

# Die Temperaturabhängigkeit des CO<sub>2</sub>-Gaswechsel von nivalen Flechten

Robert REITER

Seminarvortrag am 23. 4. 2001, Betreuung: Dr. Roman TÜRK

**Abkürzungen:** NP: Netto Photosynthese, PPF: Photosynthetische Photonenflussdichte, TG: Trockengewicht, TKP: Temperaturkompensationspunkt

## 1. Einleitung

Die äußerste Grenze des Pflanzenlebens in polaren Gebieten und im Hochgebirge wird von Kryptogamen gebildet. In der nivalen Stufe der Alpen sind zur Zeit mehr als 150 Flechtenarten bekannt (FREY 1968/69) und die auffälligsten und vorherrschenden Vertreter dieser Organismen stammen aus der Gattung *Umbilicaria* (GAMS 1960). Diese Gattung ist von den höchsten Gipfeln der Österreichischen Alpen bekannt und wurden bis eine Höhe von 3739 msm aus den Ötztaler Alpen von PITSCHMANN & REISIGL (1955) bzw. bis eine Höhe von 3700 msm in den Hohen Tauern am Großglockner von FREY (1968/69) belegt. In der alpin/nivalen Stufe sind diese Organismen extremen klimatischen Situationen hinsichtlich Temperatur, Strahlung, Niederschlag und Wind ausgesetzt. Um auf den höchsten Alpengipfeln überleben zu können, müssen Flechten morphologisch und physiologisch an die vorherrschenden Lebensbedingungen angepasst sein.

Eine sehr gewöhnliche Flechte mit weiter geographischer Verbreitung ist *Umbilicaria cylindrica*. Diese Flechte wächst in sehr verschiedenen Habitaten und kommt von der montanen bis weit in die nivalen Stufe in den Alpen vor (POELT & VEZDA 1981). Sie hat deshalb eine weite ökologische Amplitude. Die hohe Variabilität und Adaptabilität ist hinsichtlich der Verbreitung vorteilhaft, weil auch niedrigere Bergketten besiedelt werden können (FREY 1936). *U. decussata* ist eine bipolare, arktisch/alpine Flechte, aber im Gegensatz zur erst genannten viel stärker auf die alpin/nivalen Stufe beschränkt (POELT 1969, POELT & VEZDA 1981). Diese Flechte wurde noch nie unter der Waldgrenze gefunden, wird aber 300–400 m darüber sehr häufig und klettert bis in die höchste Gipfelregion, z. B. am Monte Rosa bis 4350 msm (FREY 1936). Am liebsten wächst diese Flechte an sehr steilen Flächen und an Überhängen (CREVELD 1981). Die arktisch/alpine Flechte *U. virginis* ist zirkumpolar verbreitet und strikt an die nivale Stufe gebunden. *U. virginis* ist die nivale Flechte par excellence (POELT & VEZDA 1981) und wurde bis dato nie in den Alpen unter einer Höhe von 2700 msm gefunden (FREY 1947). *U. virginis* und *U. decussata* sind wenig tolerant gegen lang liegende Schnee und ihre Habitate dürfen deshalb teilweise auch im Winter nicht von einer Schneedecke bedeckt sein (CREVELD 1981, BENEDICT 1990).

## 2. Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden *U. cylindrica* und *U. decussata* in der nivalen Stufen in den Hohen Tauern im Gipfelbereich des Hohen Sonnblicks in einer Höhe von ca. 3100 msm gesammelt und *U. virginis* am Kleinvenediger in ca. 3400 msm. Die Flechten wurden vom Substrat entfernt, im lufttrockenen Zustand nach Salzburg transportiert und dort tiefgefroren bei  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt. Vor den Untersuchungen im Labor wurden sie mindestens 3 Tage in einer Klimakammer bei schwachem Licht und  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  reaktiviert.

Der  $\text{CO}_2$ -Gaswechsel der Flechten wurde bei optimalem Wassergehalt mittels einer Miniküvette (CMS-400, Walz, FRG) im open flow system gemessen. Der Infrarot-Gasanalysator (BINOS 4p, Rosemount) arbeitete im Differentialmodus. Eine  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -Gasmischanlage erzeugte eine Luft mit 240 ppm  $\text{CO}_2$ , das etwa dem Partialdruck von Kohlendioxid am Hohen Sonnblick in 3100 msm entspricht.

## 3. Ergebnis

In Abbildung 1 ist die Temperaturabhängigkeit der NP dargestellt. Es gibt dabei zwei wichtige Parameter, nämlich den TKP und die optimale Temperatur für die NP. Der TKP steigt mit höher werdender Temperatur an und der obere TKP wurde bei der höchsten Strahlung von  $1500\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  PPFD bei ca.  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  erreicht. *U. decussata* hatte immer den niedrigsten optimalen TKP, gefolgt von *U. cylindrica* und *U. virginis*. Letztere erreichte aber den Kompensationspunkt bei  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  nicht und Berechnungen nach müsste er bei  $32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sein. Der untere TKP war immer niedriger als  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Berechnungen ergaben einen durchschnittlichen Wert von  $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  bei  $1500\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ . Das Temperaturoptimum steigt mit stärker werdender Strahlung bei allen drei Flechtenarten an (Abb. 2). In den Fällen von *U. decussata* und *U. cylindrica* stieg die optimale Temperatur von  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bei  $50\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  bis  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  bei  $1500\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  und im Fall von *U. virginis* von  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  bei  $50\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  bis  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  bei  $1500\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ . Die Unterschiede des Temperaturoptimums waren am stärksten zwischen *U. decussata* und *U. virginis*, wobei die letzte Art immer tiefere Werte hatte. Obwohl die Werte bei  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  relativ ähnlich sind, ist der Unterschied bei  $200\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  mit  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  doch beträchtlich. Die Unterschiede können am besten gesehen werden, wenn man den Gaswechsel bei  $200\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (Abb. 1) noch einmal genauer betrachtet. Bei dieser Strahlung hat *U. virginis* die optimale Temperatur zwischen  $5 - 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aber *U. cylindrica* erreichte bei  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  nur noch 52 % der Rate von  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  und bei *U. decussata* viel der Gaswechsel bei  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  bereits unter den LKP.

Die maximale  $\text{CO}_2$ -Aufnahme (Tab. 1) wurde bei  $1500\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  erreicht und liegt im Bereich von  $3,47\text{ }\mu\text{mol CO}_2\text{ kg TG}^{-1}\text{ s}^{-1}$  (*U. decussata*) bis  $8,86\text{ mol CO}_2\text{ kg TG}^{-1}\text{ s}^{-1}$  (*U. virginis*). Die Respirationsrate war am höchsten bei *U. cylindrica* mit  $-14,37\text{ mol CO}_2\text{ kg TG}^{-1}\text{ s}^{-1}$  und am niedrigsten bei *U. virginis* mit  $-10,38\text{ mol CO}_2\text{ kg TG}^{-1}\text{ s}^{-1}$ . Die Respirationskurve bei der letzten Art war auch im Vergleich viel flacher.

## 4. Diskussion

Die Photosynthese- und Respirationsraten der untersuchten Flechten liegt im Bereich von anderen alpinen bzw. polaren Flechten, obwohl die Luft an  $\text{CO}_2$  verarmt war (ca. 240 ppm) und der Partialdruck 32 % niedriger war als auf Meeresniveau.

Die thermalen Eigenschaften sieht man bei den Respirationsraten (*U. decussata* > *U. cylindrica* > *U. virginis*) und beim Temperaturoptimum (*U. decussata* < *U. cylindrica* < *U. virginis*). Mit niedrigem Temperaturoptimum scheint *U. decussata* am besten an niedrige Temperaturen angepasst zu sein. Diese Flechte wurde an einer südexponierten Windkante gesammelt und die ermittelten physiologischen Parameter stimmen gut mit dem kalten Standort überein. Es ist überraschend,

dass *U. cylindrica* ein niedrigeres Temperaturoptimum besitzt, als die obligatorisch nivale Flechte *U. virginis*, welche man sich als Spezialisten für die nivale Stufe vorstellt. Wenn man sich das Verbreitungsmuster ansieht, so erwartete man sich gerade das Gegenteil. Dieses Ergebnis gibt vielleicht einen Eindruck über die hohe physiologische Anpassung von *U. cylindrica*. *U. virginis* wurde 300 m höher als die anderen beiden Flechten gesammelt. Diese Flechte ist charakterisiert durch ein relativ hohes Temperaturoptimum und niedrige Respirationsraten. Ganz unerwartet sind dies Hinweise auf eine Anpassung an eher moderate Temperaturbedingungen. Die

Kolonialisierung von Flechten im Gletschervorfeld in der Hocharktis, (Ellesmerland, Kanada) zeigte, dass *U. virginis* sich relativ spät etabliert und nur weit entfernt vom Gletscher auftritt (FAHSELT et al. 1998). Die hohe photosynthetische Kapazität von *U. virginis* ermöglicht ein schnelles Wachstum bei ausreichender Wasserversorgung. Am Kleinvenediger konnten deshalb Thalli mit bis zu 10 cm Durchmesser angefundnen werden und im Ellesmere land bis zu 20 cm (FREY 1936).

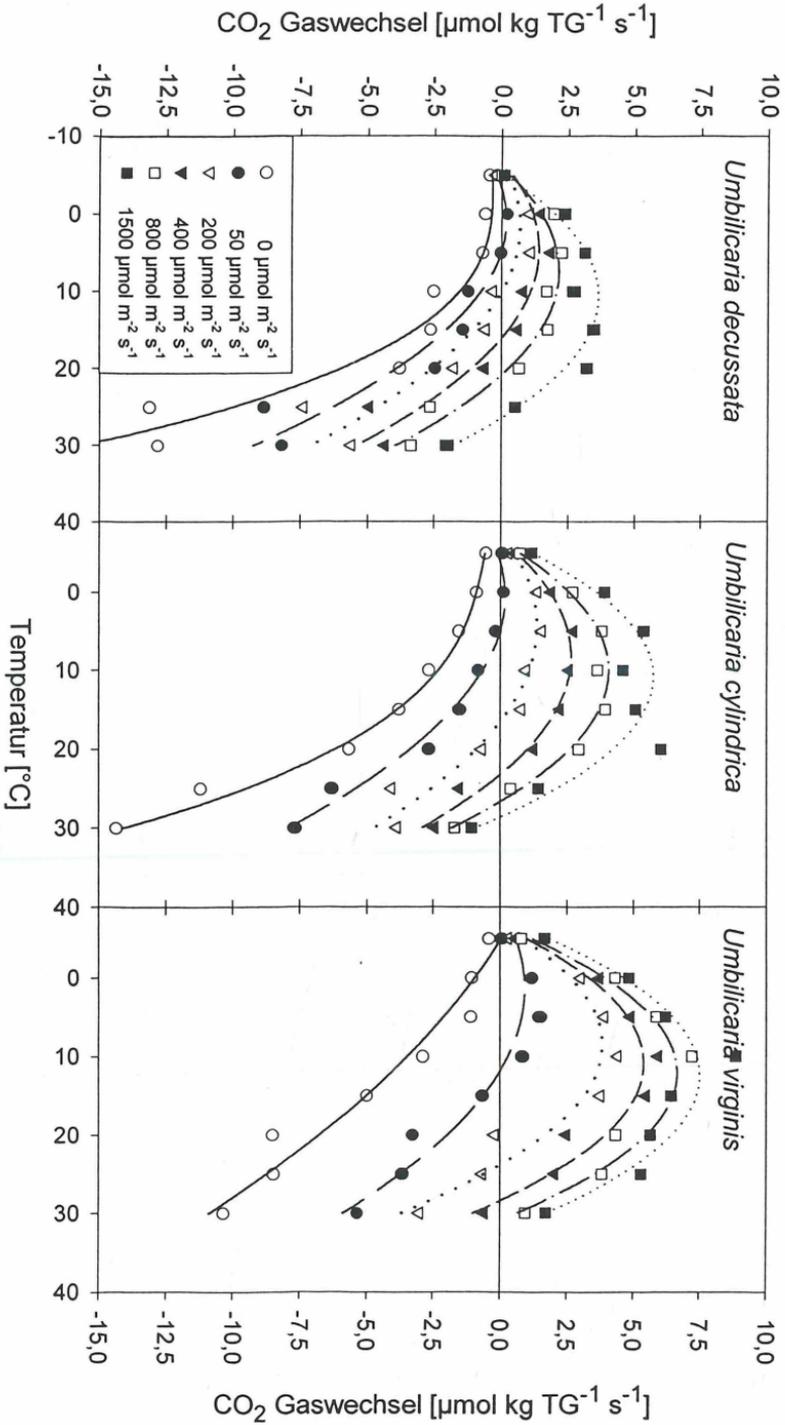
## 5. Zusammenfassung

Die Nettophotosynthese von drei *Umbilicaria* Flechten aus der nivalen Stufe der Österreichischen Alpen wurde hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit untersucht. *U. decussata* ist von allen drei untersuchten Flechten am besten an den kalten Standort angepasst. Überraschenderweise hat die obligatorisch nivale Flechte *U. virginis* die höchste optimale Temperatur und scheint deshalb eher an moderate Temperaturbedingungen angepasst zu sein. *U. cylindrica* zeigt physiologisch eine gute Anpassung an das harte Klima im Hochgebirge und dies unterstreicht die hohe Anpassungsfähigkeit dieser Flechte.

Parameter	<i>U. decussata</i>	<i>U. cylindrica</i>	<i>U. virginis</i>
Topt [°C] bei 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD	1.6	4.5	8.5
Topt [°C] bei 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD	7.4	10	12.1
TKP [°C] bei 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD	4.9	5.0	11.9
TKP [°C] bei 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD	26.5	28.6	>30
NPmax [ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ kg TG}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ]	3.47	6.03	8.86
Rmax [ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ kg TG}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ]	-12.84	-14.37	-10.38

Tab. 1. Diverse Kardinalpunkte des  $\text{CO}_2$  Gaswechsels von *U. decussata*, *U. cylindrica* und *U. virginis*.

Abb. 1. (nächste Seite) Temperatur abhängiger  $\text{CO}_2$ -Gaswechsel bei verschiedenen Lichtstärken und Dunkelatmung in Bezug auf das Trockengewicht bei *U. decussata*, *U. cylindrica* und *U. virginis*. Jeder Datenpunkt ist das Mittel aus drei Messungen. Die Nettophotosynthese wurde bei optimalem Wassergehalt gemessen.



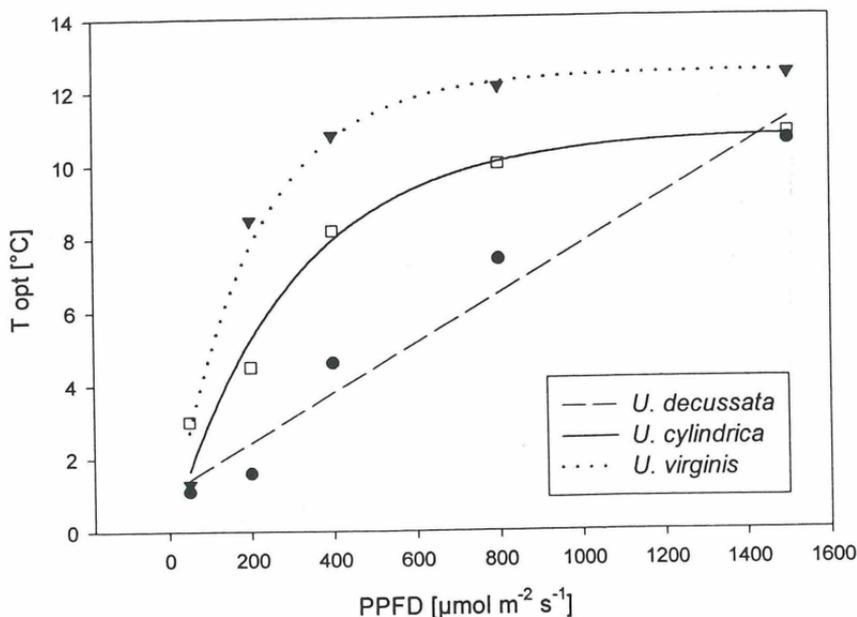


Abb. 2. Temperaturoptimum der Nettphotosynthese in Abhängigkeit vom Licht. Die Daten stammen von den gefitteten Kurven aus Abb. 1.

## 6. Literatur

- BENEDICT, J. B. (1990): Lichen mortality due to late-lying snow: results of a transplant study. *Arctic and Alpine Research* **22**(1): 81–89.
- BROWN, D. H. & HOOKER, T. N. (1977): The significance of acidic lichen substances in the estimation of chlorophyll and phaeophytin in lichens. *New Phytologist* **78**: 617–624.
- CREVELD, M. (1981): Epilithic lichen communities in the alpine zone of Southern Norway. *Bibliotheca Lichenologica* **17**. J. Cramer, Vaduz, FL.
- FAHSEL, D., MAYCOCK, P. F. & SVOBODA, J. (1998): Initial establishment of saxicolous lichens following recent glacial recession in Sverdrup pass, Ellesmere Island, Canada. *Lichenologist* **20**(3): 253–268.
- FREY, E. (1936): Die geographische Verbreitung der *Umbilicariaceen* und einiger alpiner Flechten. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft* **46**: 412–444.
- FREY, E. (1947): Älteste Gipfelbewohner. Flechten als Pioniere der alpinen Vegetation. *Die Alpen* **23**: 345–354.

- FREY, E. (1968/69): Alpin-nivale Flechten der Tauernketten. Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien **108/109**: 75–98.
- GAMS, H. (1960): Die Herkunft der hochalpinen Moose und Flechten. Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere **25**: 85–95.
- PITSCHMANN, H. & REISIGL, H. (1955): Beiträge zur nivalen Flechtenflora der Oetztaler und Ortleralpen. Revue Bryologique et Lichenologique **24(1–2)**: 138–143.
- POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. J. Cramer, Vaduz, FL.
- POELT, J. & VÉZDA, A. (1981): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Ergänzungsheft II. Bibliotheca Lichenologica **16**. J. Cramer, Vaduz, FL.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bufus-Info - Mitteilungsblatt der Biologischen Unterwasserforschungsgruppe der Universität Salzburg](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [26-27](#)

Autor(en)/Author(s): Reiter Robert

Artikel/Article: [Die Temperaturabhängigkeit des CO<sub>2</sub>- Gaswechsel von nivalen Flechten 47-52](#)