© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 123 (1985): 151-174

Beiträge zur Ökophysiologie von *Betula nana* auf einem Hochmoor im Lungau (Salzburg)

Rudolf MAIER, Wolfgang PUNZ, Eduard DOMSCHITZ, Alois NAGL, Gabriela NEUMANN, Ernst PLEFKA, Gerhard TEUSCHL, Ingo KORNER, Oswald HAMMER, Petra HUDLER
unter Mitarbeit von
Helmut KINZEL, Roswitha KINZEL, Walter URL

In einem *Betula-nana*-dominierten Hochmoor wurden mikroklimatische Messungen durchgeführt. An *Betula nana* (welche Bulte, Schlenkenränder, den Übergangsbereich zum Niedermoor un den Latschenfilz besiedelt) wurden Blattdiffusionswiderstand für Wasserdampf, Wasserpotential im Xylem, Wassersättigungsdefizit, osmotischer Wert, Photosynthese und Hitzeresistenz untersucht. Die Beziehungen zwischen den Standortsbedingungen (Mikroklima, Lage des Grundwasserhorizontes) und dem ökophysiolcgischen Verhalten der wenig hitzeresistenten Zwerbirke werden diskutiert.

MAIER R. et al., 1985: Contributions to the ecophysiology of *Betula nana* on a raised bog in the Lungau (Salzburg) area.
Microclimatic data of a raised bog dominated by *Betula nana* were collected. For *Betula nana* (found on hummocks, the edges of hollows, transition zones to the fen and in dwarf-pine shrubs), leaf diffusive resistance of water vapour, xylem water potential, water saturation deficit, osmotic value, phytosynthesis and heat resistance were investigated. The relationships between site conditions (microclimate, distance from ground water level) and ecophysiology of dwarf birch, a tree with limited heat resistance, are discussed.

Keywords: *Betula nana*, bog, microclimate, leaf diffusive resistance, xylem water potential, water saturation deficit, osmotic values, photosynthesis, heat resistance.

Einleitung

Die zusehends zugunsten einer wirtschaftsorientierten Nutzung schrumpfende Landschaft der Feuchtbiotope fordert immer mehr die Auseinandersetzung mit deren ökologischen Funktionen, die als solche zwar erkannt, aber - zu wenig unterstützt durch experimentelles Datenmaterial - vielfach im Moormanagement nicht verwertet werden. Eine Reihe floristischer, soziologischer und vegetationskundlicher Arbeiten über Moore liegt zwar vor; wenig wurden diese aber - zumindest in Österreich - ökophysiologisch bearbeitet.

Die vorliegenden, im Rahmen einer experimentell-ökologischen Exkursion durchgeführten, Untersuchungen befassen sich vordergründig mit mikroklimatischen Aspekten auf einem Hochmoor aus dem Moorkomplex im Randbereich des Tamsweger Beckens (Lungau/Salzburg) im Zusammenhang mit Fragen zur Ökophysiologie von *Betula nana*.

Eine floristische Studie über die Moore des Lungaus erstellte VIERHAPPER (1935); spezielle Hinweise auf die Verbreitung von *Betula nana* finden sich bei VIERHAPPER (1913).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Lage des Moores und Mächtigkeit des Torfkörpers

Die Untersuchungen wurden in einem Latschenhochmoor am Überling (im Raum Tamsweg/Salzburg) südöstlich der Überlinghütte durchgeführt. Das Gebiet liegt in der Zentralkette der Ostalpen und ist größtenteils aus Urgestein aufgebaut. Nach der Kurzcharakteristik im Österreichischen Moorschutzkatalog (STEINER 1982) handelt es sich um ein durch Hangverflachung über Glimmerschiefer ausgebildetes Regenmoor in 1725 m Seehöhe (ÖK 158 / Moor Nr. 19).

Der östliche Abschnitt dieses Moores besitzt Hochmoorcharakter. Gegen Westen geht es in ein weitläufiges Niedermoor über. Die Mächtigkeit des Torfkörpers beträgt im Hochmoor 2 m, im Niedermoor 7 m und mehr (Abb. 1; Bohrungen mittels Hiller-Bohrer).

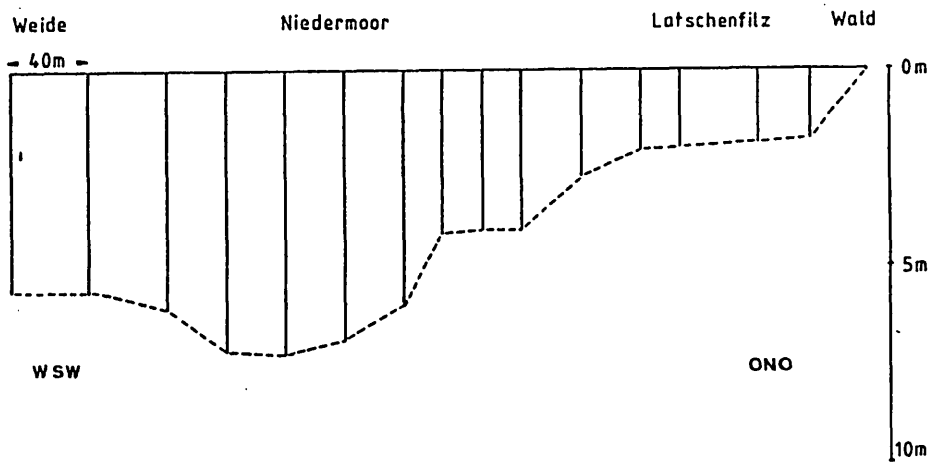


Abb. 1: Moorprofil

Die Vegetation (vgl. Tab. 1)

Im Hochmoorbereich läßt sich im zentralen Teil ein zwergbirkendominiertes Betulo-nanae-Sphagnetum nemorei (nach KRISAI 1966, vgl. dazu DIERSSEN 1977) mit *Sphagnum nemoreum* vom eigentlichen Latschenhochmoor (Sphagno-Mugetum) mit *Sphagnum nemoreum* und *Pinus mugo* abgrenzen.

Das sich in Richtung Westen ausdehnende Moor weist im Übergangsbereich noch die für ein Hochmoor charakteristische Struktur mit Bulten und Schlenken auf und geht dann in ein Niedermoor über. Die Vegetation der Bulte und Schlenken setzt sich aus Hoch- und Niedermoorarten zusammen (siehe Tab. 1).

Betula nana, die im Vordergrund der ökophysiologischen Untersuchungen dieser Exkursion stand, besiedelt sowohl Teile des Hoch- wie auch des Niedermoores. Im Hochmoor breitet sich die Zwergbirke auf den Bulten aus (Abb. 2), wächst vereinzelt in den Schlenken, weicht aber auf deren Rand aus.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Hochmoorteil mit Latschenfilz

Latschenfreie Flächen (Bulte + Schlenken)		Latschenfilz	
Sphagnum nemoreum	3	*Pinus mugo*	4
Sphagnum magellanicum	2	*Vaccinium myrtillus*	4
Vaccinium uliginosum	2	*Sphagnum nemoreum*	2
Betula nana	1	*Polytrichum juniperinum*	1
Eriophorum vaginatum	1	*Eriophorum vaginatum*	+
Picea abies	1	*Rhododendron ferrugineum*	+
Polytrichum strictum	1	*Vaccinium uliginosum*	+
Vaccinium myrtillus	1	*Juncus effusus*	r
Andromeda polyfolia	+	*Polytrichum commune*	r
Calluna vulgaris	+	*Vaccinium vitis-idaea*	r
Nardus stricta	+		
Juniperus communis	r		
Larix decidua	r		

Niedermoorteil mit Bultenanflug

Bulte		Schlenken	
Sphagnum rubellum	2	*Carex rostrata*	2
Betula nana	1	*Trichophorum alpinum*	2
Juniperus communis	1	*Trichophorum cespitosum*	2
Picea abies	1	*Sphagnum rubellum*	1
Vaccinium uliginosum	1	*Carex flava*	+
Andromeda polyfolia	+	*Minuartia alpina*	+
Calluna vulgaris	+	*Pedicularis palustris*	+
Drosera rotundifolia	+	*Pinguicula vulgaris*	+
Eriophorum angustifolium	+	*Potentilla erecta*	+
Eriophorum vaginatum	+	*Sphagnum subsecundum*	+
Homogyne alpina	+	*Tofieldia calyculata*	+
Potentilla erecta	+	*Cardamine pratensis*	r
Carex rostrata	r	*Carex pauciflora*	r
		Hieracium sp.	r
		Menyanthes trifoliata	r
		Valeriana dioica	r
		Dactylorrhiza maculata	
		Dactylorrhiza majalis	
		Lycopodiella inundata	

Rand des Niedermoores

Anthoxanthum odoratum	*Swertia perennis*
Calluna vulgaris	*Tofieldia calyculata*
Carex canescens	*Trichophorum alpinum*
Menyanthes trifoliata	*Trichophorum cespitosum*
Nardus stricta	*Vaccinium myrtillus*
Rhododendron ferrugineum	*Vaccinium vitis idaea*
	Veratrum album

Tab. 1: Vegetationsaufnahme

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

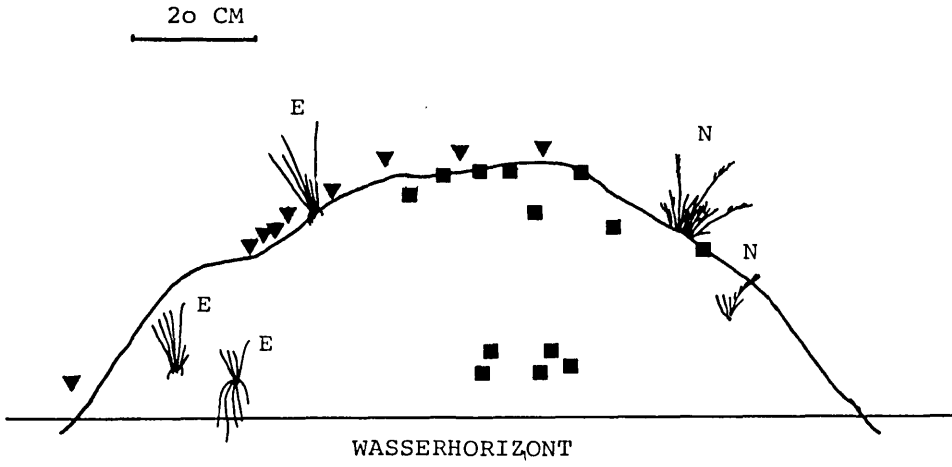


Abb. 2: Bewuchs eines Bultes, ■: *Andromeda polyfolia*, ▼ : *Betula nana*, N: *Nardus stricta*, E: *Eriophorum vaginatum*. Über den ganzen Bult verbreitet: *Vaccinium uliginosum*.

Bleibt die Zwergbirke im offenen Moor sehr niedrig, so finden sich im lockeren, moorseitigen Latschengestrüpp kräftige, über einen halben Meter hohe Pflanzen. Den dichten Latschenfilz meidet die Zwergbirke. Im Niedermoor trifft man *Betula nana* verstärkt auf Bultanflügen.

Wasseranalysen

Den niedrigsten pH-Wert und die niedrigste elektrische Leitfähigkeit weist das Moorwasser der Schlenken im Hochmoorbereich auf; im Flachmoor liegen die Werte höher, am höchsten sind diese im Randbereich des Moores(Tab. 2a).

	Hochmoor	Niedermoor	Randbereich
pH	3.5/3.5/3.6/3.8	4.9	5.9/5.7/5.8
$\mu S.cm^{-1}$	43/40/42	45	140/170

Tab. 2a: pH-Wert und Leitfähigkeit von Moorwasser in verschiedenen Moorabschnitten

Analysen von *Sphagnum*-Preßwasser (Tab. 2b) ergeben ebenfalls niedrigere pH- und Leitfähigkeitswerte im Hochmoorabschnitt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

	Hochmoor			Niedermoor		
Moortiefe (cm)	10	30	50	10	30	50
pH	3.7	4.1	3.9	5.0	5.2	5.1
$\mu S.cm^{-1}$	23	14	23	24	40	41

Tab. 2b: pH-Wert und Leitfähigkeit im *Sphagnum*-Preßwasser verschiedener Moortiefe

Die Leitfähigkeit steht nicht nur mit der H^+-Ionen-Freisetzung der Torfmoose im Zusammenhang (vgl. dazu KRISAI & PEER 1980), sondern auch mit dem Mineralstoffeintrag durch Niederschläge, der Zufuhr aus dem Randbereich, aber auch mit der mehr oder weniger stark stattfindenden Mineralisierung im Moor selbst. Sicherlich sind die höheren Werte von pH und Leitfähigkeit auch auf den Eutrophierungseffekt zurückzuführen, der durch das Weidevieh verursacht wird, das sich weniger im Hochmoor als vielmehr im Flachmoorbereich aufhält.

Ionengehalte von *Betula nana*

In Tabelle 3a sind die Gehalte von Ca^{++}, K^+, Mg^{++} und Na^+ in Blättern von *Betula nana* nach Aufschluß in 1 n HCl wiedergegeben.

		Hochmoor	Niedermoor
Ca^{++}	Schlenke	175.1	233.3
	Bult	189.8	
K^+	Schlenke	95.9	85.4
	Bult	95.7	
Mg^{++}	Schlenke	178.3	164.7
	Bult	167.6	
Na^+	Schlenke	38.7	29.8
	Bult	34.8	

Tab. 3a: Ionengehalt ($\mu mol.g^{-1}$ TS) von *Betula nana* (1 n HCl-Extrakt)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

	Hochmoor	Übergangs-bereich	Flachmoor	Quellflur	Brunnenwasser Überlinghütte
Ca^{++}	100	710	1008	1250	1500
K^{+}	100	190	160	240	200
Mg^{++}	100	340	470	640	310
Na^{+}	100	200	230	180	180

Tab. 3: Ionengehalte des Moorwassers in % (Hochmoor = 100%)

Auffällig sind die höheren Ca^{++}-Werte von *Betula nana* im Niedermoorbereich. Bringt man dies in Zusammenhang mit den Ionengehalten des Moorwassers (Tab. 3b), so sind die Ca^{++}-Gehalte des Wassers im Übergangsbereich 7 x, im Flachmoor 10 x, im Bereich der Quellflur 13 x höher als im Schlenkenwasser des Hochmoores. Die K^{+}-, Na^{+}- und Mg^{++}-Gehalte zeigen keinen derartigen Gradienten; an allen bereits für Ca^{++} angeführten Probeentnahmestellen sind die K^{+} und Na^{+}-Gehalte etwa um das Doppelte, die Mg^{++}-Gehalte um das Drei- bis Vierfache (Ausnahme: Quellflur, sechsfach) höher als im Schlenkenwasser des Hochmoores.

Boden- und Lufttemperatur im Hochmoorbereich

Die Messung erfolgte mit strahlungsgeschützten Platin-Widerstandsthermometern. Die oberflächennahe Temperatur des Moorkörpers wurde durch Einschieben von Fühlern in ca. 1cm Tiefe des Torfkörpers gemessen, um den Strahlungsfehler zu umgehen (zur Meßmethodik vgl. auch MAIER et al. 1981). Die stark schwankende Einstrahlung (gemessen mit Sternpyranometern nach DIRMHIRN, Abb. 3) bewirkt einen unruhigen Verlauf der Lufttemperatur und oberflächennahen Moortemperatur (Abb. 4,5,6). Die Temperatur in 2 m Höhe blieb am 1.7. mit ihrem Maximum unter 15°C, am 2.7. wurden 23°C erreicht. Bedeutend stärker erwärmt sich der oberflächennahe *Sphagnum*-Körper, wie dies in Abbildung 4 für einen Bult, in Abbildung 5 für eine Schlenke - die am Tage kühler bleibt als der Bult - dargestellt ist. Ähnlich wie in den Schlenken des Hochmoores liegen die Temperaturen an der Grenze Torf/Luft im westlich angrenzenden Niedermoor (Abb. 6). Die Tageserwärmung drückt sich nur in den oberflächennahen Schichten des Moorkörpers aus.

Die negative Strahlungsbilanz (Abb. 7) in der Nacht ist Ausdruck der Auskühlung des Moorkörpers, wie dies auch die gegen Abend negativ werdende Wärmebilanz des Bodens in 1 cm Tiefe einer Schlenke verdeutlicht.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

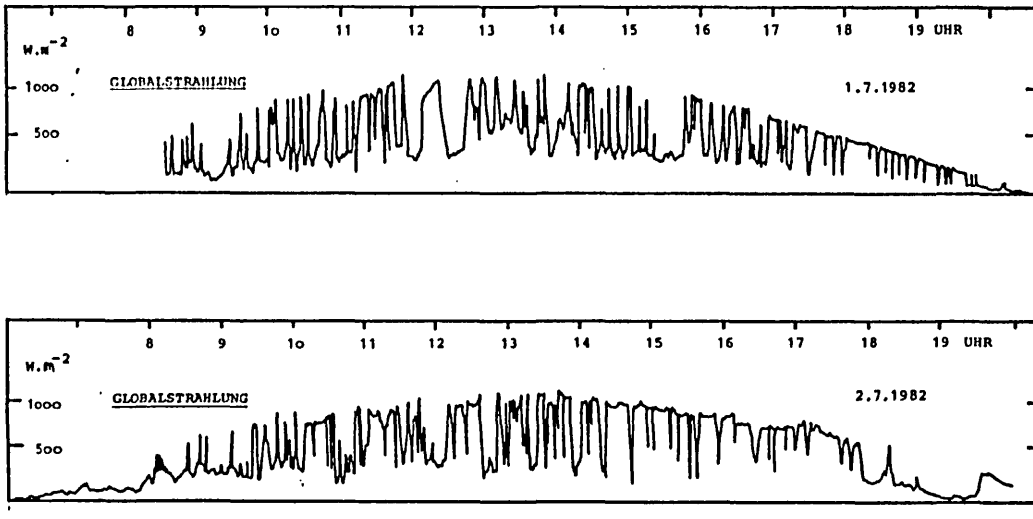


Abb. 3: Globalstrahlung am 1. und 2.7.1982

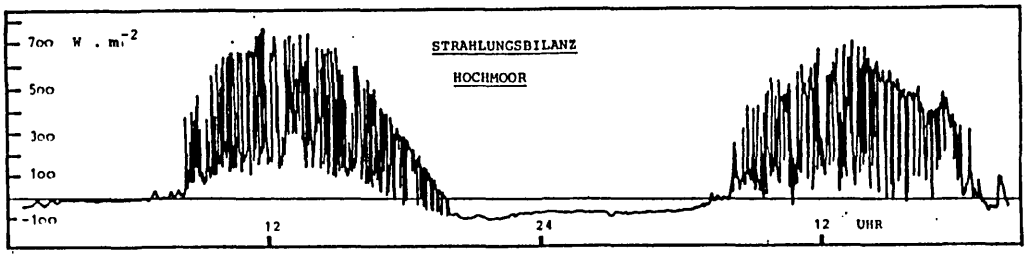


Abb. 7: Strahlungsbilanz im Hochmoorbereich (1.-2.7.1982)

Bulte erwärmen sich oberflächlich schneller und stärker als die Schlenken bzw. das Niedermoor, sie kühlen in der Nacht aber viel stärker aus. Schlenke und Niedermoor haben auf Grund des hohen Wassergehaltes des Moorkörpers eine bessere Wärmeleitfähigkeit bzw. Wärmekapazität als Bulte und sind daher in der Nacht wärmer.

Die Temperaturen in Schlenken und im Niedermoor - auch die Oberflächentemperaturen - liegen in der Nacht deutlich über den Lufttemperaturen in 20 cm und 2 m Höhe. Der Bult dagegen kühlt in der Nacht so

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

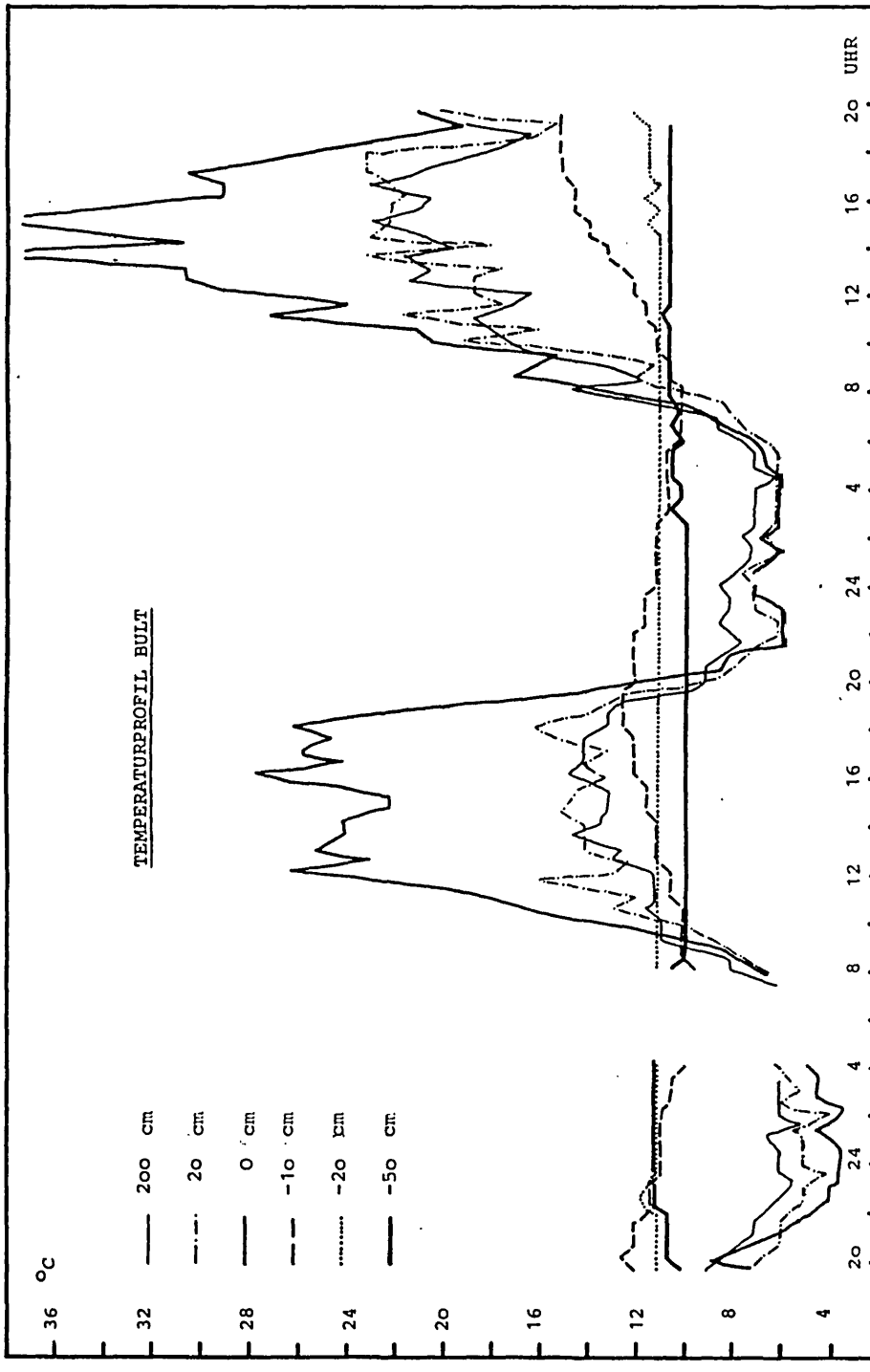


Abb. 4: Temperaturprofil eines Bultes (30.6. - 2.7.1982)

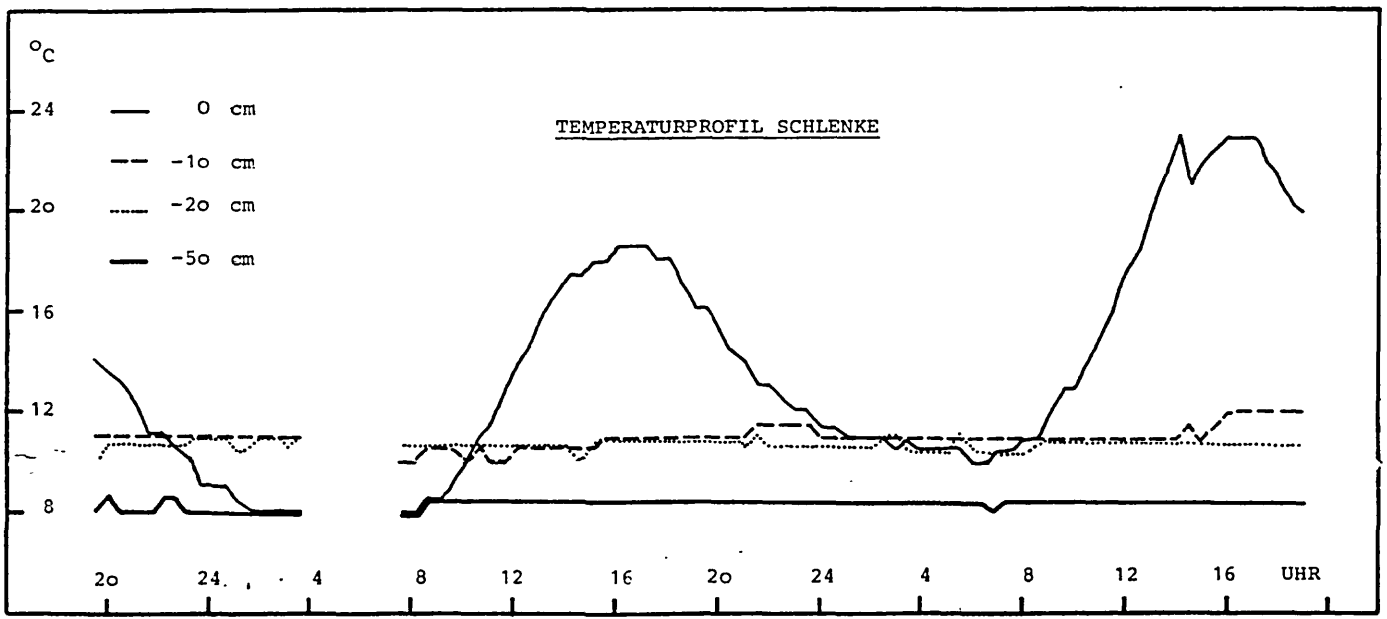


Abb. 5: Temperaturprofil einer Schlenke (30.6. - 2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

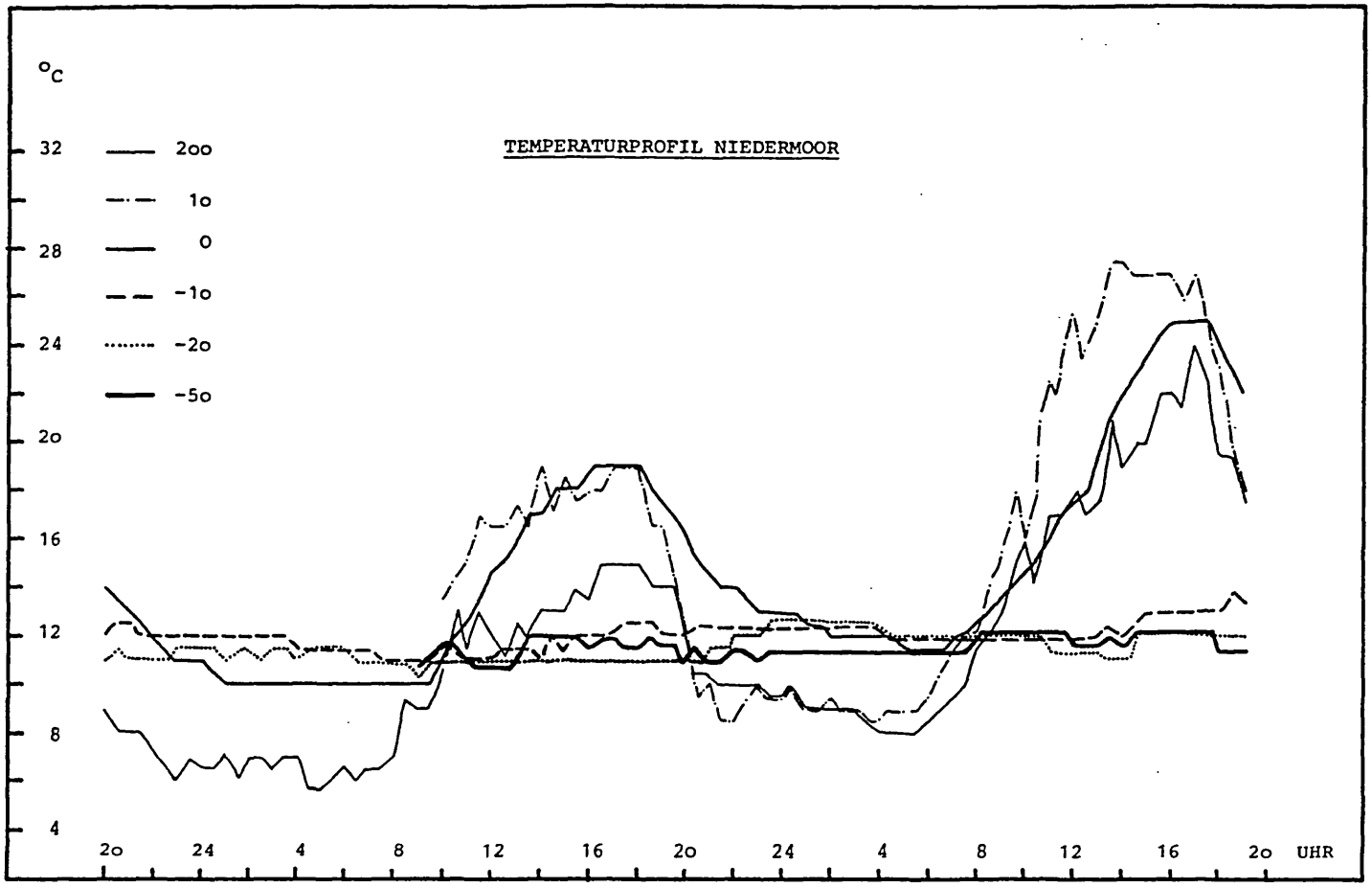
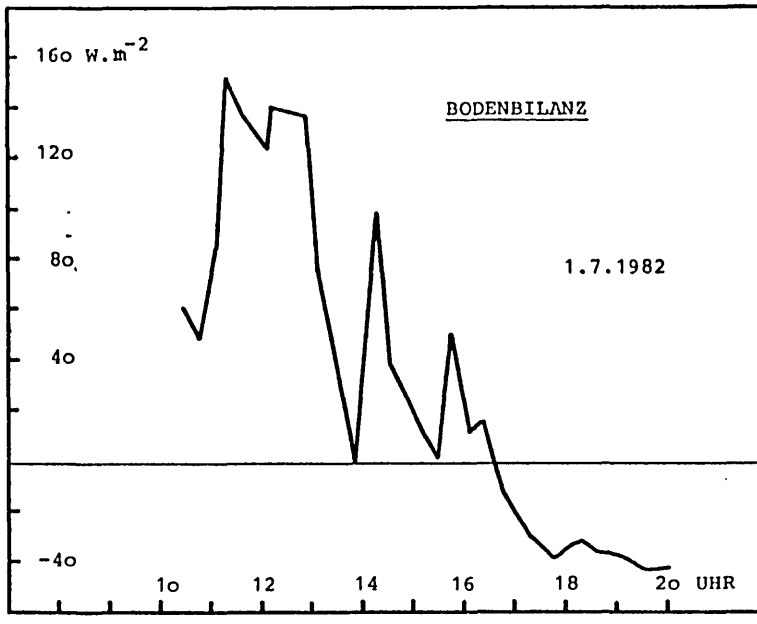


Abb. 6: Temperaturprofil im Bereich des Niedermoores (30.6. - 2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



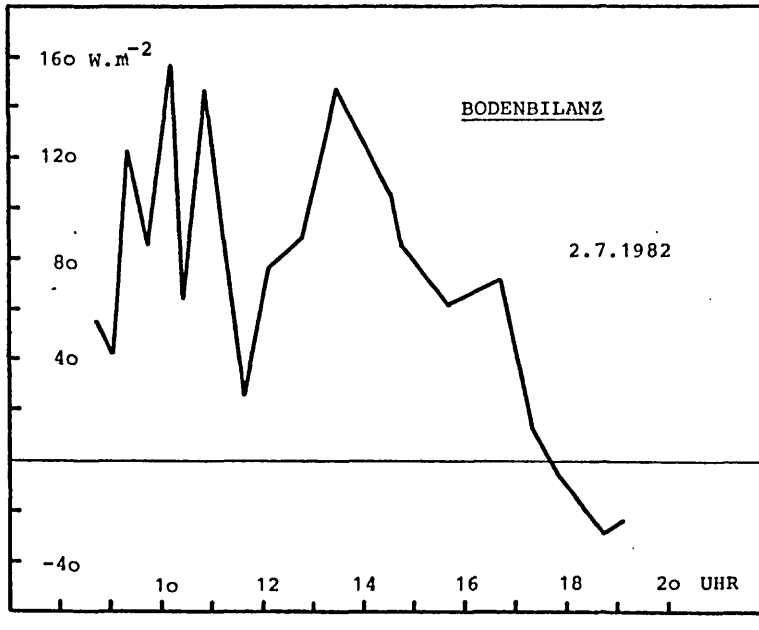


Abb. 8: Bodenbilanz im Hochmoorbereich (1./2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

stark ab, daß eine Inversion auftritt: Die Temperaturen der Mooroberfläche und der Luft in 20 cm Höhe liegen unter der Temperatur in 2 m. Die maximale Tagesamplitude im Grenzbereich, Moorkörper/Luft am 30.6./1.7. am Bult zwischen 3,5°C und 27,5°C, am 1.7./2.7. zwischen 6°C und 39°C.

Feuchtigkeitsverhältnisse

Die potentielle Verdunstung (PICHÉ, grüne Filterpapierscheibchen, 3 cm Durchmesser) und die relative Luftfeuchtigkeit (Thermohygrograph in Wetterhütte) sind in Abbildung 9 dargestellt. Trotz des Wasserreichtums des Moores ist die relative Luftfeuchtigkeit über dem Moor niedrig, die Evaporation hoch. Am 2.7. werden Werte um 1 ml $H_2O.h^{-1}$ erreicht. Zweifelsohne wurde die Verdunstung durch den herrschenden Wind begünstigt.

Die Evaporation ist demnach höher als z.B. auf den Bergbauhalden von Bleiberg/Kreuth (MAIER et al. 1981) oder über einer Asphaltfläche an einem strahlungsreichen Junitag im Wiener Stadtgebiet (Ökologische Übungen 1984). FIRBAS (1931) bringt eine Zusammenstellung von Verdunstungswerten in verschiedenen Pflanzenbeständen und weist bereits auf die hohe potentielle Verdunstung über Hochmooren hin.

Hitzeresistenz von *Betula nana*

Die experimentelle Ermittlung der Hitzeresistenz (Erhitzen der in Kunststoffolie eingeschlossenen beblätterten Zweige über 30 Minuten; vgl. BIEBL & MAIER 1969) weist *Betula nana* als hitzeempfindlich aus. Auf den Bulten hat *Betula nana* im Sommer (Werte vom 2.7.1982) eine Hitzeresistenzgrenze von 40°C (D_L 50), allerdings sind bereits an die 40% der Blattfläche geschädigt. Pflanzen aus dem Niedermoor sowie jene im Latschenverband werden bei 40°C kaum geschädigt. Die Hitzeresistenzgrenze liegt bei 42°C (D_L 50), wenngleich Pflanzen im Latschenverband bei dieser Temperatur, aber auch bei den nächsthöheren, geringere Schädigungsraten aufweisen (Abb. 10).

Auf den Bulten treten die höchsten Temperaturen auf. In unserem Fall betrug die Maximaltemperatur 39°C im oberflächennahen *Sphagnum*-Körper. SCHMEIDL (1965) gibt in nassen Sphagnen als Extremwert der Oberflächentemperatur 43.7°C an. Auf zerstörten, abgestorbenen Bulten und toten Moospolstern liegen auf Grund der schlechteren Wärmeleitfähigkeit bzw. Wärmekapazität die Temperaturen bedeutend höher; SCHMEIDL gibt als Oberflächen-Extremwert bei *Polytrichum strictum* 39°C und darüber an; nackter, trockener Torf kann sich bis auf 77°C erhitzen.

Der Vergleich von Oberflächentemperaturen im Moor und Hitzeresistenzwerten von *Betula nana* weist jedenfalls darauf hin, daß die Zwergbirke auf Grund ihrer niedrigen Hitzeresistenz nur gut wärmeleitende, also wasserreiche Moorabschnitte besiedelt. Zweifellos ist bei diesem Vergleich von Hitzeresistenz und Standorttemperatur zu berücksichtigen, daß schon eine geringe Entfernung der Blätter von der Torfoberfläche die extremen Temperaturbedingungen abschwächt und daß die Spitzenwerte meist nur kurzfristig wirksam werden (im Resistenztest: Einwirkungsdauer 30 Minuten). Weiters ist zu berücksichtigen, daß ein Faktor von

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

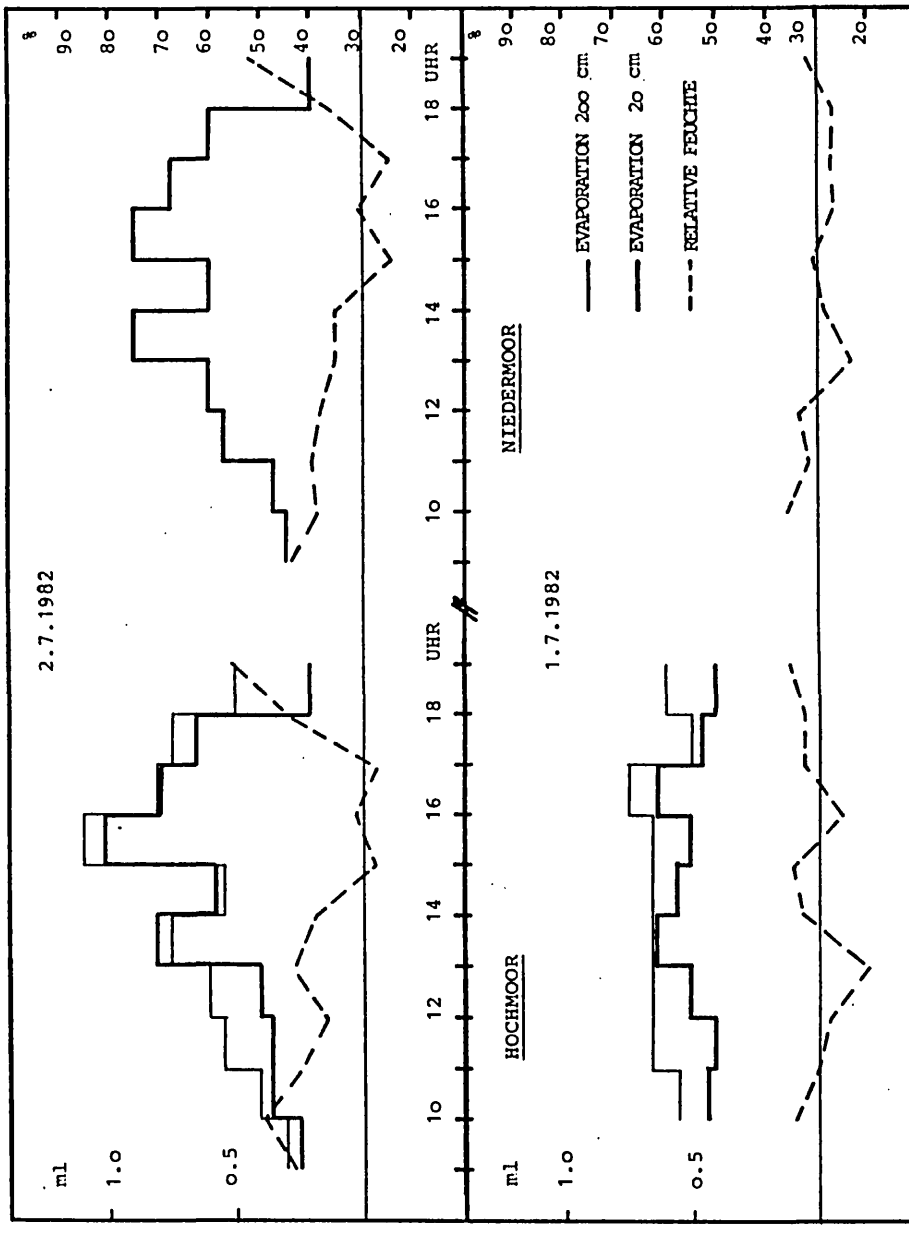


Abb. 9: Evaporation und relative Feuchte (1./2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

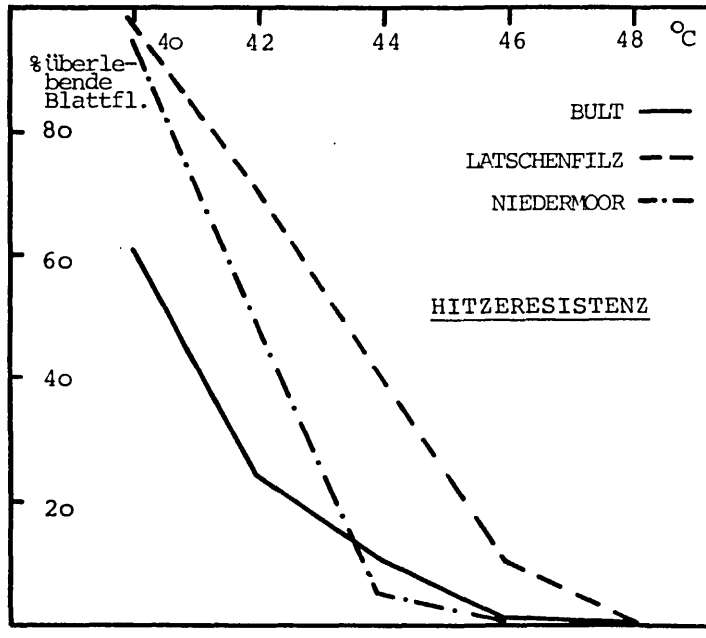


Abb. 10: Hitzeresistenz von *Betula nana* (2.7.1982)

"avoidance", bei dieser Art der Hitzeresistenzuntersuchung, ausgeschaltet ist, nämlich die Transpirationskühlung (in den Kunststoffsäckchen stellt sich sehr bald Dampfsättigung der Luft ein).

Vergleiche mit anderen Hitzeresistenzuntersuchungen an *Betula nana* bieten sich in den Arbeiten von BIEBL (1967, 1968) an. *Betula nana*, im arktischen Raum untersucht, hatte im Juli des arktischen Langtages eine Hitzeresistenz von 40°C bzw. 42°C. Dieser Resistenzgrenze wird von BIEBL (1968) eine Höchsttemperatur der Bodenoberfläche am Versuchsplatz der Arktis von 26.8°C (14°C über Lufttemperatur) gegenübergestellt. Bei Annahme von höchstens 5-10% Schädigung als Resistenzgrenze (wie bei BIEBL) liegt bei Pflanzen des Überlingmoores im Niedermoor und im Latschenfilz die Hitzeresistenzgrenze bei 40°C, auf den Bulten sogar darunter.

Die Hitzeresistenz von *Betula nana* unterscheidet sich also in deren isolierten Vorkommen auf den Mooren der temperaten Zone Mitteleuropas kaum von jener der Tundrenpflanzen im arktisch-borealen Hauptareal (Nordeuropa, Nordwestasien).

Osmotische Werte

Die osmotischen Werte der Pflanzenzellen wurden plasmolytisch (Verdünnungsreihe mit 1m KCl : 1m $CaCl_2$ = 9:1) bestimmt, wobei vor allem die grenzplasmolytische Methode von FITTING (cit.n. URL 1971, GERDENITSCH 1978) benützt wurde. Gewebe mit regelmäßigen Zellen war auch der plasmometrischen Messung zugänglich (HÖFLER 1918, URL 1971).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

	Osmotischer Wert der Lösung in osmol								
	1.2	1.07	0.92	0.83	0.72	0.615	0.514	0.411	0.304
Homogyne alpina Epidermis, Blattstiel		pl	pl	spl	Gpl	npl	npl	/O: 0.65/	
Betula nana, Schlenke Epidermis, Blattunterseite Spaltöffnungen	pl pl	pl pl	pl pl	spl pl	spl npl	npl npl		/O: 0.70/ /O: 0.75/	
Betula nana, Bult Epidermis, Blattunterseite	pl	pl	spl	pl	pl	pl			
Pedicularis palustris Epidermis, Blattstiel	pl	pl	pl	spl	spl	npl	npl		
Swertia perennis Epidermis, Blattstiel	pl	pl	pl	spl G: 0.69 O: 0.57	spl	spl	Gpl	npl	
Andromeda polyfolia Epidermis, Blütenstiel	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	npl	
Tofieldia sp. Epidermis, Blattstiel	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl G: 0.71 O: 0.29	pl O: 0.27
Valeriana tripteris Subepidermis, Blattstiel	pl	pl	pl G: 0.53 O: 0.57	pl G: 0.64 O: 0.54	pl	spl	npl	npl	
Pinguicula leptoceras Epidermis, Blütenstiel	pl	pl	pl	pl	pl	pl	Gpl	npl	npl
Eriophorum vaginatum Grundgewebe Epidermis, Blattstiel	pl pl	spl pl G: 0.61 O: 0.65	Gpl pl	npl pl	npl spl	npl npl	 npl		
Vaccinium uliginosum Epidermis, Blütenstiel	pl	pl	pl	pl	spl	npl	npl		
Potentilla erecta Epidermis, Blattstiel	pl G: 0.63 O: 0.75	pl	pl	pl	spl	Gpl	npl	npl	
Dactlorrhiza maculata Epidermis, Blütenstiel	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl G: 0.71 O: 0.29	pl O: 0.27
Dactylorrhiza majalis Epidermis, Blütenstiel	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	Gpl

G...Plasmolysegrad O...Osmotischer Wert spl...schwach plasmolysiert pl...plasmolysiert
Gpl...Grenzplasmolyse npl...nicht plasmolysiert

Tab. 4: Osmotische Werte von Pflanzen im Überling-Moor

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Von den in Tabelle 4 enthaltenen Pflanzen wurden zumeist Längsschnitte vom Blütenstiel angefertigt, wobei sich die osmotischen Werte auf Epidermis oder Subepidermis beziehen. Bei *Betula nana* wurden Flächenschnitte der Blätter angefertigt. Die mittels einer Injektionsspritze entlüfteten Schnitte (vgl. ALEXANDROW & GOUSOWA 1960) wurden nach halbstündigem Wässern in die Lösungen eingetragen; die Ablesung erfolgte frühestens nach einer Stunde. Soweit ermittelt, stimmen die plasmometrischen Werte mit jenen der grenzplasmolytischen Methode gut überein.

Die Orchideen haben die üblichen niedrigen osmotischen Werte, die Messungen an anderen Pflanzen entsprechen ungefähr Werten, wie sie bei mitteleuropäischen Mesophyten häufig sind. Auffällig ist der Unterschied in den osmotischen Werten von auf Bulten und am Schlenkenrand wachsender *Betula nana*-Pflanzen: Die Epidermiszellen der Blattunterseite am Schlenkenrand wachsender Pflanzen haben einen höheren osmotischen Wert als die entsprechenden Zellen der Bultpflanzen.

Zum Wasserhaushalt von *Betula nana*

Die im Torfkörper liegenden Sproß- und Wurzelorgane von *Betula nana* dringen bis zum Grundwasserhorizont in die Tiefe; Bultpflanzen entwikkeln also im Torfkörper ein verzweigtes Sproßsystem, von dem die Wurzeln in den feuchten, aber durchlüfteten, O_2-reicheren *Sphagnum*-Polster des Bultes reichen. Bei Pflanzen, die an Schlenkenrändern wachsen, bleibt den 'unterirdischen' Organen wenig Möglichkeit, sich zu entfalten, sie dringen bis zum Wasserhorizont vor und legen sich diesem an. Staunässe, möglicherweise auch die schlechtere O_2-Versorgung der Wurzeln dürften dafür verantwortlich sein, daß *Betula nana* im Bereich der Schlenken, aber auch sofern sie im Niedermoor vorkommt, weniger gut ausgebildete Bestände als auf den Bulten entwickelt.

FIRBAS (1931) führt aus, daß Pflanzen auf Bulten infolge ungenügender Wassernachleitung aus dem Boden in ihrem Wasserhaushalt beeinträchtigt sein können (geringere Transpiration von Bultpflanzen, höhere osmotische Werte), bezieht dies jedoch auf Pflanzen, die oberflächlich wurzeln, z.B. *Vaccinium uliginosum, Calluna vulgaris* u.a.; bei Pflanzen mit einem guten Durchlüftungssystem - die also in das Grundwasser vorstoßen - wie *Eriophorum vaginatum,* trifft dies nicht zu. Nach FIRBAS (1931) transpirieren diese tiefwurzelnden Pflanzen auf Bulten und in Schlenken, berücksichtigt man die Differenz in der Verdunstung, etwa gleich stark, auch die osmotischen Werte unterscheiden sich kaum. *Betula nana* durchwächst zwar den Bult und hat Anschluß an das Grundwasser, dringt aber nicht in den Grundwasserbereich ein; sie ist also unmittelbar mit keiner der beiden von FIRBAS diskutierten Strategieformen vergleichbar. Für *Betula nana* gilt, daß sie zwar gut wasserversorgte Standorte, aber mit entsprechender Grundwasserferne, bevorzugt. So schreibt auch DIERSSEN (1977), daß die ausgedehntesten *Betula-nana*-Bestände auf (schwach) entwässerten Moorflächen (z.B. entlang von Entwässerungsgräben) ausgebildet sind.

Die mittlere Blattfläche von *Betula nana* auf Bulten beträgt $0,52 \pm 0,2 cm^2$ in Schlenkennäher $0,51 \pm 0,2 cm^2$. Die Blattflächen unterscheiden sich zwischen Bult- und Schlenkenpflanzen also nicht, auch im Verhältnis $mg:cm^2$ Blattfläche sind die Unterschiede unsignifikant. Hochmoor: Bult

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

- 17mg/cm^2, Schlenke - 17mg/cm^2; Übergangsbereich: Bult - 16mg/cm^2, Schlenke - 16mg/cm^2. Dennoch können anatomisch-morphologische Unterschiede zwischen Bult- und Schlenkenpflanzen in ihrer Wirkung auf den Wasserhaushalt nicht ausgeschlossen werden, wie z.B. über grundwasserabhängige Ausbildung des Sproß- bzw. Wurzelsystems. FIRBAS (1931) postulierte bei Schlenkenpflanzen (allerdings untersuchte FIRBAS nicht *Betula nana*) ein besseres Wasserleitungssystem.

Neben möglichen morphologisch-anatomisch bedingten Einflüssen auf den Wasserhaushalt ist bei der Interpretation des Wasserhaushaltes von Bult- und Schlenkenpflanzen auch die mikroklimatische Situation zu berücksichtigen. Geht man davon aus, daß es sich bei der auf Bult und Schlenke untersuchten *Betula nana* um kleine, dem Moorkörper anliegende Pflanzen handelt, so ergibt sich, von der Oberflächentemperatur des Moorkörpers her gesehen selbst am 1.Juli, bei allgemein kühler Witterung (Abb. 4 und 5), ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen Bult und Schlenke. Der strahlungsintensive 2.Juli steigert nicht nur die Evaporation (Abb. 9), sondern auch die mikroklimatischen Gegensätze zwischen Schlenke und Bult. Die Oberflächentemperaturen erreichen kurzfristig 39°C und liegen damit nahe der Hitzeresistenzgrenze von *Betula nana*. Ist am 1.Juli der Wasserdampf-Diffusionswiderstand (Meth.n. KÖRNER 1977) bei Bultpflanzen gegenüber Pflanzen am Schlenkenrand leicht erhöht (Abb. 11) und das Wasserpotential im Blattstiel

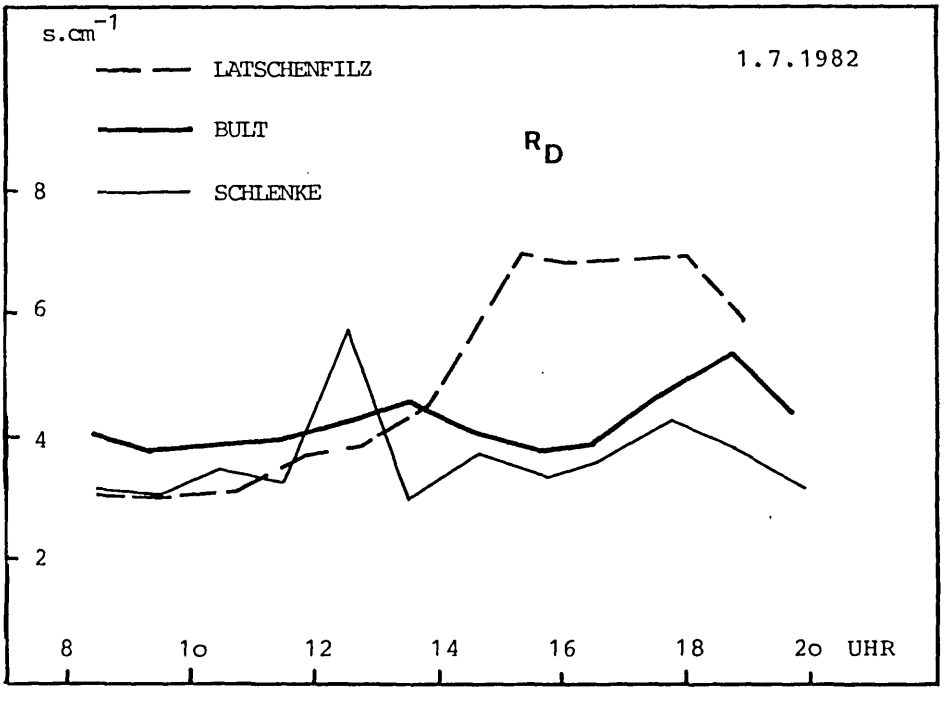


Abb. 11: Wasserdampf-Diffusionswiderstand von *Betula nana* (1.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

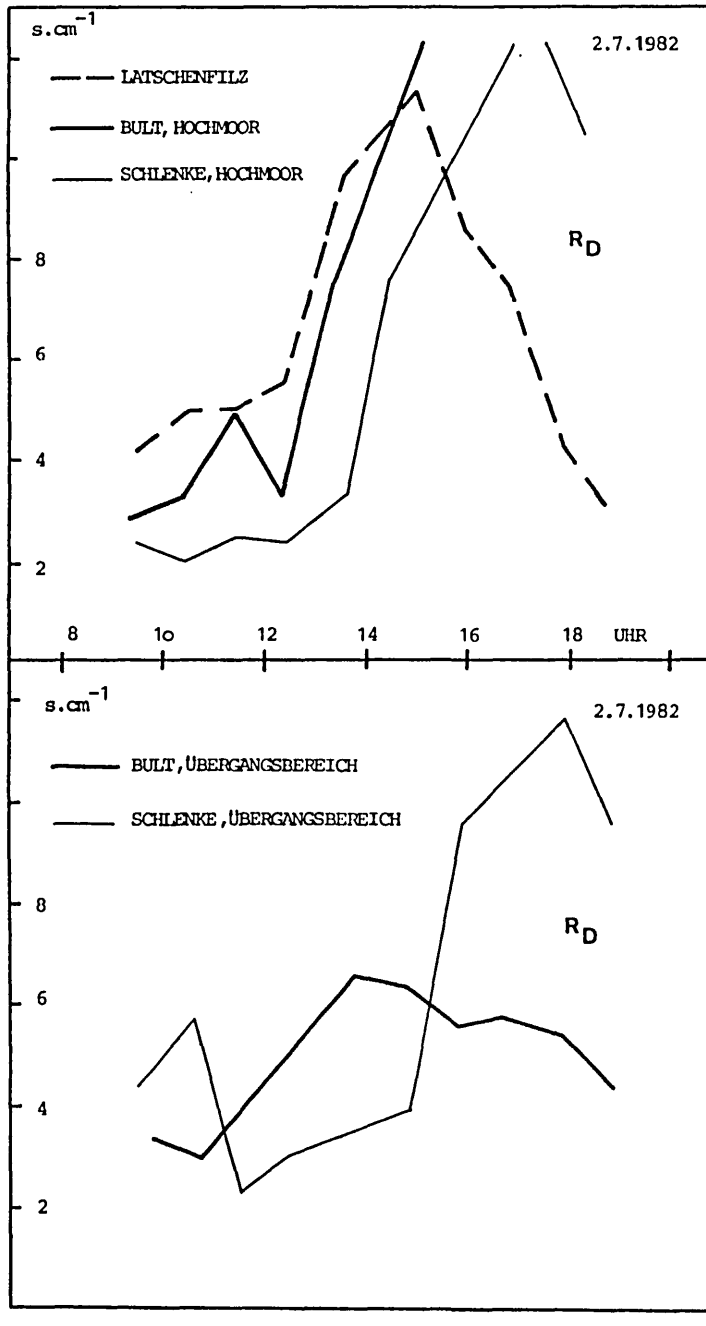
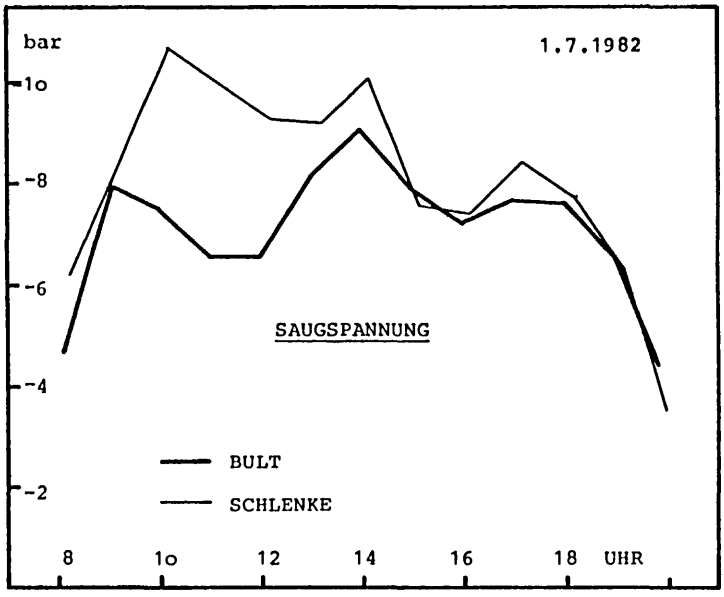


Abb. 12: Wasserdampf-Diffusionswiderstand von *Betula nana* (2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



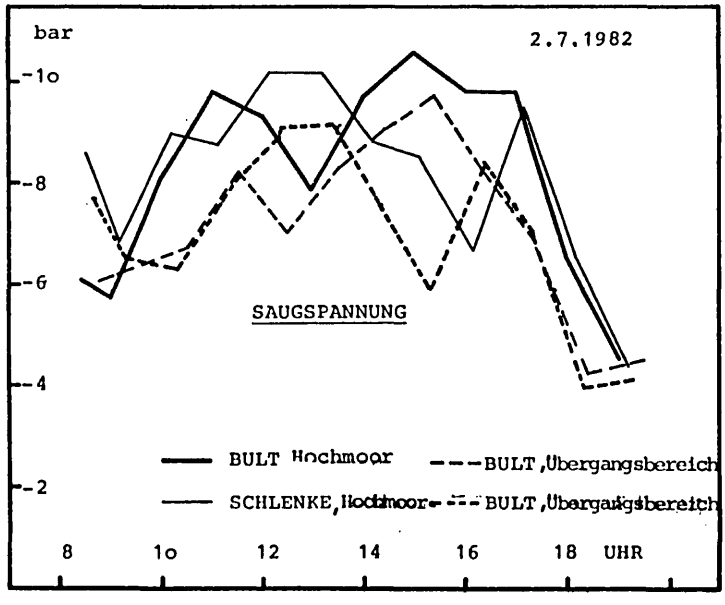


Abb. 13: Wasserpotential im Xylem des Blattstieles von *Betula nana* (1.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

gesenkt (Abb. 13), so steigt am 2.Juli der Diffusionswiderstand bei *Betula nana* auf den Bulten ab Mittag stark an (Abb. 12). Aber auch in den Schlenken steigen die Temperaturen; der Diffusionswiderstand, zwar niedriger als auf den Bulten, ist ebenfalls am späten Nachmittag stark erhöht (Abb. 12).

Im Übergang des Hochmoores zum Niedermoor ist der Bult-Schlenken-Charakter deutlich abgeschwächt. Dieser Bereich steht demnach dem Mikroklima des Niedermoores näher als dem des gut ausgebildeten Hochmoores, sodaß die Mikroklimadaten des Niedermoores näherungsweise für Vergleiche herangezogen werden können. Die Tagesamplituden der Temperaturen sind also im wesentlichen kleiner und lassen sich mit denen der Schlenken des zentralen Hochmoores vergleichen. Währen der warmen Tageszeit hat *Betula nana* im Übergangsbereich auf den Bulten höhere Wasserdampf-Diffusionswiderstände als Pflanzen in den Schlenken; der Tagesverlauf ist jenem von Schlenkenrandpflanzen im typischen Hochmoor vergleichbar. Ebenso haben Bultpflanzen im Übergangsbereich gegenüber Pflanzen auf ausgeprägten Bulten im allgemeinen einen niedrigeren Diffusionswiderstand, vor allem sinkt dieser wiederum gegen Nachmittag (Abb. 12). Auch ergibt ein Vergleich der Saugspannungswerte im Xylem des Blattstieles von *Betula nana* eine weniger negative Saugspannung im Übergangsbereich (Abb. 13).

Abweichend von diesen Tagesgängen des Diffusionswiderstandes verlaufen jene von *Betula nana* im Latschenverband. Am 1.Juli anfangs niedrig, steigen die Diffusionswiderstände am Nachmittag über jene von Bult- und Schlenkenpflanzen und liegen auch am 2.Juli bis Mittag über diesen; sie fallen jedoch am Nachmittag wieder deutlich ab (Abb. 11 und 12). Mit einer Ausnahme um 9 Uhr (1.7.) sind bei Pflanzen im Latschenverband auch die Wassersättigungsdefizite höher (Abb. 14).

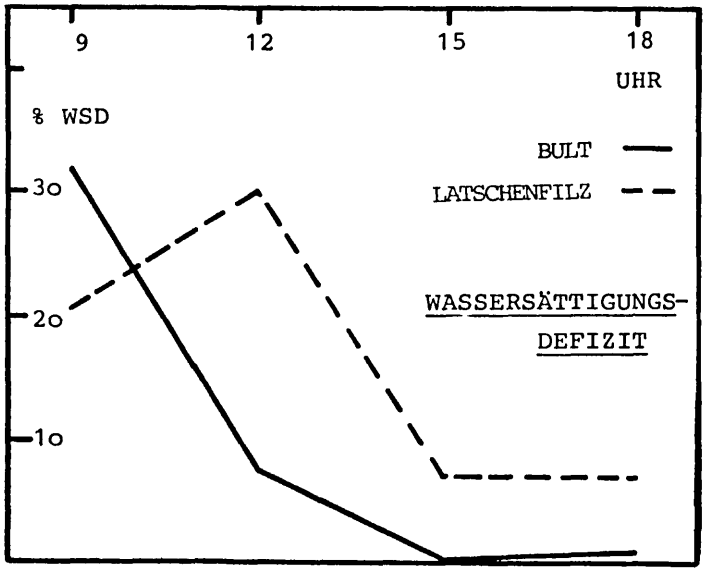


Abb. 14: Wassersättigungsdefizit (1.7.1982) von *Betula nana*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

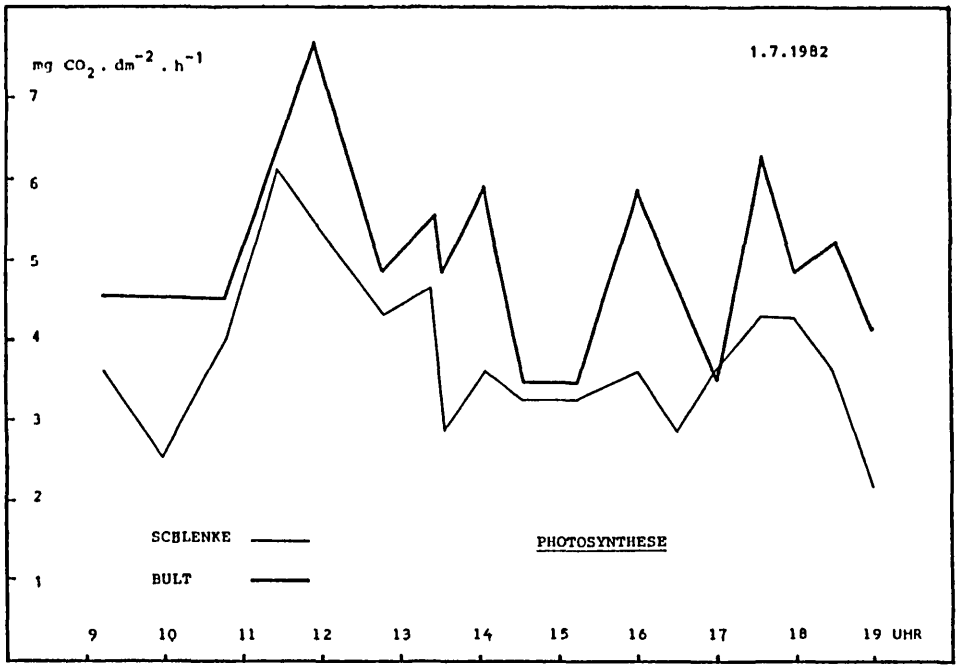


Abb.15: CO_2-Gaswechsel von *Betula nana* (1.7.1982)

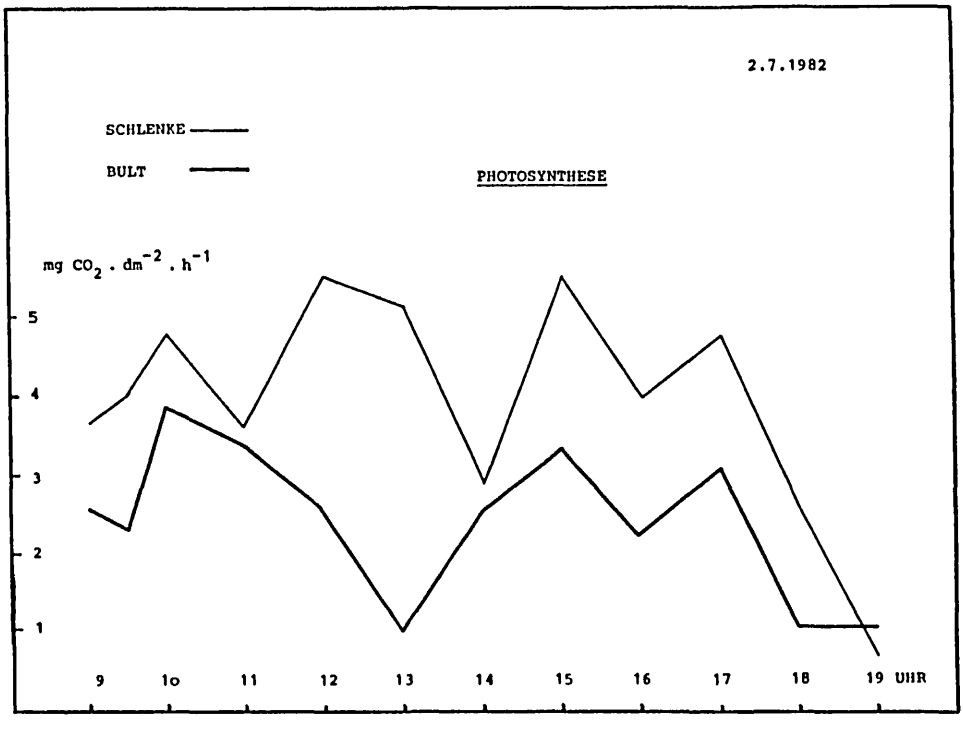


Abb.16: CO_2-Gaswechsel von *Betula nana* (2.7.1982)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Möglicherweise läßt sich dieses abweichende Verhalten von Latschenpflanzen (aufrecht, meist höher als 50 cm) im Vergleich zu Bult- und Schlenkenpflanzen (niedrig, dem Moorkörper anliegend) mit Phänomenen des Leitungswiderstandes in Zusammenhang bringen. Vermutlich spielen aber darüberhinaus auch hier edaphische und mikroklimatische Aspekte eine Rolle. Die Wurzelraumsituation im Latschengestrüpp entspricht eher jener von Bultpflanzen. Es ist ein grundwasserferneres, besser durchlüftetes, möglicherweise durch den Latschenbestand auch minerotropheres Substrat. Das Mikroklima ist gemäßigter. Die Strahlungsverhältnisse im Sphagno-Mugetum dürften *Betula nana* entgegenkommen, denn UNGERSON & SCHERDIN (1965) geben für die Pflanze im zentraleuropäischen Gebirgsraum eine optimale Beleuchtungsstärke von 40 000 - 60 000 Lux (im Juni) an.

Photosynthese

Die Zwergbirke war zu Zeiten kalten Klimas in Mitteleuropa viel weiter verbreitet. So fehlt sie heute z.B. in den südböhmischen Mooren, obwohl Fossilfunde dort auf ein ehemals reiches Vorkommen hinweisen (RUDOLPH 1917). Ihr derzeitiges Hauptverbreitungsgebiet zeigt die Vorliebe für ein kühles Klima. Das Temperaturoptimum der Photosynthese von *Betula nana* wird von UNGERSON & SCHERDIN (1965), welche Pflanzen am Paß Thurn an der Grenze Tirol/Salzburg untersucht haben, mit 18°C für die 'Bruttoassimilation' angegeben; das Optimum der 'apparenten' Photosynthese liegt um 14°C. Die vorliegenden Ergebnisse von Photosynthesemessungen (BINOS, offenes System) zeigen, daß bei den niedrigen Temperaturen am 1.7. (vgl. Klima, Abb. 4,5) Pflanzen auf den Bulten trotz des etwas höheren Wasserdampf-Diffusionswiderstandes (Abb. 11) in ihrer Photosyntheseintensität temperaturbegünstigt gegenüber Schlenkenpflanzen waren. Die Erwärmung am 2.7. brachte es mit sich, daß die Pflanzen auf den Bulten sich vom Temperaturoptimum der Photosynthese entfernt haben dürften, die Schlenkenpflanzen dagegen dem Temperaturoptimum der Photosynthese näher lagen, sodaß diese eine höhere Photosyntheserate aufwiesen (Abb. 15,16).

Die apparente Photosynthese liegt im Vergleich zu den Untersuchungen von UNGERSON & SCHERDIN (1965) allgemein höher.

Dank

Der Direktion der Universität Salzburg danken wir für die freundliche Erlaubnis zur Benutzung der Überling-Hütte.

Literatur

ALEXANDROW W.J. & GOUSOWA M.N., 1960: Über die mikroskopische Struktur der Kerne von Epidermiszellen von *Allium cepa* L. Cytologia 2, 389-395.

BIEBL R., 1967: Kurztag-Einflüsse auf arktische Pflanzen während der arktischen Langtage. Planta(Berl.)75, 77-84.

BIEBL R., 1968: Über Wärmehaushalt und Temperaturresistenz arktischer Pflanzen in Westgrönland. Flora B 157, 327-354.

BIEBL R. & MAIER R., 1969: Tageslänge und Temperaturresistenz. Österr. Bot.Z. 117:176-194.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

DIERSSEN K., 1977: Zur Synökologie von *Betula nana* in Mitteleuropa. Phytocoenologia 4, 180-205.

FIRBAS F., 1931: Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Hochmoorpflanzen. Jahrb.wiss.Bot.74, 457-696.

GERDENITSCH W., 1978: Studien über die Wirkung von Isoptin (Verapamil) auf Pflanzenzellen, insbesondere auf Membraneigenschaften und Wasserpermeabilität. Diss.Univ.Wien.

HÜFLER K., 1918: Eine plasmometrisch-volumetrische Methode zur Bestimmung der osmotischen Werte von Pflanzenzellen. Denkschrift Kais. Akad.Wiss. Wien, Math.naturw.Kl. 95,99-170.

KÜRNER Ch., 1977: Wasserdampf-Diffusionsporometer: Betriebsanleitung und allgemeine Hinweise zum Arbeiten mit einem Diffusionsporometer. H.WALZ, Meß- und Regeltechnik, Effeltrich, BRD.

KRISAI R., 1966: Pflanzensoziologische Untersuchungen in Lungauer Mooren. Verh.Zool.-Bot.Ges.Wien 105/106:94-136.

KRISAI R. & PEER Th., 1980: Vegetationskundliche Untersuchungen an drei Ostalpenmooren. Verh.Zool.-Bot.Ges.Wien 118./119:38-73.

MAIER R., PUNZ W., SIEGHARDT H., DOMSCHITZ E., NAGL A., WIENER S., KULHANEK A. & MÜHLEBNER W., 1981: Zur Ökologie einiger Pflanzen auf den schwermetallhaltigen Halden in Bleiberg/Kärnten. Carinthia II, 171/91,201-222.

ÖKOLOGISCHE ÜBUNGEN 1984: Das Kleinklima, sowie Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zur Produktion von Pflanzen in einer Baulücke in Wien. Protokoll einer Spezialübung des Instituts für Pflanzenphysiologie.

RUDOLPH K., 1917: Untersuchungen über den Aufbau böhmischer Moore I. Aufbau und Entwicklungsgeschichte südböhmischer Hochmoore. Abh. Zool.-Bot.Ges.Wien IX(4)1-116.

SCHMEIDL H., 1965: Oberflächentemperaturen in Hochmooren. Wetter und Leben 17:87-97.

STEINER G.M., 1982: Österreichischer Moorschutzkatalog. BM Gesundheit Umweltschutz, Wien.

UNGERSON J. & SCHERDIN G., 1965: Beitrag zur Kenntnis des Tagesverlaufes der Photosynthese und der Atmung bei *Betula nana* L. Ann. Bot. Fenn.2, 236-242.

URL W., 1971: The site of penetration resistance to water in plant protoplasts. Protoplasma 72, 427-447.

VIERHAPPER F., 1913: Klima, Vegetation und Volkswirtschaft im Lungau. Deutsche Rundsch.f.Geogr. 36(5,6,7,9):1-48.

VIERHAPPER F., 1935: Vegetation und Flora des Lungau (SALZBURG). Abh. Zool.-Bot.Ges.Wien 16:1-289.

Manuskript eingelangt: 1985 03 07

Anschrift der Verfasser: Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 123

Autor(en)/Author(s): Maier Rudolf, Punz Wolfgang, Korner Ingo, Hudler Petra, Domschitz Eduard, Nagl Alois, Neumann Gabriela, Plefka Ernst, Teuschl Gerhard, Hammer Oswald, Kinzel Roswitha, Kinzel Helmut, Url Walter Gustav

Artikel/Article: Beiträge zur Ökophysiologie von Betula nana auf einem Hochmoor im Lungau (Salzburg) 151-174