

# **Projekt**

## **Karstdynamik im Nationalpark Kalkalpen 1603**

### **Wasser- und Nährstoffhaushalt ausgewählter Waldstandorte im Nationalpark Kalkalpen**

#### **Endbericht zu den Teilprojekten 1603-2.0, 3.2 & 5.2 1996/97**

im Auftrag der Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen Ges.m.b.H  
gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

**Klaus Katzensteiner**  
Institut für Waldökologie, BOKU Wien  
Peter Jordanstraße 82, A-1190 Wien

mit Beiträgen von

**Christian Fuxjäger**  
Institut für Waldökologie, BOKU Wien  
Peter Jordanstraße 82, A-1190 Wien

**Franz Ottner**  
Institut für angewandte Geologie, BOKU Wien  
Peter Jordanstraße 82, A-1190 Wien

Wien, im Dezember 1998

1	Einleitung und Problemstellung.....	1
2	Beschreibung der Versuchsflächen .....	3
2.1	Lage, Relief und Boden.....	3
2.2	Vegetation.....	4
3	Die Böden der Versuchsflächen.....	6
3.1	Methoden .....	6
3.1.1	Probenahme für die chemischen Analysen .....	6
3.1.2	Probenaufbereitung.....	6
3.1.3	Chemische Analysen.....	9
3.1.4	Bodenmineralogie .....	9
3.1.5	Bestimmung von Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien.....	9
3.2	Ergebnisse und Diskussion .....	10
3.2.1	Bodenbeschreibung und bodenchemische Untersuchungen.....	10
3.2.1.1	Versuchsflächen Eiseneck .....	10
3.2.1.2	Versuchsfläche Vorderreuterstein .....	15
3.2.1.3	Versuchsfläche Steyernquelle .....	22
3.2.2	Bodenmineralogie (Ottner) .....	29
3.2.2.1	Profil Steyernquelle .....	29
3.2.2.1.1	Gesamtmineralbestand (Tabelle 20).....	29
3.2.2.1.2	Tonmineralbestand in der Tonfraktion (<2µm) (Tabelle 21) .....	29
3.2.2.2	Profil Vorderreuterstein .....	29
3.2.2.2.1	Gesamtmineralbestand (Tabelle 20).....	29
3.2.2.2.2	Tonmineralbestand in der Tonfraktion (<2µm) (Tabelle 20) .....	30
3.2.3	Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien.....	32
4	Wasserhaushalt ausgewählter Waldstandorte .....	36
4.1	Methoden .....	36
4.1.1	Meßzeitraum .....	36
4.1.2	Instrumentierung der Versuchsflächen .....	36
4.1.2.1	Meteorologie .....	36
4.1.2.1.1	Station Eiseneck.....	36
4.1.2.1.2	Station Vorderreuterstein .....	36
4.1.2.1.3	Station Steyernquelle.....	37
4.1.2.2	Bestandesniederschlag .....	37
4.1.2.3	Bodenwasserhaushalt.....	37
4.1.2.4	Bestandestranspiration .....	37
4.1.3	Errechnung flächenbezogener Daten .....	38
4.1.3.1	Niederschlag .....	38
4.1.3.2	Bestimmung der Saftstromraten.....	38
4.1.3.3	Modellierung der Bestandestranspiration und des Bodenwasser- haushaltes über meteorologische Parameter .....	39
4.2	Ergebnisse und Diskussion der Wasserhaushaltsuntersuchungen.....	45
4.2.1	Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag .....	45
4.2.1.1	Versuchsflächen Eiseneck: .....	45
4.2.1.2	Versuchsfläche Vorderreuterstein .....	47
4.2.1.3	Versuchsfläche Steyernquelle .....	48
4.2.2	Ergebnisse und Diskussion der Wasserhaushaltsmodelle.....	50
4.2.2.1	Modellergebnisse .....	50
4.2.2.1.1	Versuchsflächen Eiseneck.....	50

4.2.2.1.2	Versuchsflächen Vorderreuterstein und Steyrnquelle .....	51
4.2.2.2	Evaluierung der Wasserhaushaltsmodelle .....	53
4.2.2.2.1	Evaluierung der Transpirationsraten über Saftstrommessungen.....	53
4.2.2.2.2	Vergleich der modellierten und gemessenen Bodenwassergehalte .....	53
4.2.3	Schlußfolgerungen .....	56
5	Stoffhaushalt ausgewählter Waldstandorte .....	57
5.1	Methoden .....	57
5.1.1	Instrumentierung .....	57
5.1.1.1	Niederschlagskomponenten .....	57
5.1.1.2	Sickerwasserproben.....	57
5.1.2	Analysemethoden .....	58
5.1.3	Auswertung .....	58
5.1.3.1	Datenkontrolle.....	58
5.1.3.2	Mittelwerte und Ionenbilanzen.....	59
5.1.3.3	Stoffflüsse .....	59
5.2	Ergebnisse zum Stoffhaushalt.....	59
5.2.1	Stoffkonzentrationen .....	59
5.2.1.1	Ionenbilanzen.....	94
5.2.1.2	Veränderung der Wasserqualität bei Passage von Vegetation und Boden – Dynamische Aspekte .....	98
5.2.2	Stoffflüsse .....	110
5.2.2.1	Methodische Aspekte .....	110
5.2.2.2	Schwefelbilanz .....	110
5.2.2.3	Stickstoffbilanz .....	111
5.2.2.4	Kaliumbilanz.....	111
5.2.2.5	Karbonatverwitterung .....	112
5.2.3	Schlußfolgerung aus den Stoffflußmessungen .....	112
6	Anlagen .....	116

Abbildung 1 zeigt den interdisziplinären Forschungsansatz des Karstprogrammes (Haseke et al., 1994). Die hier dargestellten Untersuchungen setzen genau an der Schnittstelle Atmosphäre – Vegetation – Boden – Karstsystem (im hydrogeologischen Sinne) an.

Entlang eines Seehöhentransektes wurden drei Versuchsstandorte, welche für unterschiedliche Standortverhältnisse in Karsteinzugsgebieten typisch sind, ausgewählt: ein Buchenbestand und ein Fichtenbestand auf karbonatischen Hangkolluvien in der mittelmontanen Stufe und drei Entwicklungsphasen eines Fichtenwaldsystems an der Grenze von der hochmontanen zur tiefsubalpinen Höhenstufe. Letzterer Standort ist ein ‚typischer‘ Karststandort, auf dem ein reiner Humuskarbonatboden ohne meßbare silikatische Komponente entwickelt ist. Da drei Bestandesentwicklungsphasen, vom unmittelbar vor Versuchsanlage durchgeführten Kahlschlag über eine Kulturphase bis zum Altbestand direkt nebeneinander, auf vergleichbarem Standort untersucht werden konnten, lassen sich weitreichende Aussagen über Wasser- und Nährstoffdynamik von Wäldern ableiten.

Die Untersuchungen gliedern sich in eine Inventur der gegenwärtigen Ökosystemzustände (chemische und physikalische Bodeneigenschaften, Vegetationsbedeckung) einerseits und in prozeßorientierte Studien (Wasserumsatz und Nährstoffumsatz) andererseits.



## 2 BESCHREIBUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN

### 2.1 LAGE, RELIEF UND BODEN

Eine detaillierte Beschreibung der Versuchsflächen wird im Teilbericht von Fuxjäger (1998) gegeben, weshalb hier nur ein kurzer Überblick dargestellt wird.

#### *Versuchsflächen Eiseneck:*

Lage: Rechtswert: 525250, Hochwert 297000 Seehöhe:1300 m

Relief: Exposition: SE, Neigung: 15-30 %  
stark strukturiertes Mesorelief im mit Rücken und Dolinen; stark verkarstet

Substrat und Boden: Auf dem sehr reinen Hierlatzkalk ist eine Alpenmoderrendzina unterschiedlicher Mächtigkeit ausgebildet (s. Abschnitt 3). Der blanke Felsanteil an der Oberfläche beträgt bis zu 40 %.

#### *Versuchsfläche Vorderreuterstein:*

Lage: Rechtswert: 526500, Hochwert 298300 Seehöhe:940 m

Relief: Exposition: NW, Neigung 32 %  
schwach konkave Sackungszone im Mittelhangbereich

Substrat und Boden: Im Übergangsbereich zwischen Lunzer Schichten und Wettersteinkalk sind 50 bis 100 cm mächtige Hangkolluvien ausgebildet. Je nach Mächtigkeit und Feinbodenanteil ist ein kleinflächiges Mosaik von Pelosol-Hangpseudogley bis zu Braunlehmrendzina ausgebildet (s. Abschnitt 3).

#### *Versuchsfläche Steyernquelle:*

Lage: Rechtswert: 526700, Hochwert 298600 Seehöhe:690 m

Relief: Exposition: N, Neigung 55 %  
schwach ausgeprägte Hangmulde im Übergangsbereich zwischen Mittel- und Unterhang

Substrat und Boden: Auf diesem talnahen Standort sind bis zu 1 m mächtige Hangkolluvien ausgeprägt. Der Braunlehmeinfluß ist deutlich ausgeprägt. Im Grobskelett konnten wechselnde Anteile von Kalk und Dolomit, und teilweise sogar Lunzer Sandstein festgestellt werden. Die innige Durchmischung von kalkigem und silikatischem Material bedingt ausgezeichnete Bedingungen für hohe biogene Aktivität, weshalb Braunlehmrendzinen mit mächtigen Ah-Horizonten entwickelt sind (s. Abschnitt 3).

## 2.2 VEGETATION

### Eiseneck Schlag:

Die Schlagfläche im Ausmaß von ca. 0.5 ha entstand unmittelbar vor Versuchsanlage durch die Aufarbeitung von Käferbäumen an der Grenze zu einer nördlich angrenzenden Kultur. Der Schlagabraum war unregelmäßig verteilt, die Vegetationsbedeckung betrug weniger als 10 %. Die Sukzession kam erst 1997 langsam in Gang, im Hochsommer 1997 betrug der Deckungsgrad der Schlagflora ca. 30 %.

### Eiseneck Kultur:

Die schütterte Fichten-Lärchenaufforstung hat eine Maximalhöhe von 4 m. Die Deckungsgrad der Fichten und Lärchen auf Bodenniveau beträgt noch weniger als 25 %. Dafür ist eine annähernd flächendeckende, üppige Schlagflora aus Gräsern (*Calamagrostis varia*, *Luzula sylvatica*), Kräutern und vor allem Sträuchern (*Rubus* sp.) ausgeprägt. *Rubus*, *Sambucus* und *Urtica* zeigen eine hohe Stickstoffverfügbarkeit – vermutlich durch die Umwandlung des Auflagehumus – an. Der LAI (Bestimmt mit einem LAI 2000 Canopy Analyzer) beträgt auf Bodenniveau 1.5.

### Eiseneck Bestand:

Der Altbestand ist ein typischer Fichtenwald an der Grenze von der hochmontanen zur subalpinen Waldhöhenstufe. Pflanzensoziologisch ist er dem *Adenostylo glabrae* Piceetum zuzuordnen. Dadurch ergibt sich auch eine ausgeprägte Durchmesserspreitung. Größere Dolinen sind in der Regel baumfrei. Der Bestand zeigt bereits eine ausgeprägte Rottenstruktur, welche auf das stark gegliederte Kleinrelief zurückzuführen ist. Einzelne eingesprengte Buchen erreichen nicht mehr die herrschende Baumschicht. Die Oberhöhe der Fichte beträgt 26 m. Der Bestand ist ungleichaltrig, einzelne gebohrte Fichten sind mehr als 120 bis 150 Jahre alt. Die Grundfläche beträgt 48 m<sup>2</sup> je ha, der Vorrat 529 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Der LAI beträgt nach Hochrechnung über allometrische Funktionen 5.2 (s. Abschnitt 4). Diese Werte gelten allerdings nur für den unmittelbaren Bereich der Versuchsfläche. Da größere Karstgassen baumfrei sind, beträgt die Überschildung des Gesamtbestandes nur ca 40 %. Der Deckungsgrad der Bodenvegetation ist gering. Die Vegetation ist artenreich, Säurezeiger (*i. e.* *Vaccinium myrtillus*) kommen neben Kalkschutzeigern und Trockenzeigern vor.

### Versuchsfläche Vorderreuterstein:

Der homogene, gleichaltrige (95 Jahre) Fichtenbestand mit eingesprengten Lärchen und Buchen hat nach einer nur wenige Jahre zurückliegenden Durchforstung einen Überschildungsgrad von ca. 70 %. Die Oberhöhe beträgt 31.3 m, die Grundfläche 62.4 m<sup>2</sup>. Der Vorrat ist mit 791 vfmD relativ hoch. Der LAI beträgt 3.1 (LAI 2000 Canopy Analyzer, korrigiert nach Moser et al., 1994). Die Deckung der Bodenvegetation ist gering. *Galium odoratum*, *Sanicula europaea* und andere anspruchsvolle Arten lassen eine pflanzensoziologische Ausscheidung eines *Asperulo odorate* Abieti Fagetums zu.

Versuchsfläche Steyerndorfer Quelle:

Hier stockt ein geschlossener einschichtiger Buchenhallenbestand mit eingesprengten Eschen, Bergahorn und Ulmen. Die Deckung der Baumschicht beträgt 95 %. Die Oberhöhe erreicht 33.5 m, die Grundfläche 31.1 m<sup>2</sup>. Der Holzvorrat beträgt 492 vfmD. Die Deckung der Bodenvegetation beträgt weniger als 1 %. Pflanzensoziologisch kann ein *Asperulo odorata* Fagetum ausgeschieden werden.



### 3 DIE BÖDEN DER VERSUCHSFLÄCHEN

#### 3.1 METHODEN

##### 3.1.1 Probenahme für die chemischen Analysen

###### Humus:

Auf den Flächen Steyrnquelle, Vorderreuterstein, Eiseneck Schlag, Eiseneck Kultur und Eiseneck Altbestand wurden je 15 Humusprofile auf zufällig ausgewählten Entnahmepunkten mit einem 30\*30 cm Rahmen ausgestochen. Die Proben auf den Eiseneck-Flächen wurden nach diagnostischen Horizonten getrennt (L+F Horizont gemeinsam, 1 bis 2 H-Horizonte), die Proben vom Vorderreuterstein und von der Steyrnquelle als Mischproben von L, F und H-Horizont abgepackt und bis zur Aufbereitung bei 4°C gelagert. Das Volumen der Humushorizonte auf den Eiseneck-Flächen wurde durch Auffüllen der Entnahmestellen mit Sägespänen ermittelt. Die Beschreibung der Humusprofile erfolgte nach den Richtlinien der Naturraumstichprobeninventur.

###### Mineralboden:

Auf der Fläche Vorderreuterstein wurden mit einem Kernbohrer von 70 mm Durchmesser 15 Bohrkerne bis zu einer Tiefe von maximal 50 cm gewonnen, in Styroporschalen verpackt und bis zur Aufbereitung bei 4°C gelagert. Die Beschreibung der Bodenprofile erfolgte bei der Aufbereitung im Labor.

Auf der Fläche Steyrnquelle war diese Vorgangsweise aufgrund des höheren Grobskelettanteils nur beschränkt möglich. Dort konnten nur zwei Bohrkerne bis je 15 cm Tiefe gewonnen werden. Im weiteren wurden drei Profilgruben ausgehoben. An der hangseitigen Wand der Grube (Breite ca. 100 cm, Höhe maximal 50 cm) wurde in 5 cm Schritten an mehreren Stellen über die Wandbreite verteilt ca. 1 kg Feinbodenmaterial entnommen und in PE-Säcke verpackt und bis zur Aufbereitung bei 4°C gelagert. Die morphologische Beschreibung der Bodenprofile erfolgte nach den Richtlinien der Naturraumstichprobeninventur anhand der Profilwände. Der volumetrische Grobskelettanteil (>2 mm) wurde an der Profilwand angeschätzt.

##### 3.1.2 Probenaufbereitung

###### L+F-Horizonte Eiseneck, Gesamthumusproben Vorderreuterstein und Steyrnquelle:

Aus den Proben wurden lebende oberirdische Pflanzenteile, lebende Grobwurzeln ( $d > 2$  mm) und Feinwurzeln ( $d < 2$  mm) sowie Steine händisch aussortiert. Von dem verbleibenden Material wurde die Frischmasse bestimmt. Nach Entnahme von 5 g Feinmaterial für die pH-Wert-Bestimmung (nicht von Auflage Steyrnquelle (nur Buchenlaub)) wurde das restliche Material bei 105°C getrocknet und die Trockenmasse bestimmt. Anschließend wurde das Material für die weiteren Analysen grob vorzerkleinert und fein vermahlen. Von den Grob- und Feinwurzeln wurde die Trockenmasse (105°C) bestimmt.

Die ofentrockene Humusmasse (HM) in  $[g \cdot m^{-2}]$  errechnet sich folgendermaßen:

$$HM = 11,11 \cdot \left( TM + \frac{(5g \cdot TM)}{(FM - 5g)} \right)$$

TM.....Trockenmasse [g]

FM.....Frischmasse [g]

für Vorderreuterstein und Eiseneck, sowie als

$$HM = 11,11 \cdot TM$$

für Steyrerquelle.

### H-Horizonte:

Von den H-Horizonten der Eiseneck-Flächen wurde die Gesamtfrischmasse bestimmt. Bei Proben von mehr als 1 kg Gesamtfrischmasse wurden große Wurzeln, tote Äste und Steine aussortiert und deren Masse bestimmt. Anschließend wurde eine Teilprobe des Humusmaterials von 1 kg abzüglich des aliquoten Anteils vorher aussortierter Wurzeln, Äste und Steine entnommen. Ein aliquoter Anteil der vorab aussortierten toten Äste und Grobwurzeln wurde der Teilprobe wieder zugeschlagen. Anschließend wurden aus der Teilprobe lebende Grobwurzeln ( $d > 2 \text{ mm}$ ) und Feinwurzeln ( $d < 2 \text{ mm}$ ) sowie Steine händisch aussortiert und die Masse des verbleibenden Humusmaterials bestimmt. Nach Entnahme von 5 g Frischmaterial für die pH-Bestimmung wurde die Teilprobe bei  $40^\circ\text{C}$  getrocknet erneut die Masse bestimmt, 20 g für die Bestimmung austauschbarer Nährstoffe entnommen und der Rest bei  $105^\circ\text{C}$  bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurde das Material für die weiteren Analysen fein vermahlen.

Die Errechnung ofentrockener und lufttrockener Massen in  $[g \cdot m^{-2}]$  erfolgte nach den unten dargestellten Schritten:

$$f = (FM - (\text{große Wurzeln} + \text{Äste} + \text{Steine})) / TP1$$

$$lutro = 11,11 \cdot f \cdot (TP2 + 5 \cdot TP2 / TP1a)$$

$$otro = 11,11 \cdot f \cdot (TP3 + TP4 \cdot TP3 / (TP2 - TP4))$$

FM..... Frischmasse [g] aus  $30 \times 30 \text{ cm}$  Rahmen

TP1.... Teilprobe [g] abzgl. aliquoter Anteil großer Wurzeln, Äste und Steine

TP1a.. Teilprobe [g] nach Zuschlag aliquoter Anteile toter Äste und Grobwurzeln nach Entnahme von 5 g für pH-Bestimmung

TP2.... Teilprobe TP1a bei  $40^\circ\text{C}$  getrocknet [g]

TP3.... Teilprobe TP2 nach Entnahme von TP4 bei  $105^\circ\text{C}$  getrocknet [g]

TP4.... Teilprobe aus TP2 für chemische Analysen an lufttrockenen Proben

f.....Faktor Teilprobe zu Gesamtprobe

lutro....Masse lufttrocken (entspr.  $40^\circ\text{C}$ ) in  $[g \cdot m^{-2}]$

otro....Masse ofentrocken in  $[g \cdot m^{-2}]$

### Mineralboden:

#### *Material aus Bohrkernen:*

Die Styroporschalen wurden geöffnet und die Bodenprofile nach den Richtlinien der Naturraumstichprobeninventur beschrieben. Anschließend wurden ähnliche Profile gemeinsam als Mischproben aufbereitet (Vorderreuterstein 201 bis 204, 206 bis 209, 210-215; 205 wurde einzeln analysiert). Die Profile wurden in geometrische Horizonte (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm) zerlegt.

Nach Bestimmung der Frischmasse wurden Fein- und Grobwurzeln händisch aussortiert und deren Frisch- und Trockenmasse bestimmt. Der Boden wurde über ein 2 mm Sieb in die Grobskelett- und in die Feinbodenfraktion getrennt. Anschließend wurde die Masse des Grobskelettes bestimmt. Das Grobskelett wurde für weitere mineralogische Analysen aufbewahrt. Vom frischen Feinboden wurden 20 g bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und die Trockenmasse bestimmt. Weiters wurden 10 g Probe für die Bestimmung der pH-Werte entnommen. Ca. 500 ml Probe wurden gewogen und anschließend unter mehrmaligen umrühren bis zur Gewichtskonstanz an der Luft getrocknet. Vor der Entnahme von Teilproben für die chemischen und mineralogischen Analysen wurde erneut die Masse bestimmt.

Die Mineralbodenmassen wurden wie folgt errechnet:

- Grobboden [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] je cm und Tiefenstufe =  $259.84 \cdot \text{Grobskelett [g]} / \Sigma \text{ Länge der cores in der Mischprobe}$
- Feinboden<sub>otro</sub> [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] je cm und Tiefenstufe =  $259.84 \cdot (\text{Frischmasse [g]} - \text{Grobskelett [g]} - \text{Wurzelmasse}_{\text{frisch}} [\text{g}]) \cdot f1 / \Sigma \text{ Länge der cores in der Mischprobe}$
- $f1 = \text{otro Masse von 20 g frischem Feinboden} / 20 \text{ g}$
- Feinboden<sub>lutro</sub> [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] je cm für Tiefenstufe =  $259.84 \cdot (\text{Frischmasse [g]} - \text{Grobskelett [g]} - \text{Wurzelmasse}_{\text{frisch}} [\text{g}]) \cdot f2 / \Sigma \text{ Länge der cores in der Mischprobe}$
- $f2 = \text{Teilprobe Feinboden lufttrocken [g]} / \text{Teilprobe Feinboden frisch [g]}$

#### *Material aus Profilgruben:*

Die Proben wurden je Profilgrube nach den geometrischen Horizonten (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm) zu Mischproben vereinigt und im weiteren wie Proben aus Bohrkernen aufbereitet.

Die Errechnung der Feinbodenmassen erfolgte über die aus ungestörten Bohrkernen (siehe Probenahme für Bestimmung der Wassergehalts/Wasserpotentialkennlinien) ermittelte Lagerungsdichte des Feinbodens (0-5 cm: 0.33, 5-10 cm: 0.45, 10-20 cm: 0.50, 20-30 cm: 0.65, 30-50 cm: 0.69 [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]). Die Lagerungsdichten sind sehr gering, können aber über die Lagerungsdichten der drei analysierten Bohrkerns bestätigt werden. Der hohe Humusgehalt, der Anteil quellfähiger Tonminerale und die lockere Krümelstruktur müssen dafür verantwortlich sein. Diese Massen wurde im weiteren um den geschätzten volumetrischen Grobskelettanteil reduziert.



### 3.1.3 Chemische Analysen

Tabelle 1 zeigt die in den einzelnen Humus- und Bodenfraktionen analysierten Parameter und die verwendeten Analyseverfahren. Die pH-Werte wurden generell von frischem Probenmaterial gemessen. Die Gesamtstoffgehalte des Auflagehumus wurden am ofentrockenen Material bestimmt. Im Mineralboden wurden C und  $\text{CaCO}_3$  an der ofentrockenen Probe analysiert. Austauschbare Stoffe im H-Horizont und im Mineralboden sowie Gesamtstoffgehalte im Mineralboden wurden von der luftgetrockneten Probe analysiert. In der Darstellung wurden alle Stoffgehalte auf ofentrockene Proben umgerechnet! Flächenbezogene Nährstoffvorräte wurden über die errechneten Feinbodenvorräte hochgerechnet.

Tabelle 1: angewandte Analyseverfahren.

Parameter	Verfahren, Aufschluß bzw. Auszug	Norm	Auflagehumus	Eiseneck H-Schicht	Mineralboden (Feinboden)
pH-Wert	Wasser, 0.01 m $\text{CaCl}_2$	ÖNORM L1083-89	*	*	*
$\text{CaCO}_3$	Scheibler	ÖNORM L1084-89			*
C, S	Leco S/C 444	ÖNORM L1080-89	*	*	*
N	Halbmikrokjeldahl	ÖNORM L1082-89	*	*	*
Säureextraktion	$\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$	ÖNORM L1085-89	*	*	*
Extrakt mit $\text{BaCl}_2$ (bei carbonathaltigem Boden auf pH 8.2 gepuffert)	0.1 m $\text{BaCl}_2$	ÖNORM L1086-89		*	*
Na, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe im Säureextrakt	ICP	DIN 19730	*	*	*
Na, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe im $\text{BaCl}_2$ -Extrakt	ICP	DIN 19730		*	*

Die Kationenaustauschkapazität wurde über die Summen der Ionenäquivalente errechnet.

### 3.1.4 Bodenmineralogie

Die Verfahren der mineralogischen Untersuchungen sind in den Berichten zum Karstprojekt Katzensteiner und Ottner (1996) und Ottner (1998) dargestellt.

### 3.1.5 Bestimmung von Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien

Zur Bestimmung der Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien wurden auf jeder Fläche mit einem 'Undisturbed Core Sampler' der Fa. Soilmoisture Equipment Corp. (Santa Barbara, CA) mit Messingringen von  $d_i = 54$  mm und  $h = 30$  mm ungestörte Bodenproben geworben.

Die Proben wurden auf jeder Fläche aus Profilgruben entnommen, wobei jedoch darauf geachtet wurde, daß die Proben nach Möglichkeit kein Grobskelett enthalten. Auf der Fläche Eiseneck wurden im Altbestand Proben aus 0-3, 3-6, 6-9 und 9-12 cm, am Schlag und in der Kultur nur aus 0-3 und 3-6 cm Bodentiefe entnommen. Am Vorderreuterstein wurde Auflagehumus (3 cm), Proben von 0-18 cm in 3 cm-Schritten, Proben von 27-30, 57-60, 87-90 und 100-103 cm entnommen, auf der Fläche Steyrnquelle wurde die selbe Horizontierung eingehalten die tiefstmögliche Entnahmestelle war jedoch 60-63 cm. Weiters wurden 10 charakteristische Proben vom Zöbelboden in die Untersuchungen einbezogen.

Die Proben wurden auf Keramikplatten transferiert und im Labor wassergesättigt und gewogen. Anschließend wurden sie auf der Richards-Apparatur mit einem konstanten Überdruck von 0.01 MPa entwässert und erneut gewogen. Dieser Vorgang (Wassersättigung/Entwässerung) wurde mit Druckstufen von 0.03, 0.05, 0.07 und 0.1 MPa wiederholt. Anschließend wurden die Proben bei 105°C getrocknet und gewogen, die Korngrößenverteilung und die Dichte bestimmt. Für die Druckstufen 0.3 und 1 MPa wurden geringere Probemengen von ca. 30 cm<sup>3</sup> verwendet, da in diesem Bereich nur mehr Textur- aber kaum Strukturparameter eine Rolle spielen.

## 3.2 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 3.2.1 Bodenbeschreibung und bodenchemische Untersuchungen

#### 3.2.1.1 Versuchsflächen Eiseneck

Die Böden auf der Versuchsfläche Eiseneck können als Alpenmoderrendzinen eingestuft werden. Auffällig ist, daß praktisch kaum eine silikatische Komponente in den Böden vorhanden ist. Der Hierlatzkalk, auf dem sich diese Böden entwickeln ist ein äußerst reiner Kalk, der zu Verkarstung neigt. Im Bereich der Versuchsflächen sind praktisch keine tonigen Verwitterungsrückstände zu finden (mit Ausnahme sehr vereinzelter Spaltenverfüllungen). Auch Einträge basischer Stäube müssen sehr gering sein um eine derartige Bodenentwicklung zu gewährleisten. Diese HC-Böden sind als Modellbeispiele für Verkarstungsphänomene bestens geeignet, da ausschließlich Humusauf- und abbau, der Bioelementkreislauf und die Kalklösungsverwitterung als bodenbildende Prozesse in Frage kommen.

Tabelle 2 zeigt die Beschreibung einer durchschnittlicher Humusformen für die Versuchsflächen:

Tabelle 2: Beschreibung der Humusformen der Versuchsfläche Eiseneck Altbestand und Schlagfläche.

Humusform Alpenmoder (Durchschnittsprofil):

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
L	1-2	Fichtennadeln, verklebt bis schichtig
F	2-4	schichtig gelagert, mit Feinmoder durchsetzt, stark durchwurzelt, allmählich übergehend
H 1	2-4	locker bis bröckelig, braun, mäßig durchwurzelt, übergehend in
H2	> 5	tiefschwarz, bröckelig, kaum durchwurzelt

Die Mächtigkeit des Humus reicht von wenigen cm bis zu 30 cm in Spalten. Stellenweise sind die L und F-schicht verpilzt und plattig gelagert. Die Mächtigkeit der H-Schicht tritt dann deutlich zurück. In diesem Fall kann Rohhumus ausgeschieden werden. Auf der Kulturfläche nimmt die Mächtigkeit der F-Schicht gegenüber der H-Schicht deutlich ab. Stellenweise ist ein Rhizomfilz von *Calamagrostis varia* ausgebildet. Der H-Horizont ist feinkrümelig und ähnelt morphologisch bereits einem Ahb (vererdet!). Grobskelett tritt hier stärker an die Oberfläche, das H-Material verfüllt Spalten zwischen den Blöcken.

Tabelle 3 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichung der Stoffgehalte getrennt nach L+F und H-Horizonten für die Flächen Eiseneck Schlag, Kultur und Altbestand. In Tabelle 4 werden die Vorräte an Nährstoffen, Mn, Al und Fe, in Tabelle 5 sind die austauschbaren Elemente im H-Horizont dargestellt. Weiters wurden Varianzanalysen (Haupteffekt Fläche) mit einem nachfolgenden Duncan-Test durchgeführt.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Stoffgehalte im Humus der Versuchsfächen Eiseneck

Fläche	Hor.		n	C [%]	N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Mn [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg*kg <sup>-1</sup> ]
Schlag	LF	Mittelw.	15	49.36	1.64	0.09	0.08 B	1.86 B	0.08 B	255.93 B	1827	1699
Schlag	LF	Stabw.	15	0.95	0.16	0.01	0.02	0.44	0.02	109	772	634
Schlag	H	Mittelw.	14	46.01 AB	1.96	0.11	0.14	2.28 B	0.12	441	7146	6952
Schlag	H	Stabw.	14	2.67	0.21	0.02	0.05	0.90	0.06	374	3217	3525
Kultur	LF	Mittelw.	15	48.03	1.72	0.10	0.13 A	2.49 A	0.12 A	431.67 AB	3451	2810
Kultur	LF	Stabw.	15	2.92	0.46	0.03	0.04	0.80	0.03	245	2302	1927
Kultur	H	Mittelw.	15	43.86 B	1.85	0.12	0.15	3.84 A	0.15	770	10276	9180
Kultur	H	Stabw.	15	4.16	0.30	0.03	0.05	0.98	0.06	604	3232	4244
Bestand	LF	Mittelw.	15	49.25	1.87	0.10	0.11 A	1.77 B	0.08 B	553.13 A	3094	2729
Bestand	LF	Stabw.	15	2.54	0.18	0.02	0.03	0.68	0.04	552	2722	2406
Bestand	H	Mittelw.	14	47.59 A	1.97	0.11	0.14	2.2 B	0.13	969	9022	7641
Bestand	H	Stabw.	14	3.43	0.17	0.04	0.08	0.95	0.10	1299	8637	7494
LF				n.s.	n.s.	n.s.	**	**	***	(*)	(*)	n.s.
H				*	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. IW &gt; 10 %

(\*) IW 10 %

\* IW 5 %

\*\* IW 1 %

\*\*\* IW 0.1 %

Buchstaben kennzeichnen Mittelwertsunterschiede für den jeweiligen Horizont im Duncan-Test



Tabelle 4: Stoffvorräte im Auflagehumus der Versuchsflächen Eiseneck (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Fläche		n	Masse otro [g·m <sup>-2</sup> ]	C [g·m <sup>-2</sup> ]	N [g·m <sup>-2</sup> ]	P [g·m <sup>-2</sup> ]	K [g·m <sup>-2</sup> ]	Ca [g·m <sup>-2</sup> ]	Mg [g·m <sup>-2</sup> ]	Mn [g·m <sup>-2</sup> ]	Al [g·m <sup>-2</sup> ]	Fe [g·m <sup>-2</sup> ]
Schlag	Mittelw.	15	15269	7273	274	14.3	17.1	308 B	14 AB	4.3	75 B	76 AB
Schlag	Stabw.	15	8937	4324	154	7.7	10.3	187	8.7	2.7	61	72
Kultur	Mittelw.	15	14552	6579	263	16.9	21.5	503 A	19.8 A	9.3	134 A	121 A
Kultur	Stabw.	15	6594	3139	125	8.1	12	217	10.1	7.1	77	78
Bestand	Mittelw.	15	12773	6105	246	13	15.1	227 B	12.3 B	8.2	77 B	61 B
Bestand	Stabw.	15	6768	3317	120	7.6	10.8	82	9.8	11.0	83	45
F-Test			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	(*)	n.s.	(*)	*

n.s. IW &gt; 10 %

(\*) IW 10 %

\* IW 5 %

\*\* IW 1 %

\*\*\* IW 0.1 %

Buchstaben kennzeichnen Mittelwertsunterschiede im Duncan-Test

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gehalte an austauschbaren Nährstoffe der H-Horizonte der Humusauflagen auf den Versuchsflächen Eiseneck

Fläche		n	Na [mg*kg <sup>-1</sup> ]	K [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg*kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg*kg <sup>-1</sup> ]	pH BaCl2	KAK [mmol IE * kg <sup>-1</sup> ]
Schlag	Mittelw.	14	33	111 A	5575 B	100 A	51	7.4 AB	6.3 AB	4.3 B	299 B
Schlag	Stabw.	14	9	23	1645	23	34	12.1	6.1	1.1	78
Kultur	Mittelw.	15	35	56 B	7678 A	75 B	37	0.3 B	2.2 B	5.7 A	394 A
Kultur	Stabw.	15	8	18	1398	36	14	1.0	1.1	0.7	71
Bestand	Mittelw.	14	31	98 A	5002 B	83 AB	67	12.4 A	9.2 A	4.3 B	274 B
Bestand	Stabw.	14	7	27	1783	22	84	16.1	7.8	1.3	78
			n.s.	***	***	(*)	n.s.	*	**	***	***
Anteile am Austauscher											
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	H+	[%]
Schlag	Mittelw.	14	0.53	1.01 A	92.19 B	2.88 A	0.58	0.41 AB	0.15 AB	2.25 AB	
Schlag	Stabw.	14	0.25	0.32	5.02	0.74	0.34	0.71	0.18	3.32	
Kultur	Mittelw.	15	0.39	0.38 B	97.16 A	1.57 B	0.35	0.01 B	0.03 B	0.10 B	
Kultur	Stabw.	15	0.09	0.14	0.78	0.68	0.13	0.04	0.03	0.32	
Bestand	Mittelw.	14	0.53	1.02 A	89.06 B	2.61 A	0.82	0.07 A	0.24 A	5.00 A	
Bestand	Stabw.	14	0.20	0.47	10.25	0.71	1.07	1.07	0.26	8.44	
			(*)	***	**	***	n.s.	*	*	*	

n.s. IW &gt; 10 %

(\*) IW 10 %

\* IW 5 %

\*\* IW 1 %

\*\*\* IW 0.1 %

Buchstaben kennzeichnen Mittelwertsunterschiede im Duncan-Test



Den deutlichsten Unterschied zu den beiden anderen Flächen weist die Kulturfläche auf. Der C-Gehalt im H-Horizont ist etwas niedriger, K, Ca und Mg sind in der L+F-Schicht angereichert. Der Ca Gehalt ist hier auch in der H-Schicht deutlich höher. Einerseits ist eine biogene Anreicherung der Elemente über die krautige Vegetation möglich, andererseits dürfte kalkhaltiges Material durch die verstärkte Bioturbation eingearbeitet werden. Überraschend ist, daß trotz okular deutlich erkennbarer Unterschiede in den Humusformen keine signifikanten Unterschiede in den Auflagemassen bestehen. Die Streuungen sind zwar sehr hoch, trendmäßig nehmen die Massen aber vom Schlag über die Kultur zum Altbestand hin ab. Die K und Mg Vorräte sind auf der Kulturfläche deutlich aber nicht signifikant höher als auf den anderen Flächen, die im Humus gebundenen Ca-Vorräte sind beinahe doppelt so hoch wie im Altbestand. Die höheren Al- und Fe Vorräte deuten auf einen höheren Anteil silikatischer Stäube oder einen gewissen Braunlehmeinfluß hin.

Die durch die Mineralisierung veränderte Humusqualität zeigt der signifikant höhere pH-Wert und die höhere Kationenaustauschkapazität auf der Kulturfläche. Bedingt durch die höheren pH-Werte nimmt die Verfügbarkeit von Mn und Fe deutlich ab. Auch die austauschbaren K- und Mg-Gehalte sind im H-Horizont auf der Kulturfläche - bei ähnlichen bzw. höheren Gesamtgehalten - deutlich niedriger als im Altbestand und auf der Schlagfläche.

Ob die signifikanten Unterschiede zwischen den drei Bestandesentwicklungsphasen primäre Standortsunterschiede anzeigen oder durch die unterschiedlichen Wasserhaushalts- und Wärmeverhältnisse sowie geänderte Qualität der jährlich anfallenden Streu während verschiedener Sukzessionsphasen bedingt sind, kann durch die gewählte Versuchsanlage nicht eindeutig abgeklärt werden. Die noch sehr hohe Ähnlichkeit zwischen den Humusformen im Altbestand und auf der frischen Schlagfläche und die sowohl morphologisch als auch bodenchemisch veränderte Humusqualität auf der Schlagfläche unterstützt eher die zweite Hypothese. Die morphologische Veränderung der Humusformen in den ersten Jahren bis Jahrzehnten nach Windwurf oder Kahlschlag kann immer wieder beobachtet werden.

### 3.2.1.2 Versuchsfläche Vorderreuterstein

Trotz der Auswahl einer vom Relief her homogenen Teilfläche ist diese Versuchsfläche bodenkundlich äußerst komplex. Die Fläche ist als schwach konkave Sackung am Hang kenntlich. Im NW Teil der Versuchsfläche (Profil 201 bis 204) dominiert der Einfluß der Lunzer Schichten. Die Mergel und Sandsteine verwitterten zu sehr dichten Pelosol-Pseudogleyen (Tabelle 6). Durch die Lage am Hang ist ein ausgeprägter oberflächennaher lateraler Abfluß des Niederschlagswassers gegeben (Hangpseudogley). Die Gründigkeit des Bodens erreicht hier bis zu 100 cm.

Die bodenchemischen Kennwerte werden in den Tabellen 7 bis 11 dargestellt.

Die Profile sind bis obenhin deutlich versauert. Trotzdem ist nach wie vor eine günstige Humusumsetzung gegeben. Die Humusgehalte im Mineralboden sind in den oberen 10 bis 20 cm hoch, die C/N-Verhältnisse sind eng. Die Phosphorgehalte sind eher gering. Diese Böden trocknen fallweise oberflächlich (ca. 10 cm) stärker aus. In diesem Fall treten deutliche Schrumpfungsrisse auf. Die Kationenaustauschkapazität ist für Böden auf karbonatischem Untergrund eher gering. Der Austauscherkomplex wird bereits durch Al dominiert. Die K-Anteile am Austauscher sind im Vergleich zu den karbonatbeeinflussten Böden der österreichischen Waldbodenzustandsinventur (Kilian, 1989) hoch. Im P2 Horizont, ab ca 30 cm steigt der pH-Wert und die Basensättigung bereits deutlich an.

Tabelle 6: Beschreibung der Böden Versuchsfläche Vorderreuterstein:

*Ausgangsmaterial der Bodenbildung:* Hangkolluvium bzw. Sackung im Übergangsbereich von Lunzer-Schichten und Opponitzer Schichten

*Humusform:* Übergang zwischen moderartigem Mull und mullartigem Moder

Auflagehumus relativ homogen über alle 15 Aufnahmen:

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
L	0.5-1	Fichten- und Lärchennadeln, locker bis schwach verklebt
F	0.5-1	Schwach schichtig gelagerte, schwach fermentierte Fichten- und Lärchenstreu
H	0,5-2	Locker bis bröckelig, tlw. Insektenkot

Profil Vorderreuterstein 201 bis 204: *Bodentyp:* Pelosol-Hangpseudogley

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
Ahb1	4	Feinkrümelig,
Ahb2	6	Krümelig bis feinblockig-polyedrisch
P1	20	Mittelblockig-polyedrisch, kein Grobskelett, Bodenart sandiger Lehm, ockerfarben, wenige Rostflecken, wenige Konkretionen
P2	40	Grobblockig-polyedrisch, kein Grobskelett, Bodenart Lehm, ockerfarben, zahlreiche deutliche Rost- und Bleichflecken, zahlreiche Konkretionen
P/S	30	sehr grobblockig-prismatisch, wenig Grobskelett (Steine), Bodenart toniger Lehm, hellocker, zahlreiche Rost- und Bleichflecken, zahlreiche Konkretionen
S	Ab 100 cm	Massig dicht, fahlgrau

Profil Vorderreuterstein 210 bis 215: *Bodentyp:* pseudovergleyter Braunlehm

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
Ahb1	4	Feinkrümelig,
Ahb2	6	Krümelig bis feinblockig-polyedrisch
Ahb/Bvrel	10	krümelig bis mittelblockig-polyedrisch, 10 bis 20 % Grobskelett, Bodenart toniger Lehm, schwach humusfärbig
Bvrel g	30	grobblockig polyedrisch, Bodenart toniger Lehm, Skelettgehalt 20-30 % Fein- bis Mittelgrus, schwache Rostfleckung, zahlreiche Konkretionen

Profil Vorderreuterstein 205 bis 209: *Bodentyp:* Braunlehm-Rendzina

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
Ahb1	4	Feinkrümelig,
Ahb2	6	Krümelig bis feinblockig-polyedrisch
Ahb/Bvrel	10	Krümelig bis mittelblockig-polyedrisch, 10 bis 20 % Grobskelett, Bodenart toniger Lehm, schwach humusfärbig
Bvrel/C	10-30	Grobblockig polyedrisch, Bodenart toniger Lehm, Skelettgehalt 40-70 % Fein- bis Mittelgrus, wenige Konkretionen

Der Fichtenbestand trägt über die schwerer zersetzbare Streu und über Basenakkumulation in der oberirdischen Biomasse zur Bodenversauerung bei. Durch die seichte Durch-

wurzelung werden tiefer liegende Bodenhorizonte, mit den höheren Nährstoffvorräten nicht in den Nährstoffkreislauf einbezogen. Laterale Nährstoffabfuhr durch die Hangwasserzüge bei den hohen Niederschlägen trägt weiter zur Versauerung bei. Auf der Fläche Vorderreuterstein ist diese Bodenentwicklung nur äußerst kleinflächig ausgeprägt. Ähnliche Bodenbildungen sind aber im Nationalpark durchaus weit verbreitet, so zum Beispiel im Bereich der Roßfeldschichten.

Der beschriebene Bodentyp ist für den Flächenbereich in welchem die Bodenwasseruntersuchungen durchgeführt wurden charakteristisch.

In den Profilen 210-215 – im Übergangsbereich zu den Opponitzer Schichten – ist eine Durchmischung des tonigen Bodenmaterials im unteren Profilteil mit Kalk- bzw. Dolomitschutt gegeben (Tabelle 6). Ohne Kenntnis des Einflusses der Lunzer Schichten würde man das Profil als kolluvial überprägten, pseudovergleyten karbonatischen Braunlehm einstufen. Bodengenetisch ist ein derartiger ‚Mischboden‘ schwer einordenbar. Ob das Profil holozänen Ursprungs oder älter ist, kann ohne weitergehende Analysen nicht entschieden werden. Die obersten 10 bis 20 cm des Profils sind noch etwas versauert, darunter ist bereits freies  $\text{CaCO}_3$  vorhanden. Die Kationenaustauschkapazität ist etwas höher als in den vorhergehenden Profilen. Auch in den obersten Profilteilen wird der Austauscherkomplex bereits zu mehr als 60 % von Ca dominiert.

Die Profile 205 bis 209 sind als kolluvial überprägte Braunlehm-Rendzinen einzustufen (Tabelle 6). Die pH-Werte sind hoch, ebenso die Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung.

Überraschend ist, daß sich die Humusformen zwischen den Profilen kaum unterscheiden. Die weiten C/N-Verhältnisse in den Auflagen sind einerseits auf die ungünstige Fichtenstreu zurückzuführen. Andererseits werden bei Mullhumusdynamik leichter zersetzbare Komponenten der Streu sehr rasch umgesetzt. Zurückbleibendes Material (Zweige etc.) ist in der Regel reich an Zellulose und arm an Eiweiß.

Die Gesamtvorräte an Stickstoff liegen mit  $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  im Durchschnittsbereich für mitteleuropäische Waldböden. Die Vorräte an basischen Kationen – auch von Kalium sind sehr hoch (Tabelle 11).

Tabelle 7: Bodenchemische Kennwerte Profil Vorderreuterstein 201 bis 204; Auflage: Mittel aus 4 Analysen, Mineralboden: Mischprobe aus den geometrischen Horizonten

Humusform: mullartiger Moder bis moderartiger Mull; Bodentyp: 'Pelosol-Hangpseudogley'

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
L,F,H	97-52-01, 02, 03, 04		3.6	3.3	35.09	-	1.33	0.20	0.07	26.4
Ahb1	97-51-01	5.0	4.3	3.4	5.03	-	0.33	0.04	0.04	15.1
Ahb2	97-51-02	5.0	4.4	3.6	2.50	-	0.19	0.00	0.03	13.1
P1	97-51-03	10.0	4.7	3.7	1.43	-	0.10	0.01	0.03	13.8
P1	97-51-04	10.0	4.9	3.8	0.90	-	0.07	0.01	0.02	13.2
P2	97-51-05	23.0	5.4	4.2	0.74	-	0.06	0.01	0.02	12.5

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-01, 02, 03, 04		0.23	0.58	0.27	0.02	113	9360	12278	-	-
Ahb1	97-51-01	5.0	0.35	0.06	0.33	-	-	-	-	-	-
Ahb2	97-51-02	5.0	0.43	0.06	0.39	-	-	-	-	-	-
P1	97-51-03	10.0	0.43	0.07	0.41	-	-	-	-	-	-
P1	97-51-04	10.0	0.56	0.09	0.46	-	-	-	-	-	-
P2	97-51-05	23.0	0.91	0.16	0.56	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-01, 02, 03, 04		-	-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-01	5.0	95	414	87	29	29	46	1027	154
Ahb2	97-51-02	5.0	72	214	64	20	25	12	974	132
P1	97-51-03	10.0	69	380	98	15	10	8	770	118
P1	97-51-04	10.0	80	590	162	20	6	7	687	125
P2	97-51-05	23.0	126	1451	333	23	8	7	433	154

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]
L,F,H	97-52-01, 02, 03, 04		-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-01	5.0	1.57	13.39	4.64	0.82	0.68	1.59	74.00
Ahb2	97-51-02	5.0	1.40	8.12	3.99	0.65	0.68	0.48	82.27
P1	97-51-03	10.0	1.50	16.02	6.82	0.55	0.31	0.34	72.36
P1	97-51-04	10.0	1.64	23.64	10.69	0.70	0.17	0.30	61.27
P2	97-51-05	23.0	2.09	46.91	17.77	0.64	0.19	0.23	31.16



Tabelle 8: Bodenchemische Kennwerte Profil Vorderreuterstein 210 bis 215; Auflage: Mittel aus 6 Analysen, Mineralboden: Mischprobe aus den geometrischen Horizonten

Humusform: moderartiger Mull; Bodentyp: pseudovergleyter Braunlehm

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
L,F,H	97-52-10, 11, 12, 13, 14, 15		4.5	4.1	28.77	-	0.81	0.13	0.06	36.3
Ahb1	97-51-11	5.0	5.3	4.4	4.31	0.00	0.29	0.04	0.05	14.9
Ahb2	97-51-12	5.0	5.9	4.9	3.03	0.00	0.20	0.03	0.05	15.1
Ahb/Bvrel	97-51-13	10.0	6.8	6.2	2.22	0.23	0.17	0.03	0.05	13.1
Bvrelg	97-51-14	10.0	7.2	6.7	1.46	1.01	0.09	0.02	0.04	16.1
Bvrelg	97-51-15	17.5	7.9	6.8	1.73	3.35	0.08	0.02	0.04	22.8

*HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß*

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-10, 11, 12, 13, 14, 15		0.40	0.57	0.39	0.02	614	18480	21298	-	-
Ahb1	97-51-11	5.0	0.67	0.32	0.72	-	-	-	-	-	-
Ahb2	97-51-12	5.0	0.66	0.36	0.78	-	-	-	-	-	-
Ahb/Bvrel	97-51-13	10.0	0.76	0.85	1.06	-	-	-	-	-	-
Bvrelg	97-51-14	10.0	0.74	2.60	1.94	-	-	-	-	-	-
Bvrelg	97-51-15	17.5	0.75	7.31	4.70	-	-	-	-	-	-

*Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)*

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-10, 11, 12, 13, 14, 15		-	-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-11	5.0	130	2534	665	21	88	6	97	200
Ahb2	97-51-12	5.0	91	2758	702	26	40	6	32	204
Ahb/Bvrel	97-51-13	10.0	93	3831	990	25	4	6	< NWG	276
Bvrelg	97-51-14	10.0	94	3228	700	25	2	6	< NWG	223
Bvrelg	97-51-15	17.5	114	3311	681	25	1	6	< NWG	226

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]
L,F,H	97-52-10, 11, 12, 13, 14, 15		-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-11	5.0	1.66	63.22	27.34	0.47	1.61	0.16	5.38
Ahb2	97-51-12	5.0	1.13	67.37	28.26	0.56	0.72	0.15	1.73
Ahb/Bvrel	97-51-13	10.0	0.86	69.14	29.45	0.39	0.05	0.11	-
Bvrelg	97-51-14	10.0	1.07	72.39	25.88	0.49	0.03	0.14	-
Bvrelg	97-51-15	17.5	1.29	73.24	24.84	0.48	0.03	0.13	-

Tabelle 9: Bodenchemische Kennwerte Profil Vorderreuterstein 205

Humusform: moderartiger Mull; Bodentyp: kolluviale A90Braunlehm-Rendzina+A43

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
L,F,H	97-52-05		6.5	6.3	31.69	-	1.13	0.11	0.08	28.0
Ahb1	97-51-16	5.0	7.4	7	6.71	2.66	0.53	0.06	0.07	12.7
Ahb2	97-51-17	5.0	7.5	7.1	5.17	3.87	0.43	0.04	0.06	12.1
Bvrel/C	97-51-18	10.0	8.4	7.5	1.88	5.41	0.16	0.02	0.04	12.0
Bvrel/C	97-51-19	10.0	8.5	7.6	1.68	5.08	0.13	0.02	0.04	13.4
Bvrelg/C	97-51-20	17.0	8.6	7.7	0.78	3.82	0.10	0.00	0.04	7.6

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-05		0.44	0.50	0.31	0.02	925	14901	18600	-	-
Ahb1	97-51-16	5.0	0.53	6.21	3.75	-	-	-	-	-	-
Ahb2	97-51-17	5.0	0.51	7.64	4.57	-	-	-	-	-	-
Bvrel/C	97-51-18	10.0	0.47	10.40	6.37	-	-	-	-	-	-
Bvrel/C	97-51-19	10.0	0.53	11.65	6.53	-	-	-	-	-	-
Bvrelg/C	97-51-20	17.0	0.65	7.26	4.71	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mg.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-05		-	-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-16	5.0	109	7005	1736	16	3	5	< NWG	496
Ahb2	97-51-17	5.0	96	6279	1517	18	2	6	< NWG	442
Bvrel/C	97-51-18	10.0	83	3805	1019	21	2	6	< NWG	277
Bvrel/C	97-51-19	10.0	78	3590	986	19	2	6	< NWG	264
Bvrelg/C	97-51-20	17.0	99	3873	1129	17	2	6	< NWG	290

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]
L,F,H	97-52-05		-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-16	5.0	0.56	70.44	28.78	0.14	0.02	0.06	-
Ahb2	97-51-17	5.0	0.56	70.92	28.26	0.17	0.02	0.07	-
Bvrel/C	97-51-18	10.0	0.76	68.51	30.27	0.32	0.02	0.12	-
Bvrel/C	97-51-19	10.0	0.76	67.98	30.81	0.32	0.02	0.12	-
Bvrelg/C	97-51-20	17.0	0.87	66.68	32.07	0.25	0.02	0.11	-



Tabelle 10: Bodenchemische Kennwerte Profil Vorderreuterstein 206 bis 209; Auflage: Mittel aus 4 Analysen, Mineralboden:  
Mischprobe aus den geometrischen Horizonten

Humusform: moderartiger Mull; Bodentyp: kolluviale Braunerde-Rendzina

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
L,F,H	97-52-06, 07, 08, 09		5.2	4.8	38.18	-	0.86	0.15	0.05	45.2
Ahb1	97-51-06	5.0	7.1	6.7	5.77	0.00	0.40	0.05	0.06	14.5
Ahb2	97-51-07	5.0	7.5	6.8	3.88	0.00	0.29	0.04	0.06	13.6
Ahb/Bvrel	97-51-08	10.0	7.8	7.1	3.30	0.35	0.26	0.04	0.06	12.5
Bvrel/C	97-51-09	10.0	8.2	7.4	2.42	4.94	0.14	0.02	0.04	17.9
Bvrel/C	97-51-10	11.5	8.4	7.6	1.48	6.67	0.06	0.04	0.03	26.0

*HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß*

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-10, 11,12,13,14,15		0.27	0.77	0.30	0.01	647	11392	13543	-	-
Ahb1	97-51-06	5.0	0.64	0.77	0.82	-	-	-	-	-	-
Ahb2	97-51-07	5.0	0.65	0.80	0.93	-	-	-	-	-	-
Ahb/Bvrel	97-51-08	10.0	0.64	1.38	1.24	-	-	-	-	-	-
Bvrel	97-51-09	10.0	0.39	10.72	6.73	-	-	-	-	-	-
Bvrel/C	97-51-10	11.5	0.55	12.21	7.50	-	-	-	-	-	-

*Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)*

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
L,F,H	97-52-10, 11,12,13,14,15		-	-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-06	5.0	135	4754	1083	20	22	6	< NWG	332
Ahb2	97-51-07	5.0	92	4687	1038	20	3	6	< NWG	323
Ahb/Bvrel	97-51-08	10.0	82	5037	1070	22	2	6	< NWG	343
Bvrel	97-51-09	10.0	77	3584	873	20	2	6	< NWG	254
Bvrel/C	97-51-10	11.5	90	2455	615	18	2	6	< NWG	177

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]	Anteile am Austauscher [%]
L,F,H	97-52-10, 11,12,13,14,15		-	-	-	-	-	-	-
Ahb1	97-51-06	5.0	1.03	71.49	26.86	0.27	0.24	0.10	-
Ahb2	97-51-07	5.0	0.73	72.42	26.45	0.27	0.04	0.10	-
Ahb/Bvrel	97-51-08	10.0	0.61	73.30	25.69	0.28	0.02	0.10	-
Bvrel	97-51-09	10.0	0.77	70.45	28.29	0.34	0.02	0.13	-
Bvrel/C	97-51-10	11.5	1.30	69.37	28.67	0.45	0.03	0.18	-

Tabelle 11: Stoffvorräte auf der Versuchsfläche Vorderreuterstein (15 Auflagen, 4 Bodenmischproben)

	C	N	P	S [g.m <sup>-2</sup> ]	K	Ca	Mg
<i>Auflagehumus Gesamtvorräte</i>							
Mittelwert	901	28	2	5	8	16	8
Standardabw.	528	22	1	4	4	8	5
<i>Mineralboden bis 50 cm Bodentiefe Gesamtvorräte</i>							
Mittelwert	8241	554	156	87	273	1812	1224
Standardabw.	2040	51	32	36	99	1273	691
<i>Mineralboden bis 50 cm Bodentiefe austauschbare Vorräte</i>							
Mittelwert					41	1176	287
Standardabw.					13	506	128

### 3.2.1.3 Versuchsfläche Steyernquelle

Die Versuchsfläche Steyernquelle liegt auf dem selben nordexponierten Hang wie die Versuchsfläche Vorderreuterstein allerdings 250 m tiefer im Übergangsbereich zwischen Mittelhang und Unterhang. Das Relief ist schwach konkav. Der Boden entwickelte sich auf einem Kolluvium aus Braunlehmmaterial, Kalk und Dolomit. Bei der Aufarbeitung der Proben im Labor konnten sogar vereinzelt Lunzer Sandsteine nachgewiesen werden. Der Grobskelettgehalt der Böden ist mit ca 50 % sehr hoch.

Tabelle 12: Beschreibung der Böden Versuchsfläche Steyernquelle:

*Ausgangsmaterial der Bodenbildung:* Hangkolluvium

*Humusform:* milder Mull

Auflagehumus relativ homogen über alle 15 Aufnahmen:

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
Lalt	0.5-2	lockere bis schwach schichtig gelagerte Buchenstreu

*Bodentyp:* Braunlehm-Rendzina

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung
Ahb1	10	feinkrümelig, sehr dunkel humos gefärbt, locker; Skelettgehalt ca. 10 %
Ahb 2	30	krümelig-schwach blockig, Skelettgehalt 20 bis 40 %
Ahb/Bvrel	40	zahlreiche Wühlgänge der Bodenfauna: krümelig blockig, Braunlehm blockig polyedrisch; Skelettgehalt 40 bis 80 %

Die Profile sind tiefreichend durch biogene Tätigkeit geprägt. Die Bodenstruktur ist daher locker krümelig. Auch hier ist kleinräumig ein Die Humusgehalte sind außerordentlich hoch,

die C/N Verhältnisse sind sehr eng (Tabellen 13 bis 17). Die Phosphor- und Schwefelgehalte liegen in allen Profilen überraschend hoch, was auf biogene Anreicherung im Humus zurückzuführen sein dürfte. Die Profile haben bis oben hin pH Werte über 7. Die Umsetzung des Bestandesabfalls erfolgt sehr rasch. Die Streu wird in der Regel innerhalb eines Jahres vollständig umgesetzt (die Probenahme des Auflagehumus erfolgte im zeitigen Frühling, stellt also noch eher die Maxima der Nährstoffakkumulation dar). Die extrem weiten C/N-Verhältnisse im Auflagehumus sind wie auf der Fläche Vorderreuterstein darauf zurückzuführen, daß bei der raschen Umsetzung der Streu vor allem Holz, Bucheckern und Blattspreiten als Rückstand an der Bodenoberfläche verbleiben (Tabelle 13).

Tabelle 13: Chemische Kennwerte des Auflagehumus (L+F) von der Versuchsfläche Steyrerquelle

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
LF	97-44-01 bis 15		-	-	40.41	-	0.99	0.14	0.06	41.43
	Stdabw.		-	-	3.73	-	0.13	0.03	0.01	5.4

*HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß*

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
LF	97-44-01 bis 15		0.43	2.03	0.41	0.01	327	8761	11392	-	-
	Stdabw.		0.56	0.31	0.15	0.00	94	3519	4345	-	-

Die außerordentlich hohen Kationenaustauschkapazitäten deuten auf einen hohen Anteil an austauschbaren Tonmineralen. Der Austauscherkomplex wird von Ca und Mg dominiert.

Die hochgerechneten Nährstoffvorräte (Tabelle 18) sind mit mehr als 10 t .ha<sup>-1</sup> N für Waldböden extrem hoch. Gemeinsam mit der günstigen Wasserversorgung bedingt dies, daß der Standort zu den wohl wüchsigsten des Nationalparkgebietes zählt (Oberhöhe Buche: 33.5 m, höchste Buche innerhalb der Versuchsfläche: 38.3 m). Die Pufferkapazität dieser Böden ist ebenfalls enorm.



Tabelle 14: Bodenchemische Kennwerte Profil Steyrerquelle Profilgrube A

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
Ahb	97-77-01	5.0	7.6	7.2	11.02	-	0.75	0.11	0.13	14.7
Ahb	97-77-02	5.0	7.8	7.2	9.54	-	0.70	0.10	0.13	13.7
Ahb	97-77-03	10.0	7.9	7.3	8.46	-	0.67	0.10	0.13	12.7
Ahb	97-77-04	10.0	7.8	7.2	6.96	-	0.61	0.08	0.12	11.5
Ahb/Bvre	97-77-05	10.0	7.8	7.2	5.40	-	0.44	0.06	0.12	12.2

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-01	5.0	0.80	1.50	0.99	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-02	5.0	0.75	1.33	1.01	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-03	10.0	0.61	1.27	0.95	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-04	10.0	0.72	11.99	1.00	-	-	-	-	-	-
Ahb/Bvre	97-77-05	10.0	0.81	1.18	1.09	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-01	5.0	198	10537	1484	25	9	4	< NWG	655
Ahb	97-77-02	5.0	111	10800	1413	19	5	4	< NWG	659
Ahb	97-77-03	10.0	89	10611	1278	26	3	3	< NWG	638
Ahb	97-77-04	10.0	73	9764	1223	26	2	3	< NWG	591
Ahb/Bvre	97-77-05	10.0	67	9348	1130	25	2	3	< NWG	562

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ahb	97-77-01	5.0	0.77	80.33	18.65	0.17	0.05	0.03	-
Ahb	97-77-02	5.0	0.43	81.75	17.63	0.13	0.03	0.03	-
Ahb	97-77-03	10.0	0.35	82.95	16.47	0.18	0.02	0.03	-
Ahb	97-77-04	10.0	0.31	82.43	17.03	0.19	0.01	0.03	-
Ahb/Bvre	97-77-05	10.0	0.31	82.93	16.54	0.19	0.01	0.03	-



Tabelle 15: Bodenchemische Kennwerte Profil Steyrnquelle Profilgrube B

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
Ahb	97-77-06	5.0	7.5	7	13.67	2.10	0.92	0.14	0.16	14.8
Ahb	97-77-07	5.0	7.8	7.2	9.22	2.60	0.72	0.10	0.20	12.8
Ahb	97-77-08	10.0	8.2	7.4	6.45	3.69	0.57	0.09	0.17	11.2
Ahb	97-77-09	10.0	8.3	7.4	5.28	2.62	0.49	0.08	0.17	10.7
Ahb/Bvre	97-77-10	10.0	8.4	7.5	4.94	6.24	0.45	0.07	0.17	10.9

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-06	5.0	0.92	2.02	1.36	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-07	5.0	0.99	2.37	1.65	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-08	10.0	0.95	2.45	1.67	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-09	10.0	0.96	1.87	1.57	-	-	-	-	-	-
Ahb/Bvre	97-77-10	10.0	0.90	2.89	2.08	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-06	5.0	247	12143	2068	42	11	2	< NWG	785
Ahb	97-77-07	5.0	163	13577	1738	26	2	3	< NWG	826
Ahb	97-77-08	10.0	112	10231	1723	26	1	3	< NWG	657
Ahb	97-77-09	10.0	97	9296	1611	24	1	3	< NWG	600
Ahb/Bvre	97-77-10	10.0	96	9171	1589	23	1	3	< NWG	592

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ahb	97-77-06	5.0	0.80	77.22	21.68	0.23	0.05	0.01	-
Ahb	97-77-07	5.0	0.50	82.02	17.31	0.14	0.01	0.02	-
Ahb	97-77-08	10.0	0.44	77.76	21.60	0.17	0.01	0.02	-
Ahb	97-77-09	10.0	0.41	77.29	22.08	0.17	0.01	0.03	-
Ahb/Bvre	97-77-10	10.0	0.41	77.29	22.08	0.17	0.01	0.03	-

Tabelle 16: Bodenchemische Kennwerte Profil Steyrnquelle Profilgrube C

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
Ahb	97-77-11	5.0	7.8	7.2	15.44	5.26	1.16	0.20	0.20	13.3
Ahb	97-77-12	5.0	8.1	7.5	12.41	10.50	1.00	0.14	0.17	12.4
Ahb	97-77-13	10.0	8.3	7.5	8.63	16.48	0.70	0.09	0.19	12.4
Ahb	97-77-14	10.0	8.3	7.6	4.53	26.00	0.41	0.06	0.15	11.0
Ahb/Bvrel	97-77-15	10.0	8.6	7.7	3.53	25.66	0.36	0.04	0.16	9.8

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-11	5.0	7.37	36.71	17.47	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-12	5.0	7.66	43.24	22.24	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-13	10.0	8.48	59.04	30.92	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-77-14	10.0	7.85	72.79	42.82	-	-	-	-	-	-
Ahb/Bvrel	97-77-15	10.0	7.59	78.66	44.35	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-77-11	5.0	184	14766	2023	26	4	2	< NWG	909
Ahb	97-77-12	5.0	168	11587	1891	26	2	3	< NWG	739
Ahb	97-77-13	10.0	96	12005	1393	23	1	3	< NWG	717
Ahb	97-77-14	10.0	84	9158	989	19	1	3	< NWG	542
Ahb/Bvrel	97-77-15	10.0	73	8759	929	19	1	3	< NWG	516

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher	Anteile am Austauscher
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ahb	97-77-11	5.0	0.52	81.02	18.31	0.13	0.02	0.01	-
Ahb	97-77-12	5.0	0.58	78.19	21.04	0.15	0.01	0.02	-
Ahb	97-77-13	10.0	0.34	83.51	15.98	0.14	0.01	0.02	-
Ahb	97-77-14	10.0	0.40	84.38	15.03	0.15	0.01	0.03	-
Ahb/Bvrel	97-77-15	10.0	0.36	84.63	14.81	0.16	0.01	0.03	-

Tabelle 17: Bodenchemische Kennwerte Profil Steyernquelle Profil 1+ 4; horizontweise Mischprobe

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
Ahb	97-78-03	5.0	7.5	6.9	15.61	0.76	0.98	0.13	0.12	16.0
Ahb	97-78-02	5.0	8.1	7.1	11.09	1.26	0.79	0.11	0.13	14.0
Ahb	97-78-01	5.0	8.4	7.3	9.46	0.86	0.71	0.10	0.13	13.2

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Ausschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-78-03	5.0	0.69	2.04	0.96	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-78-02	5.0	0.76	1.83	1.02	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-78-01	5.0	0.81	2.24	1.15	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-78-03	5.0	105	14463	1698	21	16	4	< NWG	866
Ahb	97-78-02	5.0	105	12272	1475	23	5	4	< NWG	738
Ahb	97-78-01	5.0	96	11897	1329	20	3	4	< NWG	707

Anteile am Austauscher

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ahb	97-78-03	5.0	0.31	83.35	16.14	0.11	0.07	0.03	-
Ahb	97-78-02	5.0	0.36	83.00	16.45	0.14	0.02	0.03	-
Ahb	97-78-01	5.0	0.35	84.01	15.48	0.13	0.01	0.03	-



Tabelle 18: Bodenchemische Kennwerte Profil Steyrnquelle Profil 2+ 3; horizontweise Mischprobe

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	pH-H <sub>2</sub> O	pH- CaCl <sub>2</sub>	Corg [%]	Canorg [%]	N [%]	S [%]	P [%]	C/N-Verh.
Ahb	97-78-06	5.0	7	6.6	8.76	0.00	0.64	0.09	0.14	13.6
Ahb	97-78-05	5.0	7.5	6.8	7.04	0.00	0.57	0.09	0.13	12.4
Ahb	97-78-04	5.0	7.7	7.1	5.88	2.36	0.50	0.08	0.12	11.8

HNO<sub>3</sub> / HClO<sub>4</sub>-Aufschluß

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Cu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-78-06	5.0	0.80	1.46	1.08	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-78-05	5.0	0.74	1.28	1.00	-	-	-	-	-	-
Ahb	97-78-04	5.0	0.72	1.30	1.00	-	-	-	-	-	-

Bariumchloridauszug (bei pH>6 gepuffert)

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Na [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mn [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Fe [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Al [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KAK [mmol IE.kg <sup>-1</sup> ]
Ahb	97-78-06	5.0	124	10263	1352	32	21	3	< NWG	629
Ahb	97-78-05	5.0	80	9718	1274	23	8	3	< NWG	593
Ahb	97-78-04	5.0	1	9548	1083	18	3	3	< NWG	569

Horizont	Nr.	Mächtigkeit [cm]	Anteile am Austauscher						
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ahb	97-78-06	5.0	0.50	81.44	17.69	0.22	0.12	0.03	-
Ahb	97-78-05	5.0	0.34	81.75	17.67	0.17	0.05	0.02	-
Ahb	97-78-04	5.0	0.34	83.80	15.68	0.13	0.02	0.03	-

Tabelle 19: Stoffvorräte auf der Versuchsfläche Steyrnquelle (15 Auflagen, 3 Bodenmischproben)

	C	N	P	S [g.m <sup>-2</sup> ]	K	Ca	Mg
Auflagehumus Gesamtvorräte							
Mittelwert	236	6	0	1	2	11	2
Standardabw.	123	3	0	0	2	5	1
Mineralboden bis 50 cm Bodentiefe Gesamtvorräte							
Mittelwert	14705	1141	317	165	167	870	444
Standardabw.	973	25	55	6	21	444	283
Mineralboden bis 50 cm Bodentiefe austauschbare Vorräte							
Mittelwert					20	2051	279
Standardabw.					3	29	53



### **3.2.2 Bodenmineralogie (Ottner)**

Die mineralogischen Untersuchungen wurden von jenen Profilen durchgeführt, von welchen auch die Bodenwasserhaushaltsuntersuchungen stammen.

#### 3.2.2.1 Profil Steyrnquelle

##### 3.2.2.1.1 Gesamtmineralbestand (Tabelle 20)

Das Profil zeigt folgend Charakteristik: Das Karbonatmineral Kalzit tritt nur in den tiefsten Probe in geringen Anteilen auf. Wesentlich grössere Mengen sind vom 2. Karbonatmineral Dolomit nachweisbar. Während die oberen Profilbereiche bis 12 cm dolomitfrei sind (mit Ausnahme einer Einmischung bei 3-6 cm) steigt der Anteil ab 12 cm kontinuierlich an und weist in der tiefsten Probe des Profiles einen Wert von 47 Masse % auf. (Hinweis auf fortschreitende Dekarbonatisierung).

Dominierende Mineralgruppe in allen Horizonten sind Schichtsilikate, die in den karbonatfreien Bereichen z.T. über 60 Masse % ausmachen. Quarz tritt mit Anteilen um 30 % auf, wird aber stark von den Karbonatmineralen beeinflusst. Als 3. Gruppe bei den Silikatmineralen sind als Nebengemengteile z.T. deutliche Mengen an Feldspäten enthalten. Es treten sowohl Plagioklase als auch Kalifeldspäte (K-Lieferanten) auf. Auch sie zeigen eine Abnahme in den tieferen Bereichen des Profiles wegen der „Verdünnung“ durch Karbonate.

##### 3.2.2.1.2 Tonmineralbestand in der Tonfraktion (<2µm) (Tabelle 21)

Hauptbestandteil bei den Tonmineralen ist Vermikulit, der eher regelmässig über das gesamte Profil verteilt, etwa 1/3 der Tonfraktion ausmacht. Typisch für Vermikulite ist die ausgeprägte Reaktion mit K, das in die Zwischenschichten eingebaut (fixiert) wird. Eine Tiefenabhängigkeit kann bei der Verteilung der Vermikulite nicht beobachtet werden. Als 2. quellbares Dreischicht Tonmineral konnte in allen Horizonten Smektit bzw. 18A Vermikulit nachgewiesen werden. Der Anteil ist aber gering und konnte daher quantitativ nicht erfasst werden. Illit kommt mit Anteilen von etwa 30 % in allen Proben des Profiles vor. Illit scheint mit zunehmender Tiefe deutlich abzunehmen. Chlorit konnte auch in geringeren Mengen (um 15 Masse %) nachgewiesen werden. Geringfügig höher liegen die Werte für Kaolinit, der einen Trend zur Zunahme in tieferen Profiltteilen erkennen lässt. In allen Proben gibt es Hinweise auf die Anwesenheit von geringeren Mengen an Mixed Layer Tonmineralen. Durch den hohen Vermikulitgehalt der Proben kann es zur Kaliumfixierung kommen.

#### 3.2.2.2 Profil Vorderreuterstein

Dieses Profil entspricht dem im Abschnitt 3.2.1.1 dargestellten Pelosol-Hang-pseudogley.

##### 3.2.2.2.1 Gesamtmineralbestand (Tabelle 20)

Bei diesem Profil ist die Karbonatfreiheit sogar in den tiefsten Profiltteilen bemerkenswert. Weder Kalzit noch Dolomit sind nachweisbar. Die Schichtsilikate weisen sehr ähnliche Werte

auf wie bei dem Profil Steyrnquelle und liegen bei etwa 50 %. Ein deutlicher Trend über die Bodentiefe ist nicht bemerkbar.

Quarz ist etwas mehr vorhanden und nimmt Werte bis 49 % an. Weiters sind auch in diesem Profil Feldspäte nachweisbar. Die Werte sind geringfügig höher als im Profil der Steyrnquelle. Auch hier sind sowohl Plagioklase als auch Kalifeldspäte nachweisbar.

#### 3.2.2.2.2 Tonmineralbestand in der Tonfraktion (<2µm) (Tabelle 20)

Auch in diesen Proben sind deutliche Mengen an Vermikulit vorhanden. Die meisten Proben weisen Werte um 40 % auf.

Smektite können auch in der Probenserie Vorderreuterstein nur in Spuren nachgewiesen werden.

Illit ist ebenfalls in deutlichen Mengen vorhanden. Er scheint gegen tiefere Horizonte zuzunehmen, wogegen die Tonminerale Chlorit und Kaolinit eine schwach abnehmende Tendenz im Profil zeigen.

Auch in diesem Profil gibt es in allen Proben Hinweise auf die Anwesenheit von geringeren Mengen an Mixed Layer Tonmineralen.

Bemerkenswert sind auffällig hohe Mengen des Eisenoxid-Minerals Lepidokrokit in allen Proben des Profiles, besonders aber in den tieferen Profiltteilen.

Mit Ausnahme der Karbonate weisen die beiden Profile eine sehr ähnliche mineralogische Zusammensetzung sowohl der Gesamtminerale als auch der Tonminerale auf.

Tabelle 20: Ergebnisse der Gesamtmineralanalysen (Angaben in Masse %)

Probe Nr.	% Quarz	% Schichtsilikate	% Feldspat	% Kalzit	% Dolomit	% Pyrit
<b>Stey 3275</b>	34	58	8	0	0	0
3276	31	56	6	0	6	0
3277	32	60	8	0	0	0
3278	32	62	6	0	0	0
3279	30	60	7	0	3	0
3280	32	58	6	0	5	0
3281	31	53	4	0	12	0
3282	29	47	4	1	19	0
3283	20	26	4	3	47	0
<b>Vord 3284</b>	49	42	9	0	0	0
3285	37	53	10	0	0	0
3286	38	53	9	0	0	0
3287	41	52	7	0	0	0
3288	41	53	6	0	0	0
3289	44	49	7	0	0	0
3290	35	58	7	0	0	0
3291	44	50	6	0	0	0
3292	40	52	8	0	0	0

Tabelle 21: Ergebnisse der Tonmineralanalysen (Angaben in Masse %)

Lab. Nr.	Bez.	Vermikulit	Smektit	Illit	Chlorit	Kaolinit
3275	St.0-3	34	Sp	33	12	21
3276	3-6	39	Sp	26	12	23
3280	15-18	36	Sp	26	13	25
3283	60-63	34	Sp	22	16	29
3284	Vo 0-3	41	Sp	22	13	24
3285	3-6	39	Sp	26	12	25
3289	15-18	44	Sp	28	10	18
3292	87-90	44	Sp	32	9	15



### 3.2.3 Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien

Tabelle 22 zeigt die Lagerungsdichten und die Wassergehalte der ungestörten Bodenproben bei unterschiedlichen Druckstufen. Quellen und Schrumpfen der Böden wurde bewußt nicht berücksichtigt, da die Böden mit hoher Wassersättigung geworben wurden und die Schrumpfung bei Austrocknung auch unter natürlichen Bedingungen nur zu einer Veränderung des Makroporenanteils führt. Da die Unterschiede im Wassergehalt zwischen den Druckstufen  $-0.3$  MPa und  $-1$  MPa nur mehr sehr gering waren, wurde auf eine weitere Druckstufe von  $-1.5$  MPa verzichtet. Die Einstellung eines Equilibriums würde bei den tonreichen Böden bei diesen Drücken mehrere Monate dauern. Da erfahrungsgemäß nach Abflachung der Wassergehalts-Wasserpotentialkurve keine größeren Änderungen mehr zu erwarten sind, reichen die dargestellten Ergebnisse für die weiteren Interpretationen vollkommen aus.

Die Lagerungsdichten des Auflagehumus sind sehr gering, nehmen aber vom L und F zum H-Horizont hin etwas zu. Auflagehumus hat auch ein enorm hohes Porenvolumen bis über 80 Prozent. Jener Bereich, in welchem Wasser pflanzenverfügbar gespeichert werden kann, liegt zwischen 10 und 30 bis 40 Volumsprozents. In einer Auflagehumusschicht von 10 cm Mächtigkeit können also zwischen Feldkapazität und permanentem Welkpunkt 20 bis 30 mm Wasser gespeichert werden. Dazu kommt, daß die Einstellung einer Feldkapazität bei diesen Alpenmoderformen vermutlich sehr lange dauert, da die Poren nach unten in der Regel blind enden. So unterscheidet sich das 24 Stunden Abtropfgewicht der Proben kaum vom Gewicht bei Wassersättigung. Der tatsächlich pflanzenverfügbare Wassergehalt kann daher bis über 50 % betragen. Dies erklärt die gute Wüchsigkeit der Eiseneck-Standorte trotz der extremen Seichtgründigkeit der Böden. Trocknen derartige Humusformen jedoch aus, können sie ausgesprochen hydrophobe Eigenschaften annehmen. Bei den hohen Niederschlägen in der Nordstaulage dürfte dies aber eher selten der Fall sein. Im Gegenteil, hier dürfte die Abflußverzögernde Wirkung der Humusauflage sehr ausgeprägt sein.

Die Lagerungsdichten im Profil Steyernquelle sind ebenfalls extrem niedrig. Der hohe Humusgehalt, die lockere Krümelstruktur und ein hoher Anteil aufweitbarer Tonminerale dürften dafür verantwortlich sein. Selbst in den tieferen Bodenhorizonten ist die Lagerungsdichte noch weit unter den sonst für Waldböden üblichen Werten von ca  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ . Das Porenvolumen erreicht in den oberen Bodenhorizonten bis zu 70 %, in den tieferen Bodenschichten immerhin noch über 50 %. Die Feldkapazität ist in den oberen Bodenhorizonten enorm hoch. Allerdings ist auch der „Totwasseranteil“, daß heißt der nicht mehr pflanzenverfügbare Wassergehalt mit mehr als 20 % sehr hoch. In den unteren Profiltteilen beträgt der pflanzenverfügbare Wasserspeicher 10-20 Volumsprozents, in den oberen, humosen Horizonten 25 bis 30 %.

In den Lagerungsdichten der Böden vom Vorderreuterstein (entspricht dem Profil Pelosol-Hangpseudogley bei den Bodenbeschreibungen) spiegelt sich die Bodenmorphologie sehr deutlich. Sehr niedrigen Lagerungsdichten im Ahb Horizont folgen durchschnittliche Lagerungsdichten im P1 Horizont. Der P2 Horizont ist schon sehr dicht, der S Horizont (Staukörper) ist extrem dicht. Das Porenvolumen ist in allen Profiltteilen noch immer hoch (bis zu 50 % auch in den tieferen Horizonten). Der Wassergehalt bei Feldkapazität liegt zwischen



30 und 40 Volumsprozents. Während der Wassergehalt bei  $-1$  MPa 20 bis 30 % beträgt. Die Böden sind zwar in der Lage große Wassermengen zu speichern, die Verzögerung des Wasserabflusses dürfte aufgrund des hohen Porenanteils ebenfalls hoch sein, trotzdem kann es auch auf solchen Böden für seicht wurzelnde Baumarten zu Wasserstreß kommen.

Die Anstiege der Verläufe der in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellten Wassergehalts-Wasserpotentialkennlinien sind eine wichtige Eingangsgröße in das Brook90 Modell, mit dem die Wasserbilanzen für die Versuchsflächen errechnet wurden.

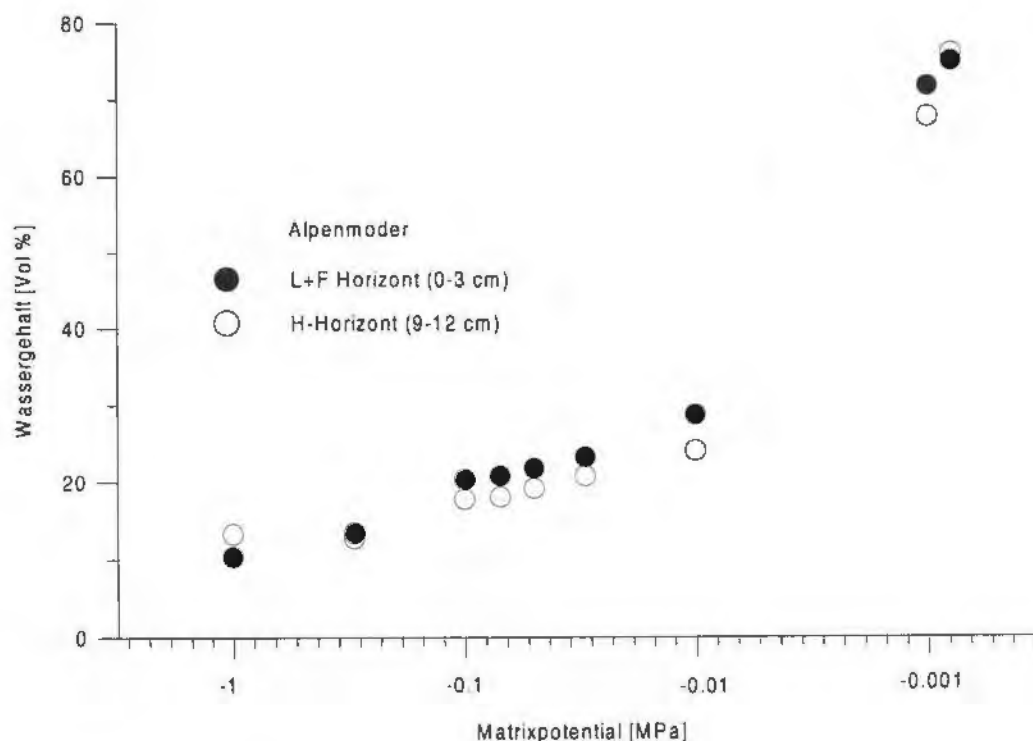


Abbildung 2: Beziehung zwischen Wassergehalt und Matrixpotential für Alpenmoderrendzina (Eiseneck)

Tabelle 22: Beziehung zwischen Matrixpotential und Wassergehalt für ausgewählte Bodenprofile

Fläche	Entnahmetiefe	Lagerungsdichte	Wassergehalt in Volumsprozent bei [MPa]							
			0.00	-0.01	-0.03	-0.05	-0.07	-0.10	-0.30	-1.00
	[cm]	[g/cm³]								
<b>Eiseneck Schlag</b>	0-3	0.11	74	31	24	23	21	20		
	3-6	0.15	78	37	30	27	25	23		
<b>Eiseneck Kultur</b>	0-3 A	0.06	66	21	16	13	12	11		
	0-3 B	0.09	79	28	22	19	18	15		
	3-6	0.15	83	38	31	27	24	22		
<b>Eiseneck Bestand</b>	0-3	0.11	75	29	23	22	21	20	13	10
	3-6	0.16	86	37	31	29	28	28		
	6-9	0.10	71	21	18	17	16	15		
	9-12	0.12	76	24	21	19	18	18	13	13
<b>Steyernquelle</b>	0-3	0.28	62	35	31	29	27	25		
	3-6	0.38	77	52	47	43	40	37	23	24
	6-9	0.45	70	51	46	43	40	38		
	9-12	0.49	68	52	48	44	42	39		
	12-15	0.48	64	47	44	42	41	38	22	22
	15-18	0.53	57	37	36	34	33	32		
	27-30	0.70	57	39	38	36	36	34	33	31
	57-60	0.69	51	33	32	31	30	30	25	18
	60-63	0.64	58	33	31	29	29	28	26	20
<b>Vorderreuterstein</b>	Auflage	0.10	70	24	19	17	16	14		
	0-3 A	0.59	60	32	29	27	27	25		
	0-3 B	0.45	74	37	32	28	27	25		
	3-6	0.85	59	31	29	28	27	27	19	21
	6-9	1.03	52	34	32	31	30	30		
	9-12	1.05	53	32	31	30	30	30		
	12-15	1.06	49	33	32	31	31	30	28	27
	15-18	1.13	54	40	39	38	38	37		
	27-30	1.22	49	39	39	38	38	37	26	27
	57-60	1.32	48	39	38	37	37	36	30	32
	87-90	1.37	45	39	38	37	37	37	30	30
	100-103	1.40	49	45	44	43	42	42		

## 4 WASSERHAUSHALT AUSGEWÄHLTER WALDSTANDORTE

### 4.1 METHODEN

#### 4.1.1 Meßzeitraum

Die Messungen wurden jeweils während der Vegetationsperiode – zum Teil mit verzögertem Beginn aufgrund aufwendiger Installationsarbeiten - durchgeführt. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Meßzeiträume 4.7 bis 25.10 1996 und 20.5 bis 14. 10 1997 dargestellt.

#### 4.1.2 Instrumentierung der Versuchsf Flächen

##### 4.1.2.1 Meteorologie

Die meteorologischen Basisdaten (Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Strahlung) wurden im Rahmen des Meteorologieprogrammes Nationalpark oberösterreichische Kalkalpen von der Firma Bogner & Lehner OEG in 10 Minuten Auflösung zur Verfügung gestellt.

Wind- und Strahlungsdaten standen von der Station Schoberstein (1260 m Seehöhe, Rechtswert: 524100, Hochwert 307850) zur Verfügung. Weiters gab es Winddaten von der Station Feichtau. Für die Modellansätze wurden diese Daten für alle Versuchsf lächen übernommen.

##### 4.1.2.1.1 Station Eiseneck

Im Jahr 1996 wurden Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag in 10 Minuten Auflösung von der Klimastation Feichtau übernommen. Zusätzlich standen Niederschlagsdaten von einem Rainlogger im unmittelbaren Bereich der Versuchsf lächen zur Verfügung. Im Meßzeitraum 1997 und 1998 (Mai bis Oktober bzw. Juli bis Oktober) wurde auch Temperatur und Luftfeuchte im Bereich der Versuchsf läche gemessen. 1998 wurden vom Institut für Waldökologie zusätzlich im Kronenraum des Altbestandes in 27 m Höhe und auf der Kulturfläche in 3 m Höhe Temperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit sowie die Bodentemperaturen dauerregistriert. Die Auswertung dieser Daten ist noch nicht abgeschlossen.

Weiters wurde in allen Untersuchungsjahren der wöchentliche Niederschlag mit Bulk Sammlern (mod. LÖLF-Sammler) mit einer Auffangfläche von 200 cm<sup>2</sup> bestimmt.

##### 4.1.2.1.2 Station Vorderreuterstein

Auf dieser Meßfläche wurde nur im Jahr 1996 ein Rainlogger betrieben. Da die Meßdaten zwischen Steyrnquelle und Schoberstein kaum variierten, wurde im Jahr 1997 auf eine hochauflösende Niederschlagsmessung verzichtet. Der wöchentliche Niederschlag mit dem Bulk-Sammler wurde jedoch weiterhin ermittelt.



berechnet die Saftflußrate als Funktion des Kühleffektes des Saftstromes auf einen beheizten Stammteil nach der Formel:

$$Q_w = P / (dT \cdot c_w) - k / c_w$$

P	Wärmeinput [W]
dT	Temperaturdifferenz beheizter und unbeheizter Stammteil
c <sub>w</sub>	spezifische Wärme v. Wasser
k	Koeffizient für den Wärmeverlust im Meßpunkt

Zu dem Zweck werden Heizelektroden in definierten Abständen im Xylem etabliert. Oberhalb, im Zentrum und unterhalb der beheizten Stammabschnitte wird die Temperatur mit Pt 100 Thermofühlern gemessen. Jeder Stamm wurde auf zwei Seiten instrumentiert. Die Messungen werden als 15 Minuten Mittelwerte auf einen Datenlogger gespeichert und mit einer Auswerteroutine der Fa. EMS automatisch auf kg je cm Stammumfang und Stunde im Meßpunkt umgerechnet. Die Messungen von den zwei unterschiedlichen Stammexpositionen wurden je Stamm gemittelt.

### **4.1.3 Errechnung flächenbezogener Daten**

#### 4.1.3.1 Niederschlag

Der Niederschlag aus den wöchentlich beprobten Sammlern (Freiland, Kronendurchlaß) wurde über die Auffangfläche der Sammelgefäße auf mm hochgerechnet. Der Stammbau der Buchen wurde auf die Projektionsfläche der Kronen bezogen und damit ebenfalls auf mm umgerechnet.

#### 4.1.3.2 Bestimmung der Saftstromraten

Die Saftstromraten je cm Umfang wird über den Umfang der Bäume im Meßpunkt (ohne Rinde) auf die Meßbäume hochgerechnet [kg je Baum und Zeiteinheit].

Die Hochrechnung der Bestandestranspiration über die Saftstrommessungen erfolgte nach folgendem Verfahren:

Auf der 50 m<sup>2</sup> Versuchsfläche wurden alle 34 Baumdurchmesser erhoben. Die Histogrammdarstellung der Durchmesser zeigte eine zweigipfelige Verteilung (Abbildung 5). Aufgrund dieser Verteilung in herrschende bis vorherrschende und beherrschte Bäume wurden zwei Kollektive gebildet. Der Durchmesser des Zentralstammes des großen Meßbaumes liegt mit 430 mm nahe dem Grundflächenmittelstamm des Kollektives herrschender und mitherrschender Bäume. Der kleine Meßbaum liegt mit 220 mm zwar im oberen Bereich des Kollektivs der beherrschten Bäume, kann aufgrund der soziologischen Stellung doch als repräsentativ für dieses Teilkollektiv gelten. Der Umfang des Mittelstammes bzw. Zentralstammes wäre in diesem Kollektiv für eine Instrumentierung zu gering gewesen, da der Minstdurchmesser 200 mm betragen sollte.

Die Saftstromraten je cm Umfang des großen Meßbaumes im Meßpunkt wurden nach Korrektur auf cm Umfang in Rinde mit dem Gesamtumfang in Brusthöhe des Kollektivs herrschender Bäume, die Saftstromraten je cm Umfang des kleinen Meßbaumes mit dem



Stundenaufösung gewählt. Aufgrund wiederholter Meßausfälle der Klimastationen wurden fehlende Werte entweder über die Daten benachbarter Stationen ergänzt, oder über Regressions- und Zeitreihenmodelle hochgerechnet. Diese Modelle stellen natürlich nur eine grobe Näherung dar, da für eine perfekte Modellierung Meßdaten im oberen Kronenraum der Bestände nötig wären. Derartige Daten stehen nur für die Flächen am Eiseneck für das Jahr 1998 zur Verfügung.

Für die Modellierung kann eine große Anzahl von Modelleingangsparametern frei verändert werden. Jene Modellparameter die für die Berchnung der aerodynamischen Verhältnisse verwendet wurden, wurden als Standardeinstellungen übernommen. Für viele der sonstigen Parameter standen zum Teil Meßdaten von den Versuchsflächen zur Verfügung (Tabellen 24 bis 26).

Einer der wichtigsten Modellparameter ist die Blattfläche, weshalb deren Ermittlung großes Gewicht beigemessen wurde.

Auf den Versuchsfläche Vorderreuterstein und Eiseneck Kultur wurden die Blattflächenindizes [ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ] aus den Messungen mit dem Canopy Analyzer LAI 2000 übernommen, wobei für den Fichtenbestand Vorderreuterstein Korrekturfunktionen nach Moser et al. (1995) verwendet wurden (Tabelle 23). Bei nicht Zufälliger Anordnung der Blätter unterschätzt der Canopy Analyzer die Blattfläche signifikant.

Tabelle 23: Bestimmung der Blattflächeindizes (LAI) mit dem LAI 2000 auf der Versuchsfläche Vorderreuterstein

Messpunkt	LAI2000	LAIKORR1	LAIKORR3
B10	2.16	2.89	3.46
B9	2.30	3.08	3.68
B8	2.39	3.20	3.82
B7	2.29	3.07	3.66
B6	2.16	2.89	3.46
B5	2.33	3.12	3.73
B4	2.46	3.30	3.94
B2	2.55	3.42	4.08
B1	2.17	2.91	3.47
LYS	2.44	3.27	3.90
TDR	2.56	3.43	4.10
<b>Mittel</b>	<b>2.35</b>	<b>3.14</b>	<b>3.75</b>
<b>Stabw.</b>	<b>0.14</b>	<b>0.19</b>	<b>0.22</b>

LAI2000      Meßwert Blattflächenindex

LAIKORR1    Korrekturfunktion n. Moser et al.:  $\text{LAI2000} \cdot 0.0406 \cdot \text{Lorey'sche Mittelhöhe [m]}$

LAIKORR3    Korrekturfunktion f. Fichte nach Manual (\*1.6)

Für die Fläche Eiseneck Kultur ergibt sich aus 10 Messungen ein Mittelwert für den LAI von 1,50 und eine Standardabweichung von 0,52. Die hohe Streuung ist durch den fehlenden Kronenschluß bedingt.

Tabelle 24: Modellparameter für die Versuchsflächen Eiseneck

Versuchsflächen Eiseneck	Schlag	Kultur	Bestand
<i>Meteorologische Parameter</i>			
Hangneigung [°]		20	20
Exposition [°]		90	90
Albedo		0.15	0.23
Albedo bei Schneelage		0.5	0.5
<i>Vegetationsparameter</i>			
Maximale Höhe [m]		0.1	2
Relative Höhe im Jahresverlauf	const.	const.	const.
Maximaler LAI		0	1.5
Relativer LAI im Jahresverlauf	const.	0.5-1	const.
Blattbreite [m]		0.1	0.03
Maximale Blattleitfähigkeit [cm/s]		1.1	0.4
Maximale Wurzellänge [m/m²]		0	1400
<i>Interzeptionsparameter</i>			
Niederschlagsinterzeption je LAI Einheit (Regen)		0.09	0.12
Maximale Interzeptionsspeicherung (Regen) [mm]		1	1
<i>Bodenparameter</i>			
Anzahl Horizonte		1	1
Horizont		1	1
Mächtigkeit [mm]		170	130
Skelettanteil		0	0
relativer Anteil an Gesamtwurzelmasse		1	1
init. Matrixpotential [kPa]		-10	-10
Wasserpot. bei FK [kPa]		-10	-10
WG bei Feldkapazität [FK]		0.3	0.13
Porosität [cm³/cm³]		0.8	0.8
b		4.2	4.2
Hydr. Leitfähigkeit [mm/d]		2	2
b... Steigung der Kurve $\log(\text{Wassergehalt } \%) = a + b \cdot (\log \text{Wasserpotential kPa})$			

Tabelle 26: Modellparameter für die Versuchsfläche Buche Steyerquelle

*Meteorologische Parameter*

Hangneigung [°]	20
Exposition [°]	0
Albedo	0.18
Albedo bei Schneelage	0.23

*Vegetationsparameter*

Maximale Höhe [m]	33
Relative Höhe im Jahresverlauf	1
Maximaler LAI	4.8
Relativer LAI im Jahresverlauf	0-1
Blattbreite [m]	0.05
Maximale Blattleitfähigkeit [cm/s]	0.53
Maximale Wurzellänge [m/m²]	3000

*Interzeptionsparameter*

Niederschlagsinterzeption je LAI Einheit (Regen)	0.03
Maximale Interzeptionsspeicherung (Regen) [mm]	0.5

*Bodenparameter*

Anzahl Horizonte	3		
Horizont	1	2	3
Mächtigkeit [mm]	100	300	400
Skelettanteil	0.1	0.3	0.6
relativer Anteil an Gesamtwurzelmasse	0.65	0.3	0.05
init. Matrixpotential [kPa]	-10	-10	-10
Wasserpot. bei FK [kPa]	-10	-10	-10
WG bei Feldkapazität [FK]	0.5	0.4	0.35
Porosität [cm³/cm³]	0.7	0.6	0.52
b	6	6	5.2
Hydr. Leitfähigkeit [mm/d]	2	2	2

b... Steigung der Kurve  $\log(\text{Wassergehalt } \%) = a + b \cdot (\log \text{Wasserpotential kPa})$

## 4.2 ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER WASSERHAUSHALTSUNTERSUCHUNGEN

### 4.2.1 Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag

Diese Niederschlagskomponenten werden in Fuxjäger 1998 ausführlich diskutiert. Aufgrund getrennter Auswerteverfahren und unterschiedlicher Ausreißerbehandlung differieren die Bilanzen fallweise.

#### 4.2.1.1 Versuchsflächen Eiseneck:

Tabelle 27: Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag , auf der Schlagfläche

Sammeltermin			Freiland- niederschlag	Bestandes- niederschlag	Sammeltermin			Freiland- niederschlag	Bestandes- niederschlag
1996	7	4			1997	5	20		
1996	7	12	117.2	119.7	1997	5	29	88.7	88.7
1996	7	19	0.5	0.0	1997	6	3	8.9	8.9
1996	7	26	33.3	35.4	1997	6	10	22.9	24.0
1996	8	1	28.9	30.1	1997	6	18	64.4	60.7
1996	8	9	90.6	98.0	1997	6	25	47.5	47.5
1996	8	16	53.2	55.2	1997	7	2	18.0	20.2
1996	8	23	46.6	45.3	1997	7	10	170.4	171.8
1996	8	26	10.0	11.3	1997	7	16	87.3	83.6
1996	8	31	26.6	31.2	1997	7	22	220.3	217.5
1996	9	6	66.5	73.1	1997	7	31	45.7	44.4
1996	9	14	79.8	80.2	1997	8	4	83.1	78.4
1996	9	19	130.9	133.0	1997	8	11	24.9	22.6
1996	9	27	80.2	85.3	1997	8	20	24.9	21.4
1996	10	4	47.2	51.4	1997	8	25	12.5	11.2
1996	10	11	32.0	34.0	1997	9	3	62.4	62.7
1996	10	18	7.5	8.2	1997	9	8	16.6	14.5
1996	10	25	201.6	173.9	1997	9	16	20.8	20.6
					1997	9	22	20.8	19.8
					1997	9	27	0.0	0.0
					1997	10	6	133.0	134.2
					1997	10	14	54.0	53.6
<b>Summe</b>			<b>1052.6</b>	<b>1065.3</b>				<b>1227.3</b>	<b>1206.5</b>
<b>Prozent</b>			<b>100.0</b>	<b>101.2</b>				<b>100.0</b>	<b>98.3</b>

Diese Messungen dienen dem Vergleich der Sammelssysteme, um sicher zu gehen, daß auf der Freifläche und im Bestand vergleichbare Sammeleffizienz gegeben ist. Die Abweichung von weniger als 2 % ist bei den langen Probenahmeintervallen als vernachlässigbar einzustufen. An dieser Stelle ist noch darauf hinzuweisen, daß die Ergebnisse des Rainlogger mit den Bulksammlern und Meßbrinnen 1996 mit einer Abweichung von -2% gut übereinstimmten, während 1997 der Rainlogger eine höhere systematische Abweichung nach unten zeigte. In der gesamten Meßperiode 1997 sammelte der Rainlogger nur 1146 mm, was eine Differenz von mehr als 5 % gegenüber dem Bulksammler entspricht!



Die Gesamtniederschläge waren in beiden Jahren extrem hoch, so trat nur im September 1997 eine Meßperiode ohne Niederschlag auf. Vor allem im 96. er Jahr waren im Juli Meßperioden mit extremen Niederschlagsmengen zu verzeichnen. Der August war weitgehend verregnet, im September und Oktober waren wiederum besonders hohe Niederschläge zu verzeichnen.

Tabelle 28: Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag, auf der Fläche Eiseneck Kultur

<i>Sammeltermin</i>			<i>Freiland- niederschlag</i>	<i>Bestandes- niederschlag</i>	<i>Sammeltermin</i>			<i>Freiland- niederschlag</i>	<i>Bestandes- niederschlag</i>
1996	7	4			1997	5	20		
1996	7	12	117.2	103.9	1997	5	29	88.7	84.1
1996	7	19	0.5	0.0	1997	6	3	8.9	7.6
1996	7	26	33.3	29.5	1997	6	10	22.9	21.7
1996	8	1	28.9	26.7	1997	6	18	64.4	50.6
1996	8	9	90.6	82.6	1997	6	25	47.5	39.2
1996	8	16	53.2	47.3	1997	7	2	18.0	18.8
1996	8	23	46.6	43.9	1997	7	10	170.4	152.2
1996	8	26	10.0	9.6	1997	7	16	87.3	68.0
1996	8	31	26.6	27.6	1997	7	22	220.3	175.0
1996	9	6	66.5	66.5	1997	7	31	45.7	32.1
1996	9	14	79.8	73.4	1997	8	4	83.1	65.6
1996	9	19	130.9	120.8	1997	8	11	24.9	18.7
1996	9	27	80.2	78.3	1997	8	20	24.9	17.8
1996	10	4	47.2	46.0	1997	8	25	12.5	7.3
1996	10	11	32.0	31.2	1997	9	3	62.4	50.9
1996	10	18	7.5	7.1	1997	9	8	16.6	10.1
1996	10	25	201.6	194.8	1997	9	16	20.8	15.8
					1997	9	22	20.8	15.6
					1997	9	27	0.0	0.0
					1997	10	6	133.0	110.3
					1997	10	14	54.0	44.2
<b>Summe</b>			<b>1052.6</b>	<b>989.1</b>				<b>1227.3</b>	<b>1005.4</b>
<b>Prozent</b>			<b>100.0</b>	<b>94.0</b>				<b>100.0</b>	<b>81.9</b>

Die Interzeption auf der Kulturlfläche war in beiden Untersuchungsjahren sehr unterschiedlich. Betrug sie 1996 nur 6 % wurden 1997 immerhin 18 % des Niederschlages in Bestand und Bodenvegetation gespeichert. Einerseits könnte dies auf eine stärkere Störung der Bodenvegetation durch den Einbau der Sammler im Jahr 96 zurückzuführen sein, andererseits waren die Niederschlagsintensitäten 1997 geringer. Dadurch ist eine häufigere Benetzung der Blattoberfläche gegeben.

Im Altbestand war 1996 nur eine Interzeption von 18,3 % zu verzeichnen, 1997 lagen die Interzeptionsraten bei immerhin 27,3 %. Die Verteilung des Niederschlages ist aufgrund der Clusterung der Bäume sehr unregelmäßig. Selbst bei Starkniederschlagsereignissen wäre eine unrealistisch hohe Sammleranzahl von über 60 ! nötig, um den mittleren Kronendurchlaß mit einer Genauigkeit von  $\pm 10\%$  des Mittelwertes zu bestimmen (Katzensteiner 1999, s. Anhang).

Tabelle 29: Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag auf der Fläche Eiseneck Altbestand

<i>Sammeltermin</i>			<i>Freiland- niederschlag</i>	<i>Bestandes- niederschlag</i>	<i>Sammeltermin</i>			<i>Freiland- niederschlag</i>	<i>Bestandes- niederschlag</i>
1996	7	4			1997	5	20		
1996	7	12	117.2	90.0	1997	5	29	88.7	46.5
1996	7	19	0.5	0.0	1997	6	3	8.9	16.1
1996	7	26	33.3	18.4	1997	6	10	22.9	15.2
1996	8	1	28.9	16.0	1997	6	18	64.4	34.8
1996	8	9	90.6	80.0	1997	6	25	47.5	28.1
1996	8	16	53.2	40.9	1997	7	2	18.0	13.4
1996	8	23	46.6	35.6	1997	7	10	170.4	144.5
1996	8	26	10.0	5.5	1997	7	16	87.3	58.1
1996	8	31	26.6	22.0	1997	7	22	220.3	172.1
1996	9	6	66.5	63.1	1997	7	31	45.7	26.0
1996	9	14	79.8	61.1	1997	8	4	83.1	64.8
1996	9	19	130.9	118.9	1997	8	11	24.9	14.4
1996	9	27	80.2	71.2	1997	8	20	24.9	12.6
1996	10	4	47.2	36.3	1997	8	25	12.5	9.8
1996	10	11	32.0	24.5	1997	9	3	62.4	51.8
1996	10	18	7.5	4.3	1997	9	8	16.6	8.3
1996	10	25	201.6	172.1	1997	9	16	20.8	13.9
					1997	9	22	20.8	15.6
					1997	9	27	0.0	0.0
					1997	10	6	133.0	110.9
					1997	10	14	54.0	35.1
<b>Summe</b>			<b>1052.6</b>	<b>859.8</b>				<b>1227.3</b>	<b>891.8</b>
<b>Prozent</b>			<b>100.0</b>	<b>81.7</b>				<b>100.0</b>	<b>72.7</b>

#### 4.2.1.2 Versuchsfläche Vorderreuterstein

Am Vorderreuterstein lagen die Niederschlagsmengen in beiden Meßjahren deutlich unter jenen am Eiseneck (160 mm im Jahr 1996 und 170 mm im Jahr 1997). Die Nordstausituation am Eiseneck bedingt eine deutliche Niederschlagszunahme mit der Seehöhe. Die Differenz zur Meßstation Steyrnquelle ist mit -15 bis -20 mm gering. Aufgrund einer stärkeren Bewindung untersamelte der Niederschlagssammler auf der Freifläche am Vorderreuterstein möglicherweise gegenüber dem Sammler Steyrnquelle.

Die Niederschlagsinterzeption liegt mit 24 bis 28 % für Fichtenbestände im üblichen Bereich. Die Verteilung des Niederschlages ist relativ homogen, weshalb die Anzahl der Bestandesnieder-schlagssammler ausreichend ist.

Tabelle 30: Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag auf der Fläche Fichte Vorderreuterstein

Sammeltermin			Freiland	Kronen- durchlaß	Sammeltermin			Freiland	Kronen- durchlaß
1996	7	4			1997	5	20		
1996	7	12	98.5	75.2	1997	5	29	93.7	74.8
1996	7	19	<b>0.7</b>	0.0	1997	6	3	12.3	1.9
1996	7	26	24.9	13.8	1997	6	10	18.7	14.6
1996	8	1	23.4	14.8	1997	6	18	53.2	36.9
1996	8	9	77.3	71.0	1997	6	25	40.4	27.5
1996	8	16	45.7	36.1	1997	7	2	16.1	12.7
1996	8	23	34.1	23.2	1997	7	10	157.5	96.9
1996	8	26	7.9	3.1	1997	7	16	68.1	57.1
1996	8	31	28.3	21.4	1997	7	22	157.5	123.1
1996	9	6	85.6	68.1	1997	7	31	42.6	23.1
1996	9	14	95.8	65.2	1997	8	4	68.1	49.2
1996	9	19	53.6	39.3	1997	8	11	22.1	21.8
1996	9	27	68.2	50.7	1997	8	20	40.4	32.0
1996	10	4	39.9	26.7	1997	8	25	0.0	0.0
1996	10	11	31.2	26.3	1997	9	3	51.1	37.0
1996	10	18	12.5	9.6	1997	9	8	14.9	9.5
1996	10	25	162.1	129.8	1997	9	16	17.0	12.2
					1997	9	22	17.0	14.9
					1997	9	27	0.0	0.0
					1997	10	6	95.8	73.1
					1997	10	14	55.3	28.6
<b>Summe</b>			<b>889.8</b>	<b>674.2</b>				<b>1058.2</b>	<b>746.6</b>
<b>Prozent</b>			<b>100.0</b>	<b>75.8</b>				<b>100.0</b>	<b>71.6</b>

#### 4.2.1.3 Versuchsfläche Steyrnquelle

Auffällig ist die Versuchsfläche Steyrnquelle. Trotz relativ hoher Blattflächenindizes war auf dieser Fläche die Interzeption in beiden Meßjahren extrem gering. Eine hohe Luftfeuchte auf dem ausgeprägten Nordhang der noch dazu relativ talnahe liegt, dürfte die geringe Interzeptions-verdunstung bewirken. Gegenüber Vergleichsuntersuchungen waren weiters in den vorliegenden Meßperioden die Niederschlagsintensitäten sehr hoch. Wiederum war - ähnlich wie auf den anderen Versuchsflächen - die Interzeptionsverdunstung 1996 geringer als 1997. Der Stamm-abfluß war mit 10 bzw. 11 % des Niederschlages eher gering. Immerhin erreichen Literaturwerte 17 % und mehr. Für die Niederschlagsableitung am Stamm dürfte vor allem die Kronenarchitektur bedeutend sein.

Tabelle 31: Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag auf der Fläche Buche Steyrnquelle

<i>Sammeltermin</i>	<i>Freilandniederschlag</i>	<i>Kronendurchlaß</i>	<i>Stammabfluß</i>	<i>Bestandesniederschlag</i>
<b>Meßperiode 1996</b>				
1996 7 4				
1996 7 12	102.7	78.9	5.2	84.1
1996 7 19	0.2	0.1	0.0	0.2
1996 7 26	26.6	16.7	1.5	18.2
1996 8 1	26.8	19.6	3.1	22.7
1996 8 9	69.0	66.1	12.0	78.0
1996 8 16	53.2	39.3	5.6	44.9
1996 8 23	33.3	29.7	3.1	32.9
1996 8 26	8.3	4.9	0.2	5.0
1996 8 31	26.6	23.2	2.4	25.5
1996 9 6	86.5	72.3	11.0	83.3
1996 9 14	111.4	62.1	9.5	71.6
1996 9 19	55.9	60.0	13.0	73.0
1996 9 27	59.0	52.2	7.3	59.5
1996 10 4	41.6	32.0	3.2	35.2
1996 10 11	28.3	25.4	1.9	27.2
1996 10 18	9.1	8.6	0.4	8.9
1996 10 25	167.1	139.2	13.4	152.7
<b>Summe</b>	<b>905.6</b>	<b>730.2</b>	<b>92.8</b>	<b>822.9</b>
<b>Prozent</b>	<b>100.0</b>	<b>80.6</b>	<b>10.2</b>	<b>90.9</b>
<b>Meßperiode 1997</b>				
1997 5 20				
1997 5 29	93.2	71.4	12.7	84.1
1997 6 3	10.6	1.2	0.0	1.2
1997 6 10	20.0	14.3	1.8	16.2
1997 6 18	64.5	45.5	5.5	50.9
1997 6 25	39.9	27.8	4.5	32.4
1997 7 2	13.7	12.3	1.9	14.2
1997 7 10	158.0	96.1	12.8	108.9
1997 7 16	81.2	57.9	11.1	69.0
1997 7 22	166.3	127.6	12.9	140.5
1997 7 31	33.3	23.8	2.8	26.6
1997 8 4	62.4	50.0	12.0	62.0
1997 8 11	21.6	21.8	3.8	25.6
1997 8 20	56.1	36.9	7.9	44.8
1997 8 25	0.0	0.0	0.0	0.0
1997 9 3	54.0	39.4	6.7	46.1
1997 9 8	12.5	13.8	0.9	14.6
1997 9 16	16.6	13.3	1.5	14.7
1997 9 22	16.6	12.8	2.0	14.8
1997 9 27	0.0	0.0	0.0	0.0
1997 10 6	101.8	79.4	13.4	92.8
1997 10 14	58.2	44.0	6.6	50.6
<b>Summe</b>	<b>1080.4</b>	<b>789.2</b>	<b>120.7</b>	<b>909.9</b>
<b>Prozent</b>	<b>100.0</b>	<b>73.0</b>	<b>11.2</b>	<b>84.2</b>



## 4.2.2 Ergebnisse und Diskussion der Wasserhaushaltsmodelle

### 4.2.2.1 Modellergebnisse

#### 4.2.2.1.1 Versuchsflächen Eiseneck

In Tabelle 32 werden die modellierten Wasserbilanzen für die Versuchsfläche Eiseneck dargestellt. Die Freilandniederschlagswerte wurden vom Rainlogger übernommen und liegen aufgrund der systematischen Abweichung zu den sonstigen Sammeleinrichtungen niedriger als die, im vorhergehenden Abschnitt dargestellten, Werte. Die Modellparameter wurden so gesteuert, daß die Interzeptionsraten über beide Meßjahre in etwa den tatsächlich gemessenen Interzeptionsraten entsprechen. Ziel der Modellierung war ja in erster Linie eine möglichst realistische Darstellung der Bodenwasserbilanz. Schraubt man die Interzeptionsverdunstung höher, steht weniger Energie für die Transpiration zur Verfügung und umgekehrt. In Schönwetterperioden wird die Transpiration nicht beeinflusst. Die unterschiedliche Interzeptionsverdunstung in den beiden Meßjahren im Altbestand kommt deutlich zum Ausdruck. Weiters ist die abflußvermindernde Wirkung der Vegetation gut erkennbar. Die Transpirationsraten sind in beiden Untersuchungszeiträumen erstaunlich niedrig. Aufgrund der hohen Niederschlagsraten im Nordstau und der niedrigen Temperaturen liegen diese Werte jedoch im möglichen Bereich.

Tabelle 32: Wasserbilanzen für die Versuchsflächen Eiseneck nach dem Brook Modell:

Versuchszeitraum 4.7 bis 25.10.1996

Kompartiment	Schlag		Kultur		Altbestand	
	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Freilandniederschlag	1031	100	1031	100	1031	100
Interzeptionsverdunstung	0	0	70	7	242	23
Kronendurchlaß	1007	98	938	91	766	74
Bodenevaporation	89	9	34	3	16	2
Transpiration	0	0	0	0	56	5
Quick-Flow	398	39	342	33	402	39
Base-Flow	543	53	545	53	312	30
Gesamtabfluß	941	91	887	86	714	69
Bodenwasserspeicheränderung	-23	-2	17	2	-20	-2

Versuchszeitraum 20.5 bis 14.10.1996 (Annahme noch ohne Schlagflora!)

Kompartiment	Schlag		Kultur		Altbestand	
	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Freilandniederschlag	1151	100	1151	100	1151	100
Interzeptionsverdunstung	0	0	91	8	321	28
Kronendurchlaß	1145	99	1053	91	824	72
Bodenevaporation	211	18	78	7	25	2
Transpiration	0	0	88	8	118	10
Quick-Flow	412	36	348	30	395	34
Base-Flow	524	46	542	47	290	25
Gesamtabfluß	936	81	890	77	685	60
Bodenwasserspeicheränderung	-2	0	-3	0	-4	0

Die Unterteilung in rasch abfließendes, vor allem in Spalten, Klüften und Makroporen versickerndes Wasser und eine langsam dränende Fraktion kann derzeit nicht überprüft werden. Dazu wären zusätzliche bodenhydrologische Untersuchungen nötig, welche im Karst methodisch kaum zu bewältigen sind. Das Ergebnis des Modells, daß durch die Bestockung vor allem die langsam abfließende Fraktion vermindert wird, erscheint realistisch.

#### 4.2.2.1.2 Versuchsflächen Vorderreuterstein und Steyernquelle

Tabelle 33: Wasserbilanzen für die Versuchsflächen Vorderreuterstein und Steyernquelle nach dem Brook Modell:

Kompartiment	Vorderreuterstein Fichte		Steyernquelle Buche	
	[mm]	[%]	[mm]	[%]
<i>Freilandniederschlag</i>	648	100	657	100
Interzeptionsverdunstung	191	29	98	15
Kronendurchlaß	457	71	559	85
Bodenevaporation	22	3	18	3
Transpiration	70	11	92	14
Quick-Flow	147	23	153	23
Base-Flow	206	32	286	44
<i>Gesamtabfluß</i>	353	54	439	67
Bodenwasserspeicheränderung	12	2	10	1

Das Modell zeichnet die unterschiedlichen Interzeptionsraten der beiden Bestände gut nach. Die Transpirationsraten sind in beiden Beständen sehr niedrig. Der rasch abfließende Niederschlagsanteil wird in beiden Beständen sehr ähnlich modelliert. Da sich nur ein Teil der Versuchsfläche Vorderreuterstein bodenkundlich von der Fläche Steyernquelle besonders stark unterscheidet, wurden auch die Bodenparameter ähnlich gewählt. Auf den tiefgründigen Böden versickert ein deutlich höherer Anteil des Kronendurchlasses als ‚Base-Flow‘ als auf den seichtgründigen Böden am Eiseneck. Abbildung x zeigt die Unterschiede in den Abflußspitzen im Vergleich der Flächen Steyernquelle Buche und Eiseneck Altbestand. Die Abflußspitzen auf der Steyernquelle erscheinen deutlich gedämpft. Allerdings sind dafür zusätzlich die niedrigeren Niederschlagsintensitäten nahe dem Talboden verantwortlich.

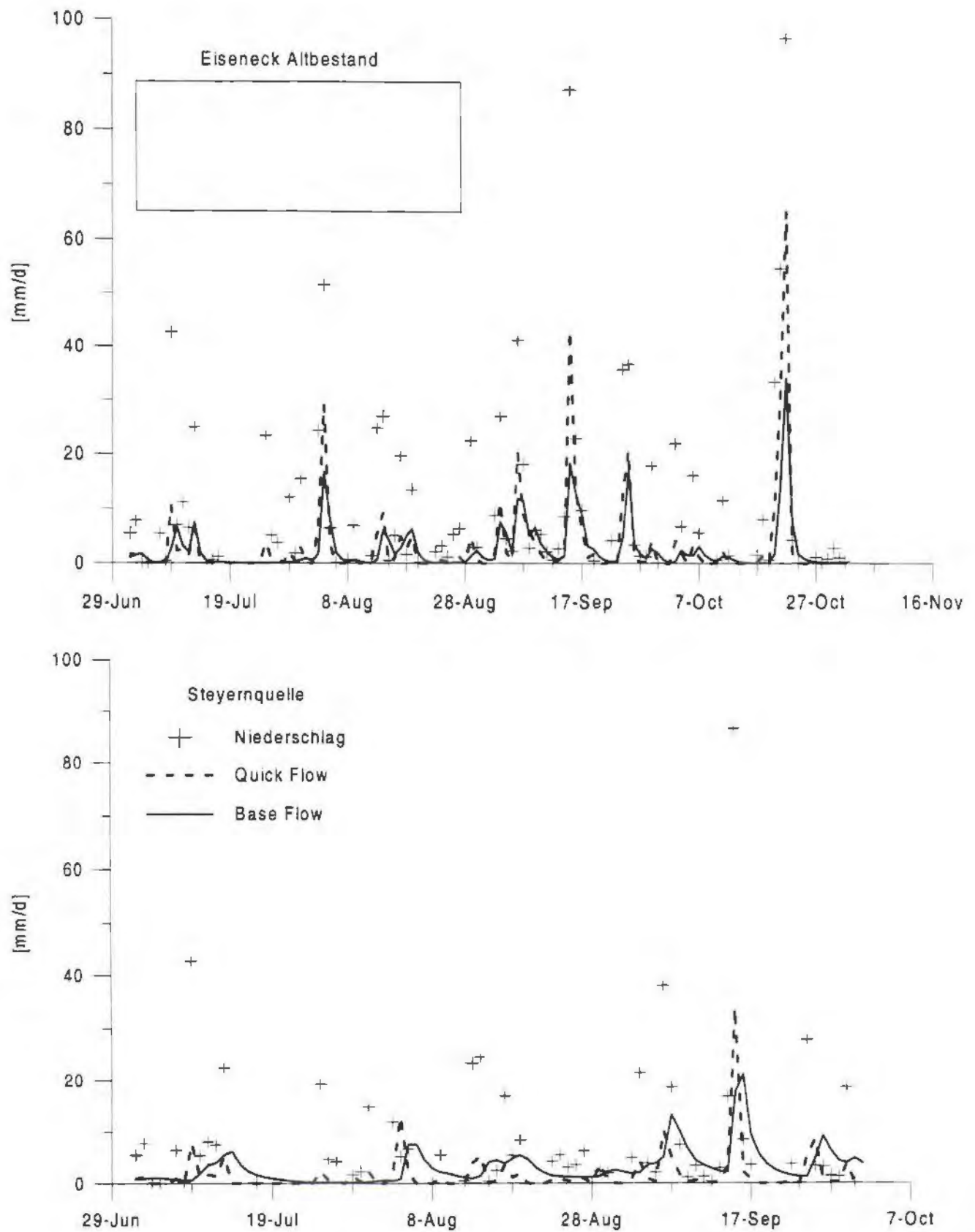


Abbildung 6: Abflußverläufe für die Versuchsflächen Steyrnquelle Buche und Eiseneck Altbestand

#### 4.2.2.2 Evaluierung der Wasserhaushaltsmodelle

##### 4.2.2.2.1 Evaluierung der Transpirationsraten über Saftstrommessungen

Für jene Tage im August 1997, für welche sowohl meteorologische Daten als auch gemessene Transpirationsraten zur Verfügung standen, wurden die Werte direkt verglichen (Abbildung 7). Die Werte korrelieren mit einem Bestimmtheitsmaß von 74 % recht gut. Allerdings erscheint die Beziehung nicht linear zu sein. Vielmehr unterschätzt das Brook-Modell die Transpiration bei niedrigen Transpirationsraten und überschätzt etwas im oberen Meßbereich. Im Gesamtmeßzeitraum gleichen sich die Unterschiede jedoch weitgehend aus.

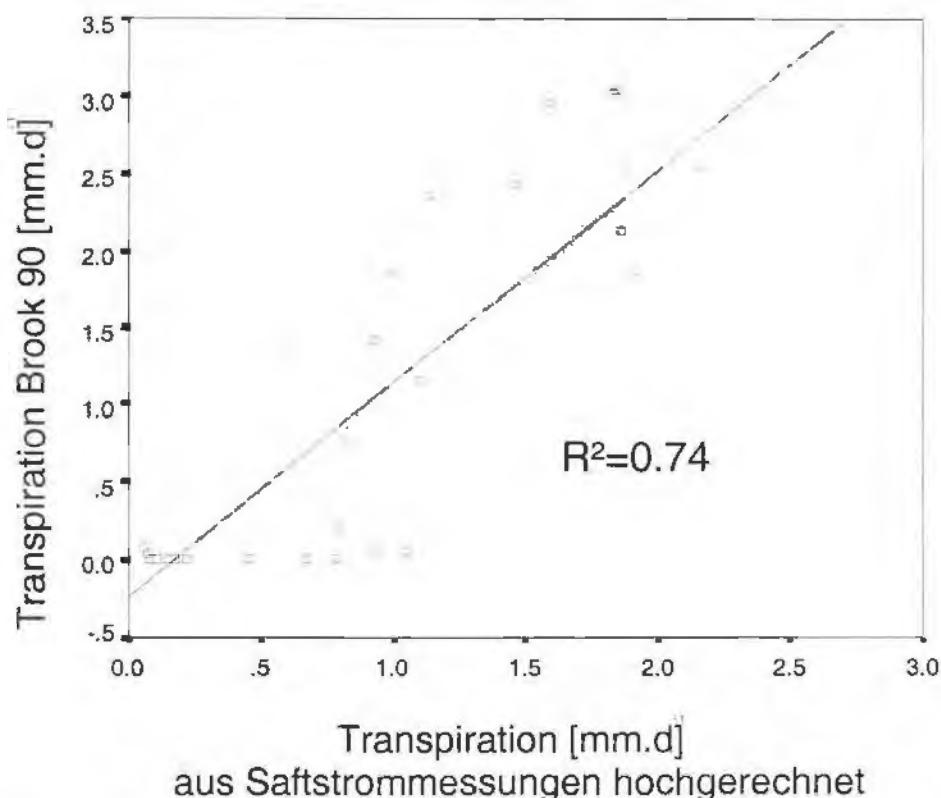


Abbildung 7: Beziehung zwischen gemessener Transpiration und mit dem Brook Modell errechneter Transpiration im August 1998

##### 4.2.2.2.2 Vergleich der modellierten und gemessenen Bodenwassergehalte

###### Versuchsfläche Eiseneck Bestand

Abbildung 8 zeigt den Vergleich der gemessenen und modellierten Bodenwassergehalte für die Versuchsfläche Eiseneck. Eine große Diskrepanz zeigt sich zu Beginn der Messungen, da zu diesem Zeitpunkt das Modell noch mit vorgegebenen Ausgangswerten rechnete. Im Juli scheint das Modell die Bodenwassergehalte deutlich zu überschätzen. Das heißt entweder, daß der Abfluß über- oder Bodenevaporation und Bestandestranspiration unterschätzt wurde. Gegen Ende der Vegetationsperiode nähern sich die Werte einander an. Dieses Ergebnis darf nicht überbewertet werden da sowohl die meteorologischen Daten



durch wiederholte Meßwertausfälle und zum Teil weit entfernt liegende Meßstellen problematisch sind, als auch die Ermittlung der Bodenwassergehalte aus wenigen Bohrkernen mit großen Zufallsfehlern behaftet ist. Eine bessere Abschätzung der Modelltauglichkeit wird auf Basis der 1998 er Daten, mit wesentlich verbesserten Modelleingangsparametern möglich sein.

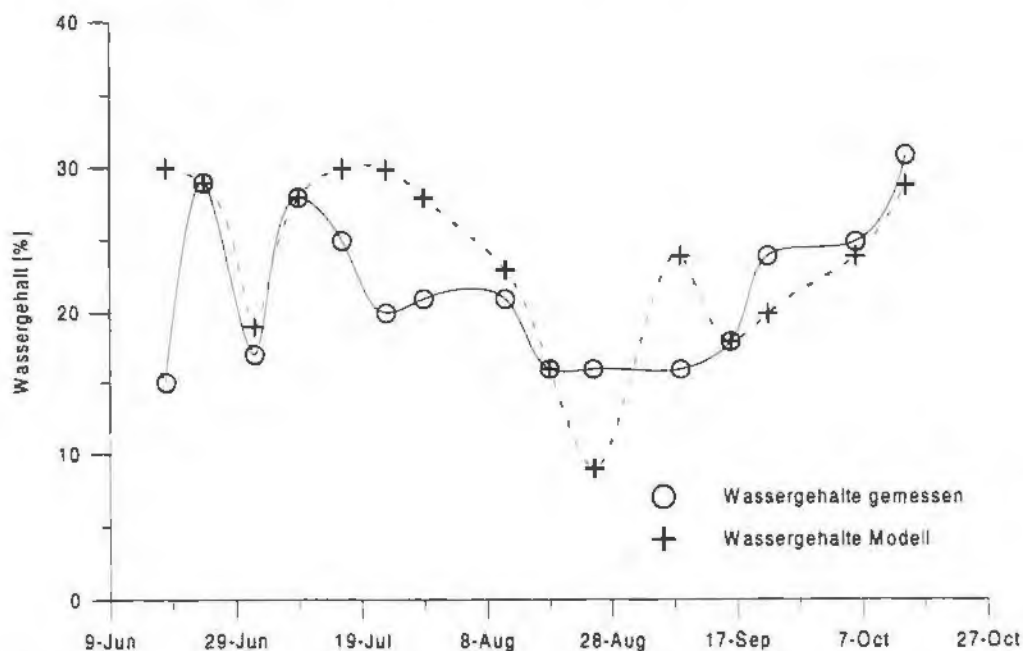


Abbildung 8: Vergleich der modellierten und gemessenen Bodenwassergehalte für die Versuchsfläche Eiseneck

#### Versuchsfläche Steyrnquelle

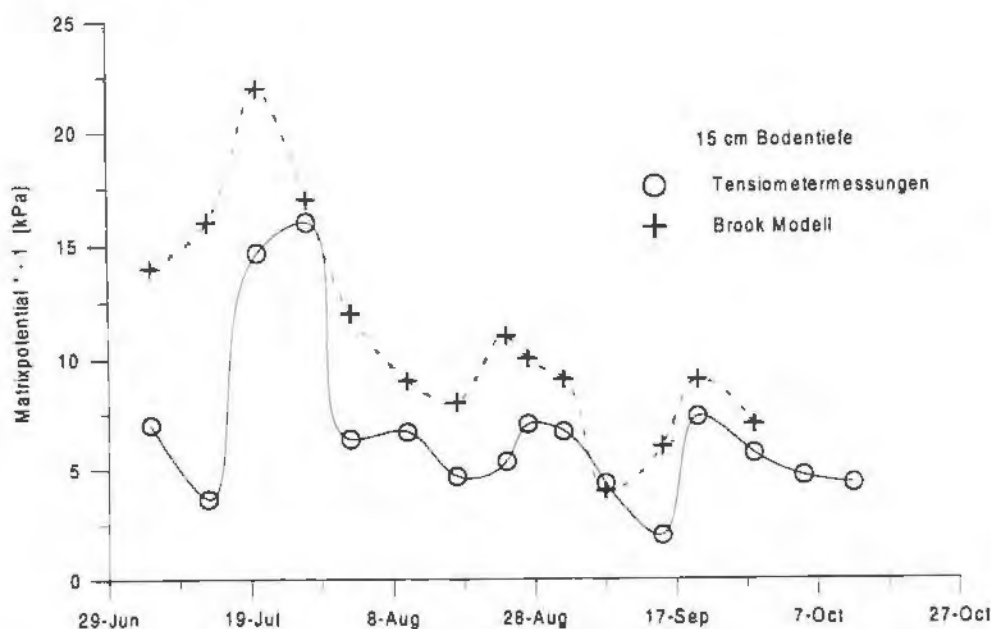


Abbildung 9: Vergleich der gemessenen Matrixpotentiale und der aus dem Brook Modell errechneten Potentiale für die Versuchsfläche Steyrnquelle – 15 cm Bodentiefe

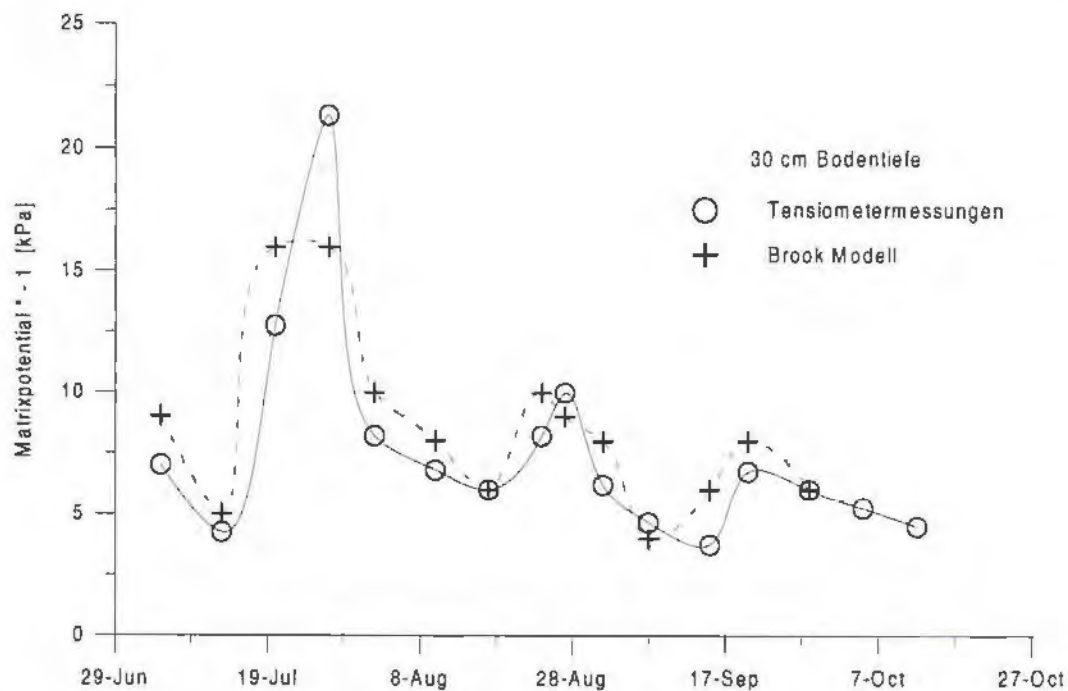


Abbildung 9: Vergleich der gemessenen Matrixpotentiale und der aus dem Brook Modell errechneten Potentiale für die Versuchsfläche Steyrnquelle – 30 cm Bodentiefe

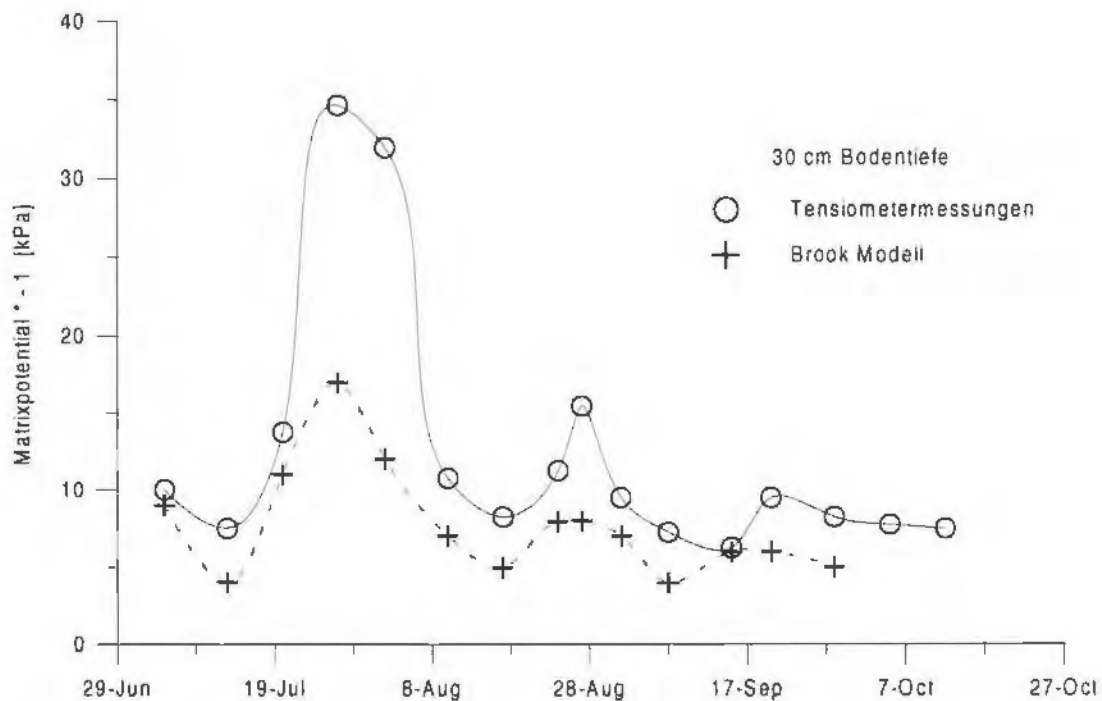


Abbildung 10: Vergleich der gemessenen Matrixpotentiale und der aus dem Brook Modell errechneten Potentiale für die Versuchsfläche Steyrnquelle – 60 cm Bodentiefe

Aus den Abbildungen 7 bis 10 ist deutlich ersichtlich, daß das Brook Modell die Wasserentnahme aus den oberen Bodenhorizonten überschätzt und aus den unteren Bodenhorizonten unterschätzt. Dafür könnten eine Reihe von Gründen ausschlaggebend sein. Einerseits wurde möglicherweise die Wurzelverteilung falsch angenommen. Weiters könne die hydraulischen Leitfähigkeiten, welche im Modell unterstellt werden deutlich von

den tatsächlichen Werten abweichen. Die Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeiten im Feld könnte hier eventuell eine Verbesserung des Modells bewirken. Die Verläufe der gemessenen und modellierten Kurven sind allerdings sehr ähnlich. Da alle Werte über den gesamten Meßzeitraum in einem Bereich liegen, in welchen noch absolut keine Beeinträchtigung der Bestandestranspiration zu erwarten ist, dürfen diese Ergebnisse nicht überbewertet werden.

#### **4.2.3 *Schlußfolgerungen***

Das Wasserhaushaltsmodell Brook 90 ist für bestandeshydrologische Modellierungen gut geeignet. Niederschlagsinterzeption und Bestandestranspiration scheinen mit ausreichender Genauigkeit errechnet werden zu können. Die Modellierung des Bodenwasserhaushaltes erscheint für tiefgründige Böden ebenfalls mit ausreichender Genauigkeit möglich zu sein. Die methodischen Probleme für die Modellierung des Wasserhaushaltes seichtgründiger Karbonatböden bleiben jedoch nach wie vor bestehen, da im Karst kaum ein ‚dichtes‘ Kleinzugsgebiet gefunden werden kann, in welchem die Modelle evaluiert werden können.

## 5 STOFFHAUSHALT AUSGEWÄHLTER WALDSTANDORTE

### 5.1 METHODEN

#### 5.1.1 Instrumentierung

##### 5.1.1.1 Niederschlagskomponenten

Der Freilandniederschlag wurde auf allen Flächen mit Bulk-Niederschlagssammlern (s. Abschnitt 4) wöchentlich geworben und eine Teilprobe von 500 ml ins Labor transferiert. Vom Kronendurchlaß aus den Niederschlagsmeßbrinnen wurde für jede Fläche wöchentlich eine aliquote Mischprobe von 500 ml geworben. Von den Stammabflüssen wurden ebenfalls aliquote Mischproben von 500 ml hergestellt. Von offensichtlich durch Vogelkot, Raupen etc. kontaminierten Proben wurden nur die Mengen bestimmt, jedoch keine Teilproben entnommen.

##### 5.1.1.2 Sickerwasserproben

Auf den Versuchsflächen Eiseneck, Vorderreuterstein und Steyernquelle wurden je 5 Plattenlysimeter (Keramik: 3 bar high flow, Fa. Soilmoisture Equ. Corp.) unter der Humusschicht installiert. Der permanente Unterdruck von 0.01 MPa wurde über hängende Menisken hergestellt. Das Meßprinzip wurde bereits im Endbericht zur Pilotstudie ‚Wasserhaushalt und -chemismus von Karbonatböden‘ Teil 1 (Katzensteiner, 1995) dargestellt.

Auf den Flächen Steyernquelle und Vorderreuterstein wurden weiters je 5 Saugkerzen (Keramik: 3 bar high flow, Fa. Soilmoisture Equ. Corp.) installiert. Zu diesem Zweck wurde jeweils ein Bodenbohrkern mit einem der Keramikkerze entsprechenden Durchmesser von 5 cm und einer Länge von 30 cm entnommen. Die Kerze wurde am Grund des Bohrloches mit einer Schlämme aus Bodenmaterial aus diesem Profiteil eingeschlämmt. Anschließend wurde der Bohrkern in die ursprüngliche Lage zurückgesteckt. Der Unterdruck zum Sammelgefäß und von dort zu den Kerzen wurde ebenfalls über hängende Menisken erzeugt ( $0,01 \text{ MPa} + 0,01 \cdot \text{Einbautiefe [m]}$ ).

Da 1996 ein ‚Mäusejahr‘ war, und alle Schlauchverbindungen bereits während der Installation benagt wurden, mußten die Schläuche zwischen den Sammelgefäßen und den Lysimeterkerzen bzw. Platten in verhakten Metallschutzschläuchen verlegt werden.

Die Probenahme erfolgte wöchentlich, wobei die Proben aus der jeweiligen Tiefenstufe je Fläche zu Mischproben vereinigt wurden.

Zur Bestimmung der oberflächlichen Korrosion von freien, nur von Algen bewachsenen Kalkblöcken wurde auf der Fläche Eiseneck Altbestand ein Block mit



einer Fläche von 1,6 m<sup>2</sup> abgespundet, das ablaufende Wasser gesammelt und ebenfalls wöchentlich analysiert.

Auf der Fläche Eiseneck wurde weiters der Nadelöhr-Schacht – eine Höhle von ca 7 m Tiefe als ‚Naturlysimeter‘ verwendet. Am nahe dem Grund des Schachtes wurde ein Sammelgefäß für den ablaufenden und abtropfenden Niederschlag etabliert. Der Nadelöhrschacht wird in der Karstquellen Dokumentation Nr. 37-10-B von Haseke (1996) beschrieben.

### **5.1.2 Analysemethoden**

Die Proben wurden in das Nationalparklabor transferiert und filtriert. Von einer Teilprobe wurden sofort pH-Wert (potentiometrisch) und Leitfähigkeit bestimmt. Der Hydrogencarbonatgehalt wurde durch Titration auf Endpunkt pH-Wert von 4.3 ermittelt. Ammonium wurde photometrisch bestimmt. Diese Analysen wurden unmittelbar nach Einlangen der Proben im Labor durchgeführt. Die Proben zur Bestimmung der sonstigen Kationen und Anionen wurden bis zur Analyse tiefgefroren. Weiters wurden von den Lysimeterproben Teilproben für die TDOC-Bestimmung mit Phosphorsäure auf einen pH-Wert unter 3 stabilisiert.

Die K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> und NO<sup>3-</sup> Gehalte wurden mittel Ionenchromatographie (Dionex) ermittelt. Die Gehalte an organischem Kohlenstoff wurden am Institut für Zoologie der Universität Wien bestimmt.

### **5.1.3 Auswertung**

Die Daten wurden vom Labor des Nationalparks als Access-Datenbank übermittelt.

#### 5.1.3.1 Datenkontrolle

In einem ersten Schritt wurden die Daten auf Plausibilität geprüft. Die Plausibilitätsprüfung erfolgte über die Prüfung der Ionenbilanzen und statistische Prüfungen (Box-und Whisker-Plots, Ausreißertests). Eingabefehler (zum Beispiel die Vertauschung von K und Na im Jahr 1996, Potenzfehler) konnten leicht ermittelt werden. Nicht erklärbare Ausreißer wurden durch ‚plausible‘ Werte, d. h. bei Proben welche einen deutlichen Trend aufwiesen durch Interpolation aus den Nachbarwerten, bei Proben ohne Trend durch den Mittelwert oder einem dem gesamten Ionenmuster entsprechenden Wert ersetzt. Fehlende Werte wurden auf die selbe Weise ergänzt. Dieses Vorgehen war notwendig, um Unterschätzungen der der Stoffeinträge zu vermeiden. Die ergänzten bzw. korrigierten Werte sind in den Tabellen xx bis xx gesondert hervorgehoben.

### 5.1.3.2 Mittelwerte und Ionenbilanzen

Für die Teilkompartimente wurden jeweils mit dem Niederschlag gewichtete Ionenkonzentrationen errechnet. Für das Bodenwasser wurden gewichtete und ungewichtete mittlere Gehalte ermittelt. Weiters wurden die Ionenkonzentrationen auf mmol Ionenäquivalent umgerechnet und Ionenbilanzen errechnet.

### 5.1.3.3 Stoffflüsse

Die Ionenkonzentrationen in den Kompartimenten Freilandniederschlag, Bestandesniederschlag und für die Fläche Steyrquelle für den Stammbau wurden mit den in der Periode ermittelten Wasserflüssen (Kapitel 4) multipliziert. Gehalte der Saugplattenlysimeter unter der Humusschicht für die Fläche Vorderreuterstein und Steyrquelle wurden mit der Bestandesniederschlagsmenge multipliziert. Dies bedeutet vermutlich eine gewisse Überschätzung dieses Kompartiments, da die Humusinterzeption dabei unberücksichtigt bleibt. Die mit den Kerzenlysimetern ermittelten Ionenkonzentrationen wurden mit der aus dem Brook-Modell ermittelten Sickerwassermenge (Summe aus Quick-Flow und Base-Flow) multipliziert um den Austrag aus dem durchwurzelten Bodenraum abzuschätzen (nur 1996).

Für die Versuchsflächen am Eiseneck wurden verschiedene Varianten getestet:

In der ersten Variante wurden die Ionenkonzentrationen aus den Lysimeterproben mit den aus dem Brook-Modell errechneten Sickerwassermengen (Quick-Flow + Base-Flow) multipliziert. Unterstellt man, daß die Lysimeter den Quick Flow nicht ausreichend erfassen und dieser aufgrund der kurzen Verweilzeit kaum mit dem Boden interagiert, läßt sich eine zweite Variante rechnen: Der Quick-Flow wird mit den Konzentrationen im Bestandesniederschlag multipliziert, der Base-Flow mit den Lysimeterkonzentrationen. Der Output entspricht dann der Summe beider Komponenten. Im Altbestand Eiseneck wurde weiters die Sickerwassermenge mit den im Nadelöhr-Schacht gemessenen Ionenkonzentrationen multipliziert. Dieser Wert beinhaltet zusätzlich den in der oberen ungesättigten Zone gelösten Kalk, integriert aber den Austrag aus dem System Pflanze-Boden unter Umständen besser als Werte aus punktuelle Lysimetermessungen.

## **5.2 ERGEBNISSE ZUM STOFFHAUSHALT**

### **5.2.1 Stoffkonzentrationen**

In Tabelle 34 bis 67 sind alle chemischen Analysedaten getrennt nach den untersuchten Niederschlagskomponenten dargestellt. Korrigierte Werte wurden getrennt hervorgehoben. Von allen Komponenten wurden arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet. Weiters wurden die mit dem Fluß der Komponenten gewichteten Ionenkonzentrationen dargestellt.

Tabelle 34: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Bulk-Sammler Eiseneck 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3	DOC
SC-FR	05-07-1996	15	5.4	0.22	0.79	0.06	0.06	0.60	0.08	1.86	2.23	6.1	-
SC-FR	12-07-1996	7	5.6	0.15	0.81	0.08	0.10	0.19	0.05	0.85	1.01	4.9	-
SC-FR	19-07-1996	96	6.9	<i>0.20</i>	<i>0.60</i>	<i>0.08</i>	<i>0.10</i>	<i>0.50</i>	<i>0.07</i>	<i>1.50</i>	<i>2.00</i>	<i>5.0</i>	-
SC-FR	26-07-1996	33	6.8	0.48	<i>0.60</i>	0.11	0.11	1.52	0.17	2.20	3.20	5.5	-
SC-FR	01-08-1996	12	6.3	0.23	1.06	0.10	0.07	0.76	0.01	1.35	1.17	5.5	-
SC-FR	09-08-1996	10	6.0	0.15	0.68	0.06	0.13	0.24	0.01	0.90	0.76	3.1	-
SC-FR	15-08-1996	7	6.5	0.11	0.49	0.06	0.17	0.28	0.06	0.73	0.62	3.7	-
SC-FR	22-08-1996	17	6.0	0.22	0.81	0.06	0.22	0.97	0.06	2.45	2.75	3.1	-
SC-FR	31-08-1996	8	6.5	0.19	0.95	0.17	0.25	0.18	0.33	0.88	1.21	3.1	-
SC-FR	05-09-1996	19	5.1	0.15	0.65	0.09	0.16	0.79	0.19	1.92	2.99	1.2	-
SC-FR	13-09-1996	13	6.0	0.16	0.73	0.61	0.37	0.52	0.03	1.75	1.90	2.4	-
SC-FR	19-09-1996	11	6.1	0.22	<i>1.00</i>	0.08	0.09	0.23	0.05	1.13	1.43	3.1	-
SC-FR	26-09-1996	10	5.1	0.18	0.63	0.19	0.17	0.20	0.33	0.33	1.76	3.8	-
SC-FR	03-10-1996	10	5.4	0.29	0.93	0.12	0.11	0.26	0.37	1.94	3.63	1.8	-
SC-FR	10-10-1996	16	4.9	0.11	0.79	0.06	0.07	0.60	0.28	2.47	3.87	1.8	-
SC-FR	17-10-1996	24	5.1	0.46	2.18	0.09	0.28	1.05	0.31	3.78	5.49	1.2	-
SC-FR	24-10-1996	5	6.2	0.19	0.78	0.08	0.04	<i>0.20</i>	0.26	1.01	1.79	3.7	-
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<i>18</i>	<i>5.9</i>	<i>0.22</i>	<i>0.85</i>	<i>0.12</i>	<i>0.15</i>	<i>0.53</i>	<i>0.16</i>	<i>1.59</i>	<i>2.22</i>	<i>3.5</i>	
<b>Stabw.</b>		<i>21</i>	<i>0.6</i>	<i>0.10</i>	<i>0.37</i>	<i>0.13</i>	<i>0.09</i>	<i>0.38</i>	<i>0.13</i>	<i>0.85</i>	<i>1.29</i>	<i>1.5</i>	
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<i>13</i>	<i>6.5</i>	<i>0.21</i>	<i>0.88</i>	<i>0.14</i>	<i>0.14</i>	<i>0.35</i>	<i>0.16</i>	<i>1.46</i>	<i>2.05</i>	<i>4.0</i>	

Tabelle 35: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Bulk-Sammler Eiseneck 1997; komigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
SC-FR	28-05-1997	25	5.9	0.30	1.06	0.11	0.12	1.46	0.18	4.37	3.47	4.88
SC-FR	03-06-1997	34	6.4	0.80	3.03	0.45	1.12	2.31	0.21	3.54	4.98	6.10
SC-FR	10-06-1997	24	7.6	0.40	1.40	0.06	0.16	1.15	0.11	2.32	1.96	6.10
SC-FR	18-06-1997	16	7.8	0.11	4.43	0.04	0.04	0.54	0.07	1.12	0.77	4.27
SC-FR	25-06-1997	7	6.8	0.16	0.60	0.04	0.07	0.38	0.08	1.09	0.70	3.66
SC-B	02-07-1997	8	6.6	0.17	0.72	0.08	0.17	0.29	0.16	1.39	0.79	4.27
SC-FR	09-07-1997	10	7.3	0.17	0.66	0.05	0.03	0.38	0.17	1.09	1.14	4.88
SC-FR	16-07-1997	14	5.7	0.22	1.09	0.03	0.12	0.84	0.11	1.94	1.69	4.27
SC-FR	23-07-1997	6	5.7	0.21	1.30	0.04	0.05	0.19	0.05	1.03	1.00	2.44
SC-FR	31-07-1997	10	5.8	0.15	0.58	0.09	0.09	0.60	0.12	2.10	1.20	10.98
SC-FR	04-08-1997	9	5.4	0.14	0.58	0.10	0.09	0.42	0.14	1.23	0.89	17.08
SC-FR	11-08-1997	14	6.4	0.27	0.88	0.06	0.23	1.61	0.18	1.79	1.93	4.88
SC-FR	18-08-1997	25	6.7	<b>0.33</b>	<b>1.25</b>	<b>0.08</b>	<b>0.24</b>	0.82	0.19	2.34	2.56	<b>4.88</b>
SC-FR	25-08-1997	12	6.2	0.40	1.62	0.10	0.26	0.32	0.08	1.11	1.07	<b>4.88</b>
SC-FR	03-09-1997	7	6.2	0.08	0.40	0.09	0.23	0.15	0.17	0.82	0.34	4.88
SC-FR	08-09-1997	17	6.1	0.20	2.03	0.06	0.15	0.57	0.15	2.10	1.50	7.32
SC-FR	16-09-1997	13	6.8	0.18	0.73	0.13	0.13	0.24	0.16	1.06	1.35	3.66
SC-FR	22-09-1997	25	7.1	0.28	2.91	0.13	0.20	0.80	0.14	2.25	2.86	10.98
SC-FR	06-10-1997	16	5.2	0.12	1.41	0.14	0.20	0.87	0.26	2.43	1.72	3.05
SC-FR	14-10-1997	13	5.0	0.06	0.19	0.08	0.03	0.22	0.13	1.21	0.69	2.44
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>15</b>	<b>6.3</b>	<b>0.19</b>	<b>1.26</b>	<b>0.08</b>	<b>0.14</b>	<b>0.54</b>	<b>0.14</b>	<b>1.53</b>	<b>1.31</b>	<b>5.81</b>
<b>Stabw.</b>		<b>8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.09</b>	<b>1.06</b>	<b>0.03</b>	<b>0.08</b>	<b>0.36</b>	<b>0.05</b>	<b>0.55</b>	<b>0.68</b>	<b>3.82</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>13</b>	<b>6.2</b>	<b>0.19</b>	<b>1.19</b>	<b>0.08</b>	<b>0.11</b>	<b>0.45</b>	<b>0.14</b>	<b>1.68</b>	<b>1.39</b>	<b>5.21</b>



Tabelle 36: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Schlag 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
SC-B	05-07-1996	13	4.8	0.16	0.73	0.09	0.05	0.75	0.14	1.86	2.18	0.0
SC-B	12-07-1996	12	5.8	0.17	0.66	0.07	0.10	0.16	0.09	0.93	0.99	6.7
SC-B	19-07-1996											
SC-B	26-07-1996	80	5.5	0.26	1.04	0.14	0.09	0.56	0.24	2.26	3.06	0.1
SC-B	01-08-1996	90	4.7	0.36	1.34	0.10	0.06	0.05	<b>0.20</b>	1.33	1.27	4.9
SC-B	09-08-1996	6	5.9	0.26	1.47	0.08	0.13	0.23	<b>0.20</b>	0.81	0.76	5.5
SC-B	15-08-1996	8	6.7	0.15	1.40	0.07	0.15	0.25	0.16	1.36	0.63	6.7
SC-B	22-08-1996	17	5.4	0.13	0.55	<b>0.05</b>	0.17	1.06	0.07	2.44	2.79	2.4
SC-B	31-08-1996	7	6.3	0.15	0.54	<b>0.05</b>	0.11	0.21	0.12	0.88	1.05	3.1
SC-B	05-09-1996	19	5.5	0.39	1.62	0.06	0.10	0.75	0.48	1.92	2.98	0.1
SC-B	13-09-1996	12	6.0	0.11	0.48	0.11	0.18	0.54	0.04	1.72	1.70	1.8
SC-B	19-09-1996	7	5.2	0.05	0.20	0.24	0.21	0.24	0.15	1.12	1.31	2.4
SC-B	26-09-1996	10	5.2	0.14	0.50	0.08	0.15	0.21	0.32	1.74	3.75	1.2
SC-B	03-10-1996	12	5.9	0.31	1.00	0.11	0.16	0.20	0.34	1.92	3.61	2.4
SC-B	10-10-1996	14	5.3	0.02	0.19	0.16	<b>0.10</b>	0.60	0.31	2.49	3.82	0.1
SC-B	17-10-1996	26	4.8	0.33	1.25	<b>0.05</b>	0.43	1.01	0.40	4.49	5.02	0.1
SC-B	24-10-1996	4	5.9	0.11	0.39	0.05	0.03	<b>0.20</b>	0.25	0.98	1.64	3.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>21</b>	<b>5.5</b>	<b>0.19</b>	<b>0.83</b>	<b>0.09</b>	<b>0.14</b>	<b>0.44</b>	<b>0.22</b>	<b>1.76</b>	<b>2.28</b>	<b>2.5</b>
<b>Stabw.</b>		<b>26</b>	<b>0.6</b>	<b>0.11</b>	<b>0.47</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	<b>0.32</b>	<b>0.13</b>	<b>0.91</b>	<b>1.32</b>	<b>2.3</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>16</b>	<b>6.2</b>	<b>0.17</b>	<b>0.74</b>	<b>0.10</b>	<b>0.12</b>	<b>0.33</b>	<b>0.21</b>	<b>1.41</b>	<b>1.91</b>	<b>3.1</b>

Tabelle 37: Leitfähigkeit [µS], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Schlag 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [mg.l<sup>-1</sup>]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
SC-B	28-05-1997	23	6.4	0.38	1.35	0.10	0.15	2.37	0.15	3.25	2.14	3.1
SC-B	03-06-1997	23	6.5	0.25	1.22	0.05	0.17	1.94	0.13	3.11	3.84	6.1
SC-B	10-06-1997	16	6.7	0.24	1.22	0.04	0.09	1.29	0.09	2.30	1.79	4.3
SC-B	18-06-1997	12	7.2	0.04	0.21	0.04	0.10	0.60	0.07	1.46	0.84	4.3
SC-B	25-06-1997	8	7.0	0.15	0.52	0.07	0.06	0.37	0.07	0.97	0.68	2.4
SC-B	02-07-1997	8	6.6	0.17	0.72	0.08	0.17	0.29	0.16	1.39	0.79	4.3
SC-B	09-07-1997	10	7.4	0.07	0.32	0.04	0.09	0.35	0.07	1.16	1.18	4.3
SC-B	16-07-1997	11	5.4	0.13	0.63	0.07	0.15	0.50	0.09	1.64	1.49	2.4
SC-B	23-07-1997	6	5.8	0.09	0.44	0.03	0.08	0.27	0.04	0.82	0.91	6.7
SC-B	31-07-1997	10	5.8	0.25	0.87	0.11	0.14	0.78	0.13	2.09	1.70	11.0
SC-B	04-08-1997	10	6.3	0.16	0.62	0.09	0.09	0.50	0.09	1.88	1.00	12.2
SC-B	11-08-1997	12	6.2	0.33	1.11	0.05	0.15	0.94	0.11	1.93	1.86	4.9
SC-B	18-08-1997	33	6.7	<b>0.36</b>	<b>1.36</b>	<b>0.08</b>	<b>0.20</b>	1.04	0.15	2.41	2.45	5.5
SC-B	25-08-1997	13	6.2	<b>0.40</b>	<b>1.62</b>	<b>0.10</b>	<b>0.26</b>	0.72	0.12	1.10	1.29	4.3
SC-B	03-09-1997	8	6.4	0.25	6.54	1.73	0.14	0.21	0.16	0.80	0.40	4.3
SC-B	08-09-1997	22	6.7	0.19	2.39	0.06	0.35	0.81	0.28	2.16	1.49	3.1
SC-B	16-09-1997	11	6.6	0.09	1.71	0.09	0.14	0.72	0.10	1.18	1.44	3.1
SC-B	22-09-1997	14	6.5	0.23	0.74	0.06	0.12	0.82	0.15	2.15	2.42	3.7
SC-B	06-10-1997	14	5.6	0.22	0.76	0.15	0.10	1.05	0.25	2.71	1.89	4.3
SC-B	14-10-1997	11	5.5	<b>0.06</b>	<b>0.19</b>	0.10	0.19	0.57	1.77	1.24	0.78	6.7
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>14</b>	<b>6.3</b>	<b>0.19</b>	<b>1.22</b>	<b>0.17</b>	<b>0.15</b>	<b>0.62</b>	<b>0.22</b>	<b>1.59</b>	<b>1.33</b>	<b>5.1</b>
<b>Stabw.</b>		<b>7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.11</b>	<b>1.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.07</b>	<b>0.27</b>	<b>0.40</b>	<b>0.58</b>	<b>0.60</b>	<b>2.7</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>12</b>	<b>6.3</b>	<b>0.16</b>	<b>0.98</b>	<b>0.16</b>	<b>0.12</b>	<b>0.69</b>	<b>0.18</b>	<b>1.64</b>	<b>1.31</b>	<b>5.3</b>

Tabelle 38: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Schlag 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	DOC
SC-P	05-07-1996	70	4.4	0.62	7.77	0.26	3.97	0.97	1.04	10.35	2.32	0.0	62.2
SC-P	12-07-1996	69	4.7	1.12	8.05	0.37	5.77	0.78	1.23	10.21	2.24	3.7	<b>55.0</b>
SC-P	19-07-1996	55	5.0	0.52	6.12	0.27	2.93	0.50	0.51	9.03	1.81	1.8	53.0
SC-P	26-07-1996	23	6.2	0.92	10.48	0.64	6.10	1.56	0.67	18.36	2.56	8.5	<b>60.0</b>
SC-P	01-08-1996	12	6.4	1.20	12.55	0.26	7.18	0.70	1.26	21.18	3.04	0.1	72.7
SC-P	09-08-1996	71	4.9	0.69	6.77	0.29	4.54	0.49	0.91	12.99	2.03	5.5	<b>68.0</b>
SC-P	15-08-1996	82	5.7	0.66	8.91	0.20	3.88	0.36	0.68	10.94	3.72	14.6	65.3
SC-P	22-08-1996	54	5.0	0.76	8.09	0.10	3.80	0.93	0.44	7.01	1.15	7.3	<b>50.0</b>
SC-P	31-08-1996	68	4.9	0.74	9.91	0.16	4.58	1.03	0.53	10.95	2.70	4.9	<b>50.0</b>
SC-P	05-09-1996	58	5.1	0.79	8.61	<b>0.10</b>	<b>3.50</b>	1.06	0.37	7.62	1.89	5.5	<b>50.0</b>
SC-P	13-09-1996	39	5.2	0.37	5.11	0.08	2.94	0.67	0.26	3.71	2.07	4.9	45.2
SC-P	19-09-1996	37	5.3	0.35	5.13	0.10	2.49	0.48	0.28	5.10	2.35	4.3	<b>42.0</b>
SC-P	26-09-1996	33	5.1	0.44	4.84	0.09	2.53	0.29	0.39	4.53	3.77	4.3	40.5
SC-P	03-10-1996	33	5.1	0.47	4.92	0.06	2.67	0.25	0.39	4.10	3.71	3.1	<b>41.0</b>
SC-P	10-10-1996	31	5.0	0.62	6.11	0.07	2.11	0.27	0.39	3.28	3.35	3.7	43.5
SC-P	17-10-1996	32	5.1	2.21	11.61	0.16	2.07	0.11	0.70	4.65	3.28	4.3	<b>41.0</b>
SC-P	24-10-1996	32	5.5	0.29	4.20	0.07	2.56	<b>0.11</b>	0.37	3.55	2.39	6.7	41.0
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<b>47</b>	<b>5.2</b>	<b>0.75</b>	<b>7.60</b>	<b>0.19</b>	<b>3.74</b>	<b>0.62</b>	<b>0.61</b>	<b>8.68</b>	<b>2.61</b>	<b>4.9</b>	<b>51.8</b>
<b>Stabw.</b>		<b>20</b>	<b>0.5</b>	<b>0.45</b>	<b>2.51</b>	<b>0.15</b>	<b>1.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.32</b>	<b>5.22</b>	<b>0.76</b>	<b>3.4</b>	<b>10.5</b>
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<b>48</b>	<b>5.2</b>	<b>0.54</b>	<b>5.88</b>	<b>0.14</b>	<b>3.15</b>	<b>0.47</b>	<b>0.48</b>	<b>6.43</b>	<b>2.31</b>	<b>5.1</b>	<b>51.7</b>

Tabelle 39: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Schlag 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3	DOC
SC-P	28-05-1997	93	5.2	1.10	11.88	0.22	3.32	0.64	1.76	30.11	2.14	4.9	43.8
SC-P	03-06-1997	76	4.9	0.75	9.62	0.19	3.09	0.38	1.10	23.80	2.45	0.6	37.9
SC-P	10-06-1997	79	5.1	0.73	9.61	0.15	2.97	0.46	1.07	24.51	2.40	3.7	40.4
SC-P	18-06-1997	91	5.7	0.85	13.05	0.26	3.43	0.39	1.00	23.93	2.29	9.8	53.8
SC-P	25-06-1997	74	5.3	0.82	11.05	0.16	2.92	0.41	0.57	20.21	1.75	6.1	52.9
SC-P	02-07-1997	74	5.0	0.68	10.46	0.19	2.63	0.08	0.50	21.50	1.53	4.3	51.3
SC-P	09-07-1997	58	5.7	0.57	7.47	0.13	2.57	0.63	0.49	14.38	1.39	4.9	25.2
SC-P	16-07-1997	40	5.1	0.49	5.55	0.18	1.91	0.17	0.36	6.92	1.05	7.3	23.2
SC-P	23-07-1997	37	5.1	0.47	4.97	0.13	1.87	0.38	0.25	5.34	1.03	6.7	<b>20.0</b>
SC-P	31-07-1997	36	5.0	0.37	5.04	0.12	1.50	0.06	0.18	7.35	1.01	5.5	19.1
SC-P	04-08-1997	9	5.4	0.35	5.43	0.16	1.37	0.05	0.33	7.59	1.05	17.1	21.2
SC-P	11-08-1997	49	5.1	0.49	6.65	0.14	1.88	<b>0.09</b>	0.46	13.10	0.80	7.9	25.5
SC-P	18-08-1997	83	5.4	<b>0.50</b>	<b>8.00</b>	<b>0.18</b>	<b>2.10</b>	0.09	0.56	19.72	1.23	3.1	31.1
SC-P	25-08-1997	90	4.9	<b>0.50</b>	<b>8.00</b>	<b>0.18</b>	<b>2.10</b>	0.06	0.51	17.44	1.52	4.3	32.6
SC-P	03-09-1997	103	4.6	0.67	11.10	0.21	2.41	0.04	1.59	22.05	1.35	1.2	35.8
SC-P	08-09-1997	71	5.2	0.63	9.84	0.20	2.04	0.04	1.61	9.48	0.70	4.3	36.6
SC-P	16-09-1997	64	5.0	0.79	12.46	0.28	2.23	0.06	1.14	14.46	0.85	1.8	39.1
SC-P	22-09-1997	71	5.0	0.74	11.06	0.30	2.31	0.06	1.46	16.72	1.24	4.3	36.1
SC-P	06-10-1997	53	4.9	0.56	8.25	0.45	1.53	0.11	5.10	9.87	1.88	6.1	27.5
SC-P	14-10-1997	36	5.2	0.41	6.36	0.60	2.17	0.08	0.56	3.81	1.40	8.5	27.6
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<b>64</b>	<b>5.1</b>	<b>0.58</b>	<b>8.51</b>	<b>0.23</b>	<b>2.18</b>	<b>0.16</b>	<b>0.98</b>	<b>13.76</b>	<b>1.30</b>	<b>6.1</b>	<b>32.9</b>
<b>Stabw.</b>		<b>24</b>	<b>0.3</b>	<b>0.16</b>	<b>2.67</b>	<b>0.12</b>	<b>0.52</b>	<b>0.17</b>	<b>1.16</b>	<b>6.43</b>	<b>0.41</b>	<b>3.6</b>	<b>11.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<b>54</b>	<b>5.2</b>	<b>0.59</b>	<b>7.65</b>	<b>0.21</b>	<b>2.21</b>	<b>0.32</b>	<b>1.14</b>	<b>12.82</b>	<b>1.43</b>	<b>6.6</b>	<b>28.9</b>



Tabelle 40: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Kultur 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probeffläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
KU-BN	05-07-1996	<b>13</b>	<b>4.8</b>	<b>0.11</b>	<b>0.57</b>	<b>0.07</b>	<b>0.06</b>	<b>0.62</b>	<b>0.10</b>	<b>1.86</b>	<b>2.22</b>	<b>3.1</b>
KU-BN	12-07-1996	8	5.3	0.23	1.01	0.43	0.07	0.09	0.08	0.81	0.93	9.2
KU-BN	19-07-1996											
KU-BN	26-07-1996	29	6.5	0.32	1.31	0.20	0.09	1.22	0.26	2.38	3.21	6.7
KU-BN	01-08-1996	17	6.8	0.45	1.74	0.78	0.07	0.50	0.37	1.54	1.82	9.2
KU-BN	09-08-1996	8	5.9	0.18	0.63	0.05	1.35	0.15	0.12	0.73	0.78	4.3
KU-BN	15-08-1996	10	6.2	0.27	1.03	0.18	0.67	0.12	0.21	0.57	0.62	5.5
KU-BN	22-08-1996	24	6.0	0.30	1.25	0.07	0.87	0.43	0.43	2.06	2.81	5.5
KU-BN	31-08-1996	13	6.4	0.35	1.31	0.11	1.40	0.07	0.42	0.53	1.26	6.1
KU-BN	05-09-1996	20	6.0	0.44	1.56	0.18	3.28	0.40	0.41	1.40	3.23	3.7
KU-BN	13-09-1996	14	5.8	0.33	1.26	0.91	0.06	0.16	0.45	1.26	1.93	3.7
KU-BN	19-09-1996	8	6.1	0.17	2.03	0.06	0.32	0.13	0.21	1.05	1.31	3.1
KU-BN	26-09-1996	10	6.1	0.54	1.88	0.04	1.35	<b>0.01</b>	0.58	<b>1.30</b>	3.92	6.7
KU-BN	03-10-1996	32	6.4	1.68	5.06	0.57	4.37	0.02	1.78	1.54	4.11	11.6
KU-BN	10-10-1996	31	6.4	0.93	0.06	<b>0.50</b>	2.97	0.02	1.55	1.87	4.30	7.9
KU-BN	17-10-1996	57	6.6	2.01	5.54	0.14	6.64	0.24	4.35	2.10	6.67	14.0
KU-BN	24-10-1996	8	6.4	0.26	0.87	0.04	0.30	<b>0.20</b>	0.33	1.01	2.30	4.3
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>19</b>	<b>6.1</b>	<b>0.53</b>	<b>1.70</b>	<b>0.27</b>	<b>1.49</b>	<b>0.27</b>	<b>0.73</b>	<b>1.37</b>	<b>2.59</b>	<b>6.5</b>
<b>Stabw.</b>		<b>13</b>	<b>0.5</b>	<b>0.55</b>	<b>1.50</b>	<b>0.28</b>	<b>1.90</b>	<b>0.31</b>	<b>1.08</b>	<b>0.57</b>	<b>1.61</b>	<b>3.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>15</b>	<b>6.6</b>	<b>0.39</b>	<b>1.44</b>	<b>0.23</b>	<b>1.02</b>	<b>0.20</b>	<b>0.44</b>	<b>1.16</b>	<b>2.16</b>	<b>5.7</b>

Tabelle 41: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Kultur 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
KU-BN	28-05-1997	18	6.2	0.51	1.92	0.06	0.37	1.23	0.20	3.49	2.19	4.3
KU-BN	03-06-1997	33	6.1	0.50	1.88	0.08	0.92	2.30	0.25	4.63	5.29	6.1
KU-BN	10-06-1997	18	6.1	0.55	5.05	0.06	0.68	1.20	0.14	2.67	2.15	5.5
KU-BN	18-06-1997	13	6.4	0.10	0.55	0.06	0.62	0.64	0.11	1.52	0.98	4.9
KU-BN	25-06-1997	13	6.6	0.24	0.94	0.10	0.53	0.36	0.18	1.21	0.96	4.3
KU-BN	02-07-1997	17	6.2	0.24	1.14	0.13	1.04	0.45	0.42	2.04	1.05	6.7
KU-BN	09-07-1997	9	7.0	0.20	0.76	0.03	0.35	0.24	0.16	1.26	1.14	19.5
KU-BN	16-07-1997	13	6.3	0.34	1.25	0.04	0.66	0.39	0.19	1.69	1.87	4.3
KU-BN	23-07-1997	7	6.1	0.18	0.68	0.04	0.30	0.15	0.13	0.86	0.99	3.7
KU-BN	31-07-1997	21	6.3	0.33	1.09	0.09	1.19	0.71	0.42	1.73	1.53	11.0
KU-BN	04-08-1997	12	6.4	0.37	1.35	0.16	1.02	0.35	0.21	1.73	0.99	4.9
KU-BN	11-08-1997	25	6.5	<b>0.70</b>	<b>2.20</b>	<b>0.10</b>	<b>1.50</b>	1.33	0.60	2.13	2.19	7.9
KU-BN	18-08-1997	43	6.4	<b>0.70</b>	<b>2.20</b>	<b>0.10</b>	<b>1.50</b>	0.54	1.03	2.60	3.17	9.8
KU-BN	25-08-1997	32	6.6	1.07	3.13	0.08	2.00	0.83	0.66	0.38	1.29	11.0
KU-BN	03-09-1997	23	6.4	0.52	1.38	0.48	2.28	0.02	1.37	0.14	0.64	9.2
KU-BN	08-09-1997	52	6.4	1.30	4.23	0.18	3.27	0.10	2.08	0.17	2.12	14.6
KU-BN	16-09-1997	33	6.4	0.90	2.64	0.30	3.19	0.02	1.46	0.02	2.02	9.2
KU-BN	22-09-1997	32	6.5	0.96	2.74	0.27	2.68	0.13	0.91	2.03	3.00	10.4
KU-BN	06-10-1997	20	6.1	0.54	1.50	0.15	1.48	0.31	0.63	2.14	2.17	6.7
KU-BN	14-10-1997	31	6.5	1.34	5.74	0.37	3.11	0.06	2.42	0.02	1.46	11.6
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>23</b>	<b>6.4</b>	<b>0.59</b>	<b>1.97</b>	<b>0.16</b>	<b>1.57</b>	<b>0.39</b>	<b>0.76</b>	<b>1.28</b>	<b>1.62</b>	<b>8.79</b>
<b>Stabw.</b>		<b>12</b>	<b>0.2</b>	<b>0.40</b>	<b>1.39</b>	<b>0.13</b>	<b>1.01</b>	<b>0.35</b>	<b>0.70</b>	<b>0.85</b>	<b>0.74</b>	<b>4.17</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>16</b>	<b>6.4</b>	<b>0.42</b>	<b>1.54</b>	<b>0.12</b>	<b>0.99</b>	<b>0.32</b>	<b>0.47</b>	<b>1.54</b>	<b>1.50</b>	<b>8.01</b>

Tabelle 42: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Kultur 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	DOC
KU-P	05-07-1996	50	6.1	0.90	<b>12.00</b>	0.28	0.51	0.02	0.40	<b>0.10</b>	3.53	21.4	38.2
KU-P	12-07-1996	46	6.4	0.91	12.26	0.24	0.24	0.02	0.33	<b>0.10</b>	2.88	22.0	<b>40.0</b>
KU-P	19-07-1996	53	6.8	0.82	11.38	0.17	0.28	0.02	0.23	<b>0.10</b>	1.18	21.0	42.6
KU-P	26-07-1996	54	6.8	0.91	12.63	0.31	0.63	0.03	1.17	<b>0.10</b>	2.77	18.9	<b>50.0</b>
KU-P	01-08-1996	54	6.9	1.17	18.41	0.14	0.35	0.03	0.21	<b>0.10</b>	1.67	25.0	65.5
KU-P	09-08-1996	42	6.5	0.90	12.91	0.14	0.20	0.03	0.22	<b>0.10</b>	0.47	22.0	<b>50.0</b>
KU-P	15-08-1996	45	6.4	0.78	12.45	0.19	0.26	0.02	0.42	0.10	0.51	18.9	50.0
KU-P	22-08-1996	40	6.3	0.72	11.82	0.11	0.17	0.00	0.05	<b>0.10</b>	0.12	20.1	<b>50.0</b>
KU-P	31-08-1996	55	6.4	1.02	23.38	0.25	0.65	0.02	0.66	<b>0.10</b>	1.38	23.2	62.5
KU-P	05-09-1996	48	6.2	0.75	12.22	0.08	0.15	0.03	0.00	<b>0.10</b>	0.60	18.9	<b>30.0</b>
KU-P	13-09-1996	80	6.5	0.50	6.96	0.04	0.11	0.01	0.01	<b>0.10</b>	1.47	15.3	21.5
KU-P	19-09-1996	35	6.9	0.57	7.73	0.10	0.20	0.01	0.04	0.23	1.97	15.9	<b>30.0</b>
KU-P	26-09-1996	34	6.5	0.75	9.69	0.06	0.14	0.01	0.31	<b>0.10</b>	3.85	17.7	31.1
KU-P	03-10-1996	37	6.7	0.62	9.94	0.09	0.14	0.01	0.49	1.23	3.81	18.9	<b>30.0</b>
KU-P	10-10-1996	38	6.8	0.63	10.23	0.27	0.62	0.01	0.44	1.22	3.72	18.3	33.3
KU-P	17-10-1996	43	6.8	0.65	12.02	0.07	0.15	0.01	0.29	0.79	4.02	21.4	<b>30.0</b>
KU-P	24-10-1996	61	6.7	0.52	9.38	0.10	0.30	<b>0.01</b>	0.41	0.53	2.54	16.5	33.4
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>48</b>	<b>6.6</b>	<b>0.77</b>	<b>12.08</b>	<b>0.16</b>	<b>0.30</b>	<b>0.02</b>	<b>0.33</b>	<b>0.31</b>	<b>2.15</b>	<b>19.7</b>	<b>40.5</b>
<b>Stabw.</b>		<b>11</b>	<b>0.3</b>	<b>0.18</b>	<b>3.84</b>	<b>0.09</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.28</b>	<b>0.39</b>	<b>1.34</b>	<b>2.6</b>	<b>12.4</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>49</b>	<b>6.6</b>	<b>0.69</b>	<b>10.77</b>	<b>0.12</b>	<b>0.24</b>	<b>0.02</b>	<b>0.26</b>	<b>0.30</b>	<b>2.02</b>	<b>20.2</b>	<b>40.0</b>

Tabelle 43: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Kultur 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	DOC
KU-P	28-05-1997	51	6.7	0.86	9.26	0.10	0.45	0.03	0.31	0.45	1.27	17.7	40.4
KU-P	03-06-1997	39	6.8	0.75	9.56	0.13	0.47	0.03	0.22	0.05	1.34	22.6	33.3
KU-P	10-06-1997	46	6.8	0.96	11.45	0.09	0.26	0.03	<b>0.10</b>	1.17	1.36	25.0	38.8
KU-P	18-06-1997	50	6.6	0.60	10.98	0.13	0.05	0.03	0.08	0.02	0.31	27.5	55.0
KU-P	25-06-1997	52	6.6	0.80	13.15	0.10	0.03	0.03	0.04	0.24	0.24	24.4	52.9
KU-P	02-07-1997	44	6.9	0.74	9.67	0.14	0.07	0.03	1.01	0.10	0.43	<b>15.0</b>	38.3
KU-P	09-07-1997	29	7.0	0.43	6.99	0.05	0.02	0.02	0.18	0.01	0.42	15.2	14.6
KU-P	16-07-1997	35	6.6	0.59	10.41	0.08	0.08	0.00	0.03	0.01	0.34	21.4	19.9
KU-P	23-07-1997	25	6.6	0.56	5.91	0.08	0.08	0.01	0.13	0.19	0.51	15.3	10.4
KU-P	31-07-1997	34	6.4	0.52	8.61	0.07	0.03	0.02	0.07	0.10	0.48	18.3	17.7
KU-P	04-08-1997	32	6.6	0.44	8.78	0.05	0.04	0.02	0.07	0.04	0.43	19.5	19.3
KU-P	11-08-1997	30	6.7	<b>0.83</b>	<b>14.47</b>	<b>0.27</b>	<b>0.39</b>	<b>0.10</b>	0.24	0.06	0.54	18.9	18.7
KU-P	18-08-1997	52	6.7	<b>0.83</b>	<b>14.47</b>	<b>0.27</b>	<b>0.39</b>	<b>0.10</b>	0.53	0.02	1.09	<b>18.0</b>	29.1
KU-P	25-08-1997	56	6.8	0.83	14.47	0.27	0.39	0.11	0.09	0.03	0.63	<b>18.0</b>	35.8
KU-P	03-09-1997	51	6.5	0.57	10.69	0.29	0.40	0.02	0.66	0.02	0.66	16.5	29.3
KU-P	08-09-1997	52	6.7	0.60	13.18	0.11	0.05	0.09	0.06	0.09	0.21	20.7	35.8
KU-P	16-09-1997	53	6.7	0.66	16.35	0.12	0.05	0.03	0.42	0.04	0.61	13.4	43.5
KU-P	22-09-1997	50	6.6	0.82	15.41	0.11	0.04	0.03	0.42	0.26	0.75	25.0	45.9
KU-P	06-10-1997	34	6.4	0.58	9.53	0.09	0.03	0.04	0.21	0.04	1.17	17.1	20.2
KU-P	14-10-1997	35	6.5	<b>0.58</b>	<b>9.53</b>	<b>0.09</b>	0.12	0.05	0.53	0.02	1.32	19.5	25.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>42</b>	<b>6.6</b>	<b>0.64</b>	<b>11.33</b>	<b>0.14</b>	<b>0.13</b>	<b>0.04</b>	<b>0.28</b>	<b>0.08</b>	<b>0.60</b>	<b>19.0</b>	<b>30.1</b>
<b>Stabw.</b>		<b>10</b>	<b>0.2</b>	<b>0.14</b>	<b>3.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.15</b>	<b>0.03</b>	<b>0.27</b>	<b>0.08</b>	<b>0.32</b>	<b>3.8</b>	<b>13.6</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>35</b>	<b>6.6</b>	<b>0.59</b>	<b>8.77</b>	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	<b>0.02</b>	<b>0.19</b>	<b>0.12</b>	<b>0.65</b>	<b>18.0</b>	<b>23.1</b>



Tabelle 44: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Altbestand 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
KA-B	05-07-1996	18	5.1	0.40	1.89	0.11	0.73	0.25	0.18	1.70	3.20	6.1
KA-B	12-07-1996	10	5.1	0.26	1.06	0.11	0.79	0.07	0.15	0.58	1.28	3.1
KA-B	19-07-1996											
KA-B	26-07-1996	47	6.6	1.22	3.29	0.24	2.32	1.75	0.76	4.68	5.31	11.0
KA-B	01-08-1996	31	<b>6.0</b>	0.94	<b>2.42</b>	0.13	1.30	1.10	0.34	2.67	2.57	10.4
KA-B	09-08-1996	12	5.9	0.40	1.21	0.18	0.62	0.30	0.04	0.87	0.92	4.3
KA-B	15-08-1996	13	6.0	0.26	0.84	<b>0.12</b>	<b>0.40</b>	0.33	<b>0.14</b>	0.77	0.62	4.3
KA-B	22-08-1996	21	6.0	0.33	1.46	0.19	0.94	0.79	0.10	1.73	2.74	5.5
KA-B	31-08-1996	15	5.9	0.37	1.23	0.09	0.85	0.03	0.28	1.18	2.07	
KA-B	05-09-1996	24	5.0	0.40	1.30	0.18	1.03	0.05	0.18	1.40	4.25	1.2
KA-B	13-09-1996	18	5.4	0.31	1.23	0.13	0.75	0.28	0.06	1.14	2.87	1.8
KA-B	19-09-1996	14	6.2	0.15	0.58	0.08	0.58	0.12	0.36	1.71	3.85	1.8
KA-B	26-09-1996	13	5.5	0.39	1.30	0.08	0.66	0.10	0.30	1.51	4.11	2.4
KA-B	03-10-1996	17	5.6	0.33	1.25	0.14	0.85	0.21	0.48	2.24	3.97	6.1
KA-B	10-10-1996	23	5.9	0.49	2.50	0.04	0.84	0.41	0.49	2.41	4.42	2.4
KA-B	17-10-1996	46	5.5	1.03	3.56	0.06	2.22	1.31	1.11	5.92	9.07	3.7
KA-B	24-10-1996	8	5.6	0.14	0.62	0.07	0.68	<b>0.10</b>	0.26	0.94	2.19	2.4
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>21</b>	<b>5.7</b>	<b>0.46</b>	<b>1.61</b>	<b>0.12</b>	<b>0.97</b>	<b>0.45</b>	<b>0.33</b>	<b>1.97</b>	<b>3.34</b>	<b>4.4</b>
<b>Stabw.</b>		<b>12</b>	<b>0.5</b>	<b>0.31</b>	<b>0.89</b>	<b>0.05</b>	<b>0.54</b>	<b>0.51</b>	<b>0.28</b>	<b>1.45</b>	<b>2.03</b>	<b>3.0</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>16</b>	<b>6.1</b>	<b>0.31</b>	<b>1.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.77</b>	<b>0.24</b>	<b>0.24</b>	<b>1.36</b>	<b>2.76</b>	<b>3.6</b>

Tabelle 45: Leitfähigkeit [µS], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Eiseneck Altbestand 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [mg.l<sup>-1</sup>]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
KA-B	27-05-1997	18	6.0	0.35	1.37	0.23	0.60	0.88	0.22	2.45	1.83	4.9
KA-B	03-06-1997	39	5.5	0.63	2.71	0.30	1.10	1.27	0.70	6.81	5.56	3.1
KA-B	10-06-1997	30	5.8	0.64	2.54	0.18	1.06	0.93	0.28	3.95	4.35	4.3
KA-B	18-06-1997	28	6.2	0.41	1.78	0.20	1.36	0.67	0.55	3.28	2.99	5.5
KA-B	24-06-1997	16	6.1	0.29	1.15	0.13	0.99	0.17	0.26	0.83	1.32	8.5
KA-B	02-07-1997	27	5.8	0.53	2.22	0.68	1.64	0.22	1.84	2.72	1.98	3.1
KA-B	09-07-1997	14	6.3	0.71	2.88	0.15	0.53	0.12	0.40	0.71	1.32	34.8
KA-B	16-07-1997	19	6.3	0.46	2.22	0.15	0.96	0.29	0.31	1.50	2.78	11.6
KA-B	23-07-1997	11	5.2	0.26	1.06	0.11	0.52	0.20	0.29	0.56	1.15	14.6
KA-B	30-07-1997	18	5.6	0.19	0.88	0.15	0.79	0.90	0.31	1.87	1.62	6.7
KA-B	04-08-1997	16	6.1	0.18	0.75	0.10	0.69	0.49	0.18	1.75	1.36	14.0
KA-B	11-08-1997	26	6.2	<b>0.31</b>	<b>1.00</b>	<b>0.15</b>	<b>2.00</b>	1.87	0.60	3.43	2.45	5.5
KA-B	18-08-1997	65	6.1	<b>0.31</b>	<b>1.00</b>	<b>0.15</b>	<b>2.00</b>	2.95	1.20	7.58	4.35	14.6
KA-B	25-08-1997	54	6.4	0.45	1.46	0.20	2.92	2.95	0.76	2.70	2.40	14.0
KA-B	03-09-1997	25	6.2	0.43	5.25	0.10	1.34	0.61	0.73	1.97	1.09	6.1
KA-B	08-09-1997	46	6.4	0.47	1.46	0.25	2.51	1.59	1.33	5.58	1.61	8.5
KA-B	16-09-1997	37	6.1	0.67	1.91	0.29	2.17	1.54	0.13	6.00	2.20	4.9
KA-B	22-09-1997	34	6.2	0.81	2.59	0.21	1.57	1.22	0.66	5.74	3.20	4.3
KA-B	06-10-1997	25	5.4	0.58	1.99	0.24	1.06	0.89	0.37	3.50	2.69	3.1
KA-B	14-10-1997	26	6.3	0.48	1.47	0.34	1.46	0.70	1.64	2.70	1.89	4.9
Summe												
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>29</b>	<b>6.0</b>	<b>0.44</b>	<b>1.83</b>	<b>0.21</b>	<b>1.44</b>	<b>1.02</b>	<b>0.68</b>	<b>3.08</b>	<b>2.14</b>	<b>9.7</b>
<b>Stabw.</b>		<b>14</b>	<b>0.3</b>	<b>0.18</b>	<b>1.08</b>	<b>0.14</b>	<b>0.70</b>	<b>0.90</b>	<b>0.52</b>	<b>2.04</b>	<b>0.88</b>	<b>7.7</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>21</b>	<b>5.9</b>	<b>0.44</b>	<b>1.94</b>	<b>0.18</b>	<b>0.94</b>	<b>0.60</b>	<b>0.46</b>	<b>2.11</b>	<b>1.92</b>	<b>12.9</b>

Tabelle 46: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Altbestand 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3	DOC
Ka-P	05-07-1996	34	4.4	0.85	5.23	0.67	0.37	0.04	0.41	0.02	3.23	0.0	54.6
Ka-P	12-07-1996	25	4.5	0.40	4.17	0.28	0.36	0.01	0.22	<b>0.02</b>	1.87	0.6	<b>50.0</b>
Ka-P	19-07-1996	43	4.9	0.41	3.76	0.42	0.18	0.11	0.16	0.02	1.84	0.0	47.1
Ka-P	26-07-1996	32	5.0	0.76	4.98	0.74	0.30	0.09	0.04	0.32	2.48	0.0	<b>50.0</b>
Ka-P	01-08-1996	30	5.2	0.69	6.22	0.72	1.09	0.04	0.17	0.19	1.72	3.7	58.7
Ka-P	09-08-1996	36	4.5	0.35	4.11	0.51	0.36	0.07	0.37	0.23	1.97	0.0	<b>50.0</b>
Ka-P	15-08-1996	35	4.4	0.33	4.15	0.48	0.20	0.13	0.20	<b>0.20</b>	1.34	0.0	52.2
Ka-P	22-08-1996	32	4.7	0.45	4.78	0.48	0.25	0.14	0.18	<b>0.20</b>	1.45	1.8	<b>50.0</b>
Ka-P	31-08-1996	36	4.6	0.51	4.90	0.56	0.22	0.06	0.45	0.27	2.52	0.0	59.5
Ka-P	05-09-1996	43	4.5	0.36	5.01	0.62	0.26	0.11	0.39	<b>0.20</b>	3.00	0.0	<b>50.0</b>
Ka-P	13-09-1996	38	4.6	0.34	4.54	0.51	0.28	0.04	0.35	<b>0.20</b>	4.28	0.0	<b>50.0</b>
Ka-P	19-09-1996	27	4.5	0.26	2.92	0.43	0.24	0.01	0.38	1.28	4.43	0.0	<b>40.0</b>
Ka-P	26-09-1996	29	4.5	0.17	2.88	0.39	0.21	0.01	0.39	1.23	4.38	0.0	26.1
Ka-P	03-10-1996	29	4.5	0.17	2.80	0.40	0.15	0.01	0.41	1.22	4.51	0.0	<b>40.0</b>
Ka-P	10-10-1996	34	4.4	0.24	3.58	0.47	0.18	0.01	0.43	<b>1.00</b>	4.38	0.0	37.7
Ka-P	17-10-1996	30	4.5	0.40	3.97	0.43	0.17	0.01	0.43	0.78	4.22	1.2	<b>35.0</b>
Ka-P	24-10-1996	24	4.8	0.13	2.27	0.31	0.18	0.01	0.48	0.56	3.40	0.0	33.0
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<b>33</b>	<b>4.6</b>	<b>0.40</b>	<b>4.13</b>	<b>0.49</b>	<b>0.29</b>	<b>0.05</b>	<b>0.32</b>	<b>0.47</b>	<b>3.00</b>	<b>0.4</b>	<b>46.1</b>
<b>Stabw.</b>		<b>6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.20</b>	<b>1.03</b>	<b>0.13</b>	<b>0.22</b>	<b>0.05</b>	<b>0.13</b>	<b>0.45</b>	<b>1.19</b>	<b>1.0</b>	<b>9.3</b>
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<b>31</b>	<b>4.6</b>	<b>0.32</b>	<b>3.64</b>	<b>0.45</b>	<b>0.26</b>	<b>0.04</b>	<b>0.37</b>	<b>0.55</b>	<b>3.28</b>	<b>0.2</b>	<b>42.9</b>

Tabelle 47: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Eiseneck Altbestand 1997; korrigierte Werte  *fett/kursiv*; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3	DOC
KA-P	27-05-1997	29	4.9	0.32	2.92	0.33	0.08	0.02	0.76	0.05	1.33	2.4	<b>40.0</b>
KA-P	03-06-1997	27	4.6	0.52	3.92	0.39	0.09	0.02	0.48	0.04	0.98	0.0	<b>40.0</b>
KA-P	10-06-1997	26	4.7	0.31	3.00	0.62	0.06		0.34	0.44	1.06	0.6	37.9
KA-P	18-06-1997	32	4.6	0.21	3.13	0.41	0.08	0.02	0.41	0.12	1.90	0.6	42.5
KA-P	24-06-1997	32	4.6	0.17	3.37	0.45	0.06	0.03	0.24	0.04	0.79	0.0	52.5
KA-P	02-07-1997	38	4.4	0.23	3.55	0.65	0.15	0.03	0.27	0.11	0.84	0.0	50.8
KA-P	09-07-1997	29	4.6	0.23	2.37	0.34	0.05	0.02	0.14	0.13	1.27	0.0	17.5
KA-P	16-07-1997	29	4.6	0.30	2.94	0.35	0.05	0.02	0.13	0.09	1.46	1.2	17.1
KA-P	23-07-1997	19	4.7	0.11	1.66	0.24	0.04	0.01	0.09	0.05	1.09	2.4	13.2
KA-P	30-07-1997	27	4.5	0.28	2.51	0.24	0.04	0.02	0.08	0.05	1.18	1.8	15.7
KA-P	04-08-1997	30	4.4	0.10	1.95	0.29	0.03	0.02	0.12	0.07	1.27	0.0	15.7
KA-P	11-08-1997	27	4.7	<b>0.97</b>	<b>4.00</b>	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>	0.01	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>1.40</b>	<b>1.0</b>	18.4
KA-P	18-08-1997	29	4.8	<b>0.97</b>	<b>4.00</b>	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>	<b>0.02</b>	0.34	0.01	1.48	<b>1.0</b>	<b>18.0</b>
KA-P	25-08-1997	35	4.7	0.97	4.00	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>	<b>0.02</b>	0.44	0.02	1.69	<b>1.0</b>	<b>18.0</b>
KA-P	03-09-1997	40	4.5	0.32	3.39	0.43	0.13	0.02	1.68	0.08	2.00	2.4	19.8
KA-P	08-09-1997	50	5.8	<b>0.30</b>	<b>3.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.20</b>	<b>0.02</b>	<b>1.42</b>	<b>0.02</b>	<b>5.00</b>	<b>1.0</b>	<b>15.0</b>
KA-P	16-09-1997	37	6.2	<b>0.30</b>	<b>3.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.20</b>	<b>0.02</b>	<b>1.42</b>	<b>0.02</b>	<b>5.00</b>	<b>1.0</b>	<b>15.0</b>
KA-P	22-09-1997	41	6.3	<b>0.30</b>	<b>3.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.20</b>	<b>0.02</b>	<b>1.42</b>	<b>0.02</b>	<b>5.00</b>	<b>1.0</b>	<b>15.0</b>
KA-P	06-10-1997	28	4.7	0.30	3.02	0.43	0.23	0.03	1.23	1.39	2.77	1.8	12.7
KA-P	14-10-1997	34	4.8	0.39	6.96	0.55	0.11	0.08	1.31	0.13	2.74	1.2	17.2
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<b>32</b>	<b>4.9</b>	<b>0.38</b>	<b>3.36</b>	<b>0.38</b>	<b>0.14</b>	<b>0.02</b>	<b>0.64</b>	<b>0.14</b>	<b>2.17</b>	<b>1.0</b>	<b>22.0</b>
<b>Stabw.</b>		<b>7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.29</b>	<b>1.15</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>	<b>0.02</b>	<b>0.61</b>	<b>0.33</b>	<b>1.46</b>	<b>0.8</b>	<b>13.0</b>
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<b>27</b>	<b>4.6</b>	<b>0.24</b>	<b>2.58</b>	<b>0.33</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>	<b>0.39</b>	<b>0.21</b>	<b>1.50</b>	<b>1.3</b>	<b>20.1</b>



Tabelle 48: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen im Nadelöherschacht Eiseneck Altbestand 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
KA-NÖHR	05-07-1996	204	7.9	0.58	60.57	0.20	0.27	0.05	0.09	1.13	3.37	128.1
KA-NÖHR	12-07-1996	193	7.9	<i>0.57</i>	<i>56.17</i>	0.21	0.09	0.00	0.06	0.37	2.45	119.0
KA-NÖHR	19-07-1996	217	8.2	0.55	52.31	0.42	1.09	0.04	0.16	0.95	3.32	123.3
KA-NÖHR	26-07-1996	218	7.9	0.53	35.18	0.15	0.17	0.05	0.20	2.26	2.64	92.1
KA-NÖHR	01-08-1996	242	8.1	0.69	55.46	0.21	0.22	0.00	0.09	1.90	2.97	146.4
KA-NÖHR	09-08-1996	221	8.0	0.68	56.36	0.22	0.26	0.11	0.18	1.09	2.88	137.9
KA-NÖHR	15-08-1996	229	8.0	0.49	51.99	0.21	0.17	0.01	0.18	1.14	2.33	141.6
KA-NÖHR	22-08-1996	256	8.2	0.64	72.52	0.20	0.19	0.00	0.17	0.96	2.76	161.7
KA-NÖHR	31-08-1996		8.1	<i>0.57</i>	<i>56.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.16</i>	<i>0.04</i>	<i>0.22</i>	<i>1.16</i>	<i>3.65</i>	<i>131.1</i>
KA-NÖHR	05-09-1996	238	8.1	0.60	56.17	0.15	0.11	0.15	0.10	0.91	3.98	145.2
KA-NÖHR	13-09-1996	216	8.1	0.59	59.49	0.18	0.16	0.00	0.19	0.99	4.24	131.8
KA-NÖHR	19-09-1996	193	7.9	0.59	64.10	0.18	0.12	0.01	0.35	1.56	4.69	118.4
KA-NÖHR	26-09-1996	204	7.9	0.53	50.82	0.21	0.11	0.00	0.42	1.46	4.89	125.1
KA-NÖHR	06-10-1996	202	7.9	0.57	55.27	0.16	0.08	0.01	0.53	1.76	4.40	129.4
KA-NÖHR	10-10-1996	225	7.9	0.49	53.51	0.20	0.13	0.06	0.42	1.80	4.46	134.8
KA-NÖHR	17-10-1996		<i>7.9</i>	<i>0.57</i>	<i>56.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.16</i>	<i>0.04</i>	<i>0.22</i>	<i>1.16</i>	<i>3.65</i>	<i>131.1</i>
KA-NÖHR	24-10-1996		<i>7.9</i>	<i>0.57</i>	<i>56.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.16</i>	<i>0.04</i>	<i>0.22</i>	<i>1.16</i>	<i>3.65</i>	<i>131.0</i>
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<i>218</i>	<i>8.0</i>	<i>0.58</i>	<i>55.79</i>	<i>0.20</i>	<i>0.22</i>	<i>0.04</i>	<i>0.22</i>	<i>1.28</i>	<i>3.55</i>	<i>131.1</i>
<b>Stabw.</b>		<i>19</i>	<i>0.1</i>	<i>0.05</i>	<i>7.37</i>	<i>0.06</i>	<i>0.23</i>	<i>0.04</i>	<i>0.13</i>	<i>0.46</i>	<i>0.80</i>	<i>14.7</i>
<b>Mittelwert</b>	<i>gewichtet</i>	<i>161</i>	<i>8.0</i>	<i>0.58</i>	<i>57.59</i>	<i>0.19</i>	<i>0.16</i>	<i>0.04</i>	<i>0.23</i>	<i>1.19</i>	<i>3.74</i>	<i>130.9</i>

Tabelle 49: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen im Nadelöhrschacht Eiseneck Altbestand 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3	DOC
KA-NÖHR	27-05-1997	231	7.9	<b>0.50</b>	<b>40.00</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	0.01	0.38	10.56	2.65	123.9	4.8
KA-NÖHR	03-06-1997	231	7.9	<b>0.50</b>	<b>40.00</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	0.01	0.38	10.56	2.65	123.9	4.8
KA-NÖHR	10-06-1997	222	8.3	0.62	37.30	0.42	0.51	0.01	0.19	3.80	2.36	133.0	4.8
KA-NÖHR	18-06-1997	243	8.4	0.60	54.10	0.38	0.33	0.00	0.40	2.36	1.85	151.3	4.8
KA-NÖHR	24-06-1997	220	8.2	0.92	51.49	0.22	0.07	0.00	0.20	1.78	1.76	134.2	6.5
KA-NÖHR	02-07-1997	208	8.1	0.81	45.97	0.16	0.07	0.00	0.80	3.30	2.17	122.6	5.0
KA-NÖHR	09-07-1997	186	8.2	0.53	41.39	0.16	0.09	<b>0.00</b>	0.24	0.69	1.93	127.5	2.6
KA-NÖHR	16-07-1997	223	8.2	0.55	45.33	0.17	0.04	0.00	0.14	0.69	1.85	139.1	2.4
KA-NÖHR	23-07-1997	203	8.2	0.44	44.87	0.16	0.03	0.00	0.12	0.38	1.56	130.6	2.5
KA-NÖHR	30-07-1997	219	8.2	0.49	48.30	0.13	0.05	0.01	0.08	0.75	1.38	145.2	2.1
KA-NÖHR	04-08-1997	227	8.3	0.51	49.88	0.13	0.04	0.00	<b>0.15</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	145.8	2.5
KA-NÖHR	11-08-1997	241	8.3	<b>0.70</b>	<b>50.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.07</b>	0.00	0.22	2.08	1.71	151.3	2.0
KA-NÖHR	18-08-1997	248	8.0	<b>0.70</b>	<b>50.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.07</b>	0.04	0.28	2.67	2.28	125.1	2.4
KA-NÖHR	25-08-1997	329	8.2	0.95	60.16	0.18	0.16	0.00	0.18	3.01	2.16	171.5	2.1
KA-NÖHR	03-09-1997	258	8.2	0.49	46.34	0.14	0.05	0.00	0.16	1.09	1.34	134.2	2.8
KA-NÖHR	08-09-1997	243	8.2	0.89	49.65	0.16	0.67	0.05	0.24	2.58	1.72	120.8	2.5
KA-NÖHR	16-09-1997	227	8.3	0.91	49.88	0.14	0.11	0.01	0.69	5.33	2.32	131.8	3.1
KA-NÖHR	22-09-1997	235	8.3	0.64	50.04	0.14	0.15	0.03	0.51	5.84	2.73	140.9	3.2
KA-NÖHR	06-10-1997		<b>8.2</b>	<b>0.65</b>	<b>50.00</b>	<b>0.14</b>	<b>0.15</b>	<b>0.02</b>	<b>0.55</b>	<b>4.50</b>	<b>2.70</b>	<b>120.0</b>	<b>3.0</b>
KA-NÖHR	14-10-1997	217	8.1	0.64	47.53	0.14	0.15	0.01	0.63	2.67	2.79	104.3	2.8
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>232</b>	<b>8.2</b>	<b>0.67</b>	<b>49.11</b>	<b>0.17</b>	<b>0.13</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>	<b>2.42</b>	<b>1.99</b>	<b>135.1</b>	<b>3.1</b>
<b>Stabw.</b>		<b>29</b>	<b>0.1</b>	<b>0.17</b>	<b>4.11</b>	<b>0.06</b>	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>	<b>0.22</b>	<b>1.62</b>	<b>0.46</b>	<b>15.5</b>	<b>1.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>191</b>	<b>8.2</b>	<b>0.54</b>	<b>45.49</b>	<b>0.19</b>	<b>0.12</b>	<b>0.01</b>	<b>0.25</b>	<b>2.19</b>	<b>1.92</b>	<b>131.1</b>	<b>3.0</b>

Tabelle 50: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Vorderreuterstein 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probeffläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
FI-FR	04-07-1996	21	4.7	0.25	0.97	0.07	0.08	0.76	0.07	2.17	2.43	0.0
FI-FR	12-07-1996	7	5.1	0.20	0.71	0.08	0.10	0.18	0.12	1.00	1.12	6.1
FI-FR	19-07-1996	25	6.4	<b>0.34</b>	<b>0.60</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>1.64</b>	<b>0.27</b>	<b>2.67</b>	<b>3.63</b>	<b>12.2</b>
FI-FR	26-07-1996	25	6.4	0.34	<b>0.60</b>	0.08	0.07	1.64	0.27	2.67	3.63	12.2
FI-FR	01-08-1996	13	6.4	0.20	0.75	0.06	0.01	0.69	0.07	1.38	1.22	3.7
FI-FR	09-08-1996	8	6.3	0.16	0.59	0.47	1.30	0.17	0.14	0.93	0.98	3.1
FI-FR	16-08-1996	7	5.7	0.14	0.53	0.07	0.11	0.28	0.17	0.85	0.39	3.7
FI-FR	23-08-1996	19	5.4	0.24	0.88	0.68	0.56	0.98	0.14	2.66	3.23	<b>3.7</b>
FI-FR	26-08-1996	<b>7</b>	<b>6.0</b>	<b>0.17</b>	<b>0.61</b>	<b>0.10</b>	<b>0.12</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.88</b>	<b>0.55</b>	<b>3.7</b>
FI-FR	31-08-1996	7	6.0	0.17	0.61	0.10	0.12	0.24	0.01	0.88	0.55	3.7
FI-FR	06-09-1996	18	5.0	0.18	0.72	0.13	0.21	0.48	0.10	1.69	2.89	0.0
FI-FR	14-09-1996	10	5.4	0.11	0.45	0.05	0.05	0.38	0.16	2.10	1.60	1.8
FI-FR	19-09-1996	8	5.7	0.12	0.37	0.05	0.05	0.26	0.33	1.71	3.58	1.2
FI-FR	27-09-1996	12	4.9	0.14	0.49	0.15	0.16	0.16	0.29	1.74	3.84	0.6
FI-FR	04-10-1996	10	5.4	0.24	0.72	0.15	0.11	0.19	0.35	2.03	3.57	1.8
FI-FR	11-10-1996	21	4.9	0.09	0.34	0.05	0.15	0.60	0.28	3.40	4.10	0.6
FI-FR	18-10-1996	13	5.8	0.25	0.75	0.08	0.20	0.42	0.32	3.12	2.93	2.4
FI-FR	25-10-1996	18	5.2	0.14	0.51	0.05	0.00	<b>0.10</b>	0.17	0.78	0.99	2.4
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>13</b>	<b>5.6</b>	<b>0.19</b>	<b>0.60</b>	<b>0.14</b>	<b>0.20</b>	<b>0.51</b>	<b>0.19</b>	<b>1.79</b>	<b>2.28</b>	<b>3.7</b>
<b>Stabw.</b>		<b>6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.07</b>	<b>0.14</b>	<b>0.17</b>	<b>0.31</b>	<b>0.48</b>	<b>0.11</b>	<b>0.86</b>	<b>1.37</b>	<b>3.5</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>13</b>	<b>5.4</b>	<b>0.16</b>	<b>0.58</b>	<b>0.14</b>	<b>0.21</b>	<b>0.33</b>	<b>0.18</b>	<b>1.51</b>	<b>2.00</b>	<b>2.8</b>

Tabelle 51: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Vorderreuterstein 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
FI-FR	20-05-1997	52	6.9	1.21	3.87	0.43	1.87	2.21	0.96	3.61	4.68	20.3
FI-FR	29-05-1997	16	6.7	0.24	0.78	0.10	0.14	1.19	0.16	2.70	1.78	4.3
FI-FR	03-06-1997	26	6.8	0.60	2.09	0.39	0.21	1.59	0.73	3.29	3.77	6.1
FI-FR	10-06-1997	18	6.7	0.27	1.28	0.04	0.13	1.20	0.23	2.82	2.59	4.3
FI-FR	18-06-1997	9	6.5	0.04	0.26	0.04	0.11	0.65	0.12	1.38	0.89	5.5
FI-FR	25-06-1997	20	6.4	0.34	1.19	0.04	0.06	0.29	0.20	1.30	1.03	3.1
FI-FR	02-07-1997	13	6.9	0.39	3.21	0.33	0.97	0.12	0.77	1.32	1.00	4.9
FI-FR	10-07-1997	8	5.5	0.17	0.58	0.03	0.03	0.31	0.12	1.12	1.06	4.9
FI-FR	16-07-1997	11	6.0	0.17	1.68	0.05	0.04	0.41	0.94	1.81	1.58	2.4
FI-FR	22-07-1997	8	5.7	0.18	2.33	0.02	0.03	0.24	0.11	1.04	0.94	4.9
FI-FR	31-07-1997	9	6.5	<b>0.04</b>	<b>0.32</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.39</b>	<b>0.30</b>	<b>1.72</b>	<b>0.81</b>	<b>4.3</b>
FI-FR	04-08-1997	9	6.5	0.04	0.32	0.04	0.05	0.39	0.30	1.72	0.81	4.3
FI-FR	11-08-1997	40	5.3	0.51	1.46	0.04	0.11	0.34	0.70	1.91	1.95	2.4
FI-FR	20-08-1997	44	5.2	<b>0.10</b>	<b>0.50</b>	<b>0.05</b>	<b>0.10</b>	0.62	0.39	1.49	1.74	13.4
FI-FR	25-08-1997											
FI-FR	03-09-1997	6	6.4	0.12	0.41	0.13	0.11	0.08	1.53	0.49	0.46	2.4
FI-FR	08-09-1997	17	6.5	0.25	0.76	0.05	0.25	0.49	0.31	2.35	1.58	9.2
FI-FR	16-09-1997	14	6.3	0.37	2.04	0.18	0.17	0.07	0.24	0.36	1.51	3.1
FI-FR	22-09-1997	24	4.9	0.53	1.74	0.08	0.22	0.16	0.28	2.51	2.92	1.2
FI-FR	06-10-1997	14	5.4	0.10	0.39	0.15	0.08	0.72	0.34	2.65	1.96	1.2
FI-FR	14-10-1997	10	5.9	0.28	<b>0.56</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	0.34	7.14	1.73	0.87	3.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>18</b>	<b>6.1</b>	<b>0.30</b>	<b>1.29</b>	<b>0.12</b>	<b>0.24</b>	<b>0.59</b>	<b>0.79</b>	<b>1.87</b>	<b>1.70</b>	<b>5.3</b>
<b>Stabw.</b>		<b>13</b>	<b>0.6</b>	<b>0.27</b>	<b>1.02</b>	<b>0.12</b>	<b>0.43</b>	<b>0.55</b>	<b>1.54</b>	<b>0.87</b>	<b>1.08</b>	<b>4.5</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>13</b>	<b>5.6</b>	<b>0.17</b>	<b>0.74</b>	<b>0.11</b>	<b>0.17</b>	<b>0.39</b>	<b>0.38</b>	<b>1.56</b>	<b>1.74</b>	<b>3.3</b>



Tabelle 52: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Vorderreuterstein 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
FI-B	04-07-1996	21	4.7	0.22	0.97	0.08	0.94	0.64	0.16	3.43	2.78	4.9
FI-B	12-07-1996	13	4.8	0.21	0.92	0.12	0.77	0.17	0.14	2.07	1.38	2.4
FI-B	19-07-1996											
FI-B	26-07-1996	46	6.3	0.86	7.24	0.18	2.20	2.28	0.69	7.69	5.57	5.5
FI-B	01-08-1996	31	6.1	0.35	1.36	0.10	0.94	1.60	0.40	5.63	3.14	4.9
FI-B	09-08-1996	12	6.0	0.22	0.75	0.08	0.74	0.33	0.10	1.67	1.08	3.1
FI-B	16-08-1996	12	5.9	0.25	0.87	0.09	0.77	0.31	0.17	1.27	0.54	4.3
FI-B	23-08-1996	28	5.8	0.30	1.04	0.07	1.55	1.05	0.52	4.59	3.98	6.7
FI-B	26-08-1996	<b>15</b>	<b>5.7</b>	<b>0.30</b>	<b>1.06</b>	<b>0.10</b>	<b>1.16</b>	<b>0.30</b>	<b>0.18</b>	<b>2.05</b>	<b>1.46</b>	<b>2.4</b>
FI-B	31-08-1996	15	5.7	0.30	1.06	0.10	1.16	0.30	0.18	2.05	1.46	2.4
FI-B	06-09-1996	26	5.0	0.25	0.93	0.09	1.34	0.41	0.22	2.63	3.94	0.0
FI-B	14-09-1996	19	5.0	0.29	1.07	0.14	0.79	0.63	0.24	3.21	2.52	6.1
FI-B	19-09-1996	9	5.5	0.10	0.39	0.06	0.37	0.28	0.29	1.71	3.63	3.1
FI-B	27-09-1996	17	5.0	0.76	3.70	0.05	0.88	0.26	0.36	2.31	4.30	1.2
FI-B	04-10-1996	35	4.5	0.58	1.84	0.17	1.39	0.48	0.73	5.13	4.10	2.4
FI-B	11-10-1996	27	4.9	0.31	1.23	0.09	1.42	0.47	0.54	4.73	4.60	5.5
FI-B	18-10-1996	35	5.1	0.51	1.54	0.06	3.27	0.63	0.93	6.91	5.75	2.4
FI-B	25-10-1996	7	5.9	0.14	0.44	0.14	0.41	<b>1.00</b>	0.34	1.13	1.12	1.8
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>22</b>	<b>5.4</b>	<b>0.36</b>	<b>1.59</b>	<b>0.10</b>	<b>1.20</b>	<b>0.66</b>	<b>0.38</b>	<b>3.42</b>	<b>3.04</b>	<b>3.4</b>
<b>Stabw.</b>		<b>11</b>	<b>0.6</b>	<b>0.21</b>	<b>1.69</b>	<b>0.04</b>	<b>0.72</b>	<b>0.57</b>	<b>0.24</b>	<b>2.08</b>	<b>1.69</b>	<b>1.9</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>17</b>	<b>5.4</b>	<b>0.29</b>	<b>1.21</b>	<b>0.11</b>	<b>0.90</b>	<b>0.58</b>	<b>0.30</b>	<b>2.54</b>	<b>2.49</b>	<b>2.9</b>

Tabelle 53: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Vorderreuterstein 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
FI-B	20-05-1997	45	6.2	0.82	3.48	0.41	2.92	1.40	0.94	6.25	4.94	<b>3.7</b>
FI-B	25-05-1997	22	6.2	0.49	1.84	0.12	0.67	1.39	0.32	4.73	2.49	3.7
FI-B	03-06-1997	55	6.2	0.59	2.01	0.24	1.90	3.90	0.72	9.82	8.03	5.5
FI-B	10-06-1997	39	6.2	0.57	2.00	0.51	2.18	2.59	0.84	8.54	5.41	5.5
FI-B	18-06-1997	21	6.4	0.21	5.18	0.10	0.94	1.03	0.26	3.77	1.79	4.9
FI-B	25-06-1997	14	6.2	0.20	0.82	0.07	0.76	0.54	0.17	2.25	1.19	3.7
FI-B	02-07-1997	24	6.1	0.34	1.57	0.18	1.48	0.89	1.04	4.42	1.75	4.9
FI-B	10-07-1997	13	5.7	0.20	0.85	0.08	0.62	0.52	0.28	2.19	1.38	5.5
FI-B	16-07-1997	19	5.9	0.22	0.99	0.34	0.82	0.92	0.28	3.76	2.50	3.7
FI-B	22-07-1997	11	5.4	0.13	0.74	0.11	0.51	0.37	0.14	1.95	1.42	3.7
FI-B	31-07-1997	19	6.3	0.22	0.82	0.13	1.01	1.11	0.24	3.76	1.74	3.7
FI-B	04-08-1997	16	6.1	0.12	0.55	0.13	0.67	0.81	0.26	4.03	1.30	7.3
FI-B	11-08-1997	24	6.0	0.26	0.92	0.06	0.86	1.78	0.29	4.56	2.46	<b>3.7</b>
FI-B	20-08-1997	24	5.8	<b>0.20</b>	<b>0.90</b>	<b>0.05</b>	<b>0.80</b>	1.44	0.28	4.34	2.41	3.7
FI-B	25-08-1997											
FI-B	03-09-1997	21	6.1	0.18	0.57	0.17	1.09	0.91	0.65	3.20	0.82	3.7
FI-B	08-09-1997	39	6.5	0.42	0.99	0.21	1.63	2.01	0.44	5.84	1.79	6.1
FI-B	16-09-1997	42	6.4	0.47	1.63	0.68	1.78	2.26	<b>0.50</b>	9.86	2.80	9.8
FI-B	22-09-1997	39	6.0	0.40	1.60	<b>0.40</b>	2.22	2.27	0.56	8.95	3.87	8.5
FI-B	06-10-1997	26	5.7	0.39	2.99	0.19	0.80	1.91	0.44	5.94	2.93	3.1
FI-B	14-10-1997	25	6.0	0.47	1.60	<b>0.40</b>	1.58	1.26	1.62	5.26	2.06	4.3
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>27</b>	<b>6.1</b>	<b>0.34</b>	<b>1.60</b>	<b>0.23</b>	<b>1.26</b>	<b>1.47</b>	<b>0.51</b>	<b>5.17</b>	<b>2.65</b>	<b>4.9</b>
<b>Stabw.</b>		<b>12</b>	<b>0.3</b>	<b>0.18</b>	<b>1.15</b>	<b>0.17</b>	<b>0.67</b>	<b>0.85</b>	<b>0.37</b>	<b>2.43</b>	<b>1.74</b>	<b>1.8</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>20</b>	<b>5.9</b>	<b>0.27</b>	<b>1.43</b>	<b>0.17</b>	<b>0.87</b>	<b>1.07</b>	<b>0.38</b>	<b>3.96</b>	<b>2.01</b>	<b>4.4</b>

Tabelle 54: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Vorderreuterstein 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
FI-P	04-07-1996	31	4.8	0.97	2.25	0.40	1.81	0.14	0.68	3.53	3.70	6.1
FI-P	12-07-1996	20	4.9	0.74	2.39	0.27	1.56	0.03	0.38	0.83	2.02	5.5
FI-P	19-07-1996	26	6.5	1.03	3.01	0.23	1.13	<b>0.02</b>	0.27	1.24	1.58	4.3
FI-P	26-07-1996	41	6.4	1.69	4.70	0.75	2.23	0.01	0.35	0.28	2.29	<b>0.0</b>
FI-P	01-08-1996	55	4.6	1.62	4.60	0.34	1.80	0.26	0.88	6.48	4.01	0.0
FI-P	09-08-1996	36	4.7	1.06	3.01	0.31	1.59	0.08	0.51	2.04	2.33	0.0
FI-P	16-08-1996	26	5.0	0.93	2.83	0.32	1.28	0.02	0.33	0.35	1.23	0.0
FI-P	23-08-1996	28	4.8	1.00	3.10	0.62	1.65	0.03	0.38	1.31	2.06	0.1
FI-P	26-08-1996	<b>35</b>	<b>4.7</b>	<b>1.08</b>	<b>3.50</b>	<b>0.00</b>	<b>1.38</b>	<b>0.03</b>	<b>0.37</b>	<b>1.44</b>	<b>3.11</b>	<b>1.2</b>
FI-P	31-08-1996	35	4.7	1.08	3.50	0.00	1.38	0.03	0.37	1.44	3.11	1.2
FI-P	06-09-1996	38	4.6	1.28	3.39	0.41	1.58	0.07	0.35	1.18	4.06	0.0
FI-P	14-09-1996	43	4.4	1.17	2.74	0.27	1.76	0.09	0.31	1.34	5.12	0.0
FI-P	19-09-1996	66	4.0	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>0.20</b>	<b>1.30</b>	0.19	<b>0.40</b>	<b>1.50</b>	<b>4.50</b>	<b>0.0</b>
FI-P	27-09-1996	30	4.6	0.64	1.68	0.18	1.16	0.06	0.44	1.79	4.54	0.0
FI-P	04-10-1996	40	4.5	1.05	3.45	0.36	1.22	0.04	0.61	3.06	4.90	0.0
FI-P	11-10-1996	34	4.8	0.96	3.11	0.27	1.47	0.11	0.68	2.50	4.42	0.6
FI-P	18-10-1996	42	4.6	1.16	4.34	0.34	1.77	0.08	0.77	3.96	5.94	<b>0.0</b>
FI-P	25-10-1996	50	4.1	0.81	1.92	0.21	1.27	<b>0.10</b>	0.69	1.36	3.93	0.0
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>38</b>	<b>4.8</b>	<b>1.08</b>	<b>3.13</b>	<b>0.30</b>	<b>1.50</b>	<b>0.07</b>	<b>0.48</b>	<b>1.89</b>	<b>3.48</b>	<b>0.8</b>
<b>Stabw.</b>		<b>11</b>	<b>0.7</b>	<b>0.27</b>	<b>0.87</b>	<b>0.18</b>	<b>0.29</b>	<b>0.06</b>	<b>0.18</b>	<b>1.49</b>	<b>1.38</b>	<b>1.6</b>
<b>Mittelw. gewichtet bis 4.10.</b>		<b>36</b>	<b>4.7</b>	<b>1.03</b>	<b>2.82</b>	<b>0.30</b>	<b>1.53</b>	<b>0.07</b>	<b>0.40</b>	<b>1.46</b>	<b>3.31</b>	<b>0.0</b>

Tabelle 55: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Vorderreuterstein 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
FI-P	20-05-1997	50	6.3	2.02	4.76	1.37	2.24	<i>0.10</i>	1.10	9.54	3.66	<i>0.0</i>
FI-P	25-05-1997	40	5.0	0.75	2.14	0.62	1.83	1.23	1.02	6.49	2.56	6.7
FI-P	03-06-1997	41	4.7	1.21	3.37	0.56	1.29	0.47	0.54	6.65	3.26	0.0
FI-P	10-06-1997	49	4.6	1.13	3.31	0.51	1.21	0.74	0.53	8.67	4.23	0.0
FI-P	18-06-1997	49	4.8	1.26	3.51	0.66	1.53	0.47	0.68	7.64	3.06	0.6
FI-P	25-06-1997	43	4.9	1.25	3.23	0.50	1.22	0.15	0.46	5.62	2.16	7.3
FI-P	02-07-1997	<b>32</b>	<b>5.1</b>	<b>0.81</b>	<b>2.04</b>	<b>0.54</b>	<b>0.96</b>	<b>0.23</b>	<b>0.43</b>	<b>3.60</b>	<b>1.87</b>	<b>3.1</b>
FI-P	10-07-1997	32	5.1	0.81	2.04	0.54	0.96	0.23	0.43	3.60	1.87	3.1
FI-P	16-07-1997	34	4.7	1.00	7.42	0.34	1.01	0.07	0.35	3.31	2.28	4.9
FI-P	22-07-1997	37	4.5	0.59	1.88	0.37	0.61	0.10	0.20	2.39	2.48	0.6
FI-P	31-07-1997	29	4.8	0.94	2.65	0.27	0.69	0.03	0.14	1.89	2.16	3.1
FI-P	04-08-1997	29	4.7	0.69	1.94	0.22	0.66	0.02	0.20	2.79	1.66	1.8
FI-P	11-08-1997	31	5.0	1.42	4.10	0.49	1.34	0.00	0.27	3.79	1.49	<b>2.0</b>
FI-P	20-08-1997	35	5.0	<b>1.30</b>	<b>4.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.80</b>	0.03	0.42	2.83	3.02	4.3
FI-P	25-08-1997	39	5.5	<b>1.30</b>	<b>4.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.80</b>	<b>0.10</b>	<b>0.35</b>	<b>1.50</b>	<b>2.00</b>	<b>4.0</b>
FI-P	03-09-1997	35	5.5	1.38	5.30	0.74	0.56	0.16	0.30	0.73	1.43	0.0
FI-P	08-09-1997	40	5.1	1.37	6.10	0.50	0.85	0.06	0.70	0.03	2.15	<b>4.0</b>
FI-P	16-09-1997	44	4.9	1.58	5.34	0.66	0.79	0.03	0.93	3.63	1.64	<b>4.0</b>
FI-P	22-09-1997	57	4.7	1.91	6.74	<b>0.50</b>	<b>0.80</b>	0.14	1.75	9.79	3.29	<b>4.0</b>
FI-P	06-10-1997	52	4.6	1.06	3.35	0.51	0.89	0.54	0.65	6.90	2.92	1.2
FI-P	14-10-1997	48	4.7	1.25	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>0.80</b>	0.67	1.25	7.74	2.81	6.1
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<b>40</b>	<b>5.0</b>	<b>1.19</b>	<b>3.87</b>	<b>0.55</b>	<b>1.04</b>	<b>0.26</b>	<b>0.60</b>	<b>4.72</b>	<b>2.47</b>	<b>2.9</b>
<b>Stabw.</b>		<b>8</b>	<b>0.4</b>	<b>0.37</b>	<b>1.62</b>	<b>0.23</b>	<b>0.42</b>	<b>0.31</b>	<b>0.40</b>	<b>2.92</b>	<b>0.76</b>	<b>2.3</b>



Tabelle 56: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bodenlysimeterproben Vorderreuterstein 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
FI-K	04-07-1996	83	6.7	4.65	8.86	0.49	0.39	0.01	0.87	4.24	5.65	37.2
FI-K	12-07-1996	80	7.3	4.46	9.56	0.51	0.33	0.01	0.72	2.58	5.64	42.1
FI-K	19-07-1996	72	6.7	3.60	8.08	0.81	0.46	0.01	0.58	2.92	5.49	34.2
FI-K	26-07-1996	49	6.7	2.15	5.51	0.52	0.36	0.01	0.99	2.06	6.11	17.1
FI-K	01-08-1996	57	6.9	2.51	8.84	0.53	0.53	0.02	1.09	6.79	5.08	17.7
FI-K	09-08-1996	83	7.3	4.51	10.28	0.67	0.55	0.02	0.78	5.75	4.75	36.6
FI-K	16-08-1996	58	6.9	2.76	7.63	0.69	0.65	0.01	0.69	2.50	4.70	23.8
FI-K	23-08-1996	60	6.9	3.12	9.26	0.68	0.56	0.01	0.68	3.16	5.09	27.5
FI-K	26-08-1996	<b>53</b>	<b>6.8</b>	<b>2.33</b>	<b>6.79</b>	<b>0.66</b>	<b>0.64</b>	<b>0.01</b>	<b>0.65</b>	<b>2.86</b>	<b>4.85</b>	<b>19.5</b>
FI-K	31-08-1996	53	6.8	2.33	6.79	0.66	0.64	0.01	0.65	2.86	4.85	19.5
FI-K	06-09-1996	67	6.7	3.42	7.95	0.62	0.53	0.01	0.76	4.39	5.44	26.2
FI-K	14-09-1996	76	6.9	3.91	8.91	0.62	0.52	0.01	0.73	3.32	6.09	32.3
FI-K	19-09-1996	69	7.1	3.70	8.28	0.65	0.62	0.00	0.69	2.98	6.60	31.7
FI-K	27-09-1996	56	7.0	2.79	6.55	0.53	0.47	0.00	0.60	2.82	6.26	27.5
FI-K	04-10-1996	57	7.1	2.95	7.44	0.54	0.56	0.01	0.65	2.78	6.13	25.6
FI-K	11-10-1996	47	6.8	2.15	5.64	0.54	0.38	<b>0.01</b>	0.70	2.87	6.51	15.9
FI-K	18-10-1996	52	7.2	2.92	7.13	0.54	0.65	0.01	0.76	2.25	6.79	23.2
FI-K	25-10-1996	63	7.2	3.08	7.00	0.43	0.35	<b>0.01</b>	0.78	3.20	5.90	25.6
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>62</b>	<b>6.9</b>	<b>3.10</b>	<b>7.74</b>	<b>0.60</b>	<b>0.52</b>	<b>0.01</b>	<b>0.73</b>	<b>3.30</b>	<b>5.66</b>	<b>26.2</b>
<b>Stabw.</b>		<b>11</b>	<b>0.2</b>	<b>0.74</b>	<b>1.34</b>	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.13</b>	<b>1.24</b>	<b>0.70</b>	<b>7.3</b>
<b>Mittelw. gewichtet bis 4.10.</b>		<b>69</b>	<b>7.0</b>	<b>3.55</b>	<b>8.38</b>	<b>0.62</b>	<b>0.53</b>	<b>0.01</b>	<b>0.71</b>	<b>3.47</b>	<b>5.69</b>	<b>30.3</b>

Tabelle 57: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bodenlysimeterproben Vorderreuterstein 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probeffläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
FI-K	20-05-1997	84	7.5	3.69	11.71	0.43	0.15	<i>0.01</i>	0.82	4.72	3.51	<i>25.0</i>
FI-K	29-05-1997	39	6.0	1.24	4.17	0.50	0.63	0.02	1.11	8.96	3.48	4.9
FI-K	03-06-1997	49	6.7	2.02	6.27	1.29	2.47	0.01	0.97	9.46	3.86	11.6
FI-K	10-06-1997	58	7.0	6.41	9.35	0.48	0.50	0.01	0.85	7.06	3.98	18.3
FI-K	18-06-1997	55	6.9	1.79	5.49	0.41	0.56	0.01	0.74	7.58	3.42	17.7
FI-K	25-06-1997	46	6.6	1.60	5.03	0.40	0.54	0.01	0.72	8.11	3.43	11.0
FI-K	02-07-1997	<i>44</i>	<i>6.0</i>	<i>1.47</i>	<i>4.54</i>	<i>0.37</i>	<i>0.40</i>	<i>0.00</i>	<i>0.73</i>	<i>6.59</i>	<i>3.10</i>	<i>13.4</i>
FI-K	10-07-1997	44	6.0	1.47	4.54	0.37	0.40	0.00	0.73	6.59	3.10	13.4
FI-K	16-07-1997	41	6.5	1.39	4.53	0.47	0.69	0.00	0.52	4.61	3.60	13.4
FI-K	22-07-1997	63	6.6	3.04	6.82	0.48	0.45	0.00	0.53	3.23	4.44	28.1
FI-K	31-07-1997	50	6.6	2.36	7.39	0.41	0.53	0.00	0.40	1.25	4.75	21.4
FI-K	04-08-1997	48	6.6	2.30	5.64	0.45	0.47	0.00	0.55	1.47	4.43	23.2
FI-K	11-08-1997	44	6.6	2.12	5.66	0.44	0.70	0.01	0.55	2.20	4.33	19.5
FI-K	20-08-1997	62	7.0	<i>2.10</i>	<i>6.00</i>	<i>0.42</i>	<i>0.50</i>	0.00	0.54	0.88	4.46	26.2
FI-K	25-08-1997	63	7.3	2.27	6.28	0.42	0.41	<i>0.00</i>	0.56	1.03	4.09	<i>20.0</i>
FI-K	03-09-1997	61	7.1	1.85	5.41	0.36	0.58	<i>0.00</i>	0.47	3.76	3.34	19.5
FI-K	08-09-1997	90	7.4	4.17	11.33	0.53	0.44	<i>0.00</i>	0.54	0.01	3.35	<i>15.0</i>
FI-K	16-09-1997	65	7.1	2.60	7.61	0.67	0.58	<i>0.01</i>	1.01	1.31	3.70	<i>15.0</i>
FI-K	22-09-1997	76	7.4	3.03	8.38	0.49	0.19	<i>0.01</i>	1.09	2.24	3.76	<i>15.0</i>
FI-K	06-10-1997	42	5.9	1.40	4.44	0.47	0.58	0.04	1.02	9.57	3.44	6.1
FI-K	14-10-1997	51	6.7	1.83	5.80	0.49	0.53	0.02	1.04	8.48	3.62	14.0
<i>Mittelwert</i>	<i>arithmetisch</i>	<i>56</i>	<i>6.7</i>	<i>2.39</i>	<i>6.49</i>	<i>0.49</i>	<i>0.59</i>	<i>0.01</i>	<i>0.74</i>	<i>4.72</i>	<i>3.77</i>	<i>16.7</i>
<i>Stabw.</i>		<i>14</i>	<i>0.5</i>	<i>1.20</i>	<i>2.15</i>	<i>0.19</i>	<i>0.45</i>	<i>0.01</i>	<i>0.23</i>	<i>3.25</i>	<i>0.48</i>	<i>6.1</i>

Tabelle 58: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Steyernquelle 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-FR	05-07-1996											
BU-FR	12-07-1996	7	5.5	0.15	0.99	0.07	0.08	0.25	0.07	1.12	1.23	4.3
BU-FR	19-07-1996	<b>41</b>	<b>7.0</b>	<b>0.39</b>	<b>1.20</b>	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>1.48</b>	<b>0.26</b>	<b>2.61</b>	<b>3.70</b>	<b>6.7</b>
BU-FR	26-07-1996	41	7.0	0.39	1.20	0.07	0.09	1.48	0.26	2.61	3.70	6.7
BU-FR	01-08-1996	16	6.8	0.39	1.09	0.08	0.11	0.69	0.06	1.31	1.14	6.1
BU-FR	09-08-1996	10	6.8	0.20	0.59	0.06	0.08	0.24	0.03	1.00	1.07	3.1
BU-FR	16-08-1996	11	6.4	0.25	0.81	0.05	0.10	0.33	0.11	1.08	0.47	4.3
BU-FR	23-08-1996	18	5.9	0.22	0.84	0.00	0.18	1.08	0.11	2.75	3.38	3.7
BU-FR	26-08-1998	<b>7</b>	<b>7.3</b>	<b>0.24</b>	<b>0.84</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	<b>0.23</b>	<b>0.11</b>	<b>1.10</b>	<b>1.30</b>	<b>3.7</b>
BU-FR	31-08-1996	7	7.3	0.24	0.84	0.05	0.09	0.23	0.11	1.10	1.30	3.7
BU-FR	06-09-1996	18	5.4	0.12	0.60	0.14	0.23	0.49	0.12	1.82	2.72	0.6
BU-FR	14-09-1996	11	5.8	0.18	0.68	0.08	0.12	0.44	0.08	1.84	1.18	2.4
BU-FR	19-09-1996	8.5	6.3	0.11	0.37	0.06	0.07	0.50	0.33	1.72	3.63	3.1
BU-FR	27-09-1996	11.4	5.5	0.15	0.57	0.18	0.19	0.21	0.34	1.99	4.03	0.6
BU-FR	04-10-1996	9.9	5.8	0.28	0.85	0.40	0.21	0.24	0.35	2.18	3.68	4.9
BU-FR	11-10-1996	16.9	5.6	0.18	1.18	0.05	0.05	0.56	0.29	2.92	4.09	<b>1.0</b>
BU-FR	18-10-1996	20.1	6.1	0.42	1.38	0.05	0.24	0.92	0.32	4.42	3.88	1.2
BU-FR	25-10-1996	5	6.3	0.19	0.94	0.06	1.27	<b>0.90</b>	0.18	0.85	1.13	3.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>15</b>	<b>6.3</b>	<b>0.24</b>	<b>0.88</b>	<b>0.09</b>	<b>0.19</b>	<b>0.60</b>	<b>0.18</b>	<b>1.91</b>	<b>2.45</b>	<b>3.5</b>
<b>Stabw.</b>		<b>11</b>	<b>0.6</b>	<b>0.10</b>	<b>0.27</b>	<b>0.09</b>	<b>0.28</b>	<b>0.43</b>	<b>0.11</b>	<b>0.94</b>	<b>1.35</b>	<b>1.9</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>21</b>	<b>6.5</b>	<b>0.24</b>	<b>0.99</b>	<b>0.11</b>	<b>0.42</b>	<b>0.65</b>	<b>0.20</b>	<b>1.93</b>	<b>2.48</b>	<b>3.1</b>

Tabelle 59: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Freilandniederschlagsproben Steyernquelle 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-FR	20-05-1997	<b>34.7</b>	<b>6.8</b>	<b>0.64</b>	<b>2.34</b>	<b>0.51</b>	<b>0.77</b>	<b>2.17</b>	<b>0.43</b>	<b>4.81</b>	<b>3.46</b>	<b>9.2</b>
BU-FR	29-05-1997	34.7	6.8	0.64	2.34	0.51	0.77	2.17	0.43	4.81	3.46	9.2
BU-FR	03-06-1997	29.4	6.9	1.22	4.18	0.24	0.12	2.04	0.32	3.25	3.43	8.5
BU-FR	10-06-1997	24.4	7.0	0.64	2.68	0.12	0.09	1.56	0.37	2.76	2.26	7.9
BU-FR	18-06-1997	12	6.7	0.13	0.59	0.02	0.12	0.74	0.13	1.28	0.84	6.7
BU-FR	25-06-1997	8.5	6.6	0.35	1.14	0.03	0.03	0.44	0.10	1.01	0.86	4.3
BU-FR	02-07-1997	15	6.6	0.39	1.35	0.17	0.06	0.49	0.38	1.59	1.11	6.1
BU-FR	10-07-1997	13	7.1	0.15	0.58	0.11	0.06	0.43	0.09	1.30	1.11	<b>4.0</b>
BU-FR	16-07-1997	13.2	6.5	0.21	1.27	0.09	0.04	0.50	0.12	1.87	1.54	3.7
BU-FR	22-07-1997	8.6	5.8	0.11	0.02	0.04	0.04	0.33	0.12	1.21	1.09	7.9
BU-FR	31-07-1997	13.7	6.3	0.30	1.07	0.07	0.07	0.66	0.21	2.08	0.11	3.7
BU-FR	04-08-1997	8.2	6.3	0.09	0.39	0.05	0.02	0.43	0.08	1.59	0.89	3.7
BU-FR	11-08-1997	12.7	6.3	<b>0.09</b>	<b>0.39</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	0.43	0.16	1.59	1.78	<b>4.0</b>
BU-FR	20-08-1997	12.7	5.8	<b>0.09</b>	<b>0.39</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	0.34	0.11	1.17	1.34	4.9
BU-FR	25-08-1997											
BU-FR	03-09-1997	6.8	6.6	0.24	0.57	0.07	0.04	0.02	0.27	0.05	0.31	3.1
BU-FR	08-09-1997	28.5	6.8	0.60	1.48	0.10	0.52	0.86	0.35	2.09	2.39	8.5
BU-FR	16-09-1997	10.7	6.7	0.60	1.78	0.12	0.26	0.03	0.82	0.09	1.44	3.7
BU-FR	22-09-1997	15.1	6.6	0.52	1.28	0.04	0.33	0.03	0.25	1.28	2.54	4.3
BU-FR	06-10-1997	14.7	5.4	0.31	0.94	0.12	0.01	0.57	0.32	2.81	1.98	2.4
BU-FR	14-10-1997	7	5.8	0.52	<b>0.70</b>	0.11	0.05	0.04	0.25	1.52	0.74	0.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>16</b>	<b>6.5</b>	<b>0.39</b>	<b>1.27</b>	<b>0.13</b>	<b>0.17</b>	<b>0.71</b>	<b>0.26</b>	<b>1.91</b>	<b>1.63</b>	<b>5.3</b>
<b>Stabw.</b>		<b>9</b>	<b>0.5</b>	<b>0.28</b>	<b>1.00</b>	<b>0.14</b>	<b>0.24</b>	<b>0.70</b>	<b>0.18</b>	<b>1.27</b>	<b>1.01</b>	<b>2.6</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>14</b>	<b>6.3</b>	<b>0.27</b>	<b>0.88</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.60</b>	<b>0.20</b>	<b>1.80</b>	<b>1.41</b>	<b>5.0</b>



Tabelle 60: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Steyrnquelle 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-B	04-07-1996	18	5.5	0.33	1.10	0.73	0.64	0.78	0.11	3.07	3.02	6.1
BU-B	12-07-1996	10	5.4	0.31	1.05	0.08	0.52	0.17	0.13	1.63	1.35	3.7
BU-B	19-07-1996	50	7.2	0.73	3.05	0.13	1.31	<b>1.50</b>	0.27	1.98	2.06	<b>6.7</b>
BU-B	26-07-1996	48	6.5	0.91	3.10	0.14	1.44	1.54	0.41	6.13	4.69	6.7
BU-B	01-08-1996	20	<b>6.5</b>	0.89	2.73	0.07	0.71	0.67	0.13	2.46	1.62	10.4
BU-B	09-08-1996	12	6.5	0.32	1.09	0.10	0.51	0.22	0.15	1.85	1.09	4.3
BU-B	16-08-1996	12	6.5	0.31	1.50	0.05	0.63	0.22	0.10	1.11	0.45	4.9
BU-B	23-08-1996	27	6.5	0.45	1.77	0.00	1.02	1.07	0.07	3.79	3.55	4.9
BU-B	26-08-1996	<b>16</b>	<b>7.4</b>	<b>0.34</b>	<b>1.13</b>	<b>0.09</b>	<b>0.71</b>	<b>0.49</b>	<b>0.14</b>	<b>1.47</b>	<b>1.45</b>	<b>5.5</b>
BU-B	31-08-1996	16	7.4	0.34	1.13	0.09	0.71	0.49	0.14	1.47	1.45	5.5
BU-B	06-09-1996	19	6.3	0.28	1.09	0.06	0.90	0.51	0.13	2.13	3.47	3.1
BU-B	14-09-1996	15	6.5	0.28	1.02	0.08	0.78	0.44	0.13	2.63	2.15	3.7
BU-B	19-09-1996	12.1	6.6	0.12	0.45	0.04	0.43	0.25	0.33	1.71	3.62	3.7
BU-B	27-09-1996	14.2	6.4	0.28	0.91	0.02	1.10	0.13	0.65	1.98	4.15	5.5
BU-B	04-10-1996	34.7	6.7	0.88	2.40	0.18	5.37	0.06	0.69	2.65	3.90	13.4
BU-B	11-10-1996	36.9	6.9	1.05	2.34	0.06	5.72	0.13	0.63	2.32	4.23	11.0
BU-B	18-10-1996	55.8	7.1	1.83	3.04	0.08	9.79	0.20	0.95	4.65	4.59	20.7
BU-B	25-10-1996	33.8	6.7	0.30	0.82	0.07	0.23	<b>0.10</b>	0.28	1.03	1.64	6.1
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>25</b>	<b>6.7</b>	<b>0.56</b>	<b>1.68</b>	<b>0.08</b>	<b>1.88</b>	<b>0.48</b>	<b>0.31</b>	<b>2.41</b>	<b>2.67</b>	<b>7.0</b>
<b>Stabw.</b>		<b>15</b>	<b>0.5</b>	<b>0.43</b>	<b>0.89</b>	<b>0.04</b>	<b>2.59</b>	<b>0.47</b>	<b>0.26</b>	<b>1.33</b>	<b>1.40</b>	<b>4.5</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>21</b>	<b>6.5</b>	<b>0.39</b>	<b>1.23</b>	<b>0.07</b>	<b>1.12</b>	<b>0.31</b>	<b>0.27</b>	<b>1.99</b>	<b>2.42</b>	<b>5.6</b>

Tabelle 61: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bestandesniederschlagsproben Steyrernquelle 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-B	20-05-1997	115	6.4	2.92	6.30	0.86	16.69	0.35	1.66	0.20	6.85	45.2
BU-B	29-05-1997	25.9	6.7	0.86	2.44	0.11	1.10	1.35	0.22	3.92	2.39	6.1
BU-B	03-06-1997	76.2	6.7	1.33	3.36	0.23	2.26	5.35	0.63	10.91	8.96	15.9
BU-B	10-06-1997	37.4	7.0	0.73	1.95	0.12	1.26	2.19	0.26	5.26	3.71	9.2
BU-B	18-06-1997	19	6.9	0.40	1.72	0.04	0.46	0.77	0.11	2.24	1.24	9.8
BU-B	25-06-1997	15.6	6.8	0.24	0.77	0.05	0.52	0.51	0.11	1.74	1.01	4.9
BU-B	02-07-1997	20	6.4	0.43	1.64	0.12	0.80	0.63	0.57	2.96	1.32	5.5
BU-B	10-07-1997	11	7.2	0.28	0.97	0.05	0.32	0.47	0.11	1.59	1.23	23.2
BU-B	16-07-1997	16.2	6.4	0.31	1.53	0.12	0.67	0.76	0.13	2.66	2.12	6.1
BU-B	22-07-1997	10.3	6.2	0.14	0.64	0.11	0.48	0.31	0.26	1.46	1.19	4.9
BU-B	31-07-1997	23.6	6.6	0.43	1.51	0.06	0.85	1.20	0.15	3.37	1.08	5.5
BU-B	04-08-1997	13.7	6.4	0.32	1.02	0.07	0.54	0.59	0.22	2.55	1.14	6.7
BU-B	11-08-1997	23.6	6.7	<b>0.43</b>	<b>1.51</b>	<b>0.06</b>	<b>0.85</b>	1.14	0.18	3.13	2.22	21.4
BU-B	20-08-1997	24.7	6.4	<b>0.37</b>	<b>1.26</b>	<b>0.06</b>	<b>0.69</b>	0.86	0.08	2.07	1.96	11.0
BU-B	25-08-1997											
BU-B	03-09-1997	20.6	6.8	0.36	1.54	0.56	0.91	0.57	3.62	1.66	0.66	9.8
BU-B	08-09-1997	36.5	6.8	0.55	1.63	0.16	1.58	1.30	0.25	5.17	2.09	7.9
BU-B	16-09-1997	29.1	6.7	0.62	1.93	0.13	1.52	1.33	0.47	4.40	2.04	7.3
BU-B	22-09-1997	33.9	6.6	0.68	2.09	0.22	2.23	1.70	0.28	4.96	3.68	7.9
BU-B	06-10-1997	22.9	6.3	0.46	1.36	0.40	1.73	1.26	0.31	3.79	2.50	13.4
BU-B	14-10-1997	22.8	6.6	0.66	4.37	0.44	2.22	0.30	0.53	2.38	1.29	12.2
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>30</b>	<b>6.6</b>	<b>0.62</b>	<b>1.98</b>	<b>0.20</b>	<b>1.88</b>	<b>1.15</b>	<b>0.51</b>	<b>3.32</b>	<b>2.43</b>	<b>11.7</b>
<b>Stabw.</b>		<b>25</b>	<b>0.2</b>	<b>0.60</b>	<b>1.33</b>	<b>0.21</b>	<b>3.54</b>	<b>1.11</b>	<b>0.81</b>	<b>2.24</b>	<b>2.07</b>	<b>9.4</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>19</b>	<b>6.6</b>	<b>0.41</b>	<b>1.52</b>	<b>0.16</b>	<b>0.93</b>	<b>0.79</b>	<b>0.40</b>	<b>2.61</b>	<b>1.68</b>	<b>10.3</b>

Tabelle 62: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Stammabflußproben Steyrerquelle 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-ST	04-07-1996	14	5.2	0.22	0.78	0.07	1.58	0.03	0.10	1.21	1.98	3.1
BU-ST	12-07-1996	10	5.8	0.30	0.96	0.06	2.24	0.10	0.00	0.83	1.02	5.5
BU-ST	19-07-1996	76	6.5	0.37	1.53	0.22	2.83	<b>0.10</b>	0.06	0.45	1.43	22.0
BU-ST	26-07-1996	31	6.1	0.26	1.17	0.17	4.46	0.95	0.33	4.45	3.88	3.7
BU-ST	01-08-1996	20	6.6	0.23	1.07	0.10	2.51	0.42	0.12	1.76	1.61	4.3
BU-ST	09-08-1996	10	6.4	0.22	0.71	0.06	1.76	0.21	0.05	0.89	1.11	4.9
BU-ST	16-08-1996	12	6.6	0.16	0.50	0.06	1.61	0.23	0.29	0.58	0.30	4.3
BU-ST	23-08-1996	22	6.5	0.92	2.78	0.23	3.50	0.68	0.02	2.53	2.95	5.5
BU-ST	26-08-1996	<b>15</b>	<b>7.3</b>	<b>0.19</b>	<b>0.70</b>	<b>0.00</b>	<b>2.19</b>	<b>0.35</b>	<b>0.12</b>	<b>1.20</b>	<b>1.51</b>	<b>4.9</b>
BU-ST	31-08-1996	15	7.3	0.19	0.70	0.00	2.19	0.35	0.12	1.20	1.51	4.9
BU-ST	06-09-1996	21	6.5	0.18	0.70	0.11	1.20	0.36	0.03	1.31	3.14	7.3
BU-ST	14-09-1996	15	6.8	0.24	0.90	0.20	2.25	0.28	0.08	1.89	1.51	4.9
BU-ST	19-09-1996	11.5	6.5	0.11	0.28	0.10	1.26	0.17	0.32	1.67	3.64	3.7
BU-ST	27-09-1996	17.8	6.4	0.14	0.52	0.03	2.50	0.25	0.32	1.83	4.33	6.1
BU-ST	04-10-1996	22.2	6.7	0.18	0.70	0.08	3.30	0.29	0.50	2.98	3.97	5.5
BU-ST	11-10-1996	23.4	6.7	0.30	1.08	0.04	5.58	0.23	0.45	2.54	3.92	4.9
BU-ST	18-10-1996	19.7	7.0	0.64	2.11	0.11	4.23	0.22	0.34	1.37	3.89	5.5
BU-ST	25-10-1996	10.4	6.7	0.34	1.06	<b>0.10</b>	<b>5.00</b>	<b>0.20</b>	0.15	0.71	1.06	4.9
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>21</b>	<b>6.6</b>	<b>0.29</b>	<b>1.03</b>	<b>0.10</b>	<b>2.86</b>	<b>0.32</b>	<b>0.19</b>	<b>1.66</b>	<b>2.40</b>	<b>6.0</b>
<b>Stabw.</b>		<b>15</b>	<b>0.4</b>	<b>0.20</b>	<b>0.62</b>	<b>0.07</b>	<b>1.30</b>	<b>0.21</b>	<b>0.16</b>	<b>1.02</b>	<b>1.35</b>	<b>4.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>15</b>	<b>6.5</b>	<b>0.24</b>	<b>0.81</b>	<b>0.10</b>	<b>2.50</b>	<b>0.27</b>	<b>0.17</b>	<b>1.43</b>	<b>2.24</b>	<b>5.1</b>

Tabelle 63: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Stammauflupproben Steyernquelle 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
BU-ST	20-05-1997	20.5	6.5	0.30	1.00	0.86	1.92	0.87	0.27	2.09	1.56	4.3
BU-ST	29-05-1997	20.5	6.5	0.30	1.00	0.86	1.92	0.87	0.27	2.09	1.56	4.3
BU-ST	03-06-1997	68.8	6.5	0.88	2.67	0.33	3.10	4.27	0.72	11.35	9.77	6.7
BU-ST	10-06-1997	22.3	6.1	0.42	1.27	0.13	1.76	0.81	2.44	3.70	3.08	7.9
BU-ST	18-06-1997	15	7.0	0.15	0.90	0.06	1.14	0.64	0.14	1.77	1.12	7.3
BU-ST	25-06-1997	9.5	6.5	0.26	0.72	0.08	1.29	0.26	0.17	0.92	0.82	3.7
BU-ST	02-07-1997	17	6.4	0.25	0.75	0.13	1.87	0.65	0.57	2.20	1.09	4.9
BU-ST	10-07-1997	9	6.3	0.03	1.16	0.08	0.99	0.15	0.06	1.45	1.11	4.3
BU-ST	16-07-1997	13.1	6.7	0.07	1.34	0.17	1.58	0.50	0.23	2.05	1.57	6.1
BU-ST	22-07-1997	10.9	6.7	0.13	0.47	0.17	1.60	0.25	0.08	1.07	1.23	7.3
BU-ST	31-07-1997	17.5	6.5	0.48	1.80	0.00	0.03	0.80	0.08	2.09	1.32	7.9
BU-ST	04-08-1997	14.6	6.6	1.69	4.42	0.15	0.82	0.57	0.20	1.35	1.28	9.2
BU-ST	11-08-1997	24.2	6.9	1.00	2.00	0.10	1.00	1.11	0.31	2.77	2.20	4.9
BU-ST	20-08-1997	28.2	6.1	1.00	2.00	0.10	1.00	0.91	0.39	2.06	1.74	4.3
BU-ST	25-08-1997											
BU-ST	03-09-1997	21.3	6.8	0.23	0.66	0.09	1.70	0.51	0.31	1.44	0.78	7.3
BU-ST	08-09-1997	40	6.9	0.38	0.97	0.14	2.86	1.93	0.37	4.82	2.52	9.2
BU-ST	16-09-1997	30.1	6.8	0.21	1.17	0.12	2.57	1.42	0.40	5.01	2.02	5.5
BU-ST	22-09-1997	34.6	7.0	0.28	1.87	0.06	2.71	1.64	0.30	4.98	4.14	4.3
BU-ST	06-10-1997	20.3	6.2	0.44	1.47	0.11	1.89	1.34	0.38	3.27	2.51	7.3
BU-ST	14-10-1997	16.6	6.4	0.17	2.85	0.21	1.83	0.99	0.42	2.40	1.50	6.7
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>23</b>	<b>6.6</b>	<b>0.43</b>	<b>1.52</b>	<b>0.20</b>	<b>1.68</b>	<b>1.03</b>	<b>0.40</b>	<b>2.94</b>	<b>2.15</b>	<b>6.2</b>
<b>Stabw.</b>		<b>14</b>	<b>0.3</b>	<b>0.41</b>	<b>0.94</b>	<b>0.24</b>	<b>0.75</b>	<b>0.89</b>	<b>0.51</b>	<b>2.34</b>	<b>1.97</b>	<b>1.7</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>gewichtet</b>	<b>17</b>	<b>6.5</b>	<b>0.44</b>	<b>1.58</b>	<b>0.20</b>	<b>1.46</b>	<b>0.70</b>	<b>0.27</b>	<b>2.04</b>	<b>1.56</b>	<b>6.2</b>



Tabelle 64: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humuslysimeterproben Steyerquelle 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-P	04-07-1996	50	6.9	2.40	5.99	0.23	2.09	0.03	0.16	3.02	2.78	24.4
BU-P	12-07-1996	40	6.8	2.08	5.39	0.14	1.85	0.01	0.15	1.81	1.25	22.6
BU-P	19-07-1996	196	8.0	8.93	34.78	0.49	0.69	<b>0.01</b>	0.27	8.99	3.48	<b>20.0</b>
BU-P	26-07-1996	58	7.0	5.39	15.06	0.25	2.03	0.02	0.31	2.68	2.49	18.9
BU-P	01-08-1996	58	6.9	4.08	11.57	0.27	2.14	0.01	0.37	4.45	3.36	23.8
BU-P	09-08-1996	42	7.0	2.21	5.87	0.12	1.46	0.01	0.09	1.09	1.15	24.4
BU-P	16-08-1996	44	7.4	2.11	5.50	0.32	1.52	0.01	0.03	0.38	0.69	23.8
BU-P	23-08-1996	55	7.5	2.72	6.96	0.95	2.17	0.00	0.06	1.22	1.64	28.7
BU-P	26-08-1996	<b>55</b>	<b>7.5</b>	<b>2.84</b>	<b>7.34</b>	<b>0.68</b>	<b>2.64</b>	<b>0.01</b>	<b>0.98</b>	<b>1.82</b>	<b>2.77</b>	<b>26.8</b>
BU-P	31-08-1996	55	7.5	2.84	7.34	0.68	2.64	0.01	0.98	1.82	2.77	26.8
BU-P	06-09-1996	54	7.0	2.50	6.37	0.10	1.77	0.00	0.01	2.08	3.02	24.4
BU-P	14-09-1996	47	7.3	2.20	5.46	0.08	1.33	0.01	0.14	2.28	3.13	21.4
BU-P	19-09-1996	34.7	7.2	1.49	3.62	0.06	1.10	0.01	0.30	1.65	3.56	18.9
BU-P	27-09-1996	42.4	7.1	2.02	5.39	0.11	2.02	0.00	1.65	1.61	4.18	22.6
BU-P	04-10-1996	51.4	7.2	2.42	6.26	0.13	2.35	0.01	0.66	1.96	4.16	25.0
BU-P	11-10-1996	57.6	7.1	2.59	6.74	0.12	4.41	0.00	0.49	1.31	3.89	0.5
BU-P	18-10-1996	77.1	7.4	4.16	11.10	4.49	7.08	0.01	<b>0.77</b>	2.01	6.82	30.5
BU-P	25-10-1996	49.6	7.1	2.03	5.25	0.15	4.70	<b>0.01</b>	0.65	0.75	2.47	26.2
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>60</b>	<b>7.2</b>	<b>3.09</b>	<b>8.82</b>	<b>0.54</b>	<b>2.46</b>	<b>0.01</b>	<b>0.47</b>	<b>2.23</b>	<b>2.99</b>	<b>22.7</b>
<b>Stabw.</b>		<b>36</b>	<b>0.3</b>	<b>1.79</b>	<b>7.27</b>	<b>1.05</b>	<b>1.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.44</b>	<b>1.95</b>	<b>1.44</b>	<b>6.6</b>
<b>Mittelw. gewichtet bis 4.10.</b>		<b>46</b>	<b>7.1</b>	<b>2.34</b>	<b>6.11</b>	<b>0.20</b>	<b>1.70</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>	<b>1.76</b>	<b>2.46</b>	<b>23.1</b>

Tabelle 65: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Humustysimeterproben Steyerquelle 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-P	20-05-1997	41	6.4	2.84	7.78	1.16	2.32	<i>0.01</i>	0.45	0.05	1.63	18.3
BU-P	29-05-1997	54	7.1	2.43	5.95	0.34	1.31	0.02	0.38	3.68	2.70	23.8
BU-P	03-06-1997	78.8	7.3	6.05	16.84	1.24	1.62	<i>0.00</i>	1.01	4.65	6.34	<i>20.0</i>
BU-P	10-06-1997	63.9	7.3	3.10	8.24	0.34	1.47	<i>0.00</i>	0.56	7.18	4.76	18.9
BU-P	18-06-1997	58	7.4	2.56	6.59	0.26	1.23	0.01	0.46	3.77	2.01	23.8
BU-P	25-06-1997	44.7	7.3	2.18	5.74	0.14	1.06	0.01	0.14	2.01	1.43	23.2
BU-P	02-07-1997	35	7.1	2.09	7.46	0.30	1.07	<i>0.01</i>	0.84	0.63	0.93	<i>20.0</i>
BU-P	10-07-1997	38	7.6	1.05	2.74	0.17	0.83	0.00	0.24	2.08	1.11	15.3
BU-P	16-07-1997	44.7	7.2	2.40	5.75	0.18	0.85	0.00	0.11	1.36	1.92	20.1
BU-P	22-07-1997	26.2	6.7	1.19	3.32	0.13	0.61	0.00	0.13	0.13	0.87	15.3
BU-P	31-07-1997	40.8	7.2	1.94	5.34	0.20	0.82	0.01	0.23	0.13	1.94	21.4
BU-P	04-08-1997	38.3	7.2	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	0.08	1.48	0.02	0.15	2.19	1.45	32.9
BU-P	11-08-1997	41.3	<i>7.1</i>	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>0.10</i>	<i>1.00</i>	<i>0.01</i>	0.14	1.98	1.38	<i>20.0</i>
BU-P	20-08-1997	58.7	7.1	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>0.10</i>	<i>1.00</i>	<i>0.01</i>	<i>0.10</i>	2.60	1.73	<i>20.0</i>
BU-P	25-08-1997	52.7	7.5	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>0.10</i>	<i>1.00</i>	<i>0.01</i>	<i>0.20</i>	<i>3.00</i>	<i>1.50</i>	<i>20.0</i>
BU-P	03-09-1997	42	7.2	1.43	4.36	0.12	0.98	0.12	0.21	3.30	0.71	13.4
BU-P	08-09-1997	74.1	7.3	2.89	7.37	0.35	1.53	<i>0.05</i>	0.43	2.23	2.10	<i>20.0</i>
BU-P	16-09-1997	57.1	7.3	2.85	7.22	0.75	1.19	<i>0.05</i>	0.60	3.45	1.65	<i>20.0</i>
BU-P	22-09-1997	60.1	7.2	3.01	7.27	0.59	1.24	<i>0.05</i>	0.64	6.01	2.43	<i>20.0</i>
BU-P	06-10-1997	47.3	7.0	2.16	5.89	0.16	1.11	0.06	0.25	4.08	2.84	20.7
BU-P	14-10-1997	49.2	7.0	2.34	5.99	<i>0.10</i>	1.47	0.03	<i>0.10</i>	4.50	2.57	18.9
<b>Mittelwert</b>	<i>arithmetisch</i>	<i>50</i>	<i>7.2</i>	<i>2.41</i>	<i>6.37</i>	<i>0.33</i>	<i>1.20</i>	<i>0.02</i>	<i>0.35</i>	<i>2.81</i>	<i>2.09</i>	<i>20.3</i>
<b>Stabw.</b>		<i>13</i>	<i>0.3</i>	<i>1.00</i>	<i>2.79</i>	<i>0.34</i>	<i>0.37</i>	<i>0.03</i>	<i>0.26</i>	<i>1.88</i>	<i>1.31</i>	<i>3.9</i>

Tabelle 66: Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}$ ], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bodenlysimeterproben Steyrerquelle 1996; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-K	04-07-1996	301	7.7	<b>15.00</b>	<b>50.00</b>	0.34	0.21	0.01	0.56	20.12	4.59	164.7
BU-K	12-07-1996	304	7.8	<b>15.00</b>	<b>50.00</b>	0.35	0.22	0.01	0.47	19.98	4.57	170.8
BU-K	19-07-1996	328	7.6	16.23	55.59	0.32	0.28	0.02	0.38	21.08	4.08	180.6
BU-K	26-07-1996	274	8.0	14.18	46.03	0.40	0.24	0.07	0.34	16.23	3.99	148.9
BU-K	01-08-1996	218	7.9	10.85	34.90	0.53	0.30	<b>0.02</b>	0.53	7.93	3.75	<b>150.0</b>
BU-K	09-08-1996	290	8.0	14.58	51.78	0.41	0.38	0.03	0.42	12.84	4.52	178.2
BU-K	16-08-1996	297	7.9	16.89	59.04	0.34	0.27	0.02	0.28	10.29	3.50	170.2
BU-K	23-08-1996	295	8.3	18.95	63.73	0.16	0.19	0.00	0.29	8.39	2.96	183.7
BU-K	26-08-1998	<b>316</b>	<b>8.1</b>	<b>15.97</b>	<b>55.85</b>	<b>0.22</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.25</b>	<b>5.47</b>	<b>3.25</b>	<b>194.6</b>
BU-K	31-08-1996	316	8.1	15.97	55.85	0.22	0.27	0.00	0.25	5.47	3.25	194.6
BU-K	06-09-1996	333	7.9	16.78	70.55	0.30	0.42	0.00	0.18	7.57	2.92	206.8
BU-K	14-09-1996	369	8.1	17.18	63.55	0.20	0.24	0.00	0.17	6.01	2.73	232.5
BU-K	19-09-1996	338	8.2	21.58	85.64	0.16	0.17	0.00	0.33	4.90	4.22	222.7
BU-K	27-09-1996	334	8.2	14.85	57.08	0.23	0.34	0.00	0.41	2.50	4.22	222.7
BU-K	04-10-1996	351	8.2	16.67	62.62	0.16	0.18	0.00	0.36	2.26	4.04	234.9
BU-K	11-10-1996	354	8.3	17.28	70.14	0.15	0.17	0.00	0.37	2.79	3.85	236.1
BU-K	18-10-1996	313	8.3	16.91	68.43	0.17	0.15	0.00	0.41	2.46	3.70	228.8
BU-K	25-10-1996	312	7.9	15.11	61.67	0.17	0.12	<b>0.02</b>	0.44	3.47	2.86	198.3
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>314</b>	<b>8.0</b>	<b>16.18</b>	<b>59.56</b>	<b>0.26</b>	<b>0.25</b>	<b>0.01</b>	<b>0.35</b>	<b>8.21</b>	<b>3.67</b>	<b>197.3</b>
<b>Stabw.</b>		<b>35</b>	<b>0.2</b>	<b>2.24</b>	<b>11.27</b>	<b>0.11</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>	<b>0.10</b>	<b>6.01</b>	<b>0.59</b>	<b>28.9</b>
<b>Mittelw. gewichtet bis 4.10.</b>		<b>325</b>	<b>8.0</b>	<b>16.74</b>	<b>61.94</b>	<b>0.27</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.30</b>	<b>8.86</b>	<b>3.61</b>	<b>202.0</b>

Tabelle 67: Leitfähigkeit [µS], pH-Werte und Ionenkonzentrationen in den Bodenlysimeterproben Steyrnquelle 1997; korrigierte Werte fett/kursiv; alle [mg.l<sup>-1</sup>]

Probefläche	Datum	Leit- fähigkeit	pH-Wert	Mg	Ca	Na	K	NH4	Cl	NO3	SO4	HCO3
BU-K	20-05-1997	276	7.9	12.08	45.40	0.37	0.23	0.13	0.37	0.92	2.21	180.0
BU-K	29-05-1997	251	8.1	10.19	41.47	0.18	0.12	0.03	0.37	3.98	2.15	153.2
BU-K	03-06-1997	316	8.1	13.90	54.95	0.19	0.13	0.02	0.32	3.80	2.05	206.8
BU-K	10-06-1997	294	8.1	12.72	48.13	0.19	0.14	0.03	0.36	4.41	2.32	192.2
BU-K	18-06-1997	270	8.1	11.03	42.41	0.19	0.12	0.02	0.32	2.60	2.43	168.4
BU-K	25-06-1997	295	8.1	12.34	49.23	0.15	0.13	0.01	0.19	3.41	2.32	184.3
BU-K	02-07-1997	289	8.1	12.09	46.39	0.18	0.13	0.01	0.28	2.77	2.02	184.9
BU-K	10-07-1997	224	7.8	8.82	35.51	0.18	0.13	0.00	0.28	2.73	1.94	141.6
BU-K	16-07-1997	262	7.9	11.07	44.00	0.20	0.20	0.00	0.42	2.13	1.95	170.8
BU-K	22-07-1997	238	7.8	9.31	39.87	0.17	0.12	<b>0.00</b>	0.21	2.08	2.01	153.8
BU-K	31-07-1997	258	8.1	10.59	44.43	0.17	0.16	0.00	0.14	0.55	1.81	178.2
BU-K	04-08-1997	272	8.2	10.66	48.46	0.14	0.16	0.00	0.08	1.78	1.70	173.9
BU-K	11-08-1997	283	8.2	<b>11.00</b>	<b>50.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	0.00	0.19	4.07	1.68	176.9
BU-K	20-08-1997	31	8.0	<b>11.00</b>	<b>50.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	0.01	0.21	2.65	1.88	<b>175.0</b>
BU-K	25-08-1997	378	8.3	12.71	57.49	0.20	0.33	<b>0.01</b>	0.17	3.87	1.84	<b>175.0</b>
BU-K	03-09-1997	294	8.1	9.72	39.46	0.11	0.23	<b>0.01</b>	0.13	2.85	1.56	151.9
BU-K	08-09-1997	342	8.3	11.83	47.57	0.10	0.24	0.00	0.29	2.87	1.49	181.2
BU-K	16-09-1997	310	8.2	13.09	51.52	0.09	0.21	0.01	0.17	2.95	1.60	200.1
BU-K	22-09-1997	315	8.3	13.03	53.68	0.11	0.26	0.01	0.23	3.24	1.99	204.4
BU-K	06-10-1997	256	8.0	10.98	42.28	0.12	0.18	0.01	0.22	2.99	2.46	166.6
BU-K	14-10-1997	290	7.9	12.01	52.26	0.11	0.18	0.01	0.28	3.81	2.59	190.4
<b>Mittelwert</b>	<b>arithmetisch</b>	<b>274</b>	<b>8.1</b>	<b>11.44</b>	<b>46.88</b>	<b>0.16</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.25</b>	<b>2.88</b>	<b>2.00</b>	<b>176.6</b>
<b>Stabw.</b>		<b>66</b>	<b>0.1</b>	<b>1.32</b>	<b>5.59</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	<b>0.09</b>	<b>1.00</b>	<b>0.31</b>	<b>17.3</b>



### 5.2.1.1 Ionenbilanzen

Abbildung 11 bis 14 zeigen die mit der Niederschlags- bzw. Sickerwassermenge gewichteten mittleren Anteile an Kationen und Anionen (Ionenäquivalente) an der gesamten Ionensumme (Kationen + Anionen) sowie den aus der Bilanz (Kationen minus Anionen) errechneten Fehlbetrag für die Meßperiode 1996.

Auf der Schlagfläche sind Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag praktisch ident. Unterschiede sind nur auf unterschiedliche Sammelsysteme zurückzuführen. Die Ionenmuster in den beiden Proben sind sehr ähnlich, im Bulksammler dürfte aufgrund einer geringeren Distanz zur Forststraße gegenüber den Meßrinnen die Deposition basischer Stäube leicht erhöht sein. In diesen Kompartimenten zeigt die Ionenbilanz einen Überhang an Anionen von ca. 10 % der Ionensumme. Aufgrund der niedrigen Gesamtionenkonzentration (ca. 200  $\mu\text{mol IE.l}^{-1}$ ) ist dieser Fehler absolut gesehen eher gering. Mögliche Fehlerquellen liegen in der unterschiedlichen Probenbehandlung ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  und pH-Messung an der frischen Probe, restliche Kationen und Anionen an der filtrierten, tiefgekühlt aufbewahrten Probe).

Im Kronendurchlaß (Bestandesniederschlag Eiseneck Kultur und Eiseneck Altbestand) kann DOC durch Auswaschung von niedermolekularen organischen Substanzen aus Pflanzenorganen bereits einen gewissen Anteil an der Ionenbilanz einnehmen. Dadurch wäre der minimale Fehlbetrag auf der Anionenseite in den Bestandesniederschlägen der beiden Flächen erklärbar. Die nach Kontakt mit dem Grundgestein deutlich höher gesättigten Proben ‚Abfluß Stein‘ (1300  $\mu\text{mol IE.l}^{-1}$ ) und ‚Nadelöhr-Schacht‘ (5000  $\mu\text{mol IE.l}^{-1}$ ) zeigen in der Ionenbilanz einen Kationenüberschuß. Gerade in solchen Proben kann sich der Fehler der  $\text{HCO}_3^-$  Bestimmung, der bei der Titration auf einen fixen Endpunkt (pH 4.3) auftritt, deutlich auswirken. Gran-plot Methoden würden hier exaktere Ergebnisse liefern, sind allerdings wesentlich aufwendiger. Weiters ist natürlich nach wie vor die Probenbehandlung ein Problem, da in einem offenen Sammelgefäß immer eine starke Interaktion mit der Umgebungsluft gegeben ist. Da Hydrogencarbonat in dieser Untersuchung nur als Kontrollvariable für die Analytik dient, für die Interpretation der Bioelementkreisläufe aber keine Rolle spielt, darf dieser Fehler nicht überbewertet werden.

Die Ionenbilanz in den aus Humuslysimetern am Eiseneck gewonnenen Sickerwässern ist überraschend ausgeglichen. Die Anionenseite wird hier von DOC dominiert, wobei aus Literaturangaben eine Wertigkeit von 5 mmol IE je g C angenommen wurde.

Der Freilandniederschlag bei der Steyernquelle dürfte gegenüber dem Vorderreuterstein durch etwas höhere Staubeinträge geprägt sein. Woher der höhere K-Anteil im Freilandniederschlag dieser Fläche stammt ist allerdings unklar.

Die Humussickerwässer vom Fichtenbestand Vorderreuterstein zeigen ein gewaltiges Anionendefizit. Dieser ‚Fehlbetrag‘ ist höchstwahrscheinlich niedermolekularen Huminsäuren, welche bei der Mineralisierung des Auflagehumus entstehen, zuzuordnen. Im Mineralboden zeigen die Sickerwässer der Fichtenfläche und Buchenfläche bereits ein ähnliches Ionenmuster. Allerdings ist das Sickerwasser von der Buchenfläche mit beinahe 8000  $\mu\text{mol IE.l}^{-1}$  bereits hoch  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  gesättigt. Weiters ist der K-Anteil höher als auf der Fichtenfläche.

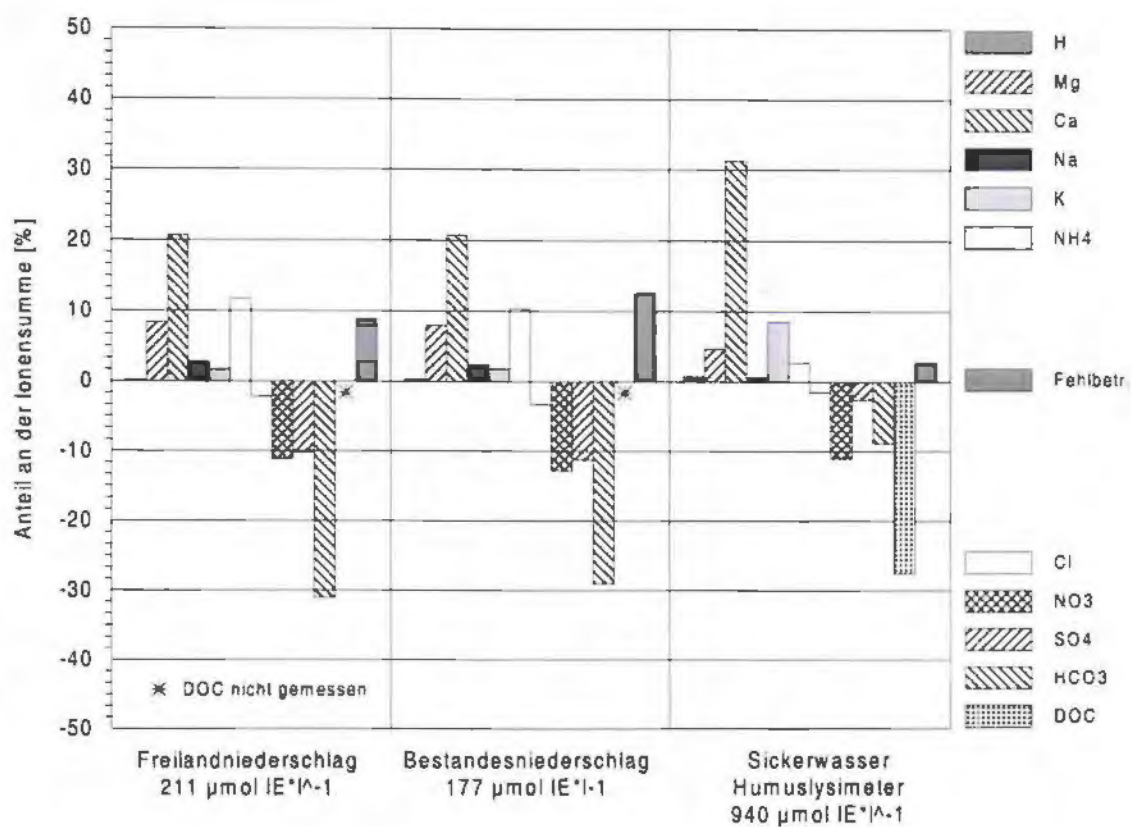


Abbildung 11: Ionenbilanz Eiseneck Schlag 1996

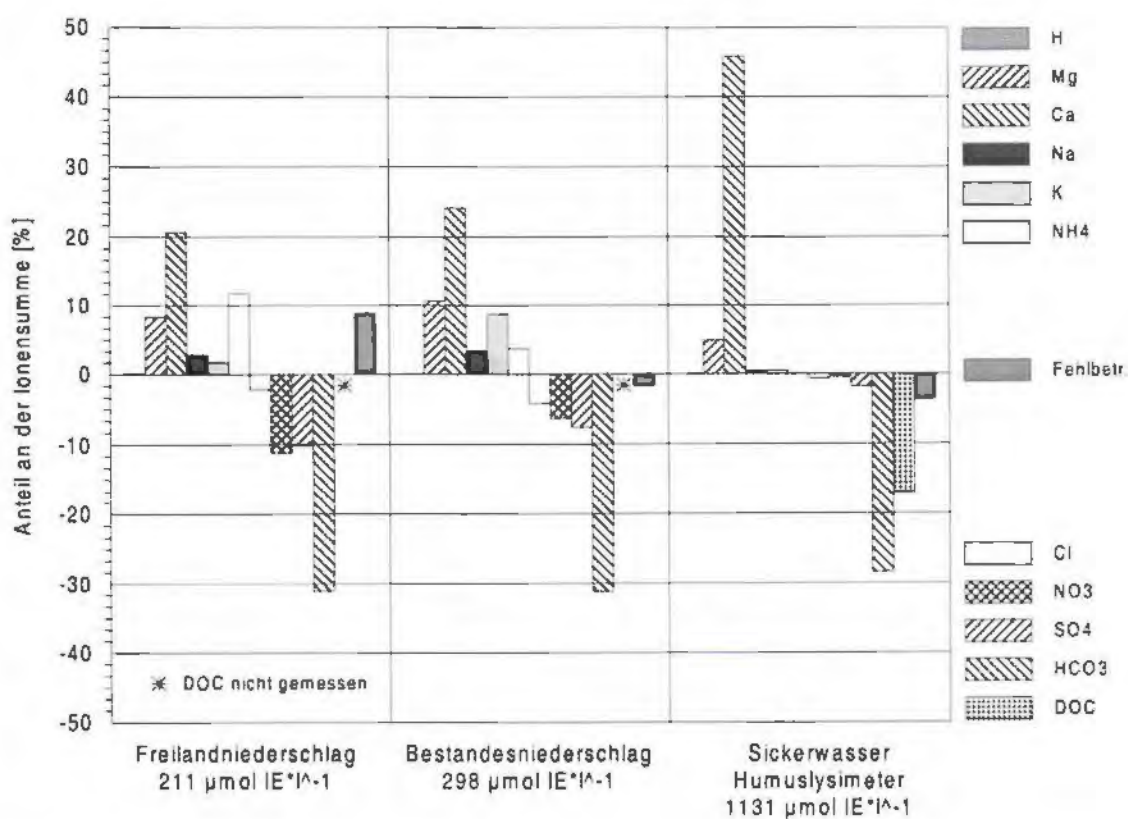


Abbildung 12: Ionenbilanzen Kultur 1996

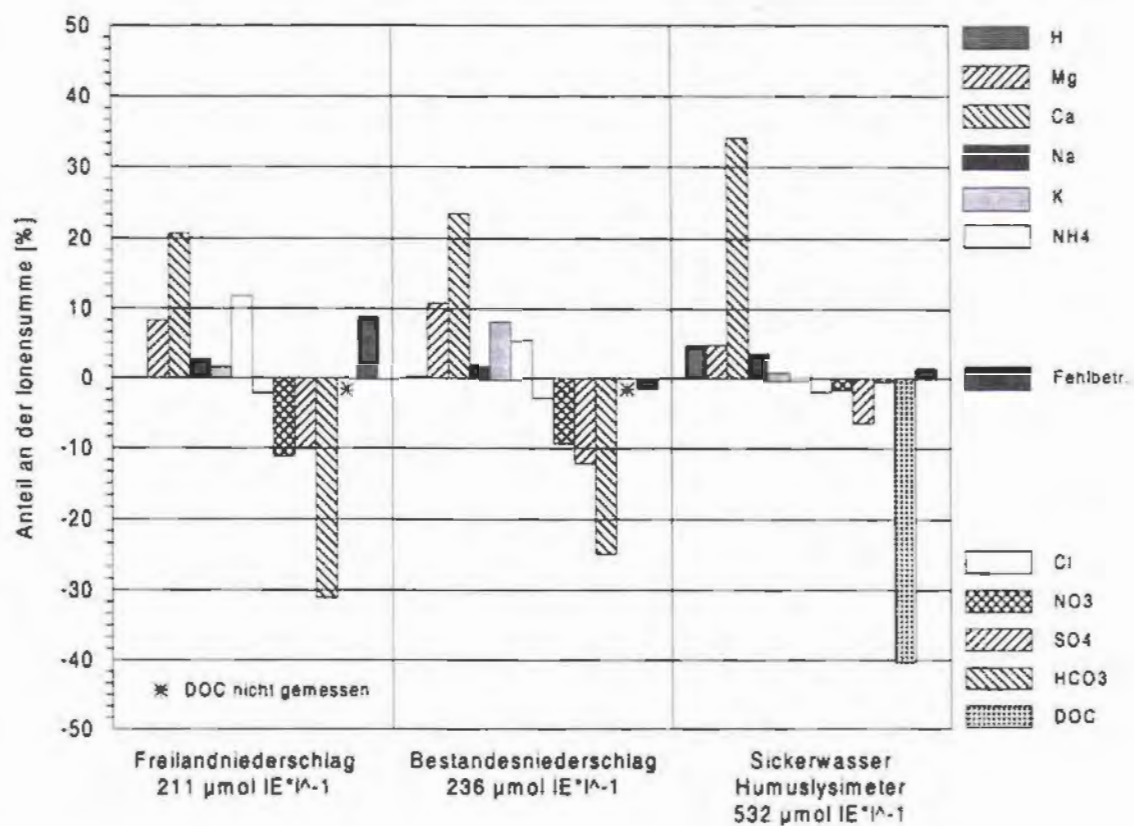


Abbildung 13: Ionenbilanzen Altbestand 1996

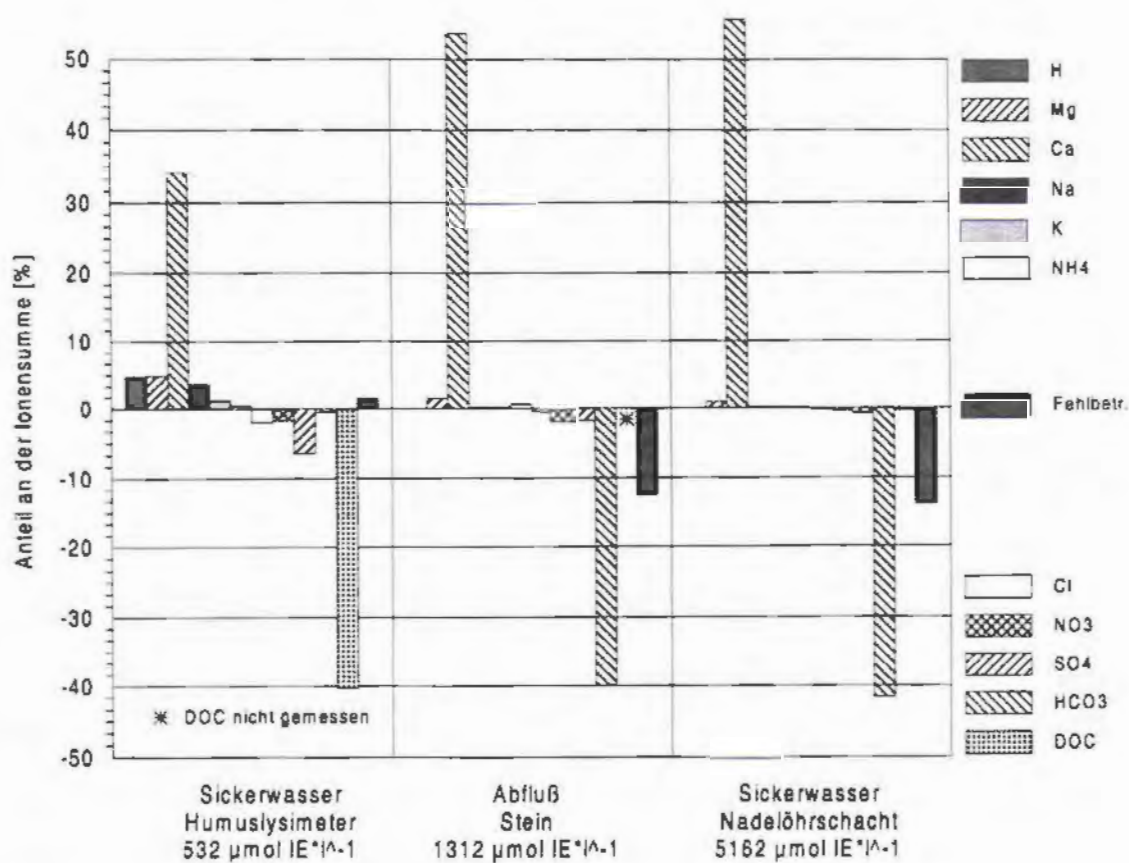


Abbildung 14: Ionenbilanz Abfluß Altbestand 1996

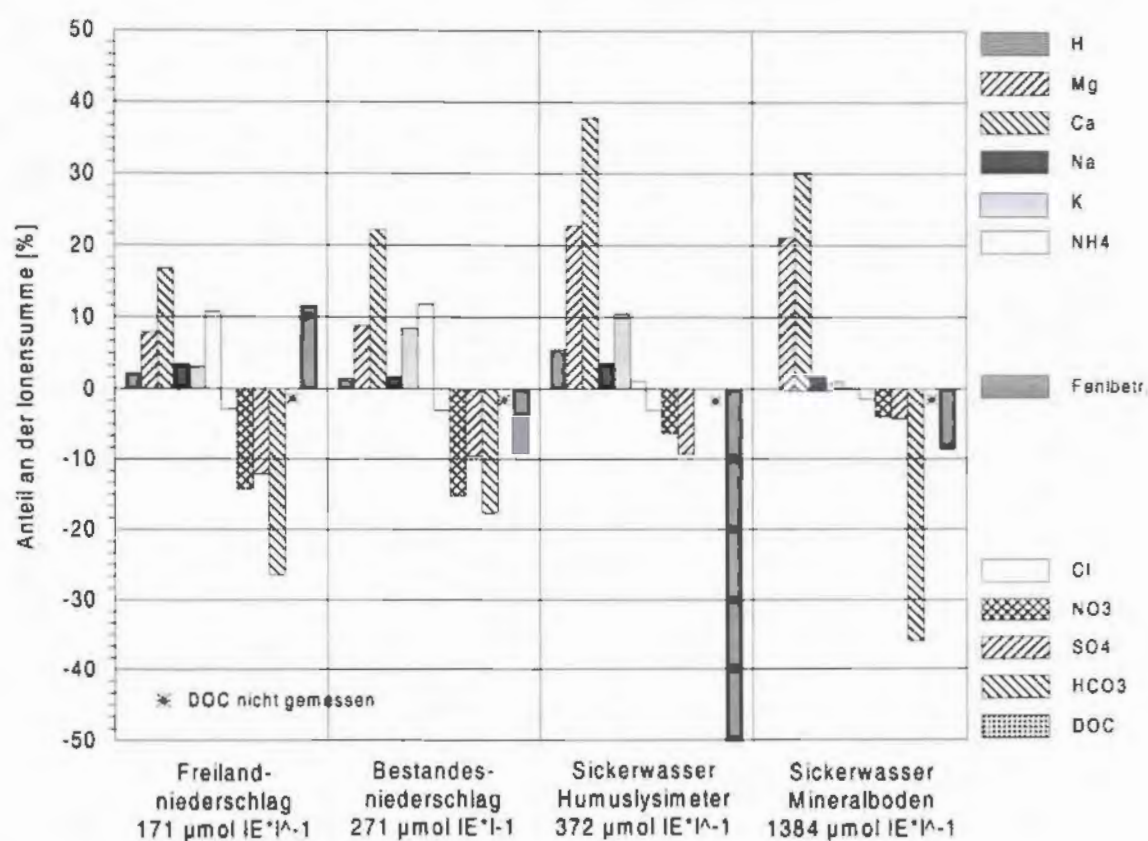


Abbildung 15: Ionenbilanzen Fichtenbestand 1996

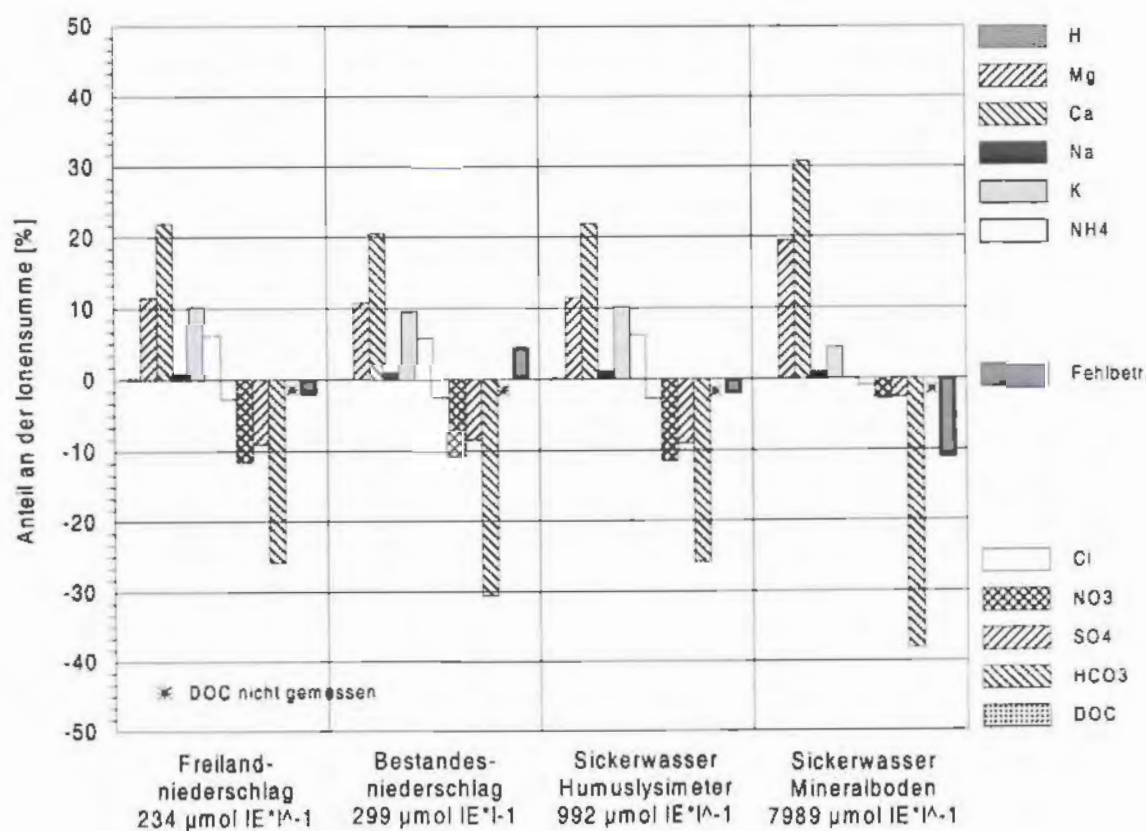


Abbildung 16: Ionenbilanzen Buchenbestand 1996



Für die Fläche am Eiseneck ist charakteristisch, daß der Freilandniederschlag ungefähr gleiche Anteile an Nitrat- und Ammoniumstickstoff enthält. Bei der Passage des Kronenraumes wird dieses Verhältnis – bei einer absoluten Anreicherung aller Elemente – bereits in Richtung Nitrat verschoben. Einerseits besteht die Möglichkeit einer Ammoniumaufnahme über die Nadeln und Blätter, andererseits ist eine Nitrifikation an den benetzten Blattoberflächen nicht auszuschließen. Im Sickerwasser der Humuslysimeter ist bereits ein großer Teil des Ammonium nitrifiziert. Bei den Flächen Vorderreuterstein und Steyrnquelle dominiert bereits im Freilandniederschlag Nitrat. Eine Nitrifikation im Sammelgefäß ist allerdings bei den höheren Temperaturen in Nähe des Talbodens nicht hundertprozentig auszuschließen. Im Mineralboden sind weder am Vorderreuterstein noch bei der Steyrnquelle nennenswerte Mengen an Ammonium nachzuweisen. Am Vorderreuterstein dürfte die bevorzugte Aufnahme von Ammonium durch Koniferen eine Rolle spielen, die basischen Böden des Standortes Steyrnquelle zeigen ein Milieu, welches ein ohnehin ein sehr hohes Nitrifikationspotential erwarten läßt.

#### 5.2.1.2 Veränderung der Wasserqualität bei Passage von Vegetation und Boden – Dynamische Aspekte

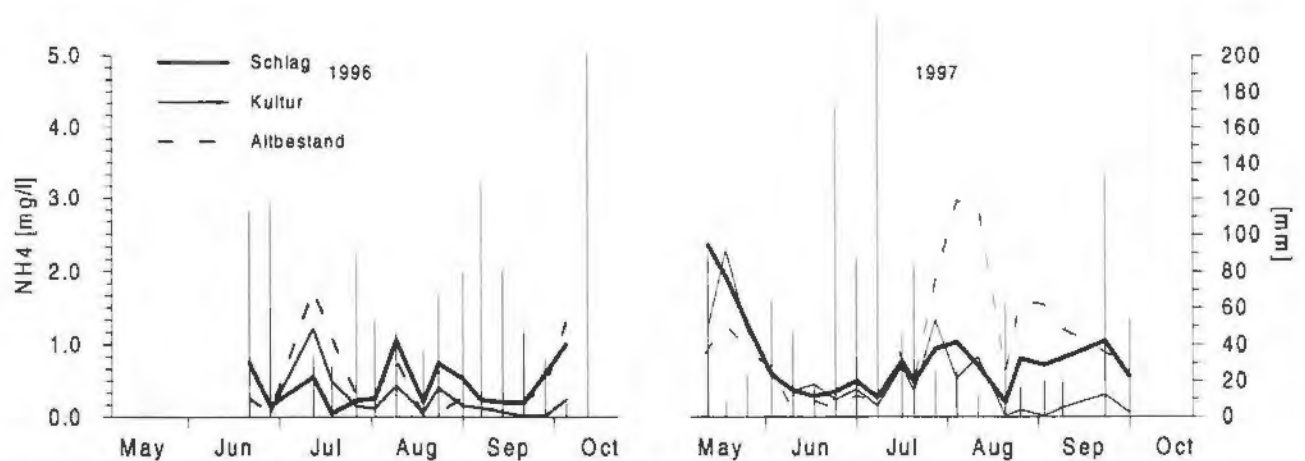


Abbildung 17: Verlauf der Ammoniumkonzentrationen im Kronendurchlaß Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

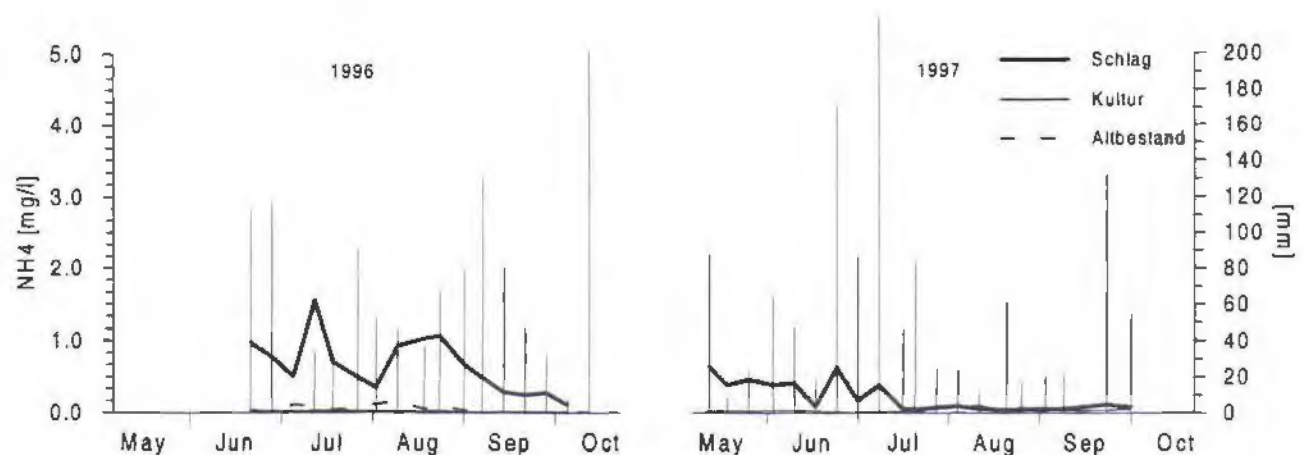


Abbildung 18: Verlauf der Ammoniumkonzentrationen im Sickerwasser aus Humuslysimetern, Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

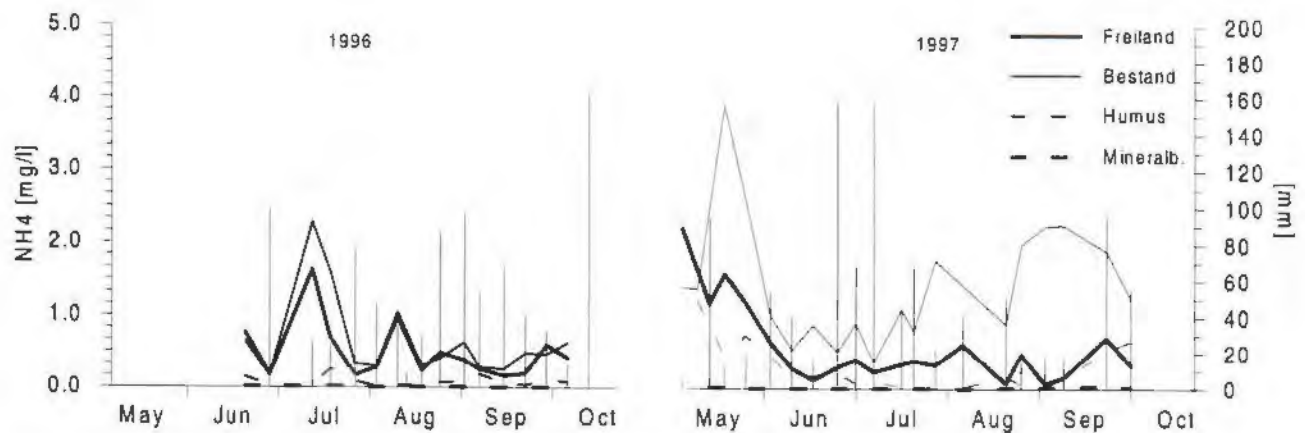


Abbildung 19: Verlauf der Ammoniumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

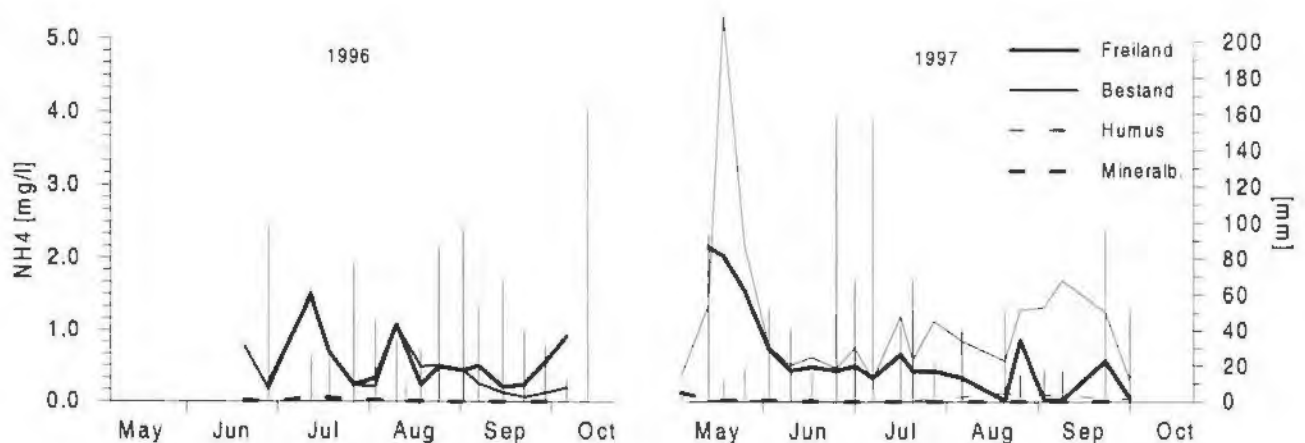


Abbildung 20: Verlauf der Ammoniumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Buchenbestandes Steyrnquelle (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

Die Ammoniumkonzentrationen im Kronendurchlaß zeigen bei geringen Niederschlagsmengen eine Anreicherung gegenüber der Freifläche. Dies kann einerseits auf Abwaschen trocken deponierter Ammoniumverbindungen, andererseits auf Konzentrationseffekte – immerhin gehen durch Interzeptionsverdunstung 10 bis 30 % des Niederschlages verloren – zurückzuführen sein. Auswaschung von N-Verbindungen aus Nadeln und Blättern ist eine weitere mögliche Ursache. Die Ammoniumanreicherung im Bestandesniederschlag am Vorderreuterstein ist besonders ausgeprägt. Größere Nähe zu lokalen Emittenten könnte hier eine Rolle spielen. Bei geringeren Niederschlagsintensitäten in der zweiten Jahreshälfte 1997 kommt die Anreicherung besonders zu tragen. Auffällig sind die Spitzenkonzentrationen im Mai 1997, welche am ausgeprägtesten auf den Flächen Vorderreuterstein und Steyrnquelle auftreten. Als Quelle ist hier eine intensive Gülleausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen wahrscheinlich. Im Sickerwasser aus Humuslysometern sind am Eiseneck-Schlag relativ hohe Ammoniumkonzentrationen zu verzeichnen. Die Konzentrationen gehen aber im Verlauf des Jahres 1997 bereits auf ähnliche Werte wie sie Lysimeterproben von der Kulturfäche und vom Altbestand aufweisen, zurück. Ein verstärkter Einbau in mikrobielle Biomasse und die Aufnahme von Ammonium durch die sich entwickelnde Schlagflora sind wahrscheinliche Ursachen. In den Humussickerwässern vom

Vorderreuterstein sind noch leicht erhöhte Ammoniumkonzentrationen nachzuweisen, im Bodenwasser liegen sowohl am Vorderreuterstein als auch bei der Steyrerquelle die Konzentrationen an der Nachweisgrenze.

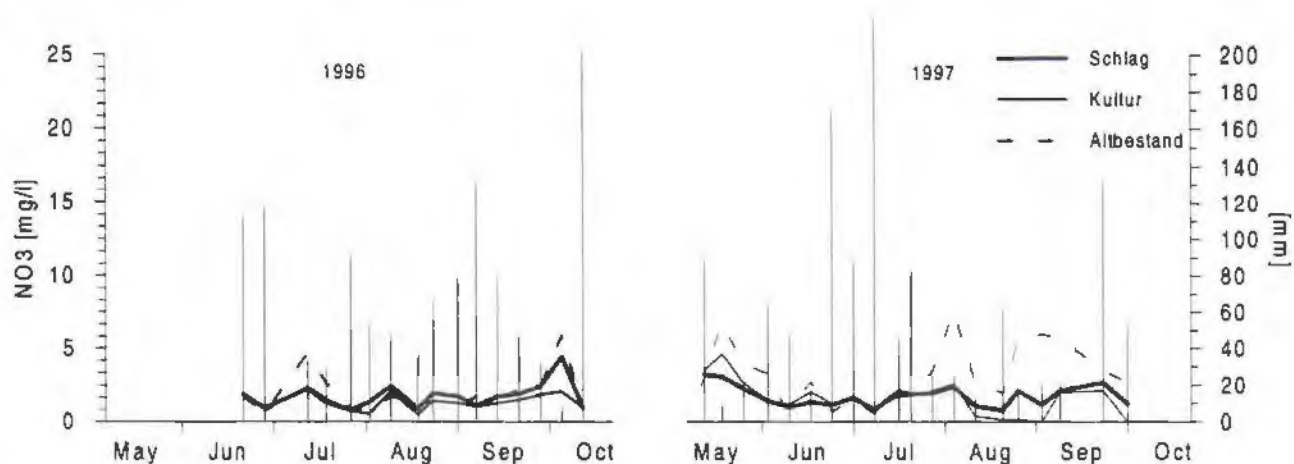


Abbildung 21: Verlauf der Nitratkonzentrationen im Kronendurchlaß Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

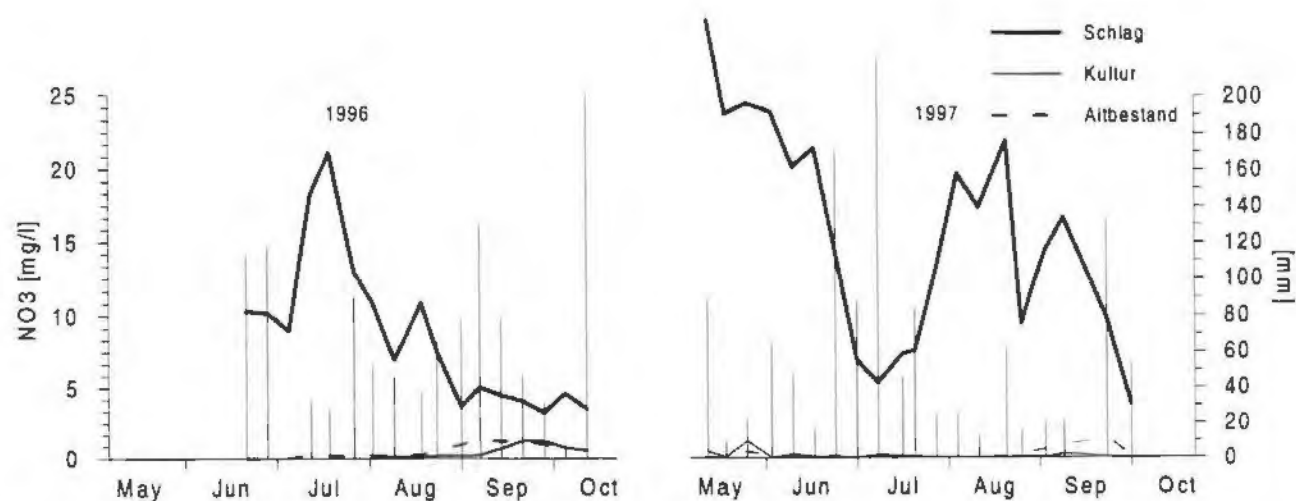


Abbildung 22: Verlauf der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser aus Humuslysimetern, Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)



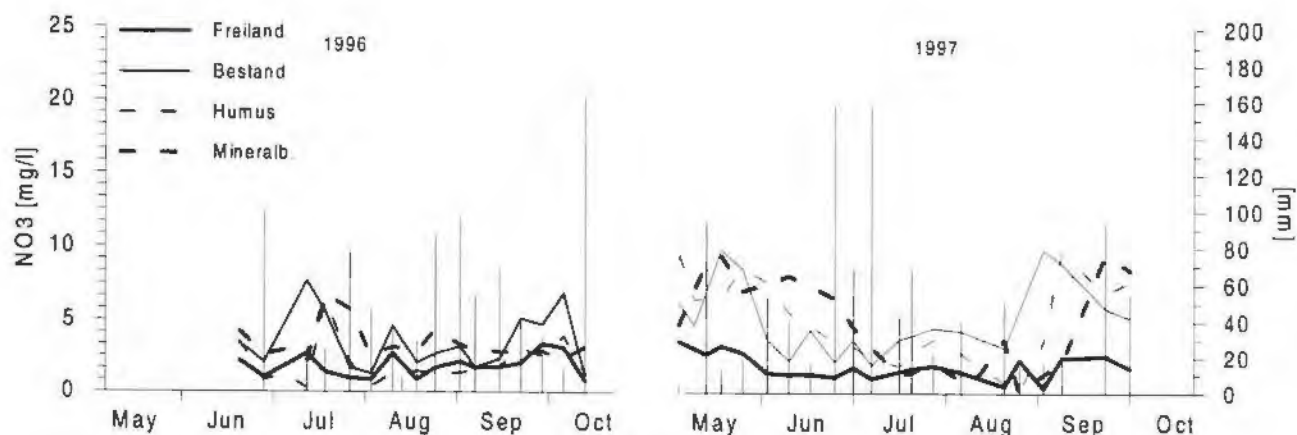


Abbildung 23: Verlauf der Nitratkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

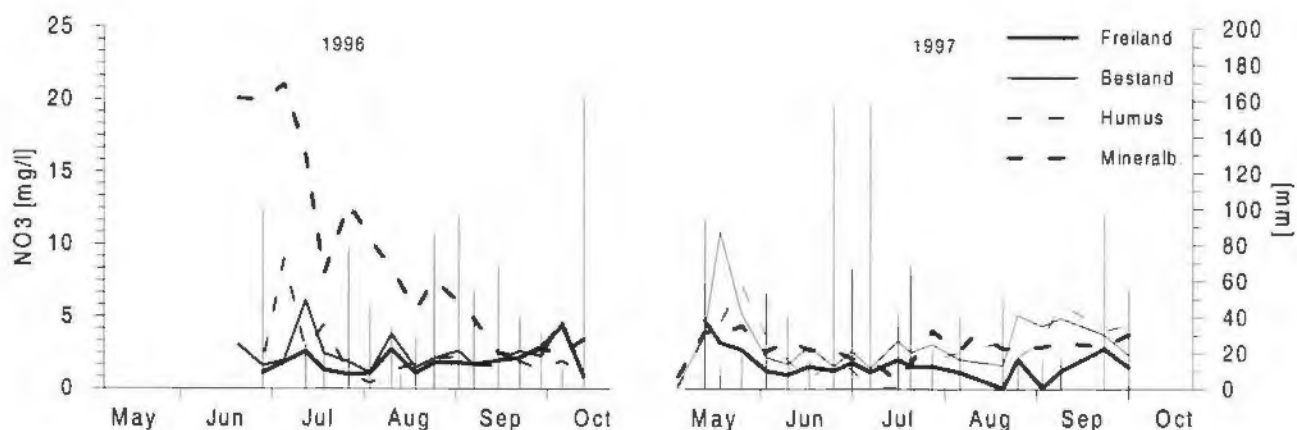


Abbildung 24: Verlauf der Nitratkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Buchenbestandes Steyern-quelle (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

Nitrat zeigt im Bestandesniederschlag ein ähnliches Muster wie Ammonium, d.h. eine Anreicherung gegenüber dem Freilandniederschlag bei geringen Niederschlagsmengen. Eine Ausnahme ist die Kulturlfläche am Eiseneck. Vor der vollen Entwicklung der Schlagflora ist ein dem Altbestand ähnliches Muster zu beobachten. In weiterer Folge dürfte die Aufnahme in die Schlagflora bedeutsam werden. Der Bestandesniederschlag am Vorderreuterstein zeigt generell eine deutliche Anreicherung von Nitrat gegenüber dem Freiland, auf der Buchenfläche ist dieser Effekt geringer ausgeprägt. Hier kommt die aus der Literatur bekannte höhere Filterwirkung der Fichte gegenüber Buche (trockene und okkulte Deposition) zum tragen.

Im Sickerwasser stechen die hohen Nitratkonzentrationen auf der Schlagfläche ins Auge. Dieser Effekt hat mehrere Ursachen. Durch erhöhten Wärmegenuß in der Schlagphase wird die Mineralisation von Auflagehumus angekurbelt. Die grünen Nadeln im Schlagabraum sind leichter zersetzbar als gealterte, nährstoffarme und phenolreiche Nadeln. Bei gesteigerter Mineralisationsrate fehlen Verbraucher, das heißt, bis zur Etablierung einer mehr oder weniger flächendeckenden Schlagflora sind hohe Verluste mit dem Sickerwasser zu



erwarten. Die mikrobielle Biomasse reicht nicht aus, um den Überschuß an mineralisierten Nährstoffen im System zu erhalten. Zur Hauptvegetationszeit sind auf der Kulturfläche und im Altbestand Eiseneck die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser praktisch an der Nachweisgrenze. Die Systeme sind stickstofflimitiert, und halten den angebotenen Stickstoff effizient im Kreislauf. Im Bodenwasser liegen auf der Versuchsfläche Vorderreuterstein die Nitratkonzentrationen zwar absolut gesehen niedrig, die Konzentrationen unterscheiden sich jedoch kaum vom Bestandesniederschlag. Während der Bestand für Ammonium eine Senke darstellt, kann Nitrat im System offensichtlich nicht verwertet werden. Im Sickerwasser der Versuchsfläche Steyrerquelle laufen die Gehalte im Freiland- und Bestandesniederschlag im Jahr 1997 beinahe gleich. Schwer interpretierbar ist der Nitratgehalt im Sickerwasser im 1996 er Jahr. Ob dieser ein Artefakt durch Störungen beim Lysimeteereinbau darstellt oder tatsächlich eine kurzfristige Entkoppelung im N-Kreislauf widerspiegelt, kann bei der kurzen Meßreihe nicht entschieden werden. Im Frühling 1996 explodierte auf dieser Fläche die Mauspopulation. Ein verwesender Mäusekadaver in der Umgebung eines Lysimeters könnte für die Anreicherung verantwortlich sein. Da eine Mischprobe aus fünf Lysimetern analysiert wurde, ist dies jedoch eher unwahrscheinlich.

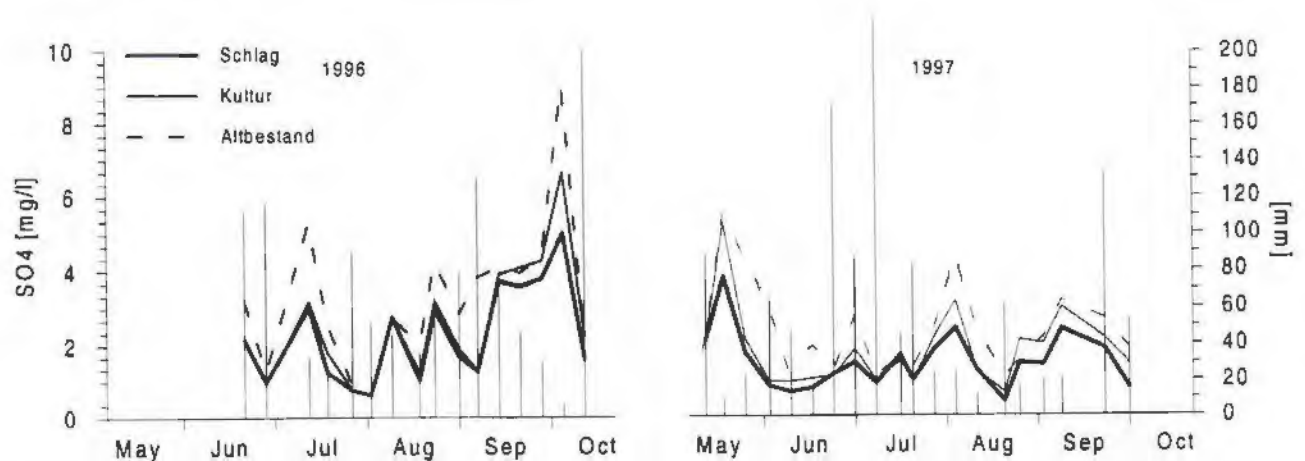


Abbildung 25: Verlauf der Sulfatkonzentrationen im Kronendurchlaß Versuchsfelder Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

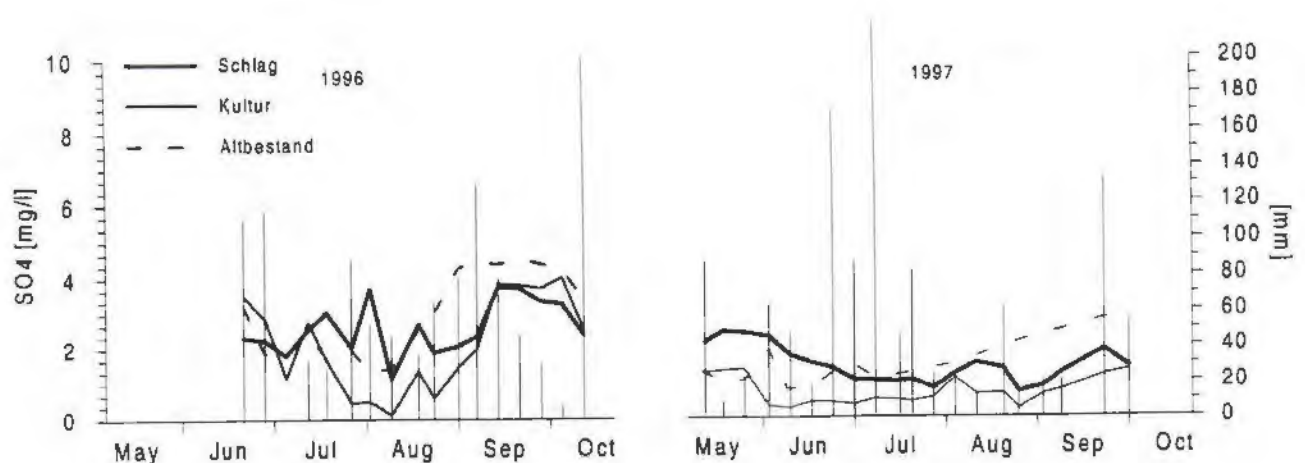


Abbildung 26: Verlauf der Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser aus Humuslysimetern, Versuchsfelder Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

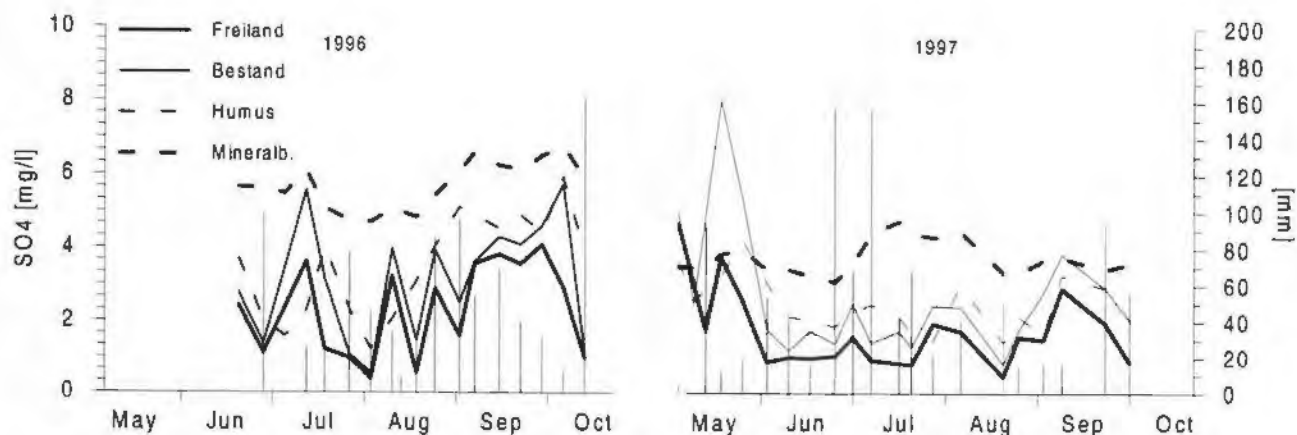


Abbildung 27: Verlauf der Sulfatkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

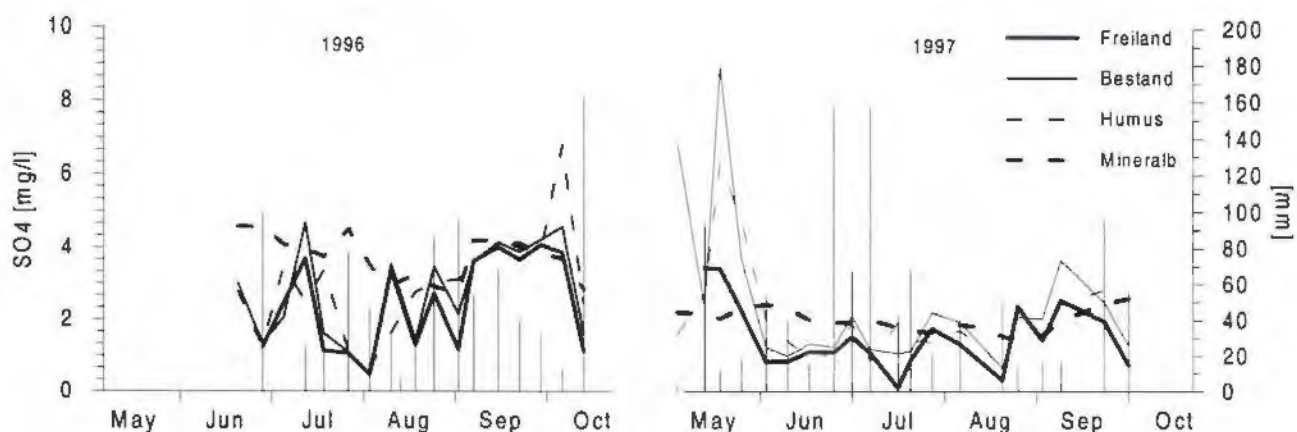


Abbildung 28: Verlauf der Sulfatkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Buchenbestandes Steyrnquelle (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

Die Sulfatanreicherung im Bestandesniederschlag ist auf der Kulturfläche sehr gering. Im Bestandesniederschlag des Altbestandes ist die Anreicherung zwar signifikant aber ebenfalls mäßig. Die trockene Deposition von S-Verbindungen dürfte hier eine geringe Rolle spielen. Die Situation auf den Flächen Vorderreuterstein und Steyrnquelle ist ähnlich. Nur im Mai 1997 sind hier die Gehalte deutlich erhöht. Im Sickerwasser der Versuchsflächen Eiseneck treten große Konzentrationsschwankungen auf. Die Konzentrationen auf der Kulturfläche liegen aber generell unter jenen der anderen Flächen (Höherer S-Bedarf der Schlagflora?). Im Bodenwasser der Versuchsfläche Steyrnquelle sind die Sulfatkonzentrationen beinahe konstant und liegen im Mittel etwas über den Werten der Freiland- und Bestandesniederschlagsproben. Auf der Versuchsfläche Vorderreuterstein ist diese Sulfatanreicherung im Sickerwasser weitaus ausgeprägter. Dies deutet in beiden Fällen darauf hin, daß in der Vergangenheit die Schwefeleinträge deutlich höher waren als heute, und im System ‚zwischen gespeichert‘ Schwefel remobilisiert wird. Ähnliche Beobachtungen werden auch aus anderen, ehemals S-belasteten Gebieten Mitteleuropas berichtet. Eine weitere Erklärung wären erhöhte S-Einträge in den Wintermonaten. Nadelanalysen von den Probeflächen deuten aber auf keine gegenwärtige  $\text{SO}_2$ -Belastung der Flächen hin.

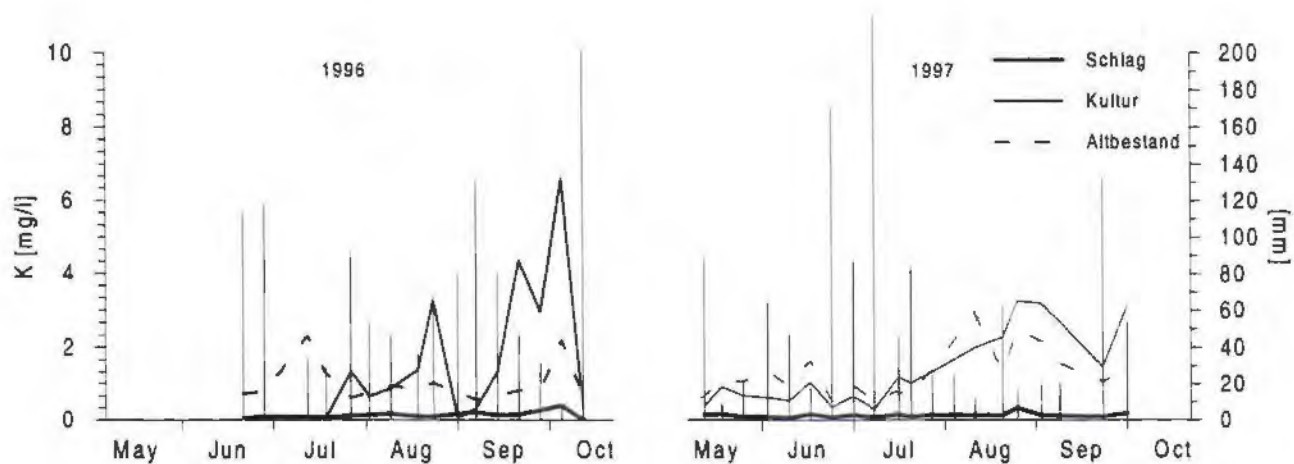


Abbildung 29: Verlauf der Kaliumkonzentrationen im Kronendurchlaß Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

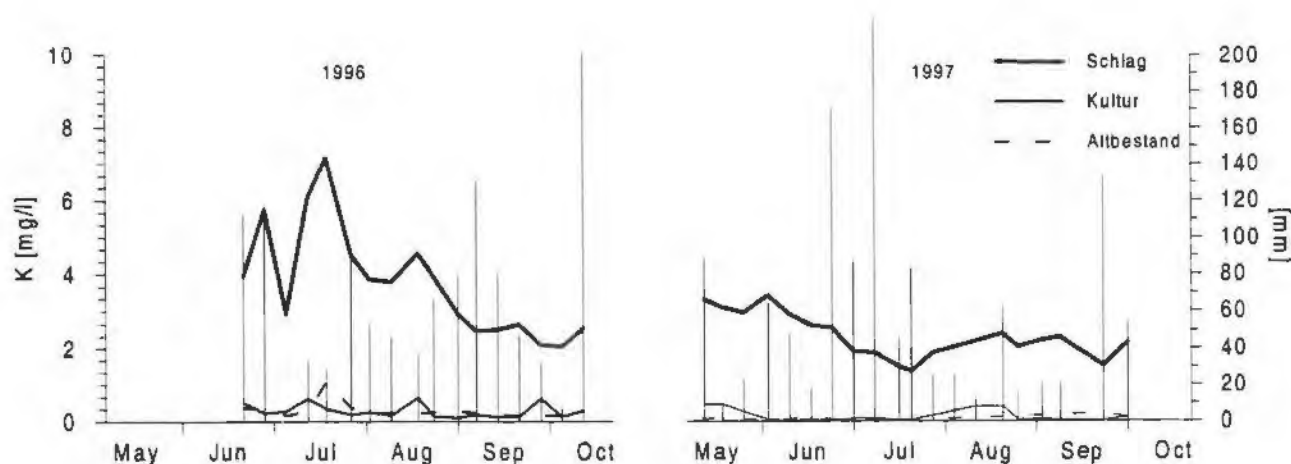


Abbildung 30: Verlauf der Kaliumkonzentrationen im Sickerwasser aus Humuslysimitern, Versuchsfächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

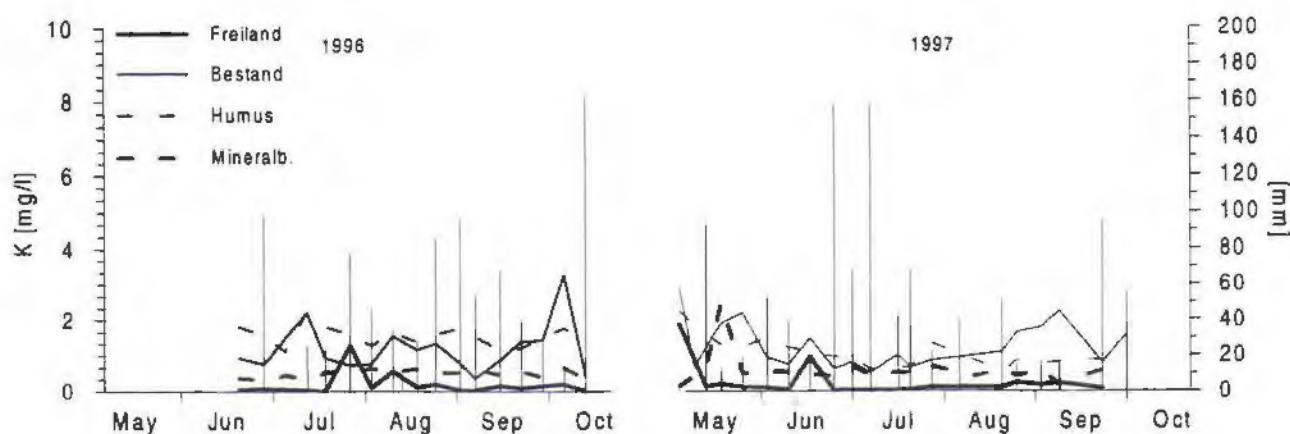


Abbildung 31: Verlauf der Kaliumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)



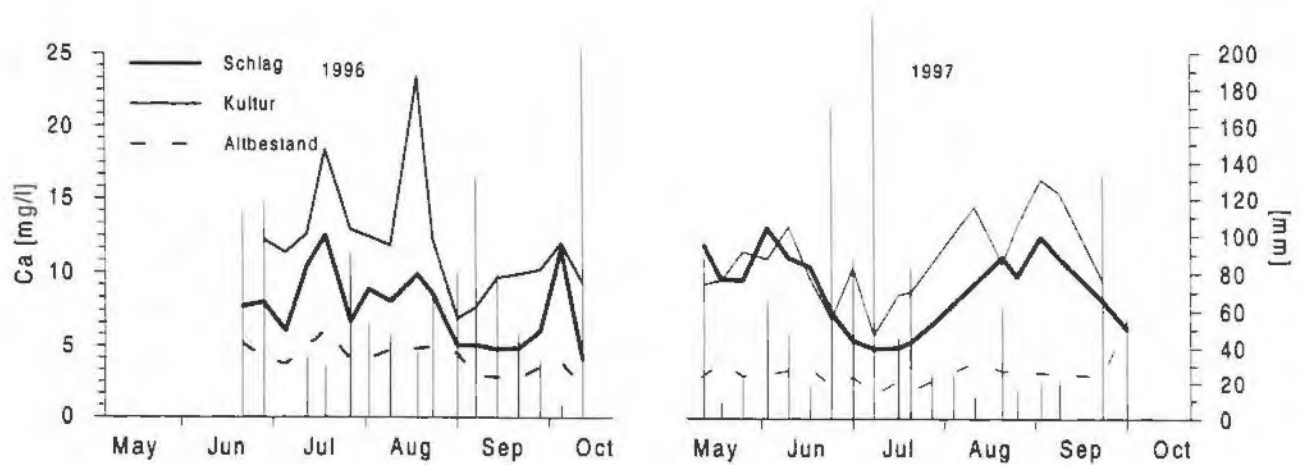


Abbildung 34: Verlauf der Calciumkonzentrationen im Sickerwasser aus Humuslysimetern, Versuchsflächen Eiseneck (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

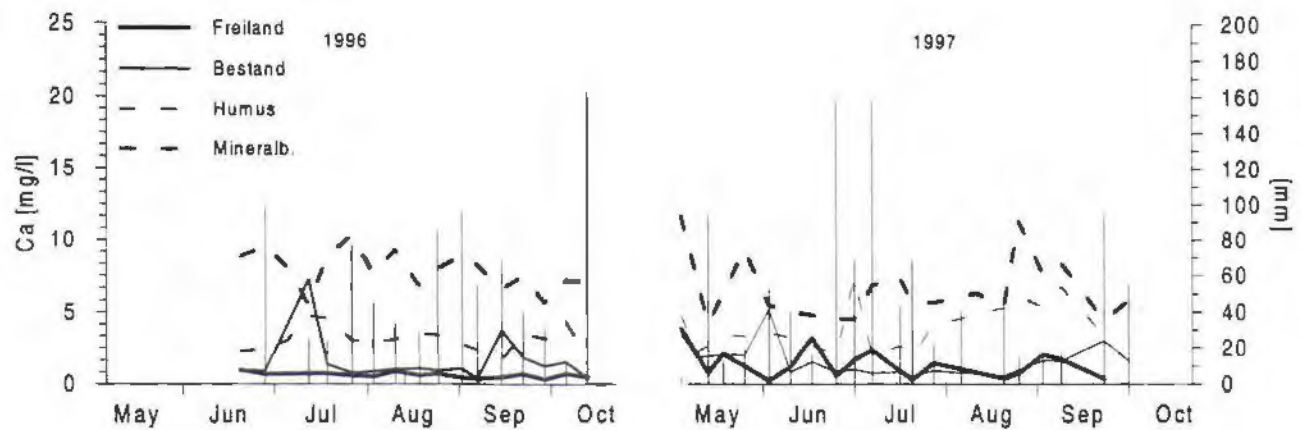


Abbildung 35: Verlauf der Calciumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

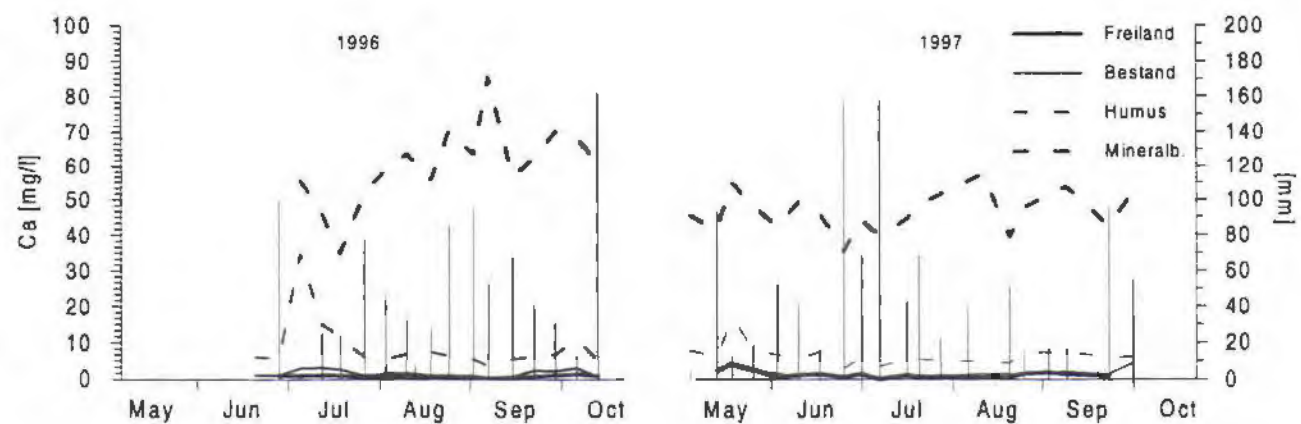


Abbildung 36: Verlauf der Calciumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Buchenbestandes Steyrnquelle (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)



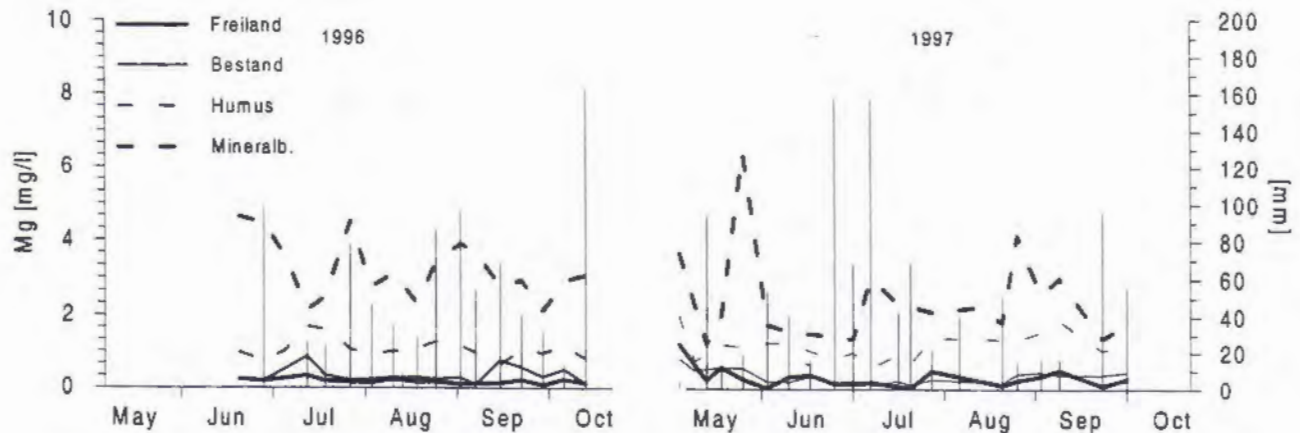


Abbildung 39: Verlauf der Magnesiumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Fichtenbestandes Vorderreuterstein (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

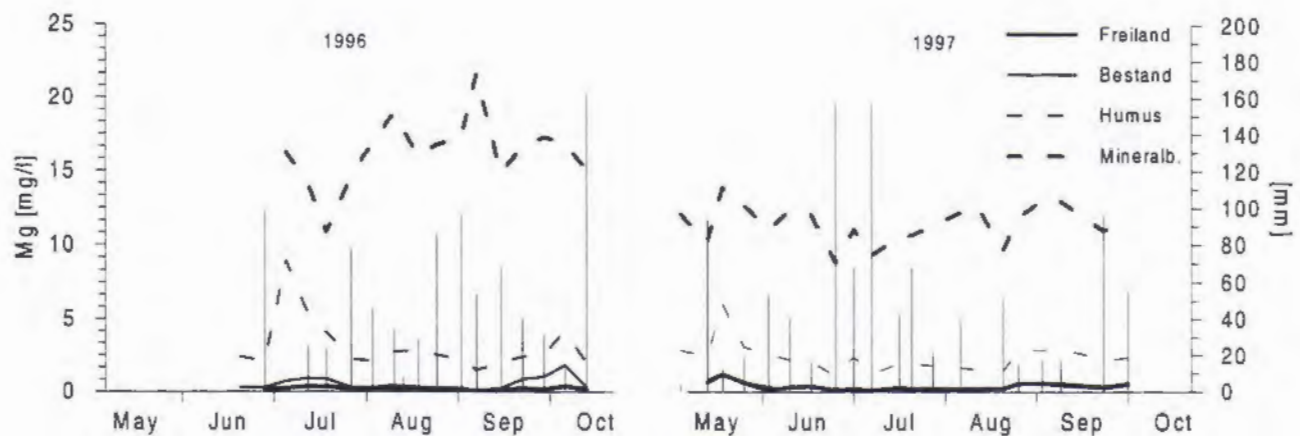


Abbildung 40: Verlauf der Magnesiumkonzentrationen in unterschiedlichen Kompartimenten des Buchenbestandes Steyrnquelle (Freilandniederschlag im Probenahmeintervall [mm] als Balken)

Am Eiseneck zeigt Magnesium im Kronendurchlaß ein dem Kalium sehr ähnliches Muster, mit deutlicher Anreicherung im Bestandesniederschlag gegen Ende der Vegetationsperiode. Am Vorderreuterstein und der Steyrnquelle sind nur im Herbst 1996 leichte Anreicherungen im Bestandesniederschlag zu verzeichnen. Im Humussickerwasser sind die Gehalte am Eiseneck sehr niedrig, im Altbestand liegen die Werte deutlich unter jenen von Schlag und Kultur. Am Vorderreuterstein ist eine kontinuierliche Anreicherung vom Humus zum Mineralboden zu verzeichnen, was einen gewissen Dolomiteinfluß andeutet. Im Bodenwasser von der Steyrnquelle liegen die Magnesiumgehalte beim drei- bis vierfachen verglichen zum Vorderreuterstein und in ähnlicher Größenordnung wie Quellwässer von der Steyrnquelle. Hier ist der Dolomiteinfluß, der ja auch in den Bodenanalysen zutage tritt, bereits sehr deutlich ausgeprägt.

## 5.2.2 Stoffflüsse

Die Tabellen 34 und 37 zeigen die für die Meßzeiträume Juli bis Oktober 1996 bzw. Ende Mai bis Mitte Oktober 1997 errechneten Stoffflüsse für die Versuchsflächen.

### 5.2.2.1 Methodische Aspekte

Am Eiseneck bestehen zwischen den Bulk-Proben der Freifläche und den Rinnen am Schlag nur geringe Unterschiede. Der Bulk-Sammler dürfte einer etwas stärkeren Staubbelastung ausgesetzt sein. Die Na und Cl Anreicherung in den Rinnen im Jahr 1997 deutet auf eine gewisse Kontamination bei der Probenmanipulation hin. Weiters scheinen Verschiebungen im Nitrat zu Ammoniumverhältnis in den Sammlern zu erfolgen.

Eine absolute Bewertung der Eintragssituation ist schwierig, da keine Ganzjahresdaten zur Verfügung stehen. Ein Vergleich mit den Meßwerten der Station Zöbelboden für die Untersuchungszeiträume würde die Interpretation verbessern. Diese Meßdaten sind allerdings gegenwärtig noch nicht publiziert. Zieht man die Niederschlagsverteilung (sommerliches Maximum) ins Kalkül, so dürften die Einträge aus den vier bis fünf Meßmonaten in etwa die Hälfte bis zwei Drittel der Gesamtjahreseinträge ausmachen.

### 5.2.2.2 Schwefelbilanz

Unter obigen Annahmen, nämlich Schwefeleintrag im Meßzeitraum als 50 – 60 % der Gesamteinträge, liegen die Werte für S-Einträge in einem für mitteleuropäische Verhältnisse üblichen Bereich. Die höhergelegenen Meßstellen registrieren aufgrund der höheren Niederschlagsmengen geringfügig höhere Depositionsraten. Smidt (1995) berichtet über jährliche S-Einträge (Freiland) in Achenkirch von 3.6 bis 7.7 kg.ha<sup>-1</sup>, ein Wert der am Eiseneck deutlich überschritten wird. Im Bestand liegen die Schwefelflüsse geringfügig über jenen im Freiland. Auch hier werden bereits in der kurzen Meßperiode Werte, wie sie von Berger und Katzensteiner (1996) aus Achenkirch berichtet werden (7.8 kg.ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) überschritten. Neumann und Smidt (1997) geben für Bestandesniederschläge von zwanzig Level II Meßflächen für 1996 4.0 bis 14.9 kg.ha<sup>-1</sup> S an. Für deren Flächen muß jedoch festgehalten werden, daß diese allesamt eher ‚Hintergrundmeßstellen‘ sind. Gegenüber Schwefelflüssen mit dem Bestandesniederschlag von 15 bis 18 kg.ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>, wie sie Mitte der achtziger Jahre auf der Wurzeralm gemessen wurden (Glatzel et al., 1988) sind die Jahresdepositionsraten vermutlich niedriger. So werden insgesamt mitteleuropaweit rückläufige Tendenzen der Schwefelemmissionen und -immissionen registriert. 1997 lagen am Eiseneck trotz längerer Meßperiode die S-Einträge unter jenen im 1996 er Jahr.

Die modellierten Schwefelausträge werden am Eiseneck kaum vom Modellansatz (Quick-Flow/Slow Flow) beeinflusst. Am Schlag dürfte der Austrag 1996 geringfügig über, 1997 unter dem Eintrag liegen. In der Kultur scheint Schwefel akkumuliert zu werden. Im Altbestand ist die Bilanz 1996 negativ, das heißt ein Nettoverlust an Schwefel, 1997 ist ein leichter Gewinn an Schwefel zu verzeichnen. Über beide Perioden gemeinsam erscheint die Schwefelbilanz des Altbestandes am Eiseneck ausgeglichen. Die Austragssituation für Vorderreuterstein und Steyrnquelle kann nur für den kurzen Meßzeitraum 4.7-27.9 1996 bewertet werden. Für diesen Zeitraum ist für beide Flächen – am Vorderreuterstein ausgeprägter als bei der Steyrnquelle - ein Nettoverlust an Schwefel zu verzeichnen. Gerade bei den Boden-



Modellansatz (Aufteilung der Frachten auf Quick Flow und Base Flow) beeinflusst und ist mit großen Unsicherheiten belastet. In der Kultur erscheint die Bilanz in jedem Fall leicht negativ, während der Altbestand einen weitgehend geschlossenen Kaliumkreislauf aufzuweisen scheint. Die Kaliumbilanz der Fläche Vorderreuterstein erscheint ausgeglichen, auf der Fläche Steyrnquelle liegen die Austräge auch nur leicht über den Einträgen (keine Überinterpretation aufgrund des kurzen Meßzeitraumes).

#### 5.2.2.5 Karbonatverwitterung

Die Elemente Magnesium und Calcium liegen in den Systemen in einem derartigen Überschuß vor, daß eine Bilanz wenig sinnvoll erscheint. Anhand der Meßdaten aus dem Nadelöherschacht und dem Mineralboden Steyrnquelle können aber Raten der Karbonatverwitterung abgeschätzt werden. Eine Fracht von 413 bzw. 312 kg Ca.ha<sup>-1</sup> für die Versuchsfläch Eiseneck auf ein Jahr hochgerechnet ergibt im Mittel eine Verwitterung von ca. 0.15 kg CaCO<sub>3</sub> je m<sup>2</sup> und Jahr. Diese Raten liegen in Bereichen, wie sie von van Breemen und Protz (1988) in einer Literaturübersicht als Austragsraten für Karbonatböden (0.03 bis 0.24 kg.m<sup>-2</sup>.a<sup>-1</sup>) angegeben werden. Bei einer Dichte von 2.7 ergibt dies eine holozäne Korrosion von 55 cm Kalk. Für die Fläche Steyrnquelle kommt man mit dem selben Ansatz ebenfalls auf Verwitterungsraten von ca. 50 cm Kalk in 10.000 Jahren.

#### **5.2.3 Schlußfolgerung aus den Stoffflußmessungen**

Die Schadstoffeintragssituation auf den Versuchsflächen liegt im Durchschnitt mitteleuropäischer Waldökosysteme. Langfristig können aber die Stickstoffeinträge ein destabilisierender Faktor für die empfindlichsten, N-limitierten Ökosysteme im Nationalpark werden. Effekte sind einerseits in Hinblick auf die Ernährungssituation, mit der Möglichkeit von zunehmenden Kalium-, Phosphor- und Mangan mangelsymptomen, andererseits mit Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung mit einer Verdrängung an Stickstoffmangel angepaßter Arten führen. Wie sich Umweltveränderungen (Stickstoffanreicherung, höhere Jahresmitteltemperaturen) auf die Dynamik seichtgründiger Karbonatböden auswirken, ist gegenwärtig kaum abzuschätzen.

Derzeit wirkt der Wald als Stickstoffsénke. Eine Gewässerbelastung mit Nitrat ist in absehbarer Zeit kaum zu befürchten. Allerdings sind in frühen Sukzessionsphasen (Schlag oder Windwurf) doch deutliche Nitrat austräge aus dem Boden zu erwarten. Diese Verluste gehen unter Umständen mit gravierenden Kaliumverlusten einher.

Für eine bessere Abschätzung der Nährstoffdynamik ist in Zukunft die Koppelung bodenhydrologischer Modelle und der Stofftransfers zu verbessern.

Um die Beziehung ‚Prozesse im Einzugsgebiet‘ zu ‚Effekt an der Karstquelle‘ zu verbessern wäre ein hydrologisch sauber definiertes, geschlossenes Wassereinzugsgebiet mit Manipulationsmöglichkeit ein – bei den komplexen hydrologischen Verhältnissen im Karst wohl kaum erfüllbarer – Wunschtraum.

Tabelle 34: Stoffrachten am Eiseneck für die Periode 4. 7 bis 25. 10 1996

	H+	Mg	Ca	Na	K	NH4-N	Cl	NO3-N	SO4-S
<b>Freiland</b>	0.0	2.0	8.3	1.4	1.4	3.1	1.6	3.0	6.4
<b>SCHLAG</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	1.8	7.9	1.0	1.3	2.8	2.2	3.4	6.8
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.1	5.5	60.5	1.4	32.4	3.7	5.0	14.9	7.9
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	0.6	2.8	0.4	0.5	1.0	0.9	1.2	2.5
Base Flow	0.0	3.3	35.5	0.8	18.9	2.2	2.9	8.7	4.6
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.1	3.9	38.3	1.2	19.4	3.2	3.8	9.9	7.1
<b>KULTUR</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	3.8	14.3	2.3	10.1	1.5	4.4	2.6	7.1
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.0	6.2	95.9	1.1	2.2	0.1	2.3	0.6	6.0
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	1.2	4.7	0.6	3.2	0.5	1.3	0.9	2.4
Base Flow	0.0	3.8	59.7	0.7	1.3	0.1	1.4	0.4	3.6
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.0	5.0	64.5	1.3	4.6	0.6	2.8	1.2	6.1
<b>ALTBESTAND</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	2.7	9.6	1.0	6.6	1.6	2.1	2.6	7.9
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.2	2.0	25.3	3.1	1.8	0.2	2.7	1.0	7.9
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	1.2	4.1	0.4	3.0	0.7	1.0	1.2	3.7
Base Flow	0.1	0.9	11.4	1.4	0.8	0.1	1.2	0.4	3.5
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.1	2.1	15.5	1.8	3.8	0.8	2.1	1.6	7.2
<i>Variante 3: Gesamtaustrag aus dem Karstsystem über Gehalte der Sickerwässer im Nadelöherschacht errechnet</i>									
Schacht	0.0	4.2	412.6	1.4	1.1	0.2	1.7	1.9	9.0



Tabelle 35: Stofffrachten am Eiseneck für die Periode 20.5 bis 14.10. 1997

	H+	Mg	Ca	Na	K	NH4-N	Cl	NO3-N	SO4-S
<b>Freiland</b>	0.0	2.3	14.5	0.9	1.4	5.5	1.7	4.7	5.7
<b>SCHLAG</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	2.0	11.8	1.9	1.4	6.5	2.2	4.5	5.2
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.1	5.5	71.6	2.0	20.7	2.3	10.7	27.1	4.4
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	0.6	3.5	0.5	0.4	2.1	0.6	1.5	1.8
Base Flow	0.0	3.1	40.6	1.1	11.6	1.3	6.1	15.5	2.5
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.0	3.7	44.1	1.7	12.1	3.4	6.7	17.0	4.3
<b>KULTUR</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	4.1	15.2	1.1	9.8	3.2	4.6	3.4	4.9
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.0	5.2	78.0	0.8	1.0	0.2	1.7	0.2	1.9
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	1.2	4.4	0.3	2.8	1.0	1.3	1.2	1.7
Base Flow	0.0	3.2	48.6	0.5	0.7	0.1	1.9	0.2	1.2
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.0	4.4	53.0	0.8	3.4	1.1	3.1	1.3	2.9
<b>ALTBESTAND</b>									
<b>Bestandesniederschlag</b>	0.0	4.0	17.3	1.6	8.4	4.1	4.1	4.2	5.7
<i>Variante 1: Annahme Seepage vollständig mit Lysimeter erfaßt</i>									
<b>Output mit dem Sickerwasser</b>	0.2	1.6	17.7	2.3	0.5	0.1	2.7	0.3	3.4
<i>Variante 2: Annahme Seepage Quickflow mit Konzentration des Bestandesniederschlages</i>									
Quick Flow	0.0	1.7	7.5	0.6	3.2	1.5	1.6	1.6	2.3
Base Flow	0.1	0.7	7.4	1.0	0.2	0.0	1.1	0.1	1.4
<b>Output Sickerwasser gesamt</b>	0.1	2.4	14.9	1.6	3.5	1.5	2.7	1.7	3.7
<i>Variante 3: Gesamtaustrag aus dem Karstsystem über Gehalte der Sickerwässer im Nadelöhrschacht errechnet</i>									
Schacht	0.0	3.7	311.7	1.3	0.8	0.0	1.7	3.4	4.4

**6 ANLAGEN**

Research and Monitoring as Key Elements for Sustainable Development in the Limestone Alps - European Strategies , October 11-13 , 1998, Bled, Slovenia (1999): International Workshop Series on Sustainable Regional Development (edited by Dipl.Ing.Horst Mayr and Dr.Susanna Wiener).

**The Karst Research Programme of the Northern Limestone Alps National Park  
Influence of vegetation and soils on water quality and water supply  
Klaus Katzensteiner, Institute of Forest Ecology, BOKU University Vienna**

## Introduction

The Nationalpark Kalkalpen is representative for a major part of the Northern Limestone Alps. As drinking water supply from this geological formation is of importance for a big part of the Austrian population, a better understanding of karst systems can help to improve their management.

On behalf of the administration of the Northern Limestone Alps National Park, sponsored by the Provincial government of Upper Austria and the Austrian Ministry of the Environment, a feasibility study for an interdisciplinary karst research programme was carried out in 1993 (already in the planning stage of the park).

Based on the results of this study, a research strategy for a long term study was developed (Haseke et al., 1994) by an interdisciplinary working group.

The key research questions for this study are: How can the influence of landuse and the load of atmospheric pollutants on water quality and water supply of sensitive karst systems be quantified? Which sensible indicators can be used to recognize changing environmental quality within karst systems?

The following research activities were proposed: Studies of ecosystem development under the influence of changing landuse practices, bioclimatological and hydrological studies, nutrient cycling studies, and microbiological and limnological investigations (figure 1). Detailed information on the programme can be found under the internet adress: <http://ftp-waldoek.boku.ac.at/kalkalp/>.

The research activities also aimed at a close interaction with and incorporation of existing monitoring programmes within the park (a meteorological monitoring programme and a permanent point sample of ecological features (forest composition and regeneration, ground cover vegetation, geology, humus and soil)). A sound database (geomorphology of the park area, results of spring monitoring campaigns and hydrobiological investigations) was available. Furthermore, the ECE Integrated Monitoring station Zöbelboden (Mirtl, 1996), serving as a benchmark forest ecosystem, has been located within the park. The research infrastructure of the park, including a geographical information system and a chemical laboratory with skilled technical personell facilitated the planned investigations.



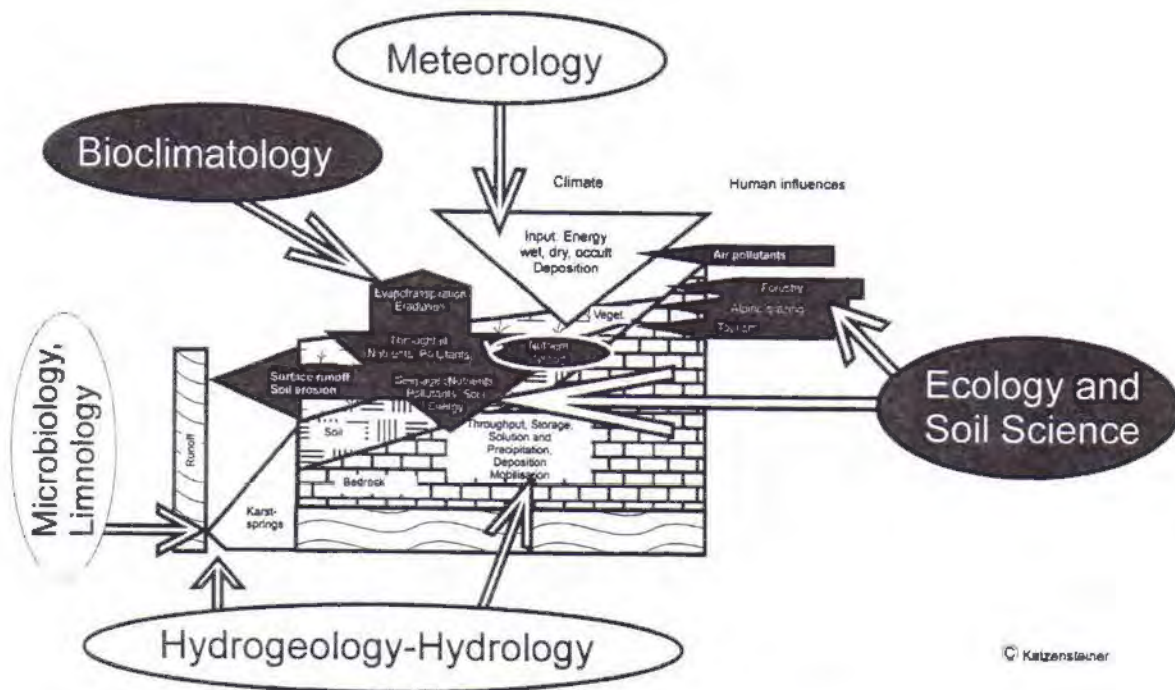


Figure 1: Research approach of the Northern Limestone Alps Karst Research Programme

## Physiography, soils and vegetation cover

The Northern Limestone Alps National Park is located in Upper Austria and covers the so called 'Sengsengebirge' and a major part of the 'Reichraminger Hintergebirge'. The park area is currently around 180 km<sup>2</sup> in size. Triassic and Jurassic limestones as well as dolomite rocks are the dominant bedrock formations. The altitudes are below 2000 m asl. The limestone formations of the Sengsengebirge area are deeply karstified. Soils of the rendzina type (FAO: lithic and rendzic leptosols) can mainly be found on convex topography. During the ice age, the area was only partly glaciated. Therefore paleosols of the 'Terra fusca' type (FAO: chromic or ferric Cambisols) as well as soils derived from aeolean deposits, frequently displaced by solifluidal or by colluvial processes, are widespread. The diagnostic distinction between paleosols and soils derived from sandstones, shist and marl, which are also occurring in the area, is sometimes impossible. In concave topography soils show a tendency towards waterlogging. In these situations even humic gleysols and histosols may be developed. The natural vegetation cover of the park would be dominated by montane European beech – Silver fir – Norway spruce forests (Fagetum and Abietetum) up to elevations of 1400 m asl (Müller, 1977). Above 1400 m asl. subalpine Norway spruce or mixed European Larch – Norway spruce forests (Piceetum) and predominately above 1600 m asl. krummholz (*Pinus mugo*) assoziations are assumed to be natural.

## Historical Landuse

As the region was part of the 'Eisenwurzen', an old industrial region famous for the production of iron and steel products already since the end of the Middle Ages, huge clearcuts altered the vegetation composition. To meet the food demand of an increasing population a part of the clearcuts was transformed to alpine pastures. In the 16<sup>th</sup> and 17<sup>th</sup> century first forest regulations were issued as a reaction to



shortages in wood supply for industry. Partly forests regenerated naturally, partly regeneration measures like sowing of trees – mainly spruce - were carried out. Where water supply was sufficient, grazing of cattle, sheep and goats was common both on pastures and in the forest (figure 2). This intensive landuse caused severe humus disintegration and soil erosion, mainly on the south slope of the Sengsengebirge (Bauer, 1953) . Thus, pasturing was sometimes possible only for a few decades. Due to reduced water supply, pastures on most severely degraded sites had to be abandoned. Since 1880, legal regulations restrict this landuse practice to less sensitive sites (Lechner, 1996). On abandoned pastures, secondary succession of krummholz and forests has taken place (figure 2). Currently in the lower parts of the krummholz, Larch and even Silver fir are reestablishing. In the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> century, modern forestry created monocultures of Norway spruce on highly productive sites in lower elevations.

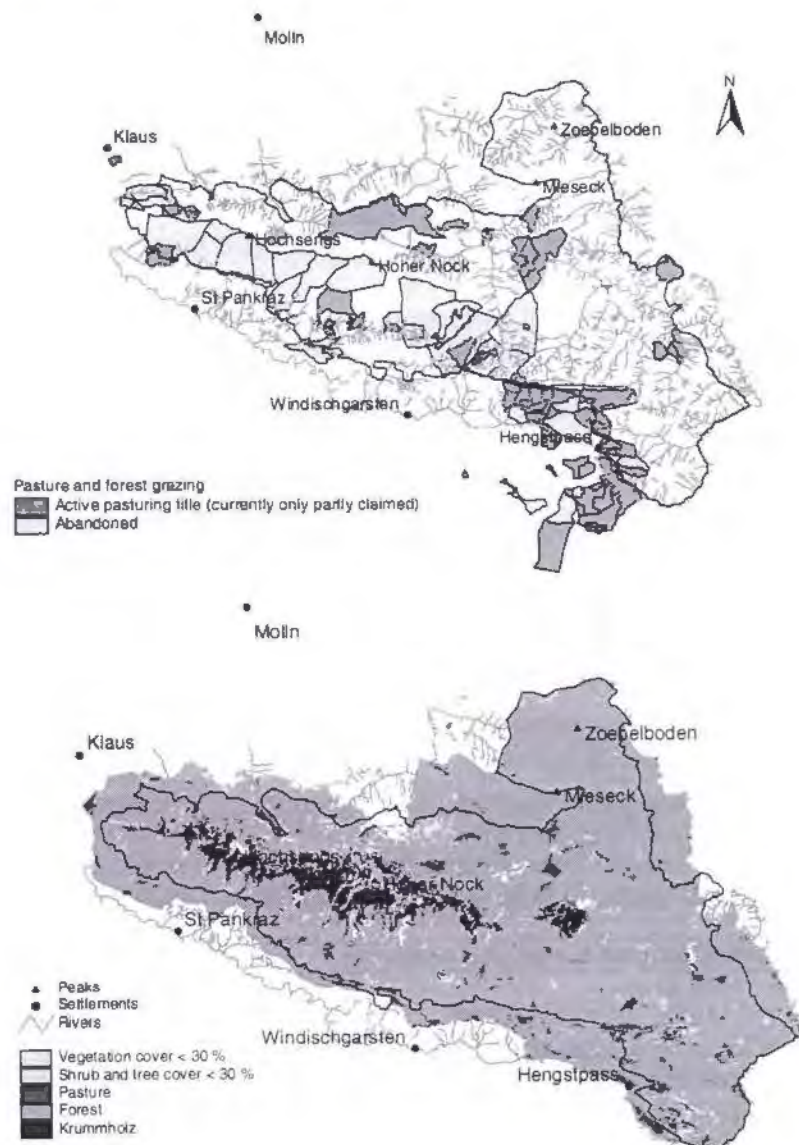


Figure 1: Map of historical pasturing and current vegetation distribution within the Northern Limestone Alps National Park

## Water household and nutrient cycling of selected forest ecosystems in the Northern Limestone Alps National Park

One research activity within the research programme was the evaluation of the small watershed approach for the assessment of human impacts on the water household. Due to the complex subterranean water pathways of karst systems, the validity of such a method is limited. Most of the water moves to few large perennial springs, smaller springs are characterized by an intermittent water flow (Haseke et al., 1996). While residence time of water introduced in ponors and sinkholes is usually low (tracer experiments in the Sengsengebirge and Hintergebirge showed residence times of only a few days (Haseke, 1998, pers. comm.) ), vegetation cover and soil reduce water transfer rates exponentially. Thus, the cause response relationship between changes in soil and vegetation cover within an assumed watershed and changes in water quality and water supply of springs are more difficult to quantify than the impact of point source pollution.

In our investigations we tried to quantify water and nutrient cycle for typical forest ecosystems in the park area. Along an elevational transect within a given watershed, we chose following situations: a mature European beech forest (Beech SR), a mature secondary Norway spruce forest (Spruce VR) and three successional stages of a subalpine Norway spruce forest (EE): a clearcut, a regeneration plot and a mature stand. A detailed description of the sites and the instrumentation is given in Fuxjäger (1998) and Katzensteiner (1998). Table 1 shows the characteristic site and stand parameters of the plots.

Table 1: Characteristic site and stand parameters of the experimental plots of the karst research programme

Plot	Site parameters	Stand parameters
Beech SR	elevation: 689 m asl. aspect: N, slope: 55 [%] bedrock: limestone (Opponitzerkalk) soil: mosaic of chromic Cambisol and rendzic Leptosol; depth: 35 to 70 cm, coarse fragments: 20 to 50 % humus form: Eumull	even aged beech stand, crown cover 95 %, leaf area index (LAI) 4.74, stem area 31.1 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> height of dominant trees 33.5 m growing stock 492 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>
Spruce VR	elevation: 940 m asl. aspect: NW, slope: 32 [%] bedrock: limestone (Opponitzerkalk) with embedded sandstone and marl (Lunzer series) soil: mosaic of chromic Cambisol and Pelosol, partly lateral interflow; depth: 40 to 95 cm, coarse fragments 10 to 15 % humus form: Oligomull to mull like Moder	even aged secondary Norway spruce stand, intermixed European larch, leaf area index 3.14, stem area 62.4 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> , height of dominant trees 31.3 m, growing stock: 791 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>
Spruce EE	elevation: 1300 m asl. aspect: SE, slope: 15 to 30 (50) [%] structured relief with boulders and sinkholes bedrock: limestone (Hierlatzkalk) soil: 1 to 50 cm Moderhumus ('Alpenmoderrendzina'); 40 % bare rock	uneven aged Norway spruce with single beech; scattering of trees; nutrient cycling plot: LAI 5.2, stem area 48 m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> , height of dominant trees: 26 m, growing stock: 529 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>
Regeneration EE		cultivation of spruce and larch; scattering of trees, maximum height 5 m, dense ground cover vegetation; LAI 1.5
Clearcut (spring 1996) EE		ground cover vegetation 1996 less than 10 %, 1997: 30 %



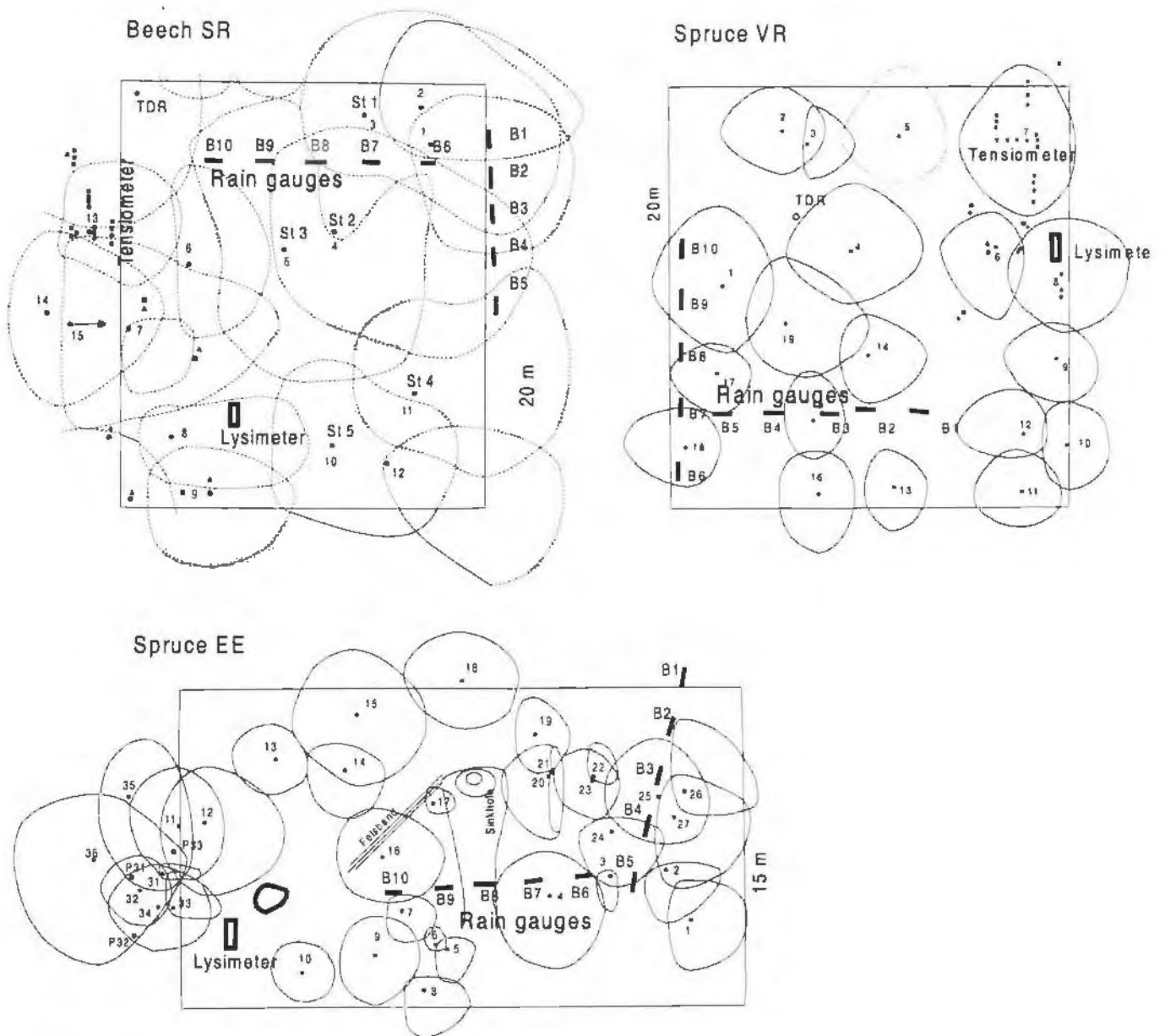


Figure 3: Top view of the experimental plots

Due to limited access to the sites during winter time, sampling was restricted to the vegetation periods (1996: beginning of July until end of October, 1997: end of May until mid October).

Following instrumental setup was installed for the data acquisition:

- automatic recording rain gauge (Bogner&Lehner OEG) (each plot)

- bulk-precipitation sampler in the open field close to each plot (weekly sampling)
- temperature and relative humidity in the open field (only valley bottom (SR) and spruce EE)
- radiation: 10 km from the sampling plots
- windspeed: 2 km from spruce EE
- 10 throughfall collectors (0.1 m<sup>2</sup> each) in each stand and in the regeneration plot (weekly sampling)
- 5 stemflow collectors in the beech stand
- 5 ceramic plate lysimeters underneath the humus layer in each plot (weekly sampling)
- 5 ceramic cup lysimeters at 50 cm depth in the beech SR and the spruce VR plot
- seepage water sampler in a karst-sinkhole in the spruce Stand EE
- transpiration measurements of 2 trees (only 1997) in the spruce stand EE
- weekly chemical analyses of precipitation, throughfall, and seepage (conductance, pH-value, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Gran titration), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Micro Kjeldahl), Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (ion chromatography))

Transpiration was calculated by the Brook 90 model (Federer 1995) for the spruce site EE. For the other sites the aquisition of model parameters has not been completed up to now. Also the calculations for the EE sites are preliminary and have to be validated by additional analyses. Nutrient fluxes have been calculated by multiplying water fluxes with nutrient concentrations.

#### Selected results:

Table 2 shows the results of the water balance calculations for the vegetation periods 1996 and 1997. Due to initial problems in the setup of the instrumentation (rodent infestation) the measurements in 1996 started with a delay of one month.

Table 2: Water balance of the experimental plots for the periods 1996-07-04 to 1996-10-25 and 1997-05-20 to 1997-10-14; all units in [mm]

Site	period	Precip.	Through-fall	Stem-flow	Intercepted rain evaporation	Transpiration (model)	Soil evap. (model)	Seepage (model)
Beech SR	1996	910	718	86	106 (12 %)			
	1997	1101	798	108	195 (18 %)			
Spruce VR	1996	889	640		249 (28 %)			
	1997	1061	745		316 (30 %)			
Spruce EE	1996	1052	801		251 (24 %)	70 (7%)	20 (2%)	710 (67 %)
	1997	1227	865		362 (30 %)	120 (10%)	25 (2 %)	720 (59 %)
Regeneration EE	1996	1052	932		120 (11 %)	40 (4 %)	40 (4 %)	850 (81 %)
	1997	1227	1026		201 (16 %)	78 (6 %)	78 (6 %)	890 (73 %)
clearcut EE	1996	1052			~ 0	~ 0	100 (10 %)	950 (90 %)
	1997	1227			~ 35 (3%)	~ 35(3 %)	210 (17 %)	935 (76 %)

The measurements show the enormous precipitation rates, increasing with altitude, at the northern slope of the limestone alps. The high interception rates of spruce stands compared to beech stands are obvious. Also a dense ground cover vegetation at regeneration plots has already a significant effect on the water balance. The transpiration rates calculated by the BROOK90 model are low compared to published values for Norway spruce. This low rates can however be confirmed by sapflow measurements (Katzensteiner 1998). Frequent rainfall events during thunderstorms, high humidity and low temperatures at this elevation may be responsible for this fact.



The influence of the forest cover on the water balance is however, depending on the successional stage, still very high.

For the modelling of water and nutrient fluxes in soil also the distribution of throughfall is of importance. In the beech stand about 10 percent of the precipitation enters the soil system as stemflow, a rather low value compared to literature data (overview in Fuxjäger, 1998). This causes already a significant inhomogeneity in water and nutrient input into the forest. Glatzel et al., 1983 could show significant changes of soil properties due to high load of atmospheric pollutants at the stem base of beech stands. For the spruce stands the stemflow can be neglected.

Another fact, that has to be taken into account is the alteration of the water input to the soil due to clustering of trees. This clustering is pronounced for the high elevation spruce site EE (figure 3).

Table 3 shows the coefficient of variation and the estimated number of rain gauges to calculate the average throughfall rate with an accuracy of  $\pm 10\%$  ( $p=0.05$ ) for selected rainfall periods (weekly basis). The number of rain gauges of the used type was calculated iteratively according to the formula:

$$\text{Number of samples} = ((\text{Coefficient of variation for the sample } [\%] * t \text{ value for given degree of freedom and } p=0.05 / \text{accuracy } [\%])^2$$

Table 3: Variation of throughfall for different precipitation events in different stands (10 throughfall gauges 0.1 m<sup>2</sup> sampling area each) and estimated number of throughfall collectors necessary for estimation of the average throughfall with an accuracy of  $\pm 10\%$  (Fuxjäger, 1998)

Plot	Precipitation [mm]	Throughfall mean of 10 rain gauges [mm]	Coefficient of variation of throughfall [%]	Number of throughfall collectors necessary for estimation of the mean with an accuracy of $\pm 10\%$ ( $p=0.05$ )
Beech SR	4.6	1.6	31.0	39
	21.6	21.8	10.1	6
	101.8	79.4	9.2	6
Spruce VR	3.7	1.8	44.8	80
	22.1	21.8	16.4	13
	93.7	74.8	7.6	3
Spruce EE	12.5	9.8	45.3	81
	20.8	13.9	41.0	67
	87.3	58.1	43.4	75
Regeneration plot EE	12.5	6.7	16.3	13
	20.8	15.8	15.1	12
	87.3	68.0	15.0	12

As can be seen from the table, throughfall from small precipitation events has a very high variation in the mature stands. The variation within the regeneration plot remains stable on a low value. In the beech stand and the secondary spruce stand the variation of throughfall decreases with increasing precipitation to values, where the selected number of samplers is sufficient for a good estimate of average throughfall rate. The variation in the spruce stand EE (karst site) remains rather high. This has two consequences: First: an unreasonable number of rain gauges would be

necessary to get an accurate estimate of average throughfall rates. Second, the distribution of rainfall entering the karst system is extremely uneven on such sites.

Chemical composition of different compartments of the water balance:

Table 4 gives average chemical characteristics of the different compartments of the water flux for the different stands.

Table 4: Average conductivity [ $\mu\text{S}$ ], pH-value and concentrations of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , and  $\text{HCO}_3^-$  of different compartments of the water cycle

	Conductivity [ $\mu\text{S}$ ]	pH-value	$\text{Ca}^{2+}$ [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]	$\text{NO}_3^-$ [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]	$\text{HCO}_3^-$ [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]
<b>Mature beech stand SR</b>					
Precipitation	15	6.29	1.32	1.83	4.63
Throughfall	28	6.59	1.87	2.96	9.71
Stemflow	22	6.57	1.27	2.42	6.07
Plate lysimeters underneath humus layer	54	7.17	7.51	2.56	21.69
Cup lysimeters at 50 cm soil depth	291	8.04	52.68	5.61	186.76
<b>Secondary Norway spruce stand VR</b>					
Precipitation	16	5.86	1.33	1.88	4.31
Throughfall	25	5.78	1.61	4.46	4.31
Plate lysimeters underneath humus layer	40	4.96	3.83	3.69	2.05
Cup lysimeters at 50 cm soil depth	59	6.79	7.21	4.05	22.25
<b>Successional stages of Norway spruce EE</b>					
Precipitation	19	6.15	1.41	1.73	4.72
<b>Mature stand</b>					
Throughfall	25	5.86	1.81	2.70	6.95
Plate lysimeters underneath humus layer	32	4.74	3.72	0.27	0.76
outflow of bare rock	64	7.31	14.18	1.97	34.45
unsaturated zone 10 m below surface (sinkhole)	226	8.10	51.47	2.19	129.34
<b>Clearcut</b>					
Plate lysimeters underneath humus layer	56	5.16	8.26	12.43	5.28
<b>Regeneration plot</b>					
Throughfall	22	6.30	1.96	1.47	7.62
Plate lysimeters underneath humus layer	45	6.61	11.45	0.19	19.76

The chemical characteristics of the precipitation is rather similar for all three sites. A slightly higher pH of precipitation at the sites EE and SR might be attributed to dust immissions from forest roads. In the beech stand, pH-value and element concentrations increase steadily when water passes the canopy, humus and soil. At 50 cm soil depth water shows already higher conductances as spring water from the nearby karst spring. The differences in throughfall and stemflow are only minor. In the spruce stand pH decreases, passing the canopy and the humus layer. In 50 cm soil depth conductivity, pH and ion concentrations are still rather low compared to the beech stand. The different soil type compared to the beech stand, as well as the acidifying effect of Norway spruce stands (i.e. Nilsson et al., 1992) may be a cause. The most significant effect on composition of water can be seen on the EE sites. The concentrations of nitrate and  $\text{Ca}^{2+}$  are enhanced slightly in the throughfall. The



seepage underneath the humus layer shows an increase in  $\text{Ca}^{2+}$ , however  $\text{NO}_3^-$  concentrations decrease to 10 percent. Even if the residence time is low, the throughfall interacting with bare rock shows a steep increase in conductivity and  $\text{Ca}^{2+}$  concentrations. In the unsaturated rock zone in the sinkhole, water has already similar composition as spring water. While the mature stand and the regeneration keep nitrogen efficiently in the system, nitrate is mobilized during the clearcut stage. Figure 4 shows the increase in nitrate concentrations with time. Ups and downs are attributable to dilution effects during heavy precipitation events. In summer 1997 nitrate uptake by the reestablishing ground cover vegetation is already possible. Nevertheless nitrate losses on the clearcut plots during the vegetation period accumulate already to  $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in the vegetation period 1996 and to  $27 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in vegetation period 1997. As currently nitrogen input rates are rather high ( $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in vegetation period 1996 and  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in the vegetation period 1997) this problem might not be serious as long as no large scale disturbances of forest ecosystems occur. In the future, rather the alteration of nutrient cycles of forest ecosystems due to increasing input of nitrogen are a matter of concern. From the projects EXMAN and NITREX a broad database of the influence of increased nitrogen deposition on ecosystem processes is available (Wright and Rasmussen, 1998). Results from the alpine site within these projects (Alptal, Switzerland, soils: umbric Gleysols derived from Flysch; (Schleppi et al., 1998)) can however not be extrapolated to the majority of forest ecosystems with totally different soil types in the limestone alps. The question, how humus carbonate soils without a mineral soil component will react to the current input situation remains still unresolved. An increased biomass production due to nitrogen addition might counteract increased humus mineralization rates. Critical dilution of potassium and phosphorus would however destabilize such ecosystems. Additionally the enhanced release of rare elements like potassium and micronutrients after disturbances might become a problem for stand growth.

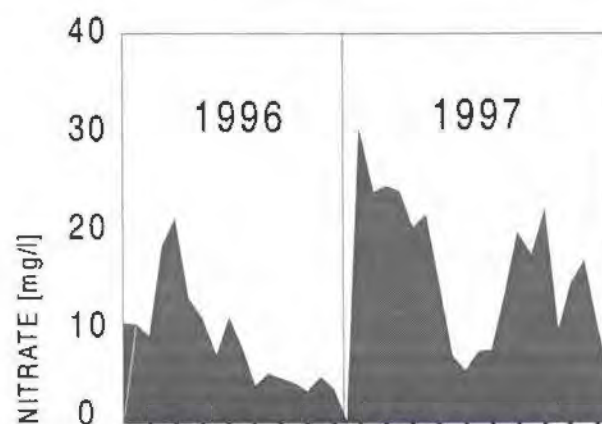


Figure 4: Nitrate concentrations in seepage water after a clearcut (weekly sampling during the vegetation period )

#### Uncertainties in the estimation of nutrient fluxes:

As shown previously, already throughfall is very uneven in unhomogeneous stands on typical karst sites. For the calculation of nutrient fluxes, knowledge of the soil water pathways, i. e. the information about the amount of the throughfall interacting with humus and soil, and the amount directly contacting solid rock material is

necessary. If assuming a statistically even distribution of throughfall on such inhomogeneous sites, the question if water gets in contact with humus after interaction with rock material or if it becomes seepage directly, will depend on factors like microrelief and fissuring of the rocks. In table 2 nutrient fluxes with seepage are calculated in two ways: in scenario A, it is assumed that all throughfall will interact with humus material, in scenario B a quickflow of 60 % not altered by contact with humic substances was calculated.

Table 5: Nutrien fluxes for the vegetation period 1996 for the mature spruce stand EE calculated in two ways: A: assumption that all water interacts with humus layer, B: assumption that quickflow does not interact with humus layer

	K [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Ca [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Mg [kg.ha <sup>-1</sup> ]	NH <sub>4</sub> -N [kg.ha <sup>-1</sup> ]	NO <sub>3</sub> -N [kg.ha <sup>-1</sup> ]	SO <sub>4</sub> -S [kg.ha <sup>-1</sup> ]
Precipitation	1.4	8.7	2.0	3.5	3.9	7.6
Throughfall	7.1	10.9	3.0	1.7	2.9	8.7
Seepage output A	2.01	28.2	2.5	0.25	0.93	8.5
Seepage output B	4.01	16.1	2.1	0.81	1.71	7.5

While for elements like sulfur and magnesium the consequences of applying a correct model are of minor importance, the balance of potassium and nitrogen is severely influenced. For both elements the values differ by 100 percent.

#### Conclusions:

For modelling water regime of karst watersheds a rather detailed knowledge of vegetation cover is necessary. The water regime of forests on shallow soils in high elevations can only be assessed with very high expenditure. The assessment of nutrient dynamics is even more complex. On the other hand these ecosystems react very sensitive to disturbances. Thus, a broader database and the improvement of models for water and nutrient household of limestone ecosystems is a requirement for a proper monitoring. Critical load concepts for nitrogen should be reevaluated for the special situation of humus carbonate soils in the limestone alps.

#### Acknowledgements:

The project was funded by the Federal Ministry of the Environment and the Provincial Gouvernement of Upper Austria.

#### References:

- Bauer 1953: Zur Verkarstung des Sengsengebirges. Mitteilung der Höhlenkommission 1952, 7-14.
- Federer C.A. 1995: BROOK90: a simulation model for evaporation, soil water, and streamflow, Version 3.1. Computer freeware and documentation. USDA Forest Service, PO Box 640, Durham NH, 03824.
- Fuxjäger C. 1998: Niederschlagsinterzeption von Vegetation und Auflagehumus in fünf Waldbeständen des Nationalparks Kalkalpen, Oberösterreich. Diploma Thesis, Inst. of Forest Ecology, BOKU University Vienna, 88 pp.
- Glatzel G., H. Puxbaum, E. Sonderegger and M. Kazda, 1983: Bodenveränderungen durch schadstoffangereicherte Stammablaufniederschläge in Buchenbeständen des Wienerwaldes. Allgemeine Forstzeitschrift 26/27, 111-113.



- Haseke H., Angerer S., Benischke R., Glatzel G., Katzensteiner K. and Stadler H., 1994: Projekt Karstdynamik im Nationalpark Kalkalpen. Jahresberichte Nationalpark Kalkalpen 1993-x, x p.
- Haseke H., Angerer S. and A. Gärtner, 1996: Atlas der Hydrologie M1:20.000, Gebiet Sengsengebirge und Reichraminger Hintergebirge. Amt der Oö. Landesregierung, Nationalparkplanung.
- Katzensteiner K. and Glatzel G., 1994: Projekt Karstdynamik im Nationalpark Kalkalpen, Forschungskonzept Fachbereich Bodenkunde und Ökologie. Jahresberichte Nationalpark Kalkalpen 1993-x, x p.
- Katzensteiner K. 1998: Wasserhaushalt von Waldbeständen in den Nördlichen Kalkalpen. In: H. Haseke: Endbericht zum Projekt Karstforschung im Nationalpark Kalkalpen. In press.
- Lechner J. 1996: Oberflächenverkarstung und Sukzessionsdynamik ausgewählter Almen im Sengsengebirge. Internal report.
- Mirti M. 1996: Kurzbeschreibung des Integrated Monitoring in Österreich 1995/1996, IM-Rep-001, Umweltbundesamt Wien.
- Müller, F. 1977: Die Waldgesellschaften des Sengsengebirges. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien, 121, 219 p.
- Nilsson S.L., H.G. Miller and J. Miller, 1982: Forest growth as a possible cause of soil and water acidification: an examination of the concepts. *Oikos* 39, 40-49.
- Schleppi P., N. Müller, H. Feyen, A. Papritz, J. Buchner and H. Flühler, 1998: Nitrogen budgets of two small experimental forested catchments at Alptal, Switzerland. *Forest Ecology and Management* 101, 177-185.
- Wright R.F. and L. Rasmussen, 1998: Introduction to the NITREX and EXMAN projects. *Forest Ecology and Management* 101, 1-7.





# Wasser- und Nährstoffhaushalt eines Waldökosystems in den nördlichen Kalkalpen

(Übersetzung eines Vortrags, präsentiert bei der Konferenz 'Headwater98', Meran)

Klaus Katzensteiner  
& Christian Fuxjäger

Institut für Waldökologie  
Universität für Bodenkultur, Wien

Zwischenbericht zu den Projekten  
1603-2.0; 1603-5.2

Im Auftrag der Nationalpark Kalkalpen Ges.m.b.H.  
mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie



## Einleitung:

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Karstprogrammes im Nationalpark Kalkalpen, Oberösterreich durchgeführt.

Wie die Entwicklung zahlreicher Ökosysteme auf Karststandorten in der Vergangenheit gezeigt hat, reagieren diese äußerst sensibel auf natürliche oder anthropogenen Störungen. Gerade im Karst stellen aber die Vegetation und die oft nur sehr spärlich vorhandene Bodendecke den einzigen nennenswerten Puffer für äußere Einflüsse, wie zum Beispiel Stoffeinträge aus der Atmosphäre dar. Weiters ist in Karstsystemen die Vegetation ein wichtiges Glied im Gesamtwasserhaushalt. Durch den Bewuchs werden vor allem Abflußspitzen gedämpft und eine gleichmäßigere Quellschüttung gewährleistet. Aufgrund methodischer Probleme liegen aber für derartige Standorte bisher nur wenige Freilanduntersuchungen zu den angeführten Problemkreisen vor. Bedenkt man, daß die Trinkwasserversorgung großer mitteleuropäischer Städte aus Karstsystemen erfolgt, wird deutlich, wie wichtig eine genaue Kenntnis der ökosystemaren Prozesse für die Bewirtschaftung dieser Standorte ist. Dies umfaßt sowohl die forstliche Nutzung als auch das Management von Schutzgebieten.

Der Nationalpark Kalkalpen stellt in dieser Hinsicht aufgrund seiner standörtlichen Vielfalt ein ausgezeichnetes, für die nördlichen Kalkalpen repräsentatives 'Naturlaboratorium' dar. Aufgrund der guten Laborinfrastruktur mit engagierten Mitarbeitern ist hier die Durchführung komplexer ökologischer Untersuchungen möglich.

Die hier dargestellten Untersuchungen wurden mit folgende Zielsetzungen durchgeführt:





**Zielsetzungen:**

**Informationen über**

**- Wasserhaushalt und Nährstoffdynamik von Wäldern  
auf seichtgründigen Karbonatböden**

**- und die Reaktion derartiger Ökosysteme auf Störungen  
zu erhalten,**

**um die langfristige Entwicklungsdynamik und Einflüsse  
auf Qualität und Quantität von Karstquellwässern ab-  
schätzen zu können.**



## Untersuchungsgebiet:

Lage: Nationalpark Kalkalpen, Oberösterreich;  
47°45' N, 14°20' E  
Nordstau der nördlichen Kalkalpen

## Versuchsflächen:

Seehöhe: 1300 m

Geologie: 'Hierlatzkalk'

Vegetationsgesellschaft: Adenostylo glabrae Piceetum

Boden: 'Alpenmoderrendzina' (10 cm Moderhumus über reinem Kalk)

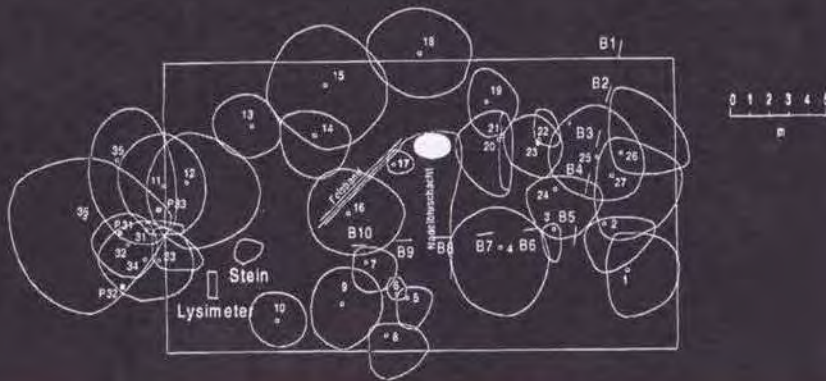
Fläche 1: Fichtenaltbestand (*Picea abies*); ungleichaltrig; 720 Bäume  
je ha; Grundfläche: 58 m<sup>2</sup>.ha ; Oberhöhe: 26 m; LAI 5.2  
deutliche Rottenstruktur

Fläche 2: Schlagfläche (Frühling 1996)

Fläche 3: 15 jähriger Jungwuchs; LAI 1.5



## Grund- und Aufriß des Altbestandes



Am Eiseneck wurde ein Fichtenaltbestand, an den unmittelbar eine Kulturfläche und ein 1996 frisch angelegter Kleinkahlschlag angrenzen ausgewählt.

Durch diese Versuchsanordnung ist es möglich, auf einer Standortseinheit initiale und langfristige Effekte forstlicher Nutzungen auf einem extrem seichtgründigen Standort zu untersuchen. Weiters soll die Nährstoffbilanz der Bestände und der Einfluß der gegenwärtigen Belastung mit langzeitwirksamen Luftschadstoffen abgeschätzt werden.



Untersuchungszeitraum: 1996-07-01 - 1996-10-25  
1997-05-20 - 1997-10-14

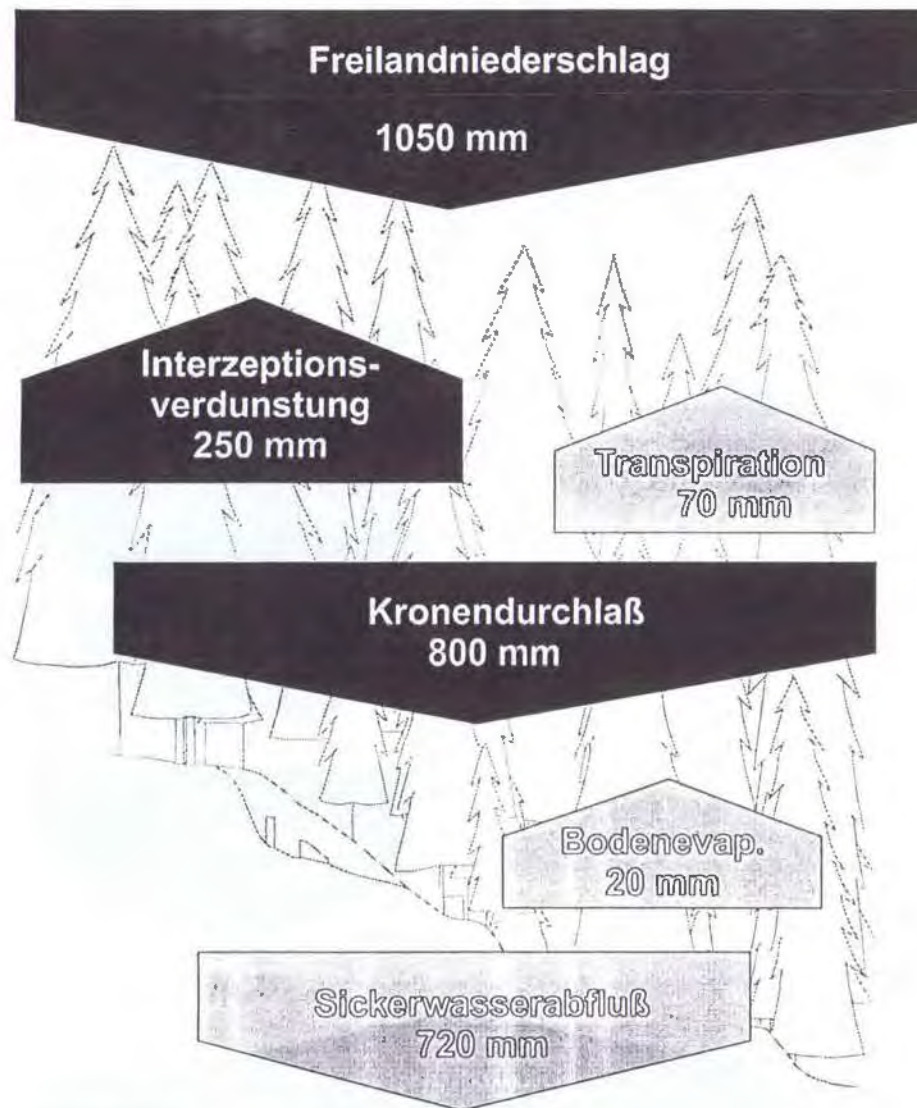
#### Datenerhebung/Datenquellen:

- RainLogger 10' Auflösung (Bogner & Lehner OEG)
- Bulk-Sammler; wöchentliche Beprobung Freifläche
- Temperatur und Luftfeuchte auf der Freifl. (Bogner & Lehner OEG)
- Wind: 2 km von der Versuchsfäche entf. Station Feichtau
- Strahlung: 10 km von der Versuchsfäche entf. Station Schieberstein
- 10 Kronendurchlaßsammler (0.1 m<sup>2</sup> Auffangfläche je Sammler) im Altbestand und auf der Jungwuchsfäche; wöchentliche Beprobung
- 5 Keramikplattenlysimeter unterhalb der Humusschicht auf jeder Fläche; wöchentliche Beprobung
- Sickerwassersammler in einer Schachtdoline im Altbestand
- Transpirationsmessungen im Altbestand (nur 1997)
- wöchentliche chemische Analysen von Freilandniederschlag, Kronendurchlaß, Humuspärkolat und Sickerwasser (Forschungslabor Nationalpark Kalkalpen)



Wasserbilanz: 1996-07-04 -1996-10-25

Altbestand

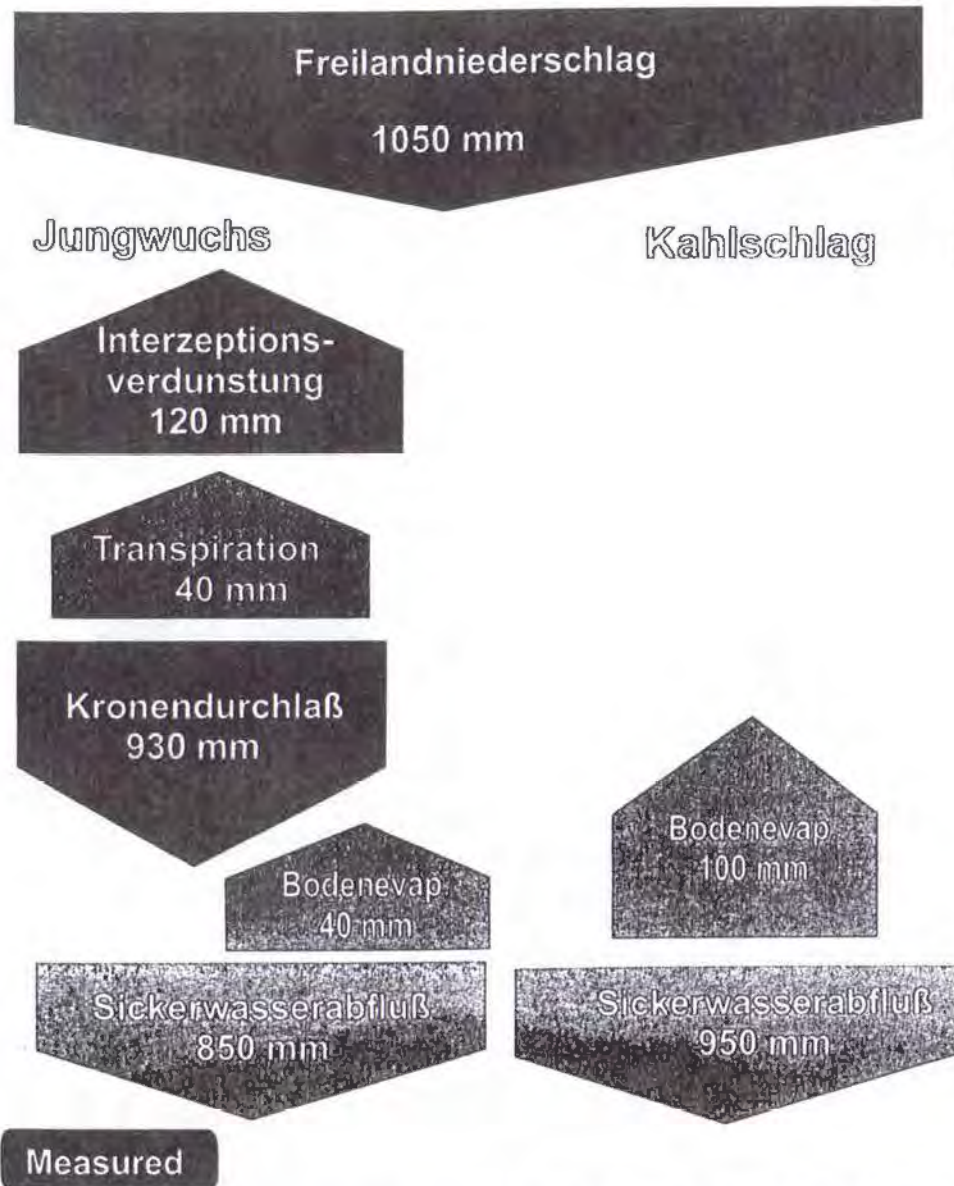


Messung

Brook 90 (Federer et al. 1995) Modellergebnis (vorläufig;  
Parametrisierung einzelner Modellparameter noch ausständig)

Die vorläufige Wasserbilanz wurde einerseits direkt aus den Messungen abgeleitet (Freiland- und Bestandesniederschlag), andererseits über das BROOK 90-Modell errechnet. Dieses Modell erlaubt die Berechnung der der Wasserhaushaltsglieder über meteorologische Meßdaten bei Kenntnis von bestandesstrukturellen, pflanzenphysiologischen und bodenkundlichen Kenndaten, wie sie im Projekt erhoben wurden.

Im Meßzeitraum 1996 fielen extrem hohe Niederschläge, wobei zu erkennen ist, daß die Interzeptionsverdunstung (Niederschlagsrückhalt im Kronenraum mit nachfolgender Verdunstung) im Altbestand den wesentlichsten Anteil an der Gesamtverdunstung hat. Die Transpiration spielt nach den Modellergebnissen eine nur untergeordnete Rolle.



Die Schlagflora in der nur spärlich bestockten Jungwuchsfläche hat ebenfalls bereits einen bedeutenden Anteil an der Verdunstung, während am Schlag nur die Bodenevaporation als 'Verlustglied' zum tragen kommt.

Für die Aufteilung des Sickerwasserabflusses in rasch und langsam abfließende Fraktionen sind noch zusätzliche Erhebungen nötig.

Brook 90 (Federer et al. 1995) Modellergebnis (vorläufig; Parametrisierung einzelner Modellparameter noch ausständig)



Water balance: 1997-05-20 - 1997-10-14

Abb. 2.11.1



Measured

Brook 90 (Federer et al. 1995) Modellergebnis (vorläufig;  
Parametrisierung einzelner Modellparameter noch ausständig)

Der Sommer 1997 war ebenfalls durch hohe Niederschläge geprägt, einzig die zweite Augushälfte war etwas trockener. Die Transpiration war trotzdem wieder eher gering, obwohl noch keine echten Engpässe in der Bodenwasserverfügbarkeit auftraten.

In der nächsten Abbildung ist das für die 1997 durchgeführten Saftstrommessungen an zwei Einzelbäumen verwendete Meßprinzip dargestellt. Die Ergebnisse wurden über zuwachskundliche Kenngrößen auf den Gesamtbestand hochgerechnet. Weiters dienten die ermittelten Kronenleitfähigkeiten zur Parametrisierung des Brook-Modells.

Die relativ enge Korrelation zwischen den Ergebnissen der Saftstrommessungen und dem Output des Brook-Modells (mod. Penman Methode) ist daher nur mit Einschränkungen zu sehen.

Die Ergebnisse sollen 1998 noch durch unabhängige Meßverfahren bei definierten Witterungslagen abgesichert werden.



## Saftstrommessungen

### SAP FLOW METER

### Environmental Measuring Systems

### Wärmebilanzmethode (Cermák et al., 1973)

$$Q_w = P / (dT \cdot c_w) - k / c_w$$

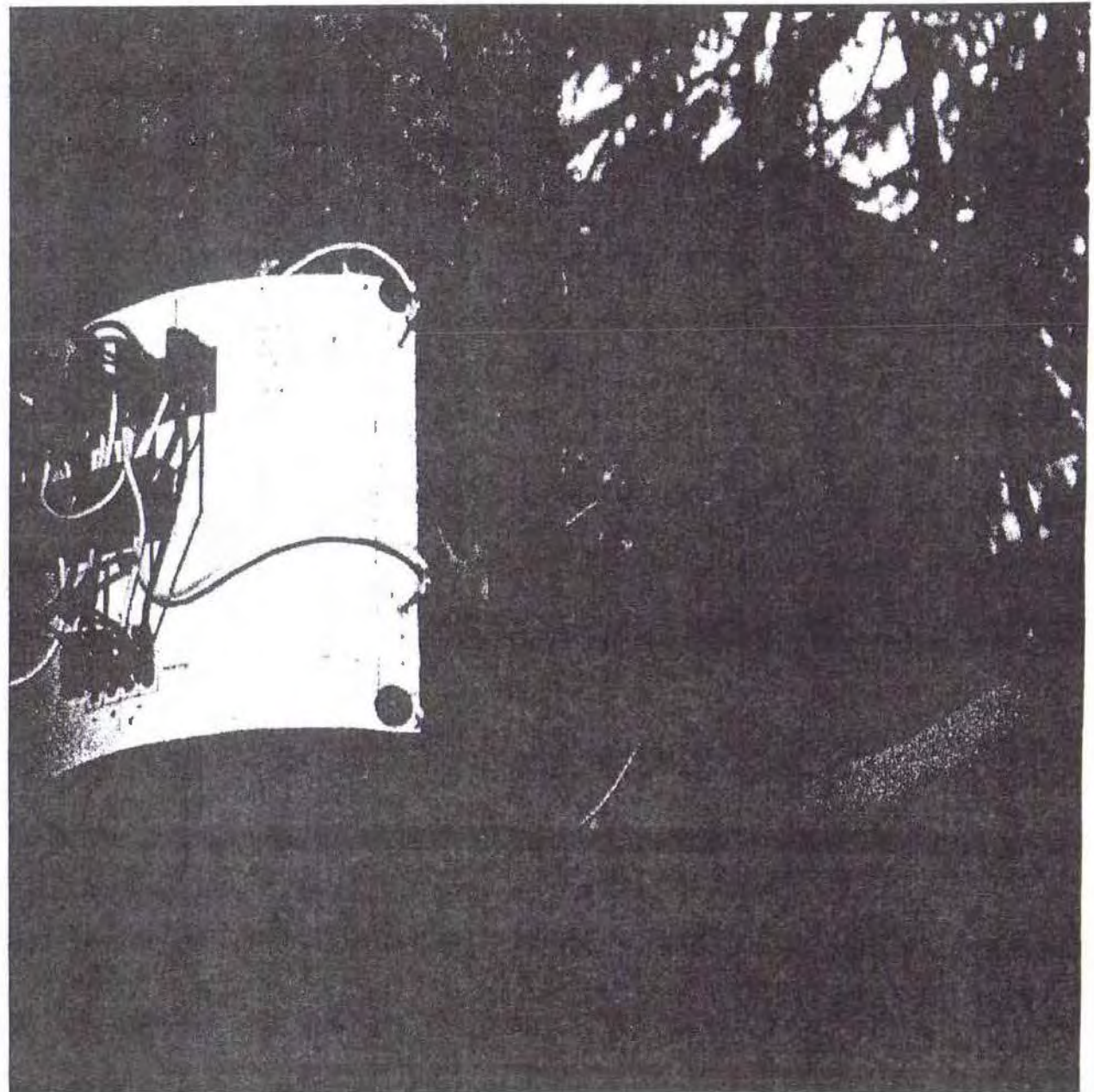
$Q_w$  ....Saftflußrate

$P$ .....Wärmeinput [W]

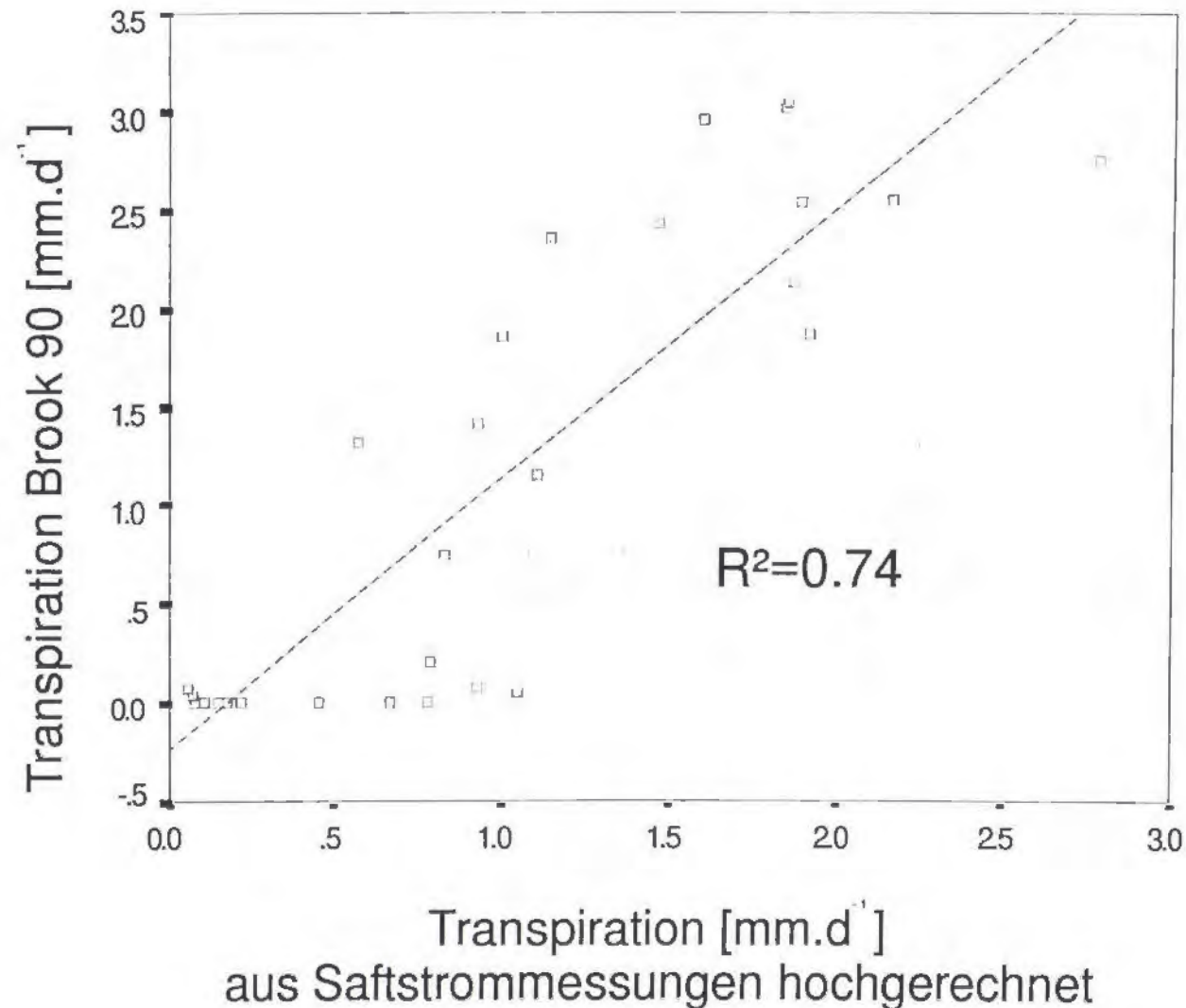
$dT$ .....Temperaturdifferenz  
unbeheizter Xylemteil

$c_w$ .....spezifische Wärme  
von Wasser

$k$ .....Koeffizient für Wärme-  
verlust im Meßpunkt



# Beziehung zwischen gemessener Transpiration und modellierter Transpiration für August 1996 (Brook 90)





Als Beispiel für die Nährstoffdynamik werden unten die Stickstoffflüsse in den beiden Meßjahren für die untersuchten Flächen dargestellt. Die Ergebnisse sind noch mit Einschränkungen zu sehen, da die Wasserhaushaltsuntersuchungen, auf denen die Berechnungen basieren noch abgesichert werden müssen.

### **Stickstoffflüsse [kg.ha<sup>-1</sup>]**

**A: 1996-07-04 – 1996-10-25**

**B: 1997-05-20 – 1997-10-14**

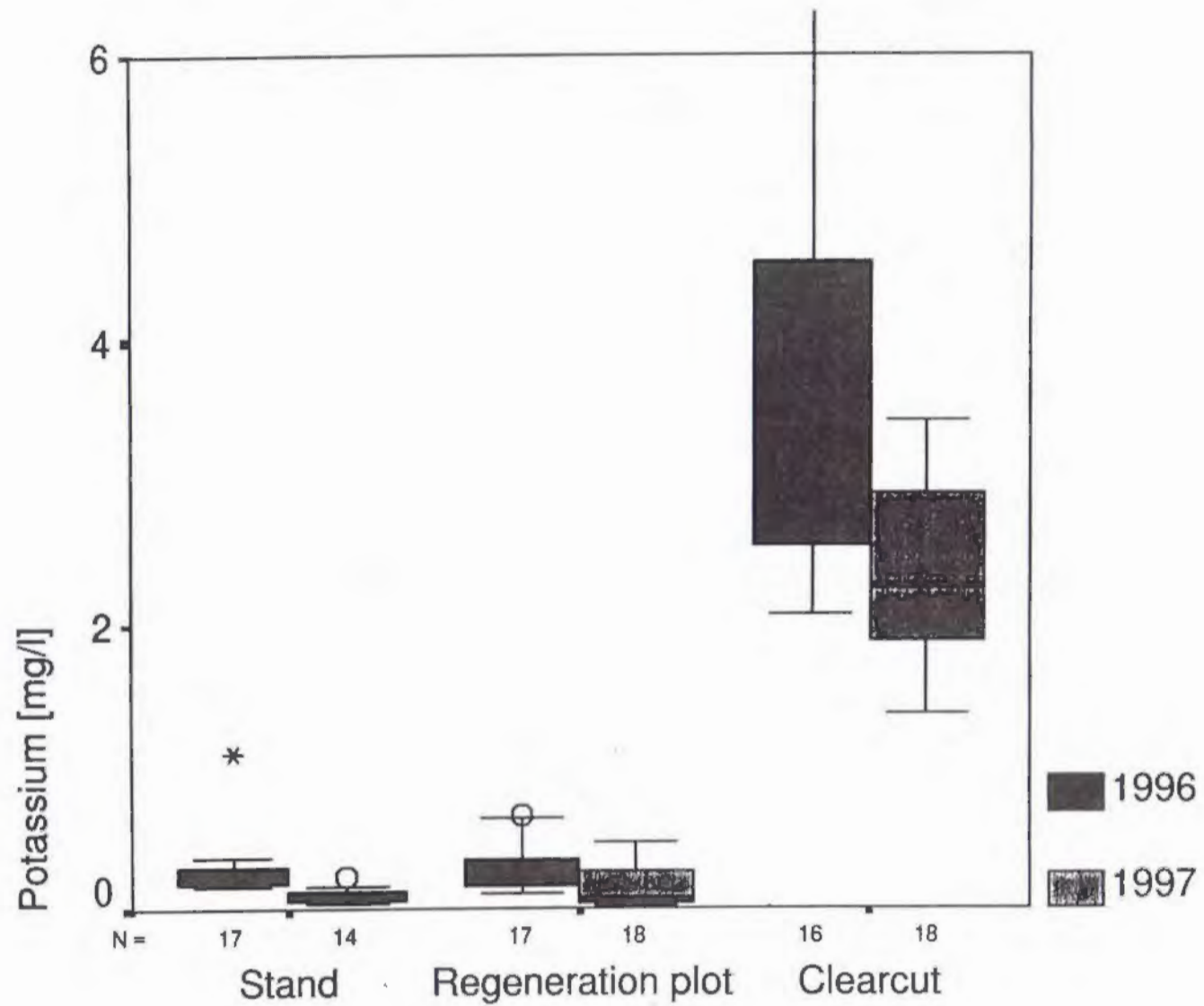
		Altbestand		Jungwuchs		Kahlschlag	
		A	B	A	B	A	B
<b>Freilandnieder- schlag</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N:</b>	3.4	4.5				
	<b>NH<sub>4</sub><sup>-</sup> - N:</b>	2.8	6.6				
	<b>Total N:</b>	6.1	10.9				
<b>Kronen- durchlaß</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N:</b>	2.6	4.2	2.6	3.4		
	<b>NH<sub>4</sub><sup>-</sup> - N:</b>	1.6	4.1	1.5	3.2		
	<b>Total N:</b>	4.2	8.4	4.1	6.6		
<b>Sickerwasser- austrag</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N:</b>	0.1	0.4	0.6	0.2	14.9	27.1
	<b>NH<sub>4</sub><sup>-</sup> - N:</b>	0.4	0.1	0.1	0.2	3.7	2.3
	<b>Total N:</b>	0.5	0.5	0.7	0.4	18.7	29.4

**N – Vorrat Boden: 1200 bis 1500 kg.ha<sup>-1</sup>**



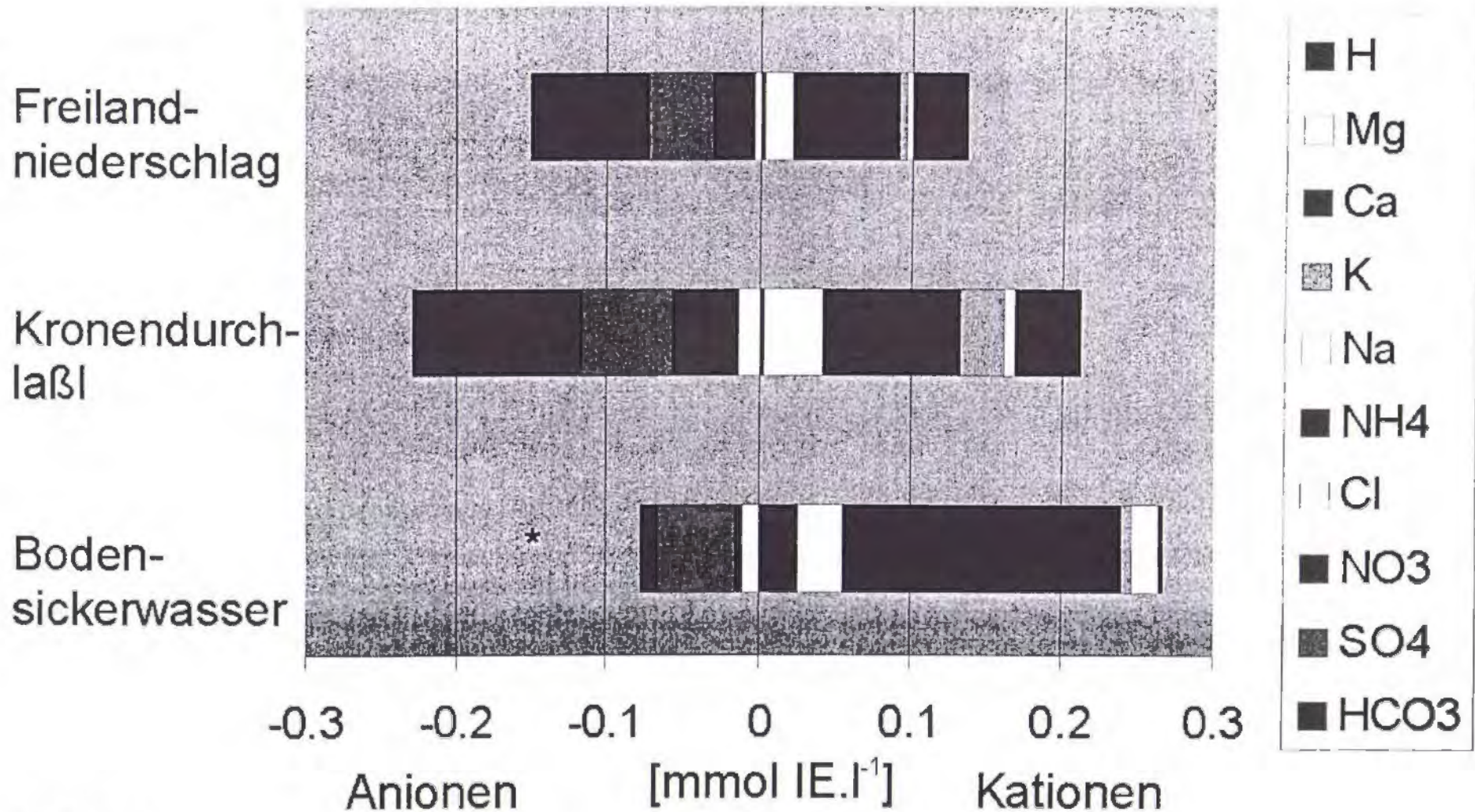
Es wäre eine interessante Fragestellung zu erheben, wie lange derartige Mobilisierungseffekte andauern.

## Kaliumkonzentrationen im Sickerwasser





# Ionenbilanz Fichte Eiseneck (ungewichtete Mittelwerte)



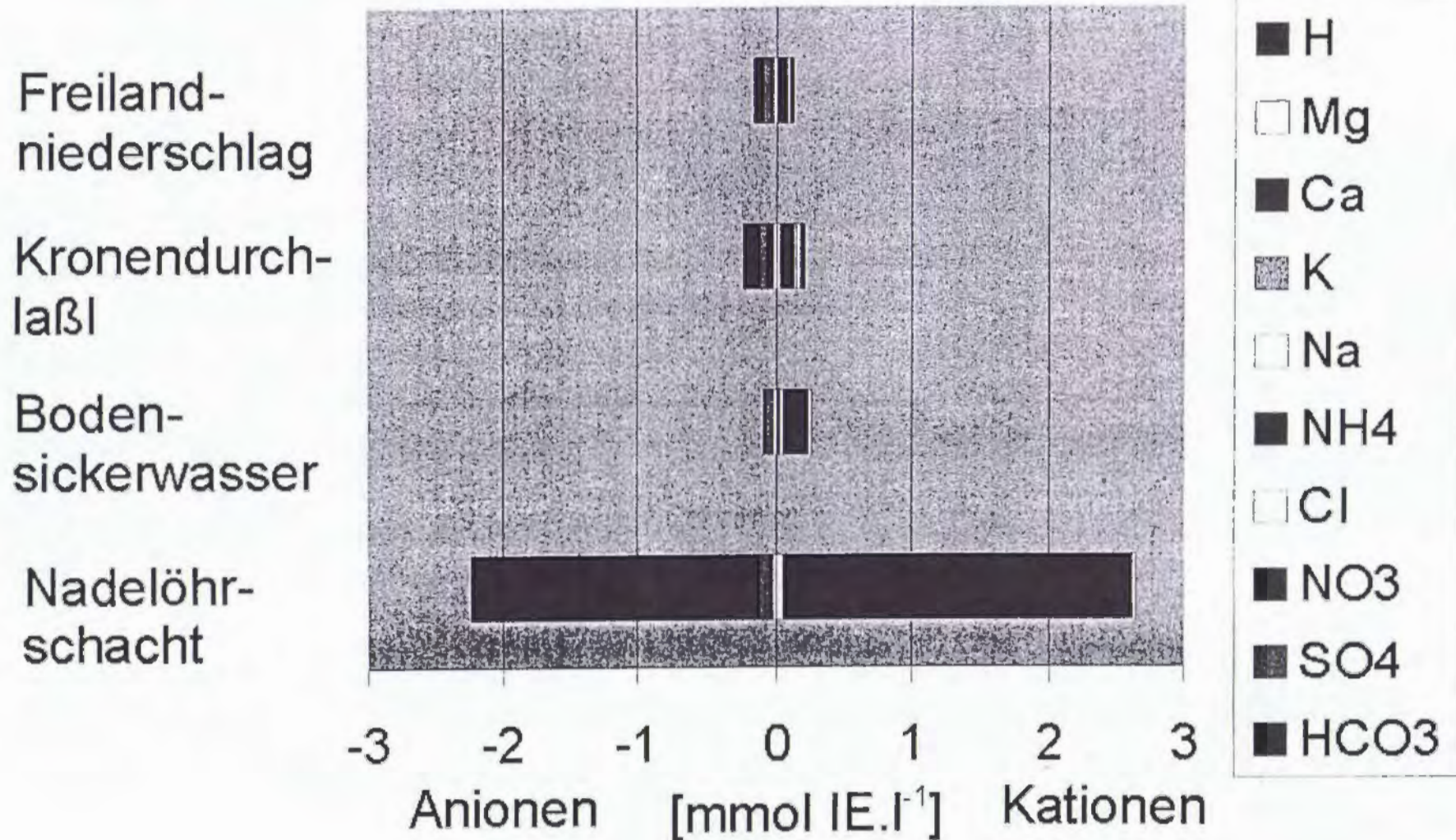
\* DOC



Betrachtet man die Ionenbilanz im Altbestand sieht man die starke Anreicherung des Niederschlags mit Nährstoffen im Kronenraum. Das Bild wird dadurch etwas verzerrt, daß die Ionenkonzentrationen nicht mit der Niederschlagsmenge gewichtet dargestellt wurden. Im ersten Teil der Vegetationsperiode werden bereits Stickstoffverbindungen im Kronenraum aufgenommen, was zeigt, daß das System nach wie vor stickstofflimitiert ist.

Das Humussickerwasser ist stark sauer. Vor allem niedrigmolekulare Huminsäuren sind dafür verantwortlich. Dadurch erklärt sich die starke Kalkverwitterung unter der Humusaufgabe, mit Hohlräumen unterhalb der Auflagehumuspolster. Wenige Meter nach Kontakt mit dem Festgestein, im Nadelöhrschacht zeigt das Wasser bereits Ionenkonzentrationen in einer Größenordnung wie sie in Karstquellen üblich sind: Kalzium und Hydrogencarbonat dominieren den Ionenpool. Die Differenz zwischen Kationen und Anionen wird durch gelösten organischen Kohlenstoff (Huminsäuren) ausgeglichen.

Ionenbilanz Fichte Eiseneck (ungewichtete Mittelwerte)





## Schlußfolgerungen:

### Wasserbilanz:

- Der wichtigste Faktor in der Wasserbilanz von Fichtenwaldökosystemen auf seichtgründigen Karbonatstandorten ist die Interzeptionsverdunstung (bis zu 30 % des Niederschlages). Durch diesen Vorgang werden Abflussspitzen wirksam gedämpft.
- Die Transpiration von Fichtenbeständen auf seichtgründigen Rendzinen dürfte geringer sein, als nach Literaturdaten zu erwarten wäre. Möglicherweise ist dies eine Adaption der Fichte an das geringe Wasserangebot über den Boden während Trockenphasen. Zur Absicherung dieser Ergebnisse sind noch zusätzliche mikrometeorologische und pflanzenphysiologische Untersuchungen nötig.
- Der Bodenwasserhaushalt seichtgründiger Rendzinen ist methodisch äußerst schwierig zu erfassen. Da diese Komponente für die Beurteilung des Gesamtwasser- und Nährstoffhaushaltes und damit der Stabilität von Waldökosystemen im Karst von entscheidender Bedeutung ist sollen in Zukunft Bodenwasserhaushaltsuntersuchungen intensiviert und verfeinert werden.



### Nährstoffhaushalt:

- Der Fichtenaltbestand am Eiseneck zeigt derzeit einen geschlossenen Nährstoffkreislauf. Vor allem die wichtigen Nährstoffe Stickstoff und Kalium werden effizient im System gespeichert, während in etwa 50% des eingetragenen Schwefels das System mit dem Sickerwasser verlassen
- Wie das System längerfristig auf die relativ hohen Stickstoffeinträge reagiert ist schwer abzusehen. Die Szenarien reichen vom Verlust der Speicherfunktion mit erhöhtem Stickstoffauftrag (mit dem Sickerwasser oder gasförmig), Entwicklung von unbalanzierter Baumernährung mit negativen physiologischen Konsequenzen, bis zu erhöhten Mineralisationsraten und damit Verlust des Auflagehumus, welcher auf einem derartigen Standort den einzigen Wurzelraum darstellt

Da das Eiseneck durchaus als repräsentativ für viele Extremstandorte in den nördlichen Kalkalpen gelten kann, würden längerfristige Untersuchungen der angeführten Problemkreise wertvolle Informationen über die Entwicklung derartiger Ökosysteme im 'Wasserschloß Europas' geben.



### Nutzungseffekte:

- Ein Kahlschlag verursacht exzessive Stickstoff- und Kaliumverluste aus dem System. Die Mineralisierung organischer Substanz wird durch den erhöhten Wasser- und Wärmegenuß angekurbelt, 'Verbraucher' fehlen. Diese 'Verlustphase' dauert vermutlich bis zur Ausbildung einer geschlossenen Bodenvegetationsdecke welche als effizienter Speicher wirksam wird. Ob bei einer natürlichen Sukzessionsabfolge ähnliche 'Verlustphasen' auftreten, sollte durch langfristiges Monitoring abgeklärt werden.
- Da die Berechnung des Sickerwasseraustrages von Stoffen (Nährstoffe, Schadstoffe) von der Sammeleffizienz der verwendeten Lysimeter abhängig ist (Aufteilung in rasch- und langsam abfließende Fraktion), sind die Ergebnisse noch durch zusätzliche Bodenwasserhaushaltsuntersuchungen abzusichern.

### Karstwasser:

- Die Anreicherung des Sickerwassers mit Kalzium und Hydrogencarbonat erfolgt innerhalb der obersten ungesättigten Gesteinszone. Die Wasseranalysen aus der Karstdoline zeigen, daß die Elementkonzentrationen im Sickerwasser bereits nach wenigen Metern in ähnlichen Größenordnungen wie jene in den größeren Karstquellen liegen.