

## **HYDROLOGISCHE BEWERTUNG VON VEGETATION UND BODEN IM EINZUGSGEBIET DER KAISERBRUNNQUELLE (SCHNEEBERG / NIEDERÖSTERREICH)**

Thomas DIRNBÖCK & Georg GRABHERR

### **EINLEITUNG**

Karstgebiete haben in Österreich aus wasserwirtschaftlicher Sicht einen besonderen Stellenwert. 50% der Bevölkerung hängen mittel- bzw. unmittelbar vom Quellwasser der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen - die bedeutendsten Karstgebiete Österreichs - ab (HERLICSKA & GRAF 1992). Noch gravierender ist die Situation in der Bundeshauptstadt Wien, wo 98% des Wasserdargebots aus den Nordöstlichen Kalkalpen angeliefert wird. Die Gefährdung von Karstwässern durch Stoffeinträge ist grundsätzlich hoch. Geringmächtige Böden mit minimaler Filterwirkung, unklare Entwässerungssysteme schwierige Abgrenzung der Einzugsgebiete und kurze Verweilzeiten der Wässer im Karstkörper sind die Ursachen (FORD & WILLIAMS 1989). Einen Österreich-spezifischen Aspekt stellen die hohen Luftschadstoffdepositionen gerade in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen dar (z.B. KOVAR et al. 1990, UBA 1993). Wegen dieser Konzentration von Gefährdung und wirtschaftlicher wie humanökologischer Relevanz wurde Anfang der 90er Jahre das Karstforschungsprogramm in den Quelleneinzugsgebieten der Bundeshauptstadt Wien initiiert. Das komplexe Zusammenspiel verschiedenster Prozesse in Karstsystemen verlangt eine fächerübergreifende Vorgangsweise und Adaptierung gängiger Arbeitsmethoden. Als Teil des Forschungsprogrammes werden Vegetationskartierungen mit zusätzlichen Bodenuntersuchungen herangezogen, um die Filter-, Speicher und Abflußeigenschaften der Pflanzen- und Bodendecke zu bewerten.

Vegetation und Boden, Teilkompartimente des Karstsystems, stellen das wesentliche hydrologische Regelglied im Grenzbereich Geosphäre-Pedosphäre-Atmosphäre dar. Die Wirkung der Vegetation auf den Wasserhaushalt ganzer Einzugsgebiete wurde in der Fachliteratur der letzten Jahrzehnte - beginnend mit den Pionierarbeiten von ENGLER (1919) und BURGER (1934, 1945) - auf breiter Ebene diskutiert. Überblicke geben z.B. BOSCH & HEWLETT (1982), MCNAUGHTON & JARVIS (1983), TENHUNEN (1995), HUNZINGER (1997) und HERWITZ & SLYE (1995) zeigen schon sehr differenzierte Wirkungen der Vegetation auf die Hydrologie auf. Eine flächendifferenzierte direkte Ermittlung von Wasserhaushaltsparametern bereitet im Gebirge und im besonderen in Karstgebirgen aufgrund seines heterogenen Reliefs und komplexer Boden- und Vegetationsdifferenzierung jedoch stets größte Probleme (z.B. SCHRÖDTER 1985, DVWK 1996, BARRY 1992). Die Möglichkeiten der Anwendung von Vegetationskartierungen im alpinen Bereich für hydrologische Fragestellungen wurden daher oft genutzt. ABEL (1970) und GATTERMAYR (1976) verwendeten grobe Vegetationsflächenbilanzen zur Abschätzung des Wasserhaushalts der Hochkarstfläche Dachstein-Oberfeld ebenso wie STERN (1975) zur Ermittlung von Erosionsgefährdung in Wildbach-Einzugsgebieten und NEUWINGER (1987) zusätzlich für Fragestellungen des Retentionsvermögens (siehe auch MARKART et al. 1995, KOHL et al. 1997). KÖPPEL (1993) zog digitale Vegetationskarten zur Berechnung der räumlichen Verteilung der Evapotranspiration im Nationalpark Berchtesgaden heran.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Regionalisierung von Verdunstung und Bodenwasserhaushalt im Einzugsgebiet der Kaiserbrunnquelle (Schneeberg). Dabei nehmen räumliche, strukturelle und floristische Vegetationsdaten eine zentrale Stellung ein. Anhand der Ergebnisse der Regionalisierung wird die Rolle der Vegetation im speziellen bei klima- und nutzungsinduzierten Veränderungen diskutiert.

## **MATERIALIEN UND METHODEN**

Untersucht wurde das Einzugsgebiet der Kaiserbrunnquelle (Höllental), das das gesamte Schneeberg-Hauptmassiv, mit Ausnahme des Kuhschneebergs, Krumbachstein und Gahnsplateau, umfaßt. Die Abgrenzung des Einzugsgebietes erfolgte orographisch-geologisch (MANDL 1998 pers. Mitteilung).

Der methodische Ansatz stellt eine "Deduktive Regionalisierung" (TOBIAS 1991, MESSERLI 1986) dar und wurde ganz ähnlich von KÖPPEL (1993) im Nationalpark Berchtesgaden angewendet. Die Vegetation wird als räumlich konkretisierbarer und somit kartierbarer Parameter einerseits und als Prozeßeinheit andererseits herangezogen. Die Prozeßeinheit wird als Ökotope oder Hydrotope (MOSIMANN 1990) bzw. Boden-Vegetations-Einheit (vgl. NEUWINGER 1987) erfaßt. Die reine Vegetationskartierung (siehe GREIMLER & DIRNBÖCK 1996, MRKVICKA 1992, 1996) wird daher um eine Bodenprofilerhebung zur Herleitung des Bodenwasserhaushaltes typischer Profile erweitert.

Die Regionalisierung der Interzeption und (Evapo)Transpiration erfolgt durch die Ableitung struktureller Vegetationsmerkmale (Struktur, Physiognomie, Artenzusammensetzung) aus den Vegetationsaufnahmen für die konkret vorliegenden Kartierungseinheiten und ihre Verknüpfung mit Literaturwerten über experimentelle Wasserhaushaltsuntersuchungen in gleichen bzw. vergleichbaren Vegetationseinheiten. Die Datenquellen hinsichtlich Interzeptions- und Transpirationsuntersuchungen von Pflanzenbeständen weist sowohl quantitativ wie qualitativ große Unterschiede auf. Eine umfangreiche Bearbeitung erfuhren Wälder im Zuge forsthydrologischer Arbeiten, gering hingegen wurden bislang kalkalpine Grasbestände untersucht. Insgesamt wurden Daten aus 90 experimentellen Verdunstungsuntersuchungen herangezogen, sowie weitere Übersichtsarbeiten zu Wäldern (siehe DIRNBÖCK & GREIMLER 1999, DIRNBÖCK & GRABHERR 2000).

Zur Herleitung des Bodenwasserhaushaltes ausgesuchter Profile (Schätzverfahren nach AG BODEN 1994) wurden folgende bodenphysikalische Kennwerte horizontweise erhoben: Mächtigkeit, Kornfraktionen, Bodenart, Lagerungsdichte, Organische Substanz (Standardverfahren nach SCHLICHTING et al. 1995). Die Wahl der Probepunkte erfolgte subjektiv an Positionen typisch ausgeprägter Pflanzengesellschaften. Teilweise wurden auch Literaturwerte herangezogen um Parameter des Bodenwasserhaushaltes abzuschätzen.

Die schrittweise Überprüfung und Eichung des Modells ist unbedingt erforderlich, um die abiotische Komponente der Verdunstung und lokalklimatische Eigenheiten ausreichend zu berücksichtigen. Hierfür wurden herkömmliche hydrologische Methoden (empirische Verdunstungsformeln nach Turc-Wendling (DVWK 1996), überregionale Arbeiten (BAUMGARTNER et al. 1983), Quellschüttungsdaten) verwendet. Temperatur- und Niederschlagsverteilung wurde mit einfachen Regressionsmodellen anhand von 14 Klimastationen der weiteren Umgebung und einem digitalen Höhenmodell (50 m Rasterweite) berechnet. Für sämtliche räumliche Analysen wurden das Geographische Informationssystem (GIS) ARC-Info verwendet.

## **ERGEBNISSE DER REGIONALISIERUNG**

### **Hydrotopcharakterisierung**

Für das Einzugsgebiet der Kaiserbrunnquelle wurden 44 unterschiedliche Hydrotope wasserhaushaltlich charakterisiert (Tabelle 1). Diese umfassen eine Reihe unterschiedlicher Waldbestände, Weiderasen, Hochstaudenfluren, verschiedene alpine Rasen, Felsfluren und Schutthalden. Die Evapotranspiration nimmt von Offenvegetation über Rasen und Hochstaudenfluren bis zu Wäldern im Trend zu und erreicht Werte bis 450 mm während der Vegetationsperiode (Juni bis September). Bei Wäldern spielt das Alter und der Kronenschluß eine

erhebliche Rolle, beides konnte jedoch nur teilweise miteinbezogen werden, sodaß die ermittelten Verdunstungswerte gerade im Waldbereich grobe Mittelwerte darstellen.

Der Bodenwasserhaushalt ist vor allem durch die Bodenmächtigkeit determiniert, weiters durch den Gehalt vorhandener Lehmkomponenten, den Grobskelettanteil und den Anteil organischer Substanz. Waldböden sind daher nicht automatisch durch besseres Speicher- oder Retentionsvermögen ausgezeichnet. Das häufige Vorkommen alpiner Lehmkolluvien mit Rasenschmielenbeständen, Hochstaudenfluren oder auch die charakteristischen Kalksteinbraunlehme von Zwergschwingel-Alpenstraußgrasrasen kennzeichnen gerade die subalpinen und alpinen Plateaulagen durch gute Bodenwasserspeicherung. Die Akkumulation von Moderhumusaufgaben im kalt-humiden, alpinen Klima, und somit die Verbesserung der Wasserspeicherkapazität, kommt aber erst in den Legföhrenbeständen und subalpinen bis montanen Wäldern zum Tragen. Eine Ausnahme bilden die mächtigen Pechrendsinen der Polsterseggenrasen, wie sie großflächig vor allem an den Westhängen des Gipfelbereiches in Erscheinung treten.

Tabelle 1: Hydrologische Charakterisierung einiger Hydrotopen (Boden-Vegetations-Einheiten) des Einzugsgebietes der Kaiserbrunnquelle (Schneeberg, Niederösterreich). <sup>a)</sup> 0-90 mm = sehr niedrig, 90-180 mm = niedrig, 180-270 mm = mittel, 270-360 mm = hoch, 360-450 mm = sehr hoch; <sup>b)</sup> 0-30 L/m<sup>2</sup> = sehr niedrig, 30-80 L/m<sup>2</sup> = niedrig, 80-160 L/m<sup>2</sup> = mittel, 160-250 L/m<sup>2</sup> = hoch, 250-350 L/m<sup>2</sup> = sehr hoch; <sup>c)</sup> 0-10 L/m<sup>2</sup> = sehr niedrig, 10-25 L/m<sup>2</sup> = niedrig, 25-45 L/m<sup>2</sup> = mittel, 45-70 L/m<sup>2</sup> = hoch, 70-90 L/m<sup>2</sup> = sehr hoch.

Vegetationstyp	Evapotranspiration <sup>a)</sup>	Bodentyp	Feldkapazität <sup>b)</sup>	Retentionskapazität <sup>c)</sup>
Felsfluren	sehr niedrig	Initialboden	sehr niedrig	sehr niedrig
Offene alpine Rasen	niedrig	Polsterrendsina	sehr niedrig	sehr niedrig
Polsterseggenrasen	mittel	Pechrendsina	mittel	niedrig
Blaugras-Horstseggenhalden	mittel	Rendsina	niedrig	niedrig
Subalpiner Weiderasen	mittel	Kalksteinbraunlehm	hoch	mittel
Hochstaudenfluren	mittel	Kalksteinbraunlehm	sehr hoch	hoch
Krummholz mit Legföhre	mittel	Tangelrendsina	hoch	mittel
Steile, subalpine Fichtenwälder	sehr hoch	Moderrendsina	mittel	mittel
Montane Braunerde-Fichten-Tannen-Buchenwälder	hoch	Tiefgründige Mullbraunerde	hoch	hoch
Montane Buchenwälder	hoch	Mullrendsina	mittel	niedrig
Primäre Schwarzföhrenwälder	hoch	Initiale Rendsina	niedrig	niedrig

### Modellevaluierung

Die Plausibilitätsüberprüfung der aus der Literatur abgeleiteten Verdunstungsraten anhand der potentiellen Verdunstung zeigte, daß alpine Vegetationstypen unterschätzt und subalpine

Waldbestände überschätzt wurden. Nach Anpassung der Evapotranspirationswerte ergab sich eine gesamte Verdunstung des Einzugsgebietes von etwas weniger als 250 mm (von Juni bis September). Das entspricht 40% des Niederschlages, ein Anteil der ganz gut mit dem von BAUMGARTNER et al. (1983) für diese Region angegebenen übereinstimmt.

Die Verwendung von Schüttungsdaten zur Evaluierung der Einzugsgebietswasserbilanz konnte aufgrund unklarer Einzugsgebietsabgrenzung, der immensen jährlichen Schüttungsschwankung der Kaiserbrunnquelle (140 l/s bis 2200 l/s) sowie diffuser Wasserverluste von geschätzten 1000 l/s (im jährlichen Schnitt) durch die basalen Stauerhorizonte (PAVUZA et al. 1993) nicht gewährleistet werden.

## DISKUSSION UND AUSBLICK

### Deduktive Regionalisierung

Untersuchungen zum Wasserhaushalt im Gebirge und im speziellen in Karstgebirgen bereiten stets größte Probleme. Unterirdische Entwässerung mit oft unklarer Wasserführung und die daraus resultierende Schwierigkeit der Einzugsgebietsabgrenzung sind allgemein bekannte Problemfelder (vgl. FORD & WILLIAMS 1989). Daneben spielen aber auch zunehmender Windeinfluß mit der Höhe, Nebelniederschlag, mikroklimatische Unterschiede in einem stark reliefierten Gelände und das meist nur eingeschränkt vorhandene Klimastationsnetz eine Rolle (vgl. BARRY 1992, FLIRI 1974, GEIGER 1942). Der eingeschlagene Weg der Verwendung vor allem räumlicher Vegetationsdaten zur Regionalisierung von Wasserhaushaltsparameter mit wesentlicher Einbindung experimenteller Daten aus anderen als dem Untersuchgebiet stellt eine Kompromißlösung dar. Fragen wie jene der Auswirkung verschiedener Waldbewirtschaftungen auf hydrologische Prozesse oder jene der Rolle flächenmäßig bedeutender Kalksteinbraunlehme, Standorte für die kaum Untersuchungen existieren, bleiben offen. Die durchaus plausible Wasserbilanz des Einzugsgebietes ist allerdings ein Indiz für die Verlässlichkeit der in Abbildung 1 semiquantitativ dargestellten räumlichen Verteilung von Retention und Verdunstung.

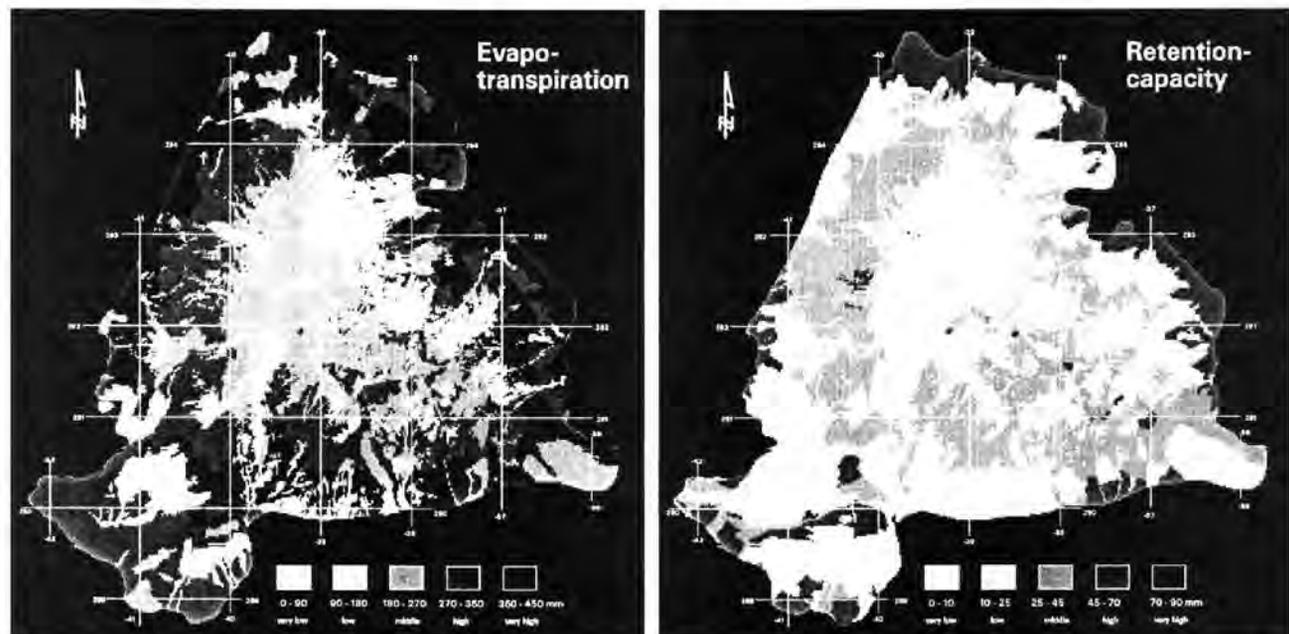


Abbildung 1: Regionalisierte Evapotranspiration der Vegetationsdecke und Retention des Bodens im Einzugsgebiet der Kaiserbrunnquelle (Schneeberg, Niederösterreich).

Das Generieren hydrologischer Parameter in ihrer flächigen Verteilung über Freilandmessungen, an sich der wissenschaftlich eindeutig vorzuziehende, nämlich induktive Weg, ist gerade in Karstgebieten mit einer kaum in den Griff zu bekommenden Standortsheterogenität konfrontiert. Eine Vielzahl von langjährigen Meßstationen wäre nötig, um verlässliche, regionalisierbare Daten zu erhalten. Zwei laufende Forschungsprojekte stellen einen ersten Schritt in diese Richtung dar. Dabei werden Daten zu Wasserhaushaltskomponenten typischer Hydrotöpfe (Waldstandorte, Almbereich, Alpine Rasen) gemessen, um die „deduktive Regionalisierung“ anhand der untersuchungsgebietsspezifischen Daten zu kalibrieren (Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien, Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur).

### **Mögliche Auswirkungen von Vegetationsveränderungen**

Die Vegetationskartierung stellt ein Instrument zur Einzugsgebietesbewertung dar und liegt nunmehr für den größten Teil der Einzugsgebiete der I. und II. Wiener Hochquellenleitung vor. Das Ziel eines weiterführenden Forschungsvorhaben ist es, potentielle Auswirkungen von Vegetationsveränderungen, wie sie durch Bewirtschaftungs- (Forstliche Pflegemaßnahmen, almwirtschaftliche Extensivierung) und Klimaänderungen zu erwarten sind, auf den Karstwasserhaushalt, und in weiterer Folge die Trinkwasserversorgung von Wien, abzuschätzen. Die Fallstudie im Schneeberg-Einzugsgebiet zeigt deutlich die Koinzidenz hydrologischer und vegetationsdynamischer Prozesse. Die Klimafolgenforschung der letzten Jahre weist ökotonalen Extremstandorten, wie beispielsweise jenen der Waldgrenze, die relativ höchste Sensibilität gegenüber Temperaturänderungen zu (GOTTFRIED et al. 1998, KRÄUCHI 1994). Auch bei nur geringen Höhenverschiebungen - BOLLINGER et al. (2000) sprechen von 100-300 m - wären durch das flache Relief der Plateaus der Nordöstlichen Kalkalpen große Bereiche von massiven Vegetationsveränderungen betroffen. Wie die klimatisch induzierten Veränderungen der Vegetationsdecke wirkt sich auch die sukzessive Aufgabe almwirtschaftlicher Flächen gerade im Waldgrenzbereich aus und führt zur Wiederbesiedlung einstmaliger Almwiesen mit Legföhren, Lärchen und Fichten (DULLINGER et al. 2000). Betrachtet man die Verteilung der Wasserhaushaltskomponenten auf die Boden-Vegetations-Einheiten, erkennt man klar die besondere Wertigkeit der Waldgrenzbestände in der Gesamtwasserbilanz. Die Böden unter Krummholz speichern ein Drittel des gesamten Bodenwassers im Einzugsgebiet, ebenso deckt ihr Retentionsvermögen ein Drittel des gesamten des Einzugsgebietes ab. Auch zur Verdunstung tragen Legföhrenbestände zu einem Viertel bei. Die ausgeglichenen Wasserhaushaltseigenschaften von Krummholz mit hoher Retentions- und Speicherefähigkeit, sowie mittlere Verdunstungsraten ließen ad hoc auf „positive“ Folgen für das Wiener Trinkwasser schließen. Der genaue raum-zeitliche Ablauf der außerordentlich langsamen und standortsspezifischen Vegetationsdynamik und seine Abstimmung mit bodenbildenden Prozessen ist aber bislang größtenteils unbekannt. Die laufenden Arbeiten werden räumliche Modelle zu erwartender Vegetationsdynamik liefern und können daher einen wertvollen Beitrag für den nachhaltigen Schutz der Wiener Wasserreserven liefern.

### **Literatur**

- ABEL, R.: Klima und Wasserrückhalt einer Hochkarstfläche im Sommer. - Diss. Univ. Wien., 1970
- AG BODEN: Bodenkundliche Kartieranleitung. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 4. Aufl., Hannover 1996
- BARRY, R.G. 1992: Mountain weather and climate. - Routledge, 2. Aufl., London-New York 1992.
- BAUMGARTNER, A., REICHEL, E., WEBER, G.: Der Wasserhaushalt der Alpen. Niederschlag, Verdunstung, Abfluß und Gletscherspende im Gesamtgebiet der Alpen im Jahresdurchschnitt für die Normalperiode 1931-1969. - Oldenbourg, München/Wien 1983.

- BOLLINGER, J., KIENAST, F., ZIMMERMANN, N.E.: Risks of global warming on montane and subalpine forests in Switzerland - a modeling study. - *Regional Environmental Change*, 1, 99-111, 2000.
- BOSCH, J. M., HEWLETT, J. D.: A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. - *Journal of Hydrology*, 55, 3 - 23, 1982
- BURGER, H.: Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. II Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1915/16 bis 1926/27. - *Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen*, 18, 311-416, 1934.
- BURGER, H.: Der Wasserhaushalt im Valle di Melera von 1934/35 bis 1943/44. - *Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen*, 24, 133-218, 1945.
- DIRNBÖCK, T., GRABHERR, G.: GIS assessment of vegetation and hydrological change in a high mountain catchment of the Northern Limestone Alps. - *Mountain Research and Development*, 20, 172-179, 2000.
- DIRNBÖCK, T., GREIMLER, J.: Vegetationskartierung in den Einzugsgebieten der Wiener Hochquellwasserleitungen (Schneeberg, Rax und Hochschwab) und ihre Anwendung aus hydrologisch-ökologischer Sicht. - *Sauteria*, 10, 201-218, 1999.
- DULLINGER, S., DIRNBÖCK, T., GRABHERR, G.: Milchkroutweiden, Latschen, Leitungswasser, der Einfluß der Alpwirtschaft auf den alpinen Wasserhaushalt. - *Zolltexte*, 36, 17-20, 2000.
- DVWK-FACHAUSSCHUB "VERDUNSTUNG": Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. - *DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft*, 238, 1996
- ENGLER, A.: Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. - *Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen*, 12, 1-626, 1919.
- FLIRI F.: Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. - *Wiss. Alpenvereinshefte*, Innsbruck, 24, 1974.
- FORD, D. C., WILLIAMS, P. W.: Karst geomorphology and hydrology. - Chapman & Hall, 1996.
- GATTERMAYR, W.: Vergleichende Messung und Berechnung der Verdunstung, der Evapotranspiration und Interzeption zur Abschätzung des Wasserhaushalts der Karsthochfläche Dachstein-Oberfeld. - *Diss. Univ. Innsbruck*, 1976.
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. - *Die Wissenschaft*, Verl. v. F. Vieweg & Sohn Akt.-Ges., Braunschweig, 78, 1927.
- GOTTFRIED, M., PAULI, H. & GRABHERR, G.: Prediction of vegetation patterns at the limits of plant life: a new view to the alpine-nival ecotone. - *Arctic and Alpine Research*, 30, 207-221, 1998.
- GREIMLER, J., DIRNBÖCK, T.: Die subalpine und alpine Vegetation des Schneebergs, Niederösterreich. Vegetationskarte im Maßstab 1:10000 und Beschreibung der Vegetation. - *Linzer biologische Beiträge*, 28, 437-482, 1996.
- HERLICKSKA, H., GRAF, K.: Dokumentation karsthydrologischer Untersuchungen in Österreich - Umweltbundesamt Reports UBA-92-057, Wien 1992.
- HERWITZ, S.R. & SLYE, R.E.: Three dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. - *Journal of Hydrology*, 168, 205-226, 1995.
- HUNZINGER, H.: Hydrology of montane forests in the Sierra de Javier, Tucuman, Argentina. - *Mountain Research and Development*, 17, 299-308, 1997.
- KOHL, B., MARKART, G., SCHMID, F., ZANETTI, P.: Assessment of infiltration and runoff Characteristics in Different cultivated Areas of the upper Schesna Catchment (Büserberg, Vorarlberg, Austria). - *Annales Geophysicae*, 2, 314, 1997
- KÖPPEL, J.: Der Beitrag der Vegetation zum Wasserhaushalt im Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden. Eine methodische Studie an der Schnittstelle von Ökosystemforschung und ökologischer Planung. - *Diss. TU München-Weihenstephan*, 1993.
- KOVAR, A., PUXBAUM, H., KALINA, M.: Immisionsmessung der nassen Depositionen im Bundesland Salzburg, Oktober 88 - September 89. - *Amt der Salzburger Landesregierung, Abt. 16*. 1990.
- KRÄUCHI, N.: Modelling forest succession as influenced by a changing environment. - *Mitteilungen der Eidg. Forschungsanst. f. Wald, Schnee und Landschaft*, 69, 145-270, 1994.
- MARKART, G. & KOHL, B.: Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluß- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden-/Vegetationseinheiten. - *Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Waldforschungszentrum*, 89, 1995

- MC NAUGHTON, K.G., JARVIS, P. G.: Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. - In KOZLOWSKI, T.T.: Water deficits and plant growth. Academic press, 7, 1-45, New York, London 1983.
- MESSERLI, P.: Methoden und Modelle zur Analyse der Mensch-Umweltbeziehung im alpinen Lebens- und Erholungsraum. - Schlußber. z. Schweiz. MAB-Programms, 25, 1986.
- MOSIMANN, T.: Ökotope als elementare Prozeßeinheiten der Landschaft - Geosynthesis, Universität Hannover, 1, 1990.
- MRKVICKA, A. Erstaufnahme im Naturwaldreservat Schneeberg-Süd (Niederösterreich). Diplomarbeit Univ. Bodenkultur Wien, 1992.
- MRKVICKA, A.: Bericht zur forstlichen Standortskartierung, Revier Hirschwang-Schneeberg, Forstverwaltung Hirschwang, NÖ. Unveröff. Ber. Forstamt der Stadt Wien, 94 pp., 1996.
- NEUWINGER, I.: Stand und Informationsgehalt kombinierter ökologischer Kartierungen in alpinen Landschaften. - Verh. d. Ges. f. Ökologie (Graz 1985), 15, 19-27, 1987.
- PAVUZA, R., FINK, H., STUMMER, G.: Karstverbreitungs- und Karstgefährdungskarte Schneeberg-Rax. - Unveröff. Ber. der Fachsektion Karsthydrogeologie des Ver. Öst. Höhlenforscher, 1993.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H-P., STAHR, K.: Bodenkundliches Praktikum. - Blackwell Wissenschafts-Verlag, 2. Aufl., Berlin-Wien, 1995.
- SCHRÖDTER, H.: Verdunstung, Anwendungsorientierte Meßverfahren und Bestimmungsmethoden. - Springer-Verlag, 1985.
- STERN, R.: Hydrologische und vegetationskundliche Kartierung im Trattenbach. Über die Einschätzung von Wildbächen, der Trattenbach. - Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 112, 1975.
- TENHUNEN, J., ALSHEIMER, M., FLAGE, E., HEINDL, B., JOSS, U., KÖSTNER, B., LISCHIED, G., MANDERSCHIED, B., OSTENDORF, B., PETERS, K., RYEL, R., WEDLER, M. 1995: Water Fluxes in a Spruce Forest Ecosystem: A Framework for Process Study Integration. - In HANTSCH, R., BEESE, F., LENZ R.: Processes in Managed Ecosystems. Ecological Studies Series, Springer Verlag, 1995.
- TOBIAS, K.: Konzeptionelle Grundlagen zur angewandten Ökosystemforschung, Beiträge zur Umweltgestaltung, A, 128, 1991.
- UBA: Umweltsituation in Österreich, Umweltkontrollbericht, Teil A. - Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, 1993.