



PILOTSTUDIE

Wasserhaushalt und -chemismus von Karbonatböden

im Rahmen des Projektes

KARSTDYNAMIK im Nationalpark Kalkalpen

AZ: 1603-05/95 und 1603-06/94

im Auftrag des Verein Nationalpark Kalkalpen
mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie

S Einrichtung der Versuchsflächen
S Detailkartierung der Probeflächen
S Werbung von Boden- und Vegetationsproben
S Chemische Sickerwasseranalysen
S Chemische Boden- und Vegetationsanalysen

Klaus Katzensteiner
Institut für Waldökologie, BOKU Wien
Peter Jordan-Straße 89, A-1190 Wien
Wien, im Dezember 1995

Pilotstudie **Wasserhaushalt und -chemismus von Karbonatböden** im Rahmen des Projektes '**KARSTDYNAMIK im Nationalpark Kalkalpen**'. AZ: 1603-05/95 und 1603-06/94.

1. Kurzfassung

Der Bericht umfaßt die Darstellung der Einrichtung und Instrumentierung von Pilotflächen für Bodenwasserhaushaltsuntersuchungen auf einer geräumten Windwurf fläche und im angrenzenden Bestand. Verschiedene Lysimetersysteme (Platten- und Saugkerzenlysimeter mit permanenten und diskontinuierlichen Unterdruckanlagen) und eine TDR (Time Domain Reflectometry) Meßanlage zur Bodenfeuchtemessung werden dargestellt. Weiters wird die Methodik der Kartierung der Testflächen und des Testgebietes (Geländemerkmale, Vegetation und Boden) und der Modus der Sickerwasser-, Vegetations- und Bodenprobenahme für die chemische Analytik beschrieben. Die verwendeten chemischen Analysemethoden sind ebenfalls kurz beschrieben. Im Anhangteil werden die Erhebungsdaten (*Kartierung*: Geländemerkmale, Boden, Vegetation; *Vegetationsproben*: Massen, Nährelementgehalte; *Boden*: Massen, chemische Analysedaten; *Bodenwasser*: chemische Analysedaten; Bodenfeuchtwerte) tabellarisch dargestellt.

2. Einleitung und Problemstellung

Im Forschungskonzept zum Projekt Karstdynamik im Nationalpark Kalkalpen (Haseke et al., 1994) wurden als zentrale Fragen der Einfluß anthropogener Nutzungen und die Auswirkungen von langzeitwirksamen Luftschadstoffen auf ökosystemare, hydrochemische und hydrologische Prozesse im Karst formuliert.

Der Forschungsansatz umfaßt neben historischen und flächenbezogenen Untersuchungen auch prozeßorientierte, eher punktuelle Untersuchungen auf Teilflächen.

Als 'Werkzeug' für derartige prozeßorientierte Freilanduntersuchungen steht eine breite Palette vor allem waldökologischer Feldmethoden zur Verfügung. Dabei sind für die beabsichtigten Arbeiten folgende Bereiche von Bedeutung:

- *Messung der Stoffumsätze in Ökosystemen*
- *Sukzessionsdynamik von Ökosystemen*
- *Umlegung der Ergebnisse punktueller Untersuchungen auf die Fläche*
- *Verknüpfung ökosystemarer Studien mit klassischen hydrologischen und hydrochemischen Ansätzen der Karstforschung*

Ein großer Teil der oben angeführten Feldmethoden wurde für Ökosysteme auf homogenen, tiefgründigen Standorten in eindeutig abgrenzbaren Einzugsgebieten entwickelt.

Derartige Randbedingungen sind auf Karststandorten in der Regel nicht vorzufinden. Hohe kleinflächige Variabilität von Boden und Vegetation, extreme Seichtgründigkeit der Böden (im Transekt Sengengebirge der Pilotstudie Naturrauminventur Nationalpark Kalkalpen war die mittlere Mächtigkeit der Bodendecke in 80 % der Fälle unter 20 cm) und steile Gradienten im Chemismus der Bodenhorizonte über das Profil machen eine Anpassung der Methoden notwendig.

Ein weiteres Manko bestehender Methoden ist, daß die punktuellen Untersuchungsergebnisse, die meist mit einem enorm hohen Meßaufwand gewonnen werden, kaum auf größere Flächen übertragbar sind.

Im weiteren Verlauf des Karstprogrammes sollen permanente Intensivmeßflächen eingerichtet werden. In der Pilotstudie 'Karbonatböden' wurden daher anhand einer konkreten Problematik bestehende Methoden auf ihre Tauglichkeit in Karstsystemen getestet.

Als Kernthema für die Pilotstudie wurde die *Auswirkung eines Kahlschlages auf den Bodenwasser- und den Nährstoffhaushalt eines Standortes im Karst* ausgewählt.

3. Versuchsflächen und Methoden:

3.1. Versuchsgebiet:

Die Versuchsfläche für die Pilotstudie sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- Typische Phänomene von Oberflächenverkarstung
- Rezente Kahlschlagfläche neben einem Altbestand
- Zugängliche Schachtdoline zur Erfassung des Subsurface-Flows
- Klar abgrenzbares Wassereinzugsgebiet
- Leichte Erreichbarkeit

Als Gebiet, welches weitgehend diese Anforderungen erfüllt, wurde gemeinsam mit den Projektkoordinatoren, Herrn Mag. Angerer und Herrn Dr. Haseke sowie dem Leiter der ÖBF-Forstverwaltung Reichraming, Herrn OFM Dipl.-Ing. Heindl das Mieseck im Reichraminger Hintergebirge ausgewählt. Bei einer gemeinsamen Begehung am 28. November 1994 wurden mögliche Testflächen festgelegt.

Die Übersichtskarte (Anlage) zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes.

Das Gebiet entspricht in weiten Bereichen den oben gestellten Anforderungen:

- Verkarstungsfähiges Gestein (Dachsteinkalk, Plattenkalk mit Schichtgrenzen zu Hauptdolomit (Lueger 1992; Gärtner et al., 1994) mit Oberflächenverkarstung (Karren, Dolinen (Haseke, 1993, 1995))
- Bestände unterschiedlicher Mischung und unterschiedlichen Alters, darunter frische, geräumte Windwurfflächen
- Einen, durch den Forststraßenbau angerissenen und dadurch zugänglichen Schacht zur Erfassung des Abflusses in der ungesättigten Zone
- Gute Erschließung durch Forststraßen und leichte Erreichbarkeit durch die Techniker des Nationalpark-Forschungslabors um eine Probenahme in engen Intervallen zu gewährleisten (Die Versuchsflächen wurden bei den wöchentlichen Probenahmefahrten zur IMP-Versuchsfläche Zöbelboden regelmäßig aufgesucht)

Während der Kartierungsarbeiten stand darüberhinaus ein Quartier auf der nahegelegenen Ebenforstalm zur Verfügung.

Die Frage der Einzugsgebietsabgrenzung war Teil der hydrologischen (Färbeversuch) und hydrochemischen Untersuchungen von Haseke, 1995 und konnte a priori nicht beantwortet werden.

Das Gebiet liegt darüberhinaus nur 2,5 km Luftlinie von der IMP-Versuchsfläche Zöbelboden entfernt, weshalb die Niederschlagsdaten dieser Meßfläche übernommen werden konnten.

3.2. Versuchsflächen, Meßeinrichtungen:

Gegenüber dem, den Untersuchungen zugrundeliegenden Forschungskonzept waren für die Versuchsdurchführung folgende geänderten Rahmenbedingungen gegeben:

- Anstelle eines geplanten, homogenen Kahlschlages standen nur im Jahr 1993 geräumte Windwurfflächen, auf welchen bereits die Sukzession eingesetzt hatte, zur Verfügung
- Entgegen den ursprünglichen Erwartungen waren auf den Testflächen ausreichende Braunlehmverfüllungen in Spalten vorhanden, sodaß neben der Installation von Plattenlysometern zusätzlich der Einsatz von Kerzenlysometern sinnvoll erschien
- Ein Schacht, der als Naturlysometer dienen konnte, war in unmittelbarer Umgebung der potentiellen Testflächen nicht vorhanden, wohl aber in einer Entfernung von 500 m in SSE-Richtung

- Die im Schacht anfallende Sickerwassermenge war zu gering, um eine sinnvolle Fraktionierung der Probe zu gestatten - eine Wochenmischprobe war für die Frage der Änderung des Sickerwasserchemismus in den obersten Gesteinsschichten ausreichend
- Die Notwendigkeit einer aufwendigen Installation von Niederschlagsmeßeinrichtungen zur Erfassung der Niederschlagsqualität war aufgrund der unmittelbaren Nähe der IMP-Meßfläche Zöbelboden nicht gegeben

Aus diesem Grund wurde in Absprache mit den Projektkoordinatoren das Programm in leicht modifizierter Form durchgeführt:

- Auf die Installation von Niederschlagssammlern wurde verzichtet
- Der Probefraktionierer wurde zwar für den Einsatz im Schacht adaptiert, kam aber im Endeffekt aufgrund der geringen Sickerwassermengen nicht zum Einsatz

Die dadurch freiwerdenden finanziellen Kapazitäten wurden in Abstimmung mit den Projektkoordinatoren für zusätzliche Untersuchungen umgeschichtet (im folgenden Abschnitt kursiv dargestellt).

3.2.1. Einrichtung je einer Versuchsparzelle auf einer geräumten Windwurffläche und im angrenzenden Bestand:

Einbau und Betreuung von je 4 Saugplattenlysimeteranlagen:

Einbau der Sammler: Dezember 1994

Anschluß der Unterdruckanlagen: Ende Mai 1995

Einbau und Betreuung von je 2 Kerzenlysimetern:

Einbau der Sammler: Dezember 1994

Abbildung 1 zeigt den Aufbau einer derartigen Lysimeteranlage.

⇒ **siehe Originalbericht!**

Abbildung 1: Lysimeteranlagen

Die Saugplattenlysimeter wurden direkt unterhalb der Auflagehumusschicht eingebracht, die Saugkerzen wurden in einer Tiefe von 15 cm (ab Mineralbodenoberkante) in Braunlehmverfüllungen in Felsspalten (B_v rel g -Horizont) eingebracht. *Dabei wurden mit einem Bodenbohrer Bohrkerne mit dem Durchmesser der Kerzenlysimeter gewonnen und chemisch analysiert (5 Auflagen, 10 Mineralbodeneinzelhorizonte: pH, C, N).*

Einbau von 10 TDR-Sonden ('buriable Waveguides') zur Messung des Bodenwassergehaltes mit TDR (Time Domain Reflectometry) nur auf der Freifläche (Einbau Ende Mai 1995)

Das Meßprinzip der TDR beruht auf einer Geschwindigkeits- bzw. Laufzeitmessung einer elektromagnetischen Welle in Materialien. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle c hängt nach der Formel von der magnetischen Permeabilität μ_r und der relativen Dielektrizitätszahl ϵ_r ab. Die elektromagnetische Welle läuft im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit c_0 . In nicht magnetischen Materialien, wie Böden, kann die magnetische Permeabilität gleich 1 gesetzt werden. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist daher nur mehr von der relativen Dielektrizitätszahl ϵ_r abhängig. Im Umkehrschluß kann man also zur Messung der Dielektrizitätszahl die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Wel-

le messen. Da Wasser mit $\epsilon_r=81$ gegenüber mineralischen Bodenbestandteilen mit $\epsilon_r=2-3$ und Luft mit $\epsilon_r=1$ die weitaus höchste Dielektrizitätskonstante aufweist, ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle in Böden direkt vom volumetrischen Wassergehalt des Bodens abhängig.

Wenn man nun eine, von einem Kabeltester ausgesandte, elektromagnetische Welle an zwei oder drei parallele Stäbe fester Länge l (TDR-Sonde) im Boden leitet, wird ein Teil der Energie durch Diskontinuitäten in der Sonde und im umgebenden Material reflektiert, die restliche Energie wird am Ende der Sonde reflektiert und läuft die gleiche Strecke zurück. Die Geschwindigkeitsmessung geht damit in eine Laufzeitmessung (t) über bzw.

Bereits 1980 wurde von Topp et al. die Anwendung dieses Meßprinzipes für die Bodenfeuchtemessung publiziert. Mit Kalibrierfunktionen kann danach aus Feldmessungen der Dielektrizitätskonstante von Böden auf aktuelle Bodenfeuchte hochgerechnet werden.

Abbildung 2: Meßprinzip der TDR

Abbildung 4: TDR Meßtransekt: Aufsicht

Abbildung 3: TDR-Meßtransekt: Bodenanschnitt

⇒siehe Originalbericht

3.2.2. EINRICHTUNG EINER VERSUCHSPARZELLE IM EINZUGSBEREICH DES EINBRUCHSCHACHTES

Einbau und Betreuung von 2 Saugplattenlysimeteranlagen (Dezember 1994)

Einbau eines Kerzenlysimeters (Dezember 1994)

Bauprinzip für die Abflußsammlung im Schacht

Der Karsteinbruch ist bei Haseke, 1995 detailliert beschrieben.

3.2.3. Detailkartierung der Schlagfläche und des angrenzenden Bestandes

Punkterhebungen im 15x30 m Raster: Vegetationsanalyse und Verjüngungsanalyse auf 1 m²-Plots

Bearbeitung von 40 Plots (Oberirdische Biomasse der Bodenvegetation mit 900 cm²-Rahmen) (in Abänderung zum Anbot von 15 Proben)

Werbung von Auflagehumusproben auf den identen Plots (ebenso 900 cm²-

Rahmen; aufgrund der geringen Horizontmächtigkeiten wurden L-, F- und H-Schicht nicht getrennt)

Werbung von Bodenprofilen im Zentrum der Plots mit Bodenbohrrohr (40 cm²) (*40 Bodenprofile*)

Die Übersichtsskizze im Anhangteil zeigt die Lage der Probenahmepunkte.

Kartierung einer Fläche von ca 80 ha nach dem (modifizierten) Schlüssel der Naturrauminventur:

- Flächendeckende Erhebung der Geländeformen
- Standorts- Boden- und Vegetationserhebungen exakt nach dem Schlüssel der Naturrauminventur Nationalpark Kalkalpen (Eckmüller et al., 1994) und Erhebung wesentlicher Charakteristika des Baumbestandes (Grundfläche, Baumarten, Oberhöhe) auf 80 Aufnahmepunkten im 100 m-Raster

Der Aufnahmeraster wurde in den Raster der Naturrauminventur eingehängt und die Zentren der Probekreise wurden mit RT-Stahlpflocken fix vermarktet (Bezugspunkte für Raster: sh. Abb. 1).

3.3. Probenahme - Messungen

Die Beprobung der Lysimeteranlagen erfolgte während der Vegetationsperiode wöchentlich durch Herrn Roland Maier und Herrn Kurt Buchner vom Forschungszentrum Nationalpark Kalkalpen. Die Saugkerzenlysimeter konnten ab 3.5.95 bis 22.11.95 beprobt werden, die Saugplattenlysimeter und das Schachtlysimeter konnten aufgrund technischer Schwierigkeiten in der Anfangsphase erst ab 11.7.95 (Platten) bzw. 12.6.95 (Schacht) beprobt werden. *Aufgrund der räumlichen Inhomogenität der Probeflächen wurden die Lysimeterproben einzeln geworben und nicht wie vorab beabsichtigt zu Mischproben vereinigt.*

Für die Dauer der Vegetationsperiode wurde vom Institut ein portables TDR-Meßgerät (Trace, Soil Moisture Equ. Corp., Santa Barbara, CA) zur Verfügung gestellt mit dem von 31.5.95 bis 22.11.95 die Bodenwassergehalte wöchentlich bestimmt wurden.

3.4. Analytik

3.4.1. Bodenwasser

Die Lysimeterproben wurden im Labor des Nationalparks Kalkalpen nach folgendem Schema aufbereitet:

- Filtrierung
- Ansäuern und Einfrieren einer Teilprobe für die TDOC-Bestimmung
- Einfrieren einer Teilprobe für die Al- und Mn-Bestimmung
- Einfrieren einer Teilprobe für K-, Ca-, Mg-, Cl-, NO₃⁻, SO₄⁻ und PO₄-Bestimmung
- NH₄-Bestimmung an einer frischen Teilprobe (Spektralphotometrisch)
- pH-Bestimmung (potentiometrisch) an einer frischen Teilprobe
- Cl-, NO₃⁻, SO₄⁻ Bestimmung (IC)
- PO₄-Bestimmung (Spektralphotometrisch)

am Institut für Waldökologie wurden folgende Analysen durchgeführt:

- TDOC-Bestimmung (Dohrman): *115 Proben (Anbot 50 Proben)*
- Al- und Mn-Bestimmung (AAS): *64 Al, 150 Mn Proben (Anbot je 50 Proben)*
- Pb- und Cd-Bestimmung (HGA): *28 Proben Pb, 10 Proben Cd (Anbot je 10 Proben)*
- K-, Ca-, Mg-Bestimmung (AAS): *23 Proben (Proben bei denen für die IC-Analyse im NP-Labor die Probemenge zu gering war, und 32 Parallelproben zum Methodenvergleich)*
- Cl-, NO₃⁻, SO₄⁻-Bestimmung: *23 Proben (Proben bei denen für die IC-Analyse im NP-Labor die Probemenge zu gering war)*

3.4.2. Bodenvegetation

Die Vegetationsproben wurden an der Luft vorgetrocknet, nach Wien transportiert, bei 105°C im Trockenschrank getrocknet, die Massen bestimmt und fein vermahlen.

Anhand der Vegetationsaufnahmen wurden die Proben zu Mischproben vereinigt und von *20 Mischproben* (Anbot 15 Proben) die Gesamtehalte von N (Mikrokjeldahl), P (Photometrisch im HNO₃/HClO₄-Aufschluß), K, Ca und Mg (AAS im HNO₃/HClO₄-Aufschluß) bestimmt.

3.4.3. Bodenproben

Die Auflagehumusproben wurden nach der Werbung bis zur Aufbereitung bei 4°C gelagert. Aus den Proben wurden lebende Pflanzenteile (Wurzeln) und fallweise eingemengter Grus händisch aussortiert. Nach der Frischmassebestimmung vor und nach der Entnahme von Teilproben für die pH-Wert-Bestimmung wurden die Proben bei 105°C getrocknet, die Trockenmassen bestimmt und anschließend fein vermahlen. Von den Proben wurden anschließend 20 Einzelproben anhand bodendiagnostischer Kriterien ausgewählt und auf ihre Gehalte an C (Leco CS-Analyzer), N, P, K, Ca und Mg (Methodik sh. Pflanzenanalysen) analysiert.

Die Mineralbodenprofile wurden nach der Systematik der Naturrauminventur (Eckmüller et al., 1994) beschrieben, und in geometrische Horizonte (5,5,10,10,10..-cm-Stufen) getrennt. Von den Proben wurden Wurzeln (getrennt in Fein- und Grobwurzeln) händisch aussortiert. Anschließend wurden die Proben in Feinboden (<2 mm) und Grobboden getrennt sowie die Frischmassen und von Teilproben die Trockenmassen bestimmt. Die pH-Werte wurden an frischen Teilproben bestimmt. Die restlichen Proben wurden luftgetrocknet.

Diese Untersuchungen wurden an 37 Bodenprofilen, resp. 128 Einzelproben (Anbot 20 Einzelproben) durchgeführt.

Entsprechend der Lage und der Profilbeschreibungen wurden 6 Profile für die chemische Analyse ausgewählt (20 Einzelhorizontproben). An diesen Proben wurden folgende Analysen durchgeführt:

- C (LECO CS)
- N (Mikrokjeldahl)
- P im HNO₃-Aufschluß (photometrisch)
- K, Ca, Mg im HNO₃-Aufschluß
- K, Ca, Mg, Na, Al, Mn und Fe im BaCl₂-Auszug (bei pH>6: gepuffert für BC)
- Karbonat (Scheibler)

3.5. Datenmanipulation

Die Kartierungsdaten (mit Ausnahme der Vegetationsanalysen) und die chemischen Vegetations- und Bodenanalysedaten wurden in einer Access-Datenbank eingegeben.

Die Vegetationsaufnahmedaten wurden in ein eigenes Vegetationsaufnahmeprogramm eingegeben und ebenfalls in die Access-Datenbank konvertiert.

Die Sickerwasseranalysen wurden in Excel-Spreadsheets eingegeben und ebenfalls in die Access-Datenbank konvertiert.

4. Ergebnisse

Sämtliche Daten sind auf Datenträger in Form von Access-files verfügbar. Auf einen Ausdruck der Daten wurde im Interesse unserer Umwelt verzichtet. Die Daten können aber bei Bedarf jederzeit als Hardcopy angefordert werden.

Die Auswertung und Interpretation der Daten ist Inhalt des Werkvertrages AZ 1603-5.1 (Abschluß Ende März 1996)!

5. Literatur

- Eckmüllner O., Gärtner A., Katzensteiner K., Koch G., Reimoser F. 1994: Naturraum-Stichprobeninventur Nationalpark Kalkalpen. Aufnahmeschlüssel, -anweisung, -formular. Nationalpark Kalkalpen, Jahresberichte 1993.
- Gärtner A., Haseke H., Schrutka R. und Steinwendner N. 1994: Atlas der Geologie 1 : 20.000 Nationalpark Kalkalpen, 1. Ordnungsabschnitt - Kompilierung: Lueger , 1992J.. Verein Nationalpark Kalkalpen, 20 Kartenblätter, Legende, Textteil.
- Haseke H. 1993: Atlas der Geomorphologie 1 : 20.000 Nationalpark Kalkalpen - 1. Ordnungsabschnitt. J.. Verein Nationalpark Kalkalpen, 20 Kartenblätter, Legende, Textteil.
- Haseke H., Angerer S., Benischke R., Stadler H., Glatzel G. und Katzensteiner K. 1994: Projekt Karstdynamik im Nationalpark Kalkalpen. Projekt Nationalpark Kalkalpen, Jahresbericht 1603-03C/93, 41 S.
- Haseke H. 1995: Hydrologie und Markierungsversuch zur Pilotstudie Karbonatböden am Mieseck (Hintergebirge) im Nationalpark Kalkalpen. Forschungsbericht Karstprogramm 1603-3.3/95 und 1603-11./95, 20 S.
- Topp G.C., Davis J.L. and Amann A.P. 1980: Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. Water Resources Research 16, 574-582.

6. Anhang

- Übersicht über das Untersuchungsgebiet
- Lage der Probenahmepunkte (Vegetationsaufnahme, Verjüngungsanalyse, Biomasse, Boden) auf der Testfläche Windwurf/Schlag und Bestand
- Beispiel eines Aufnahmeblattes Testfläche Windwurf/Schlag und Bestand
- Beispiel eines Aufnahmeblattes Kartierung Gesamtgebiet