre mit hoher Wahrscheinlichkeit in laubholzarmen Nadelholzbeständen eine weitgehende Sättigung mit Stickstoff eingetreten. Aus der Atmosphäre eingetragener Stickstoff wird in Nadelholzbeständen wahrscheinlich zum überwiegenden Teil wieder in die Atmosphäre oder in das Grundwasser abgegeben. Damit stellen insbesondere größere Nadelholzwälder heute eine bedeutende Quelle für die Nitratbelastung des Grundwassers und für die Freisetzung von stark ozonschädigendem Lachgas dar.
Laubholzbestockte Waldböden werden demgegenüber selbst bei gleich bleibender Stickstoffdepositionshöhe vermutlich noch einige Jahrzehnte in der Lage sein, ihre Senkenfunktion für Stickstoff aufrecht zu erhalten. Im Humuskörper des Bodens und in der belebten Biomasse erscheint noch eine größere Stickstoffakkumulation möglich.

Die **Lebensraumfunktion** des Waldbodens wird maßgeblich von Nivellierungserscheinungen im Säure-/Basen- und Stickstoffhaushalt des Bodens beeinträchtigt. Primär sehr unterschiedlich mit Neutralkationen ausgestattete Bodensubstrate, wie beispielsweise Schmelzwassersande oder Geschiebelehme, sind im mineralischen Oberboden in vielen Kennwerten für den Säure-/Basenzustand gegenwärtig kaum noch zu unterschei-

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Al-Sättigung %				Al-Sättigung %			
			< 3	3–17	17-27	> 27	< 3	3–17	17-27	> 27
arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	23	23	-	-	29	30	-	-
	1	0-40 cm	-	25	23	23	-	31	29	29
	2	40-80 cm	22	25	23	23	28	32	30	28
	3	80-160 cm	23	23	23	23	28	29	30	30
Signifikanz der Mittelwertsdifferenz in Tiefenstufe	Al-Sättigung %									
	3–17		ohne		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne
	17-27		ohne	ohne		ohne	ohne	ohne		ohne
	> 27		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Tab. 3-57: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Aluminiumsättigungsklassen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

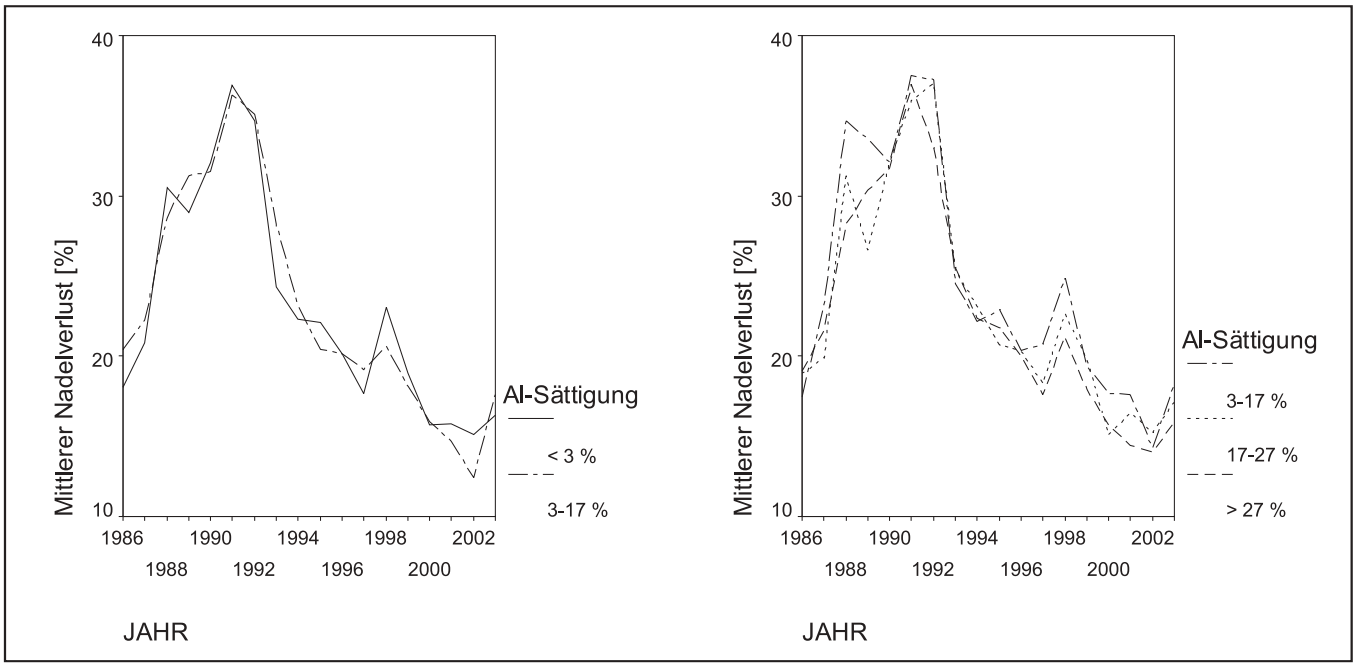


Abb. 3-118: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes auf Böden in unterschiedlichen Aluminiumsättigungsklassen in der Humuslage (l. S.) und in 0-40 cm Tiefe (r. S.)

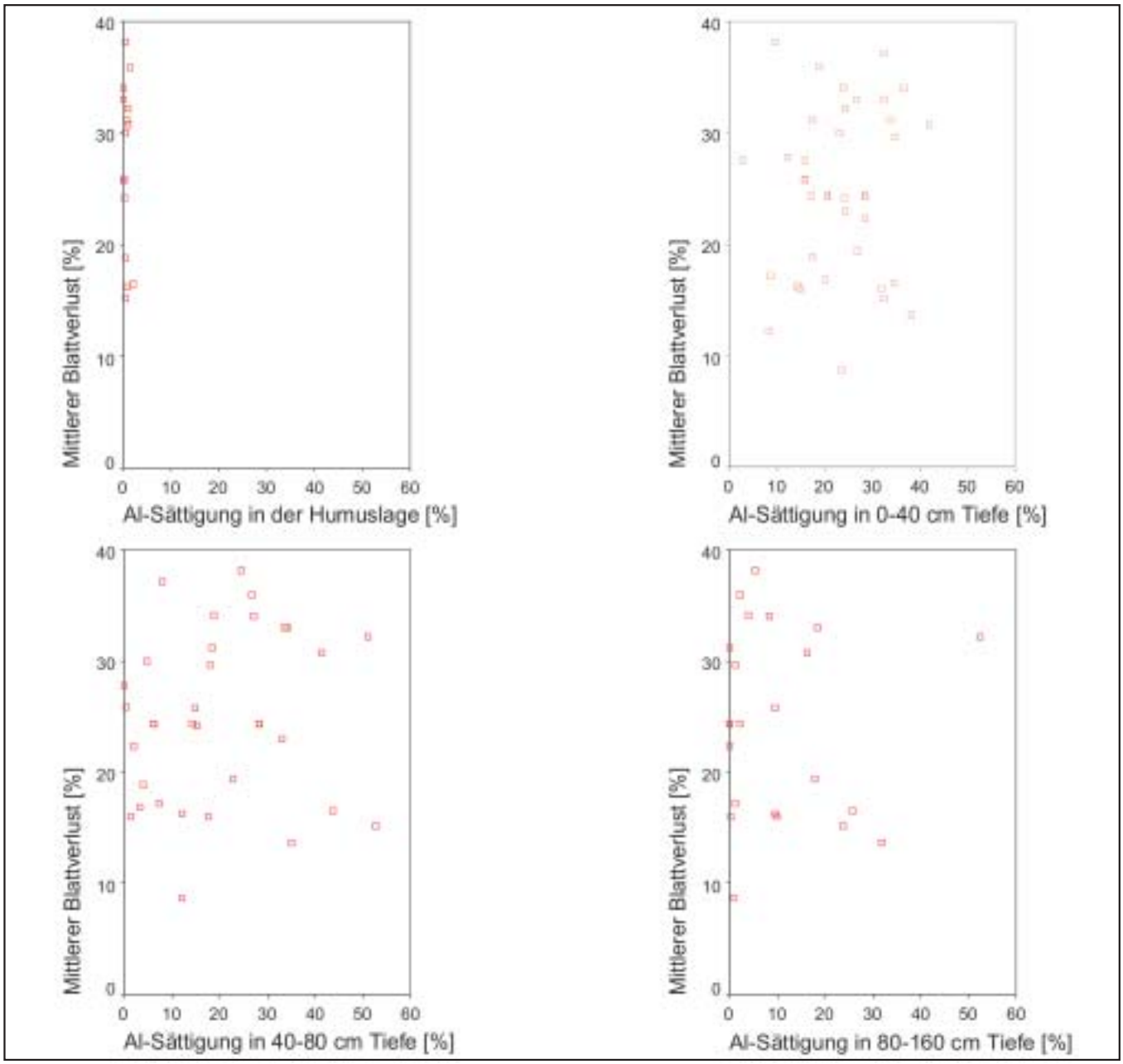


Abb. 3-119: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust und Aluminiumsättigung im Boden

den. Im mineralischen Oberboden hat offenbar eine Nivellierung des Säure-/Basenhaushaltes auf niedrigem Niveau stattgefunden. Eine größere Vielfalt im Säure-/Basenzustand tritt nur noch in der Humuslage und im Untergrund der Waldböden auf.

Im Stickstoffzustand der Böden wird eine gegenläufige Entwicklung beobachtet. Eine auffällige Tendenz der Eutrophierung ehemals stickstoffärmerer Böden ist unübersehbar. Die pedogen oder landnutzungsbedingte Vielfalt im Stickstoffzustand der Waldböden, die von der forstlichen Standortskartierung in den 60er und 70er Jahre noch verbreitet insbesondere in Sandlandschaften kartiert wurde, war schon zum Zeitpunkt des Beginns der Bodendauerbeobachtung im Jahre 1986 bereits weitgehend verloren gegangen. Bis zum Jahr 2001 hat sich diese Entwicklungstendenz weiter beschleunigt. Insbesondere stickstoffarme Bodenzustände sind in gewöhnlichen Waldflächen kaum noch anzutreffen.

Das verfügbare Lebensraumangebot für spezialisierte Pflanzen- und Tierarten basenreicher und stickstoffarmer Standorte wird durch diese Entwicklung zwangsläufig beschränkt. Schon heute großflächig im Wald verbreitete Pflanzen- und Tierarten werden in ihrer Verbreitung weiter zunehmen während sich der Bestand an spezialisierten Arten weiter rückläufig entwickeln wird. Darüber hinaus ist mit einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse zugunsten säuretoleranter und stickstoffliebender Pflanzenarten zu rechnen. Die Waldsukzession, die unterschwellig auch im Wirtschaftwald stattfindet, wird in ihrer Richtung und Geschwindigkeit beeinflusst. Sie verläuft, bezogen auf den Stickstoffhaushalt, schneller als dies von Natur aus zu erwarten wäre, und der Stickstoffumsatz im System wird vermutlich ein höheres Niveau erreichen als unter natürlichen Bedingungen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich zukünftig Waldgesellschaften auf Standorten etablieren, die natürlich nicht vorkommen würden, für die kein natürliches Nischenprofil erkennbar ist (basenarm und stickstoffreich). Vegetationsdaten, die die Möglichkeit bieten, die Entwicklungen der Waldvegetation im Zeitverlauf überwachen zu kön-

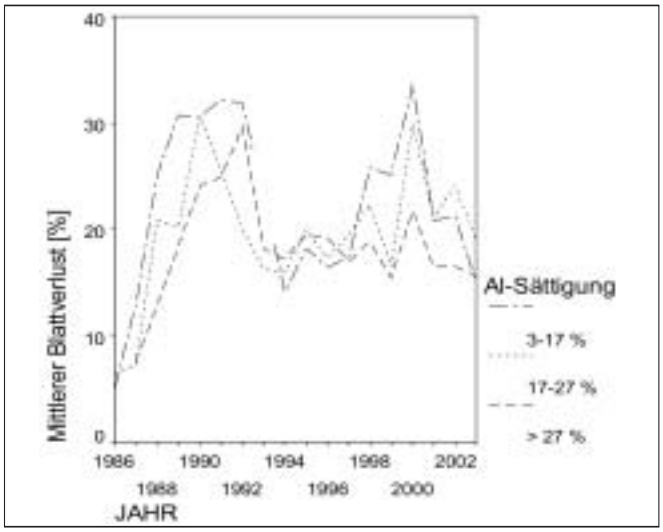


Abb. 3-120: Verlauf der Entwicklung des mittleren Blattverlustes auf Böden in unterschiedlicher Aluminiumsättigungsklasse in 0-40 cm Tiefe

nen, sind auf den BDF-F erhoben, bislang aber noch nicht ausgewertet.

Befunde, dass die **forstwirtschaftliche Nutzungsfunktio**n des Waldbodens gefährdet sei, liegen nicht vor. Es gibt keinen konkreten Hinweis, dass aus dem Boden- oder Ernährungszustand eine herabgesetzte Waldvitalität oder gar ein vorzeitiges oder flächenhaftes Absterben von Waldflächen resultieren würde. Nicht einmal eine Häufung kritischer Ernährungszustände oder stärker verlichteter Bäume ließ sich in den vergangenen 15 Jahren auf BDF-F mit ungünstigem Säure-/Basenzustand erkennen. Auch eine Abnahme der Feindurchwurzelung im mineralischen Oberboden ist nicht eingetreten (Abb. 4-1). Verbraunungshorizonte der Braun- und Fahlerden im pH(H2O)-Bereich > 4,2 weisen keine gesichert dichtere Feindurchwurzelung auf als solche mit pH(H2O) < 4,2. Eine Zunahme der Gefährdung der Standfestigkeit der Bäume bzw. der Disposition gegenüber Sommertrockenheit durch Verringerung der Feinwurzelmasse kann für den Beobachtungszeitraum der letzten 15 Jahre daher nicht bestätigt werden.

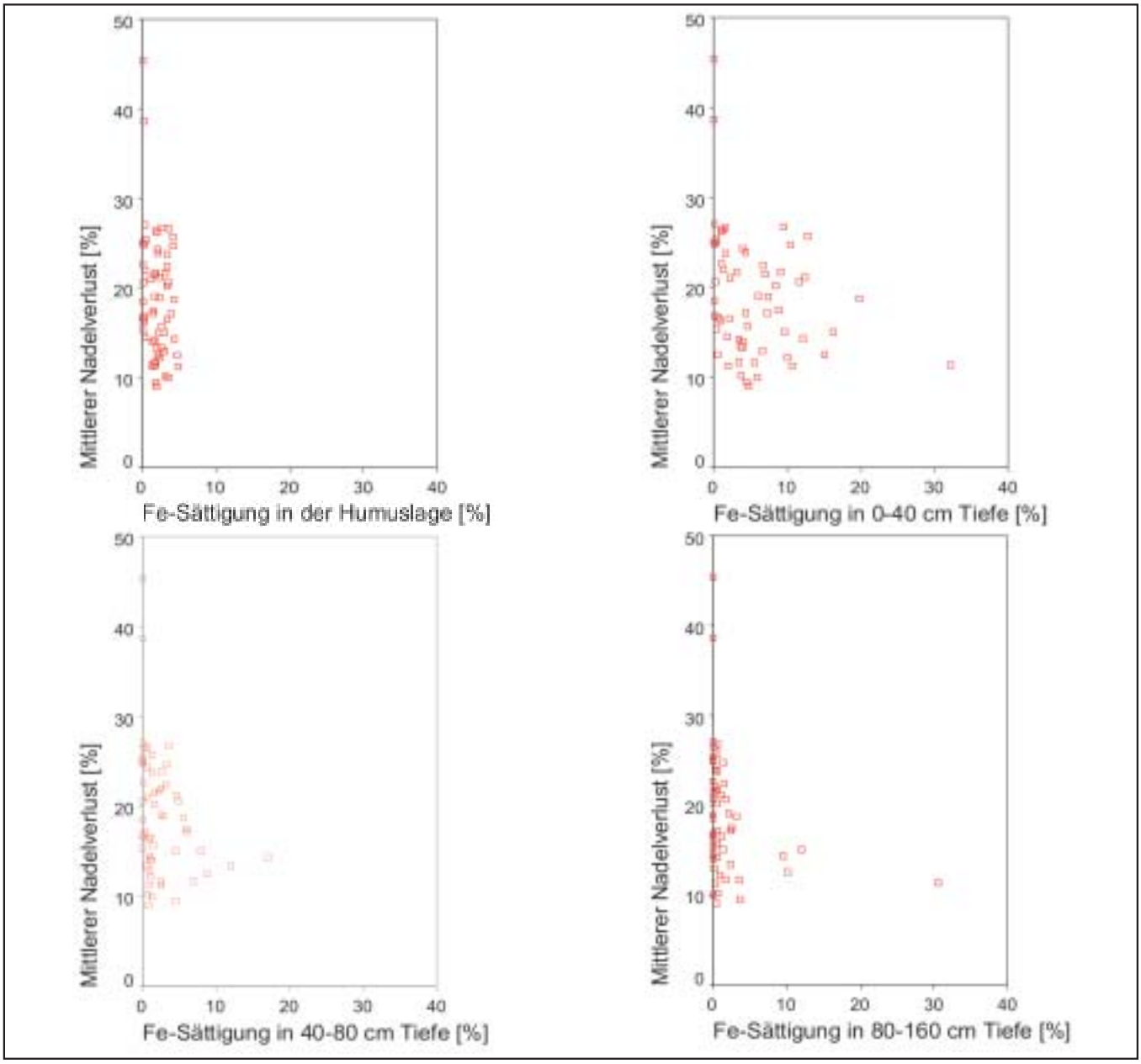


Abb. 3-121: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust und Eisensättigung im Boden

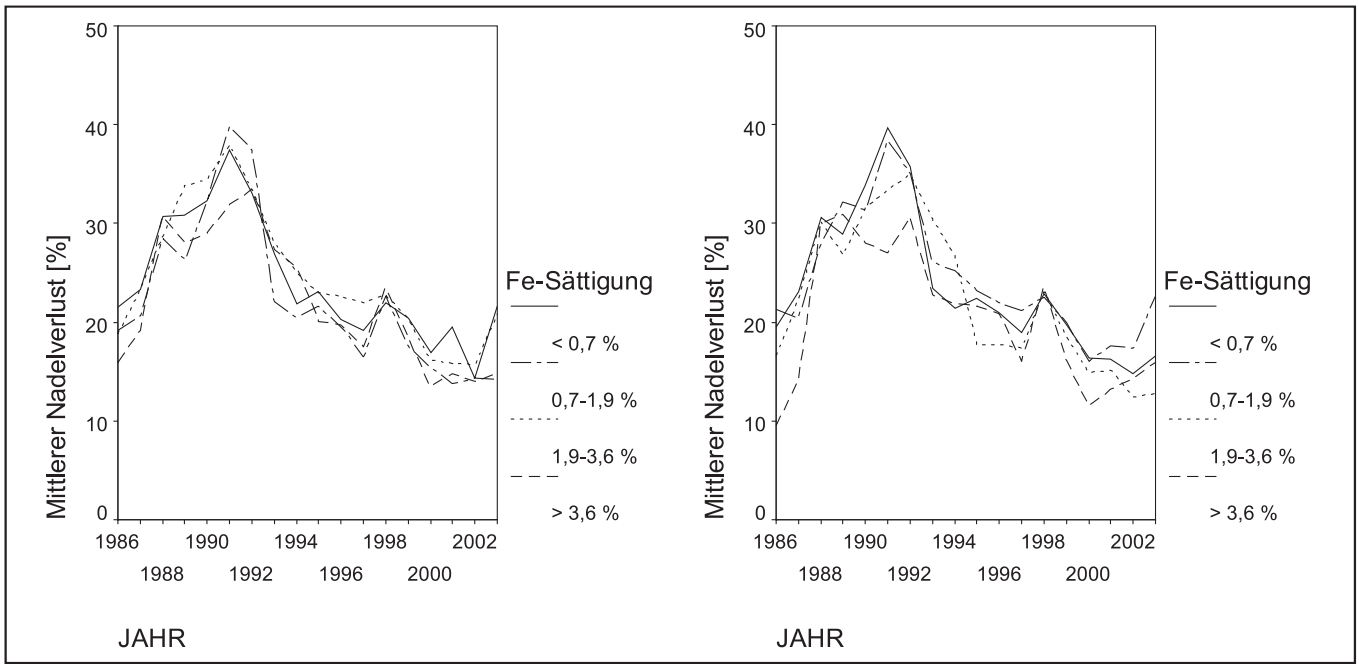


Abb. 3-122: Verlauf der Entwicklung des mittleren Nadelverlustes auf Böden in unterschiedlichen Eisensättigungsklassen in 40-80 cm (l. S.) und 80-160 cm Tiefe (r. S.)

Gesicherte Daten zur Wuchsleistung der Bestände auf den BDF-F liegen leider nicht vor. Auffällige Einschränkungen hinsichtlich der Wuchsleistung der Bestände, die nur im Zusammenhang mit der Vegetations- und Bestockungsaufnahme gutachtlich eingeschätzt wurde, sind auf keiner BDF-F festgestellt worden. Der bundesweit beobachtete Trend einer zunehmend besseren Wuchsleistung des Waldes lässt sich aus Daten der Forsteinrichtung und der ertragskundlichen Versuchsflächen auch für Mecklenburg-Vorpommern nachweisen. Somit resultiert aus dem aktuellen Bodenzustand keine offenkundig eingeschränkte Ertragsfähigkeit hinsichtlich der Holzproduktion.

Die Vorräte der Neutralkationen Ca, Mg und K im Boden sind für den Aufbau von Kiefernbeständen ganz überwiegend ausreichend. Geringe Einschränkungen existieren, wenn die Da-

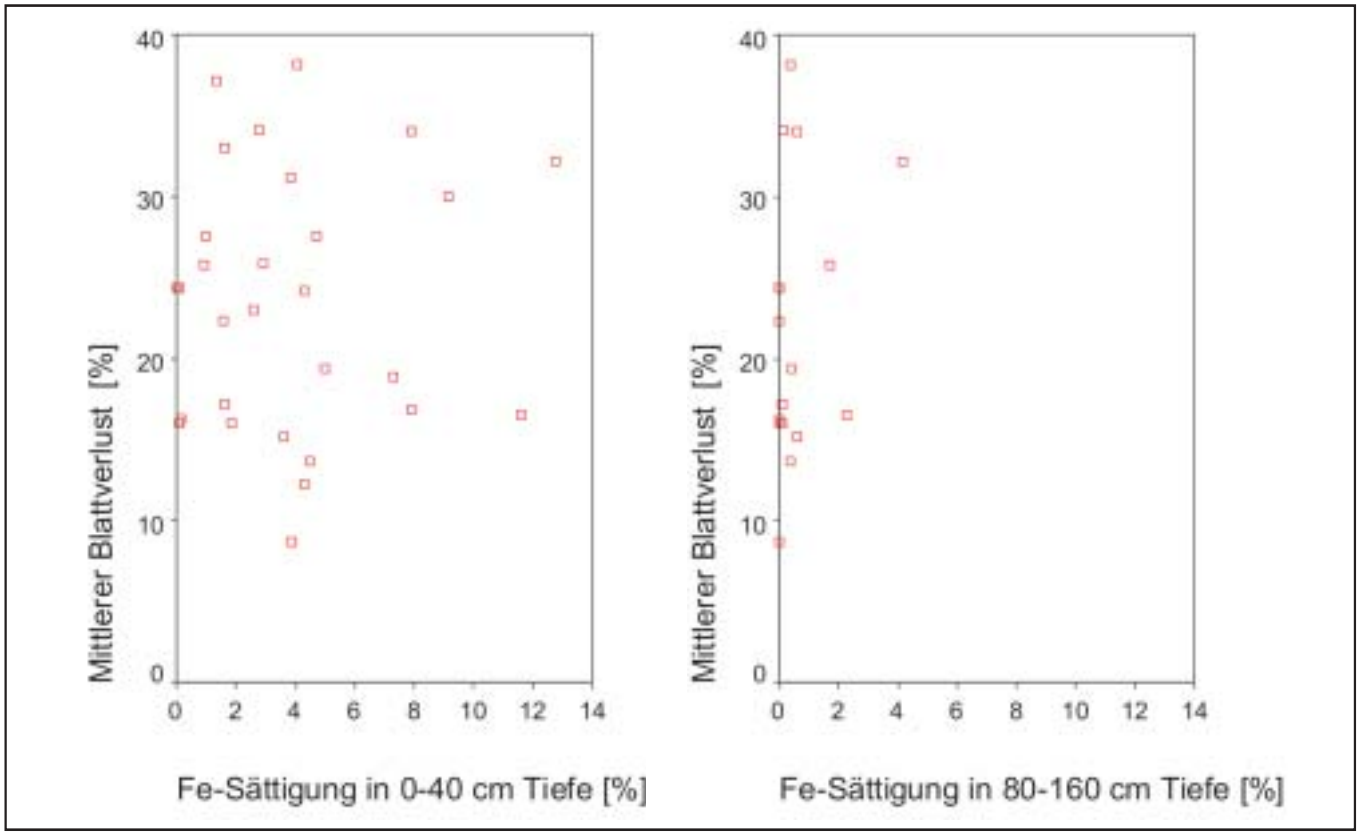


Abb. 3-123: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust und Eisensättigung im Boden

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Fe-Sättigung %				Fe-Sättigung %			
			< 0,7	0,7–1,9	1,9-3,6	> 3,6	< 0,7	0,7–1,9	1,9-3,6	> 3,6
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	21	23	24	24	23	27	31	32
	1	0-40 cm	26	24	23	23	33	33	28	29
	2	40-80 cm	25	23	25	22	32	28	32	27
	3	80-160 cm	24	25	22	21	31	32	26	25
Signifikanz der Mittelwerts-differenz in Tiefenstufe	Fe-Sättigung %									
	0,7–1,9		ohne		**2/3**	**3**	ohne		ohne	ohne
	1,9-3,6		ohne	ohne		**3**	ohne	ohne		ohne
	> 3,6		**2/3**	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Tab. 3-58: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Eisensättigungsklassen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

	Tiefenstufe	Bodenblock	Mittlerer Blattverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
			Fe-Sättigung %				Fe-Sättigung %			
			< 0,7	0,7–1,9	1,9-3,6	> 3,6	< 0,7	0,7–1,9	1,9-3,6	> 3,6
Arithmetischer Mittelwert	0	Humuslage	21	19	19	-	26	15	18	-
	1	0-40 cm	-	21	20	19	-	24	22	18
	2	40-80 cm	20	18	21	-	21	15	23	-
	3	80-160 cm	20	-	19	-	20	-	19	-
Signifikanz der Mittelwerts-differenz in Tiefenstufe	Fe-Sättigung %									
	0,7–1,9		ohne		ohne	ohne	**0**		ohne	ohne
	1,9-3,6		ohne	**2**		ohne	ohne	**2**		ohne
	> 3,6		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Tab. 3-59: Arithmetische Mittel des mittleren Blattverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Eisensättigungsklassen in verschiedenen Tiefenstufen im Boden

ten zu den Elementgehalten in Baumkompartimenten von JACOBSEN, RADEMACHER, MESENBURG & MEIWES (2002) zugrunde gelegt werden, bei den Elementen Magnesium und Kalium. In sandigen Böden kommen bis 160 cm Tiefe in ≈ 10 % aller Fälle weniger Magnesium und ≈ 8 % aller Fälle weniger Kalium vor, als in der oberirdischen Biomasse eines Kiefernbestandes im Mittel benötigt wird. Buchenbestände akkumulieren mehr Nährstoffe. Unter der Annahme, dass der Neutralkationenvorrat in der oberirdischen Biomasse eines Buchenbestandes vollständig aus dem Boden ersetzt werden müsste, gäbe es auf 37 % aller Sandböden zu wenig Calcium und Magnesium sowie auf 48 % aller Sandböden zu wenig Kalium, um dies zu gewährleisten. Die Nachhaltigkeit der Neutralkationenversorgung wäre für anspruchsvolle Baumarten, wie z. B. die Buche, nicht gegeben. Da ein vollständiger Nährstoffentzug, etwa durch Ganzbaumernte, nicht zu erwarten ist, sollte der Neutralkationenvorrat aber auch auf den minder neutralkationenversorgten Böden ausreichen, um Buchenbestände erfolgreich begründen zu können.

Einschränkungen in der forstwirtschaftlichen Nutzungsfunktion des Waldbodens bestehen vorrangig in der verstärkten Neigung stickstoffeutrophierter Böden zur Vergrasung. Die natürliche Verjüngung der Waldbäume wird erschwert und der Kulturerfolg ungewisser. Aufgelaufene oder auch künstlich begründete Verjüngungen sind stärkeren Gefahren durch Frost, Feuer, Mäuse und Pilze ausgesetzt. Die betrieblichen Aufwendungen für die Waldverjüngung und -pflege steigen.

Maßnahmen zur Stabilisierung der Wald- und Bodenfunktionen können langfristig nur im politischen Raum erfolgreich sein. Ein vorrangiges Ziel muss in der Minderung der Belastung des

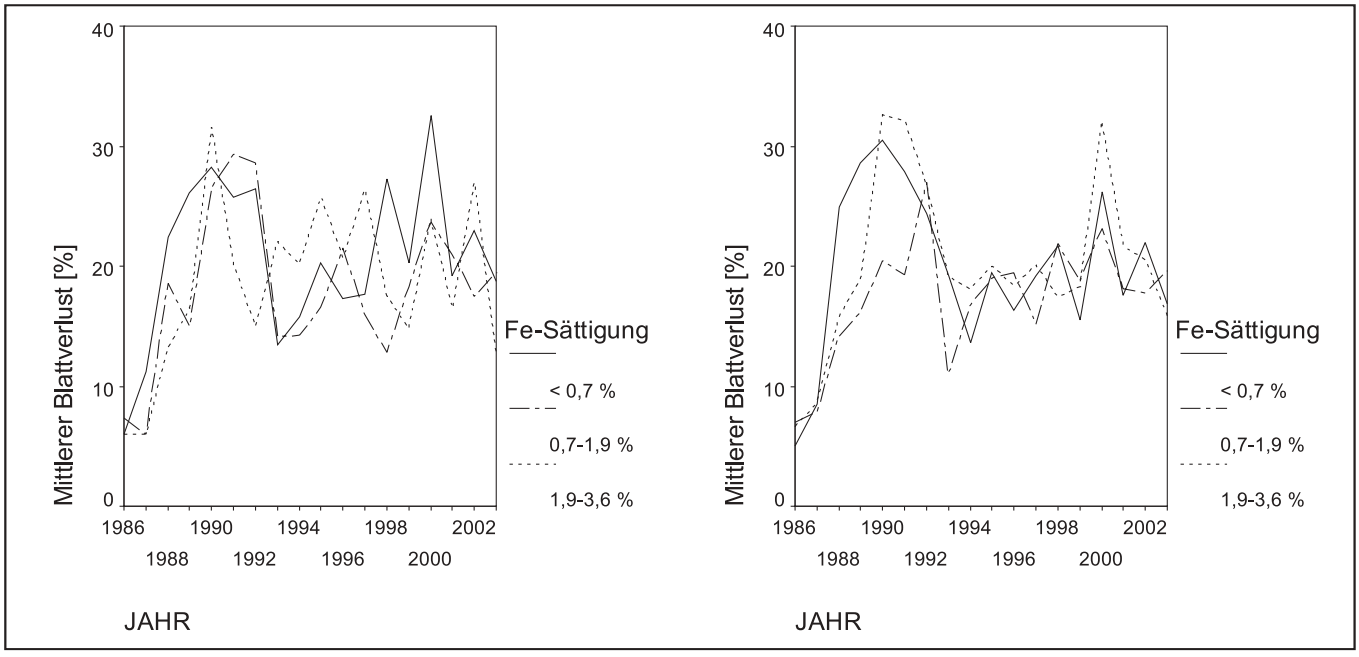


Abb. 3-124: Verlauf der Entwicklung des mittleren Blattverlustes auf Böden in unterschiedlichen Eisensättigungsklasse in der Humuslage (l. S.) und in 40-80 cm Tiefe (r. S.)

Tab. 3-60: Korrelationskoeffizienten zwischen Kohlenstoff- und Calcium-, Magnesium, Kalium- und Eisenvorrat

		Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Fe-Vorrat
C-Vorrat	Korrelation nach Pearson	**0,72**	**0,80**	**0,83**	**0,63**
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	741	741	741	741

Tab. 3-61: Arithmetische Mittel des mittleren Nadelverlustes und des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2-4 nach Kohlenstoffvorratsklassen in der Humuslage

		Mittlerer Nadelverlust in % 1986-2002				Anteil der Bäume in den Schadstufen 2-4 in % 1986-2002			
		C-Vorrat t/ha in der Humuslage				C-Vorrat t/ha in der Humuslage			
		< 19	19-26	26-31	> 31	< 19	19-26	26-31	> 31
arithmetischer Mittelwert		23	23	25	22	29	28	32	28
Signifikanz der Mittelwertsdifferenz	C-Vorrat t/ha in der Humuslage								
	19-26	ohne		ohne	ohne	ohne		ohne	ohne
	26-31	ohne	ohne		**ja**	ohne	ohne		ohne
	> 31	ohne	ohne	ohne		ohne	ohne	ohne	

Waldes durch Luftschadstoffe gesehen werden. Die Schwefeleinträge wurden durch Luftreinhaltungsmaßnahmen der Bundesregierung und der Länder auf ein waldverträgliches Maß zurückgeführt. Umwelt- und waldgefährdend ist nach wie vor die Höhe des Stickstoffeintrages in den Wald (BMVEL 2002). Hier gilt es, durch gezielte Förderung und gesetzliche Vorgaben die Stickstoffemission deutlich zu reduzieren. Mit diesem Ziel sollten die Möglichkeiten genutzt werden, durch:

- verkehrsmindernde und/oder technische Maßnahmen im Straßenverkehr,
- emissionsarme Haltungs- und Fütterungsverfahren in der Tierzucht,
- die Anlage von Tierhaltungsstätten in ausreichender Entfernung vom Wald und
- eine verlustarme Ausbringung von Stickstoffdüngern in der Landwirtschaft,

die Stickstoffemission zu senken.

Forstliche Maßnahmen zur Erhaltung der Wald- und Bodenfunktionen können nur flankierenden Charakter besitzen und der Überbrückung des Zeitraumes bis zum Wirksamwerden politischer Luftreinhaltungsmaßnahmen dienen. Es lassen sich vier Maßnahmenkomplexe unterscheiden.

(1) Minderung der Eintragshöhe im Wald

In größeren Waldkomplexen nimmt die Belastung durch Luftschadstoffe, insbesondere durch Abdrift aus agrarisch genutzten Landflächen, vom Waldrand in Richtung Waldinneres ab. Geschlossene Waldränder mit hoher innerer Oberfläche verstärken diesen Effekt. Aus Immissionsschutzgründen ist die Erhaltung bzw. der Aufbau geschlossener Waldränder im Kontaktbereich zu Ackerflächen eine Maßnahme zur Minderung der Schadstoffbelastung im Zentrum der Waldfläche.

(2) biologische Mobilisierung von Nährstoffen im Boden

Mit der Baumartenwahl beeinflusst die forstliche Landnutzung ganz erheblich den Umsatz der Nährstoffe im Waldökosystem. Laubbaumarten sind überwiegend umsatzstärker als

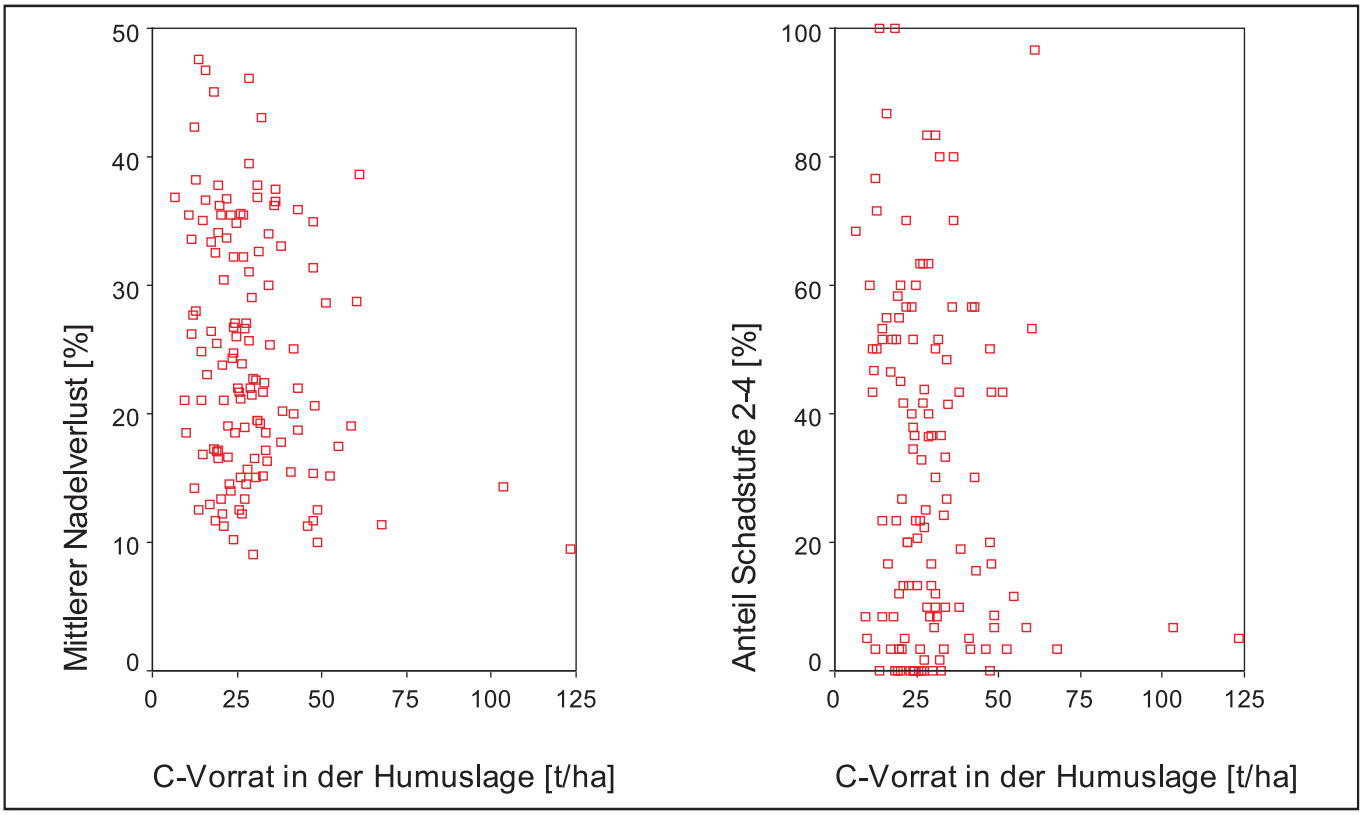


Abb. 3-125: Zusammenhang zwischen mittlerem Nadelverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume und dem Kohlenstoffvorrat in der Humuslage

Nadelbaumarten. Ausdruck dafür sind u. a. das N % von C und die Basensättigung in der Humuslage. Kiefernbestockte Standorte haben auf den BDF-F im Mittel eine Basensättigung (KAPPEN/ADRIAN) von **14 %**. Mit Buchen bestockte BDF-F sind in der Humuslage wesentlich basenreicher. Über alle Standorte hinweg liegt die Basensättigung im Mittel bei **36 %**. Aber selbst auf Sandstandorten erreicht die Buche im Mittel eine Basensättigung von **32 %**. Ähnliche Verhältnisse sind auch beim Stickstoffumsatz feststellbar. Das N % von C in der Humuslage von Kiefernbeständen beträgt auf den BDF-F **4,0** und auf Buchen-DBF-F **5,1** (auf Sandstandorten 5,0). Der Anbau bzw. die Förderung umsatzstarker Laubbaumarten, wie Rotbuche, Linde, Ahorn u. a., bietet somit die Möglichkeit, den aktiven Neutralkationenpool und das Stickstoffeinbindevermögen des Waldes positiv zu beeinflussen. Tiefwurzelnde Laubbaumarten erschließen darüber hinaus den Neutralkationenvorrat im Untergrund der Böden. Die Aufwendungen der Waldbesitzer für den Umbau von Nadelbaumbeständen in Laubbaum- oder Nadel-Laubbaummischbestände stellen damit nicht nur eine Maßnahme zur Erhöhung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und Stabilität des Waldes dar, sondern sind als Beitrag zur Stabilisierung der Filter- und Pufferfunktion des Bodens zu werten.

In diesem Zusammenhang muss auch der Höhe der Wildbestände Beachtung geschenkt werden. Überhöhte Wildbestände unterdrücken durch den stattfindenden Verbiss die spontan ablaufende Verjüngung von Laubbäumen in Nadelbaumbeständen und verhindern auf diese Weise eine Laubholzanreicherung in Nadelbaumbeständen.

Der Erhaltung des Neutralkationenvorrates im Boden dienen daneben der Kahlschlagverzicht, humusschonende Holzernte- und Waldverjüngungsverfahren sowie die Belassung der nicht als Derbholz nutzbaren Baumbiomasse im Wald (Verzicht auf Ganzbaumernte).

(3) aktive Beeinflussung des Nährstoffpools im Boden

Die positive Wirkung der Baumartenwahl auf den Säure-/Basenhaushalt beschränkt sich in Wesentlichen auf die Humuslage.

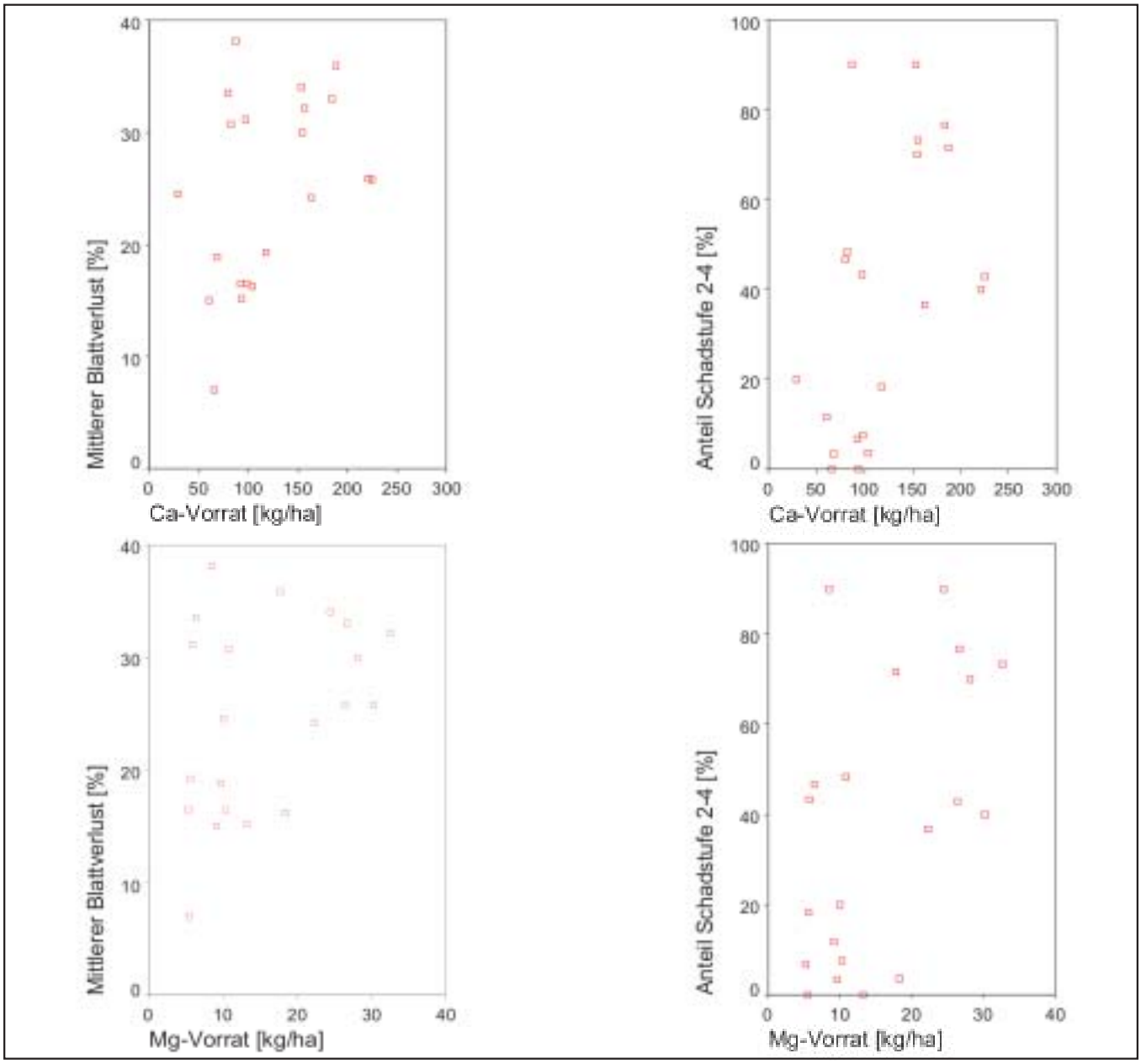


Abb. 3-126: Zusammenhang zwischen mittlerem Blattverlust sowie dem Anteil stärker geschädigter Bäume und dem Calcium- sowie Magnesiumvorrat in der Humuslage

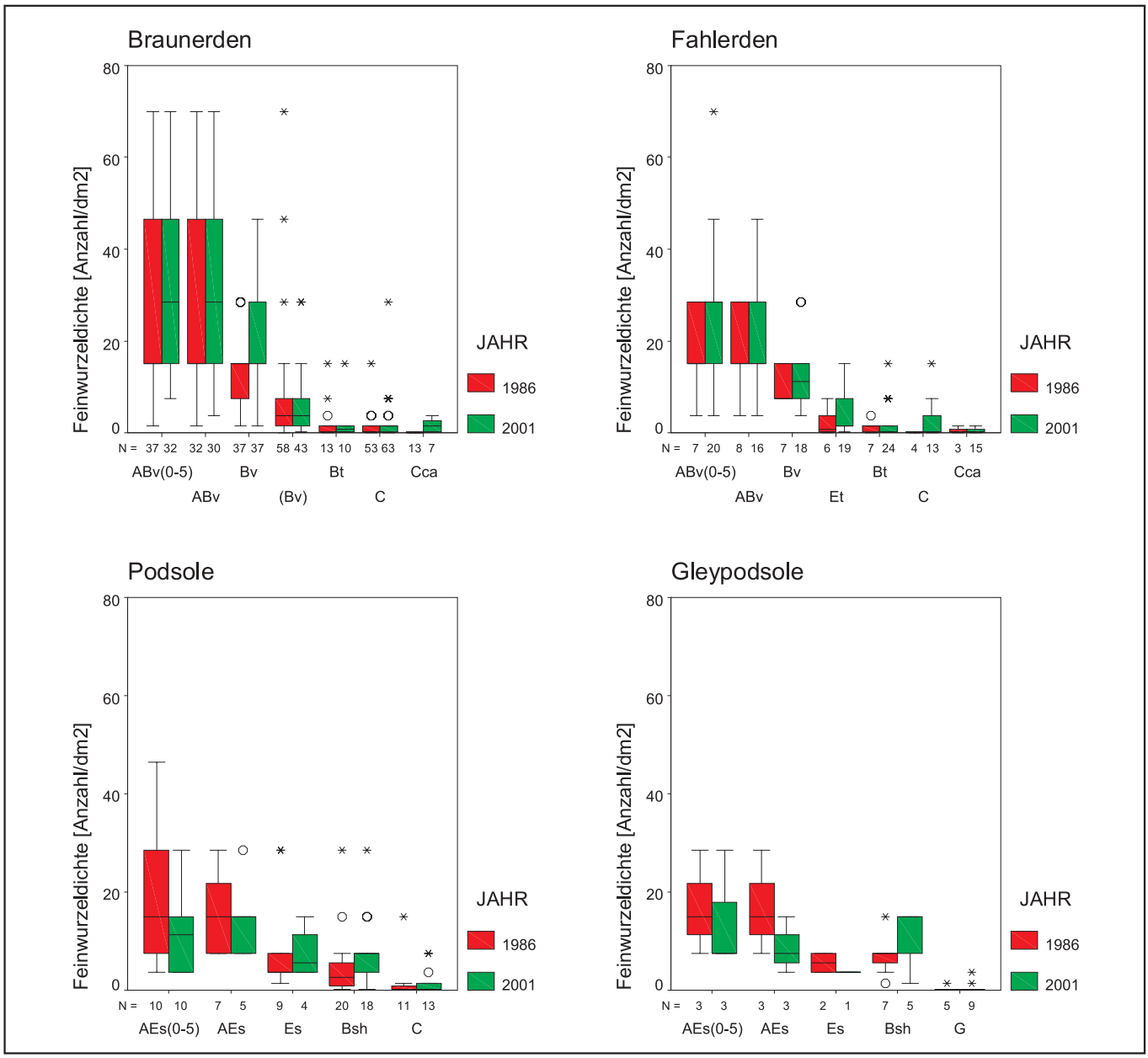


Abb. 4-1: Feindurchwurzelung in Braun-, Fahlerden und Podsolen 1986 und 2001

Der übrige, weitaus größere Teil des Oberbodens lässt sich mit biologischen Methoden nicht oder nur in sehr langen Zeiträumen beeinflussen. Auf Standorten, auf denen mit einem weiteren Versauerungsfortschritt gerechnet werden muss, kann eine Bodenschutzkalkung zur Unterstützung der Selbstregulationsmechanismen des Waldes und zur Erhaltung des Säure-/Basenzustandes positive Effekte erzielen. Grundsätzlich sollten magnesiumhaltige Kalke zum Einsatz gelangen, da auf den entsprechenden Standorten verbreitet mit einer sehr geringen Magnesiumausstattung gerechnet werden muss. Eine Ausbringung weiterer Pflanzennährstoffe zur Verminderung von Nährstoffmangelsituationen erscheint nach vorliegender Datenlage nicht notwendig.

(4) Erhöhung der allgemeinen Vitalität von Beständen und Einzelbäumen

Standortsgerechte, artenreiche Mischbestände führen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit und damit zur Stabilität des Waldes. Durch angemessene Kronenpflege lässt sich der Licht, Wärme und Wasserhaushalt von Einzelbäumen günstig beeinflussen. Bäume mit ausreichend großen, allseitig umlichteten Kronen ertragen negative Umwelteinflüsse besser als Bäume mit Lichtmangel.

Mit dem ***Erlass zur Umsetzung von Zielen und Grundsätzen einer naturnahen Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern*** vom 05.12.1995 hat die Landesregierung einen komplexen Maßnahmenkatalog zur Sicherung und Verbesserung der Wald- und Bodenfunktion beschlossen. Der Laubholzanteil im Wald und der Anteil gemischter Bestände sollen wesentlich erhöht werden. Der Naturverjüngung wird bei der Bestandesbegründung eine Vorrangstellung eingeräumt. Der Pflege von Waldrändern wird eine besondere Aufmerksamkeit beigemessen, und wald- und bodenschonende technische Verfahren sollen bevorzugt zum Einsatz gelangen.

5 Zusammenfassung

Seit 1986 betreibt die Landesforstverwaltung Mecklenburg-Vorpommern ein Netz aus **59 BDF-F**. Nach Abschluss der **Erstanlage** des Aufnahmenetzes im Jahr 1989 fanden in den Jahren 1991-1995 und 1999-2001 insgesamt **zwei Wiederholungsaufnahmen** statt. Neben einer allgemeinen Profil- und Vegetationsbeschreibung erfolgten bei der Erstanlage und jeder Wiederholung Boden- und Nadel-/Blattprobenahmen. Kronenzustandserhebungen werden seit 1986 jährlich durchgeführt.
Die **Ergebnisse** der BDF-F **repräsentieren den Zustand** an- und halbhydromorpher Böden (ca. **70 % der Waldfläche**) sowie den Ernährungs- und Vitalitätszustand mittelalter und alter Kiefern- und Buchenbestände im Land.

Die Daten zum Bodenzustand lassen eine eindeutige Befundlage erkennen. Es sind **zwei grundlegende Entwicklungsrichtungen** im Waldboden zu beobachten. Der Säure-/Basenzustand der Waldböden ist durch eine ausgeprägte **Verarmung der Oberböden an Neutralkationen** und eine damit verbundene hohe Bodenacidität geprägt. In **nadelbaumbeherrschten Waldflächen** muss mit einer weitgehenden **Sättigung** der Ökosysteme **mit Stickstoff** gerechnet werden.

Die Neutralkationenverarmung findet ihren Ausdruck in einer weitgehenden Angleichung der Bodenkennwerte für den Säure-/Basenzustand im Oberboden **ökologisch sehr unterschiedlicher Bodentypengruppen** auf einem niedrigen Niveau. In sorptionsschwachen oder carbonatfreien Böden hat die Neutralkationenverarmung den Untergrund erreicht. Der **pH(KCl)-Wert** überschreitet im mineralischen Oberboden den Schwellenwert von 4,8 nicht mehr. Im Untergrund carbonatfreier Sandböden liegt der pH(KCl)-Wert ebenfalls durchweg unterhalb von 4,8. Die aktuellen **pH(H2O)-Werte** weisen in die gleiche Richtung, haben sich im Zeitraum 1986 bis 2001 in sandigen Oberböden der Braunerden aber deutlich verbessert, was auf einen nachlassenden Versauerungsdruck durch verminderten Säureeintrag mit dem Niederschlag zurückgeführt werden kann.
Auch die **Basensättigung** der Oberböden fällt insgesamt sehr niedrig aus. In Podsolen und Gleypodsolen sowie im größten Teil der Braunerden überschreitet die Basensättigung die kritische Schwelle von 15 % nicht. Aber auch viele Fahlerden erreichen im Oberboden keine Basensättigung von über 15 %. In Richtung Untergrund steigt die Basensättigung mit Ausnahme der Podsole und Gleypodsole und weniger Braunerden deutlich an. Eine Basensättigung < 15 % im Untergrund besitzen nur einzelne Braunerden. Fahlerden erreichen sehr hohe Basensättigungen von über 50 %. Gesicherte Veränderungen in der Basensättigung der Waldböden wurden im Beobachtungszeitraum von 15 Jahren nicht registriert.
Die Neutralkationenverarmung hat in sandigen, carbonatfreien Böden und im Oberboden der Fahlerden überwiegend zu einer sehr niedrigen **Mg-Sättigung** geführt**.** Eine vergleichsweise hohe Mg-Sättigung tritt in den Lehmbändern der Bändersand-Braunerden und im Untergrund der Fahlerden auf. Die geringe Eintauschstärke einwertiger Neutralkationen führt im Tiefenprofil der Böden zu einer sehr gleichmäßigen **K- und Na-Sättigung** der Austauscher auf allerdings niedrigem Niveau.
Die **Neutralkationenvorräte** sind in sorptionsschwachen Sandstandorten um ein Vielfaches niedriger als in Lehmböden. Den relativ höchsten Vorratsanteil hat das Ca-Ion. Die Vorräte an Magnesium, Kalium und Natrium bewegen sich in vergleichbaren Größenordnungen. Die Vorratsverteilung der einzelnen Neutralkationen im Boden ist in den Bodentypengruppen recht unterschiedlich. Insbesondere in Fahlerden sind die Hauptvorräte im Bodenblock 80-160 cm Tiefe zu finden. In sehr sauren Sandböden konzentrieren sich die Neutralkationenvorräte überwiegend auf den humosen Oberboden.
Vorratsabnahmen von Neutralkationen sind im Beobachtungszeitraum nicht sicher feststellbar. Allerdings hat offenbar eine **Vorratsumverteilung vom Mineralboden in Richtung Humusdecke** stattgefunden.

Zwischen 1986 und dem Jahr 2001 ist eine **N-Vorratszunahme von 300 kg/ha** in der Humuslage der Waldböden nachweisbar. Dies entspricht einer **jährlichen N-Akkumulation** im Boden von im Mittel **20 kg/ha**. Weiterer Stickstoff wurde in der Waldvegetation (Bäume, Sträucher, Krautschicht) gebunden. Bei einem durchschnittlichen Bestandeseintrag an Stickstoff von 25-30 kg/ha/a ist anzunehmen, dass bisher Stickstoffaustrag aus dem Wald in Richtung Untergrund oder Atmosphäre nur eine untergeordnete Bedeutung hatte. Die Daten zum Stickstoffhaushalt zeigen aber auch, dass mit großer Wahrscheinlichkeit **in laubholzarmen Kiefernbeständen** mit einer **Stickstoffsättigung** gerechnet werden muss und zukünftig eingetragener Stickstoff an das Grundwasser und die Luft abgegeben werden wird. In Laubbaumbeständen sind keine Hinweise auf eine Sättigung mit Stickstoff beobachtet worden.

Der **Kohlenstoffvorrat** anhydromorpher Waldböden liegt im Mittel zwischen **79-99 t/ha**. Gleypodsole sind mit einem C-Vorrat von 212 t/ha kohlenstoffreicher als anhydromorphe Böden. 95 % des C-Vorrates sind in den oberen 80 Zentimetern des Bodens akkumuliert. Der **Gesamtkohlenstoffvorrat im Boden** hat seit 1986 **nicht verändert**.

Nadel-/Blattanalysen geben Hinweise zum Ernährungszustand der Bäume. Für die Baumart **Rotbuche** kommt in den Ernährungsdaten ganz überwiegend zum Ausdruck, dass durchschnittlich **eine gute bis sehr gute Versorgung mit allen Makronährstoffen** gewährleistet ist. Insgesamt differenzierter muss die **Ernährungssituation in Kiefernbeständen** bewertet werden. Bereit im Jahr 1986 sind Anzeichen für eine **Stickstoffüberversorgung** zu bemerken. **Disharmonische Ernährungszustände** in Bezug auf die Stickstoffversorgung der Kiefer treten bei den Makronährstoffen **Magnesium, Kalium und Phosphor** auf. Überwiegend **günstig** fällt der Ernährungszustand in Kiefernbeständen nur für das Element **Kalium** aus. In der **Phosphor- und Calciumernährung** dominieren **mittlere Versorgungsstufen** und in einem geringen Teil der Bestände wurde eine Phosphor- oder Calcium-Mangelversorgung diagnostiziert. Verbreitet muss mit **Mg-Mangel** gerechnet werden. Etwa **ein Fünftel aller Kiefernbestände** ist davon betroffen. Auffällige Entwicklungstrends im Ernährungsstatus der Waldbäume sind kaum wahrzunehmen. Lediglich die **Schwefelgehalte** der Nadeln und Blätter **sind** im Zeitraum 1986-2001 von einem *sehr hohen* auf ein *mittleres* Niveau **gesunken**.

Der **Kronenzustand** der Bestände auf den BDF-F weist in der Entwicklungstendenz eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Bundesweiten Waldzustandserhebung (WZE) in Mecklenburg-Vorpommern auf. Ein unmittelbarer Einfluss der Nährstoffausstattung des Bodens oder der Bestandesernährung auf den Kronenzustand konnte nicht ermittelt werden. Selbst auf sehr ungünstig mit Nährstoffen ausgestatteten Böden oder in Beständen mit Nährstoffmangel war keine auffällige Zunahme von Kronenverlichtungen zu beobachten.

Für eine Beeinträchtigung der forstwirtschaftlichen **Nutzungsfunktion** des Waldbodens durch Nährstoffverarmung der Oberböden oder Stickstoffeutrophierung gibt es keine Hinweise. Die **Filter-, Puffer- und die Lebensraumfunktion** der Waldböden erscheinen nach vorliegender Datenlage als nicht mehr vollständig nachhaltig gesichert. Zur Erhaltung der Boden- und Waldfunktion sind insbesondere Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffeinträge in den Wald notwendig.

6 Literatur

ALEWELL, C. (1995): Sulfat-Dynamik in sauren Waldböden - Sorptionsverhalten und Prognose bei nachlassender Deposition. Diss. A, BITÖK, Univ. Bayreuth

ARBEITSKREIS C DER BUND-LÄNDER ARBEITSGRUPPE LEVEL II (2000): Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustandes und des Gefährdungspotentials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML), 155 S.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2002): Bericht über den Zustand des Waldes. Ergebnisse des Forstlichen Umweltmonitorings. 130 S.

BÜTTNER, G. (1997): Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) in Niedersachsen 1990-1991. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Göttingen, Bd. 122.

DRAAIJERS, G. P. J.; ERISMAN, J. W.; LÖVBLAD, G.; SPRANGER, T. AND VEL, E. (1998): Quality and uncertainty aspects of forest deposition estimation using throughfall, stemflow and precipitation measurements. TNO-report. TNO-MEP-R98/093.

JACOBSEN, C., RADEMACHER, P., MESENBURG, H. & MEIWES, K. J. (2002): Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, 78 S.

KALLWEIT, R. (2001): Inventuren des Ernährungszustandes der Kiefer im Basisnetz der Ökologischen Waldzustandskontrolle und Entwicklung des Ernährungszustandes an EU-Dauerbeobachtungsflächen Level II. Tagungsband Forstliche Umweltkontrolle, Ergebnisse aus zehnjährigen Untersuchungen zur Wirkung von Luftverunreinigungen in Brandenburgs Wäldern, 162-194, Landesforstanstalt Eberswalde.

KOPP, D. (1988): Mittelmaßstäbige Naturraumerkundung und deren Interpretation für die Landnutzung am Beispiel des Tieflandes, Forschungsbericht VEB Forstprojektierung Potsdam, 94 S.

KOPP, D. (1996): Erkundungsergebnisse zur Bodenzustandsentwicklung in den Wäldern Mecklenburg-Vorpommerns. Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern, 123 S.

LANDESAMT FÜR FORSTEN UND GROß SCHUTZGEBIETE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2000): Arbeitsanweisung zum Waldzustandsmonitoring auf den Flächen der Waldzustandserhebung (WZE) und Ökologischen Waldzustandskontrolle (ÖWK). 39 S.

LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2002): Luftgütebericht 2000/2001, Güstrow 96 S..

MAGER, (1955): Geschichte des Bauerntums und der Bodenkultur im Lande Mecklenburg, Berlin, Akademie-Verlag, 591 S.

MAYER, F.-J. (1999): Beziehungen zwischen der Belaubungsdichte der Waldbäume und Standortparametern. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität München und der Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 177, 195 S.

MELLERT, K. H., GENSIOR, A. & KÖLLING, C. (2005): Verbreitete Nitratbelastung des Waldsickerwassers, AFZ-Der Wald Heft 4/2005, 168-171.

MENGEL, (1984): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 431 S.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND NATURSCHUTZ (1997): Anweisung für die forstliche Standortserkundung in den Wäldern des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Band A-D.

PARCHMANN, (1921): Mecklenburgische Bestandsverhältnisse und Forstwirtschaft in früheren Jahrhunderten. Rostock, Hinstorff-Verlag, 106 S.

ROTHMALER, W. (1991): Exkursionsflora der Gefäßpflanzen, Band 3, Volk und Wissen Verlag GmbH Berlin, 639 S.

SCHÄFER, H. R. (1999): Zwischenbericht zu den Untersuchungen auf EU-Dauerbeobachtungsflächen der Intensitätsebene II in Mecklenburg-Vorpommern, unveröffentlicht, 24 S.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag), 480 S.

SIEMON, K. H.& WESTENDORFF, K.(1990): Ergebnisse von Depositionsmessungen in Waldgebieten des Tieflandes der DDR. Beitr. f. d. Forstwirtsch., Berlin 24, 3, S.109-112.

ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Z. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde 144. 289-305.

WOLFF, B. und RIEK, W. (1996): Deutscher Waldbodenbericht. - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF), 125 S.

7 Anhang

Die im Text dargestellten Merkmalsspannen haben Daten aus allen drei Aufnahmeperioden zur Grundlage. Vorrangig werden in der textlichen Darstellung der Bodenkennwerte Daten aus der Erhebungsperiode 1999-2001 verwendet. Es gilt folgende Ausnahme: Gesamtgehalte Ca, Mg, K, Na, P Datensatz aus 1986 und 2001. Im Anhang aufgeführte arithmetische Mittelwerte beruhen auf dem gesamten Datensatz einer Aufnahmeperiode. In der textlichen Fassung werden für die Berechnung von Mittelwertsdifferenzen nur Mittelwerte aus vergleichbaren Bodenlagen einbezogen. Die im Anhang dargestellten Elementvorräte weisen den Vorrat der Humuslage gesondert und den Vorrat im Mineralboden kumulativ für jede Tiefenstufe, beginnend ab Obergrenze des Mineralbodens, aus. Der Gesamtvorrat eines Elementes setzt sich somit aus dem Vorrat der Humuslage und dem Vorrat der betrachteten Tiefenstufe zusammen.

ph-Werte und Kationenaustauschverhältnisse

Gesamtstichprobe

	pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert	Ake	Basensättig. (K/A)	Basensättig. (B)	Ca-Sättigung	Mg-Sättigung	K-Sättigung	Na-Sättigung	Mn-Sättigung	Al-Sättigung	Fe-Sättigung	H-Sättigung
			mmolc/100g Boden	mmolc/100g Boden	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1986														
N	451	455	444	246	444	246	246	246	233	0	0	242	0	0
Mittelwert	4,5	4,0	21,8	4,3	23	35	25	5	4			46		
Minimum	3,2	2,7	1,7	0,3	1	5	3	1	0			0		
Maximum	8,2	7,8	118,7	28,2	98	99	97	31	14			92		
1. Quartil	3,9	3,3	5,8	1,0	10	20	13	2	2			24		
Median	4,4	4,0	11,1	1,9	16	30	20	3	3			50		
2. Quartil	4,7	4,3	19,4	4,5	28	47	35	6	5			64		
1991														
N	507	507	501	498	501	498	180	180	180	0	0	180	0	0
Mittelwert	4,5	4,0	29,1	5,8	23	35	24	5	4			35		
Minimum	2,8	2,6	0,7	0,3	1	4	1	0	0			0		
Maximum	8,6	8,3	198,9	43,1	99	99	98	25	15			80		
1. Quartil	3,9	3,3	5,1	1,0	10	14	5	2	2			10		
Median	4,4	4,0	12,3	2,1	16	23	10	3	3			37		
2. Quartil	4,7	4,3	38,0	7,4	26	51	41	8	5			58		
2001														
N	524	524	505	483	506	483	483	483	483	483	483	483	483	483
Mittelwert	4,8	4,1	24,9	5,6	23	33	23	5	3	2	2	52	2	11
Minimum	3,3	2,7	2,1	0,2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	9,1	8,3	156,7	55,2	100	100	86	27	9	14	13	91	34	53
1. Quartil	4,1	3,4	7,1	0,9	10	12	6	1	2	1	0	22	0	2
Median	4,5	4,0	13,3	2,4	16	20	12	3	3	2	1	59	1	7
2. Quartil	4,9	4,4	24,7	6,2	30	49	35	8	3	3	2	79	3	17

Braunerden 1986

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	37	37	37	21	37	21	21	21	21	20
	Mittelwert	3,9	3,3	79,8	14,6	17	50	40	7	4	15
	Minimum	3,4	2,8	48,2	9,2	10	33	26	3	2	5
	Maximum	4,6	4,3	118,7	19,5	35	61	63	13	7	32
	1. Quartil	3,7	3,1	67,1	11,8	13	42	33	5	3	9
	Median	3,8	3,2	81,7	15,0	15	46	35	6	3	13
	2. Quartil	4,1	3,4	92,9	16,8	20	60	49	7	4	21
ABv(0-5)	N	37	37	37	21	37	21	21	21	21	20
	Mittelwert	3,8	3,2	18,6	3,4	11	21	15	3	3	53
	Minimum	3,4	2,8	10,5	2,1	5	10	5	1	1	26
	Maximum	4,2	3,7	36,1	5,6	29	49	41	6	8	68
	1. Quartil	3,7	3,1	14,9	2,8	8	15	11	3	2	50
	Median	3,9	3,2	17,6	3,2	10	19	13	4	2	56
	2. Quartil	3,9	3,3	19,4	4,1	12	24	17	4	3	62
ABv	N	31	32	32	19	32	19	19	19	19	18
	Mittelwert	4,2	3,8	12,9	2,1	12	18	12	3	3	67
	Minimum	3,6	3,2	7,2	1,1	4	9	4	1	1	43
	Maximum	4,7	4,3	27,9	5,2	30	29	23	5	6	77
	1. Quartil	4,0	3,5	9,8	1,5	7	14	8	2	2	61
	Median	4,2	3,8	12,7	1,8	10	17	13	3	3	72
	2. Quartil	4,4	4,1	14,1	2,5	15	21	14	4	4	74
Bv	N	37	37	37	23	37	23	23	23	23	23
	Mittelwert	4,4	4,1	9,7	1,2	16	24	17	3	4	61
	Minimum	3,7	3,6	5,0	0,6	6	11	4	0	1	4
	Maximum	4,9	4,7	16,1	2,2	41	49	42	8	8	81
	1. Quartil	4,3	4,0	6,8	0,9	10	17	11	2	2	59
	Median	4,4	4,1	9,8	1,1	13	25	16	3	4	68
	2. Quartil	4,5	4,3	11,6	1,3	21	28	20	5	5	70
(Bv)	N	58	58	58	32	57	32	32	32	32	32
	Mittelwert	4,6	4,3	6,0	0,9	25	34	23	6	5	54
	Minimum	3,8	3,7	2,4	0,3	7	12	3	0	2	16
	Maximum	6,4	6,7	16,2	2,1	83	51	42	17	11	81
	1. Quartil	4,4	4,1	4,0	0,6	16	25	17	3	3	45
	Median	4,5	4,3	5,5	0,8	23	34	20	4	4	56
	2. Quartil	4,7	4,4	7,4	1,5	32	42	31	9	6	65
Bt	N	14	14	14	8	14	8	8	8	8	8
	Mittelwert	4,8	3,9	12,0	4,8	37	55	40	12	3	36
	Minimum	4,1	3,6	4,9	2,3	13	12	6	3	2	6
	Maximum	5,5	4,5	18,0	8,0	67	90	71	18	4	63
	1. Quartil	4,4	3,8	9,0	4,3	22	21	9	7	2	10
	Median	4,8	3,8	12,2	4,5	31	57	43	13	3	39
	2. Quartil	5,1	4,1	14,7	5,6	51	86	69	16	4	60
C	N	59	60	59	28	60	28	28	28	28	28
	Mittelwert	5,0	4,6	5,2	1,0	40	48	36	7	5	34
	Minimum	4,1	3,8	1,7	0,3	3	19	11	0	1	3
	Maximum	6,6	6,8	15,0	2,6	79	84	65	29	12	68
	1. Quartil	4,6	4,2	3,5	0,5	26	34	21	2	2	17
	Median	4,9	4,4	4,5	0,8	38	52	35	5	3	32
	2. Quartil	5,3	4,6	5,9	1,5	53	59	49	9	7	50
Cca	N	15	15	9	1	10	1	1	1	1	1
	Mittelwert	7,7	7,5	39,4	11,0	95	99	97	1	0	0
	Minimum	7,2	7,1	17,9	11,0	90	99	97	1	0	0
	Maximum	8,2	7,7	51,7	11,0	98	99	97	1	0	0
	1. Quartil	7,4	7,4	29,0	11,0	92	99	97	1	0	0
	Median	7,7	7,5	43,6	11,0	97	99	97	1	0	0
	2. Quartil	7,9	7,5	48,4	11,0	98	99	97	1	0	0

Braunerden 1991

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmole/100g Boden	Ake mmole/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	59	59	59	59	59	59	25	25	25	25
	Mittelwert	3,9	3,3	90,0	17,9	18	53	43	8	3	8
	Minimum	3,3	2,7	21,5	8,6	8	25	13	3	1	1
	Maximum	4,9	4,5	133,0	43,1	77	86	69	14	12	19
	1. Quartil	3,7	3,0	75,2	13,1	13	40	30	5	2	4
	Median	3,8	3,2	92,9	17,3	16	50	41	8	3	8
	2. Quartil	4,1	3,5	107,2	21,0	20	64	56	11	4	11
ABv(0-5)	N	36	36	36	36	36	36	16	16	16	16
	Mittelwert	3,8	3,3	19,1	3,3	11	19	14	4	3	42
	Minimum	3,2	2,8	8,9	1,7	4	6	2	1	2	17
	Maximum	4,6	3,9	39,4	5,6	38	58	51	9	6	71
	1. Quartil	3,7	3,1	13,9	2,6	7	11	6	3	2	28
	Median	3,8	3,3	16,3	3,1	9	16	8	4	2	43
	2. Quartil	4,0	3,5	22,2	4,1	12	23	19	6	3	56
ABv	N	34	34	34	34	34	34	15	15	15	15
	Mittelwert	4,2	3,8	10,9	1,8	15	15	6	2	3	60
	Minimum	3,5	3,1	3,3	0,5	4	6	1	1	2	34
	Maximum	4,8	4,6	20,4	3,8	49	42	13	6	6	72
	1. Quartil	4,0	3,5	8,3	1,3	7	9	3	2	2	58
	Median	4,3	3,8	11,2	1,7	14	12	6	2	3	63
	2. Quartil	4,5	4,1	12,8	2,1	20	19	10	3	4	67
Bv	N	32	32	32	32	32	32	12	12	12	12
	Mittelwert	4,4	4,1	8,3	1,2	15	15	9	3	4	58
	Minimum	3,5	3,1	2,9	0,6	4	5	4	1	2	37
	Maximum	5,2	4,6	17,0	2,4	37	39	27	8	12	77
	1. Quartil	4,3	3,9	5,8	1,0	8	10	4	1	3	46
	Median	4,4	4,1	7,3	1,1	14	13	6	2	4	61
	2. Quartil	4,5	4,3	9,8	1,5	20	15	11	4	5	70
(Bv)	N	59	59	59	59	59	59	26	26	26	26
	Mittelwert	4,7	4,3	6,1	1,0	26	25	16	4	5	45
	Minimum	3,5	3,7	2,4	0,3	3	4	3	1	2	2
	Maximum	6,6	6,5	18,0	4,4	81	98	79	10	13	73
	1. Quartil	4,5	4,1	3,6	0,6	16	13	5	2	3	36
	Median	4,6	4,3	4,7	0,9	24	18	8	3	5	48
	2. Quartil	4,8	4,5	7,4	1,1	31	27	13	4	6	60
Bt	N	14	14	14	14	14	14	4	4	4	4
	Mittelwert	5,1	4,4	11,5	4,7	48	65	40	15	4	33
	Minimum	4,2	3,6	2,5	0,8	8	11	1	5	3	10
	Maximum	6,4	5,5	23,9	9,3	79	99	61	25	4	80
	1. Quartil	4,6	3,9	5,5	2,8	34	41	12	7	3	11
	Median	4,9	4,1	12,3	5,2	49	78	49	14	4	21
	2. Quartil	5,5	5,0	15,6	6,8	71	91	59	23	4	66
C	N	57	57	57	57	57	57	13	13	13	13
	Mittelwert	4,9	4,5	5,1	1,5	34	41	38	11	5	22
	Minimum	4,3	4,0	1,8	0,3	9	8	2	0	0	1
	Maximum	6,9	6,4	33,8	21,0	95	98	96	24	15	67
	1. Quartil	4,6	4,2	2,9	0,6	18	18	8	4	3	4
	Median	4,7	4,4	3,8	0,8	26	32	41	9	4	10
	2. Quartil	5,1	4,5	5,0	1,3	46	62	56	18	7	40
Cca	N	12	12	12	9	12	9	4	4	4	4
	Mittelwert	8,0	7,7	37,7	8,9	92	95	86	3	1	5
	Minimum	7,3	7,0	7,5	1,5	53	65	53	1	0	0
	Maximum	8,4	8,3	49,6	19,6	99	99	98	8	2	20
	1. Quartil	7,9	7,2	27,0	6,9	93	98	64	1	0	0
	Median	7,9	7,8	42,0	8,7	97	99	96	2	0	0
	2. Quartil	8,3	8,0	48,7	9,8	99	99	98	7	2	15

Braunerden 2001

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Na-Sättigung %	Mn-Sättigung %	Al-Sättigung %	Fe-Sättigung %	H-Sättigung %
F+H	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Mittelwert	4,0	3,3	88,5	19,9	18	53	40	8	3	1	4	13	2	28
	Minimum	3,4	2,7	27,8	6,3	9	31	23	5	2	1	0	1	0	1
	Maximum	6,1	4,9	142,4	55,2	50	87	66	16	8	2	12	27	4	52
	1. Quartil	3,7	3,0	75,7	14,7	12	40	29	6	2	1	2	10	1	16
	Median	3,8	3,1	86,4	17,1	15	48	36	7	3	1	3	13	2	31
	2. Quartil	4,0	3,4	104,0	22,2	19	63	50	10	4	2	5	18	3	37
ABv(0-5)	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Mittelwert	4,0	3,2	20,8	4,0	9	22	15	4	2	1	1	51	5	20
	Minimum	3,3	2,8	11,6	2,1	3	6	3	1	1	1	0	16	1	4
	Maximum	4,7	3,6	49,2	18,6	16	65	51	9	5	3	5	79	12	52
	1. Quartil	3,8	3,1	16,0	2,7	7	12	8	2	1	1	1	44	3	12
	Median	4,0	3,2	19,8	3,3	8	19	12	4	2	1	1	51	6	22
	2. Quartil	4,1	3,3	23,7	4,4	12	25	17	5	3	1	2	60	7	26
ABv	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	Mittelwert	4,3	3,8	13,1	2,1	10	13	8	2	2	1	2	72	3	10
	Minimum	3,9	3,2	6,2	0,7	1	3	1	0	1	1	0	28	0	0
	Maximum	4,8	4,3	23,1	9,3	20	53	38	6	6	4	7	90	11	28
	1. Quartil	4,1	3,4	11,3	1,3	6	8	4	1	1	1	1	65	0	4
	Median	4,4	3,8	12,5	1,6	12	11	5	2	2	1	1	76	1	7
	2. Quartil	4,5	4,1	15,3	2,6	13	15	8	2	3	2	3	82	4	15
Bv	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Mittelwert	4,6	4,2	9,4	1,3	14	14	7	2	2	2	1	79	1	5
	Minimum	3,8	3,5	3,9	0,4	3	6	2	1	0	1	0	32	0	0
	Maximum	5,4	4,6	17,7	11,3	35	56	41	9	7	5	6	91	5	25
	1. Quartil	4,4	4,0	7,4	0,6	10	8	4	1	1	1	0	77	0	1
	Median	4,6	4,2	8,6	0,9	14	11	5	1	2	2	1	83	1	3
	2. Quartil	4,7	4,3	11,4	1,4	17	15	7	2	3	2	2	87	2	7
(Bv)	N	47	47	47	45	47	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Mittelwert	4,8	4,3	6,9	1,1	23	19	11	2	3	3	1	74	1	5
	Minimum	4,0	3,4	3,3	0,2	2	8	3	0	0	1	0	7	0	0
	Maximum	6,8	6,4	26,2	7,7	80	88	67	15	8	10	12	91	5	33
	1. Quartil	4,5	4,1	4,7	0,4	14	11	4	1	2	2	1	69	0	0
	Median	4,7	4,3	5,8	0,7	20	13	6	2	3	3	1	80	0	2
	2. Quartil	4,9	4,5	8,4	1,1	29	21	9	2	4	4	1	86	1	6
Bt	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	5,0	3,9	14,5	4,8	38	56	40	12	3	1	1	42	0	1
	Minimum	4,4	3,7	9,7	2,7	12	14	7	2	2	1	0	2	0	0
	Maximum	5,9	4,5	21,7	7,3	62	98	82	21	4	2	2	82	0	4
	1. Quartil	4,5	3,7	11,1	3,5	23	30	19	8	2	1	0	14	0	0
	Median	4,8	3,9	12,2	4,4	37	55	36	12	3	1	1	43	0	1
	2. Quartil	5,4	4,0	18,7	6,9	53	83	60	17	3	2	1	68	0	3
C	N	65	65	65	59	65	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Mittelwert	5,1	4,5	6,3	1,2	39	36	25	6	3	3	1	58	0	4
	Minimum	4,2	3,8	2,5	0,2	7	7	2	0	0	1	0	0	0	0
	Maximum	7,9	7,4	26,6	9,7	87	100	86	21	7	11	4	91	6	29
	1. Quartil	4,6	4,1	3,7	0,4	24	14	7	2	2	2	1	38	0	0
	Median	4,8	4,3	4,5	0,7	36	21	12	3	3	2	1	70	0	1
	2. Quartil	5,3	4,5	7,0	1,3	54	61	41	12	4	3	2	82	1	6
Cca	N	7	7	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mittelwert	8,8	8,1	49,4		96									
	Minimum	8,5	7,8	43,1		94									
	Maximum	9,1	8,3	51,7		97									
	1. Quartil	8,5	7,8	48,9		96									
	Median	8,9	8,1	50,5		96									
	2. Quartil	9,1	8,2	51,6		96									

Fahlerden 1986

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	8	8	8	6	8	6	6	6	4	6
	Mittelwert	4,2	3,8	92,9	20,2	28	65	53	6	3	10
	Minimum	3,7	3,1	63,6	11,9	15	41	32	5	2	1
	Maximum	4,7	4,5	114,5	28,2	41	90	80	7	5	21
	1. Quartil	3,7	3,2	73,2	14,6	16	48	39	5	2	3
	Median	4,2	3,9	95,5	18,8	31	62	48	6	4	7
	2. Quartil	4,6	4,2	111,0	28,1	39	85	72	6	5	19
ABv(0-5)	N	7	7	7	6	7	6	6	6	6	6
	Mittelwert	3,9	3,3	24,1	5,4	15	35	27	5	4	45
	Minimum	3,5	3,1	18,3	3,3	9	20	12	4	3	18
	Maximum	4,2	3,6	32,3	7,7	21	61	53	5	5	64
	1. Quartil	3,7	3,1	19,2	4,3	11	22	14	4	3	29
	Median	3,9	3,3	22,5	5,2	15	26	18	4	4	49
	2. Quartil	4,1	3,5	31,2	6,4	20	56	47	5	5	60
ABv	N	8	8	8	7	8	7	7	7	7	7
	Mittelwert	4,1	3,6	15,9	3,3	14	18	12	3	3	71
	Minimum	3,7	3,4	11,1	1,7	7	11	6	2	2	55
	Maximum	4,4	4,1	24,3	4,8	18	31	24	4	4	81
	1. Quartil	3,9	3,5	12,8	1,8	12	12	6	2	2	58
	Median	4,1	3,5	14,3	3,4	15	15	10	3	3	76
	2. Quartil	4,3	3,7	19,2	4,6	16	28	22	3	3	79
Bv	N	7	7	7	6	7	6	6	6	6	6
	Mittelwert	4,3	3,9	10,6	2,3	18	18	12	3	3	66
	Minimum	3,7	3,7	7,3	1,1	11	9	6	1	2	18
	Maximum	4,7	4,2	15,9	3,5	25	26	18	4	5	81
	1. Quartil	4,3	3,8	7,8	1,2	13	13	8	1	2	57
	Median	4,4	3,9	10,4	2,5	19	18	13	3	3	74
	2. Quartil	4,5	4,2	12,7	2,9	23	24	17	4	4	81
Et	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Mittelwert	4,5	3,9	8,5	2,4	27	27	19	6	3	54
	Minimum	4,2	3,6	4,8	0,8	15	12	8	2	1	15
	Maximum	4,8	4,2	12,6	4,0	38	50	35	14	5	74
	1. Quartil	4,3	3,8	6,7	1,6	17	15	10	2	2	38
	Median	4,5	3,9	7,6	2,3	26	26	17	4	3	57
	2. Quartil	4,6	4,1	11,4	3,3	38	38	27	9	4	74
Bt	N	7	7	7	3	7	3	3	3	3	3
	Mittelwert	5,2	4,3	15,5	4,7	54	78	54	21	3	16
	Minimum	4,3	3,8	11,8	2,4	40	57	21	12	1	1
	Maximum	5,6	4,7	21,1	6,6	69	96	81	31	6	31
	1. Quartil	4,9	4,0	13,0	2,4	42	57	21	12	1	1
	Median	5,3	4,2	14,6	5,1	58	81	60	20	3	16
	2. Quartil	5,5	4,6	17,6	6,6	62	96	81	31	6	31
C	N	4	4	4	2	4	2	2	2	2	2
	Mittelwert	5,6	4,7	19,2	4,3	65	87	68	17	2	8
	Minimum	5,0	4,0	12,1	4,1	48	79	58	15	1	4
	Maximum	6,7	5,8	32,9	4,6	76	94	77	20	2	11
	1. Quartil	5,0	4,1	12,2	4,1	53	79	58	15	1	4
	Median	5,3	4,5	15,9	4,3	69	87	68	17	2	8
	2. Quartil	6,4	5,5	29,6	4,6	75	94	77	20	2	11
Cca	N	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0
	Mittelwert	8,0	7,6	46,0		98					
	Minimum	7,8	7,4	46,0		98					
	Maximum	8,2	7,8	46,0		98					
	1. Quartil	7,8	7,4	46,0		98					
	Median	8,1	7,6	46,0		98					
	2. Quartil	8,2	7,8	46,0		98					

Fahlerden 1991

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	12	12	12	11	12	11	2	2	2	2
	Mittelwert	4,8	4,4	97,7	22,1	37	75	62	10	8	1
	Minimum	3,7	3,1	44,6	9,5	14	43	57	5	8	1
	Maximum	6,3	6,4	198,9	36,9	75	97	67	15	8	2
	1. Quartil	4,0	3,3	66,4	12,3	18	53	57	5	8	1
	Median	4,7	4,4	96,7	19,8	38	80	62	10	8	1
	2. Quartil	5,5	5,3	116,8	31,8	50	91	67	15	8	2
ABv(0-5)	N	9	9	9	9	9	9	2	2	2	2
	Mittelwert	4,1	3,5	22,1	4,6	14	31	29	5	4	26
	Minimum	3,6	3,1	13,2	2,6	8	12	20	3	4	26
	Maximum	4,6	4,0	28,6	7,9	21	58	39	7	4	27
	1. Quartil	3,8	3,2	16,8	3,4	8	14	20	3	4	26
	Median	4,2	3,5	23,8	4,8	17	28	29	5	4	26
	2. Quartil	4,3	3,6	27,0	5,2	20	49	39	7	4	27
ABv	N	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1
	Mittelwert	4,2	3,6	12,9	2,7	12	13	14	3	4	54
	Minimum	3,7	3,3	3,9	1,7	9	6	14	3	4	54
	Maximum	4,6	4,1	17,8	4,0	16	27	14	3	4	54
	1. Quartil	4,0	3,4	11,7	2,1	10	7	14	3	4	54
	Median	4,1	3,6	12,8	2,8	10	13	14	3	4	54
	2. Quartil	4,4	3,8	15,8	3,2	13	18	14	3	4	54
Bv	N	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1
	Mittelwert	4,5	4,1	11,2	2,4	15	13	7	2	3	75
	Minimum	4,2	3,7	3,3	1,1	9	5	7	2	3	75
	Maximum	5,1	4,3	17,1	3,1	33	39	7	2	3	75
	1. Quartil	4,3	3,9	7,2	1,8	11	7	7	2	3	75
	Median	4,5	4,1	10,7	2,4	14	10	7	2	3	75
	2. Quartil	4,6	4,3	15,2	2,9	17	14	7	2	3	75
Et	N	7	7	7	7	7	7	1	1	1	1
	Mittelwert	4,5	4,0	9,1	2,1	29	22	5	2	3	68
	Minimum	4,1	3,6	3,3	0,7	14	8	5	2	3	68
	Maximum	5,0	4,3	18,0	5,8	62	71	5	2	3	68
	1. Quartil	4,3	3,8	4,0	0,8	21	8	5	2	3	68
	Median	4,5	4,1	7,9	1,4	24	12	5	2	3	68
	2. Quartil	4,9	4,3	14,6	3,1	33	29	5	2	3	68
Bt	N	12	12	11	12	11	12	2	2	2	2
	Mittelwert	5,3	4,5	20,6	6,4	54	78	61	10	3	7
	Minimum	4,6	3,8	11,0	4,2	15	28	40	9	2	1
	Maximum	6,9	6,5	49,8	11,1	97	99	83	11	3	13
	1. Quartil	4,8	4,0	13,5	4,8	39	63	40	9	2	1
	Median	5,1	4,2	17,8	6,0	60	86	61	10	3	7
	2. Quartil	5,7	4,4	21,2	7,4	66	95	83	11	3	13
C	N	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
	Mittelwert	6,2	4,8	15,5	7,8	38	96	81	10	3	1
	Minimum	5,9	4,4	4,1	3,0	15	95	81	10	3	1
	Maximum	6,4	5,2	26,9	12,6	62	98	81	10	3	1
	1. Quartil	5,9	4,4	4,1	3,0	15	95	81	10	3	1
	Median	6,2	4,8	15,5	7,8	38	96	81	10	3	1
	2. Quartil	6,4	5,2	26,9	12,6	62	98	81	10	3	1
Cca	N	7	7	2	3	2	3	1	1	1	1
	Mittelwert	8,0	7,6	4,4	12,5	15	99	96	1	1	0
	Minimum	7,5	7,1	4,0	10,7	13	99	96	1	1	0
	Maximum	8,6	8,2	4,8	15,6	17	99	96	1	1	0
	1. Quartil	7,7	7,4	4,0	10,7	13	99	96	1	1	0
	Median	8,2	7,5	4,4	11,1	15	99	96	1	1	0
	2. Quartil	8,2	8,1	4,8	15,6	17	99	96	1	1	0

Fahlerden 2001

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Na-Sättigung %	Mn-Sättigung %	Al-Sättigung %	Fe-Sättigung %	H-Sättigung %
F+H	N	25	25	25	24	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Mittelwert	4,8	4,3	87,8	23,0	33	76	57	12	5	1	7	4	1	12
	Minimum	3,7	2,9	26,8	8,4	13	44	31	6	3	1	2	0	0	0
	Maximum	5,7	5,4	156,7	47,3	54	95	81	17	9	3	13	19	3	33
	1. Quartil	4,3	3,8	60,6	13,6	22	70	51	11	4	1	3	1	0	5
	Median	4,8	4,2	95,4	22,5	33	79	59	12	5	1	7	2	0	9
	2. Quartil	5,3	4,9	112,2	31,1	40	85	64	15	6	1	10	6	1	17
ABv(0-5)	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Mittelwert	4,2	3,5	28,3	7,1	16	46	34	7	4	1	3	32	4	14
	Minimum	3,7	3,0	17,2	2,9	5	16	9	3	1	1	0	2	0	1
	Maximum	4,9	4,4	61,9	37,3	33	83	64	13	6	2	9	61	8	27
	1. Quartil	4,0	3,3	22,8	4,2	11	30	19	5	3	1	1	20	1	9
	Median	4,1	3,4	27,7	5,2	15	45	31	8	3	1	2	30	4	15
	2. Quartil	4,4	3,6	31,7	6,5	20	69	53	9	4	1	5	48	7	19
ABv	N	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Mittelwert	4,4	3,6	18,4	4,1	13	27	20	4	2	1	2	56	4	11
	Minimum	4,0	3,3	11,8	1,5	5	10	5	1	1	1	0	6	1	1
	Maximum	5,6	4,6	29,5	7,1	20	82	77	7	4	2	5	87	8	18
	1. Quartil	4,3	3,5	14,0	2,8	9	18	11	3	2	1	1	45	2	8
	Median	4,3	3,5	17,1	3,9	13	24	16	4	2	1	1	57	4	11
	2. Quartil	4,5	3,7	22,0	5,4	16	30	23	4	3	1	2	61	5	15
Bv	N	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Mittelwert	4,6	3,9	15,2	3,5	18	23	16	3	2	2	2	70	1	5
	Minimum	4,1	3,5	6,3	0,9	7	6	3	1	1	1	0	7	0	0
	Maximum	5,5	4,5	27,7	7,9	50	91	79	12	4	6	5	88	2	10
	1. Quartil	4,4	3,7	11,3	1,9	10	11	6	1	1	1	1	71	0	3
	Median	4,5	3,8	14,8	3,0	17	14	8	2	2	1	1	77	1	5
	2. Quartil	4,7	4,1	20,3	4,6	23	24	14	3	3	2	2	82	1	7
Et	N	21	21	21	20	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mittelwert	4,9	4,1	14,2	3,4	23	31	21	6	2	2	2	61	1	6
	Minimum	4,2	3,5	5,1	1,0	5	9	4	1	1	1	0	15	0	0
	Maximum	7,8	7,4	34,5	11,9	73	80	63	24	4	6	3	87	2	20
	1. Quartil	4,5	3,7	8,6	1,7	12	13	6	2	2	1	1	47	0	0
	Median	4,6	3,9	11,1	2,7	19	18	13	3	3	1	2	69	0	6
	2. Quartil	5,1	4,1	19,0	3,3	27	47	34	6	3	2	2	80	1	8
Bt	N	27	27	26	25	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Mittelwert	5,5	4,3	21,5	8,2	46	76	58	14	3	1	1	21	0	3
	Minimum	4,4	3,6	8,1	1,6	24	11	5	2	2	1	0	0	0	0
	Maximum	7,8	6,8	34,5	18,9	71	99	85	27	4	3	3	80	2	7
	1. Quartil	4,9	3,8	16,4	5,5	33	56	44	10	2	1	0	3	0	1
	Median	5,3	4,0	20,8	6,9	44	81	64	14	3	1	1	14	0	2
	2. Quartil	5,8	4,4	25,9	9,7	60	95	75	18	3	2	1	39	0	4
C	N	13	13	8	6	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Mittelwert	6,8	5,8	19,9	6,3	59	97	75	18	2	1	1	2	0	1
	Minimum	5,6	4,2	4,2	0,7	45	94	68	14	1	1	0	0	0	0
	Maximum	8,5	7,8	30,9	9,8	67	98	81	27	3	2	1	4	0	2
	1. Quartil	6,1	4,6	13,7	3,3	51	95	71	16	2	1	1	1	0	0
	Median	6,8	6,1	22,1	7,2	62	96	76	16	2	1	1	1	0	1
	2. Quartil	7,4	6,8	24,6	9,1	66	98	78	20	3	2	1	3	0	2
Cca	N	16	16	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mittelwert	8,1	7,2	42,4	6,2	84	69	49	14	3	2	1	28	0	2
	Minimum	4,8	3,8	20,9	6,2	51	69	49	14	3	2	1	28	0	2
	Maximum	8,8	8,1	57,0	6,2	100	69	49	14	3	2	1	28	0	2
	1. Quartil	8,1	7,2	20,9	6,2	61	69	49	14	3	2	1	28	0	2
	Median	8,5	7,4	49,3	6,2	93	69	49	14	3	2	1	28	0	2
	2. Quartil	8,5	7,5	57,0	6,2	99	69	49	14	3	2	1	28	0	2

Podsole 1986

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	11	11	10	6	11	6	6	6	6	6
	Mittelwert	3,6	2,9	80,8	14,9	12	38	29	6	3	20
	Minimum	3,2	2,7	25,6	11,6	7	22	15	3	2	8
	Maximum	3,8	3,2	109,7	17,6	16	56	43	9	4	35
	1. Quartil	3,4	2,7	62,8	13,3	9	24	18	4	3	13
	Median	3,5	3,0	94,7	15,0	11	41	31	6	3	18
	2. Quartil	3,7	3,0	101,0	16,6	13	47	38	8	3	32
AEs(0-5)	N	10	10	10	5	9	5	5	5	4	5
	Mittelwert	3,7	3,0	19,8	3,3	7	27	19	3	3	35
	Minimum	3,4	2,8	5,6	2,2	5	19	16	2	1	20
	Maximum	4,0	3,2	36,9	4,7	10	38	24	5	5	52
	1. Quartil	3,6	2,9	11,8	2,2	5	21	16	2	2	24
	Median	3,6	3,0	20,6	3,1	7	26	17	3	4	37
	2. Quartil	3,7	3,1	27,0	4,5	9	33	22	4	5	45
AEs	N	7	7	7	4	7	4	4	4	2	4
	Mittelwert	3,9	3,3	11,9	2,1	6	28	19	3	3	48
	Minimum	3,6	2,8	4,7	1,3	2	14	10	1	2	30
	Maximum	4,4	4,1	25,6	3,3	13	52	34	3	4	66
	1. Quartil	3,6	3,0	6,4	1,4	4	16	11	2	2	33
	Median	3,9	3,3	10,2	1,8	5	24	16	3	3	48
	2. Quartil	4,1	3,7	14,4	3,0	8	46	30	3	4	63
Es	N	9	9	9	5	9	5	5	5	3	5
	Mittelwert	3,9	3,4	6,3	1,5	9	31	21	3	2	43
	Minimum	3,6	3,1	2,6	1,0	4	15	8	1	2	16
	Maximum	4,5	4,3	10,6	1,9	13	59	36	5	3	64
	1. Quartil	3,7	3,2	4,5	1,1	7	18	12	1	2	26
	Median	3,9	3,3	5,4	1,5	9	23	19	2	2	47
	2. Quartil	4,2	3,8	9,2	1,8	11	48	30	5	3	58
Bsh	N	20	20	20	10	20	10	10	10	6	10
	Mittelwert	4,2	4,0	9,1	1,4	12	31	21	2	6	51
	Minimum	3,5	3,4	3,2	0,6	3	16	8	0	2	21
	Maximum	4,6	4,4	17,6	3,7	29	64	39	5	9	71
	1. Quartil	3,9	3,9	4,9	0,8	6	18	14	1	3	26
	Median	4,3	4,1	7,8	1,1	12	26	17	1	6	57
	2. Quartil	4,4	4,3	13,8	1,6	15	42	29	3	8	67
C	N	12	13	13	7	12	7	7	7	5	6
	Mittelwert	4,4	4,2	4,1	1,0	19	40	27	3	7	39
	Minimum	3,9	3,6	1,9	0,4	8	14	10	0	3	13
	Maximum	5,3	4,4	10,6	1,9	32	72	47	8	12	59
	1. Quartil	4,1	4,1	2,1	0,7	11	30	20	1	4	14
	Median	4,4	4,2	2,9	0,9	19	36	27	1	6	49
	2. Quartil	4,5	4,3	5,8	1,0	24	54	31	6	10	55

Podsole 1991

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	23	23	23	23	23	23	7	7	7	7
	Mittelwert	3,6	3,0	96,3	19,6	12	46	40	8	3	7
	Minimum	2,8	2,7	56,9	6,2	6	14	26	4	2	5
	Maximum	4,1	3,4	136,5	28,1	16	68	51	11	4	11
	1. Quartil	3,5	2,8	79,6	15,8	10	37	37	8	2	6
	Median	3,6	3,0	94,3	20,6	12	48	41	9	3	8
	2. Quartil	3,8	3,2	122,8	24,1	14	56	47	10	4	8
AEs(0-5)	N	11	11	11	11	11	11	5	5	5	5
	Mittelwert	3,7	3,0	26,5	3,9	10	22	9	4	3	37
	Minimum	3,2	2,8	4,4	1,5	4	12	3	2	2	26
	Maximum	4,0	3,4	80,1	10,9	23	30	15	6	5	45
	1. Quartil	3,4	2,9	15,7	2,6	6	19	3	3	2	28
	Median	3,7	3,0	18,5	3,0	7	19	10	4	3	38
	2. Quartil	3,8	3,1	34,9	4,4	14	26	14	6	5	44
AEs	N	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3
	Mittelwert	3,9	3,4	14,5	2,7	7	19	5	1	4	41
	Minimum	3,3	2,7	3,4	0,5	4	8	3	1	2	27
	Maximum	4,6	4,3	51,5	11,1	12	39	9	2	6	65
	1. Quartil	3,6	3,1	4,5	1,2	5	10	3	1	2	27
	Median	3,8	3,3	10,8	1,8	5	15	3	1	4	31
	2. Quartil	4,3	3,9	16,5	2,2	11	31	9	2	6	65
Es	N	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3
	Mittelwert	3,9	3,3	11,2	1,5	16	27	8	2	2	40
	Minimum	3,6	3,2	2,4	1,1	7	11	5	1	2	27
	Maximum	4,3	3,5	48,5	2,1	41	81	11	3	3	48
	1. Quartil	3,7	3,2	2,9	1,2	8	13	5	1	2	27
	Median	4,0	3,2	5,6	1,4	11	17	7	2	3	47
	2. Quartil	4,2	3,5	10,3	1,8	19	35	11	3	3	48
Bsh	N	21	21	21	21	21	21	10	10	10	10
	Mittelwert	4,4	4,1	9,5	1,1	14	19	6	2	4	50
	Minimum	3,9	3,3	2,1	0,5	5	9	4	1	2	25
	Maximum	5,0	4,6	55,8	3,4	29	44	9	5	7	68
	1. Quartil	4,2	3,8	3,2	0,7	8	13	4	1	2	36
	Median	4,4	4,1	6,7	1,0	12	16	5	2	4	48
	2. Quartil	4,6	4,3	11,8	1,4	20	23	8	3	5	65
C	N	18	18	18	18	18	18	5	5	5	5
	Mittelwert	4,7	4,3	5,6	0,7	18	27	7	3	4	50
	Minimum	3,9	3,5	0,7	0,3	4	9	2	1	1	22
	Maximum	5,2	4,7	13,7	2,1	43	55	15	6	7	65
	1. Quartil	4,5	4,3	2,7	0,4	11	13	4	1	2	36
	Median	4,8	4,3	4,4	0,7	16	24	6	2	4	51
	2. Quartil	4,8	4,5	7,5	0,8	28	44	11	4	7	64

Podsole 2001

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Na-Sättigung %	Mn-Sättigung %	Al-Sättigung %	Fe-Sättigung %	H-Sättigung %
F+H	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	3,6	2,9	86,6	18,3	13	48	35	8	3	2	1	14	2	35
	Minimum	3,4	2,7	62,3	12,6	11	32	23	4	1	1	0	9	1	10
	Maximum	3,9	3,0	118,1	22,8	15	74	52	16	5	5	2	27	4	44
	1. Quartil	3,4	2,8	77,7	15,6	11	39	30	5	2	2	0	11	1	32
	Median	3,6	2,9	83,8	18,7	13	47	32	8	2	2	1	13	2	37
	2. Quartil	3,7	3,0	94,7	20,8	14	54	39	11	3	3	2	15	3	43
AEs(0-5)	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	3,7	3,0	16,4	2,6	7	20	13	3	2	2	0	44	5	31
	Minimum	3,5	2,7	7,4	1,0	4	10	7	1	1	1	0	32	1	18
	Maximum	3,9	3,1	32,4	4,4	14	37	27	6	4	4	1	62	11	42
	1. Quartil	3,7	2,9	10,8	1,7	5	15	9	2	1	1	0	33	2	27
	Median	3,7	3,0	14,8	2,5	6	19	13	3	2	2	0	43	4	30
	2. Quartil	3,8	3,1	20,7	3,3	7	25	16	4	2	2	0	54	7	36
AEs	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mittelwert	4,0	3,3	8,8	2,8	10	10	6	1	2	1	0	48	4	38
	Minimum	3,7	3,0	5,8	0,9	4	0	0	0	0	0	0	1	0	13
	Maximum	4,3	3,7	12,0	8,0	16	18	13	3	4	2	0	69	9	98
	1. Quartil	3,7	3,0	6,7	1,0	7	3	2	1	1	0	0	24	1	17
	Median	4,0	3,2	9,4	1,6	9	12	5	2	1	1	0	60	4	27
	2. Quartil	4,2	3,6	10,8	5,1	14	15	10	2	3	2	0	66	8	64
Es	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Mittelwert	4,0	3,2	7,3	1,1	5	18	11	2	2	3	0	44	7	31
	Minimum	3,8	3,0	2,4	0,4	2	10	6	1	1	2	0	25	1	26
	Maximum	4,4	3,5	11,6	1,5	7	30	19	4	2	5	0	61	14	34
	1. Quartil	3,8	3,0	3,5	0,6	3	12	7	1	1	2	0	28	2	28
	Median	3,9	3,1	7,5	1,2	6	17	10	2	2	3	0	45	7	31
	2. Quartil	4,3	3,4	10,8	1,4	6	27	17	4	2	5	0	59	13	33
Bsh	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Mittelwert	4,4	4,0	9,7	1,2	8	12	7	1	2	3	0	70	6	11
	Minimum	4,0	3,4	3,5	0,4	1	7	3	1	0	1	0	41	0	0
	Minimum	4,0	3,4	3,5	0,4	1	7	3	1	0	1	0	41	0	0
	Maximum	4,8	4,5	16,7	2,4	18	37	29	2	4	9	0	87	34	19
	1. Quartil	4,2	3,6	5,9	0,6	5	9	4	1	1	1	0	65	2	7
	Median	4,4	4,1	9,6	1,0	7	10	5	1	1	3	0	73	3	12
	2. Quartil	4,6	4,3	13,7	1,7	11	15	6	2	2	4	0	80	7	14
C	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Mittelwert	4,7	4,3	5,2	0,6	21	18	8	2	4	4	1	71	2	8
	Minimum	4,1	3,4	2,1	0,2	6	9	3	1	1	2	0	37	0	0
	Maximum	5,1	4,6	11,6	2,1	47	24	12	4	6	7	2	86	15	26
	1. Quartil	4,6	4,3	3,4	0,3	11	14	5	2	2	3	0	71	0	2
	Median	4,7	4,4	5,0	0,4	20	18	7	2	3	3	1	74	1	7
	2. Quartil	4,8	4,5	6,4	0,6	28	22	11	3	5	5	1	78	3	9

Gleypodsole 1986

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
	Mittelwert	3,6	2,8	95,5	16,5	9	35	27	6	3	26
	Minimum	3,5	2,8	86,3	15,9	7	34	25	3	3	19
	Maximum	3,6	2,9	105,6	17,2	12	37	28	9	3	34
	1. Quartil	3,5	2,8	86,3	15,9	7	34	25	3	3	19
	Median	3,5	2,8	94,6	16,5	9	35	27	6	3	26
	2. Quartil	3,6	2,9	105,6	17,2	12	37	28	9	3	34
AEs(0-5)	N	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
	Mittelwert	3,5	2,8	36,1	6,2	6	18	10	4	3	42
	Minimum	3,4	2,7	34,9	5,8	4	9	4	3	2	36
	Maximum	3,6	2,9	36,7	6,6	7	26	16	5	5	48
	1. Quartil	3,4	2,7	34,9	5,8	4	9	4	3	2	36
	Median	3,5	2,8	36,6	6,2	6	18	10	4	3	42
	2. Quartil	3,6	2,9	36,7	6,6	7	26	16	5	5	48
AEs	N	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
	Mittelwert	3,7	3,1	14,9	3,3	4	19	11	2	6	62
	Minimum	3,7	3,0	11,3	2,3	2	10	7	1	2	52
	Maximum	3,8	3,3	21,9	4,3	7	28	15	2	11	71
	1. Quartil	3,7	3,0	11,3	2,3	2	10	7	1	2	52
	Median	3,7	3,0	11,4	3,3	4	19	11	2	6	62
	2. Quartil	3,8	3,3	21,9	4,3	7	28	15	2	11	71
Es	N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Mittelwert	4,0	3,5	10,2	1,9	3	23	15	2	6	67
	Minimum	3,9	3,3	9,7	1,7	2	15	11	2	1	55
	Maximum	4,1	3,8	10,7	2,1	4	31	19	2	10	78
	1. Quartil	3,9	3,3	9,7	1,7	2	15	11	2	1	55
	Median	4,0	3,5	10,2	1,9	3	23	15	2	6	67
	2. Quartil	4,1	3,8	10,7	2,1	4	31	19	2	10	78
Bsh	N	7	7	7	5	7	5	5	5	5	5
	Mittelwert	4,2	4,1	23,6	4,2	8	16	10	2	4	75
	Minimum	4,1	3,8	8,7	1,4	0	5	4	1	0	52
	Maximum	4,3	4,3	50,1	7,5	14	36	22	4	10	92
	1. Quartil	4,1	3,8	9,7	1,6	2	7	4	1	1	62
	Median	4,2	4,2	22,4	3,3	9	11	8	2	3	77
	2. Quartil	4,3	4,3	32,9	7,2	13	28	17	3	9	87
G	N	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4
	Mittelwert	4,6	4,4	4,5	0,6	13	52	39	6	7	38
	Minimum	4,4	4,3	3,3	0,3	4	36	27	4	3	12
	Maximum	5,0	4,6	5,7	1,0	24	75	62	9	14	57
	1. Quartil	4,5	4,3	3,4	0,4	6	39	27	5	3	18
	Median	4,6	4,4	4,9	0,5	12	47	34	5	5	41
	2. Quartil	4,8	4,6	5,4	0,9	20	69	56	8	12	54

Gleypodsole 1991

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Al-Sättigung %
F+H	N	7	7	7	7	7	7	1	1	1	1
	Mittelwert	3,4	2,8	88,2	17,4	8	30	20	6	2	12
	Minimum	3,0	2,6	58,8	14,5	5	13	20	6	2	12
	Maximum	3,9	3,2	105,6	21,1	14	54	20	6	2	12
	1. Quartil	3,3	2,7	81,7	15,1	6	21	20	6	2	12
	Median	3,4	2,7	91,3	17,4	7	28	20	6	2	12
	2. Quartil	3,7	3,1	97,6	19,9	10	41	20	6	2	12
AEs(0-5)	N	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
	Mittelwert	3,5	3,0	34,9	4,9	7	14	8	3	3	24
	Minimum	3,4	2,8	17,7	2,4	5	9	8	3	3	24
	Maximum	3,5	3,5	49,3	7,3	10	17	8	3	3	24
	1. Quartil	3,4	2,8	17,7	2,4	5	9	8	3	3	24
	Median	3,5	2,8	37,7	5,0	7	15	8	3	3	24
	2. Quartil	3,5	3,5	49,3	7,3	10	17	8	3	3	24
AEs	N	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
	Mittelwert	3,9	3,1	12,6	2,8	12	13				
	Minimum	3,8	3,1	5,0	1,7	5	9				
	Maximum	4,0	3,2	20,2	3,9	20	16				
	1. Quartil	3,8	3,1	5,0	1,7	5	9				
	Median	3,9	3,1	12,6	2,8	12	13				
	2. Quartil	4,0	3,2	20,2	3,9	20	16				
Es	N	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
	Mittelwert	4,0	3,5	8,5	2,0	8	11	4	1	2	45
	Minimum	3,6	3,4	3,4	1,7	5	9	4	1	2	45
	Maximum	4,2	3,6	12,6	2,3	12	12	4	1	2	45
	1. Quartil	3,6	3,4	3,4	1,7	5	9	4	1	2	45
	Median	4,1	3,6	9,4	2,0	6	11	4	1	2	45
	2. Quartil	4,2	3,6	12,6	2,3	12	12	4	1	2	45
Bsh	N	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1
	Mittelwert	4,3	4,0	38,6	3,4	7	9	2	0	1	76
	Minimum	4,1	3,7	13,6	1,7	1	5	2	0	1	76
	Maximum	4,5	4,3	88,5	5,6	14	14	2	0	1	76
	1. Quartil	4,1	3,8	16,2	1,8	4	5	2	0	1	76
	Median	4,2	4,2	29,4	2,9	6	10	2	0	1	76
	2. Quartil	4,4	4,3	65,6	5,2	11	13	2	0	1	76
G	N	7	7	7	7	7	7	2	2	2	2
	Mittelwert	4,7	4,4	5,0	0,7	17	24	7	1	5	37
	Minimum	4,6	4,3	1,0	0,5	7	14	6	1	5	30
	Maximum	4,9	4,5	11,3	0,9	38	44	9	1	5	45
	1. Quartil	4,6	4,3	1,6	0,6	8	17	6	1	5	30
	Median	4,6	4,4	3,2	0,7	14	22	7	1	5	37
	2. Quartil	4,8	4,5	8,6	0,8	20	34	9	1	5	45

Gleypodsole 2001

		pH(H2O)	pH(KCl)	T-Wert mmolc/100g Boden	Ake mmolc/100g Boden	Basensättg. (K/A) %	Basensättg. (B) %	Ca-Sättigung %	Mg-Sättigung %	K-Sättigung %	Na-Sättigung %	Mn-Sättigung %	Al-Sättigung %	Fe-Sättigung %	H-Sättigung %
F+H	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	3,6	2,8	93,6	19,0	11	43	28	8	3	4	1	18	2	36
	Minimum	3,4	2,8	65,4	10,8	7	30	19	5	2	1	0	10	1	33
	Maximum	3,7	2,9	112,8	23,8	13	55	34	13	4	8	1	27	3	39
	1. Quartil	3,4	2,8	65,4	10,8	7	30	19	5	2	1	0	10	1	33
	Median	3,6	2,8	102,5	22,6	12	45	31	7	3	3	0	16	2	37
	2. Quartil	3,7	2,9	112,8	23,8	13	55	34	13	4	8	1	27	3	39
AEs(0-5)	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	3,6	2,8	20,8	2,7	4	21	13	4	2	3	0	45	3	30
	Minimum	3,5	2,7	14,2	2,2	3	20	10	2	1	2	0	37	2	25
	Maximum	3,7	3,0	30,6	3,8	5	23	16	5	2	5	0	53	4	37
	1. Quartil	3,5	2,7	14,2	2,2	3	20	10	2	1	2	0	37	2	25
	Median	3,6	2,8	17,6	2,2	4	20	13	3	2	2	0	47	2	30
	2. Quartil	3,7	3,0	30,6	3,8	5	23	16	5	2	5	0	53	4	37
AEs	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	3,8	3,0	15,4	2,6	3	11	7	1	1	2	0	56	2	30
	Minimum	3,6	2,8	12,3	2,0	1	10	5	1	1	1	0	40	1	15
	Maximum	4,0	3,2	20,2	3,5	4	14	10	2	2	2	0	71	4	49
	1. Quartil	3,6	2,8	12,3	2,0	1	10	5	1	1	1	0	40	1	15
	Median	3,8	3,0	13,6	2,4	4	10	6	1	1	2	0	57	3	27
	2. Quartil	4,0	3,2	20,2	3,5	4	14	10	2	2	2	0	71	4	49
Es	N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mittelwert	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
	Minimum	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
	Maximum	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
	1. Quartil	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
	Median	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
	2. Quartil	4,5	4,3	11,6	1,0	7	16	7	1	4	4	0	83	1	0
Bsh	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mittelwert	4,2	3,7	24,9	2,9	2	6	3	1	1	2	0	80	2	12
	Minimum	3,8	3,2	8,3	1,2	1	4	2	1	0	1	0	51	1	0
	Maximum	4,5	4,2	49,7	6,5	3	8	5	1	1	2	0	91	3	39
	1. Quartil	4,0	3,4	11,4	1,4	1	5	2	1	0	1	0	68	2	3
	Median	4,2	3,8	21,2	2,1	2	6	2	1	1	1	0	86	2	7
	2. Quartil	4,5	4,1	40,2	4,8	3	8	4	1	1	2	0	90	3	23
G	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Mittelwert	4,7	4,4	5,7	0,6	11	18	7	2	3	6	0	77	2	3
	Minimum	4,4	4,2	3,1	0,3	2	10	2	1	1	3	0	66	1	0
	Maximum	5,0	4,5	12,7	1,1	19	30	12	3	5	14	0	84	4	14
	1. Quartil	4,6	4,2	4,3	0,3	5	12	4	1	2	4	0	75	1	0
	Median	4,7	4,4	5,4	0,5	13	18	6	2	3	5	0	76	1	0
	2. Quartil	4,8	4,5	6,0	0,9	17	22	10	2	4	8	0	81	4	7

Elementgehalte

Gesamtstichprobe

	C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	S-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
1986															
N	456	455	456	456	456	456	182	456	456	456	182	0	0	0	0
Mittelwert	4,3	0,19	0,029	0,84	0,11	0,95	0,49	36,5	2,6	7,1	2,0				
Minimum	0,0	0,00	0,004	0,01	0,02	0,22	0,08	1,0	0,1	0,2	0,1				
Maximum	44,7	1,88	0,100	19,50	0,79	2,42	0,95	516,0	22,8	108,5	36,0				
1. Quartil	0,1	0,01	0,017	0,15	0,06	0,77	0,40	3,0	0,3	1,6	0,3				
Median	0,5	0,03	0,024	0,19	0,09	0,95	0,48	6,0	0,7	2,4	1,0				
2. Quartil	2,1	0,11	0,034	0,26	0,12	1,14	0,58	31,8	2,3	6,0	2,0				
1991															
N	502	502	111	111	111	111	0	501	501	501	270	0	174	492	175
Mittelwert	6,7	0,28	0,029	0,32	0,13	0,95		50,4	4,8	6,6	2,1		4,6	12,9	0,3
Minimum	0,0	0,00	0,004	0,12	0,05	0,22		0,3	0,0	0,2	0,1		0,0	0,0	0,0
Maximum	48,7	2,02	0,074	2,70	0,76	2,15		516,0	61,6	115,8	16,8		128,4	91,6	2,2
1. Quartil	0,1	0,01	0,015	0,18	0,08	0,75		1,8	0,3	1,3	0,5		0,0	3,6	0,0
Median	0,6	0,03	0,026	0,23	0,10	0,93		4,0	0,7	2,0	1,0		0,3	8,4	0,0
2. Quartil	4,0	0,19	0,041	0,33	0,16	1,14		73,0	5,6	5,9	2,5		1,4	16,8	0,5
2001															
N	513	513	85	85	85	85	0	513	513	513	513	513	512	513	513
Mittelwert	4,4	0,21	0,051	0,90	0,31	1,65		53,4	6,0	6,7	1,8	1,8	4,2	10,3	1,7
Minimum	0,0	0,00	0,012	0,16	0,08	0,64		0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
Maximum	45,2	2,07	0,115	6,90	1,09	2,44		606,2	96,7	146,3	41,3	18,1	131,7	72,1	16,1
1. Quartil	0,1	0,01	0,036	0,26	0,16	1,48		1,0	0,2	0,7	0,4	0,6	0,1	3,1	0,0
Median	0,4	0,03	0,045	0,34	0,28	1,66		6,2	1,0	1,8	0,8	1,1	0,4	7,8	0,3
2. Quartil	2,3	0,12	0,062	0,57	0,41	1,85		71,3	6,6	6,3	1,7	2,0	1,7	15,5	2,3

Braunerden 1986

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	37	37	37	37	37	37	16	37	37	37	16
	Mittelwert	24,7	0,97	0,057	1,99	0,08	0,63	0,34	119,4	10,3	20,0	4,2
	Minimum	11,1	0,54	0,014	0,14	0,02	0,25	0,13	46,0	4,4	9,6	1,0
	Maximum	39,8	1,50	0,100	63,00	0,20	1,12	0,58	382,0	22,8	44,3	8,3
	1. Quartil	18,8	0,77	0,047	0,22	0,06	0,50	0,27	72,0	6,9	13,7	2,3
	Median	25,1	0,92	0,053	0,27	0,08	0,55	0,31	110,0	10,5	18,8	3,8
	2. Quartil	29 6	1 12	0 070	0 39	0 10	0 79	0 43	149 0	12 7	23 2	6 3
ABv(0-5	N	37	37	37	37	37	37	16	37	37	37	16
	Mittelwert	2,6	0,13	0,027	0,26	0,09	0,95	0,50	9,8	1,3	4,4	0,9
	Minimum	0,9	0,04	0,008	0,10	0,05	0,61	0,29	3,0	0,1	1,2	0,1
	Maximum	8,9	0,56	0,066	3,00	0,22	1,43	0,65	28,0	3,0	13,2	2,4
	1. Quartil	1,8	0,08	0,019	0,16	0,07	0,87	0,44	5,0	0,7	2,6	0,4
	Median	2,3	0,11	0,024	0,18	0,08	0,95	0,48	7,0	1,2	3,2	0,5
	2. Quartil	2,8	0,14	0,033	0,22	0,11	1,05	0,59	13,0	1,7	6,0	1,5
ABv	N	32	32	32	32	32	32	13	32	32	32	13
	Mittelwert	1,0	0,07	0,026	0,23	0,09	0,97	0,50	4,6	0,6	2,4	0,6
	Minimum	0,4	0,02	0,010	0,05	0,02	0,33	0,19	1,0	0,1	0,7	0,1
	Maximum	4,5	0,23	0,052	2,00	0,23	1,57	0,69	18,0	1,8	6,5	2,0
	1. Quartil	0,7	0,04	0,021	0,16	0,08	0,84	0,43	2,0	0,2	1,6	0,2
	Median	0,8	0,05	0,024	0,17	0,09	1,00	0,48	4,0	0,5	2,2	0,3
	2. Quartil	1,2	0,07	0,030	0,21	0,11	1,06	0,62	6,0	0,8	2,8	0,9
Bv	N	37	37	37	37	37	37	13	37	37	37	13
	Mittelwert	0,5	0,03	0,026	0,42	0,11	1,02	0,60	3,6	0,4	2,1	0,5
	Minimum	0,1	0,00	0,013	0,10	0,05	0,50	0,42	1,0	0,1	0,6	0,1
	Maximum	1,0	0,11	0,058	9,00	0,24	1,60	0,94	9,0	0,9	6,0	1,6
	1. Quartil	0,3	0,01	0,020	0,15	0,08	0,90	0,47	2,0	0,1	1,2	0,2
	Median	0,5	0,03	0,024	0,17	0,10	1,04	0,55	4,0	0,3	1,8	0,2
	2. Quartil	0 6	0 04	0 030	0 22	0 12	1 23	0 70	5 0	0 6	2 3	0 8
(Bv)	N	58	58	58	58	58	58	23	58	58	58	23
	Mittelwert	0,2	0,02	0,020	1,99	0,11	1,01	0,54	6,3	0,5	1,7	0,5
	Minimum	0,0	0,00	0,009	0,10	0,03	0,64	0,40	1,0	0,1	0,4	0,1
	Maximum	0,6	0,11	0,063	105,00	0,38	1,57	0,73	105,0	4,5	5,6	1,8
	1. Quartil	0,1	0,01	0,013	0,15	0,07	0,84	0,48	2,0	0,1	1,0	0,2
	Median	0,2	0,01	0,017	0,18	0,10	1,00	0,51	3,0	0,4	1,4	0,2
	2. Quartil	0,2	0,02	0,023	0,20	0,12	1,17	0,64	5,0	0,7	2,2	0,8
Bt	N	14	14	14	14	14	14	5	14	14	14	5
	Mittelwert	0,1	0,01	0,026	0,24	0,25	1,38	0,59	26,6	4,8	4,6	1,6
	Minimum	0,0	0,00	0,016	0,12	0,11	0,97	0,50	3,0	0,4	2,8	0,2
	Maximum	0,3	0,03	0,039	0,40	0,44	1,75	0,64	65,0	11,4	7,2	3,6
	1. Quartil	0,1	0,01	0,019	0,18	0,19	1,15	0,53	6,8	1,9	3,0	0,3
	Median	0,2	0,01	0,027	0,22	0,23	1,32	0,60	27,5	3,7	4,6	0,7
	2. Quartil	0 2	0 02	0 033	0 28	0 34	1 66	0 64	42 5	8 5	6 6	3 4
C	N	60	59	60	60	60	60	22	60	60	60	22
	Mittelwert	0,1	0,01	0,020	1,08	0,11	1,03	0,55	13,0	1,2	1,9	0,8
	Minimum	0,0	0,00	0,008	0,10	0,04	0,57	0,41	1,0	0,1	0,2	0,2
	Maximum	0,3	0,03	0,051	28,00	0,39	1,70	0,95	86,0	9,2	5,8	4,8
	1. Quartil	0,0	0,01	0,012	0,16	0,08	0,85	0,48	3,3	0,3	0,9	0,3
	Median	0,1	0,01	0,018	0,21	0,09	1,04	0,53	6,0	0,7	1,8	0,5
	2. Quartil	0,1	0,01	0,024	0,26	0,12	1,18	0,56	17,0	1,6	2,4	1,0
Cca	N	15	15	15	15	15	15	5	15	15	15	5
	Mittelwert	0,1	0,01	0,030	1,94	0,13	1,09	0,52	164,3	1,7	3,1	2,3
	Minimum	0,0	0,00	0,015	0,24	0,05	0,58	0,30	75,0	0,3	1,0	1,0
	Maximum	0,1	0,03	0,051	5,25	0,25	1,69	0,77	374,0	6,3	9,6	4,0
	1. Quartil	0,1	0,00	0,022	0,72	0,11	0,84	0,38	107,0	1,0	2,0	1,2
	Median	0,1	0,01	0,028	1,60	0,13	1,13	0,53	150,0	1,4	2,2	1,8
	2. Quartil	0,1	0,01	0,040	2,90	0,17	1,31	0,66	196,0	1,7	2,9	3,6

Braunerden 1991

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	59	59	21	21	21	21	59	59	59	34	25	59	25
	Mittelwert	28,1	1,19	0,043	0,33	0,08	0,52	154,0	18,3	22,4	5,9	24,9	26,3	0,9
	Minimum	13,3	0,56	0,008	0,13	0,05	0,28	31,0	6,4	6,4	2,5	0,4	2,2	0,4
	Maximum	45,5	2,02	0,074	0,85	0,13	0,77	509,2	61,6	97,1	15,2	156,0	91,6	2,2
	1. Quartil	20,9	0,91	0,033	0,22	0,07	0,42	92,0	10,0	12,7	4,3	6,4	12,1	0,5
	Median	26,4	1,17	0,045	0,27	0,08	0,54	126,0	17,5	16,7	5,2	14,2	19,7	1,0
	2. Quartil	34,5	1,42	0,053	0,39	0,10	0,60	200,0	21,6	27,7	6,9	33,5	40,3	1,1
ABv(0-5	N	36	36	12	12	12	12	36	36	36	23	16	36	16
	Mittelwert	3,0	0,14	0,039	0,22	0,11	1,00	8,9	1,6	3,4	1,0	1,1	15,9	0,4
	Minimum	0,9	0,02	0,015	0,16	0,05	0,80	1,0	0,2	1,2	0,5	0,0	3,0	0,0
	Maximum	7,1	0,39	0,071	0,35	0,20	1,36	48,8	5,1	12,0	2,3	3,6	36,0	0,8
	1. Quartil	1,9	0,07	0,028	0,17	0,07	0,88	3,0	0,9	1,9	0,7	0,1	10,0	0,2
	Median	2,7	0,11	0,035	0,21	0,10	0,96	5,7	1,3	2,9	0,9	0,8	14,5	0,4
	2. Quartil	3,8	0,19	0,048	0,28	0,14	1,13	11,0	1,9	4,0	1,2	2,0	20,1	0,6
ABv	N	34	34	12	12	12	12	34	34	34	21	15	34	15
	Mittelwert	0,9	0,06	0,024	0,22	0,12	1,08	3,2	0,5	1,8	0,6	1,3	10,9	0,1
	Minimum	0,1	0,01	0,008	0,13	0,07	0,80	0,6	0,1	0,4	0,1	0,0	2,9	0,0
	Maximum	2,3	0,33	0,035	0,32	0,21	1,46	15,0	1,8	4,3	1,3	5,2	21,6	0,6
	1. Quartil	0,6	0,03	0,017	0,16	0,09	0,94	1,0	0,3	1,4	0,3	0,0	7,8	0,0
	Median	0,8	0,05	0,026	0,19	0,11	1,06	2,0	0,4	1,8	0,5	1,3	11,4	0,0
	2. Quartil	1,3	0,06	0,031	0,29	0,17	1,23	3,7	0,7	2,2	0,9	1,7	13,7	0,2
Bv	N	32	32	9	9	9	9	32	32	32	19	12	32	12
	Mittelwert	0,4	0,02	0,024	0,22	0,14	1,07	1,8	0,3	1,5	0,6	0,5	8,3	0,1
	Minimum	0,1	0,01	0,013	0,17	0,09	0,86	0,7	0,1	0,4	0,3	0,0	2,0	0,0
	Maximum	1,1	0,05	0,052	0,32	0,22	1,46	4,3	1,0	3,1	1,2	1,4	18,7	0,2
	1. Quartil	0,2	0,01	0,015	0,17	0,10	0,90	1,0	0,1	1,2	0,4	0,0	5,2	0,0
	Median	0,4	0,02	0,019	0,20	0,13	1,05	1,7	0,2	1,5	0,6	0,5	7,5	0,0
	2. Quartil	0 7	0 03	0 033	0 28	0 19	1 19	2 0	0 4	1 8	0 7	0 7	10 4	0 2
(Bv)	N	59	59	20	20	20	20	59	59	59	37	26	59	26
	Mittelwert	0,2	0,01	0,019	0,25	0,14	1,10	4,9	0,5	1,5	0,6	0,3	5,0	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,005	0,16	0,07	0,80	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0	0,4	0,0
	Maximum	1,1	0,05	0,046	0,46	0,22	1,55	79,0	3,6	4,4	1,4	1,1	18,7	0,2
	1. Quartil	0,1	0,01	0,012	0,19	0,10	0,88	1,0	0,1	1,0	0,3	0,0	2,8	0,0
	Median	0,1	0,01	0,016	0,23	0,12	1,10	1,0	0,3	1,2	0,5	0,3	3,9	0,0
	2. Quartil	0,2	0,02	0,024	0,31	0,20	1,23	2,0	0,4	1,8	0,7	0,5	5,8	0,0
Bt	N	14	14	2	2	2	2	14	14	14	5	4	14	4
	Mittelwert	0,2	0,01	0,030	0,30	0,36	1,67	48,1	6,3	4,9	1,8	2,7	13,3	0,1
	Minimum	0,1	0,00	0,017	0,18	0,23	1,57	1,0	0,7	1,2	1,1	0,0	0,3	0,0
	Maximum	0,6	0,03	0,043	0,42	0,49	1,77	166,0	11,4	10,4	3,0	10,2	39,8	0,2
	1. Quartil	0,1	0,01	0,017	0,18	0,23	1,57	12,8	2,2	2,3	1,2	0,0	0,8	0,0
	Median	0,1	0,01	0,030	0,30	0,36	1,67	44,5	7,2	5,1	1,7	0,3	7,6	0,0
	2. Quartil	0,2	0,02	0,043	0,42	0,49	1,77	64,5	9,9	6,5	2,5	7,8	23,8	0,2
C	N	57	57	7	7	7	7	57	57	57	31	13	57	13
	Mittelwert	0,1	0,01	0,019	0,27	0,15	1,05	16,4	1,2	1,7	0,8	0,4	3,7	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,006	0,15	0,09	0,84	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0
	Maximum	0,2	0,02	0,042	0,63	0,42	1,63	404,0	9,5	6,1	2,6	1,3	15,2	0,0
	1. Quartil	0,0	0,00	0,010	0,18	0,09	0,86	1,0	0,1	1,0	0,3	0,0	1,4	0,0
	Median	0,1	0,01	0,014	0,19	0,11	0,95	2,0	0,5	1,6	0,7	0,1	2,9	0,0
	2. Quartil	0,1	0,01	0,025	0,35	0,13	1,18	8,4	1,4	2,0	1,0	0,7	4,9	0,0
Cca	N	13	13	4	4	4	4	13	13	13	4	4	9	4
	Mittelwert	0,1	0,01	0,023	0,63	0,14	0,84	171,7	1,3	1,5	0,5	0,4	0,5	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,008	0,23	0,07	0,37	15,5	0,4	0,8	0,3	0,2	0,0	0,0
	Maximum	0,1	0,01	0,032	1,30	0,21	1,24	383,5	2,0	2,4	0,8	0,5	2,6	0,0
	1. Quartil	0,0	0,01	0,012	0,26	0,07	0,44	132,9	0,7	1,2	0,3	0,3	0,0	0,0
	Median	0,1	0,01	0,025	0,50	0,14	0,87	169,0	1,5	1,4	0,5	0,4	0,1	0,0
	2. Quartil	0,1	0,01	0,031	1,14	0,21	1,20	190,5	1,8	1,8	0,7	0,5	0,6	0,0

Braunerden 2001

		C-Gehalt	N-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	S-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	Mittelwert	26,4	1,15	149,7	19,9	24,5	5,8	5,4	21,5	18,8	6,5
	Minimum	6,1	0,26	61,5	5,1	5,5	2,4	1,6	2,6	3,0	1,6
	Maximum	39,6	2,06	558,0	88,7	90,8	9,4	18,1	92,2	29,9	15,8
	1. Quartil	21,3	0,82	82,6	10,6	13,5	4,4	3,4	8,4	14,9	3,8
	Median	27,3	1,17	114,8	14,3	20,0	5,9	4,9	11,6	19,3	6,0
	2. Quartil	31,5	1,32	192,7	21,6	29,3	7,0	6,2	23,5	24,5	8,4
ABv(0-5)	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	Mittelwert	3,1	0,15	10,5	1,6	3,0	0,9	1,1	1,2	15,8	3,4
	Minimum	0,9	0,05	1,9	0,4	0,8	0,3	0,3	0,0	4,5	0,4
	Maximum	11,9	0,58	43,2	4,4	7,2	2,0	2,9	4,5	27,6	12,6
	1. Quartil	2,1	0,10	4,9	0,7	1,7	0,6	0,8	0,5	12,0	1,7
	Median	2,6	0,13	8,1	1,2	2,3	0,8	0,9	1,0	16,5	3,0
	2. Quartil	3,6	0,19	12,0	1,9	4,3	1,2	1,3	1,5	19,1	4,5
ABv	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	Mittelwert	0,9	0,05	2,5	0,4	1,6	0,6	1,2	0,9	12,1	1,1
	Minimum	0,2	0,01	0,5	0,1	0,5	0,2	0,2	0,0	4,5	0,0
	Maximum	1,8	0,11	11,3	1,4	6,4	1,1	3,6	4,7	25,0	5,3
	1. Quartil	0,7	0,04	0,9	0,2	0,7	0,4	0,8	0,3	8,8	0,1
	Median	0,9	0,05	1,8	0,3	1,1	0,5	1,1	0,6	11,3	0,3
	2. Quartil	1,3	0,06	3,3	0,5	2,1	0,7	1,3	1,2	13,7	1,6
Bv	N	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	Mittelwert	0,4	0,03	1,4	0,2	0,9	0,5	1,7	0,4	7,4	0,2
	Minimum	0,1	0,01	0,3	0,1	0,0	0,2	0,3	0,0	2,3	0,0
	Maximum	1,1	0,09	6,6	0,9	2,0	1,1	5,2	1,7	20,5	2,0
	1. Quartil	0,2	0,02	0,7	0,1	0,4	0,3	0,9	0,1	4,4	0,1
	Median	0,4	0,02	0,9	0,1	0,8	0,4	1,4	0,2	6,5	0,1
	2. Quartil	0 6	0 04	1 3	0 2	1 2	0 6	2 1	0 5	8 6	0 4
(Bv)	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Mittelwert	0,2	0,01	5,9	0,4	0,9	0,5	1,3	0,3	5,1	0,1
	Minimum	0,0	0,00	0,3	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0
	Maximum	1,0	0,05	141,6	4,9	2,1	1,5	4,5	1,1	19,1	2,6
	1. Quartil	0,1	0,01	0,4	0,1	0,4	0,3	0,6	0,1	2,2	0,0
	Median	0,1	0,01	0,7	0,1	0,8	0,5	1,0	0,2	3,6	0,0
	2. Quartil	0,2	0,02	1,7	0,3	1,2	0,7	1,7	0,4	6,6	0,1
Bt	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	0,1	0,02	38,6	7,4	4,9	1,6	1,4	1,1	17,7	0,2
	Minimum	0,0	0,01	7,2	0,5	2,9	0,7	0,2	0,3	0,7	0,0
	Maximum	0,3	0,03	75,1	14,0	7,4	3,3	3,0	2,6	42,6	0,5
	1. Quartil	0,1	0,01	12,4	3,8	3,6	1,2	0,4	0,4	4,8	0,0
	Median	0,1	0,02	36,1	7,0	4,4	1,3	1,1	0,8	15,9	0,1
	2. Quartil	0,18	0,03	64,6	12,2	6,3	2,1	2,5	1,8	25,8	0,3
C	N	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	Mittelwert	0,1	0,01	14,8	1,8	1,2	0,6	0,9	0,3	3,4	0,1
	Minimum	0,0	0,00	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
	Maximum	0,3	0,03	163,1	18,7	5,6	4,4	4,6	2,3	21,1	1,8
	1. Quartil	0,0	0,00	0,5	0,1	0,5	0,2	0,3	0,1	1,4	0,0
	Median	0,1	0,01	1,4	0,2	0,8	0,4	0,6	0,2	2,7	0,0
	2. Quartil	0,1	0,01	16,9	1,7	1,4	0,6	1,3	0,4	4,5	0,1
Cca	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Mittelwert	0,1	0,00	177,6	1,7	0,8	0,8	0,2	0,2	0,1	0,0
	Minimum	0,0	0,00	163,2	1,3	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0
	Maximum	0,1	0,01	201,9	2,1	1,9	1,0	0,3	0,3	0,2	0,1
	1. Quartil	0,0	0,00	163,7	1,3	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,0
	Median	0,1	0,00	177,5	1,7	0,5	0,9	0,2	0,2	0,1	0,0
	2. Quartil	0,1	0,01	182,2	2,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,2	0,0

Fahlerden 1986

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	8	8	8	8	8	8	2	8	8	8	2
	Mittelwert	30,6	1,43	0,080	0,56	0,11	0,56	0,38	228,1	13,9	97,9	10,7
	Minimum	16,5	0,81	0,060	0,22	0,06	0,32	0,38	77,0	8,6	7,6	5,2
	Maximum	38,9	1,88	0,100	0,85	0,13	0,90	0,38	452,0	20,6	473,0	16,2
	1. Quartil	20,6	0,97	0,064	0,35	0,09	0,36	0,38	148,8	10,6	25,4	5,2
	Median	34,1	1,55	0,079	0,58	0,11	0,51	0,38	191,0	13,0	36,0	10,7
	2. Quartil	38,6	1,80	0,097	0,74	0,12	0,76	0,38	346,3	18,4	88,7	16,2
ABv(0-5	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2
	Mittelwert	4,3	0,25	0,037	0,287	0,134	1,173	0,605	27,1	2,7	7,7	0,9
	Minimum	2,2	0,14	0,030	0,18	0,08	0,92	0,50	6,0	1,1	3,7	0,6
	Maximum	6,9	0,44	0,048	0,45	0,19	1,69	0,71	81,0	5,1	11,5	1,2
	1. Quartil	3,0	0,14	0,032	0,20	0,08	0,96	0,50	10,0	1,8	5,2	0,6
	Median	4,1	0,23	0,035	0,25	0,17	1,12	0,61	17,0	2,6	8,6	0,9
	2. Quartil	6,0	0,35	0,043	0,40	0,17	1,34	0,71	42,0	3,4	9,4	1,2
ABv	N	8	8	8	8	8	8	2	8	8	8	2
	Mittelwert	1,7	0,11	0,027	0,25	0,15	1,22	0,62	7,9	1,1	4,0	0,7
	Minimum	0,6	0,04	0,020	0,18	0,08	0,95	0,48	2,0	0,5	1,6	0,5
	Maximum	3,3	0,25	0,038	0,40	0,20	1,80	0,75	22,0	2,1	6,1	0,8
	1. Quartil	0,8	0,05	0,024	0,18	0,10	1,00	0,48	3,3	0,6	2,5	0,5
	Median	1,5	0,08	0,026	0,24	0,14	1,16	0,62	5,5	0,9	4,2	0,7
	2. Quartil	2 4	0 14	0 028	0 32	0 20	1 37	0 75	12 8	1 4	5 7	0 8
Bv	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2
	Mittelwert	0,5	0,04	0,026	0,26	0,17	1,29	0,63	4,6	0,6	2,5	0,8
	Minimum	0,2	0,02	0,019	0,18	0,09	1,00	0,50	2,0	0,4	1,0	0,4
	Maximum	0,7	0,05	0,046	0,40	0,23	1,75	0,75	8,0	1,0	3,2	1,2
	1. Quartil	0,2	0,02	0,019	0,21	0,11	1,05	0,50	4,0	0,5	2,0	0,4
	Median	0,5	0,04	0,025	0,25	0,21	1,27	0,63	4,0	0,6	3,0	0,8
	2. Quartil	0,6	0,05	0,029	0,34	0,21	1,43	0,75	6,0	0,7	3,1	1,2
Et	N	6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	1
	Mittelwert	0,3	0,03	0,021	0,25	0,20	1,23	0,50	8,7	1,6	3,0	0,8
	Minimum	0,1	0,01	0,016	0,18	0,10	0,92	0,50	3,0	0,4	1,1	0,8
	Maximum	1,2	0,05	0,026	0,32	0,33	1,38	0,50	18,0	3,7	6,5	0,8
	1. Quartil	0,1	0,01	0,018	0,20	0,11	1,06	0,50	3,8	0,4	1,5	0,8
	Median	0,2	0,02	0,022	0,24	0,20	1,31	0,50	6,5	0,9	2,6	0,8
	2. Quartil	0,4	0,05	0,025	0,31	0,28	1,35	0,50	15,0	3,6	4,3	0,8
Bt	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2
	Mittelwert	0,2	0,02	0,033	0,30	0,38	1,41	0,69	63,3	8,3	5,6	3,5
	Minimum	0,0	0,01	0,022	0,23	0,21	1,17	0,56	10,0	2,8	2,2	1,7
	Maximum	0,4	0,03	0,053	0,44	0,79	1,75	0,81	106,0	12,4	8,9	5,2
	1. Quartil	0,1	0,01	0,027	0,25	0,26	1,29	0,56	49,0	6,1	5,2	1,7
	Median	0,2	0,02	0,028	0,27	0,29	1,43	0,69	62,0	9,0	5,3	3,5
	2. Quartil	0,2	0,03	0,043	0,40	0,41	1,44	0,81	88,0	9,7	6,8	5,2
C	N	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	1
	Mittelwert	0,1	0,02	0,027	0,41	0,25	1,66	0,64	102,0	10,5	7,2	6,2
	Minimum	0,0	0,01	0,025	0,20	0,14	1,31	0,64	19,0	7,4	2,0	6,2
	Maximum	0,2	0,04	0,029	0,68	0,44	2,42	0,64	272,0	14,0	14,0	6,2
	1. Quartil	0,1	0,01	0,025	0,23	0,15	1,35	0,64	27,5	8,0	2,4	6,2
	Median	0,1	0,02	0,027	0,37	0,20	1,46	0,64	58,5	10,4	6,3	6,2
	2. Quartil	0,2	0,04	0,029	0,62	0,38	2,18	0,64	220,0	13,3	12,8	6,2
Cca	N	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	1
	Mittelwert	0,1	0,02	0,033	7,31	0,27	0,99	0,33	257,3	3,2	9,0	36,0
	Minimum	0,0	0,00	0,019	1,60	0,12	0,30	0,33	125,0	1,0	1,6	36,0
	Maximum	0,2	0,05	0,039	19,50	0,48	1,40	0,33	516,0	7,2	22,0	36,0
	1. Quartil	0,0	0,00	0,023	1,76	0,15	0,44	0,33	129,5	1,1	2,0	36,0
	Median	0,1	0,01	0,036	4,08	0,24	1,12	0,33	194,0	2,3	6,1	36,0
	2. Quartil	0,1	0,04	0,038	16,10	0,43	1,40	0,33	448,3	6,2	18,8	36,0

Fahlerden 1991

		C-Gehalt	N-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	11	11	11	11	11	9	10
	Mittelwert	23,6	1,03	287,2	19,1	37,3	8,5	15,0
	Minimum	7,3	0,51	72,0	7,6	8,4	1,9	0,4
	Maximum	40,2	1,77	516,0	44,9	115,8	16,8	36,2
	1. Quartil	14,5	0,67	130,0	11,3	14,7	4,5	5,7
	Median	20,0	0,81	294,0	18,7	24,8	6,3	8,6
	2. Quartil	33,9	1,41	493,9	20,5	61,0	14,7	26,9
ABv(0-5)	N	8	8	8	8	8	6	8
	Mittelwert	3,3	0,16	22,7	1,9	4,6	1,7	20,6
	Minimum	1,7	0,09	5,0	1,0	1,9	0,6	13,0
	Maximum	5,1	0,20	43,0	2,8	12,8	3,9	29,7
	1. Quartil	2,3	0,12	7,5	1,1	2,5	1,1	16,5
	Median	3,4	0,17	22,0	1,8	3,4	1,4	20,1
	2. Quartil	4,0	0,19	38,8	2,7	5,8	2,1	25,2
ABv	N	8	8	8	8	8	5	8
	Mittelwert	1,3	0,07	5,3	0,5	1,9	1,1	19,1
	Minimum	0,8	0,05	1,0	0,1	0,8	0,5	11,9
	Maximum	2,0	0,10	14,0	0,8	3,2	3,0	28,8
	1. Quartil	1,0	0,05	2,3	0,3	1,2	0,6	14,5
	Median	1,3	0,07	3,5	0,5	1,8	0,6	18,0
	2. Quartil	1,6	0,09	7,8	0,7	2,5	1,9	24,1
Bv	N	8	8	8	8	8	6	8
	Mittelwert	0,4	0,03	4,3	0,4	2,2	1,1	16,9
	Minimum	0,0	0,01	1,0	0,1	0,7	0,5	7,6
	Maximum	0,7	0,05	15,0	1,6	3,6	2,0	23,4
	1. Quartil	0,3	0,03	1,0	0,1	1,5	0,5	10,8
	Median	0,5	0,03	2,5	0,2	2,0	0,8	18,4
	2. Quartil	0,7	0,04	5,8	0,4	3,4	2,0	22,7
Et	N	7	7	7	7	7	4	7
	Mittelwert	0,2	0,02	13,3	0,5	2,1	2,2	10,8
	Minimum	0,0	0,01	1,0	0,1	0,7	0,7	5,0
	Maximum	0,9	0,04	79,0	1,3	4,2	4,4	19,0
	1. Quartil	0,1	0,01	1,0	0,1	0,7	0,7	5,9
	Median	0,2	0,02	2,0	0,1	1,6	1,8	9,4
	2. Quartil	0,2	0,03	5,0	1,1	3,4	4,0	14,3
Bt	N	11	11	11	11	11	8	11
	Mittelwert	0,1	0,01	80,7	9,2	5,7	2,9	9,0
	Minimum	0,0	0,00	23,0	2,5	2,4	1,7	0,2
	Maximum	0,2	0,03	188,0	12,4	10,0	4,6	32,4
	1. Quartil	0,1	0,01	43,0	7,6	4,0	2,4	1,8
	Median	0,1	0,02	76,0	10,4	6,0	2,8	7,6
	2. Quartil	0,2	0,02	94,0	11,8	6,8	3,3	10,1
C	N	2	2	2	2	2	1	2
	Mittelwert	0,2	0,02	127,1	10,0	8,7	3,5	0,7
	Minimum	0,1	0,01	50,0	4,7	2,0	3,5	0,1
	Maximum	0,2	0,03	204,2	15,3	15,3	3,5	1,4
	1. Quartil	0,1	0,01	50,0	4,7	2,0	3,5	0,1
	Median	0,2	0,02	127,1	10,0	8,7	3,5	0,7
	2. Quartil	0,2	0,03	204,2	15,3	15,3	3,5	1,4
Cca	N	6	6	6	6	6	3	2
	Mittelwert	0,1	0,02	229,8	3,5	3,4	4,9	0,3
	Minimum	0,0	0,01	178,0	0,5	1,8	3,6	0,1
	Maximum	0,1	0,05	308,0	6,7	5,2	6,2	0,5
	1. Quartil	0,1	0,01	196,0	1,4	2,4	3,6	0,1
	Median	0,1	0,01	222,0	3,7	3,6	4,9	0,3
	2. Quartil	0,1	0,03	262,3	5,3	4,0	6,2	0,5

Fahlerden 2001

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	S-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	22	22	12	12	12	12	22	22	22	22	22	21	22	22
	Mittelwert	21,3	1,13	0,083	0,46	0,14	1,06	239,7	33,0	43,1	4,8	6,6	43,6	8,0	3,2
	Minimum	3,8	0,25	0,041	0,21	0,08	0,64	97,9	8,8	13,8	1,1	0,8	5,8	0,4	0,1
	Maximum	34,9	1,90	0,115	0,72	0,19	1,40	471,0	67,6	89,5	9,7	14,0	131,7	30,6	10,1
	1. Quartil	12,3	0,73	0,064	0,36	0,11	0,83	120,8	16,6	26,4	3,2	3,4	16,1	2,8	1,1
	Median	23,8	1,13	0,081	0,47	0,12	1,06	236,7	30,7	41,8	4,6	6,2	38,0	5,8	2,2
	2. Quartil	29,1	1,47	0,108	0,54	0,18	1,30	333,8	46,7	60,5	6,2	9,5	67,4	11,9	4,7
ABv(0-5)	N	21	21	11	11	11	11	21	21	21	21	21	21	21	21
	Mittelwert	4,3	0,26	0,049	0,29	0,18	1,57	39,5	5,5	8,7	1,5	2,1	4,9	15,9	4,9
	Minimum	2,1	0,11	0,030	0,21	0,12	1,41	6,7	1,0	3,3	0,7	0,6	0,8	2,7	0,5
	Maximum	10,3	0,70	0,077	0,38	0,34	1,95	173,0	20,3	25,5	4,5	4,7	34,5	43,4	14,1
	1. Quartil	3,0	0,20	0,035	0,25	0,14	1,45	19,8	2,7	5,5	0,9	1,3	1,9	9,0	2,1
	Median	4,3	0,25	0,048	0,28	0,15	1,54	28,8	5,2	8,0	1,2	1,8	2,4	15,8	4,2
	2. Quartil	5,0	0,30	0,057	0,31	0,21	1,65	49,6	6,6	9,8	1,9	2,9	5,2	21,5	8,0
ABv	N	17	17	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17
	Mittelwert	1,7	0,11	0,035	0,26	0,19	1,58	15,9	2,0	3,9	1,0	1,3	1,9	20,1	3,2
	Minimum	0,7	0,04	0,018	0,20	0,12	1,35	1,5	0,2	1,3	0,4	0,6	0,6	2,0	0,2
	Maximum	4,3	0,28	0,051	0,39	0,31	1,95	60,9	4,8	9,8	2,8	2,9	6,0	49,8	8,7
	1. Quartil	1,3	0,08	0,024	0,22	0,14	1,44	7,8	1,0	2,5	0,6	0,9	0,8	12,1	1,4
	Median	1,5	0,10	0,038	0,25	0,16	1,55	13,2	1,7	3,7	0,9	1,1	1,2	16,6	2,8
	2. Quartil	1,9	0,12	0,045	0,28	0,25	1,72	18,8	2,6	4,3	1,2	1,7	2,8	26,3	4,6
Bv	N	17	17	6	6	6	6	17	17	17	17	17	17	17	17
	Mittelwert	0,5	0,04	0,033	0,26	0,27	1,69	18,4	2,0	3,2	1,1	1,3	1,5	19,2	0,5
	Minimum	0,1	0,02	0,015	0,23	0,16	1,60	0,9	0,1	1,0	0,3	0,5	0,2	5,3	0,0
	Maximum	2,1	0,13	0,041	0,31	0,35	1,81	126,3	8,6	8,9	2,3	3,8	4,4	48,7	1,9
	1. Quartil	0,3	0,03	0,018	0,23	0,18	1,62	2,0	0,3	1,6	0,6	0,8	0,7	10,2	0,1
	Median	0,4	0,04	0,040	0,25	0,29	1,69	4,1	0,7	2,4	1,0	1,1	1,1	17,1	0,3
	2. Quartil	0,6	0,05	0,041	0,30	0,33	1,75	15,8	2,7	4,5	1,7	1,5	1,8	24,7	0,7
Et	N	19	19	9	9	9	9	19	19	19	19	19	19	19	19
	Mittelwert	0,3	0,03	0,039	0,36	0,32	1,75	20,5	3,4	3,1	1,1	1,0	1,4	15,7	0,4
	Minimum	0,1	0,01	0,012	0,16	0,15	1,55	0,8	0,1	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0
	Maximum	0,8	0,07	0,079	1,00	0,69	2,20	97,8	21,3	10,1	2,5	2,0	6,7	72,1	2,6
	1. Quartil	0,2	0,02	0,025	0,23	0,16	1,56	2,3	0,4	1,4	0,6	0,6	0,4	7,0	0,0
	Median	0,2	0,03	0,031	0,26	0,23	1,68	7,6	1,3	2,3	1,0	0,9	1,0	12,2	0,2
	2. Quartil	0,4	0,04	0,059	0,43	0,50	1,95	24,1	2,6	3,3	1,6	1,2	1,6	17,9	0,6
Bt	N	26	26	15	15	15	15	26	26	26	26	26	26	26	26
	Mittelwert	0,2	0,03	0,042	0,36	0,49	1,95	111,5	16,1	8,9	3,1	1,3	1,5	10,9	0,2
	Minimum	0,1	0,01	0,020	0,24	0,18	1,45	2,4	0,5	1,8	0,6	0,2	0,0	0,1	0,0
	Maximum	0,3	0,06	0,061	0,62	0,81	2,44	282,2	53,8	17,5	11,0	4,2	3,8	54,1	0,8
	1. Quartil	0,2	0,02	0,036	0,27	0,38	1,75	49,8	8,7	5,4	1,1	0,6	0,7	0,8	0,0
	Median	0,2	0,03	0,043	0,33	0,42	1,89	90,7	12,1	8,6	2,0	1,1	1,3	7,4	0,0
	2. Quartil	0,2	0,03	0,054	0,42	0,63	2,15	153,6	19,8	12,1	4,1	1,7	2,3	15,8	0,2
C	N	13	13	11	11	11	11	13	13	13	13	13	13	13	13
	Mittelwert	0,1	0,02	0,059	1,06	0,42	1,83	160,4	12,6	5,5	1,5	0,6	0,8	0,5	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,032	0,35	0,21	1,38	10,2	1,4	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0
	Maximum	0,2	0,04	0,100	3,18	0,63	2,18	284,3	32,8	8,6	2,6	1,4	2,6	2,3	0,0
	1. Quartil	0,1	0,02	0,043	0,45	0,33	1,70	111,1	7,2	3,0	1,2	0,4	0,2	0,2	0,0
	Median	0,1	0,02	0,056	0,83	0,44	1,84	155,6	12,3	6,4	1,6	0,4	0,4	0,3	0,0
	2. Quartil	0,2	0,03	0,080	1,30	0,48	2,07	224,6	17,6	7,5	1,9	0,7	1,4	0,5	0,0
Cca	N	16	16	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16
	Mittelwert	0,1	0,01	0,056	4,31	0,44	1,75	247,5	6,2	4,6	2,2	0,7	0,2	1,2	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,033	1,66	0,27	1,50	61,8	1,1	0,2	0,6	0,2	0,0	0,1	0,0
	Maximum	0,2	0,03	0,102	6,90	1,09	2,26	352,8	24,7	10,3	8,9	2,2	2,2	15,6	0,1
	1. Quartil	0,1	0,01	0,040	3,15	0,34	1,57	209,8	3,2	1,6	1,0	0,2	0,0	0,1	0,0
	Median	0,1	0,02	0,055	4,38	0,38	1,70	265,3	3,8	5,3	1,4	0,3	0,0	0,2	0,0
	2. Quartil	0,1	0,02	0,065	5,40	0,41	1,85	295,1	9,0	6,8	3,0	1,0	0,1	0,3	0,0

Podsole 1986

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	11	11	11	11	11	11	5	11	11	11	5
	Mittelwert	23,9	0,84	0,037	0,17	0,06	0,54	0,33	92,8	9,6	18,7	6,8
	Minimum	12,1	0,42	0,016	0,01	0,05	0,35	0,19	32,0	3,0	7,6	1,2
	Maximum	38,9	1,40	0,073	0,30	0,08	0,89	0,43	158,0	19,0	38,3	13,1
	1. Quartil	14,9	0,52	0,027	0,13	0,05	0,38	0,21	48,0	5,2	13,3	2,3
	Median	26,4	0,80	0,032	0,20	0,06	0,49	0,38	85,0	7,8	16,2	5,8
	2. Quartil	31,4	1,06	0,046	0,22	0,07	0,68	0,43	148,0	11,5	25,1	11,8
AEs(0-5)	N	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	5
	Mittelwert	3,2	0,13	0,019	0,12	0,05	0,75	0,41	11,5	1,1	5,1	1,6
	Minimum	1,0	0,03	0,009	0,01	0,03	0,50	0,25	3,0	0,5	1,8	0,2
	Maximum	8,5	0,35	0,047	0,20	0,08	1,00	0,52	30,0	2,1	9,2	2,9
	1. Quartil	1,5	0,05	0,012	0,08	0,04	0,53	0,32	6,5	0,6	2,6	0,4
	Median	2,8	0,12	0,016	0,12	0,05	0,77	0,43	10,0	0,9	3,6	2,0
	2. Quartil	4,2	0,17	0,022	0,16	0,06	0,93	0,50	14,5	1,8	8,7	2,7
AEs	N	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	3
	Mittelwert	1,5	0,07	0,016	0,10	0,04	0,70	0,39	5,7	0,5	3,7	1,9
	Minimum	0,6	0,02	0,005	0,05	0,02	0,50	0,25	2,0	0,1	1,0	1,6
	Maximum	4,4	0,22	0,027	0,15	0,06	0,95	0,56	11,0	1,4	8,8	2,1
	1. Quartil	0,6	0,02	0,009	0,05	0,03	0,53	0,25	2,0	0,2	1,2	1,6
	Median	1,2	0,05	0,018	0,09	0,05	0,72	0,36	5,0	0,4	2,9	2,1
	2. Quartil	2,0	0,09	0,020	0,15	0,06	0,85	0,56	9,0	0,6	7,6	2,1
Es	N	9	9	9	9	9	9	4	9	9	9	4
	Mittelwert	0,7	0,03	0,012	0,14	0,04	0,76	0,32	4,3	0,3	2,6	1,3
	Minimum	0,2	0,01	0,005	0,07	0,03	0,50	0,27	1,0	0,1	1,0	0,2
	Maximum	1,4	0,07	0,027	0,32	0,08	1,01	0,38	9,0	0,9	7,6	2,0
	1. Quartil	0,4	0,02	0,006	0,08	0,03	0,64	0,28	2,0	0,1	1,1	0,5
	Median	0,6	0,02	0,010	0,12	0,04	0,74	0,31	4,0	0,4	1,6	1,4
	2. Quartil	1,0	0,05	0,017	0,18	0,05	0,91	0,37	7,0	0,5	4,1	1,9
Bsh	N	20	20	20	20	20	20	10	20	20	20	10
	Mittelwert	0,5	0,03	0,025	0,16	0,06	0,89	0,41	3,6	0,2	2,7	1,0
	Minimum	0,1	0,01	0,004	0,08	0,02	0,56	0,30	2,0	0,1	1,0	0,1
	Maximum	1,2	0,09	0,059	0,25	0,11	1,25	0,50	8,0	0,8	7,6	2,0
	1. Quartil	0,2	0,01	0,016	0,14	0,04	0,72	0,37	2,0	0,1	1,2	0,2
	Median	0,3	0,02	0,021	0,16	0,06	0,91	0,42	3,0	0,1	1,6	1,2
	2. Quartil	0,8	0,04	0,032	0,20	0,09	1,00	0,46	4,0	0,3	2,5	1,6
C	N	13	13	13	13	13	13	6	13	13	13	6
	Mittelwert	0,2	0,01	0,012	0,17	0,07	0,94	0,43	3,6	0,2	2,5	1,0
	Minimum	0,0	0,01	0,006	0,12	0,04	0,65	0,38	2,0	0,1	0,8	0,2
	Maximum	0,8	0,03	0,022	0,25	0,14	1,29	0,46	8,0	0,9	6,8	2,0
	1. Quartil	0,1	0,01	0,007	0,15	0,06	0,74	0,38	2,0	0,1	1,3	0,2
	Median	0,1	0,01	0,010	0,15	0,08	0,92	0,44	3,0	0,1	2,0	1,1
	2. Quartil	0,1	0,01	0,019	0,21	0,09	1,14	0,46	5,0	0,4	2,8	1,7

Podsole 1991

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	23	23	4	4	4	4	23	23	23	7	7	23	7
	Mittelwert	33,5	1,24	0,034	0,90	0,09	0,47	149,5	18,9	18,9	6,2	5,6	30,3	1,0
	Minimum	12,1	0,42	0,005	0,28	0,06	0,22	21,0	3,1	4,4	5,1	0,1	9,5	0,5
	Maximum	46,7	1,93	0,050	2,70	0,19	0,93	288,0	32,9	42,4	7,2	14,5	58,4	1,7
	1. Quartil	24,5	0,87	0,013	0,29	0,06	0,23	94,0	11,0	11,4	5,4	0,8	17,2	0,5
	Median	37,7	1,30	0,040	0,30	0,06	0,37	154,0	18,4	18,6	6,7	5,9	29,9	1,1
	2. Quartil	42,1	1,55	0,049	2,10	0,16	0,82	217,0	27,3	23,0	6,9	10,4	41,1	1,6
AEs(0-5	N	11	11	2	2	2	2	11	11	11	5	5	11	5
	Mittelwert	4,2	0,15	0,013	0,14	0,06	0,82	12,3	1,6	3,3	1,1	0,0	13,7	0,4
	Minimum	0,6	0,03	0,004	0,12	0,06	0,75	1,0	0,6	1,0	0,3	0,0	3,4	0,0
	Maximum	10,8	0,38	0,022	0,15	0,06	0,88	45,0	2,9	8,4	1,5	0,2	34,5	0,6
	1. Quartil	1,0	0,07	0,004	0,12	0,06	0,75	4,4	0,7	1,8	0,6	0,0	7,6	0,1
	Median	3,5	0,12	0,013	0,14	0,06	0,82	11,0	1,6	2,8	1,1	0,0	11,5	0,4
	2. Quartil	8,2	0,21	0,022	0,15	0,06	0,88	14,0	2,0	3,6	1,5	0,1	18,9	0,6
AEs	N	9	9	0	0	0	0	9	9	9	3	3	9	3
	Mittelwert	2,5	0,08					10,8	0,6	1,9	1,0	0,0	13,2	0,1
	Minimum	0,2	0,01					1,0	0,1	0,5	0,9	0,0	1,3	0,0
	Maximum	13,2	0,38					73,0	2,5	6,4	1,1	0,0	48,4	0,2
	1. Quartil	0,7	0,03					1,0	0,2	0,8	0,9	0,0	3,8	0,0
	Median	1,1	0,05					3,0	0,3	1,3	1,0	0,0	11,2	0,2
	2. Quartil	2,4	0,08					5,5	0,8	2,1	1,1	0,0	15,1	0,2
Es	N	7	7	1	1	1	1	7	7	7	3	3	7	3
	Mittelwert	0,8	0,03	0,015	0,12	0,05	0,85	7,3	0,4	1,3	0,7	0,0	5,5	0,1
	Minimum	0,2	0,01	0,015	0,12	0,05	0,85	1,0	0,1	0,5	0,3	0,0	2,3	0,0
	Maximum	1,6	0,04	0,015	0,12	0,05	0,85	32,0	0,6	2,0	1,0	0,1	7,9	0,2
	1. Quartil	0,5	0,02	0,015	0,12	0,05	0,85	2,0	0,3	1,1	0,3	0,0	4,4	0,0
	Median	0,7	0,02	0,015	0,12	0,05	0,85	3,0	0,5	1,4	0,9	0,0	5,6	0,2
	2. Quartil	0,9	0,03	0,015	0,12	0,05	0,85	7,0	0,5	1,5	1,0	0,1	7,0	0,2
Bsh	N	21	21	4	4	4	4	21	21	21	10	10	21	10
	Mittelwert	0,4	0,02	0,024	0,13	0,09	0,93	2,6	0,3	1,2	0,7	0,0	6,4	0,1
	Minimum	0,1	0,00	0,013	0,12	0,08	0,87	0,9	0,1	0,3	0,2	0,0	1,2	0,0
	Maximum	1,2	0,11	0,034	0,15	0,11	1,05	16,0	0,8	2,7	1,1	0,2	19,3	0,2
	1. Quartil	0,2	0,01	0,014	0,12	0,08	0,87	1,0	0,1	1,0	0,3	0,0	2,8	0,0
	Median	0,3	0,02	0,025	0,13	0,08	0,90	2,0	0,3	1,1	0,8	0,0	5,3	0,0
	2. Quartil	0,7	0,03	0,034	0,15	0,10	1,02	3,0	0,5	1,5	1,0	0,1	8,9	0,2
C	N	18	18	2	2	2	2	18	18	18	5	5	18	5
	Mittelwert	0,1	0,01	0,022	0,15	0,09	1,01	2,0	0,2	1,4	0,7	0,1	4,0	0,0
	Minimum	0,0	0,00	0,013	0,15	0,08	0,96	0,8	0,1	0,2	0,1	0,0	1,1	0,0
	Maximum	0,9	0,04	0,031	0,15	0,10	1,05	4,0	0,6	2,8	1,1	0,4	12,3	0,2
	1. Quartil	0,0	0,01	0,013	0,15	0,08	0,96	1,0	0,1	0,7	0,1	0,0	1,4	0,0
	Median	0,1	0,01	0,022	0,15	0,09	1,01	2,0	0,1	1,4	1,0	0,0	3,7	0,0
	2. Quartil	0,1	0,01	0,031	0,15	0,10	1,05	3,0	0,4	2,3	1,1	0,3	5,3	0,1

Podsole 2001

		C-Gehalt	N-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	S-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	29,3	1,06	126,7	18,1	19,5	9,3	4,8	4,8	21,6	8,1
	Minimum	23,1	0,80	72,9	8,2	11,0	3,9	3,0	1,7	10,9	4,1
	Maximum	36,9	1,51	175,9	30,5	42,8	18,4	8,4	9,8	28,9	16,1
	1. Quartil	23,4	0,85	104,5	10,8	13,3	6,4	3,2	2,8	16,2	4,9
	Median	29,3	1,01	129,9	18,6	17,5	8,9	4,6	3,6	23,7	7,0
	2. Quartil	35,2	1,32	158,0	24,1	21,9	11,3	5,7	8,3	26,4	10,2
AEs(0-5	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	2,7	0,10	7,5	1,0	1,9	1,0	0,7	0,1	10,0	2,2
	Minimum	1,0	0,04	2,5	0,3	0,8	0,5	0,2	0,0	3,9	0,4
	Maximum	7,2	0,22	23,4	2,6	4,3	2,4	1,4	0,3	18,3	4,9
	1. Quartil	1,4	0,06	4,1	0,5	0,9	0,6	0,4	0,1	6,8	1,0
	Median	2,3	0,08	4,8	0,7	1,7	0,8	0,6	0,1	9,6	2,3
	2. Quartil	3,1	0,14	9,7	1,5	2,8	1,4	1,0	0,2	12,8	3,1
AEs	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mittelwert	1,0	0,04	2,5	0,3	0,9	0,4	0,6	0,0	7,7	2,1
	Minimum	0,4	0,02	1,0	0,2	0,6	0,3	0,2	0,0	5,6	0,4
	Maximum	1,4	0,05	4,2	0,6	1,5	0,6	1,0	0,1	12,0	4,1
	1. Quartil	0,6	0,02	1,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,0	5,7	0,7
	Median	1,1	0,04	1,5	0,3	0,7	0,4	0,6	0,0	7,0	1,4
	2. Quartil	1,3	0,05	4,2	0,5	1,2	0,6	0,9	0,1	9,9	3,8
Es	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Mittelwert	0,8	0,04	2,3	0,3	0,6	0,7	0,2	0,0	4,5	1,1
	Minimum	0,2	0,02	0,8	0,1	0,4	0,5	0,1	0,0	1,5	0,4
	Maximum	1,5	0,06	4,1	0,6	0,8	1,0	0,3	0,0	7,1	2,2
	1. Quartil	0,3	0,02	1,0	0,1	0,4	0,5	0,1	0,0	1,7	0,4
	Median	0,8	0,03	2,3	0,3	0,5	0,7	0,2	0,0	4,6	0,8
	2. Quartil	1,3	0,05	3,8	0,5	0,8	0,9	0,3	0,0	7,0	1,9
Bsh	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Mittelwert	0,5	0,03	1,7	0,2	0,6	0,6	1,0	0,1	7,6	1,4
	Minimum	0,1	0,01	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	2,2	0,1
	Maximum	1,2	0,05	9,9	0,5	1,8	1,4	3,5	0,2	17,3	5,3
	1. Quartil	0,2	0,01	0,6	0,1	0,3	0,3	0,4	0,0	3,3	0,2
	Median	0,5	0,03	1,0	0,1	0,5	0,4	0,8	0,0	6,5	0,5
	2. Quartil	0,8	0,04	2,1	0,3	0,9	0,8	1,4	0,1	10,8	2,3
C	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Mittelwert	0,1	0,01	0,7	0,1	0,6	0,6	0,8	0,1	3,9	0,3
	Minimum	0,0	0,00	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	1,4	0,0
	Maximum	0,7	0,04	1,4	0,3	1,2	2,0	1,5	0,2	15,3	1,3
	1. Quartil	0,0	0,01	0,5	0,1	0,4	0,2	0,4	0,0	1,6	0,0
	Median	0,1	0,01	0,7	0,1	0,6	0,4	0,6	0,1	2,7	0,1
	2. Quartil	0,1	0,01	1,0	0,1	0,8	0,7	1,1	0,1	4,4	0,2

Gleypodsole 1986

		C-Gehalt	N-Gehalt	P-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1
	Mittelwert	26,1	0,88	0,047	0,13	0,05	0,41	0,18	89,3	10,2	19,2	22,0
	Minimum	20,8	0,60	0,036	0,11	0,04	0,35	0,18	80,0	6,5	17,8	22,0
	Maximum	29,3	1,16	0,056	0,15	0,07	0,46	0,18	96,0	16,4	20,4	22,0
	1. Quartil	20,8	0,60	0,036	0,11	0,04	0,35	0,18	80,0	6,5	17,8	22,0
	Median	28,1	0,87	0,050	0,14	0,04	0,43	0,18	92,0	7,8	19,3	22,0
	2. Quartil	29,3	1,16	0,056	0,15	0,07	0,46	0,18	96,0	16,4	20,4	22,0
AEs(0-5	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1
	Mittelwert	7,5	0,28	0,025	0,07	0,05	0,59	0,24	13,3	2,8	7,2	2,1
	Minimum	5,4	0,17	0,018	0,05	0,04	0,50	0,24	5,0	1,9	3,6	2,1
	Maximum	9,2	0,37	0,039	0,10	0,08	0,68	0,24	21,0	4,4	12,7	2,1
	1. Quartil	5,4	0,17	0,018	0,05	0,04	0,50	0,24	5,0	1,9	3,6	2,1
	Median	8,0	0,29	0,019	0,06	0,05	0,58	0,24	14,0	2,2	5,3	2,1
	2. Quartil	9,2	0,37	0,039	0,10	0,08	0,68	0,24	21,0	4,4	12,7	2,1
AEs	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1
	Mittelwert	2,0	0,08	0,022	0,06	0,05	0,66	0,27	6,7	0,6	4,8	1,6
	Minimum	1,4	0,05	0,008	0,04	0,02	0,52	0,27	6,0	0,3	1,6	1,6
	Maximum	3,2	0,10	0,039	0,10	0,08	0,79	0,27	7,0	0,8	9,6	1,6
	1. Quartil	1,4	0,05	0,008	0,04	0,02	0,52	0,27	6,0	0,3	1,6	1,6
	Median	1,5	0,08	0,020	0,04	0,05	0,67	0,27	7,0	0,7	3,2	1,6
	2. Quartil	3,2	0,10	0,039	0,10	0,08	0,79	0,27	7,0	0,8	9,6	1,6
Es	N	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	0
	Mittelwert	0,9	0,03	0,026	0,05	0,04	0,63		6,0	0,5	4,7	
	Minimum	0,9	0,02	0,020	0,02	0,04	0,58		4,0	0,5	0,8	
	Maximum	0,9	0,04	0,032	0,08	0,05	0,67		8,0	0,5	8,5	
	1. Quartil	0,9	0,02	0,020	0,02	0,04	0,58		4,0	0,5	0,8	
	Median	0,9	0,03	0,026	0,05	0,04	0,63		6,0	0,5	4,7	
	2. Quartil	0,9	0,04	0,032	0,08	0,05	0,67		8,0	0,5	8,5	
Bsh	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2
	Mittelwert	2,3	0,11	0,033	0,11	0,08	0,81	0,41	4,9	0,6	4,1	1,4
	Minimum	0,3	0,01	0,015	0,06	0,04	0,61	0,37	2,0	0,1	0,6	1,2
	Maximum	5,1	0,26	0,070	0,14	0,13	0,96	0,45	8,0	1,0	9,6	1,6
	1. Quartil	0,4	0,02	0,017	0,10	0,04	0,73	0,37	2,0	0,5	0,8	1,2
	Median	1,6	0,09	0,028	0,11	0,08	0,80	0,41	5,0	0,6	1,6	1,4
	2. Quartil	4,9	0,18	0,046	0,14	0,09	0,96	0,45	8,0	0,7	9,2	1,6
G	N	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	1
	Mittelwert	0,2	0,01	0,020	0,13	0,07	0,86	0,47	3,8	1,4	1,7	1,2
	Minimum	0,0	0,01	0,013	0,10	0,04	0,78	0,47	2,0	0,4	0,6	1,2
	Maximum	0,3	0,02	0,028	0,15	0,10	0,98	0,47	6,0	5,2	5,6	1,2
	1. Quartil	0,1	0,01	0,014	0,12	0,04	0,79	0,47	2,5	0,4	0,6	1,2
	Median	0,2	0,01	0,017	0,14	0,07	0,83	0,47	4,0	0,4	0,8	1,2
	2. Quartil	0,3	0,02	0,027	0,15	0,10	0,96	0,47	5,0	2,9	3,3	1,2

Gleypodsole 1991

		C-Gehalt	N-Gehalt	Ca-Gehalt (löslich)	Mg-Gehalt (löslich)	K-Gehalt (löslich)	Na-Gehalt (löslich)	Mn-Gehalt (löslich)	Al-Gehalt (löslich)	Fe-Gehalt (löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	7	7	7	7	7	1	1	7	1
	Mittelwert	27,8	0,93	74,0	15,9	15,5	4,3	0,0	38,4	1,6
	Minimum	17,6	0,55	6,0	9,1	2,8	4,3	0,0	19,4	1,6
	Maximum	48,7	1,45	169,0	32,3	28,0	4,3	0,0	63,0	1,6
	1. Quartil	21,5	0,75	34,0	11,3	6,9	4,3	0,0	25,2	1,6
	Median	26,7	0,93	73,0	14,0	17,1	4,3	0,0	30,2	1,6
	2. Quartil	29,9	1,08	92,0	17,1	22,4	4,3	0,0	59,4	1,6
AEs(0-5	N	3	3	3	3	3	1	1	3	1
	Mittelwert	7,3	0,24	7,7	1,9	2,9	1,3	0,0	21,2	0,2
	Minimum	5,1	0,10	4,0	0,9	0,5	1,3	0,0	5,1	0,2
	Maximum	9,5	0,38	15,0	2,9	5,5	1,3	0,0	35,3	0,2
	1. Quartil	5,1	0,10	4,0	0,9	0,5	1,3	0,0	5,1	0,2
	Median	7,2	0,23	4,0	2,1	2,7	1,3	0,0	23,3	0,2
	2. Quartil	9,5	0,38	15,0	2,9	5,5	1,3	0,0	35,3	0,2
AEs	N	2	2	2	2	2	0	0	2	0
	Mittelwert	2,0	0,06	4,0	0,7	2,0			16,6	
	Minimum	1,5	0,05	4,0	0,7	0,6			8,7	
	Maximum	2,6	0,07	4,0	0,8	3,3			24,5	
	1. Quartil	1,5	0,05	4,0	0,7	0,6			8,7	
	Median	2,0	0,06	4,0	0,7	2,0			16,6	
	2. Quartil	2,6	0,07	4,0	0,8	3,3			24,5	
Es	N	3	3	3	3	3	1	1	3	1
	Mittelwert	1,6	0,04	2,7	0,3	1,5	1,0	0,0	11,7	0,2
	Minimum	1,1	0,03	2,0	0,2	0,4	1,0	0,0	9,2	0,2
	Maximum	2,0	0,05	3,0	0,5	2,4	1,0	0,0	14,0	0,2
	1. Quartil	1,1	0,03	2,0	0,2	0,4	1,0	0,0	9,2	0,2
	Median	1,8	0,05	3,0	0,3	1,7	1,0	0,0	11,8	0,2
	2. Quartil	2,0	0,05	3,0	0,5	2,4	1,0	0,0	14,0	0,2
Bsh	N	5	5	5	5	5	1	1	5	1
	Mittelwert	2,0	0,10	4,2	0,4	1,7	1,0	0,0	25,7	0,2
	Minimum	0,7	0,03	1,0	0,1	0,4	1,0	0,0	13,0	0,2
	Maximum	3,0	0,16	12,0	0,7	3,5	1,0	0,0	46,0	0,2
	1. Quartil	0,9	0,04	1,5	0,2	0,6	1,0	0,0	14,2	0,2
	Median	2,2	0,08	3,0	0,5	1,3	1,0	0,0	19,7	0,2
	2. Quartil	2,9	0,16	7,5	0,6	3,2	1,0	0,0	40,2	0,2
G	N	7	7	7	7	7	2	2	7	2
	Mittelwert	0,2	0,01	2,0	0,1	1,5	0,9	0,0	3,8	0,2
	Minimum	0,1	0,01	1,0	0,1	0,3	0,9	0,0	1,5	0,2
	Maximum	0,4	0,02	3,0	0,2	2,4	0,9	0,0	6,3	0,2
	1. Quartil	0,1	0,01	1,0	0,1	0,4	0,9	0,0	2,2	0,2
	Median	0,1	0,01	2,0	0,1	1,7	0,9	0,0	3,6	0,2
	2. Quartil	0,3	0,02	3,0	0,2	2,4	0,9	0,0	5,0	0,2

Gleypodsole 2001

		C-Gehalt	N-Gehalt	Ca-Gehalt	Mg-Gehalt	K-Gehalt	Na-Gehalt	S-Gehalt	Mn-Gehalt	Al-Gehalt	Fe-Gehalt
				(löslich)	(löslich)	(löslich)	(löslich)	(löslich)	(löslich)	(löslich)	(löslich)
		g/100g Boden	g/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden	mg/100g Boden
F+H	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	32,9	1,19	113,8	20,6	21,5	19,0	4,3	3,1	26,9	6,4
	Minimum	19,2	0,61	41,1	6,7	12,4	7,9	3,1	0,5	21,0	6,0
	Maximum	42,0	1,55	161,3	34,3	31,9	41,3	5,4	6,3	33,3	6,8
	1. Quartil	19,2	0,61	41,1	6,7	12,4	7,9	3,1	0,5	21,0	6,0
	Median	37,3	1,42	138,9	20,8	20,3	8,0	4,2	2,5	26,4	6,5
	2. Quartil	42,0	1,55	161,3	34,3	31,9	41,3	5,4	6,3	33,3	6,8
AEs(0-5	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwer	3,4	0,10	7,1	1,2	1,9	1,7	0,6	0,0	11,5	1,4
	Minimum	2,0	0,07	4,6	0,6	0,8	0,9	0,5	0,0	7,3	1,0
	Maximum	4,5	0,16	9,9	1,5	3,2	2,5	1,0	0,1	17,8	1,6
	1. Quarti	2,0	0,07	4,6	0,6	0,8	0,9	0,5	0,0	7,3	1,0
	Median	3,8	0,08	6,8	1,4	1,9	1,6	0,5	0,0	9,3	1,6
	2. Quarti	4,5	0,16	9,9	1,5	3,2	2,5	1,0	0,1	17,8	1,6
AEs	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwer	1,8	0,06	3,6	0,5	1,2	1,0	0,3	0,0	12,7	1,1
	Minimum	1,2	0,05	1,8	0,4	0,6	0,9	0,2	0,0	12,5	0,7
	Maximum	2,4	0,08	4,7	0,5	1,6	1,2	0,3	0,0	12,9	1,4
	1. Quarti	1,2	0,05	1,8	0,4	0,6	0,9	0,2	0,0	12,5	0,7
	Median	1,9	0,05	4,3	0,4	1,4	0,9	0,3	0,0	12,6	1,2
	2. Quarti	2,4	0,08	4,7	0,5	1,6	1,2	0,3	0,0	12,9	1,4
Es	N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mittelwer	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
	Minimum	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
	Maximum	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
	1. Quarti	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
	Median	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
	2. Quarti	0,6	0,03	1,5	0,2	1,6	0,9	1,9	0,0	7,5	0,1
Bsh	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mittelwer	1,8	0,08	1,6	0,2	0,9	0,9	1,5	0,0	20,4	1,0
	Minimum	0,8	0,02	0,6	0,1	0,3	0,4	0,2	0,0	5,6	0,5
	Maximum	3,9	0,16	2,7	0,5	2,2	1,1	4,6	0,0	41,3	1,7
	1. Quarti	0,8	0,04	0,8	0,2	0,3	0,6	0,2	0,0	9,2	0,5
	Median	1,6	0,07	1,3	0,2	0,6	1,0	0,9	0,0	16,3	1,0
	2. Quarti	2,9	0,12	2,5	0,4	1,6	1,1	3,0	0,0	33,5	1,6
G	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Mittelwer	0,1	0,01	0,6	0,1	0,7	0,8	0,7	0,0	4,2	0,2
	Minimum	0,0	0,00	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1	0,0	2,0	0,1
	Maximum	0,4	0,02	1,0	0,2	1,1	1,3	2,6	0,0	7,9	0,9
	1. Quarti	0,0	0,00	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	0,0	2,2	0,1
	Median	0,1	0,01	0,6	0,1	0,5	0,9	0,5	0,0	3,4	0,2
	2. Quarti	0,1	0,01	0,9	0,1	1,0	1,1	0,9	0,0	6,8	0,3

Elementvorräte
Gesamtstichprobe 1986

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	52	52	52	52	52	52	23	52	52	52	23	52
	Mittelwert	24,2	0,9	0,049	1,627	0,074	0,590	0,320	0,102	0,010	0,019	0,006	0,005
	Minimum	5,4	0,3	0,012	0,016	0,012	0,129	0,056	0,029	0,003	0,003	0,001	0,000
	Maximum	58,4	2,0	0,110	72,053	0,267	2,274	0,663	0,294	0,045	0,055	0,037	0,019
	1. Quartil	14,9	0,6	0,031	0,157	0,044	0,322	0,204	0,065	0,006	0,012	0,002	0,002
	Median	24,6	0,8	0,050	0,212	0,066	0,477	0,303	0,090	0,009	0,018	0,003	0,004
	2. Quartil	30,9	1,1	0,060	0,309	0,094	0,821	0,424	0,122	0,011	0,026	0,009	0,007
-10 cm	N	60	60	59	59	59	59	26	60	60	60	27	60
	Mittelwert	21,6	1,1	0,269	2,345	0,976	10,505	5,294	0,091	0,011	0,042	0,011	0,007
	Minimum	8,4	0,4	0,096	0,413	0,241	4,261	2,078	0,019	0,002	0,011	0,002	0,003
	Maximum	51,1	3,6	0,570	26,250	2,824	24,856	10,456	0,367	0,031	0,102	0,025	0,015
	1. Quartil	15,1	0,7	0,190	1,422	0,576	8,927	3,876	0,049	0,006	0,026	0,003	0,005
	Median	19,5	1,0	0,272	2,048	0,887	10,277	4,931	0,071	0,011	0,036	0,007	0,006
	2. Quartil	26,0	1,4	0,329	2,254	1,195	11,692	6,330	0,108	0,015	0,059	0,017	0,008
-20 cm	N	60	60	59	59	59	59	26	60	60	60	27	60
	Mittelwert	32,2	1,8	0,580	4,889	2,163	22,841	11,350	0,147	0,018	0,076	0,020	0,010
	Minimum	11,9	0,5	0,162	0,920	0,409	11,136	5,227	0,030	0,004	0,024	0,003	0,004
	Maximum	98,3	7,5	1,072	47,454	5,965	51,031	21,674	0,536	0,064	0,220	0,051	0,033
	1. Quartil	22,2	1,2	0,422	3,258	1,211	19,562	8,674	0,077	0,008	0,046	0,006	0,006
	Median	28,7	1,5	0,585	4,277	1,966	22,634	10,544	0,122	0,016	0,065	0,013	0,009
	2. Quartil	36,8	2,1	0,704	4,800	2,727	25,383	13,752	0,165	0,023	0,100	0,033	0,012
-40 cm	N	61	61	59	59	59	59	26	61	61	61	27	61
	Mittelwert	46,3	2,7	1,249	14,557	5,193	50,096	25,024	0,346	0,037	0,140	0,040	0,015
	Minimum	15,3	0,7	0,303	1,889	0,962	19,683	10,595	0,055	0,005	0,047	0,006	0,005
	Maximum	131,5	9,9	2,463	323,927	18,147	104,963	45,380	6,087	0,320	0,408	0,099	0,078
	1. Quartil	33,8	1,9	0,944	6,894	3,365	42,914	19,326	0,136	0,012	0,082	0,011	0,010
	Median	41,2	2,3	1,251	8,660	4,603	48,356	23,039	0,212	0,027	0,116	0,027	0,013
	2. Quartil	55,0	3,2	1,464	10,613	6,304	56,824	30,365	0,322	0,040	0,185	0,070	0,017
-60 cm	N	60	60	59	59	59	59	26	60	60	60	27	57
	Mittelwert	54,5	3,3	1,900	24,715	8,882	79,392	40,259	0,576	0,061	0,204	0,060	0,020
	Minimum	17,6	0,7	0,797	4,666	2,187	41,904	19,854	0,088	0,006	0,065	0,008	0,006
	Maximum	150,8	11,3	3,453	600,401	44,093	162,585	72,051	11,219	0,523	0,594	0,142	0,081
	1. Quartil	37,8	2,2	1,462	10,495	5,241	66,796	30,408	0,197	0,014	0,114	0,016	0,013
	Median	48,8	2,8	1,851	13,626	7,576	77,103	35,535	0,313	0,036	0,166	0,039	0,016
	2. Quartil	64,6	4,1	2,277	16,861	10,068	89,644	47,928	0,482	0,060	0,258	0,105	0,023
-80 cm	N	59	59	59	59	59	59	26	59	59	59	26	52
	Mittelwert	59,1	3,7	2,526	63,071	12,725	110,337	56,193	1,198	0,105	0,277	0,089	0,024
	Minimum	19,5	0,8	1,126	7,476	3,459	60,314	28,098	0,154	0,008	0,083	0,014	0,010
	Maximum	157,7	11,5	4,134	2.463,974	58,943	223,155	93,786	15,706	0,854	0,896	0,204	0,084
	1. Quartil	39,3	2,2	1,930	15,188	7,368	93,152	44,113	0,277	0,019	0,148	0,022	0,015
	Median	52,6	3,2	2,486	19,199	10,192	107,943	49,348	0,439	0,046	0,210	0,065	0,019
	2. Quartil	74,3	4,5	3,240	24,113	14,345	126,702	68,024	0,806	0,098	0,338	0,155	0,028
-100 cm	N	59	58	59	59	59	59	26	59	59	59	26	45
	Mittelwert	62,7	4,1	3,156	126,151	16,824	141,601	71,630	2,183	0,173	0,363	0,126	0,029
	Minimum	20,5	0,9	1,515	10,829	4,193	78,973	37,581	0,216	0,010	0,096	0,017	0,013
	Maximum	164,1	11,8	5,640	5.626,084	62,697	286,673	110,584	22,188	1,185	1,203	0,367	0,086
	1. Quartil	40,6	2,5	2,410	20,794	9,482	120,155	58,145	0,356	0,038	0,188	0,030	0,019
	Median	56,9	3,4	3,015	24,892	13,658	135,557	64,529	0,707	0,082	0,269	0,109	0,023
	2. Quartil	77,7	5,0	3,965	34,655	19,306	163,536	85,780	1,685	0,205	0,426	0,197	0,036
-120 cm	N	59	58	59	59	59	59	26	59	59	59	26	43
	Mittelwert	65,7	4,4	3,796	168,805	21,187	172,953	86,615	3,604	0,252	0,456	0,178	0,033
	Minimum	21,2	0,9	1,689	15,034	4,822	97,757	48,235	0,265	0,011	0,109	0,018	0,015
	Maximum	170,5	12,9	7,235	7.172,223	72,956	350,191	129,856	33,891	1,417	1,492	0,751	0,089
	1. Quartil	41,9	2,7	2,888	25,575	12,163	146,773	70,620	0,442	0,045	0,237	0,041	0,020
	Median	62,4	3,6	3,554	31,443	16,963	163,887	78,570	1,006	0,109	0,330	0,145	0,028
	2. Quartil	81,1	5,4	4,652	44,262	26,250	198,717	104,828	4,059	0,368	0,550	0,233	0,043
-160 cm	N	57	56	57	57	57	57	25	57	57	57	25	41
	Mittelwert	69,1	4,8	4,997	222,127	27,868	230,751	112,797	5,387	0,363	0,611	0,283	0,043
	Minimum	22,5	1,1	1,980	21,397	6,792	131,231	59,908	0,298	0,014	0,151	0,021	0,017
	Maximum	178,4	14,9	10,373	8.625,689	78,127	477,226	188,021	52,868	2,051	2,143	1,581	0,094
	1. Quartil	44,7	2,9	3,667	35,352	16,717	194,878	93,233	0,663	0,060	0,286	0,061	0,030
	Median	68,6	4,0	4,631	43,344	22,602	223,674	109,669	1,654	0,157	0,459	0,222	0,037
	2. Quartil	81,8	5,7	6,220	71,851	33,421	267,454	129,264	6,545	0,450	0,759	0,310	0,053

Gesamtstichprobe 1991

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	47	47	8	8	8	8	47	47	47	26	17	47	17	47
	Mittelwert	29,7	1,2	0,041	0,268	0,073	0,546	0,127	0,017	0,020	0,006	0,001	0,033	0,009	0,006
	Minimum	6,6	0,3	0,010	0,124	0,038	0,222	0,016	0,004	0,004	0,002	0,000	0,003	0,000	0,001
	Maximum	60,9	2,7	0,078	0,411	0,121	0,958	0,337	0,033	0,075	0,013	0,003	0,159	0,033	0,018
	1. Quartil	19,9	0,8	0,023	0,176	0,055	0,298	0,060	0,010	0,011	0,004	0,000	0,011	0,001	0,003
	Median	28,6	1,1	0,038	0,270	0,066	0,538	0,104	0,014	0,015	0,005	0,001	0,024	0,002	0,005
	2. Quartil	36,4	1,5	0,061	0,330	0,093	0,740	0,183	0,023	0,024	0,008	0,002	0,045	0,016	0,007
-10 cm	N	60	60	16	16	16	16	60	60	60	38	26	60	26	60
	Mittelwert	23,8	1,1	0,310	2,414	1,256	11,538	0,086	0,012	0,030	0,011	0,003	0,159	0,010	0,007
	Minimum	6,0	0,3	0,127	1,077	0,476	6,118	0,012	0,002	0,006	0,004	0,000	0,038	0,000	0,001
	Maximum	62,3	4,6	0,471	3,857	2,221	17,293	0,713	0,060	0,094	0,034	0,009	0,335	0,041	0,023
	1. Quartil	15,4	0,7	0,240	1,826	0,779	9,349	0,031	0,008	0,019	0,007	0,002	0,102	0,000	0,004
	Median	22,9	1,0	0,321	2,336	1,144	11,682	0,055	0,011	0,027	0,010	0,002	0,154	0,002	0,007
	2. Quartil	27,9	1,3	0,389	3,063	1,563	14,007	0,099	0,014	0,038	0,012	0,004	0,203	0,019	0,009
-20 cm	N	60	60	16	16	16	16	60	60	60	38	26	60	26	60
	Mittelwert	34,6	1,8	0,619	5,114	2,654	25,236	0,138	0,018	0,054	0,020	0,004	0,312	0,017	0,011
	Minimum	9,1	0,4	0,344	2,485	1,341	13,213	0,022	0,003	0,013	0,008	0,000	0,074	0,000	0,002
	Maximum	114,5	9,0	0,996	7,757	4,884	36,795	1,345	0,087	0,134	0,060	0,020	0,740	0,072	0,031
	1. Quartil	26,2	1,1	0,506	3,761	1,955	20,881	0,047	0,012	0,035	0,013	0,002	0,211	0,000	0,006
	Median	32,8	1,5	0,636	4,861	2,552	24,639	0,086	0,015	0,048	0,020	0,003	0,302	0,006	0,010
	2. Quartil	37,3	1,9	0,698	6,522	3,888	30,548	0,157	0,022	0,067	0,024	0,005	0,388	0,036	0,013
-40 cm	N	59	59	16	16	16	16	59	59	59	38	26	59	26	59
	Mittelwert	48,9	2,6	1,234	11,148	6,559	54,335	0,303	0,034	0,100	0,040	0,005	0,572	0,031	0,016
	Minimum	13,1	0,7	0,730	5,325	3,376	39,026	0,040	0,005	0,025	0,010	0,000	0,125	0,000	0,005
	Maximum	140,6	10,6	2,366	20,616	11,426	78,911	4,782	0,320	0,250	0,109	0,024	1,301	0,175	0,052
	1. Quartil	32,0	1,6	0,998	8,409	4,740	46,819	0,074	0,017	0,067	0,024	0,002	0,387	0,000	0,010
	Median	45,6	2,4	1,253	9,912	6,479	51,747	0,118	0,024	0,087	0,037	0,003	0,547	0,012	0,015
	2. Quartil	55,8	2,9	1,334	14,041	8,423	63,492	0,230	0,034	0,126	0,053	0,007	0,729	0,053	0,020
-60 cm	N	60	60	16	16	16	16	60	60	60	38	26	60	26	60
	Mittelwert	56,4	3,0	1,765	17,574	10,713	85,105	0,588	0,057	0,151	0,066	0,006	0,765	0,047	0,021
	Minimum	16,6	0,9	1,184	9,145	5,743	65,768	0,060	0,007	0,034	0,014	0,000	0,177	0,000	0,006
	Maximum	149,6	11,7	3,573	35,391	23,813	130,366	8,052	0,484	0,473	0,239	0,026	1,654	0,401	0,101
	1. Quartil	37,0	2,0	1,371	13,113	7,481	72,603	0,117	0,022	0,102	0,035	0,002	0,538	0,000	0,012
	Median	52,1	2,9	1,743	15,747	9,732	80,937	0,176	0,035	0,123	0,060	0,003	0,728	0,014	0,018
	2. Quartil	66,1	3,6	1,898	20,937	13,125	95,633	0,324	0,051	0,185	0,081	0,011	0,971	0,068	0,027
-80 cm	N	60	60	16	16	16	16	60	60	60	38	26	60	26	60
	Mittelwert	80,7	3,4	2,266	24,586	15,279	116,799	1,183	0,101	0,214	0,096	0,007	0,923	0,068	0,026
	Minimum	18,7	1,1	1,341	13,006	7,928	91,772	0,080	0,008	0,045	0,018	0,000	0,203	0,000	0,007
	Maximum	152,8	12,3	4,461	50,456	37,313	182,533	12,915	0,636	0,723	0,383	0,026	2,345	0,602	0,144
	1. Quartil	40,3	2,2	1,770	18,297	10,142	97,952	0,154	0,030	0,145	0,047	0,002	0,630	0,000	0,014
	Median	55,0	3,2	2,151	21,735	12,714	111,600	0,289	0,047	0,166	0,082	0,003	0,853	0,023	0,022
	2. Quartil	73,6	4,2	2,483	31,598	20,080	128,387	0,753	0,083	0,263	0,133	0,011	1,175	0,079	0,034
-100 cm	N	60	60	16	16	16	16	60	60	60	38	26	60	26	60
	Mittelwert	64,1	3,7	2,739	32,969	20,038	146,731	2,329	0,177	0,291	0,132	0,008	1,079	0,080	0,030
	Minimum	19,8	1,2	1,511	16,663	8,692	109,608	0,087	0,009	0,054	0,023	0,000	0,216	0,000	0,008
	Maximum	159,6	12,9	5,077	65,082	57,127	238,733	19,117	0,992	1,124	0,539	0,026	3,144	0,658	0,154
	1. Quartil	42,6	2,4	2,439	22,941	12,709	121,869	0,213	0,040	0,184	0,059	0,002	0,682	0,000	0,016
	Median	56,8	3,6	2,646	28,053	16,416	137,648	0,440	0,069	0,230	0,118	0,003	0,957	0,029	0,024
	2. Quartil	78,4	4,4	3,058	42,345	26,055	162,097	1,760	0,244	0,365	0,165	0,011	1,306	0,097	0,039
-120 cm	N	55	55	11	11	11	11	55	55	55	32	21	53	21	53
	Mittelwert	65,8	3,9	3,283	40,457	22,682	170,499	3,514	0,236	0,351	0,172	0,008	1,257	0,065	0,032
	Minimum	20,4	1,3	1,664	18,822	12,483	133,507	0,099	0,011	0,064	0,024	0,000	0,230	0,000	0,009
	Maximum	158,1	7,4	6,067	76,556	36,814	240,590	28,559	1,094	0,900	0,729	0,032	3,544	0,389	0,071
	1. Quartil	44,7	2,6	2,598	28,101	14,846	142,273	0,252	0,046	0,210	0,071	0,002	0,781	0,000	0,019
	Median	60,1	3,8	2,886	32,343	19,817	165,533	0,537	0,084	0,272	0,147	0,003	1,053	0,014	0,025
	2. Quartil	76,7	4,7	4,300	53,296	29,053	198,153	3,400	0,310	0,484	0,194	0,012	1,624	0,108	0,043
-160 cm	N	49	49	6	6	6	6	49	49	49	26	16	46	16	46
	Mittelwert	72,5	4,3	4,498	57,535	31,478	220,324	5,009	0,360	0,481	0,244	0,010	1,522	0,068	0,038
	Minimum	21,6	1,5	2,410	29,142	16,035	158,462	0,104	0,014	0,081	0,053	0,000	0,507	0,000	0,012
	Maximum	161,9	7,7	7,794	87,421	53,875	307,600	26,492	1,540	1,296	0,821	0,044	5,081	0,400	0,096
	1. Quartil	49,9	2,9	2,907	35,687	16,844	169,763	0,347	0,062	0,283	0,095	0,002	0,899	0,000	0,022
	Median	65,0	4,2	4,108	58,550	32,680	208,791	1,001	0,123	0,396	0,211	0,006	1,260	0,005	0,030
	2. Quartil	91,6	5,2	6,070	77,115	40,829	275,478	6,657	0,469	0,640	0,315	0,019	1,868	0,141	0,048

Gesamtstichprobe 2001

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	S-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	56	56	2	2	2	2	56	56	56	56	56	56	56	56	56
	Mittelwert	23,1	1,2	0,037	0,170	0,059	0,372	0,140	0,019	0,024	0,009	0,005	0,008	0,025	0,013	0,006
	Minimum	6,7	0,4	0,022	0,117	0,026	0,285	0,054	0,005	0,009	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001
	Maximum	123,3	5,1	0,052	0,223	0,089	0,458	0,533	0,069	0,067	0,054	0,018	0,035	0,142	0,052	0,029
	1. Quartil	18,7	0,8	0,022	0,117	0,028	0,285	0,094	0,012	0,015	0,004	0,003	0,003	0,011	0,006	0,003
	Median	24,6	1,0	0,037	0,170	0,059	0,372	0,120	0,016	0,020	0,006	0,004	0,006	0,020	0,012	0,005
	2. Quartil	33,0	1,3	0,052	0,223	0,089	0,458	0,154	0,022	0,026	0,008	0,007	0,011	0,030	0,017	0,009
-10 cm	N	73	73	12	12	12	12	73	73	73	73	72	73	73	73	73
	Mittelwert	21,8	1,2	0,464	2,943	1,970	17,120	0,129	0,017	0,033	0,010	0,013	0,028	0,161	0,016	0,006
	Minimum	5,1	0,3	0,251	2,283	1,136	13,148	0,006	0,001	0,007	0,003	0,001	0,003	0,024	0,000	0,001
	Maximum	48,7	3,8	0,689	4,294	3,577	21,678	0,752	0,075	0,146	0,024	0,041	0,097	0,525	0,077	0,022
	1. Quartil	16,7	0,8	0,354	2,570	1,427	15,245	0,041	0,006	0,016	0,007	0,008	0,011	0,117	0,002	0,003
	Median	22,6	1,1	0,468	2,861	1,690	17,086	0,067	0,011	0,024	0,008	0,013	0,022	0,159	0,011	0,006
	2. Quartil	27,9	1,7	0,544	3,126	2,392	18,940	0,177	0,023	0,045	0,012	0,016	0,040	0,189	0,021	0,007
-20 cm	N	73	73	12	12	12	12	73	73	73	73	72	73	73	73	73
	Mittelwert	34,2	1,9	0,881	6,440	4,825	39,286	0,211	0,026	0,056	0,019	0,029	0,042	0,337	0,028	0,008
	Minimum	7,3	0,5	0,454	4,607	2,546	27,299	0,011	0,002	0,012	0,006	0,002	0,004	0,043	0,000	0,001
	Maximum	95,4	7,4	1,312	8,906	7,698	47,583	1,512	0,132	0,272	0,055	0,095	0,179	1,187	0,137	0,025
	1. Quartil	24,6	1,4	0,653	5,666	3,225	34,890	0,058	0,009	0,026	0,013	0,021	0,017	0,239	0,005	0,005
	Median	33,7	1,8	0,906	6,378	4,609	40,918	0,093	0,015	0,042	0,016	0,028	0,033	0,305	0,019	0,008
	2. Quartil	40,9	2,3	1,113	7,151	6,481	42,727	0,271	0,033	0,074	0,023	0,036	0,057	0,394	0,042	0,011
-40 cm	N	73	73	12	12	12	12	73	73	73	73	72	73	73	73	73
	Mittelwert	47,9	2,8	1,865	14,155	13,222	90,221	0,524	0,062	0,108	0,040	0,067	0,056	0,669	0,047	0,012
	Minimum	11,0	0,8	0,911	9,000	5,365	55,600	0,019	0,003	0,021	0,012	0,003	0,004	0,113	0,000	0,001
	Maximum	111,9	8,9	2,473	17,218	21,217	104,508	4,800	0,397	0,536	0,117	0,198	0,233	2,809	0,262	0,048
	1. Quartil	34,5	2,0	1,343	13,003	9,607	85,324	0,087	0,012	0,041	0,024	0,044	0,023	0,424	0,008	0,006
	Median	46,2	2,7	1,949	14,176	13,702	92,913	0,136	0,020	0,077	0,031	0,060	0,041	0,566	0,030	0,010
	2. Quartil	57,7	3,4	2,388	16,593	16,941	99,302	0,385	0,047	0,130	0,052	0,085	0,071	0,761	0,074	0,014
-60 cm	N	73	73	12	12	12	12	73	73	73	73	72	73	73	73	72
	Mittelwert	55,5	3,5	3,070	24,086	25,156	144,621	1,150	0,138	0,178	0,067	0,105	0,064	0,927	0,065	0,014
	Minimum	14,5	1,0	1,678	13,818	9,226	85,070	0,028	0,003	0,029	0,017	0,005	0,004	0,193	0,001	0,001
	Maximum	119,3	9,5	4,438	37,576	40,520	167,169	8,689	1,107	0,802	0,262	0,273	0,279	4,253	0,321	0,065
	1. Quartil	40,9	2,4	2,150	20,023	20,444	139,601	0,103	0,016	0,056	0,034	0,068	0,026	0,552	0,012	0,007
	Median	55,0	3,3	3,180	24,421	25,075	149,612	0,176	0,027	0,105	0,049	0,090	0,043	0,744	0,045	0,012
	2. Quartil	69,2	4,3	3,852	27,430	31,340	157,215	0,829	0,093	0,179	0,088	0,136	0,081	1,052	0,102	0,017
-80 cm	N	71	71	12	12	12	12	71	71	71	71	70	71	71	71	66
	Mittelwert	59,2	3,9	4,490	42,608	37,408	200,265	2,167	0,256	0,261	0,097	0,138	0,068	1,113	0,083	0,016
	Minimum	18,1	1,2	2,762	19,063	14,127	115,708	0,040	0,006	0,037	0,021	0,006	0,004	0,274	0,001	0,001
	Maximum	115,1	8,2	6,611	75,966	57,688	234,471	15,972	2,344	1,248	0,407	0,327	0,414	4,696	0,402	0,073
	1. Quartil	43,5	2,6	3,328	28,794	32,777	194,873	0,127	0,021	0,074	0,048	0,093	0,027	0,669	0,015	0,007
	Median	58,3	3,8	4,459	36,879	37,832	204,817	0,226	0,037	0,136	0,069	0,116	0,046	0,899	0,056	0,014
	2. Quartil	74,7	4,9	5,400	60,118	44,387	218,071	1,616	0,274	0,272	0,134	0,172	0,089	1,174	0,125	0,018
-100 cm	N	70	70	12	12	12	12	70	70	70	70	69	70	70	70	62
	Mittelwert	62,7	4,2	6,059	99,923	50,200	254,414	3,788	0,398	0,348	0,128	0,169	0,071	1,249	0,098	0,017
	Minimum	20,7	1,3	3,833	19,850	14,863	120,304	0,053	0,006	0,047	0,025	0,007	0,006	0,331	0,001	0,001
	Maximum	119,2	9,8	8,937	264,679	78,592	305,935	24,258	3,893	1,708	0,671	0,397	0,478	4,766	0,476	0,079
	1. Quartil	44,4	2,8	4,537	39,201	45,944	246,317	0,148	0,024	0,092	0,057	0,103	0,027	0,780	0,019	0,008
	Median	62,5	4,0	5,880	62,540	50,898	261,340	0,445	0,062	0,169	0,089	0,151	0,047	1,031	0,060	0,014
	2. Quartil	79,8	5,4	7,542	179,056	60,541	281,477	4,422	0,516	0,395	0,160	0,205	0,093	1,500	0,147	0,021
-120 cm	N	67	67	10	10	10	10	67	67	67	67	67	67	67	67	55
	Mittelwert	65,3	4,6	7,876	146,776	67,976	324,300	5,605	0,553	0,432	0,162	0,197	0,076	1,346	0,111	0,018
	Minimum	22,3	1,5	4,904	48,610	41,836	285,297	0,079	0,006	0,047	0,029	0,008	0,006	0,383	0,001	0,001
	Maximum	123,2	11,5	11,815	343,979	106,166	377,398	32,544	5,859	2,172	1,043	0,461	0,542	4,782	0,507	0,087
	1. Quartil	45,5	2,9	6,257	56,234	57,674	293,364	0,183	0,029	0,104	0,065	0,113	0,027	0,819	0,020	0,009
	Median	65,0	4,1	7,346	109,395	64,825	319,354	0,556	0,101	0,199	0,109	0,181	0,048	1,140	0,064	0,015
	2. Quartil	82,7	5,8	9,775	270,192	77,946	352,052	7,605	0,788	0,523	0,187	0,246	0,099	1,512	0,171	0,024
-160 cm	N	64	64	9	9	9	9	64	64	64	64	64	64	64	64	50
	Mittelwert	70,0	5,2	10,968	298,573	97,397	433,835	8,950	0,768	0,556	0,218	0,252	0,081	1,561	0,130	0,019
	Minimum	24,9	1,7	7,615	65,611	60,905	351,501	0,105	0,006	0,047	0,039	0,013	0,006	0,412	0,001	0,001
	Maximum	126,3	15,1	17,362	568,255	188,812	552,131	45,643	8,350	3,033	1,829	0,730	0,611	5,225	0,533	0,045
	1. Quartil	49,8	3,2	8,308	184,519	81,305	391,594	0,244	0,036	0,135	0,082	0,142	0,028	0,951	0,023	0,011
	Median	66,9	4,4	10,577	297,418	87,194	429,179	1,418	0,167	0,218	0,137	0,222	0,052	1,340	0,076	0,017
	2. Quartil	91,2	6,6	12,830	412,292	104,221	476,271	13,772	1,069	0,734	0,245	0,328	0,100	1,966	0,215	0,026

Braunerden 1986

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	35	35	35	35	35	35	16	35	35	35	16	35
	Mittelwert	21,0	0,8	0,046	2,291	0,069	0,540	0,315	0,090	0,008	0,016	0,004	0,004
	Minimum	5,4	0,3	0,012	0,082	0,012	0,160	0,056	0,031	0,003	0,004	0,001	0,000
	Maximum	42,7	1,5	0,088	72,053	0,172	1,189	0,663	0,234	0,015	0,028	0,009	0,011
	1. Quartil	12,7	0,5	0,032	0,167	0,045	0,308	0,173	0,065	0,006	0,010	0,002	0,002
	Median	20,2	0,8	0,049	0,209	0,063	0,413	0,318	0,085	0,008	0,017	0,003	0,004
	2. Quartil	28,3	1,1	0,058	0,268	0,093	0,769	0,419	0,107	0,010	0,021	0,006	0,006
-10 cm	N	37	37	37	37	37	37	16	37	37	37	16	37
	Mittelwert	18,2	1,0	0,292	2,728	1,061	11,203	5,674	0,074	0,009	0,038	0,008	0,006
	Minimum	8,4	0,5	0,129	1,050	0,411	7,548	3,608	0,026	0,002	0,011	0,002	0,003
	Maximum	37,7	2,4	0,570	26,250	2,202	15,673	8,724	0,265	0,020	0,093	0,025	0,012
	1. Quartil	13,6	0,7	0,226	1,712	0,732	9,600	4,542	0,042	0,005	0,025	0,003	0,004
	Median	16,5	0,9	0,278	2,104	1,018	10,993	5,959	0,063	0,009	0,029	0,004	0,005
	2. Quartil	22,3	1,2	0,335	2,309	1,222	12,863	6,459	0,088	0,013	0,046	0,014	0,007
-20 cm	N	37	37	37	37	37	37	16	37	37	37	16	37
	Mittelwert	26,3	1,6	0,605	5,507	2,332	23,982	12,058	0,123	0,015	0,068	0,015	0,008
	Minimum	11,9	0,7	0,269	1,663	0,595	11,593	5,937	0,047	0,004	0,024	0,003	0,004
	Maximum	45,8	4,4	1,072	47,454	4,629	34,624	17,607	0,463	0,031	0,171	0,050	0,015
	1. Quartil	20,9	1,2	0,491	3,649	1,626	21,087	10,049	0,068	0,008	0,044	0,005	0,006
	Median	25,0	1,4	0,600	4,330	2,287	23,447	12,124	0,104	0,014	0,058	0,006	0,007
	2. Quartil	32,2	1,7	0,715	4,959	2,775	27,306	13,863	0,140	0,020	0,080	0,027	0,009
-40 cm	N	38	38	37	37	37	37	16	38	38	38	16	38
	Mittelwert	37,9	2,4	1,236	17,618	5,276	51,293	25,973	0,224	0,028	0,125	0,029	0,012
	Minimum	15,3	1,0	0,514	2,889	0,962	19,683	10,595	0,083	0,005	0,047	0,006	0,005
	Maximum	64,6	8,1	2,463	323,927	11,301	73,968	38,772	0,584	0,130	0,325	0,099	0,030
	1. Quartil	29,3	1,6	0,911	7,628	3,843	44,510	21,279	0,122	0,011	0,083	0,010	0,008
	Median	37,6	2,1	1,251	9,102	4,839	49,917	24,927	0,206	0,023	0,112	0,015	0,012
	2. Quartil	45,2	2,7	1,437	10,472	6,370	59,669	32,385	0,309	0,038	0,141	0,053	0,014
-60 cm	N	38	38	38	38	38	38	16	38	38	38	16	36
	Mittelwert	45,3	3,0	1,855	29,536	8,436	79,645	41,681	0,338	0,042	0,179	0,042	0,017
	Minimum	17,6	1,2	0,984	7,216	2,828	44,493	23,330	0,112	0,006	0,065	0,008	0,006
	Maximum	85,6	9,4	3,453	600,401	18,674	113,793	60,782	1,101	0,227	0,472	0,128	0,046
	1. Quartil	33,3	1,9	1,447	11,163	5,843	66,795	33,368	0,177	0,013	0,113	0,016	0,011
	Median	45,1	2,6	1,846	13,751	7,604	77,426	39,673	0,283	0,030	0,163	0,023	0,015
	2. Quartil	56,3	3,3	2,142	15,889	10,179	92,114	50,897	0,457	0,058	0,205	0,076	0,021
-80 cm	N	39	39	39	39	39	39	17	39	39	39	17	34
	Mittelwert	49,1	3,3	2,454	83,458	11,675	109,605	57,728	0,897	0,063	0,230	0,057	0,020
	Minimum	19,5	1,4	1,271	10,356	4,112	62,762	36,973	0,168	0,008	0,083	0,014	0,010
	Maximum	98,7	10,8	4,134	2.463,974	24,112	167,500	88,335	10,486	0,274	0,752	0,162	0,047
	1. Quartil	35,5	2,2	1,821	16,375	8,336	95,347	46,784	0,265	0,017	0,150	0,020	0,014
	Median	48,2	2,8	2,443	19,199	10,498	107,965	57,744	0,368	0,040	0,208	0,030	0,018
	2. Quartil	60,0	3,9	2,883	24,113	14,268	126,791	69,006	0,641	0,086	0,263	0,092	0,024
-100 cm	N	38	37	38	38	38	38	18	38	38	38	18	27
	Mittelwert	51,8	3,6	3,072	178,569	15,081	138,348	73,312	1,966	0,107	0,299	0,089	0,025
	Minimum	20,5	0,9	1,515	13,523	5,240	82,573	47,280	0,216	0,010	0,096	0,017	0,013
	Maximum	109,2	11,8	5,640	5.626,084	27,984	203,065	108,562	22,188	0,424	1,053	0,245	0,048
	1. Quartil	37,2	2,3	2,407	21,311	10,871	119,220	60,297	0,348	0,028	0,188	0,027	0,018
	Median	49,9	3,1	2,902	24,762	13,659	135,124	69,812	0,623	0,076	0,263	0,058	0,022
	2. Quartil	62,6	4,2	3,765	32,458	18,600	151,974	85,780	1,467	0,140	0,358	0,149	0,030
-120 cm	N	40	39	40	40	40	40	18	40	40	40	18	27
	Mittelwert	54,2	3,8	3,659	220,677	19,329	169,691	88,513	3,063	0,175	0,373	0,119	0,029
	Minimum	21,2	0,9	1,689	17,000	6,873	101,608	51,489	0,265	0,011	0,109	0,018	0,015
	Maximum	114,7	12,9	7,235	7.172,223	38,812	246,220	129,496	33,891	0,641	1,353	0,349	0,060
	1. Quartil	38,5	2,4	2,888	26,738	13,014	145,143	74,360	0,437	0,042	0,237	0,039	0,018
	Median	51,4	3,3	3,417	30,988	17,332	167,869	84,457	0,939	0,116	0,323	0,084	0,025
	2. Quartil	65,1	4,3	4,581	41,987	23,218	193,359	104,828	2,661	0,247	0,453	0,182	0,034
-160 cm	N	40	39	40	40	40	40	18	40	40	40	18	25
	Mittelwert	59,2	4,3	4,897	280,099	27,062	228,908	117,934	5,408	0,289	0,518	0,182	0,040
	Minimum	22,5	1,1	1,980	21,397	9,321	131,231	59,908	0,298	0,014	0,151	0,021	0,017
	Maximum	121,0	14,9	10,373	9.625,689	56,449	316,928	188,021	52,868	1,146	1,907	0,573	0,093
	1. Quartil	43,4	2,6	3,659	36,647	18,483	196,991	97,047	0,662	0,058	0,290	0,055	0,025
	Median	54,1	3,8	4,623	43,415	22,943	226,305	114,575	1,741	0,162	0,451	0,158	0,034
	2. Quartil	72,5	5,0	5,786	66,592	32,569	263,964	133,245	5,504	0,393	0,592	0,252	0,051

Braunerden 1991

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	29	29	6	6	6	6	29	29	29	17	10	29	10	29
	Mittelwert	27,4	1,1	0,033	0,247	0,070	0,577	0,115	0,014	0,018	0,006	0,001	0,030	0,011	0,005
	Minimum	6,6	0,3	0,010	0,124	0,038	0,222	0,023	0,004	0,004	0,003	0,000	0,003	0,001	0,001
	Maximum	60,9	2,7	0,063	0,411	0,121	0,958	0,337	0,033	0,072	0,013	0,002	0,085	0,033	0,012
	1. Quartil	18,5	0,7	0,019	0,142	0,048	0,385	0,077	0,009	0,011	0,004	0,000	0,011	0,001	0,003
	Median	24,2	1,1	0,028	0,260	0,066	0,538	0,098	0,013	0,014	0,005	0,001	0,023	0,006	0,004
	2. Quartil	33,9	1,2	0,050	0,312	0,087	0,816	0,143	0,017	0,021	0,008	0,001	0,046	0,021	0,006
-10 cm	N	36	36	12	12	12	12	36	36	36	23	16	36	16	36
	Mittelwert	20,8	1,1	0,345	2,508	1,319	11,945	0,063	0,011	0,029	0,009	0,002	0,155	0,012	0,006
	Minimum	9,6	0,4	0,233	1,656	0,719	8,008	0,012	0,002	0,009	0,006	0,000	0,038	0,000	0,001
	Maximum	36,5	2,7	0,471	3,857	2,092	14,392	0,205	0,027	0,076	0,016	0,006	0,268	0,041	0,013
	1. Quartil	15,8	0,7	0,290	1,849	0,949	10,123	0,027	0,007	0,020	0,007	0,001	0,102	0,001	0,004
	Median	20,7	0,9	0,327	2,336	1,377	12,202	0,045	0,010	0,027	0,008	0,002	0,156	0,008	0,006
	2. Quartil	25,7	1,3	0,404	3,086	1,563	14,007	0,073	0,012	0,032	0,011	0,004	0,190	0,022	0,008
-20 cm	N	36	36	12	12	12	12	36	36	36	23	16	36	16	36
	Mittelwert	29,7	1,6	0,655	5,350	3,014	26,068	0,095	0,016	0,051	0,018	0,003	0,287	0,022	0,009
	Minimum	15,5	0,8	0,391	3,599	1,607	20,218	0,022	0,003	0,014	0,009	0,000	0,074	0,000	0,002
	Maximum	50,4	6,3	0,996	7,757	4,884	32,227	0,347	0,052	0,108	0,034	0,007	0,463	0,060	0,016
	1. Quartil	23,6	1,0	0,538	3,884	2,214	22,675	0,041	0,012	0,036	0,012	0,001	0,207	0,001	0,005
	Median	30,5	1,4	0,646	4,861	2,923	25,288	0,068	0,014	0,049	0,016	0,003	0,293	0,016	0,008
	2. Quartil	35,0	1,9	0,771	6,809	3,888	30,548	0,112	0,019	0,057	0,022	0,005	0,363	0,044	0,012
-40 cm	N	35	35	12	12	12	12	35	35	35	23	16	35	16	35
	Mittelwert	42,4	2,3	1,242	11,086	6,626	54,945	0,155	0,026	0,093	0,034	0,004	0,513	0,036	0,013
	Minimum	22,2	1,2	0,730	7,894	3,558	44,176	0,040	0,006	0,026	0,014	0,000	0,125	0,000	0,005
	Maximum	85,0	6,6	2,366	15,794	10,872	70,684	0,829	0,103	0,189	0,065	0,013	0,926	0,098	0,027
	1. Quartil	31,6	1,5	0,998	8,587	4,966	47,587	0,070	0,016	0,070	0,022	0,001	0,327	0,001	0,008
	Median	41,9	2,1	1,205	9,912	6,507	53,752	0,110	0,024	0,086	0,033	0,003	0,538	0,028	0,012
	2. Quartil	50,2	2,8	1,332	14,041	8,423	63,492	0,197	0,033	0,116	0,043	0,007	0,593	0,072	0,019
-60 cm	N	37	37	12	12	12	12	37	37	37	23	16	37	16	37
	Mittelwert	49,9	2,8	1,777	17,127	10,371	84,784	0,229	0,037	0,135	0,050	0,005	0,703	0,046	0,017
	Minimum	25,7	1,4	1,184	12,951	5,743	67,974	0,060	0,008	0,036	0,018	0,000	0,177	0,000	0,006
	Maximum	100,2	6,9	3,573	24,221	16,411	109,256	1,490	0,158	0,290	0,098	0,018	1,234	0,125	0,037
	1. Quartil	36,1	1,9	1,371	13,427	7,955	74,289	0,108	0,021	0,107	0,033	0,001	0,489	0,004	0,011
	Median	49,2	2,4	1,724	15,747	9,732	82,271	0,170	0,031	0,121	0,044	0,003	0,721	0,038	0,017
	2. Quartil	57,0	3,5	1,898	20,937	13,125	95,633	0,250	0,050	0,162	0,064	0,010	0,860	0,086	0,025
-80 cm	N	38	38	13	13	13	13	38	38	38	24	17	38	17	38
	Mittelwert	52,9	3,0	2,338	23,362	14,202	114,804	0,486	0,058	0,181	0,064	0,005	0,839	0,065	0,021
	Minimum	26,5	1,3	1,519	16,921	7,928	91,772	0,080	0,010	0,045	0,018	0,000	0,203	0,000	0,007
	Maximum	105,5	7,1	4,461	33,448	22,197	150,228	3,892	0,264	0,425	0,139	0,020	1,735	0,327	0,047
	1. Quartil	38,2	2,1	1,873	18,382	10,331	98,757	0,148	0,028	0,145	0,042	0,001	0,563	0,010	0,013
	Median	52,6	2,7	2,185	20,435	12,131	111,912	0,204	0,040	0,161	0,061	0,003	0,831	0,045	0,019
	2. Quartil	61,5	3,8	2,519	30,245	20,009	124,446	0,425	0,069	0,208	0,083	0,008	1,027	0,099	0,031
-100 cm	N	39	39	13	13	13	13	39	39	39	25	18	39	18	39
	Mittelwert	54,7	3,2	2,830	31,554	18,106	143,029	1,331	0,110	0,248	0,088	0,006	0,988	0,075	0,026
	Minimum	19,8	1,2	1,692	20,018	8,692	109,608	0,067	0,011	0,054	0,023	0,000	0,216	0,000	0,008
	Maximum	109,1	7,3	5,077	58,190	28,333	195,378	11,750	0,406	0,608	0,223	0,022	2,354	0,378	0,059
	1. Quartil	40,2	2,3	2,474	23,001	12,996	121,962	0,210	0,039	0,185	0,055	0,001	0,629	0,005	0,015
	Median	54,9	3,0	2,721	26,389	16,045	137,811	0,344	0,064	0,209	0,082	0,002	0,881	0,057	0,022
	2. Quartil	63,2	4,2	3,097	41,702	25,926	158,953	0,898	0,164	0,313	0,119	0,009	1,245	0,117	0,037
-120 cm	N	36	36	10	10	10	10	36	36	36	22	15	35	15	35
	Mittelwert	57,8	3,5	3,330	42,820	23,702	174,198	2,418	0,175	0,321	0,119	0,006	1,177	0,088	0,029
	Minimum	20,4	1,3	1,864	25,813	13,249	135,024	0,099	0,012	0,064	0,035	0,000	0,230	0,000	0,009
	Maximum	111,0	7,4	6,067	76,558	36,814	240,590	23,342	0,725	0,869	0,306	0,024	3,445	0,369	0,071
	1. Quartil	42,7	2,4	2,540	28,276	16,015	145,796	0,256	0,049	0,212	0,066	0,001	0,698	0,000	0,017
	Median	56,6	3,3	2,972	33,904	22,338	167,859	0,482	0,087	0,261	0,088	0,002	0,986	0,072	0,024
	2. Quartil	65,5	4,4	4,306	55,353	30,407	199,402	2,426	0,226	0,420	0,163	0,011	1,456	0,127	0,042
-160 cm	N	32	32	8	8	8	8	32	32	32	18	11	31	11	31
	Mittelwert	64,2	3,9	4,498	57,535	31,478	220,324	3,422	0,298	0,455	0,188	0,008	1,556	0,096	0,035
	Minimum	21,6	1,5	2,410	29,142	16,035	158,462	0,104	0,015	0,081	0,053	0,000	0,547	0,000	0,012
	Maximum	130,9	7,7	7,794	87,421	53,875	307,600	23,583	1,235	1,213	0,472	0,024	5,081	0,400	0,096
	1. Quartil	47,5	2,7	2,907	35,687	16,844	169,763	0,339	0,064	0,276	0,084	0,002	0,868	0,000	0,020
	Median	62,1	3,7	4,108	58,550	32,680	208,791	1,045	0,140	0,373	0,180	0,006	1,239	0,014	0,029
	2. Quartil	71,0	4,8	6,070	77,115	40,829	275,478	5,134	0,407	0,575	0,260	0,015	1,813	0,179	0,048

Braunerden 2001

		C-Vorrat	N-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	S-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	Mittelwert	24,0	1,0	0,117	0,015	0,019	0,005	0,005	0,007	0,021	0,014	0,005
	Minimum	9,3	0,5	0,054	0,005	0,009	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001
	Maximum	46,0	2,0	0,319	0,027	0,036	0,012	0,015	0,021	0,076	0,052	0,016
	1. Quartil	17,9	0,8	0,091	0,011	0,015	0,003	0,003	0,004	0,011	0,009	0,003
	Median	23,8	1,0	0,113	0,014	0,018	0,005	0,004	0,006	0,020	0,013	0,005
	2. Quartil	29,1	1,2	0,131	0,017	0,022	0,007	0,006	0,010	0,028	0,016	0,007
-10 cm	N	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	Mittelwert	20,2	1,1	0,066	0,010	0,023	0,008	0,013	0,022	0,156	0,013	0,005
	Minimum	5,1	0,3	0,006	0,001	0,007	0,003	0,003	0,003	0,044	0,000	0,001
	Maximum	41,8	2,3	0,198	0,026	0,050	0,015	0,038	0,059	0,295	0,052	0,012
	1. Quartil	14,9	0,7	0,033	0,005	0,015	0,006	0,010	0,010	0,130	0,005	0,002
	Median	20,7	1,0	0,054	0,008	0,019	0,007	0,013	0,018	0,159	0,008	0,004
	2. Quartil	25,1	1,2	0,076	0,013	0,033	0,009	0,015	0,027	0,180	0,015	0,006
-20 cm	N	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	Mittelwert	29,7	1,6	0,092	0,014	0,039	0,015	0,031	0,029	0,296	0,024	0,006
	Minimum	9,2	0,5	0,011	0,002	0,013	0,006	0,012	0,004	0,097	0,000	0,001
	Maximum	55,0	3,4	0,291	0,039	0,088	0,030	0,095	0,095	0,574	0,092	0,016
	1. Quartil	21,4	1,3	0,046	0,007	0,023	0,011	0,022	0,013	0,248	0,010	0,003
	Median	28,0	1,5	0,073	0,012	0,032	0,014	0,029	0,023	0,297	0,015	0,005
	2. Quartil	36,7	1,9	0,106	0,018	0,058	0,019	0,038	0,039	0,317	0,033	0,008
-40 cm	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	Mittelwert	41,4	2,4	0,132	0,021	0,065	0,028	0,076	0,036	0,520	0,035	0,008
	Minimum	13,9	1,0	0,019	0,003	0,025	0,012	0,023	0,004	0,217	0,000	0,001
	Maximum	74,6	5,0	0,440	0,076	0,149	0,061	0,198	0,112	1,357	0,121	0,017
	1. Quartil	31,2	1,7	0,069	0,011	0,038	0,021	0,048	0,016	0,389	0,012	0,005
	Median	38,9	2,3	0,094	0,016	0,056	0,026	0,062	0,030	0,493	0,024	0,007
	2. Quartil	51,7	2,9	0,152	0,026	0,091	0,033	0,097	0,046	0,574	0,055	0,011
-60 cm	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Mittelwert	48,5	2,9	0,218	0,029	0,089	0,042	0,120	0,039	0,708	0,046	0,009
	Minimum	16,8	1,3	0,028	0,003	0,033	0,017	0,045	0,004	0,316	0,001	0,001
	Maximum	84,9	5,8	1,593	0,101	0,212	0,091	0,273	0,114	1,879	0,173	0,018
	1. Quartil	35,9	2,2	0,095	0,013	0,048	0,031	0,076	0,019	0,508	0,016	0,006
	Median	46,2	2,8	0,116	0,020	0,084	0,035	0,114	0,034	0,653	0,032	0,008
	2. Quartil	59,1	3,7	0,200	0,032	0,127	0,059	0,145	0,047	0,786	0,068	0,013
-80 cm	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34
	Mittelwert	51,6	3,2	0,502	0,056	0,124	0,058	0,156	0,043	0,849	0,051	0,010
	Minimum	18,7	1,5	0,040	0,006	0,039	0,021	0,062	0,004	0,404	0,001	0,001
	Maximum	97,1	6,5	6,083	0,309	0,272	0,138	0,327	0,116	2,003	0,184	0,018
	1. Quartil	37,7	2,4	0,107	0,016	0,067	0,041	0,101	0,021	0,593	0,022	0,007
	Median	49,0	2,8	0,140	0,027	0,112	0,051	0,150	0,037	0,777	0,036	0,010
	2. Quartil	64,2	3,9	0,346	0,054	0,170	0,079	0,201	0,054	0,969	0,077	0,013
-100 cm	N	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	35
	Mittelwert	53,2	3,4	0,876	0,099	0,161	0,074	0,191	0,046	0,973	0,059	0,011
	Minimum	20,7	1,3	0,053	0,006	0,047	0,025	0,072	0,006	0,341	0,002	0,001
	Maximum	99,4	7,1	8,674	0,679	0,408	0,215	0,397	0,143	2,127	0,191	0,021
	1. Quartil	39,0	2,5	0,123	0,020	0,077	0,046	0,114	0,023	0,671	0,024	0,007
	Median	50,4	3,1	0,173	0,037	0,155	0,061	0,166	0,038	0,857	0,043	0,011
	2. Quartil	65,8	4,2	0,502	0,118	0,235	0,093	0,261	0,055	1,150	0,087	0,015
-120 cm	N	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	34
	Mittelwert	55,3	3,7	1,673	0,168	0,209	0,093	0,217	0,049	1,109	0,070	0,012
	Minimum	22,3	1,5	0,079	0,006	0,047	0,029	0,081	0,006	0,383	0,003	0,001
	Maximum	101,1	7,7	9,316	1,093	0,576	0,329	0,461	0,153	2,840	0,227	0,026
	1. Quartil	41,0	2,6	0,169	0,026	0,097	0,053	0,127	0,024	0,740	0,028	0,008
	Median	52,1	3,4	0,274	0,049	0,166	0,072	0,183	0,039	0,930	0,054	0,011
	2. Quartil	68,3	4,4	2,172	0,272	0,303	0,115	0,314	0,057	1,286	0,097	0,016
-160 cm	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	31
	Mittelwert	59,4	4,1	3,360	0,316	0,304	0,132	0,273	0,054	1,373	0,091	0,014
	Minimum	24,9	1,7	0,105	0,006	0,047	0,039	0,090	0,006	0,412	0,006	0,001
	Maximum	103,6	8,7	20,188	1,695	1,055	0,539	0,616	0,252	5,225	0,375	0,038
	1. Quartil	44,2	2,8	0,226	0,032	0,125	0,073	0,165	0,026	0,910	0,035	0,008
	Median	55,7	3,8	0,511	0,106	0,198	0,098	0,234	0,042	1,135	0,072	0,015
	2. Quartil	72,8	4,9	4,439	0,485	0,474	0,168	0,367	0,060	1,471	0,126	0,018

Fahlerden 1986

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3
	Mittelwert	23,8	1,0	0,060	0,328	0,094	0,513		0,125	0,009	0,023		0,005
	Minimum	14,4	0,6	0,037	0,114	0,023	0,129		0,029	0,004	0,003		0,002
	Maximum	29,4	1,3	0,093	0,531	0,175	1,098		0,223	0,013	0,046		0,008
	1. Quartil	14,4	0,6	0,037	0,114	0,023	0,129		0,029	0,004	0,003		0,002
	Median	27,5	1,1	0,050	0,340	0,085	0,312		0,124	0,009	0,020		0,004
	2. Quartil	29,4	1,3	0,093	0,531	0,175	1,098		0,223	0,013	0,046		0,008
-10 cm	N	8	8	7	7	7	7	2	8	8	8	3	8
	Mittelwert	27,0	1,6	0,315	2,710	1,485	12,691	7,698	0,159	0,019	0,054	0,009	0,006
	Minimum	18,5	0,9	0,242	1,862	0,843	9,840	4,940	0,058	0,012	0,027	0,007	0,005
	Maximum	40,4	2,8	0,433	3,699	2,824	24,858	10,456	0,367	0,030	0,070	0,010	0,008
	1. Quartil	21,7	1,3	0,266	2,097	0,974	9,848	4,940	0,064	0,013	0,044	0,007	0,005
	Median	26,5	1,5	0,293	2,750	1,342	10,457	7,698	0,108	0,018	0,059	0,009	0,005
	2. Quartil	30,4	1,9	0,355	3,412	1,752	13,013	10,456	0,248	0,024	0,065	0,010	0,007
-20 cm	N	8	8	7	7	7	7	2	8	8	8	3	8
	Mittelwert	41,3	2,6	0,643	5,918	3,448	28,322	16,461	0,238	0,030	0,094	0,017	0,009
	Minimum	28,1	1,5	0,496	4,366	2,079	22,634	11,247	0,062	0,021	0,046	0,013	0,006
	Maximum	67,6	4,9	0,867	8,134	5,965	51,031	21,674	0,531	0,044	0,125	0,020	0,013
	1. Quartil	29,0	1,8	0,585	4,563	2,168	23,255	11,247	0,101	0,022	0,075	0,013	0,008
	Median	42,1	2,4	0,594	5,647	3,599	24,589	16,461	0,164	0,027	0,105	0,018	0,009
	2. Quartil	46,4	2,9	0,725	7,587	3,934	28,007	21,674	0,389	0,040	0,110	0,020	0,011
-40 cm	N	8	8	7	7	7	7	2	8	8	8	3	8
	Mittelwert	54,3	3,6	1,393	14,016	9,489	65,274	34,400	0,442	0,068	0,176	0,042	0,016
	Minimum	33,6	2,0	1,140	9,001	4,759	52,863	23,419	0,197	0,036	0,075	0,037	0,009
	Maximum	80,4	6,2	1,761	24,001	18,147	104,963	45,380	0,922	0,193	0,282	0,049	0,028
	1. Quartil	38,2	2,4	1,150	10,609	4,830	53,006	23,419	0,250	0,038	0,127	0,037	0,012
	Median	58,1	3,5	1,382	12,709	9,529	56,680	34,400	0,380	0,045	0,180	0,039	0,015
	2. Quartil	62,2	4,2	1,714	15,799	12,993	68,402	45,380	0,593	0,085	0,221	0,049	0,019
-60 cm	N	8	8	7	7	7	7	2	8	8	8	3	7
	Mittelwert	62,7	4,4	2,173	23,359	18,622	104,220	53,821	0,819	0,152	0,274	0,071	0,023
	Minimum	37,5	2,4	1,657	13,383	7,561	80,489	35,591	0,356	0,049	0,105	0,039	0,011
	Maximum	92,2	7,5	2,834	47,190	44,093	162,585	72,051	2,228	0,523	0,589	0,095	0,045
	1. Quartil	43,7	2,8	1,811	16,033	8,173	83,989	35,591	0,400	0,052	0,142	0,039	0,014
	Median	65,6	4,2	2,098	20,971	15,677	90,749	53,821	0,485	0,074	0,252	0,078	0,020
	2. Quartil	73,4	5,3	2,716	25,017	27,827	116,161	72,051	1,333	0,245	0,372	0,095	0,033
-80 cm	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2	6
	Mittelwert	68,1	5,2	3,073	34,057	28,595	147,367	70,699	2,136	0,363	0,463	0,186	0,030
	Minimum	39,3	2,6	2,127	18,807	12,725	110,170	47,612	0,609	0,098	0,137	0,169	0,013
	Maximum	98,2	8,4	3,963	70,379	58,943	223,155	93,786	6,605	0,854	0,896	0,204	0,054
	1. Quartil	41,1	2,7	2,776	22,475	12,822	123,546	47,612	0,738	0,119	0,338	0,169	0,015
	Median	75,1	5,1	3,018	33,724	23,919	130,866	70,699	1,767	0,317	0,399	0,186	0,027
	2. Quartil	79,7	6,7	3,634	35,139	42,661	165,609	93,786	2,218	0,581	0,673	0,204	0,045
-100 cm	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2	5
	Mittelwert	72,4	6,0	3,996	45,036	37,565	191,749	85,083	4,056	0,612	0,665	0,323	0,039
	Minimum	40,6	2,9	2,855	24,578	18,667	135,178	59,581	1,072	0,157	0,195	0,280	0,016
	Maximum	103,5	9,8	5,096	93,569	62,697	286,673	110,584	13,744	1,185	1,203	0,367	0,063
	1. Quartil	42,9	3,0	3,589	29,143	18,729	166,164	59,581	1,169	0,234	0,495	0,280	0,022
	Median	82,4	6,2	3,939	43,053	34,181	173,782	85,083	2,866	0,582	0,602	0,323	0,034
	2. Quartil	85,1	8,0	4,680	47,658	57,495	215,057	110,584	3,952	0,948	1,040	0,367	0,058
-120 cm	N	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	2	5
	Mittelwert	76,0	6,7	4,943	112,309	46,927	234,675	98,376	9,035	0,881	0,901	0,640	0,044
	Minimum	41,9	3,2	3,669	36,072	24,232	151,141	69,371	1,405	0,199	0,262	0,529	0,020
	Maximum	108,9	10,6	6,116	283,605	72,956	350,191	127,382	20,883	1,417	1,492	0,751	0,073
	1. Quartil	45,0	3,3	4,296	38,929	25,056	208,472	69,371	4,215	0,543	0,642	0,529	0,026
	Median	85,5	7,3	4,899	57,186	47,107	219,740	98,376	5,903	0,874	0,822	0,640	0,039
	2. Quartil	90,4	9,5	6,112	252,272	66,450	260,150	127,382	19,486	1,316	1,406	0,751	0,065
-160 cm	N	6	6	6	6	6	6	2	6	6	6	2	5
	Mittelwert	80,5	7,4	6,461	182,350	56,660	307,275	118,979	13,297	1,271	1,203	1,218	0,056
	Minimum	44,3	3,7	5,225	48,647	29,420	158,058	76,980	1,906	0,222	0,386	0,855	0,037
	Maximum	119,8	12,3	8,266	701,889	78,127	477,226	160,978	35,161	2,051	2,143	1,581	0,087
	1. Quartil	47,7	3,7	5,581	71,587	34,380	257,997	76,980	6,144	0,927	0,734	0,855	0,041
	Median	85,8	7,5	6,281	83,099	61,212	302,699	118,979	11,353	1,313	1,194	1,218	0,049
	2. Quartil	103,7	10,2	7,325	249,073	74,999	353,049	160,978	18,130	1,685	1,626	1,581	0,074

Fahlerden 1991

		C-Vorrat	N-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	4	4	4	4	4	2	0	4	0	4
	Mittelwert	29,3	1,4	0,156	0,016	0,018	0,006		0,038		0,005
	Minimum	8,7	0,5	0,060	0,006	0,011	0,002		0,004		0,001
	Maximum	52,4	2,7	0,235	0,031	0,028	0,010		0,066		0,007
	1. Quartil	11,5	0,6	0,084	0,006	0,012	0,002		0,010		0,002
	Median	28,0	1,2	0,154	0,014	0,016	0,006		0,041		0,005
	2. Quartil	48,3	2,4	0,229	0,028	0,025	0,010		0,063		0,007
-10 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	24,5	1,2	0,145	0,013	0,038	0,014	0,003	0,212	0,021	0,007
	Minimum	15,1	0,8	0,032	0,007	0,016	0,006	0,002	0,139	0,001	0,003
	Maximum	35,2	1,6	0,257	0,021	0,094	0,034	0,004	0,300	0,041	0,023
	1. Quartil	21,0	1,0	0,060	0,009	0,023	0,009	0,002	0,177	0,001	0,004
	Median	24,0	1,2	0,163	0,012	0,028	0,012	0,003	0,206	0,021	0,006
	2. Quartil	27,9	1,3	0,226	0,018	0,051	0,013	0,004	0,248	0,041	0,008
-20 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	35,0	1,8	0,198	0,019	0,067	0,026	0,003	0,445	0,038	0,010
	Minimum	28,0	1,5	0,045	0,010	0,025	0,013	0,002	0,320	0,004	0,004
	Maximum	45,7	2,4	0,352	0,034	0,134	0,060	0,004	0,595	0,072	0,030
	1. Quartil	29,5	1,5	0,087	0,012	0,040	0,019	0,002	0,390	0,004	0,005
	Median	33,6	1,7	0,216	0,014	0,060	0,020	0,003	0,429	0,038	0,008
	2. Quartil	40,1	1,9	0,312	0,030	0,098	0,027	0,004	0,514	0,072	0,011
-40 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	46,4	2,6	0,550	0,048	0,137	0,057	0,003	0,863	0,092	0,016
	Minimum	29,2	1,6	0,074	0,016	0,043	0,027	0,002	0,586	0,008	0,007
	Maximum	61,8	3,6	2,673	0,158	0,250	0,109	0,004	1,141	0,175	0,052
	1. Quartil	38,3	2,4	0,113	0,018	0,082	0,033	0,002	0,649	0,008	0,008
	Median	45,6	2,5	0,321	0,022	0,123	0,046	0,003	0,886	0,092	0,011
	2. Quartil	56,0	2,8	0,556	0,076	0,190	0,094	0,004	1,065	0,175	0,018
-60 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	52,5	3,2	1,721	0,131	0,242	0,123	0,003	1,152	0,208	0,024
	Minimum	30,4	1,8	0,135	0,019	0,063	0,071	0,002	0,705	0,015	0,010
	Maximum	68,1	4,5	7,794	0,397	0,473	0,239	0,004	1,654	0,401	0,101
	1. Quartil	43,7	2,7	0,150	0,024	0,135	0,073	0,002	0,783	0,015	0,011
	Median	51,3	3,4	0,809	0,052	0,213	0,110	0,003	1,088	0,208	0,012
	2. Quartil	64,1	3,5	2,113	0,252	0,357	0,158	0,004	1,580	0,401	0,024
-80 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	56,4	3,8	4,213	0,313	0,400	0,214	0,003	1,434	0,312	0,032
	Minimum	31,7	1,9	0,322	0,075	0,126	0,137	0,002	0,711	0,023	0,013
	Maximum	74,4	5,2	12,915	0,636	0,723	0,383	0,004	2,345	0,602	0,144
	1. Quartil	48,2	3,2	1,585	0,084	0,270	0,145	0,002	0,940	0,023	0,014
	Median	52,9	4,1	4,052	0,371	0,389	0,189	0,003	1,195	0,312	0,015
	2. Quartil	68,3	4,3	5,253	0,520	0,553	0,253	0,004	2,092	0,602	0,030
-100 cm	N	9	9	9	9	9	7	2	9	2	9
	Mittelwert	60,2	4,3	7,907	0,577	0,585	0,300	0,003	1,653	0,344	0,037
	Minimum	33,1	2,1	1,275	0,138	0,201	0,198	0,002	0,715	0,030	0,015
	Maximum	79,9	5,7	19,117	0,992	1,124	0,539	0,004	3,144	0,658	0,154
	1. Quartil	52,1	3,6	2,924	0,306	0,438	0,219	0,002	0,997	0,030	0,016
	Median	55,3	4,6	9,262	0,613	0,524	0,268	0,003	1,431	0,344	0,020
	2. Quartil	72,1	5,1	10,323	0,819	0,745	0,341	0,004	2,328	0,658	0,035
-120 cm	N	8	8	8	8	8	5	1	7	1	7
	Mittelwert	61,1	4,8	12,647	0,763	0,652	0,451	0,002	2,029	0,030	0,027
	Minimum	34,4	2,3	2,652	0,193	0,276	0,318	0,002	0,796	0,030	0,018
	Maximum	76,7	6,0	28,559	1,094	0,900	0,729	0,002	3,544	0,030	0,049
	1. Quartil	54,4	4,0	5,561	0,479	0,530	0,347	0,002	1,222	0,030	0,019
	Median	58,6	5,3	12,213	0,805	0,673	0,403	0,002	1,970	0,030	0,024
	2. Quartil	75,6	5,7	16,816	1,066	0,812	0,578	0,002	2,639	0,030	0,030
-160 cm	N	7	7	7	7	7	4	1	5	1	7
	Mittelwert	67,2	5,4	18,541	1,070	0,824	0,528	0,002	1,930	0,030	0,032
	Minimum	38,4	2,7	5,598	0,241	0,419	0,430	0,002	0,818	0,030	0,021
	Maximum	85,4	7,1	26,492	1,540	1,296	0,621	0,002	2,749	0,030	0,051
	1. Quartil	61,9	4,8	11,326	0,693	0,683	0,453	0,002	1,023	0,030	0,027
	Median	62,8	5,9	20,792	1,289	0,816	0,530	0,002	2,421	0,030	0,027
	2. Quartil	82,6	6,6	24,909	1,526	0,952	0,600	0,002	2,591	0,030	0,037

Fahlerden 2001

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	S-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	9	9	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Mittelwert	19,2	0,9	0,037	0,170	0,059	0,372	0,139	0,020	0,026	0,005	0,004	0,004	0,014	0,019	0,003
	Minimum	6,7	0,4	0,022	0,117	0,028	0,285	0,068	0,009	0,013	0,001	0,002	0,001	0,001	0,006	0,001
	Maximum	48,5	2,0	0,052	0,223	0,089	0,458	0,221	0,030	0,049	0,014	0,008	0,017	0,052	0,030	0,010
	1. Quartil	11,7	0,6	0,022	0,117	0,028	0,285	0,082	0,010	0,014	0,003	0,002	0,001	0,002	0,015	0,001
	Median	14,1	0,9	0,037	0,170	0,059	0,372	0,144	0,022	0,023	0,005	0,004	0,002	0,005	0,018	0,002
	2. Quartil	23,1	1,1	0,052	0,223	0,089	0,458	0,178	0,027	0,038	0,006	0,006	0,007	0,021	0,024	0,004
-10 cm	N	23	23	12	12	12	12	23	23	23	23	22	23	23	23	23
	Mittelwert	27,8	1,7	0,454	2,943	1,970	17,120	0,244	0,032	0,055	0,012	0,017	0,039	0,197	0,029	0,006
	Minimum	13,7	0,8	0,251	2,283	1,136	13,148	0,032	0,004	0,018	0,006	0,006	0,003	0,081	0,010	0,001
	Maximum	39,0	2,4	0,689	4,294	3,577	21,678	0,425	0,066	0,146	0,024	0,041	0,097	0,525	0,077	0,011
	1. Quartil	22,3	1,4	0,354	2,570	1,427	15,246	0,143	0,018	0,037	0,008	0,013	0,020	0,137	0,013	0,004
	Median	27,4	1,7	0,458	2,861	1,690	17,086	0,220	0,027	0,051	0,011	0,015	0,032	0,177	0,022	0,006
	2. Quartil	33,7	2,0	0,544	3,126	2,392	18,940	0,365	0,041	0,069	0,016	0,021	0,054	0,244	0,042	0,009
-20 cm	N	23	23	12	12	12	12	23	23	23	23	22	23	23	23	23
	Mittelwert	39,5	2,5	0,881	6,440	4,825	39,286	0,417	0,050	0,095	0,026	0,032	0,056	0,453	0,050	0,010
	Minimum	22,7	1,4	0,454	4,607	2,546	27,299	0,053	0,007	0,031	0,011	0,012	0,006	0,133	0,017	0,001
	Maximum	54,9	3,9	1,312	8,908	7,698	47,583	1,172	0,129	0,272	0,055	0,074	0,166	1,187	0,137	0,019
	1. Quartil	31,1	2,0	0,653	5,666	3,225	34,890	0,193	0,025	0,062	0,016	0,025	0,025	0,312	0,027	0,007
	Median	36,8	2,4	0,906	6,378	4,609	40,918	0,334	0,043	0,088	0,021	0,030	0,038	0,385	0,046	0,009
	2. Quartil	49,4	2,9	1,113	7,151	6,481	42,727	0,542	0,063	0,117	0,034	0,037	0,072	0,563	0,061	0,013
-40 cm	N	23	23	12	12	12	12	23	23	23	23	22	23	23	23	23
	Mittelwert	52,5	3,6	1,865	14,155	13,222	90,221	1,178	0,137	0,206	0,061	0,063	0,073	0,993	0,087	0,015
	Minimum	29,0	2,0	0,911	9,000	5,365	55,600	0,079	0,009	0,057	0,020	0,028	0,007	0,378	0,026	0,001
	Maximum	76,6	5,3	2,473	17,218	21,217	104,508	4,161	0,397	0,536	0,117	0,118	0,233	2,809	0,262	0,048
	1. Quartil	42,0	3,0	1,343	13,003	9,607	85,324	0,263	0,035	0,106	0,031	0,043	0,028	0,653	0,055	0,010
	Median	51,8	3,4	1,949	14,176	13,702	92,913	0,801	0,080	0,180	0,056	0,058	0,043	0,752	0,082	0,013
	2. Quartil	64,4	4,1	2,388	16,593	16,941	99,302	1,539	0,220	0,301	0,079	0,081	0,096	1,140	0,101	0,019
-60 cm	N	23	23	12	12	12	12	23	23	23	23	22	23	23	23	22
	Mittelwert	80,0	4,4	3,070	24,066	25,156	144,621	2,952	0,360	0,380	0,113	0,091	0,081	1,442	0,129	0,020
	Minimum	33,9	2,5	1,678	13,818	9,226	85,070	0,104	0,013	0,093	0,033	0,039	0,009	0,561	0,033	0,001
	Maximum	85,4	6,8	4,438	37,578	40,520	167,169	8,669	1,107	0,802	0,262	0,169	0,254	4,253	0,321	0,065
	1. Quartil	49,9	3,7	2,150	20,023	20,444	139,601	0,508	0,071	0,160	0,063	0,070	0,028	0,794	0,079	0,012
	Median	58,9	4,2	3,160	24,421	25,075	149,612	2,570	0,309	0,368	0,103	0,086	0,049	1,158	0,109	0,015
	2. Quartil	70,6	4,7	3,652	27,430	31,340	157,215	5,105	0,583	0,504	0,124	0,115	0,114	1,593	0,169	0,023
-80 cm	N	23	23	12	12	12	12	23	23	23	23	22	23	23	23	20
	Mittelwert	65,4	5,1	4,490	42,608	37,408	200,265	5,812	0,698	0,573	0,170	0,119	0,084	1,701	0,173	0,024
	Minimum	35,8	2,8	2,762	19,063	14,127	115,708	0,326	0,054	0,153	0,053	0,046	0,009	0,566	0,062	0,001
	Maximum	92,3	6,2	6,611	75,966	57,688	234,471	15,972	2,344	1,248	0,407	0,214	0,260	4,696	0,402	0,073
	1. Quartil	55,0	4,2	3,328	28,794	32,777	194,873	1,325	0,227	0,264	0,105	0,093	0,029	1,037	0,102	0,015
	Median	64,9	5,0	4,459	36,879	37,632	204,817	4,980	0,718	0,636	0,153	0,114	0,050	1,467	0,146	0,020
	2. Quartil	76,8	5,5	5,400	60,118	44,387	218,071	7,882	0,931	0,756	0,229	0,149	0,117	2,062	0,223	0,031
-100 cm	N	22	22	12	12	12	12	22	22	22	22	21	22	22	22	16
	Mittelwert	70,6	5,8	6,059	99,923	50,200	254,414	10,475	1,087	0,791	0,239	0,152	0,087	1,878	0,210	0,027
	Minimum	37,5	3,1	3,833	19,850	14,863	120,304	0,758	0,056	0,182	0,077	0,053	0,010	0,572	0,069	0,003
	Maximum	98,6	9,8	8,937	264,679	78,592	305,935	24,258	3,393	1,708	0,671	0,300	0,261	4,768	0,476	0,079
	1. Quartil	61,8	4,9	4,537	39,201	45,944	246,317	3,101	0,500	0,385	0,137	0,101	0,029	1,132	0,141	0,016
	Median	68,4	5,6	5,880	62,540	50,896	261,340	10,261	0,972	0,877	0,198	0,151	0,059	1,623	0,186	0,025
	2. Quartil	82,3	6,7	7,542	179,056	60,541	281,477	15,189	1,459	1,054	0,341	0,196	0,125	2,513	0,271	0,033
-120 cm	N	19	19	10	10	10	10	19	19	19	19	19	19	19	19	10
	Mittelwert	75,3	6,7	7,876	146,776	67,976	324,300	16,371	1,603	1,052	0,328	0,189	0,093	1,999	0,250	0,035
	Minimum	39,2	3,4	4,904	48,610	41,836	285,297	2,978	0,453	0,362	0,111	0,061	0,010	0,577	0,071	0,009
	Maximum	105,1	11,5	11,815	343,979	106,166	377,398	32,544	5,659	2,172	1,043	0,443	0,261	4,782	0,507	0,087
	1. Quartil	66,6	5,4	6,257	56,234	57,674	293,364	6,646	0,827	0,523	0,175	0,108	0,042	1,140	0,146	0,022
	Median	74,3	6,4	7,348	109,395	64,825	319,351	16,964	1,202	1,109	0,262	0,187	0,071	1,820	0,256	0,030
	2. Quartil	88,0	7,8	9,775	270,192	77,946	352,052	23,222	2,028	1,331	0,444	0,243	0,149	2,995	0,308	0,046
-160 cm	N	17	17	9	9	9	9	17	17	17	17	17	17	17	17	9
	Mittelwert	82,7	7,8	10,968	298,573	97,397	433,835	26,393	2,192	1,356	0,456	0,259	0,096	2,211	0,289	0,030
	Minimum	42,6	4,0	7,815	65,611	60,905	351,501	6,351	0,557	0,367	0,141	0,076	0,011	0,583	0,076	0,015
	Maximum	120,4	15,1	17,382	568,255	168,812	552,131	45,643	8,350	3,033	1,829	0,730	0,261	4,803	0,533	0,045
	1. Quartil	66,5	5,6	8,306	184,519	61,305	391,594	12,351	1,232	0,733	0,208	0,129	0,036	1,404	0,217	0,021
	Median	85,0	7,2	10,577	297,418	87,194	420,179	30,647	1,726	1,364	0,356	0,250	0,071	2,302	0,289	0,030
	2. Quartil	95,3	9,9	12,930	412,292	104,221	476,271	37,184	2,493	1,711	0,587	0,329	0,156	3,014	0,389	0,037

Podsole 1986

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	5	10
	Mittelwert	32,1	1,1	0,052	0,272	0,092	0,799	0,373	0,133	0,015	0,026	0,008	0,008
	Minimum	12,5	0,5	0,013	0,016	0,037	0,352	0,204	0,033	0,003	0,008	0,001	0,003
	Maximum	58,4	1,6	0,110	0,862	0,267	2,274	0,595	0,294	0,045	0,055	0,015	0,019
	1. Quartil	18,4	0,7	0,027	0,127	0,046	0,402	0,240	0,072	0,007	0,014	0,002	0,004
	Median	34,2	1,2	0,051	0,219	0,077	0,686	0,347	0,109	0,011	0,025	0,009	0,006
	2. Quartil	43,1	1,5	0,069	0,338	0,107	0,893	0,519	0,206	0,018	0,036	0,014	0,011
-10 cm	N	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	5	10
	Mittelwert	21,9	0,9	0,176	1,236	0,527	8,326	4,276	0,083	0,009	0,043	0,015	0,008
	Minimum	9,3	0,4	0,096	0,521	0,302	4,261	2,078	0,032	0,005	0,017	0,002	0,004
	Maximum	51,1	2,3	0,357	2,067	0,827	11,235	6,714	0,139	0,016	0,102	0,025	0,013
	1. Quartil	12,9	0,5	0,107	0,834	0,389	6,070	2,983	0,057	0,005	0,022	0,004	0,005
	Median	20,1	0,8	0,169	1,201	0,540	9,020	4,163	0,076	0,007	0,033	0,019	0,008
	2. Quartil	26,6	1,1	0,219	1,731	0,602	9,772	5,624	0,121	0,012	0,058	0,024	0,011
-20 cm	N	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	5	10
	Mittelwert	31,0	1,3	0,431	3,060	1,114	18,495	9,170	0,131	0,013	0,078	0,030	0,012
	Minimum	12,3	0,5	0,162	1,324	0,654	11,207	5,227	0,061	0,006	0,031	0,004	0,005
	Maximum	70,3	3,2	0,696	6,329	1,863	23,377	13,941	0,240	0,028	0,202	0,051	0,020
	1. Quartil	15,7	0,6	0,321	2,008	0,782	14,275	6,412	0,086	0,007	0,035	0,006	0,009
	Median	30,2	1,3	0,404	2,884	1,079	20,086	8,802	0,115	0,011	0,057	0,038	0,012
	2. Quartil	38,8	1,5	0,585	3,688	1,260	21,273	12,111	0,171	0,016	0,103	0,049	0,015
-40 cm	N	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	5	10
	Mittelwert	46,1	2,1	1,161	6,840	2,597	40,690	19,762	0,216	0,019	0,143	0,054	0,018
	Minimum	16,1	0,7	0,303	3,024	1,397	25,703	11,773	0,094	0,007	0,052	0,009	0,007
	Maximum	102,8	4,8	2,024	11,842	4,408	47,249	28,391	0,416	0,047	0,399	0,094	0,036
	1. Quartil	19,1	0,9	0,890	4,718	1,842	32,851	14,418	0,138	0,008	0,061	0,011	0,012
	Median	46,4	2,1	1,127	6,864	2,464	44,670	19,338	0,173	0,014	0,093	0,077	0,015
	2. Quartil	60,2	2,4	1,449	8,520	3,190	46,413	25,369	0,301	0,027	0,188	0,086	0,022
-60 cm	N	9	9	9	9	9	9	5	9	9	9	5	9
	Mittelwert	54,7	2,5	1,768	11,313	4,450	65,928	31,282	0,312	0,020	0,219	0,076	0,021
	Minimum	20,3	0,7	0,797	5,003	2,415	41,904	19,854	0,123	0,008	0,072	0,012	0,011
	Maximum	119,1	5,3	3,166	17,023	6,863	77,678	42,839	0,614	0,045	0,594	0,124	0,040
	1. Quartil	21,7	1,1	1,419	8,379	2,993	61,374	24,109	0,185	0,009	0,088	0,015	0,014
	Median	48,4	2,6	1,555	11,541	4,416	69,355	30,465	0,234	0,014	0,137	0,107	0,016
	2. Quartil	78,4	3,3	2,137	14,163	6,034	71,252	38,864	0,483	0,033	0,355	0,122	0,027
-80 cm	N	8	8	8	8	8	8	4	8	8	8	4	8
	Mittelwert	64,6	3,0	2,285	15,820	5,955	89,532	42,107	0,426	0,026	0,309	0,115	0,025
	Minimum	24,5	0,8	1,126	7,476	3,459	60,314	28,098	0,154	0,010	0,090	0,015	0,017
	Maximum	126,5	5,7	3,831	22,205	9,418	110,202	57,330	0,815	0,060	0,790	0,156	0,042
	1. Quartil	31,6	1,6	1,837	11,411	4,023	76,670	31,109	0,242	0,011	0,122	0,045	0,017
	Median	57,1	3,1	2,236	16,405	5,873	93,721	41,500	0,338	0,017	0,192	0,144	0,022
	2. Quartil	90,8	4,1	2,659	20,303	7,832	97,947	53,711	0,703	0,042	0,585	0,155	0,035
-100 cm	N	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	3	7
	Mittelwert	74,2	3,6	2,774	20,326	8,185	114,523	48,852	0,576	0,033	0,406	0,133	0,030
	Minimum	28,2	1,4	1,743	10,829	4,193	78,973	37,581	0,316	0,011	0,108	0,021	0,018
	Maximum	134,5	6,0	4,470	27,387	12,008	141,402	57,365	1,017	0,076	0,986	0,191	0,048
	1. Quartil	53,7	3,0	2,071	14,484	6,392	87,686	37,581	0,344	0,012	0,135	0,021	0,020
	Median	65,4	3,5	2,536	20,954	7,879	120,943	51,610	0,454	0,020	0,246	0,186	0,028
	2. Quartil	98,2	4,8	3,201	26,790	10,792	129,367	57,365	0,952	0,053	0,874	0,191	0,041
-120 cm	N	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	3	7
	Mittelwert	78,1	4,0	3,197	25,073	10,046	140,574	60,280	0,682	0,039	0,485	0,160	0,034
	Minimum	31,1	1,6	2,282	15,034	4,822	97,757	48,235	0,396	0,013	0,133	0,026	0,020
	Maximum	141,1	7,4	5,079	33,155	14,954	172,602	69,530	1,218	0,095	1,182	0,231	0,056
	1. Quartil	54,7	3,3	2,417	18,083	8,274	104,756	48,235	0,400	0,014	0,157	0,026	0,023
	Median	70,9	3,7	2,850	25,449	9,606	150,693	63,077	0,533	0,022	0,284	0,222	0,031
	2. Quartil	100,9	5,0	3,586	32,569	13,192	162,022	69,530	1,118	0,062	1,051	0,231	0,045
-160 cm	N	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	3	7
	Mittelwert	83,9	4,7	3,895	34,581	13,716	190,451	82,624	0,901	0,052	0,646	0,213	0,041
	Minimum	39,0	2,0	2,627	23,513	6,792	134,944	69,714	0,499	0,015	0,183	0,037	0,022
	Maximum	147,3	9,6	6,297	46,282	20,190	235,002	92,148	1,654	0,133	1,558	0,330	0,074
	1. Quartil	56,9	3,7	3,096	25,222	11,726	138,898	69,714	0,514	0,017	0,199	0,037	0,029
	Median	81,9	4,2	3,838	33,808	12,925	202,972	86,010	0,707	0,024	0,363	0,271	0,035
	2. Quartil	104,8	5,3	4,357	45,885	17,992	227,332	92,148	1,450	0,087	1,405	0,330	0,051

Podsole 1991

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	9	9	1	1	1	1	9	9	9	4	4	9	4	9
	Mittelwert	30,5	1,1	0,053	0,331	0,065	0,251	0,148	0,020	0,018	0,006	0,001	0,025	0,004	0,007
	Minimum	14,7	0,6	0,053	0,331	0,065	0,251	0,034	0,006	0,006	0,003	0,000	0,006	0,000	0,003
	Maximum	42,8	1,5	0,053	0,331	0,065	0,251	0,255	0,033	0,031	0,009	0,002	0,040	0,013	0,013
	1. Quartil	23,3	0,8	0,053	0,331	0,065	0,251	0,077	0,012	0,010	0,004	0,000	0,018	0,000	0,004
	Median	30,8	1,3	0,053	0,331	0,065	0,251	0,156	0,017	0,019	0,007	0,001	0,019	0,001	0,007
	2. Quartil	39,0	1,4	0,053	0,331	0,065	0,251	0,211	0,029	0,027	0,008	0,002	0,036	0,010	0,010
-10 cm	N	10	10	2	2	2	2	10	10	10	5	5	10	5	10
	Mittelwert	24,8	0,9	0,142	1,351	0,671	8,932	0,065	0,011	0,024	0,009	0,002	0,107	0,000	0,010
	Minimum	6,0	0,3	0,127	1,077	0,476	7,302	0,014	0,003	0,008	0,004	0,000	0,056	0,000	0,007
	Maximum	50,6	1,4	0,157	1,626	0,867	10,563	0,155	0,018	0,038	0,014	0,005	0,177	0,001	0,015
	1. Quartil	15,1	0,5	0,127	1,077	0,476	7,302	0,031	0,008	0,016	0,005	0,001	0,073	0,000	0,007
	Median	22,3	0,9	0,142	1,351	0,671	8,932	0,064	0,011	0,024	0,010	0,002	0,101	0,000	0,008
	2. Quartil	33,6	1,3	0,157	1,626	0,867	10,563	0,083	0,013	0,038	0,012	0,004	0,142	0,001	0,013
-20 cm	N	10	10	2	2	2	2	10	10	10	5	5	10	5	10
	Mittelwert	33,8	1,3	0,514	3,054	1,645	20,477	0,136	0,015	0,045	0,017	0,004	0,210	0,002	0,014
	Minimum	9,1	0,4	0,505	2,485	1,341	17,492	0,029	0,004	0,019	0,006	0,000	0,068	0,000	0,009
	Maximum	64,0	2,0	0,524	3,622	1,948	23,463	0,522	0,022	0,077	0,027	0,007	0,380	0,006	0,028
	1. Quartil	19,6	0,7	0,505	2,485	1,341	17,492	0,046	0,011	0,032	0,008	0,001	0,124	0,000	0,010
	Median	32,8	1,5	0,514	3,054	1,645	20,477	0,092	0,016	0,040	0,021	0,004	0,213	0,000	0,012
	2. Quartil	44,8	1,9	0,524	3,622	1,948	23,463	0,168	0,020	0,063	0,025	0,006	0,283	0,005	0,017
-40 cm	N	10	10	2	2	2	2	10	10	10	5	5	10	5	10
	Mittelwert	46,7	2,0	1,349	6,564	3,777	44,620	0,215	0,024	0,078	0,033	0,005	0,385	0,004	0,020
	Minimum	13,1	0,7	1,329	5,325	3,376	39,026	0,057	0,005	0,036	0,010	0,000	0,163	0,000	0,012
	Maximum	80,8	3,5	1,369	7,802	4,178	50,213	0,734	0,038	0,134	0,053	0,011	0,684	0,018	0,039
	1. Quartil	23,7	0,9	1,329	5,325	3,376	39,026	0,070	0,017	0,056	0,013	0,001	0,202	0,000	0,015
	Median	49,9	2,3	1,349	6,564	3,777	44,620	0,132	0,024	0,068	0,038	0,004	0,420	0,000	0,016
	2. Quartil	61,8	2,6	1,369	7,802	4,178	50,213	0,301	0,031	0,108	0,051	0,009	0,521	0,011	0,024
-60 cm	N	9	9	2	2	2	2	9	9	9	5	5	9	5	9
	Mittelwert	56,8	2,5	1,928	10,758	6,265	70,878	0,276	0,031	0,112	0,049	0,006	0,506	0,009	0,025
	Minimum	16,6	0,9	1,736	9,145	6,050	65,768	0,086	0,007	0,050	0,014	0,000	0,235	0,000	0,013
	Maximum	94,6	3,9	2,119	12,370	6,480	75,988	0,876	0,050	0,196	0,079	0,016	0,972	0,039	0,046
	1. Quartil	25,5	1,1	1,736	9,145	6,050	65,768	0,095	0,021	0,068	0,016	0,001	0,274	0,000	0,016
	Median	62,6	3,1	1,928	10,758	6,265	70,878	0,142	0,029	0,102	0,058	0,004	0,535	0,000	0,022
	2. Quartil	79,9	3,3	2,119	12,370	6,480	75,988	0,414	0,044	0,162	0,078	0,012	0,696	0,024	0,032
-80 cm	N	8	8	1	1	1	1	8	8	8	4	4	8	4	8
	Mittelwert	65,7	3,1	2,094	13,006	8,644	92,791	0,358	0,040	0,147	0,079	0,009	0,630	0,003	0,030
	Minimum	18,7	1,1	2,094	13,006	8,644	92,791	0,114	0,008	0,064	0,021	0,002	0,292	0,000	0,014
	Maximum	101,6	4,2	2,094	13,006	8,644	92,791	1,018	0,061	0,289	0,105	0,022	1,160	0,011	0,053
	1. Quartil	40,7	2,0	2,094	13,006	8,644	92,791	0,126	0,026	0,073	0,037	0,002	0,328	0,000	0,017
	Median	67,0	3,3	2,094	13,006	8,644	92,791	0,247	0,042	0,124	0,095	0,006	0,645	0,000	0,029
	2. Quartil	93,1	3,9	2,094	13,006	8,644	92,791	0,541	0,057	0,224	0,105	0,018	0,828	0,008	0,044
-100 cm	N	7	7	1	1	1	1	7	7	7	3	3	7	3	7
	Mittelwert	76,4	3,6	2,430	16,883	11,203	119,935	0,457	0,045	0,159	0,097	0,012	0,761	0,004	0,034
	Minimum	39,6	1,9	2,430	16,883	11,203	119,935	0,144	0,009	0,073	0,023	0,004	0,392	0,000	0,015
	Maximum	108,4	4,5	2,430	16,883	11,203	119,935	1,159	0,072	0,297	0,136	0,024	1,315	0,013	0,060
	1. Quartil	57,9	3,3	2,430	16,883	11,203	119,935	0,174	0,027	0,078	0,023	0,004	0,400	0,000	0,019
	Median	70,7	3,7	2,430	16,883	11,203	119,935	0,412	0,039	0,136	0,132	0,007	0,798	0,000	0,028
	2. Quartil	101,7	4,3	2,430	16,883	11,203	119,935	0,683	0,071	0,250	0,136	0,024	0,955	0,013	0,058
-120 cm	N	7	7	1	1	1	1	7	7	7	3	3	7	3	7
	Mittelwert	79,7	3,8	2,598	18,822	12,483	133,507	0,523	0,052	0,192	0,118	0,012	0,849	0,005	0,037
	Minimum	43,9	2,1	2,598	18,822	12,483	133,507	0,172	0,011	0,082	0,024	0,004	0,433	0,000	0,016
	Maximum	116,0	4,8	2,598	18,822	12,483	133,507	1,301	0,085	0,366	0,167	0,024	1,484	0,014	0,067
	1. Quartil	60,1	3,4	2,598	18,822	12,483	133,507	0,184	0,030	0,091	0,024	0,004	0,469	0,000	0,021
	Median	72,6	3,9	2,598	18,822	12,483	133,507	0,482	0,046	0,189	0,163	0,007	0,838	0,000	0,029
	2. Quartil	105,4	4,4	2,598	18,822	12,483	133,507	0,778	0,084	0,301	0,167	0,024	1,064	0,014	0,065
-160 cm	N	6	6	0	0	0	0	6	6	6	2	2	6	2	6
	Mittelwert	85,5	4,2					0,729	0,063	0,290	0,225	0,016	1,022	0,000	0,043
	Minimum	48,5	2,6					0,230	0,014	0,094	0,224	0,007	0,507	0,000	0,018
	Maximum	125,1	5,3					1,536	0,114	0,503	0,226	0,024	1,865	0,000	0,086
	1. Quartil	59,0	3,4					0,309	0,033	0,108	0,224	0,007	0,540	0,000	0,022
	Median	84,6	4,5					0,637	0,052	0,318	0,226	0,016	0,965	0,000	0,028
	2. Quartil	112,0	4,9					1,135	0,108	0,422	0,226	0,024	1,427	0,000	0,060

Vorräte Podsole 2001

		C-Vorrat	N-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	S-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	37,2	1,3	0,164	0,023	0,024	0,014	0,006	0,010	0,028	0,005	0,009
	Minimum	20,6	0,9	0,077	0,012	0,013	0,006	0,003	0,004	0,013	0,003	0,003
	Maximum	67,7	2,3	0,374	0,068	0,052	0,054	0,013	0,024	0,057	0,010	0,019
	1. Quartil	25,3	1,0	0,112	0,015	0,015	0,007	0,003	0,005	0,014	0,003	0,006
	Median	31,4	1,1	0,138	0,018	0,019	0,008	0,005	0,008	0,027	0,005	0,009
	2. Quartil	48,1	1,7	0,208	0,024	0,031	0,014	0,009	0,015	0,040	0,007	0,012
-10 cm	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	18,2	0,8	0,052	0,007	0,016	0,009	0,006	0,024	0,102	0,001	0,006
	Minimum	5,4	0,3	0,027	0,003	0,007	0,005	0,001	0,005	0,024	0,000	0,003
	Maximum	36,8	1,2	0,109	0,014	0,027	0,021	0,012	0,044	0,204	0,002	0,011
	1. Quartil	11,2	0,4	0,031	0,005	0,011	0,006	0,004	0,016	0,073	0,001	0,004
	Median	17,3	0,8	0,048	0,006	0,013	0,008	0,006	0,021	0,092	0,001	0,006
	2. Quartil	24,5	1,0	0,072	0,011	0,022	0,010	0,009	0,032	0,120	0,002	0,008
-20 cm	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	28,6	1,2	0,077	0,011	0,025	0,017	0,017	0,042	0,210	0,002	0,010
	Minimum	7,3	0,5	0,037	0,006	0,012	0,008	0,002	0,011	0,043	0,000	0,004
	Maximum	60,6	1,9	0,146	0,020	0,044	0,048	0,042	0,093	0,408	0,005	0,020
	1. Quartil	19,4	0,7	0,040	0,006	0,018	0,011	0,009	0,020	0,137	0,001	0,006
	Median	26,7	1,4	0,067	0,010	0,020	0,013	0,012	0,045	0,201	0,002	0,009
	2. Quartil	35,5	1,5	0,120	0,015	0,035	0,018	0,025	0,058	0,270	0,003	0,014
-40 cm	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mittelwert	41,0	1,8	0,107	0,015	0,041	0,031	0,053	0,070	0,382	0,004	0,013
	Minimum	11,0	0,8	0,050	0,006	0,021	0,013	0,003	0,024	0,113	0,000	0,004
	Maximum	77,1	2,8	0,178	0,025	0,079	0,087	0,132	0,158	0,712	0,010	0,029
	1. Quartil	23,5	1,2	0,058	0,010	0,029	0,020	0,028	0,028	0,235	0,001	0,008
	Median	37,8	2,0	0,099	0,014	0,033	0,025	0,043	0,059	0,377	0,003	0,010
	2. Quartil	55,9	2,4	0,159	0,021	0,061	0,035	0,075	0,102	0,499	0,005	0,017
-60 cm	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Mittelwert	49,3	2,4	0,157	0,019	0,063	0,047	0,085	0,095	0,524	0,006	0,014
	Minimum	14,5	1,0	0,064	0,006	0,029	0,019	0,005	0,025	0,193	0,001	0,004
	Maximum	89,8	3,9	0,384	0,033	0,129	0,120	0,227	0,279	0,935	0,019	0,031
	1. Quartil	25,3	1,5	0,073	0,013	0,038	0,026	0,054	0,046	0,274	0,001	0,009
	Median	46,1	2,4	0,131	0,019	0,047	0,037	0,068	0,063	0,572	0,004	0,012
	2. Quartil	73,5	3,2	0,196	0,026	0,095	0,059	0,108	0,132	0,683	0,009	0,019
-80 cm	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mittelwert	56,2	2,8	0,194	0,022	0,071	0,063	0,118	0,120	0,628	0,005	0,016
	Minimum	18,1	1,2	0,077	0,006	0,037	0,024	0,006	0,026	0,274	0,001	0,005
	Maximum	98,0	4,8	0,518	0,039	0,134	0,146	0,318	0,414	1,094	0,015	0,033
	1. Quartil	26,5	1,7	0,087	0,015	0,045	0,029	0,070	0,051	0,312	0,001	0,008
	Median	55,2	2,8	0,177	0,020	0,063	0,049	0,096	0,068	0,696	0,004	0,014
	2. Quartil	82,5	4,0	0,214	0,030	0,096	0,094	0,158	0,157	0,855	0,008	0,022
-100 cm	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Mittelwert	64,1	3,4	0,234	0,029	0,090	0,081	0,108	0,145	0,760	0,006	0,019
	Minimum	20,7	2,0	0,095	0,016	0,052	0,031	0,007	0,052	0,331	0,001	0,007
	Maximum	105,5	5,2	0,536	0,045	0,142	0,163	0,211	0,478	1,190	0,017	0,034
	1. Quartil	42,0	2,1	0,123	0,021	0,059	0,050	0,083	0,065	0,395	0,002	0,011
	Median	62,6	3,1	0,215	0,024	0,080	0,058	0,100	0,072	0,785	0,005	0,017
	2. Quartil	88,1	4,9	0,247	0,041	0,127	0,129	0,137	0,184	1,044	0,009	0,026
-120 cm	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Mittelwert	66,3	3,6	0,267	0,038	0,108	0,094	0,125	0,157	0,842	0,008	0,020
	Minimum	23,3	2,2	0,108	0,021	0,057	0,036	0,008	0,056	0,389	0,001	0,007
	Maximum	112,6	5,6	0,554	0,085	0,159	0,188	0,246	0,542	1,297	0,020	0,035
	1. Quartil	43,0	2,3	0,146	0,023	0,081	0,062	0,090	0,065	0,439	0,004	0,012
	Median	63,7	3,2	0,226	0,029	0,092	0,067	0,110	0,073	0,875	0,007	0,020
	2. Quartil	89,9	5,6	0,328	0,045	0,156	0,150	0,164	0,189	1,158	0,011	0,026
-160 cm	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Mittelwert	69,0	4,0	0,329	0,054	0,138	0,117	0,157	0,169	0,981	0,011	0,023
	Minimum	27,0	2,5	0,135	0,026	0,071	0,045	0,013	0,064	0,466	0,001	0,007
	Maximum	119,8	6,5	0,591	0,165	0,214	0,231	0,303	0,611	1,533	0,024	0,035
	1. Quartil	44,1	3,0	0,198	0,027	0,100	0,075	0,103	0,066	0,523	0,004	0,012
	Median	64,5	3,3	0,300	0,038	0,121	0,085	0,140	0,075	1,041	0,011	0,025
	2. Quartil	92,3	6,2	0,512	0,053	0,200	0,185	0,240	0,193	1,386	0,019	0,033

Vorräte Gleypodsole 1986

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	39,6	1,4	0,071	0,203	0,076	0,648	0,303	0,143	0,014	0,030	0,037	0,009
	Minimum	30,8	0,9	0,059	0,158	0,040	0,452	0,303	0,084	0,013	0,021	0,037	0,007
	Maximum	47,3	2,0	0,084	0,236	0,115	0,904	0,303	0,189	0,017	0,035	0,037	0,011
	1. Quartil	30,8	0,9	0,059	0,158	0,040	0,452	0,303	0,084	0,013	0,021	0,037	0,007
	Median	40,9	1,2	0,071	0,216	0,075	0,590	0,303	0,155	0,013	0,033	0,037	0,008
	2. Quartil	47,3	2,0	0,084	0,236	0,115	0,904	0,303	0,189	0,017	0,035	0,037	0,011
-10 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	37,4	1,4	0,221	0,607	0,457	6,067	2,475	0,084	0,013	0,053	0,017	0,012
	Minimum	35,1	1,2	0,111	0,413	0,241	5,313	2,475	0,054	0,008	0,027	0,017	0,010
	Maximum	40,3	1,7	0,365	0,935	0,701	7,049	2,475	0,108	0,018	0,099	0,017	0,015
	1. Quartil	35,1	1,2	0,111	0,413	0,241	5,313	2,475	0,054	0,008	0,027	0,017	0,010
	Median	37,0	1,2	0,187	0,472	0,428	5,837	2,475	0,069	0,013	0,033	0,017	0,011
	2. Quartil	40,3	1,7	0,365	0,935	0,701	7,049	2,475	0,108	0,018	0,099	0,017	0,015
-20 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	62,1	2,3	0,500	1,415	1,066	14,031	6,066	0,156	0,020	0,111	0,036	0,024
	Minimum	54,6	1,8	0,234	0,920	0,409	11,136	6,066	0,121	0,012	0,046	0,036	0,016
	Maximum	76,1	2,7	0,855	2,193	1,645	16,987	6,066	0,196	0,026	0,220	0,036	0,033
	1. Quartil	54,6	1,8	0,234	0,920	0,409	11,136	6,066	0,121	0,012	0,046	0,036	0,016
	Median	55,7	2,3	0,410	1,132	1,145	13,968	6,066	0,150	0,022	0,069	0,036	0,024
	2. Quartil	76,1	2,7	0,855	2,193	1,645	16,987	6,066	0,196	0,026	0,220	0,036	0,033
-40 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	102,3	4,0	1,118	3,734	2,876	32,495	16,201	0,261	0,032	0,193	0,070	0,044
	Minimum	85,2	3,6	0,629	1,889	1,164	23,886	16,201	0,200	0,019	0,080	0,070	0,025
	Maximum	131,5	4,3	1,781	5,199	3,853	38,686	16,201	0,369	0,044	0,408	0,070	0,078
	1. Quartil	85,2	3,6	0,629	1,889	1,164	23,886	16,201	0,200	0,019	0,080	0,070	0,025
	Median	90,2	4,0	0,944	4,113	3,610	34,911	16,201	0,215	0,034	0,091	0,070	0,029
	2. Quartil	131,5	4,3	1,781	5,199	3,853	38,686	16,201	0,369	0,044	0,408	0,070	0,078
-60 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	114,0	4,8	1,940	7,334	5,335	57,814	29,329	0,364	0,042	0,265	0,105	0,047
	Minimum	95,5	4,1	1,125	4,666	2,187	44,444	29,329	0,258	0,020	0,114	0,105	0,029
	Maximum	150,8	5,3	2,671	9,139	7,588	66,078	29,329	0,538	0,061	0,566	0,105	0,081
	1. Quartil	95,5	4,1	1,125	4,666	2,187	44,444	29,329	0,258	0,020	0,114	0,105	0,029
	Median	95,9	4,4	2,023	5,197	6,229	62,918	29,329	0,296	0,044	0,115	0,105	0,030
	2. Quartil	150,8	5,3	2,671	9,139	7,588	66,078	29,329	0,538	0,061	0,566	0,105	0,081
-80 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	118,4	5,0	2,512	11,308	7,886	84,261	43,733	0,477	0,101	0,334	0,142	0,050
	Minimum	97,1	4,6	1,530	8,511	3,878	66,686	43,733	0,319	0,054	0,134	0,142	0,032
	Maximum	157,7	5,7	3,485	13,210	10,641	94,576	43,733	0,712	0,172	0,729	0,142	0,084
	1. Quartil	97,1	4,6	1,530	8,511	3,878	66,686	43,733	0,319	0,054	0,134	0,142	0,032
	Median	100,2	4,6	2,520	12,204	9,079	91,521	43,733	0,401	0,077	0,140	0,142	0,034
	2. Quartil	157,7	5,7	3,485	13,210	10,641	94,576	43,733	0,712	0,172	0,729	0,142	0,084
-100 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	122,4	5,3	3,056	15,396	10,455	110,752	58,204	0,593	0,163	0,402	0,178	0,053
	Minimum	98,4	4,8	1,930	12,700	5,777	89,027	58,204	0,381	0,063	0,150	0,178	0,033
	Maximum	164,1	6,0	4,299	17,281	13,658	123,073	58,204	0,886	0,333	0,892	0,178	0,086
	1. Quartil	98,4	4,8	1,930	12,700	5,777	89,027	58,204	0,381	0,063	0,150	0,178	0,033
	Median	104,6	5,0	2,939	16,206	11,929	120,155	58,204	0,513	0,093	0,165	0,178	0,039
	2. Quartil	164,1	6,0	4,299	17,281	13,658	123,073	58,204	0,886	0,333	0,892	0,178	0,086
-120 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	126,4	5,6	3,601	19,483	13,043	137,242	72,675	0,709	0,225	0,470	0,215	0,055
	Minimum	99,6	4,9	2,330	16,889	7,676	111,368	72,675	0,442	0,073	0,167	0,215	0,034
	Maximum	170,5	6,4	5,113	21,352	16,675	151,571	72,675	1,061	0,493	1,054	0,215	0,089
	1. Quartil	99,6	4,9	2,330	16,889	7,676	111,368	72,675	0,442	0,073	0,167	0,215	0,034
	Median	109,0	5,4	3,358	20,209	14,779	148,788	72,675	0,624	0,109	0,189	0,215	0,043
	2. Quartil	170,5	6,4	5,113	21,352	16,675	151,571	72,675	1,061	0,493	1,054	0,215	0,089
-160 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	132,7	6,1	4,723	27,680	17,874	190,801	101,616	0,942	0,349	0,606	0,289	0,061
	Minimum	102,1	5,2	3,131	25,331	10,433	157,782	101,616	0,566	0,093	0,201	0,289	0,036
	Maximum	178,4	6,7	6,742	29,494	22,710	208,566	101,616	1,410	0,813	1,380	0,289	0,094
	1. Quartil	102,1	5,2	3,131	25,331	10,433	157,782	101,616	0,566	0,093	0,201	0,289	0,036
	Median	117,7	6,3	4,295	28,214	20,478	206,056	101,616	0,849	0,141	0,239	0,289	0,053
	2. Quartil	178,4	6,7	6,742	29,494	22,710	208,566	101,616	1,410	0,813	1,380	0,289	0,094

Vorräte Gleypodsole 1991

		C-Vorrat	N-Vorrat	P-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	Na-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	39,6	1,4	0,071	0,203	0,076	0,648	0,303	0,143	0,014	0,030	0,037	0,009
	Minimum	30,8	0,9	0,059	0,158	0,040	0,452	0,303	0,084	0,013	0,021	0,037	0,007
	Maximum	47,3	2,0	0,084	0,236	0,115	0,904	0,303	0,189	0,017	0,035	0,037	0,011
	1. Quartil	30,8	0,9	0,059	0,158	0,040	0,452	0,303	0,084	0,013	0,021	0,037	0,007
	Median	40,9	1,2	0,071	0,216	0,075	0,590	0,303	0,155	0,013	0,033	0,037	0,008
	2. Quartil	47,3	2,0	0,084	0,236	0,115	0,904	0,303	0,189	0,017	0,035	0,037	0,011
-10 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	37,4	1,4	0,221	0,607	0,457	6,067	2,475	0,084	0,013	0,053	0,017	0,012
	Minimum	35,1	1,2	0,111	0,413	0,241	5,313	2,475	0,054	0,008	0,027	0,017	0,010
	Maximum	40,3	1,7	0,365	0,935	0,701	7,049	2,475	0,108	0,018	0,099	0,017	0,015
	1. Quartil	35,1	1,2	0,111	0,413	0,241	5,313	2,475	0,054	0,008	0,027	0,017	0,010
	Median	37,0	1,2	0,167	0,472	0,428	5,837	2,475	0,089	0,013	0,033	0,017	0,011
	2. Quartil	40,3	1,7	0,365	0,935	0,701	7,049	2,475	0,108	0,018	0,099	0,017	0,015
-20 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	62,1	2,3	0,500	1,415	1,066	14,031	6,066	0,156	0,020	0,111	0,036	0,024
	Minimum	54,6	1,8	0,234	0,920	0,409	11,136	6,066	0,121	0,012	0,046	0,036	0,016
	Maximum	76,1	2,7	0,855	2,193	1,645	16,987	6,066	0,196	0,026	0,220	0,036	0,033
	1. Quartil	54,6	1,8	0,234	0,920	0,409	11,136	6,066	0,121	0,012	0,046	0,036	0,016
	Median	55,7	2,3	0,410	1,132	1,145	13,968	6,066	0,150	0,022	0,069	0,036	0,024
	2. Quartil	76,1	2,7	0,855	2,193	1,645	16,987	6,066	0,196	0,026	0,220	0,036	0,033
-40 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	102,3	4,0	1,118	3,734	2,876	32,495	16,201	0,261	0,032	0,193	0,070	0,044
	Minimum	85,2	3,6	0,629	1,889	1,164	23,886	16,201	0,200	0,019	0,080	0,070	0,025
	Maximum	131,5	4,3	1,781	5,199	3,853	38,686	16,201	0,369	0,044	0,408	0,070	0,078
	1. Quartil	85,2	3,6	0,629	1,889	1,164	23,886	16,201	0,200	0,019	0,080	0,070	0,025
	Median	90,2	4,0	0,944	4,113	3,610	34,911	16,201	0,215	0,034	0,091	0,070	0,029
	2. Quartil	131,5	4,3	1,781	5,199	3,853	38,686	16,201	0,369	0,044	0,408	0,070	0,078
-60 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	114,0	4,6	1,940	7,334	5,335	57,814	29,329	0,364	0,042	0,265	0,105	0,047
	Minimum	95,5	4,1	1,125	4,666	2,187	44,444	29,329	0,258	0,020	0,114	0,105	0,029
	Maximum	150,8	5,3	2,671	9,139	7,588	66,078	29,329	0,538	0,061	0,586	0,105	0,081
	1. Quartil	95,5	4,1	1,125	4,666	2,187	44,444	29,329	0,258	0,020	0,114	0,105	0,029
	Median	95,9	4,4	2,023	8,197	6,229	62,918	29,329	0,296	0,044	0,115	0,105	0,030
	2. Quartil	150,8	5,3	2,671	9,139	7,588	66,078	29,329	0,538	0,061	0,586	0,105	0,081
-80 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	118,4	5,0	2,512	11,308	7,866	84,261	43,733	0,477	0,101	0,334	0,142	0,050
	Minimum	97,1	4,6	1,530	8,511	3,878	66,686	43,733	0,319	0,054	0,134	0,142	0,032
	Maximum	157,7	5,7	3,485	13,210	10,641	94,576	43,733	0,712	0,172	0,729	0,142	0,084
	1. Quartil	97,1	4,6	1,530	8,511	3,878	66,686	43,733	0,319	0,054	0,134	0,142	0,032
	Median	100,2	4,6	2,520	12,204	9,079	91,521	43,733	0,401	0,077	0,140	0,142	0,034
	2. Quartil	157,7	5,7	3,485	13,210	10,641	94,576	43,733	0,712	0,172	0,729	0,142	0,084
-100 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	122,4	5,3	3,056	15,396	10,455	110,752	58,204	0,593	0,163	0,402	0,178	0,053
	Minimum	98,4	4,8	1,930	12,700	5,777	89,027	58,204	0,381	0,063	0,150	0,178	0,033
	Maximum	164,1	6,0	4,299	17,281	13,658	123,073	58,204	0,886	0,333	0,892	0,178	0,086
	1. Quartil	98,4	4,8	1,930	12,700	5,777	89,027	58,204	0,381	0,063	0,150	0,178	0,033
	Median	104,6	5,0	2,939	16,206	11,929	120,155	58,204	0,513	0,093	0,165	0,178	0,039
	2. Quartil	164,1	6,0	4,299	17,281	13,658	123,073	58,204	0,886	0,333	0,892	0,178	0,086
-120 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	126,4	5,6	3,601	19,483	13,043	137,242	72,675	0,709	0,225	0,470	0,215	0,055
	Minimum	99,6	4,9	2,330	16,889	7,676	111,368	72,675	0,442	0,073	0,167	0,215	0,034
	Maximum	170,5	6,4	5,113	21,352	16,675	151,571	72,675	1,061	0,493	1,054	0,215	0,089
	1. Quartil	99,6	4,9	2,330	16,889	7,676	111,368	72,675	0,442	0,073	0,167	0,215	0,034
	Median	109,0	5,4	3,358	20,209	14,779	148,788	72,675	0,624	0,109	0,189	0,215	0,043
	2. Quartil	170,5	6,4	5,113	21,352	16,675	151,571	72,675	1,061	0,493	1,054	0,215	0,089
-160 cm	N	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
	Mittelwert	132,7	6,1	4,723	27,680	17,874	190,801	101,616	0,942	0,349	0,606	0,289	0,061
	Minimum	102,1	5,2	3,131	25,331	10,433	157,782	101,616	0,566	0,093	0,201	0,289	0,036
	Maximum	178,4	6,7	6,742	29,494	22,710	208,566	101,616	1,410	0,813	1,380	0,289	0,094
	1. Quartil	102,1	5,2	3,131	25,331	10,433	157,782	101,616	0,566	0,093	0,201	0,289	0,036
	Median	117,7	6,3	4,295	28,214	20,478	206,056	101,616	0,849	0,141	0,239	0,289	0,053
	2. Quartil	178,4	6,7	6,742	29,494	22,710	208,566	101,616	1,410	0,813	1,380	0,289	0,094

Vorräte Gleypodsole 2001

		C-Vorrat	N-Vorrat	Ca-Vorrat (löslich)	Mg-Vorrat (löslich)	K-Vorrat (löslich)	Na-Vorrat (löslich)	S-Vorrat (löslich)	Fe-Vorrat (löslich)	Al-Vorrat (löslich)	Mn-Vorrat (löslich)	H-Vorrat (löslich)
		t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
F+H	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	93,6	3,4	0,312	0,050	0,058	0,041	0,013	0,022	0,093	0,009	0,021
	Minimum	54,7	1,8	0,181	0,036	0,042	0,026	0,006	0,008	0,027	0,003	0,010
	Maximum	123,3	5,1	0,533	0,069	0,067	0,054	0,018	0,035	0,142	0,021	0,029
	1. Quartil	54,7	1,8	0,181	0,036	0,042	0,026	0,006	0,008	0,027	0,003	0,010
	Median	103,4	3,3	0,221	0,045	0,066	0,042	0,017	0,023	0,110	0,003	0,023
	2. Quartil	123,3	5,1	0,533	0,069	0,067	0,054	0,018	0,035	0,142	0,021	0,029
-10 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	27,6	0,8	0,056	0,008	0,016	0,014	0,005	0,013	0,131	0,000	0,009
	Minimum	17,5	0,7	0,035	0,006	0,008	0,012	0,004	0,010	0,117	0,000	0,006
	Maximum	33,1	1,1	0,068	0,010	0,022	0,019	0,006	0,017	0,145	0,000	0,014
	1. Quartil	17,5	0,7	0,035	0,006	0,008	0,012	0,004	0,010	0,117	0,000	0,006
	Median	32,4	0,8	0,065	0,009	0,019	0,012	0,005	0,013	0,132	0,000	0,008
	2. Quartil	33,1	1,1	0,068	0,010	0,022	0,019	0,006	0,017	0,145	0,000	0,014
-20 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	43,4	1,4	0,087	0,012	0,031	0,026	0,015	0,026	0,292	0,001	0,013
	Minimum	31,7	1,4	0,057	0,011	0,016	0,022	0,007	0,013	0,245	0,000	0,010
	Maximum	57,0	1,5	0,116	0,015	0,042	0,030	0,027	0,034	0,354	0,001	0,015
	1. Quartil	31,7	1,4	0,057	0,011	0,016	0,022	0,007	0,013	0,245	0,000	0,010
	Median	41,6	1,4	0,087	0,011	0,036	0,027	0,012	0,031	0,276	0,000	0,013
	2. Quartil	57,0	1,5	0,116	0,015	0,042	0,030	0,027	0,034	0,354	0,001	0,015
-40 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	83,9	3,1	0,122	0,018	0,052	0,050	0,055	0,051	0,772	0,001	0,018
	Minimum	59,8	2,4	0,075	0,015	0,028	0,041	0,025	0,038	0,614	0,001	0,013
	Maximum	103,3	4,0	0,158	0,020	0,080	0,057	0,084	0,064	0,905	0,001	0,023
	1. Quartil	59,8	2,4	0,075	0,015	0,028	0,041	0,025	0,038	0,614	0,001	0,013
	Median	88,4	2,9	0,134	0,019	0,049	0,052	0,054	0,051	0,797	0,001	0,013
	2. Quartil	103,3	4,0	0,158	0,020	0,080	0,057	0,084	0,064	0,905	0,001	0,023
-60 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	97,8	3,8	0,143	0,021	0,062	0,072	0,097	0,065	0,978	0,001	0,019
	Minimum	81,8	2,8	0,089	0,018	0,037	0,049	0,028	0,043	0,923	0,001	0,013
	Maximum	111,5	4,4	0,182	0,023	0,092	0,094	0,197	0,089	1,016	0,001	0,027
	1. Quartil	81,8	2,8	0,089	0,018	0,037	0,049	0,028	0,043	0,923	0,001	0,013
	Median	100,2	4,3	0,156	0,022	0,057	0,074	0,066	0,064	0,996	0,001	0,016
	2. Quartil	111,5	4,4	0,182	0,023	0,092	0,094	0,197	0,089	1,016	0,001	0,027
-80 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	102,9	4,1	0,160	0,024	0,079	0,095	0,132	0,074	1,112	0,001	0,020
	Minimum	85,4	3,1	0,097	0,021	0,047	0,060	0,035	0,046	1,081	0,001	0,013
	Maximum	115,1	4,8	0,202	0,025	0,106	0,127	0,267	0,106	1,173	0,001	0,027
	1. Quartil	85,4	3,1	0,097	0,021	0,047	0,060	0,035	0,046	1,081	0,001	0,013
	Median	108,2	4,5	0,180	0,025	0,084	0,096	0,095	0,069	1,081	0,001	0,019
	2. Quartil	115,1	4,8	0,202	0,025	0,106	0,127	0,267	0,106	1,173	0,001	0,027
-100 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	106,5	4,4	0,176	0,026	0,097	0,117	0,171	0,079	1,222	0,001	0,021
	Minimum	89,0	3,3	0,105	0,024	0,059	0,073	0,048	0,048	1,172	0,001	0,013
	Maximum	119,2	5,2	0,216	0,028	0,120	0,155	0,338	0,115	1,254	0,001	0,027
	1. Quartil	89,0	3,3	0,105	0,024	0,059	0,073	0,048	0,048	1,172	0,001	0,013
	Median	111,5	4,7	0,207	0,027	0,111	0,122	0,127	0,075	1,240	0,001	0,022
	2. Quartil	119,2	5,2	0,216	0,028	0,120	0,155	0,338	0,115	1,254	0,001	0,027
-120 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	109,4	4,7	0,194	0,029	0,115	0,138	0,202	0,084	1,318	0,001	0,022
	Minimum	92,0	3,4	0,115	0,027	0,073	0,086	0,058	0,051	1,263	0,001	0,013
	Maximum	123,2	5,6	0,234	0,031	0,139	0,186	0,387	0,122	1,375	0,001	0,027
	1. Quartil	92,0	3,4	0,115	0,027	0,073	0,086	0,058	0,051	1,263	0,001	0,013
	Median	112,9	5,0	0,232	0,028	0,134	0,141	0,160	0,079	1,317	0,001	0,025
	2. Quartil	123,2	5,6	0,234	0,031	0,139	0,186	0,387	0,122	1,375	0,001	0,027
-160 cm	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mittelwert	112,5	5,0	0,229	0,034	0,157	0,175	0,228	0,090	1,491	0,002	0,023
	Minimum	96,3	3,6	0,141	0,032	0,110	0,108	0,079	0,055	1,383	0,001	0,014
	Maximum	126,3	6,3	0,276	0,036	0,197	0,250	0,419	0,135	1,575	0,002	0,027
	1. Quartil	96,3	3,6	0,141	0,032	0,110	0,108	0,079	0,055	1,383	0,001	0,014
	Median	114,8	5,2	0,269	0,035	0,166	0,167	0,185	0,082	1,515	0,002	0,027
	2. Quartil	126,3	6,3	0,276	0,036	0,197	0,250	0,419	0,135	1,575	0,002	0,027

Elementgehalte

Elementvorräte

GK			pH(H2O)	pH(KCl)	V-Wert	N% von C	Basen-sättigung	Ca/Al	Ca-Sättigung	Mg-Sättigung	K-Sättigung	Fe-Sättigung	Al-Sättigung	Mn-Sättigung	N-Vorrat	C-Vorrat	Ca-Vorrat	Mg-Vorrat	K-Vorrat	S-Vorrat	Fe-Vorrat	Al-Vorrat	Mn-Vorrat
Humuslage																							
	NBV	Korrelation nach Pearson	-0,101	0,027	0,016	0,006	-0,006	-0,204	0,050	-0,105	-0,168	-0,244	0,454	0,054	-0,240	-0,244	-0,267	-0,345	-0,239	-0,170	-0,272	0,117	0,157
		Signifikanz (2-seitig)	0,250	0,757	0,859	0,941	0,955	0,059	0,648	0,334	0,121	0,060	0,000	0,682	0,006	0,005	0,002	0,000	0,006	0,258	0,039	0,288	0,238
		N	132	132	132	132	86	86	86	86	86	60	86	60	130	130	130	130	130	46	58	84	58
	SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,100	0,040	0,011	0,031	-0,010	-0,104	0,051	-0,111	-0,189	-0,333	0,351	0,060	-0,157	-0,175	-0,171	-0,230	-0,204	-0,100	-0,289	0,087	0,212
		Signifikanz (2-seitig)	0,255	0,651	0,903	0,720	0,928	0,342	0,642	0,308	0,081	0,009	0,001	0,651	0,074	0,047	0,052	0,009	0,020	0,506	0,028	0,431	0,110
		N	132	132	132	132	86	86	86	86	86	60	86	60	130	130	130	130	130	46	58	84	58
0-40 cm Tiefe																							
	NBV	Korrelation nach Pearson	-0,181	0,165	0,139	-0,113	0,101	0,069	0,100	0,138	-0,072	-0,280	-0,182	-0,025	-0,143	-0,115	0,035	-0,051	0,018	0,189	-0,358	0,023	0,006
		Signifikanz (2-seitig)	0,037	0,058	0,110	0,195	0,350	0,524	0,355	0,203	0,505	0,029	0,092	0,848	0,100	0,187	0,687	0,556	0,841	0,208	0,005	0,830	0,962
		N	133	133	133	133	87	87	87	87	87	61	87	61	133	133	133	133	133	46	61	87	61
	SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,177	0,121	0,144	-0,146	0,034	0,096	0,042	0,146	-0,123	-0,323	-0,233	-0,054	-0,137	-0,067	0,054	-0,016	-0,031	0,197	-0,353	0,062	0,027
		Signifikanz (2-seitig)	0,042	0,165	0,099	0,093	0,751	0,379	0,698	0,176	0,257	0,011	0,030	0,681	0,115	0,444	0,535	0,859	0,721	0,189	0,005	0,571	0,836
		N	133	133	133	133	87	87	87	87	87	61	87	61	133	133	133	133	133	46	61	87	61
40-80 cm Tiefe																							
	NBV	Korrelation nach Pearson	-0,178	0,165	0,072	-0,122	0,163	-0,037	0,159	0,115	-0,081	-0,257	-0,321	-0,042	-0,181	-0,024	-0,039	-0,052	0,000	0,033	-0,233	-0,080	0,064
		Signifikanz (2-seitig)	0,040	0,057	0,407	0,162	0,139	0,736	0,148	0,296	0,466	0,052	0,003	0,755	0,037	0,783	0,653	0,549	0,999	0,825	0,071	0,460	0,622
		N	133	133	133	132	84	87	84	84	84	58	84	58	132	133	133	133	133	46	61	87	61
	SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,131	0,113	0,112	-0,095	0,123	-0,003	0,115	0,156	-0,110	-0,249	-0,353	-0,055	-0,189	-0,039	0,004	0,002	-0,009	-0,001	-0,212	-0,041	0,168
		Signifikanz (2-seitig)	0,131	0,197	0,201	0,280	0,266	0,975	0,299	0,156	0,319	0,059	0,001	0,684	0,030	0,659	0,961	0,982	0,919	0,993	0,101	0,707	0,196
		N	133	133	133	132	84	87	84	84	84	58	84	58	132	133	133	133	133	46	61	87	61
80-160 cm Tiefe																							
	NBV	Korrelation nach Pearson	-0,110	0,044	-0,017	0,032	-0,057	-0,078	-0,046	-0,035	-0,017	-0,282	-0,221	0,123	-0,172	0,048	-0,075	-0,145	-0,062	-0,056	-0,221	0,024	-0,134
		Signifikanz (2-seitig)	0,207	0,617	0,846	0,714	0,623	0,482	0,694	0,764	0,882	0,041	0,053	0,378	0,048	0,585	0,39	0,096	0,476	0,713	0,086	0,827	0,303
		N	133	133	127	132	77	84	77	77	77	53	77	53	132	133	133	133	133	46	61	85	61
	SST2-4	Korrelation nach Pearson	-0,064	0,067	0,007	0,027	-0,040	-0,030	-0,024	-0,016	-0,051	-0,248	-0,242	0,042	-0,187	0,001	-0,015	-0,121	-0,084	0,015	-0,186	0,024	-0,094
		Signifikanz (2-seitig)	0,467	0,445	0,934	0,757	0,728	0,784	0,836	0,888	0,662	0,073	0,034	0,763	0,032	0,987	0,863	0,166	0,334	0,923	0,151	0,827	0,473

	N	133	133	127	132	77	84	77	77	77	53	77	53	132	133	133	133	133	46	61	85	61
RBU																						
Humuslage																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,322	0,339	0,477	-0,008	0,391	0,248	0,424	0,111	0,033	-0,289	-0,150	0,096	0,123	0,213	0,402	0,380	0,215	0,085	-0,115	-0,014	0,281
	Signifikanz (2-seitig)	0,154	0,133	0,029	0,972	0,149	0,373	0,115	0,693	0,907	0,362	0,593	0,767	0,594	0,354	0,071	0,089	0,350	0,815	0,723	0,961	0,376
	N	21	21	21	21	15	15	15	15	15	12	15	12	21	21	21	21	21	10	12	15	12
SST24	Korrelation nach Pearson	0,457	0,424	0,494	-0,018	0,375	0,365	0,340	0,277	0,131	-0,253	-0,220	0,106	0,207	0,250	0,509	0,524	0,367	0,189	-0,073	-0,027	0,321
	Signifikanz (2-seitig)	0,037	0,056	0,023	0,940	0,168	0,182	0,216	0,317	0,642	0,427	0,431	0,742	0,369	0,274	0,018	0,015	0,102	0,600	0,822	0,924	0,310
	N	21	21	21	21	15	15	15	15	15	12	15	12	21	21	21	21	21	10	12	15	12
0-40 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,019	-0,042	0,081	-0,155	0,057	0,116	0,078	0,025	-0,159	0,043	0,090	0,014	-0,006	0,183	0,066	0,052	-0,308	-0,198	0,044	0,034	0,069
	Signifikanz (2-seitig)	0,893	0,761	0,556	0,259	0,722	0,46	0,622	0,874	0,313	0,813	0,57	0,938	0,965	0,182	0,632	0,706	0,022	0,365	0,807	0,827	0,704
	N	55	55	55	55	42	43	42	42	42	32	42	32	55	55	55	55	55	23	33	43	33
SST24	Korrelation nach Pearson	0,040	-0,025	0,026	-0,080	0,040	0,110	0,049	0,053	-0,110	0,100	0,097	-0,017	0,042	0,169	0,039	0,061	-0,224	-0,209	0,068	0,062	-0,016
	Signifikanz (2-seitig)	0,772	0,854	0,848	0,561	0,800	0,484	0,759	0,741	0,488	0,587	0,542	0,928	0,760	0,217	0,776	0,657	0,100	0,338	0,708	0,691	0,928
	N	55	55	55	55	42	43	42	42	42	32	42	32	55	55	55	55	55	23	33	43	33
40-80 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,077	0,058	0,007	-0,072	0,049	0,104	0,023	0,044	0,096	0,192	0,126	-0,126	-0,170	-0,074	0,066	0,079	-0,124	-0,329	-0,033	-0,061	-0,156
	Signifikanz (2-seitig)	0,577	0,675	0,963	0,600	0,771	0,507	0,892	0,793	0,567	0,328	0,450	0,523	0,215	0,592	0,630	0,565	0,369	0,125	0,855	0,700	0,386
	N	55	55	47	55	38	43	38	38	38	28	38	28	55	55	55	55	55	23	33	43	33
SST24	Korrelation nach Pearson	0,072	0,074	-0,013	-0,040	0,040	0,095	0,006	0,080	0,099	0,207	0,135	-0,096	-0,046	0,013	0,031	0,092	-0,084	-0,284	0,013	0,031	-0,177
	Signifikanz (2-seitig)	0,601	0,590	0,930	0,769	0,811	0,545	0,972	0,634	0,555	0,291	0,418	0,626	0,740	0,923	0,822	0,502	0,543	0,189	0,942	0,846	0,324
	N	55	55	47	55	38	43	38	38	38	28	38	28	55	55	55	55	55	23	33	43	33
80-160 cm Tiefe																						
NBV	Korrelation nach Pearson	0,169	0,176	0,037	-0,040	0,076	0,116	0,079	0,059	-0,203	0,248	-0,043	-0,246	0,009	0,130	0,138	0,098	-0,080	0,140	0,228	0,110	0,106
	Signifikanz (2-seitig)	0,231	0,212	0,842	0,778	0,718	0,514	0,707	0,778	0,331	0,292	0,840	0,296	0,950	0,362	0,335	0,496	0,578	0,555	0,226	0,537	0,577
	N	52	52	31	52	25	34	25	25	25	20	25	20	51	51	51	51	51	20	30	34	30
SST24	Korrelation nach Pearson	0,097	0,110	0,063	0,010	0,034	0,116	0,045	0,042	-0,202	0,273	-0,002	-0,235	0,118	0,181	0,111	0,174	-0,036	0,158	0,239	0,067	0,103
	Signifikanz (2-seitig)	0,493	0,438	0,734	0,942	0,871	0,514	0,832	0,841	0,334	0,245	0,993	0,319	0,411	0,204	0,437	0,223	0,800	0,507	0,204	0,707	0,587
	N	52	52	31	52	25	34	25	25	25	20	25	20	51	51	51	51	51	20	30	34	30