

RADIALES WACHSTUM UND CO₂-GASWECHSEL VON 12 - 15 JAHRE ALTEN
KONIFEREN-BÄUMEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER WASSERVERSORGUNG

K. GROSS, T. PHAM-NGUYEN

Universität Freiburg i.B.
Waldbau-Institut

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

Im Verlauf eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsprojektes wird mehrere Jahre lang der Zusammenhang zwischen Produktion (Photosynthese) und Wasserversorgung bei verschiedenen Koniferenarten untersucht. Für die Untersuchung wurden 20 Bäume ausgewählt, die in wasserdichte Kontainer verpflanzt wurden. Es handelt sich um 7 Douglasien (*Pseudotsuga menziesii*), 2 Tannen (*Abies alba*) und 11 Fichten (*Picea abies*) (Höhe der Bäume: 3 - 4 m). Die Wasserversorgung ist zur Zeit optimal. Sie wird später gruppenweise abgestuft, so daß der langfristige Einfluß unterschiedlicher Wasserversorgung verfolgt werden kann. Der radiale Zuwachs wird regelmäßig gemessen. Elektrisch klimatisierte Küvetten dienen zur Messung des Gaswechsels. Die Erfassung weiterer ökophysiologischer Parameter und die Anwendung der PV-Technik sollen tiefere Einblicke in die Biologie der untersuchten Prozesse ermöglichen. Einzelheiten der Methodik und erste Ergebnisse werden dargestellt (Abb. 1 - 5, Tab. 1, 2).

Schlüsselwörter: Radiales Wachstum, Netto-Photosynthese, Wasserhaushalt, Koniferen.

A B S T R A C T

GROSS, K., PHAM-NGUYEN, T., 1980: Radial Growth and CO₂-Gas Exchange in 12 - 15 Year Old Conifer Trees Depending on the Water Supply

In the course of a research project supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft the relationship between production (photosynthesis) of various conifers and their water supply is being studied over a period of several years. There are 20 sample trees, at present 3 - 4 m high, which are being grown in water-tight containers (7 *Pseudotsuga menziesii*, 2 *Abies alba*, 11 *Picea abies* - partly cuttings). The trees' water supply is at present optimal but will later be graduated so that the long term influence of a differing water supply can be studied. The radial increment of the trees is continually observed. The gas exchange of chosen twigs is continually measured by means of cuvettes with electronic climatization. Measurements of eco-physiological parameters and the use of the pV-technique, should contribute to a better understanding of the biology of the studied processes. Details of the methods and some preliminary results are presented (Fig. 1 - 5, Tab. 1, 2).

Key words: Radial growth, net photosynthesis, water relations, conifers.

E I N L E I T U N G

Terrestrische Pflanzen müssen oft Perioden mit mehr oder weniger ausgeprägtem Wassermangel durchstehen in deren Verlauf die Stoffproduktion abnimmt und das Wachstum stagniert. Obwohl der derzeitige Wissensstand über die Physiologie dieser Phänomene ein beachtliches Niveau erreicht hat (vgl. LANGE et al., 1976), fehlt es oft an konkreten Informationen über den langfristigen Zusammenhang zwischen Stoffproduktion und Wasserhaushalt. Dies gilt auch für unsere wichtigen Waldbaumarten. Viele diesbezügliche waldbauliche Aussagen sind daher mehr auf reiner Empirie als auf wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen begründet. Im Verlauf eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsvorhabens soll dieser Problematik mit Hilfe moderner ökophysiologicaler Methoden nachgegangen werden. Es handelt sich dabei um eine vergleichende Untersuchung mit jungen Koniferen-Bäumen, die unter Bestandesbedingungen stattfindet. Neben der Relation Wachstum-Wasserhaushalt soll besonders der langfristige Einfluß unterschiedlicher Wasserversorgung beobachtet werden. Im vorliegenden Bericht werden Einzelheiten der Methodik und erste Ergebnisse dargestellt.

M E T H O D I K

Für die Untersuchungen wurden insgesamt 20 zur Zeit 2 - 4 m hohe, 12 - 15 Jahre alte Bäume ausgewählt. Diese Zahl setzt sich aus 7 Douglasien (*Pseudotsuga menziesii*), 2 Tannen (*Abies alba*) und 11 Fichten (*Picea abies*) - davon 4 Stecklinge eines Klones - zusammen.

Um langfristig eine kontrollierte Wasserversorgung zu gewährleisten, wurden die Versuchsbäume mit großen Wurzelballen in wasserdichte Container verpflanzt. Dort wo Boden fehlte, wurde mit einem Gemisch aus Kompost, Torf und Sand aufgefüllt. Bei den Containern handelt es sich um Holzkisten (Volumen: 0,32 m³), die innen mit starker PVC-Folie ausgekleidet sind. Mit derselben Folie ist auch die Bodenoberfläche der Container abgedeckt. Dadurch wird das Regenwasser ferngehalten und die Verdunstung aus dem Boden unterbunden. Der geringe Spalt zwischen Containerrand und Abdeckfolie ermöglicht den für die Wurzelatmung notwendigen Luftaustausch. Vor übermäßiger Erwärmung bei starker Insolation wird der Wurzelraum mit Polystyren-Platten (Styropor) geschützt. Sie bedecken sowohl die Bodenoberfläche unter der Abdeckfolie als auch die Seitenwände der Container. Die Versuchsanlage befindet sich in einem etwa gleich alt-rigen und gleich hohen Fichtenbestand und die Container werden beschattet.

Bisher wurden die Bäume optimal mit Wasser versorgt. Im Frühjahr 1981 werden vier Baumgruppen mit abgestufter Wasserversorgung gebildet. Folgende Potentialstufen des Dämmerungswasserpotentials sind geplant: 1-4 bar (optimale Wasserversorgung), 6-8 bar, 9-11 bar und eine weitere Stufe, bei der die Bäume langfristig gerade noch überleben. Das Dämmerungspotential der Nadeln soll konstant gehalten werden.

Bisher wurden die Bäume zwei- bis dreimal in der Vegetationsperiode mit handelsüblichem Kunstdünger schwach gedüngt. Der Dünger wurde zuvor im Gießwasser gelöst. Zukünftig soll eine Nährlösung verwendet werden.

Der Durchmesserzuwachs der Bäume wird regelmäßig in zwei- bis dreiwöchigen Abständen mit einer Schieblehre gemessen. Gemessen wird in zwei Richtungen (ost-west und nord-süd) an mehreren dazu vorgesehenen Stellen eines jeden Stammes und jeweils an bestimmten Ästen. Mit Hilfe der Werte wird nach Beendigung des Versuches der Gesamtzuwachs an Stämmen und Ästen berechnet und die Biomasse der Bäume ermittelt werden.

Das Meßsystem für den Gaswechsel besteht aus einem Infrarotgasanalysator BINOS 1 (Leybold-Heraeus), vier Dreifach-Taupunkthydrometern (Walz) und zwei Arten von Küvetten, die wahlweise eingesetzt werden können. Es handelt sich um vollklimatisierte Küvetten (Walz) und kleine doppelwandige, zylindrische Glasküvetten mit Feuchteregelung. Eine Regelung der Temperatur in den Glasküvetten ist technisch schwierig. Um dennoch die Ausbildung des "Küvettenklimas" zu verhindern, werden die Küvetten bei Sonnenschein mit Wärmefilterglas (KG4-Schott) abgedeckt. Im Schatten bzw. bei bedecktem Himmel entsteht kein Küvettenklima. Die Tagesmessungen in den Abb. 2-4 fanden auf Grund langer Lieferfristen der Firma Schott noch ohne Wärmefil-

ter statt.

Gegenüber den technisch ausgereiften, aber relativ teureren vollklimatisierten Küvetten weisen die Glasküvetten einige Vorteile auf. Sie sind billig (DM 300,-- bis DM 600,--), leicht (400 - 700 g), sie ermöglichen allseitigen Lichtzutritt (auch UV-Strahlung) und sie haben ein kleines, der Größe eines Koniferenzweiges entsprechendes Volumen (0,5 l und 0,75 l). Diese Eigenschaften ermöglichen sowohl den für unsere Zwecke wichtigen Einsatz der Küvetten in verschiedene Kronepartien als auch einen schnellen und einfachen Umbau von Zweig zu Zweig bzw. von Baum zu Baum. Das kleine Volumen, aus thermodynamischer Sicht eine extensive Größe, hat zwar keinen direkten Einfluß auf den Gaswechsel, meßtechnisch gesehen werden jedoch Änderungen des Gaswechsels bedeutend schneller erfaßt (in diesem Sinne arbeitet das System wie ein Porometer). Die zur Zeit neuentwickelten Kleinküvetten (Walz) vereinigen weitgehend die Vorteile beider Küvettentypen. Da die CO₂-Konzentration der Luft am Versuchsort schwankt, wird Luft aus der Druckluftflasche zur Belüftung der Küvetten benutzt. Die Stahlflaschen werden mit eigenem Kompressor gefüllt.

Der Gaswechsel wird das ganze Jahr an denselben Zweigen gemessen. Durch rechtzeitige Entfernung der Knospen an bestimmten Zweigen kann auch der Gaswechsel unterschiedlicher Nadeljahrgänge gemessen und miteinander verglichen werden.

Die Bestimmung der Nadeloberfläche erfolgt mit Hilfe der "Glasperlenmethode". Kleine Cu-Konstantan-Thermoelmente werden zur Messung der Nadeltemperaturen eingesetzt. Um einen ausreichenden Kontakt der Lötstelle mit den Nadeln zu sichern, wird diese immer zwischen zwei überkreuz gelegten Nadeln eingebunden.

Zur Messung des Nadelwasserpotentials stehen zwei Druckkammern zur Verfügung. Turgordruck und osmotischer Druck werden mit Hilfe der PV-Technik bestimmt (TYREE und HAMMEL, 1972). Für die Herstellung der PV-Kurven wurde eine Druckkammer mit Peltier-Kühlung ausgestattet, so daß alle Meßwerte bei gleicher Temperatur abgelesen werden können (vgl. PHAM, 1980).

Dicht über dem Bestand wird die photosynthetisch aktive Strahlung mit Hilfe eines sphärischen Quantenfühlers gemessen (Li-193S, LI-COR).

Alle Meßwerte werden von einem Data Logger erfaßt und auf Band gespeichert.

ER G E B N I S S E U N D D I S K U S S I O N

Am Beispiel des relativen Durchmesserzuwachses an der Stammbasis von 8 Versuchsbäumen kann das unterschiedliche Wachstumsverhalten der untersuchten Koniferenarten im Alter 12 - 15 Jahre gezeigt werden (Abb. 1). Alle Bäume erhielten seit Beginn des Versuches 322 l Wasser, was einer Niederschlagsmenge von insgesamt 503 mm oder etwa 355 mm im Jahr entspricht. Die Produktivität des Wasserverbrauchs hier berechnet als der Quotient Grundflächenzuwachs

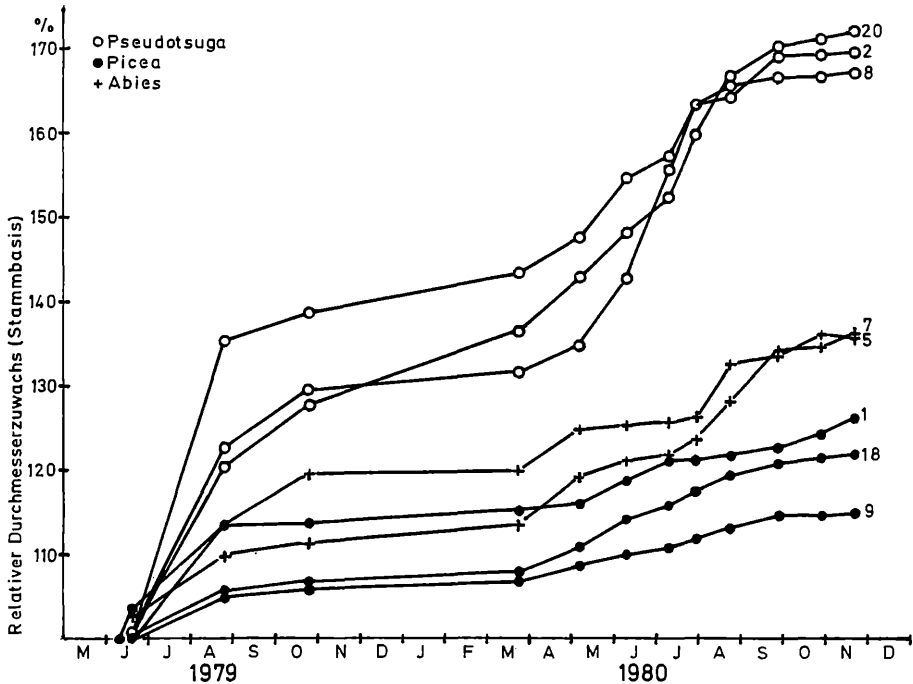


Abb. 1: Relativer Durchmesserzuwachs an der Stammbasis von 8 Versuchsbäumen.
 Relative diameter increment (stem basis) of 8 sample trees.

(mm²): Wasserverbrauch (l) im dargestellten Zeitraum ergibt folgende Werte (Mittelwerte mit Standardabweichung):

Pseudotsuga	8.20 ± 1.1
Picea	3.16 ± 0.4
Abies	3.04

Die klare Überlegenheit der Douglasie sowohl im Zuwachsvermögen als auch in der Produktivität des Wasserverbrauchs in diesem Versuch gilt zunächst für optimale Wasserversorgung. Als Ursache dafür ist die photosynthetische Aktivität dieser Holzart anzusehen. Anhand der Abb. 2-4 kann die Netto-Photosynthese von sowohl diesjährigen als auch vorjährigen Trieben von Tanne und Douglasie verglichen werden. Die dargestellten Tagesgänge der Netto-Photosynthese beziehen sich auf die Nadeloberfläche und es scheint zunächst als gäbe es keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen beiden Holzarten. Teilweise scheint es, daß die vorjährigen Triebe mehr assimilieren als die neuen Triebe. Die Beziehung zwischen Nadeloberfläche und Nadelrockengewicht zeigt jedoch, daß die Nadeloberfläche als Bezugsbasis bei Fragestellungen dieser Art wenig geeignet zu sein scheint. Es ergaben sich folgende Quotienten:

Tabelle 1

Holzart	Zweig	Nadeloberfläche (cm ²) 1 g Nadeln trocknenmasse	Nadel-Trockenmasse (g) 1 dm ² Nadeloberfläche
Abies	1979	103,13	0,97
	1980	150,92	0,66
Pseudotsuga	1979	146,64	0,68
	1980	221,73	0,45

Eine Photosynthese-Rate von z.B. 3 mg CO₂/dm².h - ein Wert der am späten Vormittag erreicht wird - ergibt umgerechnet auf 1 g Nadel TG für dieselben Zweige:

Tanne	1979	3,09 mg CO ₂ /g NTG.h
	1980	4,53 mg CO ₂ /g NTG.h
Douglasie	1979	4,40 mg CO ₂ /g NTG.h
	1980	6,65 mg CO ₂ /g NTG.h

Diese Werte widerspiegeln das tatsächliche Zuwachsverhalten der Baumarten besser. Für Untersuchungen dieser Art dürfte daher die Bezugsbasis Trockengewicht mehr geeignet sein als die Nadeloberfläche.

Die Unterschiede zwischen beiden Nadeljahrgängen in Tab. 1 sind zu groß, als daß sie mit der bekannten, von SCHULZE et al. (1977) behandelten Tatsache, erklärt werden könnten, wonach Nadeln älterer Jahrgänge mehr Trockensubstanz je Oberflächeneinheit enthalten als Nadeln des laufenden Jahrgangs. Es ist in diesem Fall wahrscheinlicher, daß die Bäume in der zweiten Vegetationsperiode (1980) nach dem Verpflanzen bei guter Wasserversorgung ein besseres Wachstum entfalteteten als im Vorjahr. Die Nadeln von 1980 sind größer als die von 1979.

Die in den Abb. 2 und 3 dargestellten Tagesverläufe der Netto-Photosynthese fanden leider bei Temperaturen statt, die 3° - 5°C über der Umgebungstemperatur lagen. So wurde die Photosynthese sicherlich sowohl durch hohe Temperaturen als auch durch hohen Wasserdampfgradienten der Luft beeinträchtigt (vgl. LANGE et al., 1971, LANGE und MEYER, 1979). Vergleicht man beide Holzarten, widerspiegelt den Verlauf beider Größen klar nur die Douglasie. Ein anderer Unterschied zwischen beiden Arten ist am Verlauf des Wasserpotentials bzw. des Turgordruckes abzulesen (Abb. 4). Für eventuelle Interpretationen reichen die vorhandenen Ergebnisse jedoch noch nicht aus.

Die Größen π_o (osmotischer Druck bei voller Wassersättigung) und π_p (osmotischer Druck bei vollständigem Turgorverlust)

Abb. 2: Tagesgang der Netto-Photosynthese am 22.8.1980

Diurnal course of net photosynthesis on August 22th, 1980, LT = air temperature, WSD = vapour pressure deficit

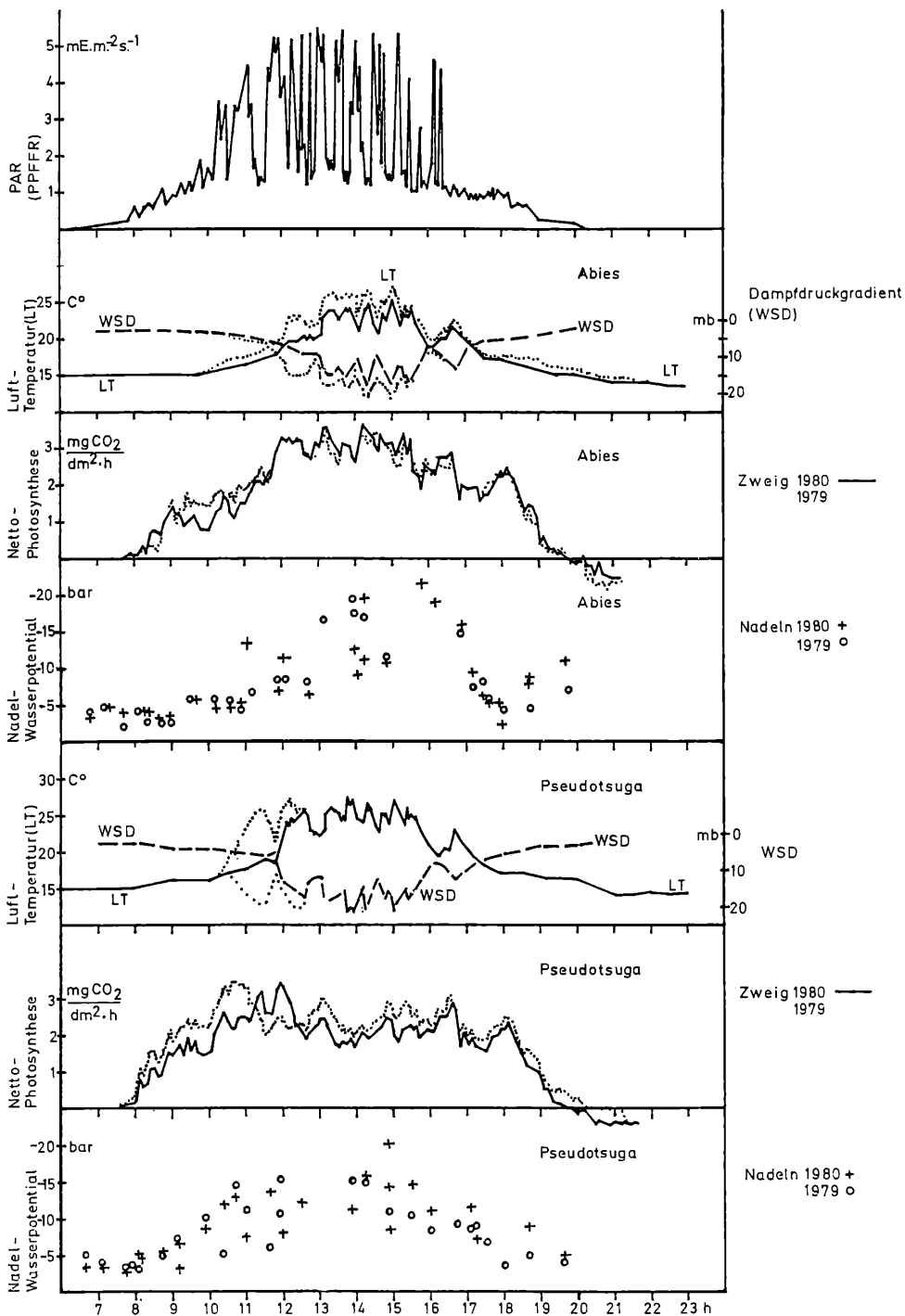


Abb. 2

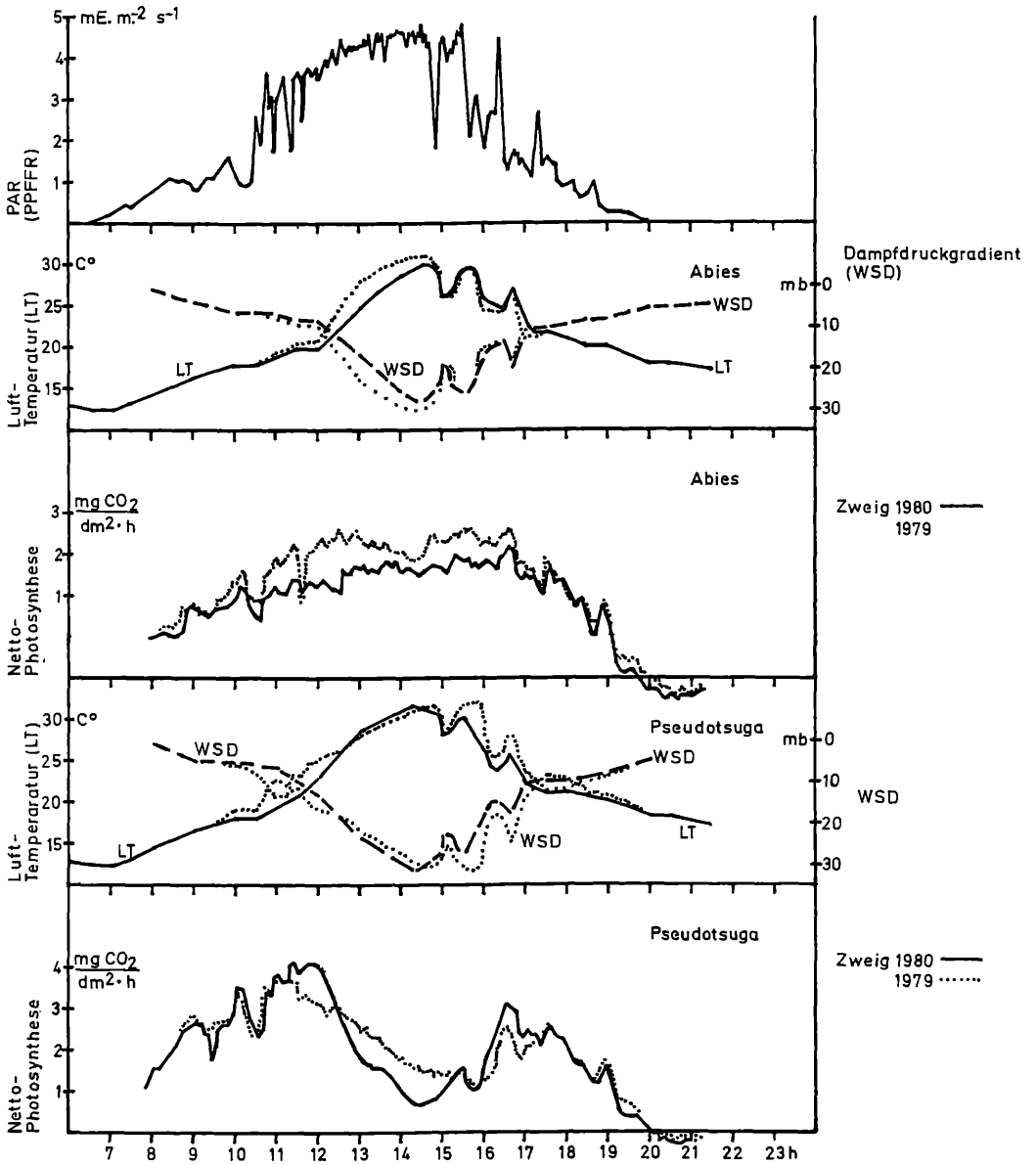


Abb. 3: Tagesgang der Netto-Photosynthese am 27.8.1980

Diurnal course of net photosynthesis on August 27th, 1980

LT = air temperature, NT = needle temperature, WSD = vapour pressure deficit

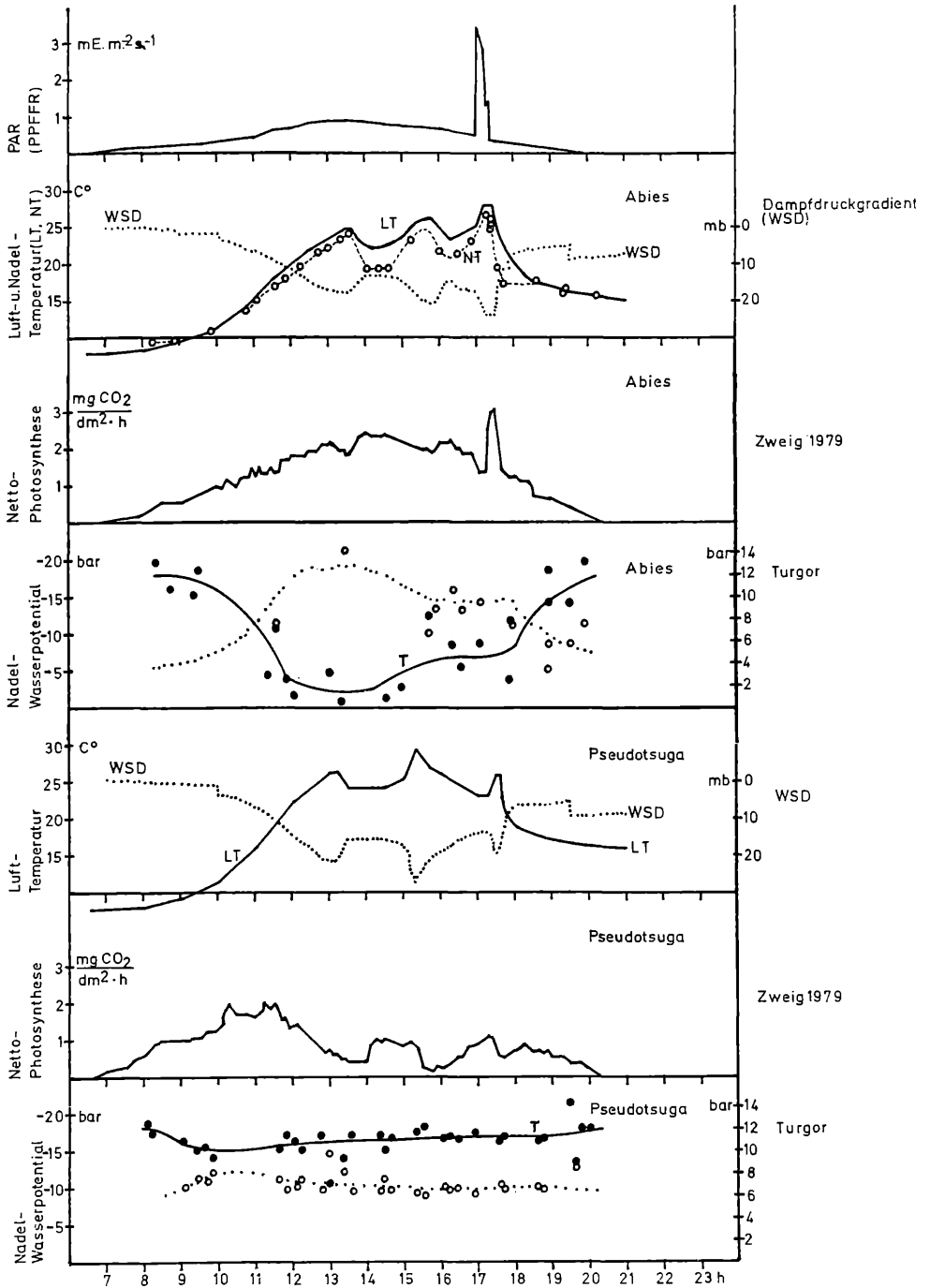


Abb. 4: Tagesgang der Netto-Photosynthese am 3.9.1980
Diurnal course of net photosynthesis on September 3th, 1980

haben, wie aus Abb. 5 ersichtlich, einen charakteristischen saisonalen Verlauf (vgl. TYREE et al., 1978, GROSS et al., 1980). Sie steigen in jungen Trieben etwa bis August steil an und bleiben dann auf annähernd konstantem Niveau. Dieselbe Erscheinung wurde an einzelnen unterschiedlich alten Blättern von Citrus beobachtet (eigene Untersuchung, unveröffentlicht).

Während der Vegetationsperiode verringert sich der relative Wassergehalt für den Punkt des absoluten Turgorverlustes und der Rückgang des Quotienten Gesättigtes Gewicht/Trockengewicht der Zweige zeigt eine Zunahme der Trockensubstanz (vgl. KYRIAKOPOULOS und Larcher, 1976).

Alle genannten Größen können sich auch von Jahr zu Jahr ändern:

Tabelle 2

Holzart	Jahr	Mittelwerte und Standardabweichung					Mittelwert von
		$\bar{\pi}_o$	$\bar{\pi}_p$	V_o (% V_t)	K (% V_t)	G/T	
Picea	1979	16,00±2,88	21,47± 3,88	85,80± 6,54	14,27± 6,41	2,3 ±0,04	6 Werten
	1980	17,74±1,35	24,11± 1,79	80,50±12,00	18,81±11,84	2,66 ±0,18	14 Werten
Pseudo-suga	1979	15,99±5,07	19,96± 5,97	72,74±13,00	27,25±13,00	2,309±0,09	8 Werten
	1980	19,59±0,87	25,25± 1,23	80,90± 7,30	19,09± 7,03	2,783±0,19	11 Werten
Abies	1979	14,13	18,15	73,43	26,57	2,206	2 Werten
	1980	18,08	23,90± 1,05	90,74± 6,0	9,25± 6,0	2,76 ±0,12	3 Werten

V_o = Volumen des symplastischen Wassers

V_t gesamtes (totales) Wasservolumen

G gesättigtes Gewicht eines Zweiges

T Trockengewicht eines Zweiges

Alle Werte wurden bei 20°C gemessen.

Die hier dargestellten Veränderungen, besonders der Anstieg des Quotienten G/T (Verringerung der Trockenmasse) und die Erhöhung des symplastischen Wasservolumens (V_o) bei Tanne und Douglasie scheinen gut mit den Werten aus Tabelle 1 zu korrespondieren. Für die Nützlichkeit der PV-Technik bei ökologischen Untersuchungen wäre dies ein weiterer Beweis (RICHTER et al., 1979).

Abb. 5: Oben: Änderung des relativen Wassergehaltes in Fichtenzweigen im Zustand "beginnender Plasmolyse" ($\psi_w = \bar{\pi}_p$) im Laufe der Vegetationsperiode.

Mitte: saisonaler Anstieg der Werte $\bar{\pi}_o$ und $\bar{\pi}_p$ in Fichtenzweigen.

Unten: Änderung der Quotienten Gesättigtes Gewicht (G): Trockengewicht (T) im Laufe der Jahreszeit.

Top: The change of relative water content in spruce twigs in the state of "incipient plasmolysis" ($\psi_w = \bar{\pi}_p$) in the course of the vegetation period.

Middle: Seasonal increase of $\bar{\pi}_o$ and $\bar{\pi}_p$ of spruce twigs.

Bottom: The change of the Quotient saturated weight: dry weight in the course of the vegetation period.

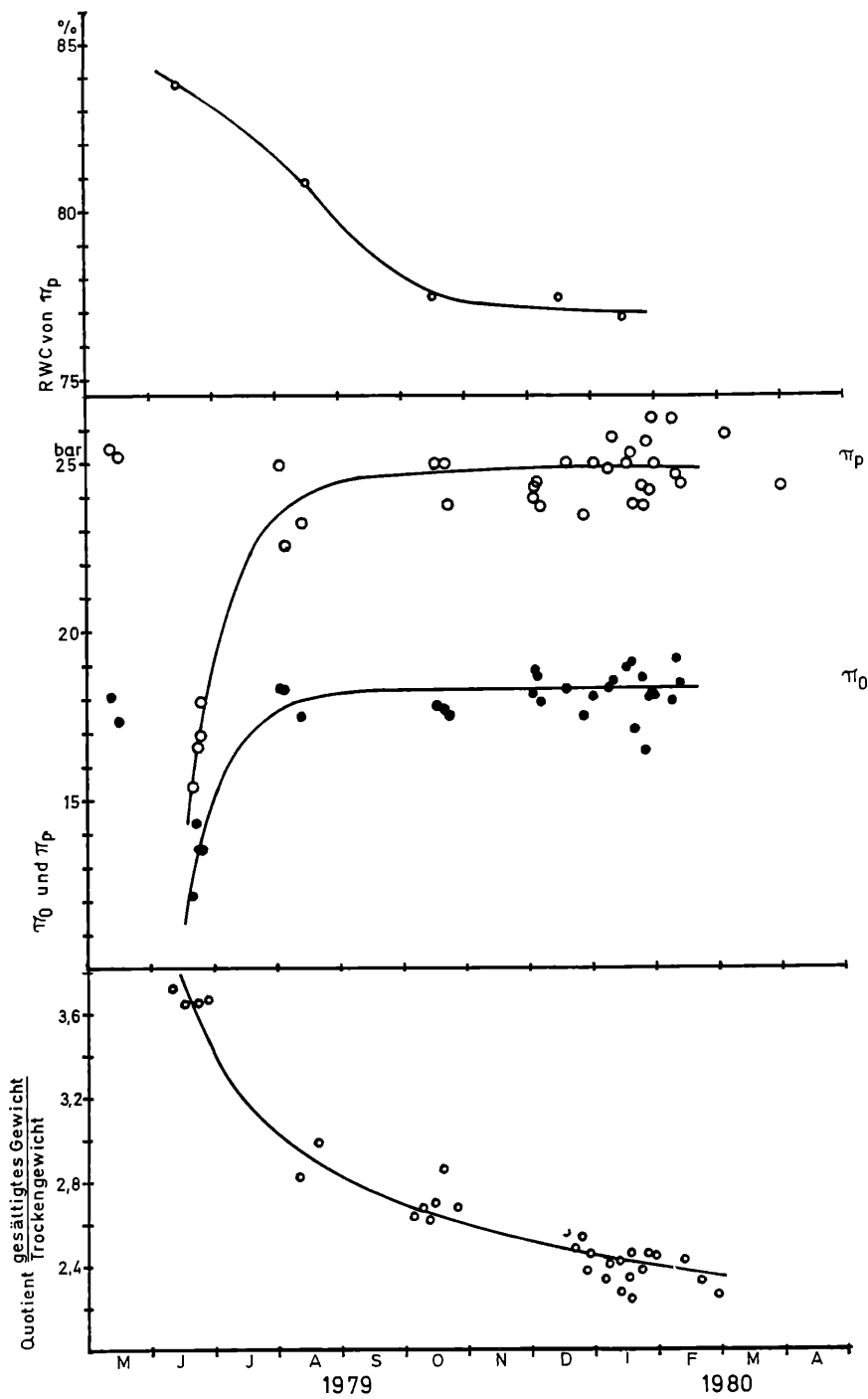


Abb. 5

D A N K S A G U N G

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die beschriebenen Untersuchungen mit einer Beihilfe unterstützt, möchten wir an dieser Stelle unseren Dank aussprechen.

L I T E R A T U R

- Gross, K., T. Pham-Nguyen und H. Unger, 1980: Tägliche und saisonale Änderungen des Wasserpotentials und seiner Komponenten in den Kronen von Fichten unterschiedlichen Alters. Allg. Forst.- u. Jagdztg. 151: 69-79.
- Kyriakopoulos, E., und W. Larcher, 1976: Saugspannungsdiagramm für austrocknende Blätter von *Quercus ilex* L. Z.Pflanzenphysiol. 77: 268-271.
- Lange, O.L., R. Lösch, E.D. Schulze, und L. Kappen, 1971: Responses of stomata to changes in humidity. *Planta* 100: 76-86.
- Lange, O.L., L. Kappen, E.-D. Schulze (Ed.), 1976: Water and Plant Life. Berlin, Heidelberg, New York.
- Lange, O.L. und Meyer, A., 1979: Mittäglicher Stomaschluß bei Aprikose (*Prunus armeniaca*) und Wein (*Vitis vinifera*) im Freiland trotz guter Bodenwasser-Versorgung. *Flora* 168: 511-528.
- Pham-Nguyen, T., 1980: Die Bestimmung des Wasserpotentials und seinen Komponenten mit Hilfe der Druck-Volumen-Technik unter isothermen Bedingungen. I.U.F.R.O., Internat. Workshop on Morphol. and Physiol. Characterization of Plant Mat., Freiburg i. Br., (Fed. Rep. Germany), June 24-27, 1980.
- Richter, H., Duhme, F., Glatzel, G., Hinckley, T.M. und Karlic, H., 1979: Some Limitations and Applications of the Pressure - Volume Curve Technique in Ecophysiological Research. Sonderdruck.
- Schulze, E.-D., Fuchs, M.I. und Fuchs, M., 1977: Spacial Distribution of Photosynthetic Capacity and Performance in a Mountain Spruce Forest of Northern Germany. I. Biomass Distribution and Daily CO₂ Uptake in Different Crown Layers. *Oecologia* 29: 43-61.
- Tyree, M.T., und Hammel, H.T., 1972: The Measurement of the Turgor Pressure and the Water Relations of Plants by the Pressure-Bomb Technique. *J. Exp. Bot.* 23: 267-82.
- Tyree, M.T., Cheung, Y.N.S., MacGregor, M.E. und Talbot, A.J.B., 1978a: The Characteristics of Seasonal and Ontogenetic Changes in the Tissue-Water Relations of *Acer*, *Populus*, *Tsuga* and *Picea*. *Can. J. Bot.* 56: 635-647.

25.11.1980

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: [142_1_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Gross K., Pham-Nguyen T.

Artikel/Article: [Radiales Wachstum und CO₂-Gaswechsel von 12-15 Jahren alten Koniferen-Bäumen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung 141-152](#)