

NETTOPHOTOSYNTHESEAKTIVITÄT VON ARVE UND LÄRCHEN AUF VERSCHIEDENEN STANDORTEN DER SUBALPINEN STUFE

R. Häsler und P. Blaser

Eidgenössische Anstalt für das
forstliche Versuchswesen
CH-8903 Birmensdorf
Schweiz

1. EINLEITUNG

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des interdisziplinären Gebirgsprogrammes der EAFV "Ökologie der Aufforstung subalpiner Lawinanrissgebiete in den Zentralalpen" durchgeführt (Turner, 1980). Als Versuchsfläche wurde die Stillbergalp am linken, NE-exponierten Hang des Dischmatales bei Davos in einer Höhe zwischen 2000 - 2230 m ü.M. ausgewählt.

Das Gelände enthält einige steile Lawinanrisszonen (Neigung durchschnittlich 40°) und ist orographisch stark gegliedert. Typisch sind eine Anzahl markanter Geländerippen und Hangrunsen, in welche die niedergehenden Lawinen kanalisiert werden. Diese starke Geländegliederung bewirkt eine ausgeprägte Differenzierung von Mikroklima, Vegetation und Bodenbildung.

Die bodenbildenden Gesteine, sowohl Hangschutt wie Anstehendes, bestehen aus biotitreichem Gneis und Zweiglimmerschiefer. Klimatisch ist das Tal zum Gebiet der gemässigtkontinentalen Hochalpen zu zählen. In der Versuchsfläche beträgt die mittlere Januartemperatur -6,1 °C, das Julimittel 8,9 °C, und die mittleren Jahresniederschläge betragen 1240 mm. Die Fläche ist heute, mit Ausnahme der von Reitgras besiedelten Hangrunsensohle, von verschiedenen Zwergstrauchgesellschaften bewachsen, obschon die potentielle Waldgrenze in diesem Teil der Alpen bei etwa 2250 m ü.M. liegt. Die aktuelle Waldgrenze befindet sich, bedingt durch Alpwirtschaft und Weide, bei rund 2000 m ü.M.

2. STANDORTE

Die Standorte, an welchen die Untersuchungen durchgeführt wurden, liegen in horizontaler Anordnung in der grössten Lawinenrunse der Versuchsfläche. Die Abstände zwischen den einzelnen Standorten betragen 10 - 20 m; trotzdem weisen sie sehr grosse mikroklimatische Unterschiede auf.

Der NE-exponierte Rippenstandort ist relativ gut besonnt. Die Bodenoberflächentemperaturen liegen im Mittel der Vegetationsperiode zwischen 13 und 17 °C. Während rund 150 Tagen ist der Standort schneebedeckt, während mehr als 6 Monaten ist der Boden gefroren (Messungen in 8 und 32 cm Tiefe) (Turner et al., 1975). Besiedelt ist die Krete von der niederliegenden Windflechten-Alpenazaleenheide (*Cetrario-Loiseleurietum*) (Kuoch, 1970), unter der nach Blaser (in Vorbereitung) ein flachgründiger Eisenhumuspodsol mit mässiger Rohhumusaufgabe ausgebildet ist (Abb. 1).

Der N-exponierte Schatthang erhält infolge seiner Exposition sowie seiner Hangüberhöhung nur eine sehr geringe Einstrahlung. Er ist demzufolge der Kälteste Standort mit einer mittleren Bodenoberflächentemperatur während der Vegetationsperiode von 8 - 10 °C. Während etwa 190 Tagen pro Jahr liegt Schnee auf diesem Standort, 5 Monate pro Jahr ist der Boden gefroren. Der Schatthang wird von der Krähenbeeren-Vaccinienheide (*Empetro-Vaccinietum*) besiedelt. Der typische Boden ist ein Eisen-Humuspodsol mit mächtiger Rohhumusaufgabe.

Die NE-exponierte Sohle der Lawinenrutsche, wo das Wollige Reitgras (*Calamagrostis villosa*) dominiert, hat mittelmässigen Strahlungsgenuss und mittlere Bodenoberflächentemperaturen pro Vegetationsperiode von etwa 12 - 16 °C. Hier liegt während ca. 200 Tagen/Jahr Schnee. Im Gegensatz zu allen anderen Standorten tritt hier allerdings praktisch kein Bodenfrost auf. Die Grasstreu wird während eines Jahres fast vollständig abgebaut, wobei wasserlösliche Substanzen frei werden, die verglichen mit den anderen Pflanzengesellschaften ein erheblich grösseres Podsolierungsvermögen besitzen. Der Boden ist ein skelettreicher und entsprechend durchlässiger Eisenpodsol mit ausgesprochen mächtigem, gebleichtem Eluvialhorizont, welchem eine Rohhumusaufgabe fehlt.

Die E-exponierte Flanke der Geländeerinne ist der strahlungsbegünstigste und damit auch der wärmste Standort. Die mittlere Bodenoberflächentemperatur während der Vegetationsperiode kann hier über 20 °C betragen. Die Schneebedeckung dauert nur ca. 175 Tage pro Jahr; Bodenfrost tritt nur in den Monaten Dezember bis Februar auf. Durch die thermische Begünstigung ist hier die Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) mit ihren wärmeliebenden Arten verbreitet. Unter dieser Gesellschaft finden sich Ockerpodsole und schwach podsolisierte Böden mit relativ mächtigen alpinen Moderformen.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1 Pflanzenmaterial

Die für die Photosynthesemessungen verwendeten Pflanzen wurden 1962 in einer Höhe von 2185 m ü.M. auf Bermen, d.h. auf etwa 30 cm breiten Terrassen, gepflanzt. Während im sonnenexponierten Osthang die Pflanzen relativ gut gewachsen sind (Stammhöhe im Zeitpunkt der Photosynthesemessungen etwa 1 m), stehen im Schatthang nur noch wenige Pflanzen, die kaum grösser sind als zum Zeitpunkt der Pflanzung (vgl. hierzu Schönenberger, 1975).

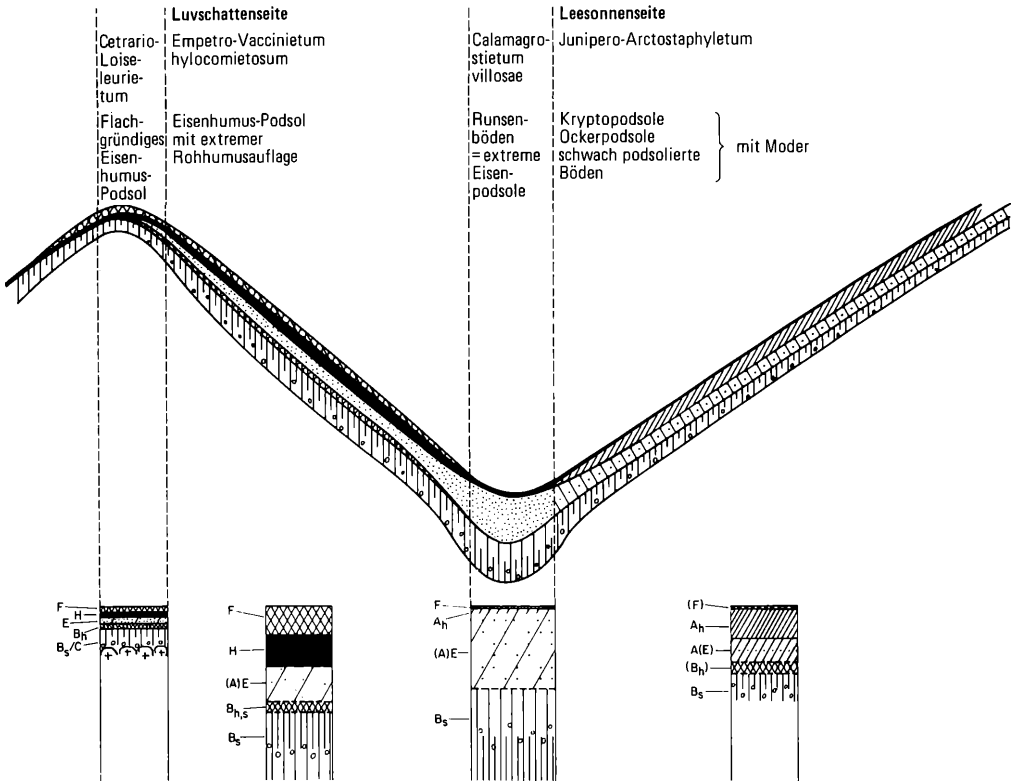


Abb. 1 Bodensequenz quer durch eine Lawinenrunse der Versuchsfläche Stillberg (Verändert aus Turner und Blaser, 1977).

3.2 M e s s m e t h o d e

Die Gaswechsellmessungen wurden an einzelnen Zweigen mit zwei temperatur- und feuchteklimalisierten "Koch-Siemens"-Küvetten (Koch et al., 1968; Lange et al., 1969; Kerner und Koch, 1976) durchgeführt, wobei als Luftfeuchtefühler Taupunktspiegel verwendet wurden. Zur Erfassung des Lichtes dienten Luxmeter (Si-Photoelemente) mit Kugelvorsätzen; die Temperaturen wurden mit Platinwiderstandsthermometern gemessen. Sämtliche Werte wurden alle 3 Minuten gleichzeitig auf Kompensationspunktschreiber und auf Magnetband aufgezeichnet.

4. E R G E B N I S S E

Die mikroklimatischen Bedingungen der verschiedenen Standorte in der Lawinenrunse weisen grosse Unterschiede auf. Dies wirkte sich auch auf die Photosyntheseleistung der Aufforstungspflanzen aus. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die beiden Standorte mit den grössten Unterschieden (N-exponierter Schatthang; E-exponierter Sonnhang). Anhand von je zwei ausgewählten Tagesgängen soll das Photosyntheseverhalten der Bäumchen dieser beiden Standorte in Abhängigkeit von einigen Witterungsparametern betrachtet werden.

4.1 L ä r c h e (L a r i x d e c i d u a)

Während des Winters sind alle Pflanzen mit Schnee bedeckt. Da der Osthang früher ausapert, haben die Bäumchen hier einen Vorsprung von 2-3 Wochen gegenüber denjenigen in Nordexposition. Auch im Hochsommer verhalten sich die Pflanzen auf den beiden Standorten unterschiedlich, wie die Tagesgänge vom 28.7.78 zeigen (Abb. 2).

Die Lichtmenge war an beiden Standorten etwa gleich gross. Unterschiedlich dagegen waren die Temperaturverhältnisse. Während der Nacht lag die Lufttemperatur am E-Hang rund 1 °C höher. Mit dem Sonnenaufgang erfolgte eine starke Erwärmung; am Sonnhang wurde das Temperaturmaximum bereits etwa um 10 Uhr erreicht, während der höchste Wert am Schatthang erst im Laufe des Nachmittages erreicht wurde.

Die Bodentemperatur in 3 cm Tiefe stieg im Sonnhang, bedingt durch den günstigeren Strahleneinfallswinkel wesentlich stärker an. Die maximale Temperaturdifferenz zwischen den beiden Standorten erreichte rund 5 °C.

Die Luftfeuchtigkeit sank in Ostexposition auf ein Minimum von 48% in Nordexposition jedoch lediglich auf 54%. Entsprechend dem Temperaturverlauf wurden die Extremwerte bereits am Vormittag bzw. erst am Nachmittag erreicht.

Diese nicht allzugross erscheinenden Unterschiede wirkten sich recht stark auf die Photosyntheseaktivität der Pflanzen aus, wobei sich bei der Lärche natürlich auch noch der unterschiedliche Entwicklungszustand bemerkbar machte. Die Nettophotosyntheserate stieg bei der Pflanze am Sonnhang sehr rasch auf einen maximalen Wert von ca. 6 mg CO₂/g TG h an. Dann setzte,

LARIX DECIDUA: STILLBERG, GROSSE MULDE: 2185.M N N

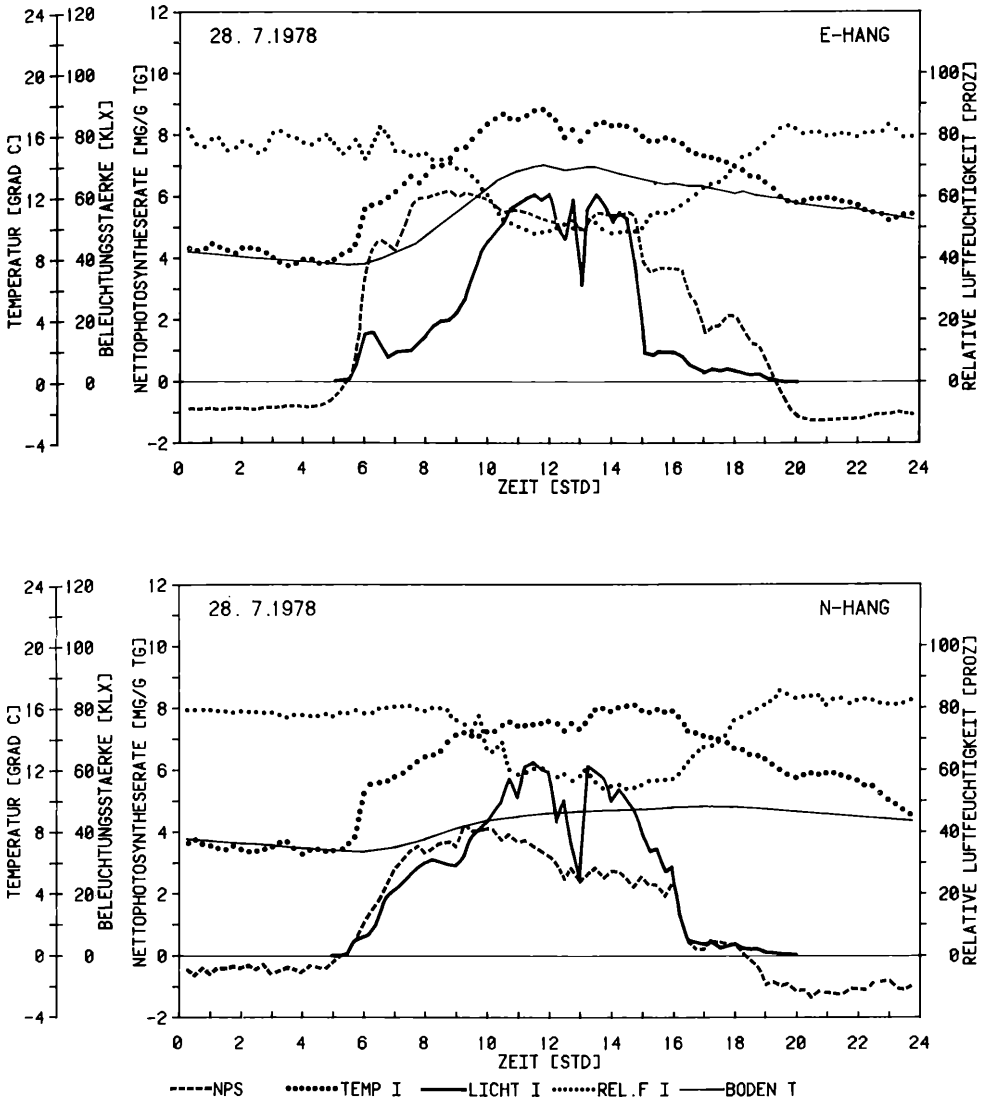


Abb. 2 Tagesgänge der Nettophotosyntheserate junger Lärchen auf einem ostexponierten Sonnhang (oben) und auf einem nordexponierten Schatthang (unten). NPS = Nettophotosyntheserate; Temp I = Lufttemperatur; Licht I = Beleuchtungsstärke; Rel. F I = relative Luftfeuchtigkeit; Boden T = Bodentemperatur, 3 cm unter der Oberfläche.

bereits etwa um 9 Uhr, eine Verringerung ein, wahrscheinlich bedingt durch die zunehmend trockenere Luft. Um nicht zu viel Wasser zu verlieren, musste die Pflanze die Spaltöffnungen schliessen. Während der Mittagszeit wurde ein Minimum erreicht, anschliessend stieg die Rate nochmals etwas an und nahm schliesslich, begrenzt durch das Licht, wieder ab. Entsprechend der in der folgenden Nacht höher liegenden Temperatur war auch die Nachtatmung etwas grösser. Die positive Bilanz dauerte etwa 13 3/4 h.

Die Nadeln der schwächeren Pflanze am nordexponierten Standort wiesen nach dem Sonnenaufgang einen langsameren Anstieg der Nettophotosyntheserate auf. Das Maximum von etwa 4 mg/g TG h wurde etwa um 9 Uhr erreicht, also erst bei Beginn zunehmender Lufttrockenheit. Diese Pflanze reagierte stärker auf den Luftfeuchtemangel; die Photosyntheserate nahm stetig ab und wurde beinahe auf die Hälfte gedrosselt. Schliesslich wirkte auch hier die Beleuchtungsstärke begrenzend. In der nun folgenden Nacht war die Lufttemperatur höher als in der vorangegangenen, was eine beträchtlich gesteigerte Nachtatmung bewirkte. Die Dauer der positiven Bilanz betrug 12 1/2 Stunden, d.h. sie war in N-Exposition etwa 1 1/4 Stunden kürzer. Während die Lärche am günstigeren Standort rund 50 mg/g TG und Tag an CO₂ aufgenommen hatte, wies die Bilanz des Baumes auf der Schattseite nur 24 mg/g TG auf. Die Nachtatmung war in beiden Fällen in der gleichen Grössenordnung, nämlich 9 auf der ostexponierten bzw. 8 mg CO₂/g TG auf der nordexponierten Seite. Der grosse Unterschied in der Tagesbilanz resultierte also aus der Photosyntheseaktivität während des Tages.

Weitere Messungen ergaben, dass die Lärchen im Nordhang praktisch während der ganzen Vegetationszeit eine geringere Photosyntheseaktivität aufwiesen, und dass auch die erreichten maximalen Stundenwerte immer kleiner waren. Gegen den Herbst hin verschlechterten sich die Verhältnisse am Nordhang noch zusätzlich, bedingt durch den flacheren Einfallswinkel der Sonnenstrahlung. Die Lärchennadeln auf der Schattseite begannen auch früher zu vergilben als diejenigen im ostexponierten Hang, was die Jahresbilanz nochmals negativ beeinflusst haben dürfte.

Die Verhältnisse im Herbst werden am Beispiel von Tagesgängen der Arve näher erläutert.

4.2 Arve (P i n u s c e m b r a)

Während die Lärchen im Frühjahr zuerst Nadeln bilden müssen, können die Arven sofort nach der Ausaperung mit der Photosynthese einsetzen. Aber auch hier sind Unterschiede, verursacht durch die verschiedenen Ausaperungszeiten, vorhanden. Die standortbedingten Differenzen zwischen den maximalen Nettophotosyntheseraten blieben allerdings einiges kleiner als bei der Lärche. Unterschiede in der Tagesbilanz traten erst im Herbst, bei niedrigem Sonnenstand, deutlich hervor. Dies sei am Beispiel eines wolkenlosen Septembertages (26.9.1978) erläutert (Abb. 3). Das Tagesmittel der Lufttemperatur am Sonnhang lag bei 9,3 °C, am Schatthang war es durchschnittlich 1 °C kälter. Die maximal erreichten Lufttemperaturen unterschieden sich mit rund 3 °C deutlicher, aber auch auf der nordexponierten Seite lag das Maximum noch bei 12,4 °C, also in einem noch recht günstigen Bereich für die Photosynthese.

Grössere Unterschiede wiesen die Bodentemperaturen auf. Das Tagesmittel am Sonnhang lag bei 9 °C, dasjenige am Schatthang war 3,5 °C tiefer. Während am ostexponierten Hang die Bodentemperatur im Laufe des Tages noch stark anstieg (bis auf 12,5 °C), blieb sie am Nordhang beinahe konstant.

PINUS CEMBRA: STILLBERG, GROSSE MULDE: 2185.M N N

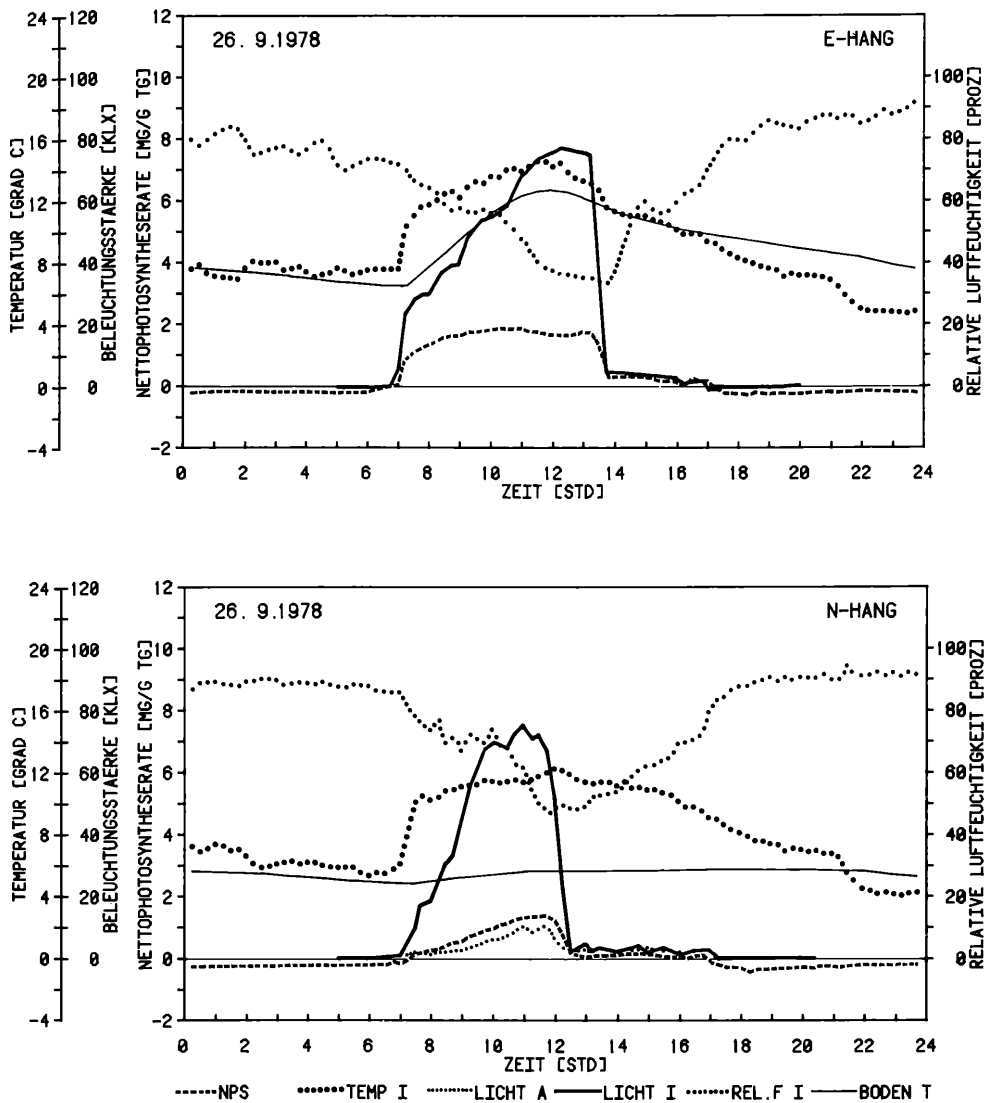


Abb. 3 Tagesgänge der Nettophotosyntheserate junger Arven auf einem ostexponiertem Sonnhang (oben) und auf einem nordexponierten Schatt-hang (unten). NPS = Nettophotosyntheserate; Temp I = Lufttemperatur; Licht A = Beleuchtungsstärke 10 cm über Boden; Licht I = Beleuchtungsstärke 1 m über Boden; Rel. F I = relative Luftfeuchtigkeit; Boden T = Bodentemperatur, 3 cm unter der Oberfläche.

Die Strahlung fiel auf der Schattseite praktisch hangparallel ein. Direkte Besonnung war - wenn überhaupt - nur noch während einigen Stunden am Vormittag möglich, während sie am Sonnhang doch noch bis in den frühen Nachmittag hinein vorhanden war. Die am Nordhang untersuchte Arve stand an einem Ort, wo direktes Sonnenlicht bereits nicht mehr einfiel. Die Lichtkurve A (Abb. 3 unten) zeigt die Verhältnisse direkt am Standort der Pflanze, die zweite Kurve (Licht I) wurde 1 m über dem Boden gemessen.

Die Luft ist an schönen Herbsttagen meist sehr trocken. Mit 34 % Luftfeuchtigkeit am ostexponierten Standort bzw. 48 % am nordexponierten lagen aber noch keine extremen Verhältnisse vor.

Der Tagesgewinn an Kohlendioxid betrug am Sonnhang 9 mg/g TG, während die Bilanz der Arve am Schatthang mit 1,2 mg/g TG nur noch knapp positiv war. Die Nachtatmung beider Standorte lag in einer ähnlichen Größenordnung, sie war aber bei der nordexponierten Pflanze etwas grösser; auch hier hatten die unterschiedlichen Bedingungen während des Tages den Haupteinfluss. Die Arve am günstigeren Standort erzielte die maximale Nettphotosyntheserate etwa um 10 Uhr, wobei der Anstieg in den frühen Stunden sehr steil verlief. Ein Absinken der Photosyntheserate machte sich mit zunehmender Trockenheit der Luft nur schwach bemerkbar. Eine relativ grosse Photosyntheseaktivität konnte doch noch während rund 7 3/4 Stunden aufrechterhalten werden. Entsprechend positiv fiel auch die Bilanz aus. Am schattigen Standort war das Licht bis um 11 Uhr 15 begrenzender Faktor. Bis zum Sonnenuntergang, der für diesen Hang kurz nach 12 Uhr erfolgte, verblieb somit nur noch eine sehr begrenzte Zeitspanne mit grosser Photosyntheseleistung, vermochte doch die Photosynthese gerade noch die Atmungsverluste zu kompensieren.

5. S C H L U S S F O L G E R U N G E N

Während Arve und Lärche auf den ostexponierten Standorten noch recht gut gedeihen, können sich die Bäumchen am wenig entfernten nordexponierten Hang nur noch knapp halten. Dies gilt ganz besonders für kleine Pflanzen (und damit auch für natürlichen Jungwuchs), die infolge der Strahlungsverhältnisse im Herbst mit einer stark verkürzten Vegetationsperiode auskommen müssen, da das Licht die bodennahen Pflanzen nicht mehr erreicht. Der sehr geringe Gewinn an Kohlendioxid erlaubt den Pflanzen nur noch einen minimalen Zuwachs, zudem dürfte auch ein Ausreifen der Zweige unter diesen Umständen stark erschwert sein.

Die Hypothese, nach der die Kohlenstoffbilanz noch hoch über der klimatischen Waldgrenze positiv ist, und dass die tiefere Lage dieser Grenze durch Klimaschäden, insbesondere Frosttrocknis, bedingt sei, wird durch die vorliegenden Ergebnisse nicht gestützt (vgl. hierzu Tranquillini, 1979).

6. L I T E R A T U R

- Blaser, P.: Der Boden als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., (in Vorbereitung).
- Kerner, H. und Koch, W., 1976: Struktur und Funktion des Assimilationsapparates einer mitherrschenden Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) in einem Altbestand des Ebersberger Forstes bei München. I. Methodik der Gaswechsellmessung. Photosynthetica, Bd. 10, S. 324 - 334.
- Koch, W., Klein, E. und Walz, H., 1968: Neuartige Gaswechsel-Messanlage für Pflanzen in Laboratorium und Freiland. Siemens-Zeitschrift, Bd. 42, Nr. 5, S. 392 - 404.
- Kuoch, R., 1970: Die Vegetation auf Stillberg (Dischmatal, Kt. Graubünden). Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Bd. 46, S. 329 - 342.
- Lange, O.L., Koch, W. und Schulze, E.-D., 1969: CO₂-Gaswechsel und Wasserhaushalt von Pflanzen in der Negev-Wüste am Ende der Trockenzeit. Ber. dtsh. bot. Ges., Bd. 82, S. 39 - 61.
- Schönenberger, W., 1975: Standortseinflüsse auf Versuchsaufforstungen an der alpinen Waldgrenze (Stillberg, Davos). Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Bd. 51, S. 357 - 428.
- Tranquillini, W., 1979: Physiological Ecology of the Alpine Timberline. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 137 pp.
- Turner, H., 1980: Auswertungsprobleme bei kartographisch erfassten Standortsfaktoren an der Waldgrenze (Versuchsfläche Stillberg bei Davos). In: Biometrie - heute und morgen (Köpke, W. und Überla, K., Ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 136 - 143.
- Turner, H. und Blaser, P., 1977: Mikroklima, Boden und Pflanzen an der oberen Waldgrenze. Ber. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Bd. 173, S. 1 - 6.
- Turner, H., Rochat, P. und Streule, A., 1975: Thermische Charakteristik von Hauptstandortstypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Bd. 51, S. 95 - 119.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Im Bereich der oberen Waldgrenze (2185 m ü.M.) im Dischmatal bei Davos wurden in einem Lawinenzug (45° Hangneigung) des Versuchsgeländes Stillberg Standorte mit stark unterschiedlichem Mikroklima und entsprechend unterschiedlichen Böden bzw. Pflanzengesellschaften untersucht. Am ostexponierten Sonnhang wächst auf schwach podsoliertem Boden eine Wacholder-Bärentraubenheide, am nordexponierten Schatthang auf Eisenhumus-Podsol eine Krähenbeeren-Vaccinienheide. Auf beiden Standorten wurde an ca. 15jährigen, gepflanzten Arven und Lärchen mit im Nachlaufverfahren klimatisierten Küvetten der Gaswechsel gemessen. Dabei zeigt sich, dass die Pflanzen am ostexponierten Standort eine wesentlich grössere Photosynthese-Aktivität aufweisen, als diejenigen am benachbarten Nordhang.

S U M M A R Y

Some sites were investigated near the treeline (2185 m elevation) in the Dischma valley near Davos, in a gully (inclination 45°) of the experimental area "Stillberg". The sites show extremely different microclimates and correspondingly different soils as well as plant communities. On the E-facing slope there is a Junipero-Arctostaphyletum community on a slightly podzolic soil, on the N-facing slope however an Empetro-Vaccinietum community on an iron-humus podzol. On these two sites gas-exchange of about 15 year-old, planted Swiss stone pines (*Pinus cembra*) and European larches (*Larix decidua*), was measured with temperature- and humidity-controlled plant chambers, regulated to ambient conditions. It was shown, that the plants on the E-facing slope have essentially higher rates of net photosynthesis than those on the neighbouring N-facing slope.

05.06.1980

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [140_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Häsler Rudolf, Blaser P.

Artikel/Article: [Nettophotosyntheseaktivität von Arve und Lärche auf verschiedenen Standorten der subalpinen Stufe 179-188](#)