

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 40 (1999)
Heft: 3

Artikel: Der Stoffhaushalt im Winter in Jura-Ökosystemen : paradoxe Muster unter der Schneedecke
Autor: Kempel-Eggenberger, Christa / Studer, Kaspar F. / Weber, Markus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088520>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der Stoffhaushalt im Winter in Jura-Ökosystemen: Paradoxe Muster unter der Schneedecke

Christa Kempel-Eggenberger, Kaspar F. Studer
und Markus Weber

Zusammenfassung

Der Winter wird allgemein als Ruhephase in Ökosystemen aufgefasst. Anhand von Felddaten aus einem Einzugsgebiet und einem Hochmoor wurde die Rolle der Schneedecke im Jura untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass beide Untersuchungsgebiete Verhaltensmuster entwickelten, welche der bestehenden Vorstellung einer winterlichen Ruhephase nicht entsprachen. Es ist inzwischen nachgewiesen, dass unter einer Schneedecke im Jura stoffhaushaltliche Prozesse (z.B. Stickstoff-mineralisierung) weiterhin ablaufen. In welchem Ausmass gewisse Prozesse (z.B. Nitratauswaschung, CO₂-Ausstoss) sogar intensiver als zu anderen Jahreszeiten ablaufen, wird zur Zeit noch untersucht.

1 Einleitung: Winter im Jura

Ein charakteristisches Merkmal der Jahreszeiten im Jura ist die zeitlich ausgedehnte Überlappung von Sommer und Winter. Innerhalb der resultierenden Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst können jedoch relativ exakt die Wendepunkte ausgemacht werden, nach welchen die geoökologische Dynamik mehrheitlich einem sommerlichen bzw. einem winterlichen Trend folgt: Den Anfang des Winters setzen in der Regel die ersten Schneefälle im Oktober/November. Praktisch zeitgleich schliesst die Entlaubung ab. Ebenfalls dokumentieren die um ein mehrfaches

Adresse der Autoren: Christa Kempel-Eggenberger, Kaspar F. Studer, Markus Weber, Geographisches Institut der Universität Basel, Abteilung Physiogeographie und Landschaftsökologie, Spalenring 145, CH-4055 Basel

angestiegenen Nitratkonzentrationen im Bodenwasser das Ende der Vegetationsperiode. Der reduzierte Verbrauch durch die Evapotranspiration resultiert in einer deutlichen Durchfeuchtung des Bodens. Damit ist die winterliche Ruhe-Phase eingeleitet, in der die Grundwassererneuerung stattfindet (Seiler 1983).

Schnee ist auch im Jura das Sinnbild für Winter schlechthin. Die klassische Schneeliteratur stützt sich jedoch vor allem auf Untersuchungen aus dem alpinen und polaren Raum (Herrmann 1986, Keller 1984, Kingery 1963). Für arktische Verhältnisse wurde die Schneedecke als Speichergrösse im Geoökosystem definiert, welche während der winterlichen Ruhephase aufgebaut und erhalten wird und erst mit der Schneeschmelze im Frühling ins Ökosystem eingeht (Leser et al. 1992). Reber (1988), Dettwiler (1990) und Kempel-Eggenberger (1999) zeigen, dass die Schneedecke in Jura-Ökosystemen nicht als Speichergrösse bis zum Frühjahr funktioniert: Regen-, Wärme-, Wind- und Strahlungsschmelzprozesse finden gleichzeitig mit dem Aufbau der Schneedecke statt. Insgesamt wurde eine grosse Variabilität der Schneedeckendynamik festgestellt, wobei ausgeaperte Phasen normal und häufig sind. Stoffhaushaltlich betrachtet ist keine Ruhephase gewährleistet, im Gegenteil, der Stoffumsatz läuft auf Hochtouren. Anhand von Felddaten aus zwei unterschiedlichen Landschaftstypen im Jura, einem hydrologischen Einzugsgebiet im Kettenjura und einem Hochmoor im Plateaujura, werden im folgenden Verhaltensmuster des Stoffumsatzes unter Schnee vorgestellt und diskutiert.

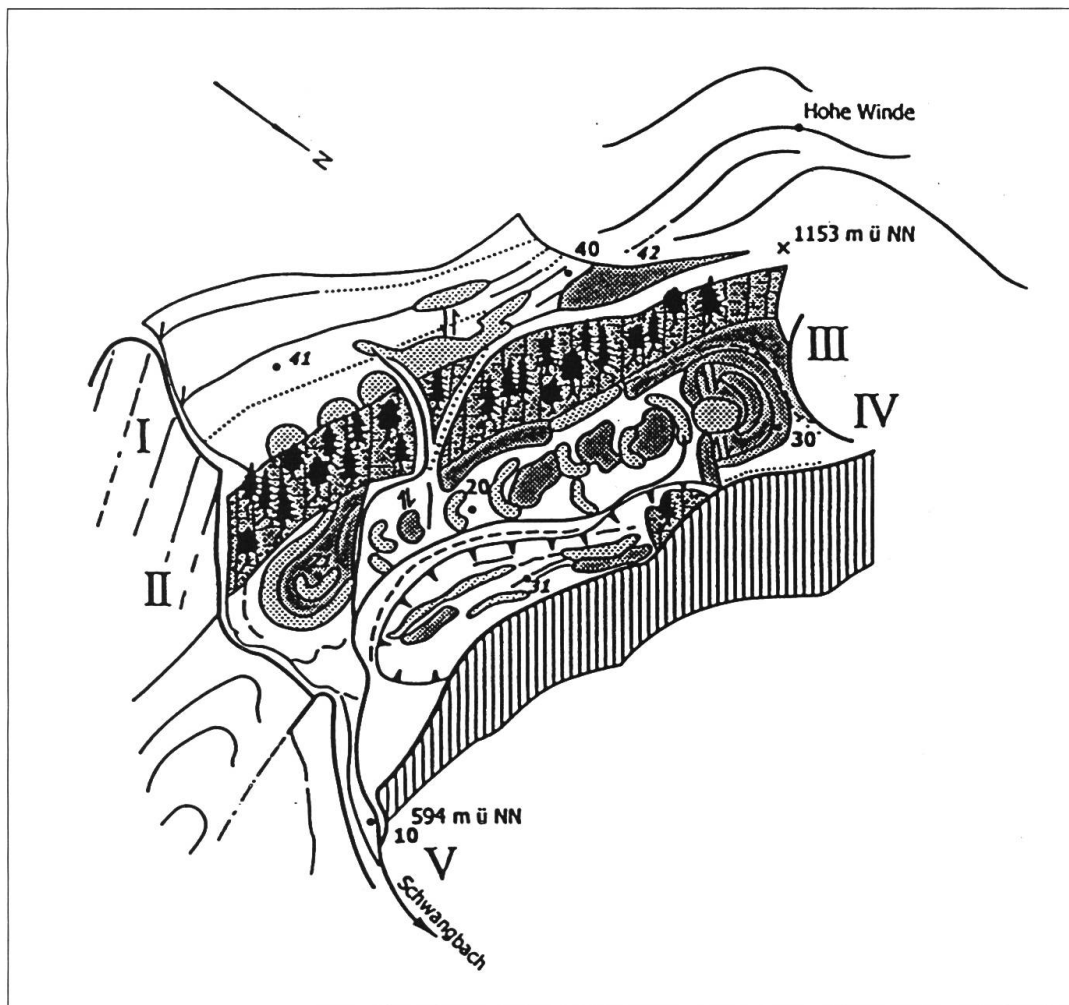
2 Ausstattung der Untersuchungsgebiete

2.1 Einzugsgebiet Passwang

Das Einzugsgebiet befindet sich 25 km südlich von Basel im Raum Hohe Winde/Passwang (Koordinaten: 612.500/244.500; Schweiz. Landeskarten 1:25 000; Blatt: 1087 Passwang), ist 2.1 km² gross und erhält eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsspende (1986-1990) von 1023 mm. Es greift in eine tektonisch komplizierte Faltenstruktur (Abb. 1) und erstreckt sich von 594-1153 m NN. Mächtige solifluidal umgelagerte quartäre Rutschmassen bauen die Hangbereiche auf. Die vorherrschenden Bodenformen sind Hanglehm-Braunerden und hydromorphe Varianten. Die Nutzung (Wald, Weide und Mahd) ist extensiv. Nähere Angaben finden sich bei Kempel-Eggenberger (1999).

2.2 Der Hochmoor-Messstandort

Das Hochmoor wird im Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore als "La Tourbière au sud des Veaux" bezeichnet (Der Schweizerische Bundesrat 1991) und liegt am Ostrand der Freiberge im Plateaujura ca. 4 km östlich von Tramelan auf einer Meereshöhe von 1016 m (Koordinaten: 574.000/232.375; Schweiz. Landeskarten 1:25 000; Blatt: 1105 Bellelay). Umgeben von den typischen Jura-Weidewäldern beläuft sich die eigentliche Hochmoorfläche auf 7.2 ha. Die nahezu ebene primäre Hochmoorfläche ist mit 4-5 m hohen Bergföhren (*Pinus mugo*) bewachsen und wird von einem Fichtenwald umgeben. Die *Sphagnum*-Torfschicht weist eine



Legende:

- I Höhenbereich mit den Standorten Erzberg (40), Chratten (41) und Südhang (42)
- II Kalkwandstufe mit den Standorten Schwangwald (22), Nordwald-Fichte (32) und Nordwald-Rendzina (33)
- III Interner Hangbereich mit den Standorten Schwang (20), Frost (21) und Frenen (30)
- IV Externer Hangbereich mit dem Standort Bilstein (31)
- V Talausgang mit dem Standort Tal (10)

Abb. 1 Schematisiertes Blockbild des Einzugsgebietes Passwang.

Mächtigkeit von rund 1.5 m auf und wird gegen das Ausgangsgestein hin von einer wasserundurchlässigen, schluffig-tonigen Lehmschicht tertiären Ursprungs abgedichtet, die als Voraussetzung für die Bildung des Torfkörpers gilt. Der gesamte Moorkomplex wird von einem Ring von Dolinen (Abb. 2) scharf begrenzt, die Auswaschungen im anschließenden Kimeridgien-Kalk darstellen und an Schichtverwerfungslinien liegen (Forkert 1933).

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge beträgt für die betrachtete Gegend 1300 bis 1400 mm, wobei es einen unregelmässigen Zyklus von Trocken- und Feuchth Jahren gibt. Nähere Angaben finden sich bei Bleyl (1998) und Weber (1999).

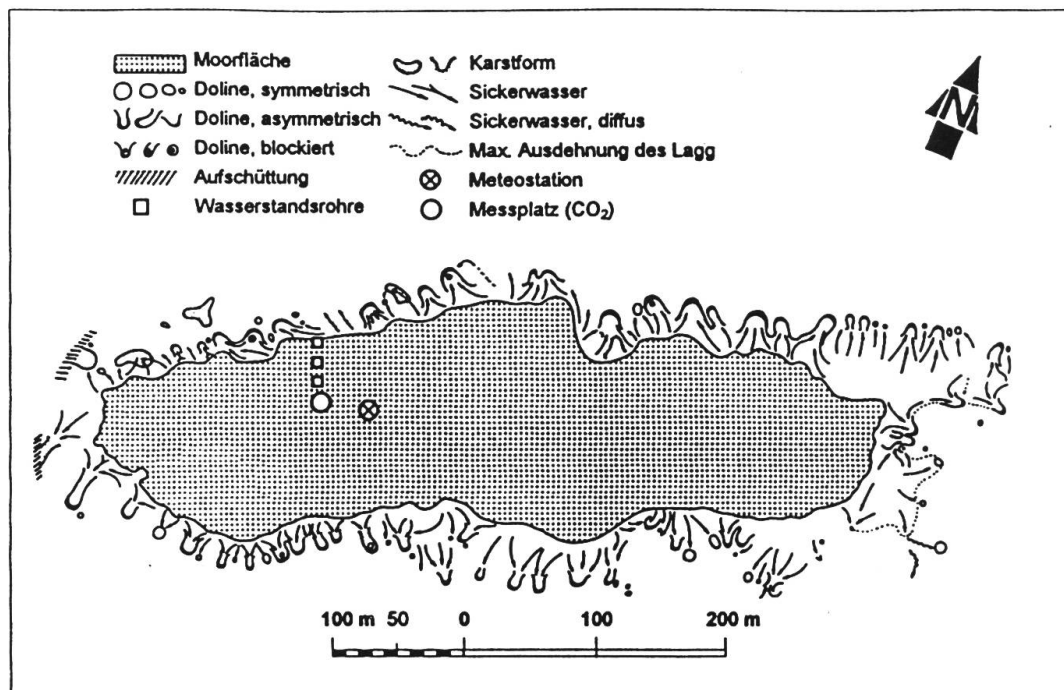


Abb. 2 Messstandorte im Untersuchungsgebiet "La Tourbière au sud des Veaux" (verändert nach Gerber 1989, 36).

3 Methoden

3.1 Einzugsgebiet Passwang

Das Einzugsgebiet Passwang wurde 1984-1990 unter verschiedenen bio- und geoökologischen Aspekten untersucht. In den vorliegenden Bericht gehen Felddaten von 1986-1989 ein, die von Kempel-Eggenberger (1999), Dettwiler (1990), Scherrer (1990) und Reber (1988) erhoben wurden. Tab. 1 gibt einen Überblick über die hier diskutierten Messgrößen. Das Messintervall betrug eine Woche.

Tab. 1 Mess- und Analysemethoden im Einzugsgebiet Passwang.

Messgröße	Mess- und Analysemethode
Schneedeckenparameter	Schneesonde "Davos"
Schneeeintrag	Schneesammler (Eigenkonstruktion)
Regenmenge	Hellmann-Sammler
Bodentemperatur	Digitalthermometer
Bodenfeuchte	Gravimetrisch
Bodenlösung	Trichterlysimeter
Calciumkonzentration in Bodenlösung	AAS
Nitratkonzentration in Bodenlösung	Ammoniakelktrode nach Reduktion mit Devarda
Abflussmenge	Mechanischer Pegelschreiber und P/Q-Tabelle

3.2 Der Messstandort “La Tourbière au sud des Veaux”

Für die Datenerfassung wurde im Moor eine mikrometeorologische Messstation aufgebaut. Die Stromversorgung erfolgte über eine 12V-Batterie in Kombination mit einer Solarzelle. Für alle in Tab. 2 aufgeführten Messgrössen wurden im Zehnminuten-Takt die Durchschnitts-, Maximum- und Minimumwerte (Niederschlag: 10-Minuten-Summe; Windrichtung/-geschwindigkeit: 10-Minuten-Mittelwert und Standardabweichung) abgespeichert. Die Handmessungen der Wassertafel und die Pegelsonde lagen ca. 20 m auseinander. Drei Handmessungen wurden jeweils unmittelbar beim CO₂-Messstandort durchgeführt, die anderen drei waren über den Lagg verteilt (Abb. 2).

Tab. 2 Übersicht über die erfassten Grössen im Hochmoor “La Tourbière au sud des Veaux” (geändert nach Bleyl 1998, 22).

Messgrösse	Messfühler	Messhöhe [m]
Luftdruck	Vaisala PTB101	0.5
Lufttemperatur	Vaisala HMP35D	1.2, 2.83, 6.15
Luftfeuchte	Vaisala HMP35D	1.2, 2.83, 6.15
Bodentemperatur	Thermistoren	0.0, -0.05, -0.1, -0.15, -0.2, -0.3, -0.4, -0.5
Windgeschwindigkeit	Vaisala WAA15A	1.2, 2.83, 6.65
Windrichtung	Vaisala WAV	1.2, 6.65
Kurzwellige Einstrahlung	Kipp & Zonen CM11	3.65
Kurzwellige Einstrahlung	Schiltknecht	Bis Juni 98 5 x 0.15 Ab Juni 98 3 x 0.15
Reflektierte kurzwellige Strahlung	Kipp & Zonen CM11	3.65
Atmosphärische Gegenstrahlung	Kipp & Zonen CG2	3.65
Langwellige Ausstrahlung	Kipp & Zonen CG2	3.65
PAR (photosynthetic active radiation)	Li-Cor PAR-Sensor	0.15
Niederschlag	Niederschlagswippe Rimco	1.5
Wassertafel	6 x Handmessung (vgl. Text) ab 23.06.98: Druck PDCR1830	-1

4 Ergebnisse

4.1 Der Einfluss der Schneedecke auf den Stoffhaushalt im Boden im Einzugsgebiet Passwang (1986-1989)

Nach einem niederschlagsarmen Sommer und Herbst legte sich im Dezember 1986 eine lockere Pulverschneedecke auf den trockenen und warmen Boden bei kalten Lufttemperaturen. Diese erste winterliche Schneedecke blieb mehrheitlich bis im Februar 1987 erhalten und konservierte unter sich die warmen trockenen Bodenzustände (Abb. 3 und Abb. 4). Überfüllte Lysimetergefäße bei den Messstandorten und auf den tiefen Basisabfluss aufgesetzte Abflussspitzen des Vorfluters am Ausgang des Einzugsgebietes belegten, dass durch die Schneedecke schnelle laterale Flüsse im Boden aktiviert waren.

Die relativ tief gehaltenen Bodenfeuchtwerte einerseits und die niedrigen Calciumkonzentrationen der spärlichen Bodenlösungen andererseits bestätigten, dass durch die Schmelzvorgänge an der Grenzfläche Schneedecke - Bodenoberfläche keine Tiefensickerung bzw. Durchfeuchtung initiiert wurde. Gleichzeitig wurden tendenziell hohe Nitratkonzentrationen in den Bodenlösungen gemessen (Abb. 5). Da keine Anzeichen einer Tiefensickerung von Schmelzwasser wahrgenommen wurden, kann angenommen werden, dass diese Nitraterhöhung in der Bodenlösung auf Stickstoffmineralisierung im Boden zurückzuführen war.

Der folgende Winter 1987/1988, dem ein nasser kühler Sommer und Herbst vorausgingen, war gekennzeichnet durch Niederschläge. Diese waren von der Menge her vergleichbar mit denen des Vorjahres, gingen jedoch vor allem als Regen nieder: Der Jura blieb schneefrei. Erst Ende Februar 1988 bedeckte eine wasserreiche Schneedecke den partiell tiefgründig gefrorenen und durchfeuchteten Boden

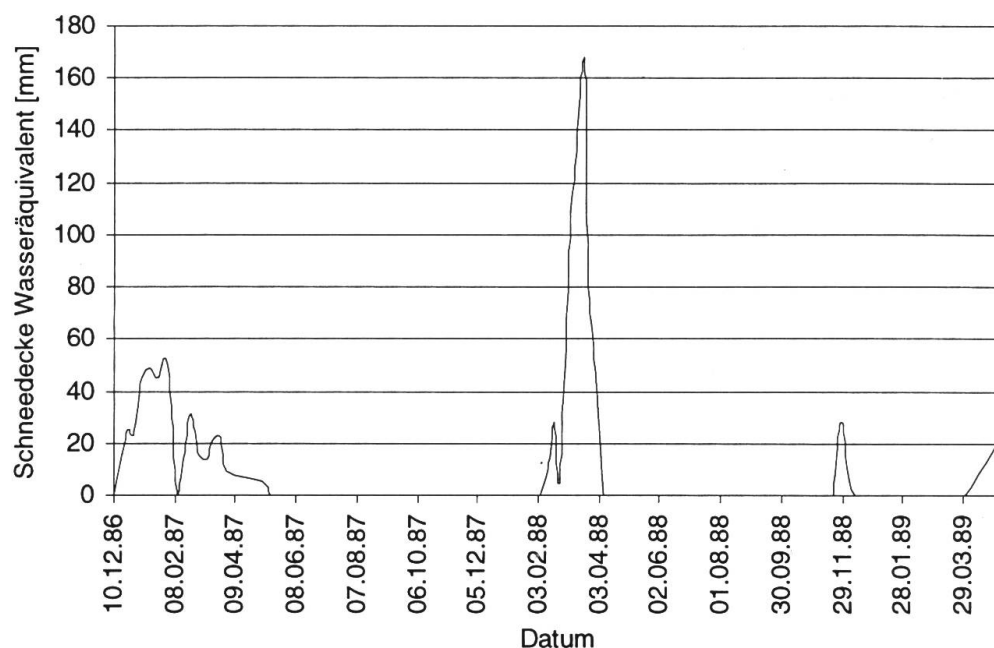


Abb. 3 Schneedeckenentwicklung am Standort Frenen (Passwang).

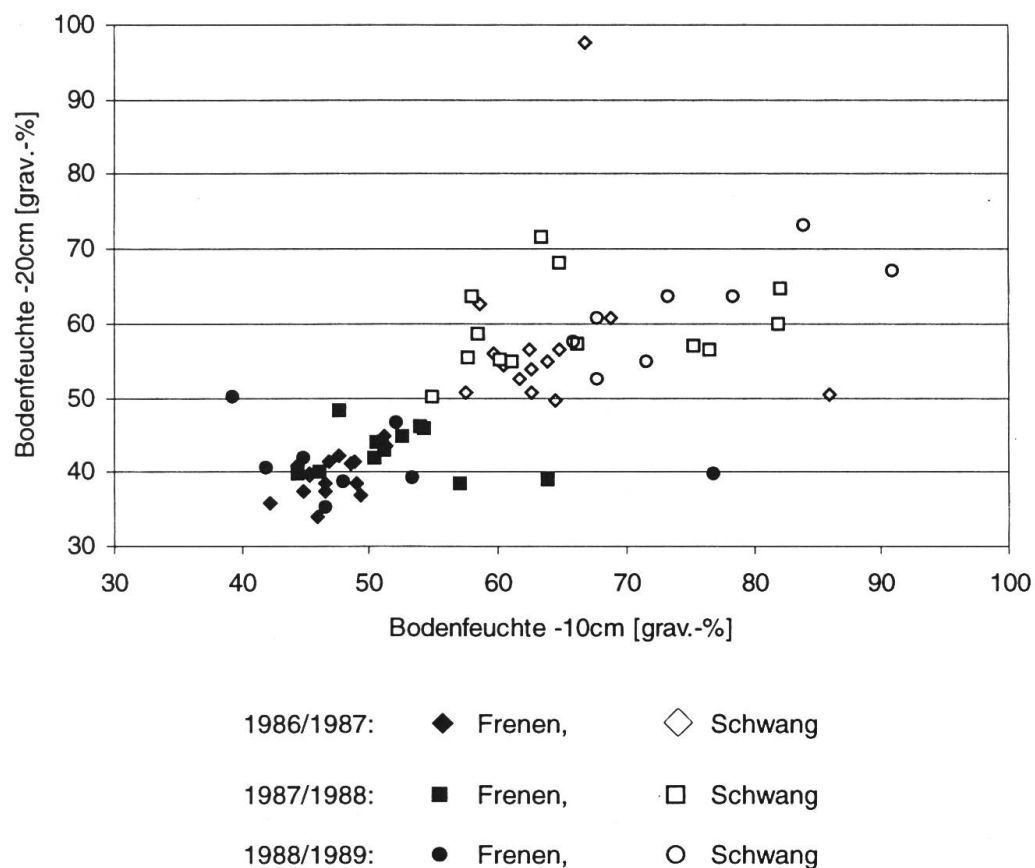


Abb. 4 Bodenfeuchten bei den Standorten Schwang und Frenen (Passwang) während der Wintermonate 1986-1989.

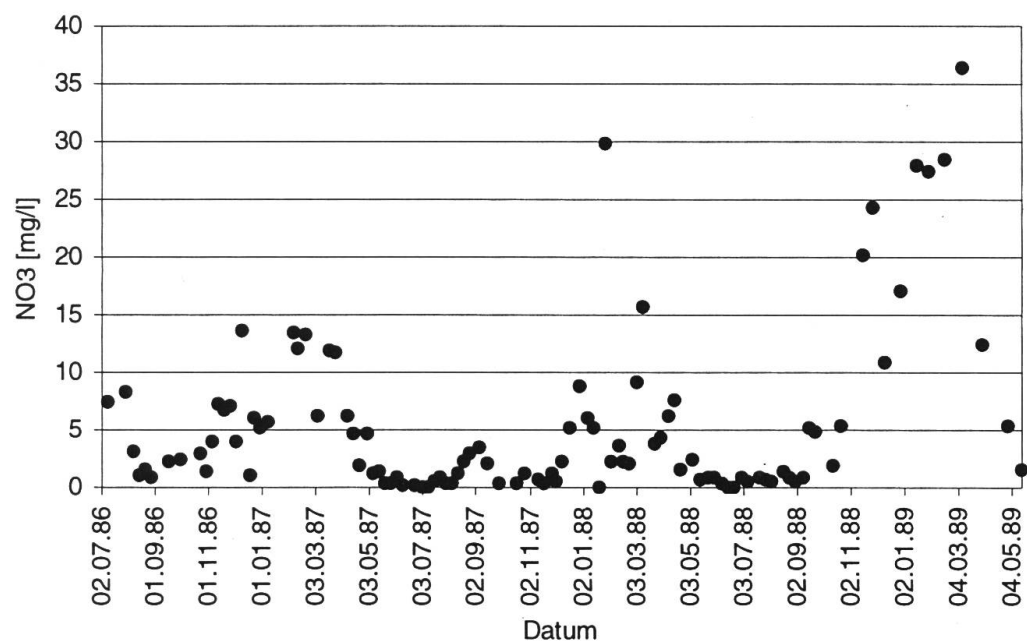


Abb. 5 Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung am Standort Schwang (Passwang).

des Einzugsgebietes. Mehrere Regen-auf-Schnee-Ereignisse mobilisierten beträchtliche Wassermassen. Die höchsten Umsätze der gesamten Messperiode wurden verzeichnet. Auch diesmal waren die Nitratwerte in der Bodenlösung erhöht bei gleichzeitig erhöhten Calciumkonzentrationen und relativ hohen Bodenfeuchten. Es darf davon ausgegangen werden, dass dieser Nitrat-Anstieg zum Teil extern durch Niederschlags- und Schmelzwassereintrag verursacht wurde.

Im Winter 1988/1989 dominierten nach ergiebigen Dezemberregen trockene, stabile Wetterlagen. Der Boden war schneefrei und partiell gefroren. Vor allem der Stoffhaushalt der höheren Lagen war von den für die Jahreszeit aussergewöhnlich warmen Luftströmungen im Januar und März betroffen. Erst der April brachte ausgiebige Niederschläge und wässrigen Schnee bis in die Niederungen. Der Stoffhaushalt bei den Messstandorten wurde zu diesem Zeitpunkt jedoch vom Frühlingseinbruch mit Laubentfaltung, Kraut- und Graswachstum überlagert. Die späte Nassschneedecke übte keine isolierende Wirkung auf den Untergrund aus.

4.2 Der Einfluss der Schneedecke auf den Wasser- und Energiehaushalt des Hochmoores "La Tourbière au sud des Veaux"

Der Verlauf der Wassertafel im Hochmoor zeigt einen deutlichen Jahresgang: Etwa in der Zeit von Oktober bis Ende April ist der Wassertafelstand konstant hoch. Während der Sommermonate oszilliert die Wassertafel – bedingt durch hohe Evapotranspiration und gelegentliche, hohe Niederschlagsspenden durch Sommergewitter und Schauer – stark (Abb. 6). Der sehr hohe Wassergehalt von Hochmooren von 75-97 Vol.-% (Eggelsmann 1990) und die damit verbundenen thermischen Eigenschaften von nassem Moortorf – hohe Wärmekapazität bei geringer Wärmeleitfähigkeit (Schweikle 1990) – führen dazu, dass der Boden bei der Einwinterung noch relativ warm ist. Zur Zeit der ersten Schneefälle im November 1998 wies der Boden an der Oberfläche noch etwa 2-3°C und in 50 cm Tiefe noch etwa 7°C auf.

Der vergangene Winter 1998/1999 war ausserordentlich schneereich. Von Mitte November 1998 bis Mitte April 1999 war das Moor von einer 20-120 cm mächtigen Schneemasse bedeckt. In dieser Situation führten die thermischen Eigenschaften des Torfes in Zusammenhang mit der isolierenden Schneedecke dazu, dass der Boden den ganzen Winter hindurch nicht gefror. Einige wenige Male konnte allerdings ein kurzfristiges Absinken der Temperaturen in der Vegetation und den obersten 1-2 cm des Torfes bis auf wenige Zehntelsgrade unter 0°C mit einer daraus resultierenden Bildung einer dünnen Eiskruste nachgewiesen werden.

Die Wassertafel war während des Winters relativ stabil (Abb. 6). Schwankungen in der Grössenordnung von wenigen Zentimetern konnten aber im Zusammenhang mit mehr oder weniger langen (>24 Std.) Wärmeeinbrüchen beobachtet werden (Abb. 7). So ist zum Beispiel vom 09.-15.12.1998 die Lufttemperatur von stark negativen Werten ins Positive (Tag- und Nachttemperaturen) angestiegen und anschliessend wieder auf unter Null Grad abgesunken. Im gleichen Zeitintervall stieg die Wassertafel etwas zeitverzögert innerhalb weniger Stunden an und begann dann langsam wieder zu sinken. Das Ausgangsniveau vor dem Wärmeeinbruch hatte die Wassertafel allerdings erst nach etwa einer Woche wieder erreicht.

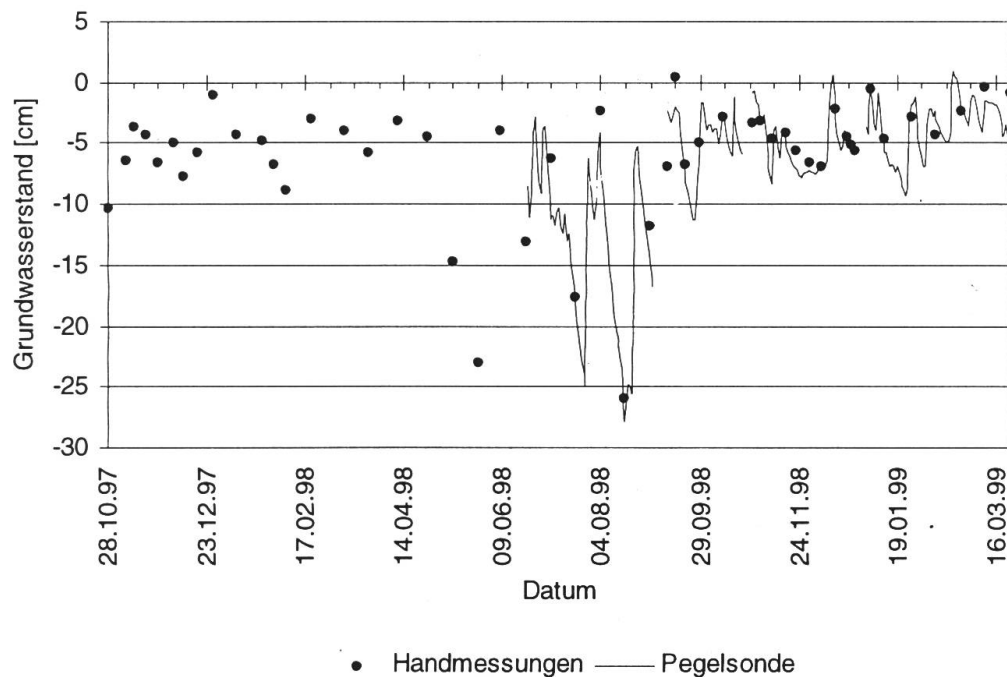


Abb. 6 Wassertafelstand im "La Tourbière au sud des Veaux" (Freiberge) für die Messkampagne vom Oktober 1997 bis März 1999. Für die dargestellten Handmessungen wurde der Mittelwert der drei Messrohre auf der Hochmoorfläche berechnet. Für die Pegelsonde wurden Tagesmittelwerte verwendet. Die positiven Werte der Wassertafel kommen durch das Mikrorelief der Mooroberfläche zustande, auf welcher sich bei vollständiger Wassersättigung Pfützen bilden.

Verschiedene Autoren (z.B. *Grosse-Brauckmann* 1990, *Ivanov* 1981) berichten, dass sich die biologische Aktivität in einem Moor auf den Bereich des Akrotelms konzentriert. Sie ist in erster Linie vom Wassertafelstand und damit von der Mächtigkeit des aeroben Bereiches abhängig (z.B. *Wüthrich & Schaub* 1997, *Oberbauer et al.* 1996). Ebenfalls spielt die Bodentemperatur eine limitierende Rolle, da die mikrobielle Aktivität mit tiefen Temperaturen abnimmt und bei -1°C nur noch geringe Atmungsraten nachweisbar sind (*Wüthrich* 1994, 73).

Wie bereits erwähnt, sind die Bodentemperaturen während des Winters 1998/1999 im positiven Bereich geblieben. In der Zeit nach dem 24.11.1998 und vor dem Wärmeeinbruch vom 09.-15.12.1998 und dem damit verbundenen Schmelzwassereintrag konnte im aeroben Bereich des Torfes sogar ein Anstieg der Bodentemperatur um 0.5-1 K beobachtet werden. Die Temperatur in 5 cm Tiefe ist sogar knapp über diejenige in 10 cm Tiefe angestiegen (Abb. 8).

Ob dieser Anstieg der Bodentemperatur durch aufwärtsgerichtete Energieflüsse aus tieferen Bodenschichten oder durch die Wärmezufuhr durch mikrobielle Abbautätigkeit zustande gekommen ist, lässt sich zur Zeit noch nicht sagen. Da sich aber der Boden in dieser Zeit bis zu einer Tiefe von 40 cm nicht weiter abkühlte, ist es wenig wahrscheinlich, dass die Erwärmung der obersten Torfschicht durch aufwärts gerichtete Energieflüsse aus den unteren Bodenschichten zustande kam. Eher dürfte es sich in diesem Fall um eine Erwärmung aufgrund der mikrobiellen Aktivität handeln.

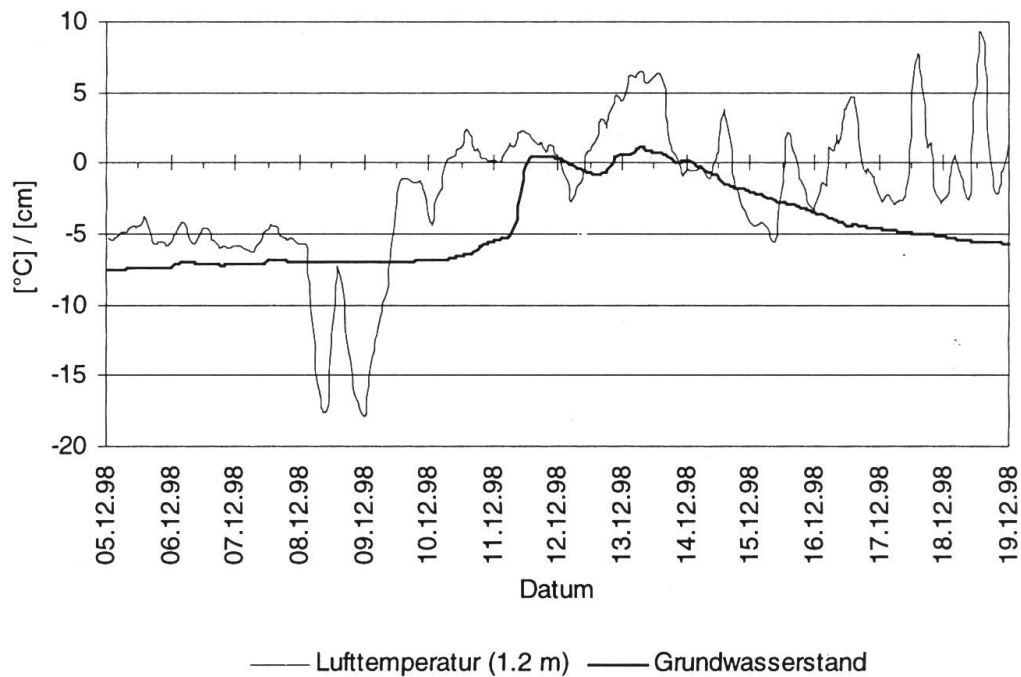


Abb. 7 Reaktion der Wassertafel auf winterliche Wärmeeinbrüche. Die Schneedecke besaß am 07.12.1998 eine Mächtigkeit von etwa 55 cm (davon knapp 30 cm Neuschnee). Diese ist bis zum 14.12.1998 auf etwa 30 cm Harsch-Schnee zusammengeschmolzen. Bis zum 21.12.1998 hat sich der Harsch-Schnee durch die positiven Tagestemperaturen noch etwas gesetzt, ist aber nicht weiter abgeschmolzen. Verwendete Daten: Stundenmittelwerte.

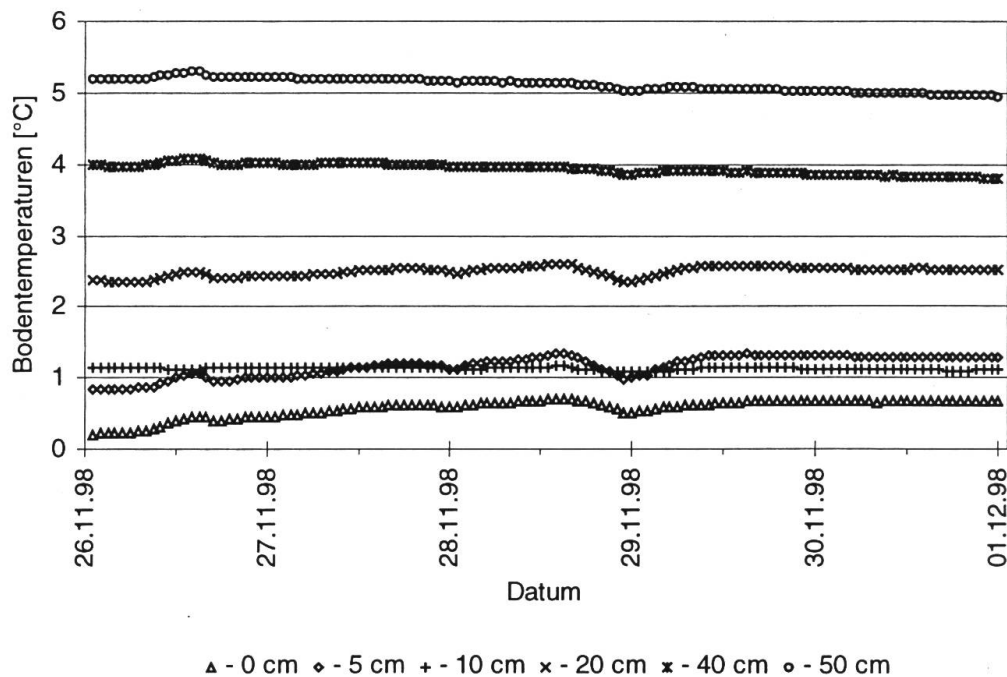


Abb. 8 Bodentemperaturen im "La Tourbière au sud des Veaux" (Freiberg). Während der abgebildeten Zeitspanne bewegte sich die Wassertafel zwischen -7 cm und -8 cm. Verwendete Daten: Stundenmittelwerte.

5 Diskussion: Prozesse unter der Schneedecke im Jura

Während der Winter 1986/1987 und 1998/1999 entwickelte sich eine klassische winterliche Schneedecke bis in die Niederungen. Mit der "weissen Weihnacht" fielen 1986 die für Mitteleuropa charakteristischen Dezemberregen, die "Weihnachtsdepression" (nach *Flohn* 1939 zit. in *Moser* 1984, 156), aus. Dies war der Grund, dass der Boden unter der Schneedecke in diesem Fall nicht nur warm, sondern auch trocken war und konserviert blieb. Unter der winterlichen Schneedecke entwickelte sich im Einzugsgebiet Passwang eine Dynamik, die nicht den Vorstellungen eines Stoffhaushaltes im Winter entsprach. Die erhöhten Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung deuten eine gesteigerte bodeninterne Stickstoffmineralisierung an. Unter der Schneedecke fand 1986/1987 keine Durchfeuchtung durch Tiefensickerung statt, so dass laterale Fliesspfade bevorzugt wurden. Wenn das Wasser, das als Schnee aufliegt, oberflächlich abfließt, ist die winterliche Grundwassererneuerung nicht gewährleistet. Die damit verbundene Austrocknung der tieferen Bereiche des oberflächennahen Untergrunds verursacht unter anderem ein erhöhtes Hochwasserrisiko während der ersten gewittrigen Regenfälle im folgenden Frühsommer. Dieses Verhaltensmuster stellt sich im Jura-Einzugsgebiet offensichtlich dann ein, wenn eine frühwinterliche Schneedecke auf den warm-trockenen Boden fällt. Fällt der Schnee aber auf kühlen durchfeuchteten Boden, wird die Tiefensickerung erleichtert.

Für das Hochmoor "La Tourbière au sud des Veaux" konnte anhand verschiedener Methoden gezeigt werden, dass die Entwicklung einer kontinuierlichen Schneedecke konservierend auf die bestehenden Abläufe wirkt. Unabhängig von der Witterung blieben dadurch verschiedene Prozesse des Wasser- und Energiehaushaltes den ganzen Winter hindurch aktiv. *Weber & Wüthrich* (1999) konnten anhand der CO₂-Flussmessungen aus dem Winter 1997/1998 zeigen, dass die biologische Aktivität stets messbar war und unter einer nur kurz vorhandenen Schneedecke tendenziell zunahm. Auch im Winter 1998/1999 wurden CO₂-Flussmessungen durchgeführt und grössere CO₂-Flüsse nachgewiesen (*Studer*, in Bearbeitung). Die anhaltend mächtige Schneebedeckung des Winters 1998/1999 lässt vermuten, dass die biologische Aktivität für diesen Zeitraum noch höher als für den vorangegangenen Winter zu erwarten ist. Die Messungen im Hochmoor dienen dazu, die winterliche Dynamik des Wasser-, Energie- und Stoffhaushalts im Torfboden genauer kennenzulernen. Momentan wird ein Computermodell entwickelt, um unterschiedliche Einwinterungsarten und daraus resultierende Rückkopplungseffekte auf Energie- und Stoffhaushalt zu simulieren (*Studer*, in Bearbeitung).

6 Fazit

Die meisten stoffhaushaltlichen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Vegetationsperiode. Die vorliegenden Messungen zeigen deutlich, dass Jura-Ökosysteme empfindlich auf unterschiedliche Einwinterungsarten reagieren. Vor allem Nitrat- und CO₂-Dynamik widerlegen die gängige Annahme einer winterlichen Ruhephase der Ökosysteme. Zeitpunkt der Entstehung und Beständigkeit der Schneedecke als auch Bodentemperatur und -feuchte bestimmen massgeblich die Ausgangssituation für die folgende Vegetationsperiode.

Literatur

- Bleyl M. 1998. *CO₂-Flussmessungen auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche und in einem Hochmoor mit Hilfe der Eddykorrelationsmethode*. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie, Klimatologie und Fernerkundung der Universität Basel. Basel, 1-57.
- Der Schweizerische Bundesrat (Hg.) 1991. *Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung (Hochmoorinventar)*. Band: JU. Bern.
- Dettwiler K. 1990. *Die Schneedecke als Wasser- und Stoffspeicher im Geoökosystem*. Lizentiatsarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel. Basel, 1-87.
- Eggelsmann R. 1990. Moor und Wasser. In: Göttlich K. (Hg.): *Moor- und Torfkunde*. Stuttgart, 288-320.
- Forkert E. 1933. Geologische Beschreibung des Kartengebietes Tramelan im Berner Jura. *Eclogae Helveticae* 26: 54-67.
- Gerber E. 1989. *Die räumliche Verteilung der Hochmoore im Zusammenhang mit dem Karst der zentralen und östlichen Freiberge*. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Freiburg, Freiburg i. Ue., 1-113.
- Grosse-Brauckmann G. 1990. Ablagerungen der Moore. In: Göttlich K. (Hg.): *Moor- und Torfkunde*. Stuttgart, 175-236.
- Herrmann A. 1986. Schneehydrologie - Aufgaben, Stand und Notwendigkeiten unter besonderer Berücksichtigung von Mitteleuropa. *promet* 16: 23-30.
- Ivanov K.E. 1981. *Water Movement in Mirelands*. London, 1-276.
- Keller H.M. 1984. Der Gehalt gelöster Stoffe in der Schneedecke eines schweizerischen Voralpentales. *DVWK Mitteilungen* 7: 545-558.
- Kempel-Eggenberger C. 1999. *Die Sensibilität eines Einzugsgebietes im Hohen Faltenjura*. Dissertation am Geographischen Institut Basel, (im Druck).
- Kingery W.D. 1963. *Ice and snow*. Cambridge/Mass., 1-684.

- Leser H., Dettwiler K. & Döbeli C. 1992. Geoökosystemforschung in der Elementarlandschaft des Kvikkaa-Einzugsgebietes. In: Blümel W.D. (Hg.): Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990 und 1991 "Stofftransporte Land – Meer in polaren Geosystemen". *Stuttgarter Geographische Studien* 117: 105-122.
- Moser H.-R. 1984. *Die Niederschlagsverteilung und -struktur bei verschiedenen Wetterlagen in der Region Basel*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie, 4: 1-269.
- Oberbauer S.F., Cheng W., Ostendorf B., Sala A., Gebauer R., Virginia R.A. & Tenhunen J.D. 1996. Landscape Patterns of Carbon Dioxide Exchange in Tundra Ecosystems. In: Reynolds J.F. & Tenhunen J.D. (eds): Landscape function and disturbance in Arctic Tundra. *Ecological Studies* 120: 223-256.
- Reber S. 1988. *Methoden zur Erfassung des Winterniederschlags und der Schneedeckenparameter sowie deren Anwendung und Aussagemöglichkeiten innerhalb von geoökologischen Arbeiten am Beispiel eines Einzugsgebietes im Basler Faltenjura*. Lizentiatsarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1-163.
- Scherrer S. 1990. *Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag und Abfluss, Abflussbildung und Stoffaustrag eines Einzugsgebietes im solothurnischen Faltenjura mit besonderer Berücksichtigung der Vorfluter-Chemodynamik und extremer Abflusssituationen*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1-165.
- Schweikle V. 1990. Physik des Torfes und der Moorböden. In: Göttlich K. (Hg.): *Moor- und Torfkunde*. Stuttgart, 272-283.
- Seiler W. 1983. *Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt unter Einfluss der rezenten Bodenerosion am Beispiel zweier Einzugsgebiete im Basler Tafeljura bei Rothenfluh und Anwil*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie, 5: 1-510.
- Studer K.F. (in Bearb.). *Modellierung des Einflusses saisonaler Klimaänderungen (v.a. Schneedeckenentwicklung) auf die Bodenwasser- und Bodenenergiebilanz und der Rückkoppelungseffekte auf den Kohlenstoffkreislauf in dem Schweizer Jura-Hochmoor "La Tourbière au sud des Veaux"*. Arbeitstitel der Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel.
- Weber M. & Wüthrich Ch. 1999. *CO₂-Flüsse beim Herbst-Winter-Übergang in einem Jura-Hochmoor*. In diesem Band.
- Weber M. 1999. *Winterliche CO₂-Flüsse in einem Jura-Hochmoor*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1-94.
- Wüthrich Ch. 1994. *Die biologische Aktivität arktischer Böden mit spezieller Berücksichtigung ornithogen eutrophierter Gebiete (Spitzbergen und Finnmark)*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie, 17: 1-222.
- Wüthrich Ch. & Schaub D. 1997. Reaktionspotential unterschiedlicher Moortypen für Änderungen von Licht und Bodenwasserhaushalt. *Bulletin Bodenkdl. Ges. Schweiz* 21: 41-48.

