

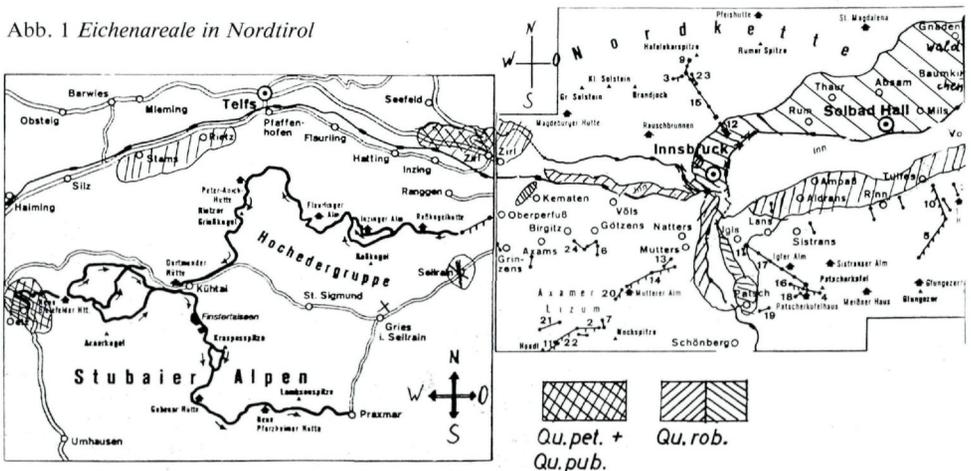
## Die Stoffproduktion und Photosynthese in Eichenbeständen in Abhängigkeit vom Temperatur- und Lichtfaktor.

Von Erich Winkler, Gregor Beikircher und Dagmar Menneweger-Kainz

In der Zeit von 5000—2500 vor Christi, im Atlanticum, herrschten in Mitteleuropa etwas bessere klimatische Verhältnisse und Eichen/Hainbuchen waren verbreitet (Eichenmischwaldzeit). In der folgenden Buchenzeit (Subboreal bis Subatlanticum) traten Rotbuchen und Tannen vermehrt auf, und in der Gegenwart wurde besonders im Alpenraum die Fichte dominant. Auch die zunehmende Bewirtschaftung änderte den Artenbestand durch Holzkohलगewinnung, Salzsiederei (z. B. Eichtal bei Hall) und Neuanlagen von Wiesen und Äckern. Heute sind in Mitteldeutschland Eichen-Hainbuchen-Wälder eher auf Höhenzüge von 400—800 m Höhe beschränkt und als Erholungsraum geschätzt. Im Wienerwald siedeln Zerreichern, Stieleichen, Traubeneichen und Hainbuchen eher von 200—400 m Höhe am Westrand der pannonischen Klimazone und verzahnen sich mit Rotbuchenbeständen. Im Inntal zerfiel die ehemals geschlossene Talzone in Teilareale um Baumkirchen-Hall-Innsbruck, Tulfes-Rinn-Lans, Völs-Kematen, Zirl und ein Wäldchen bei Stams. *Quercus robur* dominiert, *Q. petraea* ist sehr selten (um Ötz) und *Quercus pubescens* gedeiht südlich des Brenners (um Brixen, Klausen, Bozen etc.) prächtig.

Abb. 1 erläutert hierzu die Nordtiroler Areale näher.

Abb. 1 Eichenareale in Nordtirol



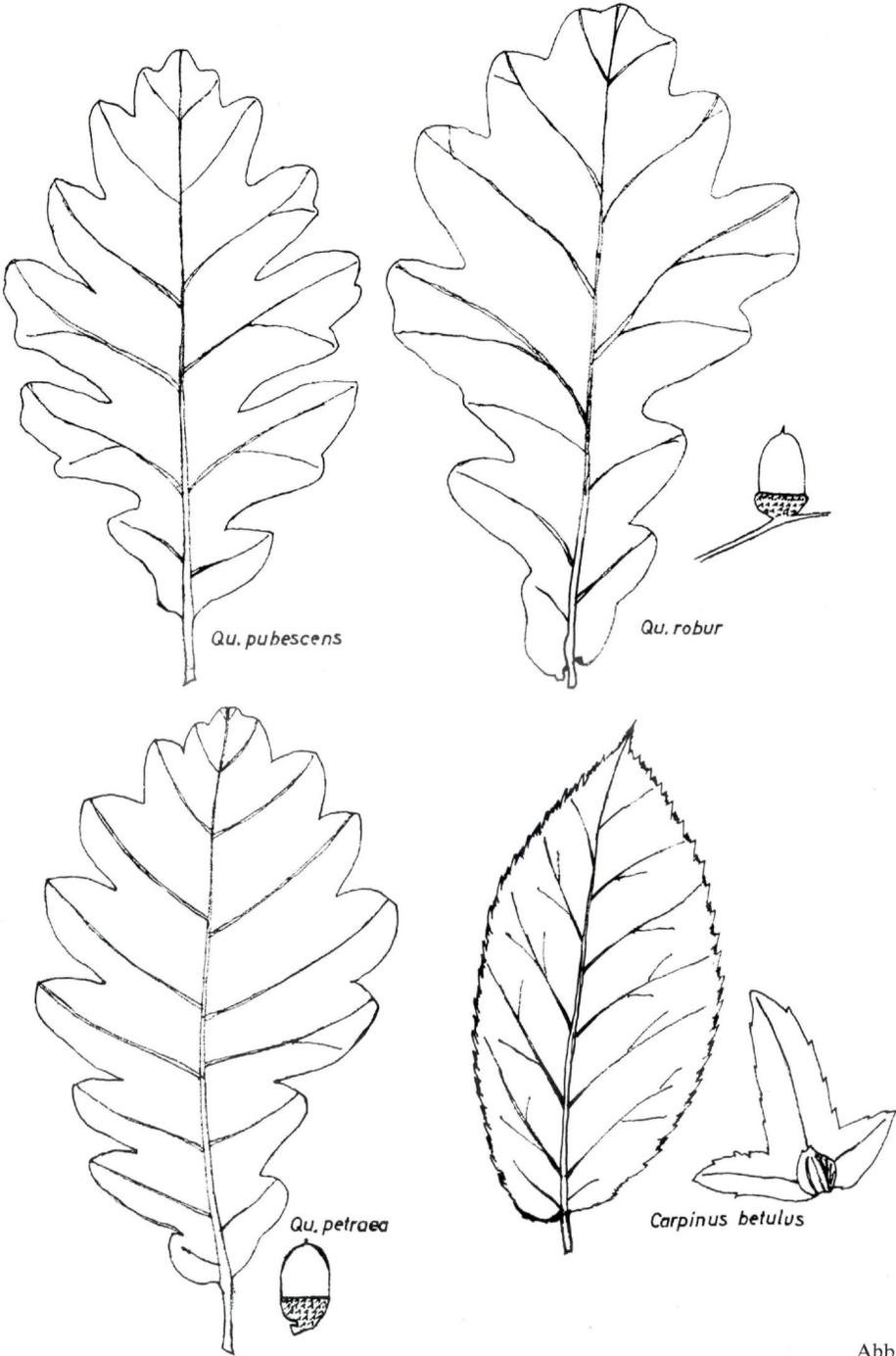


Abb. 2

Im Botanischen Garten der Universität Innsbruck befindet sich eine große, etwa 75 Jahre alte Gehölzgruppe mit mächtigen, 14 m hohen Stieleichen, 10 m hohen Traubeneichen, Flaumeichen (siehe Abb. 2), Haseln, Erlen, Birken und eine sie durchsetzende und umgebende »Frühlingswiese«, in der Herden von Schneeglöckchen (*Galanthus*, *Leucojum*), Winterling (*Eranthis hiemale*), Bärlauch (*Allium ursinum*), Lungenkraut und Leberblümchen und Sauerklee (*Oxalis acetosella*) wachsen.

Es war sinnvoll, hier eine größere meteorologische Station mit 1 Wetterhütte in der Wiese (2-m-Meßhöhe, Thermohygrograph), 1 Baumwetterhütte in 1,2 m Höhe und eine Bodenwetterhütte (10 cm Meßhöhe) zu installieren und mit 16 Glas-Platin-Meßfühlern Lufttemperaturen, Blatt- und Bodentemperaturen im Bestand zu messen und laufend zu registrieren. Ein Kompensationsschreiber mit 18 Meßstellen (Anzeigen-Verdreifachung) tastete alle Temperatureingänge und 2 Beleuchtungswertstellen pro Meßstelle alle 6 Minuten ab und ließ und im Institut jederzeit die Momentanlage im Sommer und auch in den Wintermonaten erkennen. 100 m lange Zuleitungskabel mit Dreileiterschaltung arbeiteten 5 Jahre fast störungsfrei. Ein Miniskriptschreiber maß auch Schwachlichtserien in den Bäumen und registrierte bei Bedarf Temperaturgang und Licht in den direkt in die Blätter eingeschobenen Freiland-Assimilationsküvetten. Neben zahlreichen, etwa alle 14 Tage entnommenen Zuwachsproben war es möglich, von allen erwähnten Pflanzen mit einem Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS II Hartmann und Braun) jede Woche die Photosynthese bei 50.000, 30.000 und 10.000 Lux und im Schwachlicht zu bestimmen und mit den NAR-Werten (tägliche Trockengewichtszunahme pro m<sup>2</sup> Blattfläche) zu vergleichen und mit Transpirationswerten zu korrelieren. Herr Dr. Beikircher und Frau cand. phil. Menneweger untersuchten von 1973 bis 1976 in 500 Urasreihen (3000 Proben) die Stoffproduktion und beschrieben die Freilandwitterung der Meßjahre und das Mikroklima im Wald und in der »Frühlingswiese« mit 50.000 Temperatur- und Lichtwerten. Auch die robusten, 150 Jahre alten frei stehenden Eichen an der Mellach bei Kematen, einige Bäumchen bei Gramart (900 m) und die hochgelegene Eiche im Sellrain (950 m) und Traubeneichen in Ötz (620 m) wurden besucht und ihre Lichtverhältnisse und Stoffproduktion untersucht. Wenn auch Hainbuchen im Innsbrucker Raum nicht heimisch sind, gedeihen sie als Großbäume und als Hecken (Reichenauer und Saggener Gärten) und sogar auf der Hungerburg (900 m) gut und bewähren sich als Staub- und Sichtschutz. Die Flaumeiche im Botanischen Garten ist mittelgroß und gab mehrere Ergänzungsproben zu den Originalproben aus Vahrn, die per Auto binnen 3 Stunden nach Innsbruck ins Labor gebracht wurden. Alle Proben wurden in den Urasreihen durch 3 cm<sup>3</sup> Wasserröhrchen in ihrem ursprünglichen Wasserzustand gehalten und verringerten höchstens nach Trockenwochen mittels geringer Spaltweiteinschränkung die Stoffproduktion etwas.

Der *Eichenwald im Oberinntal* wird seit 1272 vom Kloster Stams schonend bewirtschaftet und umfaßt heute 4 ha längs des Stamser Baches als geschlossener Eichenmischwald. Ihm sind weitere 4 ha Eichenraine angegliedert. Hier finden sich (gem. Tiroler Heimatblätter 1/1973):

665 <i>Quercus robur</i>	= 51 %	(bis 30 m hoch, um 300 Jahre alt)
228 <i>Tilia cordata</i>	= 18 %	(15 bis max. 30 m hoch)

197 <i>Ulmus glabra</i>	= 15 %	(10 bis 15 m)
83 <i>Populus tremula</i>	= 6 %	( 6 bis 10 m)
41 <i>Alnus incana</i>	= 4 %	
45 <i>Picea excelsa</i>	= 3 %	
25 <i>Pinus silvestris</i>	= 2 %	
17 <i>Larix decidua</i>	= 1 %	

(Brusthöhendurchmesser 20 cm und mehr!)

*Das Absamer Aichet* dürfte noch vor 600 Jahren stark mit Eichen bestanden gewesen sein (Berger 1927), aber die meisten wurden vom Haller Salzsudhaus verarbeitet, heute herrschen Föhren vor. Nur einzelne große Eichen stehen von Mils bis Gnadewald.

Wir haben diese Bestände in der Methodik von Braun Blanquet (1964) aufgenommen. Es bedeuten die Zahlen jeweils:

- + = wenige vorhanden, Bedeckungsanteil gering
- 1 = reichlich vorhanden, aber weniger als 5% des Areals deckend
- 2 = 5—25 % des Areals deckend
- 3 = 25—50 % bedeckend
- 4 = 50—75 % bedeckend
- 5 = 75—100 % bedeckend.

- Sozialität:*
- 1 = einzeln wachsend
  - 2 = gruppen- und horstweise wachsend
  - 3 = truppweise wachsend (kleine Flecken oder Polster)
  - 4 = in kleinen Herden oder ausgedehnten Flecken
  - 5 = in großen Herden.

(Diese Zahlen erscheinen hinter denen für die Bedeckungsgrade, von ihnen durch einen Punkt getrennt.)

	Aichet 800 m Höhe ü. d. M.	Stamser Eichenwald 700 m Höhe ü. d. M.
<i>Baumschicht</i>		
<i>Pinus silvestris</i>	4.5	+
<i>Picea excelsa</i>	1.2	1.1
<i>Quercus robur</i>	1.1	3.4
<i>Fagus silvatica</i>	+	+
<i>Betula pendula</i>	(+)	+
<i>Tilia cordata</i>	+	2.3
<i>Ulmus glabra</i>	1.1	2.2
<i>Populus tremula</i>	—	2.1
<i>Fraxinus excelsior</i>	1.1	(+)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+	—
<i>Alnus incana</i>	—	1.2
<i>Juglans regia</i>	+	—

	Aichet 800 m Höhe ü. d. M.	Stamser Eichenwald 700 m Höhe ü. d. M.
<i>Strauchschicht</i>		
<i>Juniperus communis</i>	1.3	—
<i>Berberis vulgaris</i>	+	—
<i>Rubus fruticosus</i>	1.2	—
<i>Rubus idaeus</i>	—	2.3
<i>Rhamnus saxatilis</i>	+	
<i>Rhamnus frangula</i>	+	+
<i>Ligustrum vulgare</i>	1.1	+
<i>Corylus avellana</i>	+	2.1
<i>Viburnum lantana</i>	1.1	
<i>Viburnum opulus</i>		1.2
<i>Lonicera xylosteum</i>	+	1.2
<i>Sambucus racemosa</i>	+	1.2
<i>Crataegus monogyna</i>	+	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	1.1	+
<i>Prunus padus</i>		2.3
<i>Prunus avium</i>	+	+
<i>Rosa canina</i>		+
<i>Cornus sanguinea</i>		+
<i>Clematis vitalba</i>	1.1	1.1
<i>Daphne mezereum</i>		1.2
<i>Krautschicht</i>		
<i>Impatiens noli tangere</i>		+
<i>Erica carnea</i>	2.2	
<i>Calluna vulgaris</i>	1.3	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	
<i>Globularia cordifolia</i>	1.1	
<i>Aquilegia atrata</i>	+	
<i>Aconitum vulparia</i>		+
<i>Anemone nemorosa</i>	+	2.3
<i>Hepatica nobilis</i>	+	+
<i>Ranunculus acer</i>	+	+
<i>Ranunculus ficaria</i>		1.1
<i>Ranunculus bulbosus</i>		+
<i>Actaea spicata</i>		2.3
<i>Saponaria ocimoides</i>	+	
<i>Geum urbanum</i>		+

	Aichet 800 m Höhe ü. d. M.	Stamser Eichenwald 700 m Höhe ü. d. M.
<i>Fragaria vesca</i>	1.1	1.2
<i>Aruncus dioicus</i>		+
<i>Potentilla alba</i>	1.1	
<i>Potentilla erecta</i>	+	+
<i>Gentiana verna</i>	+	
<i>Oxalis acetosella</i>	+	2.2
<i>Pulmonaria officinalis</i>	+	2.3
<i>Galium verum</i>	1.2	
<i>Dorycnium germanicum</i>	+	
<i>Hippocrepis comosa</i>	1.1	
<i>Trifolium montanum</i>	+	
<i>Trifolium pratense</i>	+	1.2
<i>Melilotus albus</i>	+	
<i>Lotus corniculatus</i>	+	
<i>Coronilla vaginalis</i>	1.1	
<i>Stachys officinalis</i>	1.1	
<i>Teucrium chamaedrys</i>	+	
<i>Salvia glutinosa</i>		+
<i>Salvia verticillata</i>	+	
<i>Lamium maculatum</i>		+
<i>Lamium galeobdolon</i>		1.1
<i>Lamium purpureum</i>		1.3
<i>Thymus praecox</i>	+	
<i>Viola hirta</i>	+	
<i>Viola riviniana</i>		1.1
<i>Adoxa moschatellina</i>		1.1
<i>Prunella vulgaris</i>	+	
<i>Prunella grandiflora</i>	1.2	
<i>Glechoma hederaceum</i>		2.2
<i>Ajuga reptans</i>		1.1
<i>Campanula rotundiflora</i>	+	
<i>Campanula trachelium</i>		1.1
<i>Polygala chamaebuxus</i>	1.2	
<i>Polygala officinalis</i>		1.1
<i>Taraxacum officinale</i>		1.2
<i>Hieracium pilosella</i>	+	
<i>Hieracium silvaticum</i>	+	
<i>Bellis perennis</i>	1.2	

	Aichet 800 m Höhe ü. d. M.	Stamser Eichenwald 700 m Höhe ü. d. M.
<i>Petasites albus</i>		1.2
<i>Tussilago farfara</i>		+
<i>Centaurea iacea</i>	+	
<i>Plantago lanceolata</i>	1.1	
<i>Euphorbia cyparissias</i>	1.1	
<i>Paris quadrifolia</i>		1.2
<i>Polygonatum odoratum</i>		1.1
<i>Majanthemum bifolium</i>		1.3
<i>Platanthera bifolia</i>	+	
<i>Veratrum album</i>		2.2
<i>Lathraea squamaria</i>	+	
<i>Corydalis (Claviculata) bulbosa</i>		1.2
<i>Crocus albiflorus</i>	+	
<i>Gräser u. a.</i>		
<i>Festuca rubra</i>	1.2	
<i>Brachypodium pinnatum</i>	1.1	
<i>Briza media</i>	+	
<i>Agrostis tenuis</i>	1.1	
<i>Melampyrum silvaticum</i>	+	
<i>Anthriscus silvestris</i>	+	+
<i>Aegopodium podagraria</i>	+	4.3
<i>Carex humilis</i>	1.2	
<i>Melica uniflora</i>		+
<i>Pteridium aquilinum</i>	1.2	
<i>Dryopteris filix mas</i>		1.1

Bezüglich der Nomenklatur hielt ich mich fast nur an Schmeil-Fitschen »Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten« (1968).

Der Flaumeichen-Hopfenbuchen-Buschwald bei Vahrn enthält hauptsächlich folgende Arten:

<i>In der Baumschicht</i>	<i>In der Strauchschicht</i>	<i>In der Krautschicht</i>
<i>Pinus silvestris</i>	<i>Amelanchier ovalis</i>	<i>Coronilla emerus</i>
<i>Picea excelsa</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Helleborus niger</i>
<i>Quercus petraea</i>	<i>Berberis vulgaris</i>	<i>Hepatica nobilis</i>
<i>Quercus pubescens</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Anemone nemorosa</i>
<i>Quercus pubescens Xpetraea</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Galium odoratum</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Anthoxantum odoratum</i>
<i>Ostrya carpinifolia</i>	<i>Crataegus oxyacantha</i>	<i>Melica nutanus</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Viola hirta</i>
<i>Tilia cordata</i>	<i>Rhamnus frangula</i>	<i>Viola tricolor</i>
<i>Fagus silvatica</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Viola canina</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Viburnum lantana</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
<i>Ulmus capestris</i>	<i>Sambucus racemosa</i>	<i>Pulsatilla vulgaris</i>
<i>Alnus incana</i>	<i>Cornus mas</i>	u. a.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Cornus sanguinea</i>	
<i>Populus tremula + nigra</i>	<i>Cytisus nigricans</i>	
<i>Juglans regia</i>	<i>Genista germanica</i>	

Ellenberg hat 1963 die ökologischen Ansprüche vieler Pflanzen näher umschrieben, Ehrendorfer, Hübl, Niklfeld ergänzten sie, und wir geben in Tabelle 1 diese für den Wiener Raum aufgestellten und auch in Tirol gültigen Werte an:

Tab. 1 — Ökologische Ansprüche von Bäumen und Sträuchern nach Ehrendorfer, Hübl, Niklfeld)

Pflanze	Häufigkeit	Lebensform	Ökologischer Zeigerwert					Areal
			F	L	T	R	N	
QUERCUS robur	h	tM	0	0	2-3	2-4	1-2	Eur.
QUERCUS petraea	h	tM	2-3	1-2	2-3	2-4	1-2	M. Eur.
QUERCUS pubescens	h	tM	1-2	0	3	3-4	2	Submed.
FAGUS silvatica	g	tM	2-3	0	1-2	0	2	M. Eur.
QUERCUS cerris	z	tM	2-3	0	2-3	2-3	2	Submed.

TILIA platyphyllos	z	tM	3	1-2	2	3-4	2-3	Eur.
TILIA cordata	z	tM	2-3	0	2-3	3-4	2	Eur.
BETULA pendula	h	tM	2-4	2-3	1-2	1-3	1-2	Euras.
CARPINUS betulus	g	tM	3-4	1-2	2-3	3-4	2-3	Euras.
ULMUS glabra	z	tM	3	1-2	1-2	3-4	3	Eur.
CORYLUS avellana	h	tF	2-3	2-3	0	3-4	2	Eur.
SALIX caprea	h	tF, tM	3	2-3	0	2-4	2-3	Eur.
ALNUS glutinosa	g	tM	4-5	2-3	0	2-3	2-3	Eur.

*Häufige Ansprüche:*

Feuchtigkeit (F):	2 = trocken
	3 = frisch
	4 = feucht
Temperatur (T):	1 = kühl
	2 = mäßig warm
	3 = warm
Licht (L):	1 = schattig
	2 = mäßig Licht
	3 = mehr Licht

Im einzelnen bedeuten die vollen Skalen nach Ehrendorfer und Ellenberg (1963):

<i>Häufigkeit:</i>	g = gemein
	h = häufig
	z = zerstreut
	s = selten

<i>Lebensform:</i>	tM = Bäume über 2 m
	tF = Sträucher von 0,5 bis 2 m

- S = Zwergsträucher unter 0,5 m  
H = Krautartige Pflanzen  
G = Bodenüberwinternde Pflanzen (Geophyta)

*Ökologische Zeigerwerte:*

- Feuchtigkeit (F):      1 = sehr trocken  
                             2 = trocken  
                             3 = frisch  
                             4 = feucht  
                             5 = naß  
                             6 = im Wasser  
                             0 = ± feuchtigkeitsindifferent
- Licht (L):              1 = schattig  
                             2 = mäßig Licht  
                             3 = mehr Licht  
                             0 = ± Licht indifferent
- Temperatur (T):      1 = kühl  
                             2 = mäßig warm  
                             3 = warm  
                             0 = ± Temperaturunabhängig
- Bodenreaktion (R):   1 = stark sauer  
                             2 = schwach sauer  
                             3 = mäßig sauer bis neutral  
                             4 = neutral bis schwach alkalisch  
                             5 = alkalisch  
                             0 = ± unabhängig von der Bodenreaktion
- Nährstoffgehalt (N): 1 = nährstoffarm  
                             2 = mäßig nährstoffreich  
                             3 = nährstoffreich  
                             0 = ± nährstoffindifferent

*Temperaturverhältnisse*

Das Klima von Innsbruck wurde bisher in mehreren Arbeiten beschrieben. E. Reiter (1958), Fliri, F. (1974), Winkler E. und Moser W. (1967) erfaßten zahlreiche Faktoren und gaben Klimatogramme (Winkler 1951—60). In dieser Art hat Beikircher für die durchschnittliche Periode 1971—1975 ein mit Abb. 3 vorgestelltes Klimatogramm erstellt und durch die etwas abweichenden Witterungsdiagramme für 1976 (Abb. 4) ergänzt, wo der feuchtere Charakter von 1975 und das im Juni trockenere Jahr 1976 auffallen und die Unterschiede zu Brixen deutlich werden (Abb. 5).

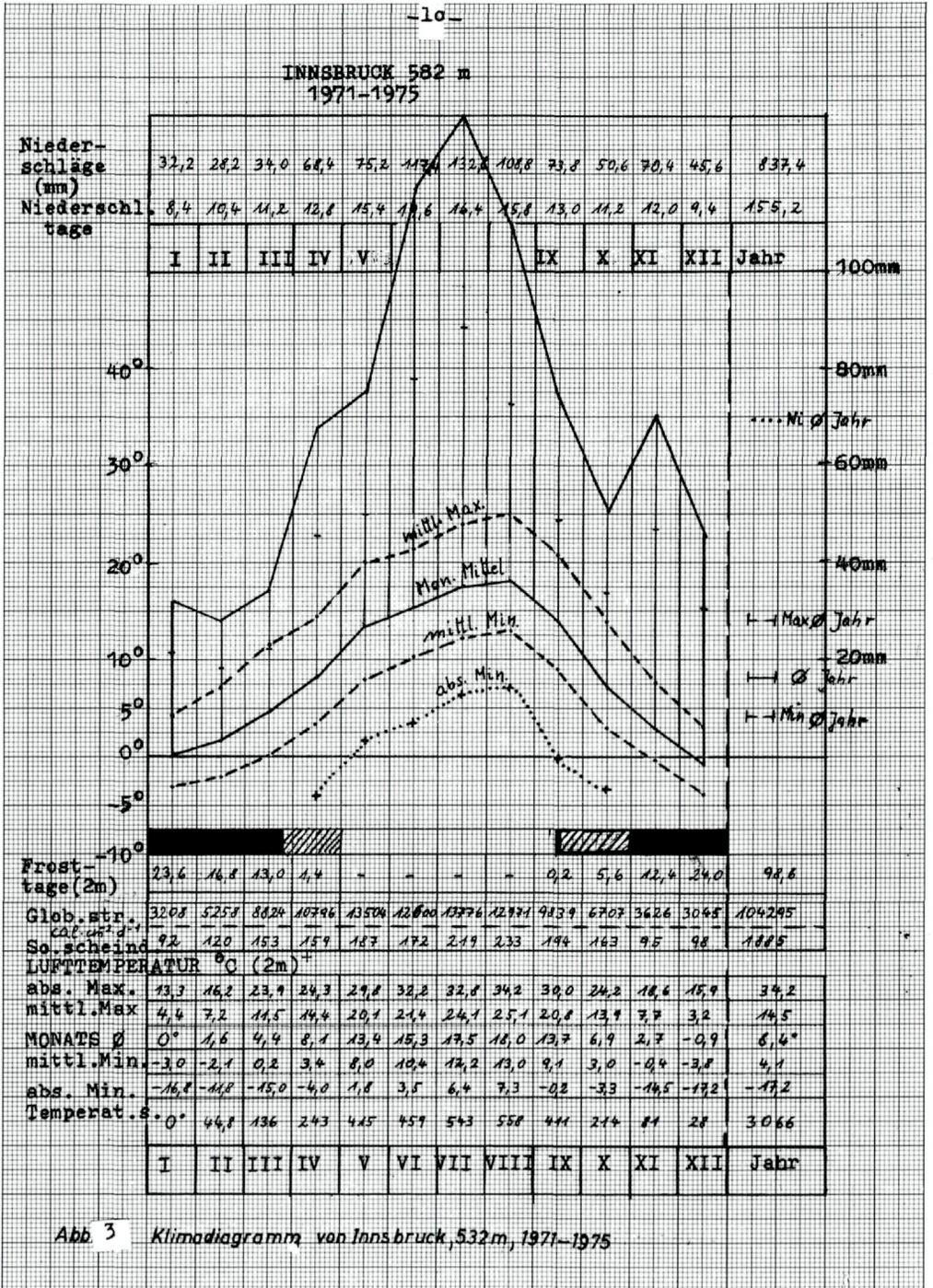
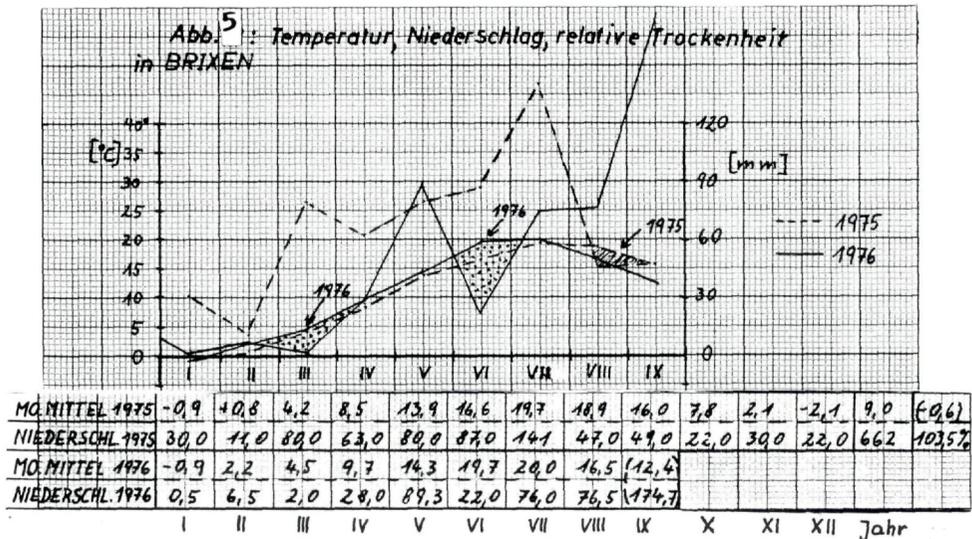
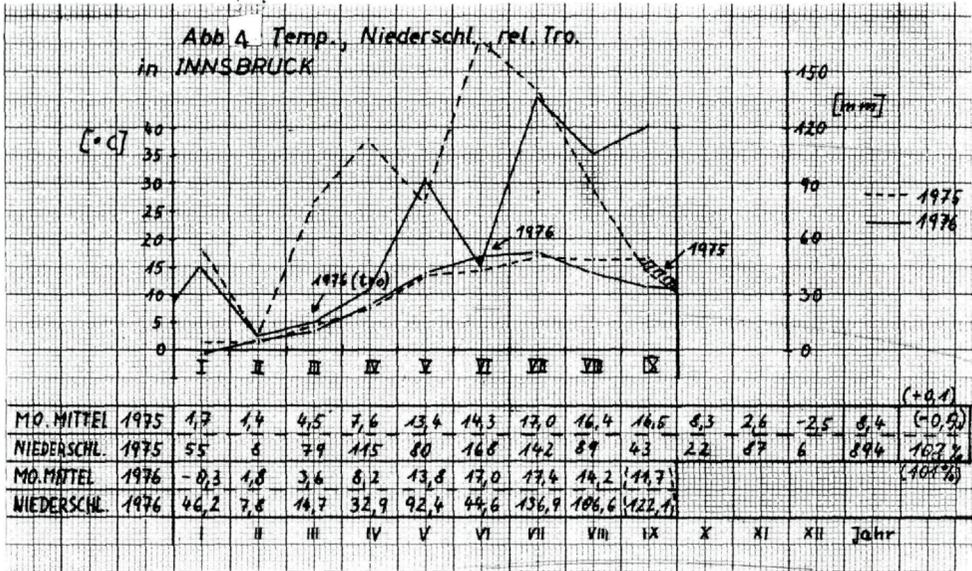


Abb 3 Klimadiagramm von Innsbruck, 532m, 1971-1975





Das umfangreiche Zahlenmaterial gestattete uns auch, die Frage zu beantworten, um wieviel wärmer der Brixener Flaumeichenraum in den Jahren 1975 und 1976 als der Eichenbestand im Botanischen Garten in Innsbruck war. Die Brixener Obstgenossenschaft stellte uns die in Tab. 2 veröffentlichten Werte zur Verfügung. Die Monatsmittel der Lufttemperatur waren im milden Winter 1975 sogar etwas geringer in Brixen! und erst im März gleich jenen von Innsbruck. Im Jänner und Februar 1975 waren die mittleren Maxima (etwa Temperaturen zwischen 12 und 14 Uhr) in Innsbruck und Brixen ähnlich, die mittleren Minima lagen aber in Brixen wieder tiefer und drückten so auch die Monatsmittel herab. Im Folgejahr 1976 lagen die Innsbrucker Wintermonatsmittel und mittleren Maxima etwa normal um 1 Grad tiefer als in Brixen.

Vom Mai bis Oktober 1975 und 1976 lagen die Temperaturen in Innsbruck um 1,5 bis 2 Grad tiefer als in Brixen und boten den Flaumeichen einen warmen, allerdings auch um etwa 25 bis 40% trockeneren Standort. Die Globalstrahlung wird nur in Innsbruck vom Meteorologischen Institut gemessen, und wir zitieren für die Versuchsjahre folgende Strahlungswerte (des Sternpyranometers):

Tabelle 3 Strahlungsverhältnisse.

	<i>cal/cm<sup>2</sup> Monat (Jahr)</i>				Beleuchtungsstärke kLux-Std.	
	1973	1974	1975	1976	1976	1975
I	2.990,9	3.360,5	3.546	3.014		3.006
II	5.107,9	4.782,5	5.813	5.806		7.639
III	9.128,4	9.093,5	7.523	8.869		8.781
IV	10.842,1	11.175,9	10.527	11.136		14.430
V	14.459,8	12.688,9	13.539	14.076	14.130	17.717
VI	12.853,7	12.347,5	11.700	15.628	17.738	15.716
VII	12.120,4	14.305,3	14.271	12.301	14.788	17.601
VIII	13.114,4	13.603,8	11.475	10.518	12.072	13.488
IX	9.524,5	9.720,0	9.950	7.993	9.856	9.840
X	6.454,0	5.549,0	6.719	6.902	<b>kLux</b>	<b>kLux</b>
XI	3.732,8	3.797,0	3.330	3.592		
XII	2.839,1	2.505,0	3.213	2.990		
Jahr	103.168,0	102.928,9	101.606	102.826 cal/cm <sup>2</sup>		

Aus den Dissertationen von Beikircher und Menneweger läßt sich auch das Mesoklima in der Gehölzgruppe im Botanischen Garten abschätzen. Im Freiland (inmitten einer 40 m entfernten Wiese gemessen) waren in 2 m Höhe in den Jahren 1973 bis 1976 die Monatsmitteltemperaturen meist um 0,2 bis 0,5 Grad größer als im Gehölzbestand (unter den Eichen), allerdings sank das mittlere Maximum im Blattschatten um 1 bis 2 Grad unter die Freilandwerte, und auch das mittlere Minimum stieg um rund 0,5 bis 1 Grad durch Behinderung der Ausstrahlung an.

Einzelwerte lassen sich aus den Folgetabellen 4 und 5 bei Bedarf entnehmen!

Tab. 4: Monatsmitteltemperaturen, mittlere Maxima und mittlere Minima in 2 m Freiland, 1,5 m Baumschicht, 10 cm Krautschicht und 3 cm Bodentiefe in den Jahren 1973, 1974 und 1975

	2 m Freiland			1,5 m Baumschicht			10 cm Krautschicht			3 cm Bodentiefe		
	Monats- mittel	mittl. Max.	mittl. Min.	Monats- mittel	mittl. Max.	mittl. Min.	Monats- mittel	mittl. Max.	mittl. Min.	Monats- mittel	mittl. Max.	mittl. Min.
1973												
I	-1,1	2,8	-3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	-2,0	3,3	-5,6	-2,1	2,4	-5,5	—	—	—	—	—	—
III	+1,6	8,3	-2,9	+1,9	7,9	-2,4	2,2	11,0	3,2	1,5	4,4	-0,3
IV	4,7	10,4	+0,4	5,1	10,3	+1,1	5,5	13,3	0,4	4,9	6,5	+3,7
V	14,1	20,7	7,5	13,5	19,4	8,6	14,0	22,0	8,3	11,9	14,6	10,0
VI	15,6	22,4	10,7	15,6	20,1	11,8	16,0	21,5	11,9	14,7	16,5	13,1
VII	16,2	22,1	11,9	16,1	20,0	12,7	16,3	21,5	12,5	15,4	16,7	14,1
VIII	17,9	25,7	12,6	18,1	22,8	14,3	18,1	24,0	13,9	16,8	18,3	15,5
IX	13,7	21,1	9,1	14,0	18,5	10,6	14,1	20,1	10,2	13,8	15,7	12,3
X	6,9	14,3	2,3	7,0	12,0	3,4	7,5	15,1	3,1	8,2	10,0	6,7
XI	1,9	8,0	-2,0	2,2	7,6	-1,4	2,6	9,9	-1,6	4,2	5,2	3,3
XII	-0,9	3,1	-4,3	-0,6	3,1	-3,7	—	—	—	—	—	—
Jahr	7,4	13,5	3,0									
1974												
I	1,3	6,1	-1,7	1,6	5,9	-1,2	—	—	—	—	—	—
II	3,5	8,9	+0,1	3,8	8,5	+0,6	3,9	11,0	-0,2	3,6	5,8	2,2
III	9,4	17,7	3,4	9,6	17,2	4,0	7,5	16,3	+1,8	6,6	9,2	4,7
IV	7,4	15,0	2,2	8,0	14,1	3,4	8,4	16,8	3,0	8,1	10,1	6,5
V	11,7	18,7	6,5	11,7	16,7	7,5	11,7	17,8	7,1	10,3	11,4	9,2
VI	14,0	20,5	9,1	13,9	18,0	10,3	14,2	19,2	10,2	13,0	14,1	12,0
VII	17,0	24,3	11,4	16,5	21,2	12,2	16,7	22,5	11,8	14,9	16,4	13,5
VIII	18,2	26,6	12,8	17,7	22,9	13,7	18,2	24,6	13,6	16,9	18,9	15,3
IX	13,5	21,1	8,6	13,2	18,1	9,3	13,7	20,1	9,3	13,4	15,0	11,8
X	4,6	9,7	1,6	4,5	8,1	2,2	5,0	10,5	1,8	5,7	7,0	4,7
XI	3,6	8,5	0,4	3,8	8,0	1,0	4,0	10,6	0,2	4,3	5,7	3,3
XII	0,4	3,9	-2,3	0,3	2,7	-1,7	0,5	5,4	-2,5	2,0	2,7	1,4
Jahr	8,7	15,1	4,3	8,7	13,5	5,1						
1975												
I	1,7	5,9	-1,4	1,8	5,7	-1,3	1,9	8,1	-1,8	1,8	3,2	0,8
II	1,4	8,4	-3,0	1,5	7,9	-2,8	1,8	11,0	-3,3	2,5	6,2	0,4
III	4,5	10,2	+0,8	4,4	9,4	+0,9	4,9	12,6	+0,4	4,9	7,8	3,1
IV	7,6	13,5	3,8	7,6	12,8	3,6	7,9	16,3	2,9	6,7	8,7	5,2

In der Krautschicht stiegen die Mitteltemperaturen um 0,5 und die Maxima um 1 bis 2 Grad über die Lufttemperatur vom März bis Juni und förderten so den Aufwuchs zahlreicher frühblühender Pflanzen, wie Oxalis, Pulmonaria, auch die randlichen Leucjum-Pflanzen und Allium ursinum profitierten noch davon.

Beikircher maß auch noch in 3 m Baumhöhe die Lufttemperatur und die mehrere Stunden beschienenen Sonnenblätter elektrisch durch fixierte Glas-Platin-Thermometer, wobei im Monatsmittel das mittlere Maximum am Eichenblatt doch 2—3 Grad höher war als in der umgebenden Luftschicht. Allerdings fällt der hohe Lichtgenuß und die Überwärmung sehr rasch vom Kronenraum nach innen zu ab und die Blattertemperaturen werden der Lufttemperatur ähnlich oder liegen nur in Sonnenflecken etwas darüber.

Tab. 5: Monatsmitteltemperaturen, mittlere Maxima und mittlere Minima in 2 m Freiland, 1,5 und 3 m Baumbestand und an Sonnenblättern

	2 m Freiland			1,5 m Baumschicht			3 m Baumschicht			Sonnenblatt-Temperatur			
	Monats- mittl.	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	abs. Max.
1975													
I	1,7	5,9	-1,4	1,8	5,7	-1,3	—	—	—	—	—	—	—
II	1,4	8,4	-3,0	1,5	7,9	-2,8	—	—	—	—	—	—	—
III	4,5	10,2	+0,8	4,4	9,4	+0,9	—	—	—	—	—	—	—
IV	7,6	13,5	3,8	7,6	12,8	3,6	—	—	—	—	—	—	—
V	13,4	20,7	8,2	13,3	18,7	8,9	13,4	19,4	8,8	14,2	23,3	8,2	32,2
VI	14,3	20,4	9,7	13,9	17,7	10,5	14,1	18,4	10,4	15,3	21,8	10,5	31,1
VII	17,0	24,5	12,0	16,6	21,0	13,1	16,6	21,5	12,7	18,4	26,4	13,4	37,0
VIII	16,4	23,4	11,8	16,6	20,7	13,3	16,7	21,4	13,0	18,1	26,9	13,1	35,9
IX	16,5	24,4	11,5	16,5	21,4	12,6	16,6	21,8	12,4	18,0	26,6	12,2	35,1
X	8,3	16,0	4,0	8,1	12,9	4,8	8,3	13,9	4,5	9,7	20,3	4,3	30,1
XI	2,6	7,2	-0,4	2,4	6,2	-0,2	2,3	6,6	-0,5	3,7	10,8	-0,4	23,8
XII	-2,5	1,9	-5,5	-2,4	1,3	-5,3	—	—	—	—	—	—	—
1976													
I	-0,3	3,8	-3,2	-0,2	3,3	-2,9	—	—	—	—	—	—	—
II	1,8	8,6	-2,4	1,8	7,9	-2,4	—	—	—	—	—	—	—
III	3,6	10,7	-1,0	3,5	9,7	-0,9	—	—	—	—	—	—	—
IV	8,2	15,7	2,9	8,2	14,9	3,0	8,3	15,1	3,0	10,2	20,5	3,3	29,9
V	13,8	22,1	8,1	13,4	19,3	8,6	13,4	19,5	8,6	15,3	25,5	8,5	36,9
VI	17,0	25,9	10,8	16,8	22,0	12,1	16,5	22,2	11,7	18,4	28,2	11,6	37,3
VII	17,4	24,5	12,5	17,5	22,0	13,9	17,0	21,9	13,3	19,4	29,5	13,4	45,0
VIII	14,2	20,3	9,8	14,3	17,9	11,4	14,2	18,4	11,0	16,2	26,5	10,7	36,9
IX	11,7	18,6	7,2	11,9	16,3	8,4	11,8	16,9	8,1	13,7	23,8	8,1	34,0
X	10,7	17,6	6,2	11,3	16,7	7,5	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 6: Mittlere Lufttemperatur (2 m) als Funktion von Globalstrahlung, Sonnenscheindauer und Beleuchtung

	Max.	Min.	7h	19h	Tages- mittel ° C	Global-	Sonnen-	Beleuch-	mittl.		
						strahl. cal/ cm <sup>2</sup> .d	schein- dauer h/Tag	tungs- stärke Klx/h	Bewöl- kung	Nieder- schlag mm/Tag	
an Trübtagen 1973											
III	8 <sup>d</sup>	+5,6	-1,8	-1,1	2,4	1,3	176,3	0,6	251,5	9,3	3,0
IV	10 <sup>d</sup>	7,2	+0,9	+2,0	3,6	3,4	206,2	0,6	231,2	9,7	3,4
V	4 <sup>d</sup>	13,6	6,1	8,5	8,8	9,2	170,0	0,5	227,6	9,3	8,0
VI	8 <sup>d</sup>	16,0	10,6	12,0	13,4	13,0	184,7	0,6	237,3	9,6	6,1
VII	8 <sup>d</sup>	17,0	11,6	12,7	14,0	13,8	225,3	1,1	303,6	9,5	5,3
VIII	6 <sup>d</sup>	19,1	12,9	13,1	16,2	15,3	206,1	1,1	278,5	9,4	3,9
IX	10 <sup>d</sup>	14,8	9,0	9,8	10,8	11,1	136,1	1,2	187,1	9,3	6,7
Mittel: III bis V	= 22 <sup>d</sup>					3,7			238,0		
Mittel: V bis IX	= 36 <sup>d</sup>					12,6			244,2		

## an Schönwettertagen 1973

III	11 <sup>d</sup>	11,8	-4,0	-2,9	4,8	2,4	398,1	9,8	441,5	1,6	—
IV	7 <sup>d</sup>	17,0	+2,5	+4,2	13,2	9,2	527,0	9,7	560,3	5,4	0,7
V	15 <sup>d</sup>	22,2	7,1	8,5	17,0	13,6	574,4	9,8	724,4	5,2	0,1
VI	12 <sup>d</sup>	26,9	10,8	12,6	19,9	17,5	621,5	11,1	765,3	4,9	1,6
VII	6 <sup>d</sup>	26,5	11,7	13,7	20,0	18,0	574,1	10,7	716,5	4,3	2,8
VIII	13 <sup>d</sup>	29,0	11,8	12,6	23,2	19,2	540,5	11,7	682,4	2,4	0,5
IX	11 <sup>d</sup>	27,1	9,4	10,0	18,5	16,2	461,4	10,8	553,5	2,3	0,8
<i>Mittel: III bis V = 33<sup>d</sup></i>						8,9			595,5		
<i>Mittel: V bis IX = 57<sup>d</sup></i>						16,7			690,1		

## an Wechselwettertagen

III	12 <sup>d</sup>	7,0	-2,5	-2,3	2,3	1,1	278,3	3,9	353,8	8,3	1,0
IV	13 <sup>d</sup>	9,3	-1,2	-0,8	5,3	3,1	391,5	5,6	430,7	7,9	0,7
V	12 <sup>d</sup>	21,1	+8,5	10,0	16,0	13,9	430,2	6,0	458,3	6,9	4,6
VI	10 <sup>d</sup>	21,9	10,5	12,1	15,9	15,1	391,8	4,7	495,5	8,2	3,8
VII	17 <sup>d</sup>	22,8	12,0	13,6	18,1	16,6	404,2	5,4	503,7	7,4	3,5
VIII	12 <sup>d</sup>	25,3	13,3	14,0	18,1	17,7	404,1	6,5	527,4	7,1	5,2
IX	9 <sup>d</sup>	20,7	8,9	9,6	14,5	13,4	343,1	6,4	418,9	5,4	1,9
<i>Mittel: III bis V = 37<sup>d</sup></i>						6,0			414,9		
<i>Mittel: V bis IX = 60<sup>d</sup></i>						15,7			485,8		

*Beleuchtungsverhältnisse:*

In der Ökophysiologie ist als Grundlage der Stoffproduktion die Kenntnis der Lufttemperatur (Blattemperatur) und der Einstrahlung ( $\text{cal}/\text{cm}^2$ ) oder, leichter meßbar, der Beleuchtungsstärke (Kilolux pro Stunde) nötig. Wir haben von der am Institutsdach frei montierten Luxzelle mit horizontaler Exposition den Gang der Beleuchtungsstärke witterungsabhängig registriert und so Richtwerte für frei stehende voll besonnte Eichenblätter gewonnen. Im Kronenbaum der Eiche war in 8 m Höhe eine zweite Luxzelle montiert, welche das Innenlicht im Kronenbaum erfaßte.

Die Dachmessungen ließen uns bei stundenweiser Auswertung auch Tagessummen und Monatssummen errechnen und den Zusammenhang von Beleuchtung und Lufttemperatur erkennen. Ökologisch besser erwies sich im Sinne einer dynamischen Wetterlagenklimatologie die Wertverteilung auf

1. Trübtage (mit etwa 70 bis 100 % Bewölkung, oft mit Regen!)
2. Wechselwettertage (mit schwankender Bewölkung und mäßiger Erwärmung!)
3. Schönwettertage (mit 0 bis 30 % Bewölkung, warmer bis heißer Witterung und hoher Stoffproduktion!)

Wie Tabelle 6 näher erläutert, bewirkten Schönwettertage im März und April 1973 bei geringer Bewölkung (um 16 %, max. 30 %) zufolge hoher Globalstrahlung von 400 bis 527  $\text{cal}/\text{cm}^2$  d starke Erwärmung. Die mittleren Maxima stiegen von 11,8 (März) auf 17<sup>0</sup> im April an, die Tagesmittel von 2,4<sup>0</sup> auf 9,2<sup>0</sup> (April) und die Frühblüher assimilierten gut. Auch die Minimaltemperaturen (-2,9<sup>0</sup> im März) stiegen im April auf 4,2<sup>0</sup>. In der Hauptvegetationszeit vom Mai bis September sind *Schönwettertage* produktionsfördernd, da die Einstrahlung 1973 von 574 bis 622  $\text{cal}/\text{cm}^2$  d anstieg und auch im feuchteren Jahr 1975 zwischen 513 und 600  $\text{cal}/\text{d}$  erreichte. (Tabelle 7). Die Tagesmitteltemperaturen lagen 1973 zwischen 17,5<sup>0</sup> (VI) und 19,2<sup>0</sup>

(VIII), die mittleren Maxima zwischen 22<sup>0</sup> (V) und 29<sup>0</sup> (VIII). Auch 1975 wurden an den Schönwettertagen vom Mai bis August im Mittel 17,7<sup>0</sup> (VI) und 18,8<sup>0</sup> (VIII) erreicht und mittl. Maxima von 23,8<sup>0</sup> (V) 26,5 (VI) und 27,8 (VIII) errechnet.

An Trübtagen gingen die Tagesmittel über 13<sup>0</sup> (VI 73) 13,1 (VI 75) bzw. 15,3<sup>0</sup> (VII 73) und 15,2<sup>0</sup> (IX 1975) wenig hinaus und die mittleren Maxima blieben nur bei 14 bis 19<sup>0</sup> (1973) bzw. 15<sup>0</sup>—21<sup>0</sup> (V, IX 1975).

Da die Globalstrahlung zwischen 170 und 225 cal/cm<sup>2</sup> täglich blieb und die Beleuchtungsstärke um 230—300 Kiloluxstunden/pro Tag schwankte war die Stoffproduktion entsprechend geringer als an Schönwettertagen mit Beleuchtungsstärken um 650 bis 750 kLuxstunden.

Es gab von Mai bis September	1973	1975	1976
Trübtage	36	34	51
Wechselwetter	60	57	50
Schönwettertage	57	61	52

Tab. 7: Beleuchtungsstärke in Kiloluxstunden

an Trübtagen 1975

																kLux/d	
																∅	
																Tages	
																Summe	
1975		5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	
V	(5 <sup>d</sup> )	3,4	11,4	18,0	29,4	39,6	33,6	38,2	44,8	37,6	29,4	20,4	12,6	8,2	5,0	/	331,6
VI	(6 <sup>d</sup> )	3,0	7,3	11,3	16,0	23,5	23,7	21,0	28,2	27,2	29,0	22,8	17,2	10,2	8,2	2,3	249,2
VII	(5 <sup>d</sup> )	3,0	7,0	13,0	18,4	28,6	37,0	38,8	26,0	25,8	25,4	26,0	18,4	11,4	6,2	1,6	286,6
VIII	(11 <sup>d</sup> )	0,4	2,0	3,7	8,0	14,7	21,8	25,2	22,2	19,4	16,4	10,6	4,9	1,8	/		173,8
IX	(7 <sup>d</sup> )	/	1,0	4,4	11,9	16,9	30,6	37,6	37,3	20,8	26,0	16,7	6,0	1,3	/	/	210,0
∅ V	(34 <sup>d</sup> )	1,96	5,7	10,1	16,7	24,7	29,3	31,5	32,3	26,7	25,8	20,5	13,0	7,2	4,2	0,8	250,2
IX																	Veget. Zeit-Mittel

an Wechselwettertagen 1975

																kLux/d	
																∅	
																Tages	
																Summe	
1975		5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	
V	(10 <sup>d</sup> )	4,1	12,6	22,5	39,4	48,4	61,8	65,6	64,2	57,1	48,0	42,6	24,8	16,8	7,0	/	514,9
VI	(15 <sup>d</sup> )	6,3	15,0	25,3	36,7	43,2	49,4	54,6	58,9	49,1	46,9	46,7	33,1	17,6	9,3	3,7	495,9
VII	(9 <sup>d</sup> )	3,2	8,2	16,2	26,1	45,5	57,2	68,5	67,0	58,2	43,3	32,1	20,5	12,9	7,0	2,1	486,6
VIII	(10 <sup>d</sup> )	1,3	5,8	16,1	35,2	49,1	50,7	67,0	70,3	72,9	60,0	34,9	17,8	5,5	3,3	/	491,8
IX	(13 <sup>d</sup> )	/	2,6	9,9	24,5	37,0	45,9	45,8	45,5	42,3	36,1	25,8	13,4	4,2	0,3	/	333,5
∅ V	(57 <sup>d</sup> )	3,0	8,8	18,0	32,4	44,6	53,0	60,3	61,2	55,9	46,9	36,4	21,9	11,4	5,4	1,2	460,9
IX																	Veget. Zeit-Mittel

an Schönwettertagen 1975

																kLux/d	
																∅	
																Tages	
																Summe	
1975		5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	
V	(16 <sup>d</sup> )	7,7	19,7	39,2	55,9	66,4	73,3	74,2	75,8	75,0	67,2	55,9	42,0	20,5	7,9	/	680,6
VI	(9 <sup>d</sup> )	7,3	20,4	31,5	51,1	66,9	77,5	84,4	82,7	83,5	77,3	70,5	54,1	32,8	12,0	4,3	756,8
VII	(17 <sup>d</sup> )	4,8	11,0	23,1	42,6	59,0	73,5	82,5	89,4	87,6	78,0	68,8	44,6	24,5	10,6	3,5	703,9
VIII	(10 <sup>d</sup> )	2,5	9,5	21,4	41,8	60,8	74,6	82,4	87,6	76,4	69,7	56,2	37,0	21,8	7,4	1,3	650,7
IX	(10 <sup>d</sup> )	/	2,6	9,7	24,4	37,5	49,4	57,9	61,4	58,7	49,8	31,6	16,7	4,6	0,1	/	404,4
∅ V	(61 <sup>d</sup> )	3,0	12,6	25,0	43,2	58,1	69,7	76,3	79,4	76,2	68,4	56,6	38,9	20,8	7,6	1,8	639,3
IX																	Veget. Zeit-Mittel

## Summe insgesamt von Mai bis Oktober 1975

V	(31 <sup>d</sup> )	197	497	947	1435	1741	1959	2032	2080	1962	1701	1421	963	535	225	/	17715
																	Mon.-Mittel
VI	(30 <sup>d</sup> )	175	451	753	1115	1407	1596	1694	1818	1652	1524	1462	1057	577	287	106	15674
																	Mon.-Mittel
VII	(31 <sup>d</sup> )	123	293	601	1052	1555	1949	2217	2253	2142	1841	1585	1033	593	276	87	17600
																	Mon.-Mittel
VIII	(31 <sup>d</sup> )	41	175	422	864	1269	1519	1762	1871	1740	1521	1112	687	362	125	18	13488
																	Mon.-Mittel
IX	(30 <sup>d</sup> )	/	68	253	640	977	1304	1432	1463	1281	1151	969	386	110	9	/	9841
																	Mon.-Mittel
∅ <sup>V</sup> IX <sup>(153<sup>d</sup>)</sup>		107	297	595	1021	1390	1665	1827	1897	1755	1548	1269	829	435	184	42	485,7
																	Tages-Mittel der Veg.-Zeit 100 %
%		0,7	2,0	4,0	6,9	9,4	11,2	12,3	12,8	11,8	10,4	8,5	5,6	2,9	1,2	0,3	

	Lufttemperatur				∅	Globalstrahlung		Sonnenschein- dauer Std.	Niederschlag mm	Niederschlags- tage	Bewöl- kung
	1975	Max.	Min.	7h		19h	Tag				

## Trübtage

V	15,4	8,2	9,2	11,9	11,2	211,8	1059,0	0,8	16,3	4	9,6
VI	16,6	9,8	11,2	14,3	13,1	214,0	1284	1,3	44,0	5	8,9
VII	16,2	9,8	9,9	12,7	12,0	235,4	1177	3,0	29,9	5	9,0
VIII	16,7	10,0	11,6	14,0	13,3	182,2	2004	1,1	62,1	10	9,3
IX	21,6	11,4	11,8	16,0	15,2	263,4	1844	4,2	7,4	5	8,8
∅	17,3	9,9	10,7	13,8	13,0	221,4	1107	2,1	(31,9)	5,8	9,12

## Wechselwettertage

V	18,4	7,7	8,4	14,4	12,2	372,5	3725	4,9	57,8	5	8,13
VI	18,2	8,9	10,2	14,0	12,8	334,0	5010	2,8	101,0	12	8,7
VII	24,7	13,0	13,7	17,9	17,3	421,5	3793,5	5,6	89,9	8	7,4
VIII	26,3	11,8	12,2	18,8	17,3	424,8	4248	7,6	17,7	3	7,6
IX	24,9	11,9	12,1	19,1	17,0	337,3	4384,9	6,8	33,3	6	6,5
∅	22,5	10,7	11,3	16,8	15,3	378,0	1890,1	5,5	60,1	6,8	7,7

## Schönwettertage

	Ni über 0,1 mm										
V	23,8	8,5	9,1	18,0	14,0	546,8	8784,8	9,4	6,3	6	5,13
VI	26,5	11,0	12,4	20,9	17,7	600,7	5406,3	10,4	21,8	2	5,2
VII	26,9	12,3	22,7	21,3	18,3	547,1	9300,7	10,3	21,9	6	4,3
VIII	27,8	12,7	13,2	21,6	18,8	513,4	5134	10,8	9,3	3	3,9
IX	25,8	11,2	11,4	19,1	16,9	372,1	3721	8,3	2,3	3	2,76
∅	26,2	11,1	11,8	20,2	17,3	516,0	2580,1	9,8	12,3	4,0	4,3

Monats-  
summe

V	20,7	8,2	8,9	15,8	13,4	13532,8	436,5	192,5	80,4	15	6,9
VI	20,4	9,7	11,2	16,1	14,3	11700,0	390,0	143,7	167,7	19	7,7
VII	24,5	12,0	12,5	18,9	17,0	14271,2	460,0	237,0	141,7	19	5,9
VIII	23,4	11,8	12,3	18,1	16,4	11475,2	370,0	199,7	88,8	16	6,1
IX	24,4	11,5	11,8	18,4	16,5	9950,0	332,0	201,0	42,7	14	5,8
153 <sup>d</sup> ∅	22,7	10,6	11,3	17,5	15,5			194,8/ Mon	104,3		6,5
Su						60929,2		973,9 Std	521,3		
						V-IX		V-IX	V-IX		

Stundenweise aufgeschlüsselt herrschen gem. Tabelle 7 links

an *Trübtagen* im Jahre 1975 (im Mittel von Mai bis September an 34<sup>d</sup>)

von 6 — 9 Uhr nur 5700 — 16.700 Luxstunden

von 10 — 13 Uhr um 29000 — 32.000 Lux

von 16 — 18 Uhr um 13000 — 4.000 Lux

und behinderten damit die Stoffproduktion durch herabgesetzte Photosynthese.

an *Schönwettertagen* im Jahre 1975 (61<sup>d</sup> von V-IX)

von 6 — 9 Uhr um 12.000 — 43.000 Lux

von 10 — 13 Uhr 69.000 — 79.000 Lux

16 — 18 Uhr 39.000 — 7.000 Luxstunden

was die Photosynthese trotz Erwärmung und höherer Atmung beachtlich förderte und auch tieferliegenden Blättern bessere Beleuchtung zukommen ließ.

In hohen Eichen nimmt das Licht im Kroneninneren rasch ab.

Beikircher maß an einem heiteren Tag (80.000 Lux 12—13 Uhr) an den Kronenrandblättern in 14—17 m Höhe nur mehr 30—70 % davon, in 14 m Höhe 20—30 % (1,5 m vom Stamm entfernt) und 10—20 % am Stamm. Von 11—8 m Höhe sinkt die Beleuchtung von 20—30 % auf 10—15 % des Außenlichtes ab, und schließlich beträgt das Licht in 2—4 m Entfernung vom Boden 2—4 % des Außenlichtes, etwa 3000—4000 Lux. An Trübtagen beträgt es allerdings nur 800—2500 Lux (minimal 150 Lux).

Auch im Stamser Eichenwald wurden an einem heiteren Tag (90.000 Lux Außenlicht) die Lichtverhältnisse aufgenommen. Die untersten Äste beginnen in 3—4 m Höhe, ihre Blätter erhielten im Minimum 900—1000 Lux Oberlicht, 400—500 Lux Unterlicht. Im typischen Lichtfleckenmosaik hatten

große Lichtflecke	noch um 60.000 Lux
kleine Lichtflecke	10.000 — 30.000 Lux
lichte Waldstellen	etwa 2.000 Lux
schattige Waldstellen	um 1.000 Lux

Bäume am südlichen Waldrand erhielten zu Mittag mit der Hälfte ihrer Blätter etwa 71—28 % des Außenlichtes und mit der anderen Hälfte nur mehr 15—2 %. Die Belichtung dieser Innenblätter schwankt auch bei aufkommendem Wind etwas, so daß ganz extreme Schattenblätter (300 Lux) auch kurzzeitig etwas mehr bekommen können.

Die Krautschicht erreicht etwa 20 cm Höhe. Bei einem 9 m<sup>2</sup> Areal finden wir, daß

20 % des Areals mit etwa	1.000 Lux beleuchtet wird
20 % des Areals mit	5.000 Lux
10 % des Areals mit	10.000 Lux
20 % des Areals mit	15.000 — 20.000 Lux beleuchtet wird

und nur 30 % bessere Lichtversorgung genießt (30.000 — volles Licht).

Aus Extinctionsmessungen errechnete Beikircher für den Stamser Eichenwald einen Blattflächenindex von 4,4, so daß etwa 4,4 m<sup>2</sup> Blätter über dem Quadratmeter Boden im Mittel stehen werden.

Die Blattertemperatur der Eichenblätter im Botanischen Garten wurde sowohl 1975 wie 1976 registriert. Süd- oder südwestexponierte Sonnenblätter liegen mit ihren Monatsmitteln 2 bis 3 Grad über der Lufttemperatur, mit ihren mittleren Maxima auch 3 bis 6 Grad höher. Allerdings sind im Baumbestand nur selten Einzelblätter den ganzen Tag voll bestrahlt und nehmen bei trüber Witterung oder wolkigem Wechselwetter bald Lufttemperaturen an. Etwa ein Drittel aller Eichenblätter wird also für einige Stunden im Schönwetter oder hellen Wechselwetter überwärmt, zwei Drittel aller Blätter der Baumkrone sind Schattenblätter, die nur durch Lichtflecke etwas mehr Wärme genießen oder für einige Stunden streifenartig besser bestrahlt und etwas erwärmt werden.

Tabelle 8 bringt die Meßergebnisse beider Versuchsjahre, wobei die Lufttemperaturen in der 3 m Baumschicht etwa Schattenblattertemperaturen nahekommen.

Tab. 8: Monatsmitteltemperaturen, mittlere Maxima und mittlere Minima in 2 m Freiland, 1,5 und 3 m Baumbestand und an Sonnenblättern

	2 m Freiland			1,5 m Baumschicht			3 m Baumschicht			Sonnenblatt-Temperatur			
	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Monats- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	abg. Max.
1975													
I	1,7	5,9	-1,4	1,8	5,7	-1,3	—	—	—	—	—	—	—
II	1,4	8,4	-3,0	1,5	7,9	-2,8	—	—	—	—	—	—	—
III	4,5	10,2	+0,8	4,4	9,4	+0,9	—	—	—	—	—	—	—
IV	7,6	13,5	3,8	7,6	12,8	3,6	—	—	—	—	—	—	—
V	13,4	20,7	8,2	13,3	18,7	8,9	13,4	19,4	8,8	14,2	23,3	8,2	32,2
VI	14,3	20,4	9,7	13,9	17,7	10,5	14,1	18,4	10,4	15,3	21,8	10,5	31,1
VII	17,0	24,5	12,0	16,6	21,0	13,1	16,6	21,5	12,7	18,4	26,4	13,4	37,0
VIII	16,4	23,4	11,8	16,6	20,7	13,3	16,7	21,4	13,0	18,1	26,9	13,1	35,9
IX	16,5	24,4	11,5	16,5	21,4	12,6	16,6	21,8	12,4	18,0	26,6	12,2	35,1
X	8,3	16,0	4,0	8,1	12,9	4,8	8,3	13,9	4,5	9,7	20,3	4,3	30,1
XI	2,6	7,2	-0,4	2,4	6,2	-0,2	2,3	6,6	-0,5	3,7	10,8	-0,4	23,8
XII	-2,5	1,9	-5,5	-2,4	1,3	-5,3	—	—	—	—	—	—	—
1976													
I	-0,3	3,8	-3,2	-0,2	3,3	-2,9	—	—	—	—	—	—	—
II	1,8	8,6	-2,4	1,8	7,9	-2,4	—	—	—	—	—	—	—
III	3,6	10,7	-1,0	3,5	9,7	-0,9	—	—	—	—	—	—	—
IV	8,2	15,7	2,9	8,2	14,9	3,0	8,3	15,1	3,0	10,2	20,5	3,3	29,9
V	13,8	22,1	8,1	13,4	19,3	8,6	13,4	19,5	8,6	15,3	25,5	8,5	36,9
VI	17,0	25,9	10,8	16,8	22,0	12,1	16,5	22,2	11,7	18,4	28,2	11,6	37,3
VII	17,4	24,5	12,5	17,5	22,0	13,9	17,0	21,9	13,3	19,4	29,5	13,4	45,0
VIII	14,2	20,3	9,8	14,3	17,9	11,4	14,2	18,4	11,0	16,2	26,5	10,7	36,9
IX	11,7	18,6	7,2	11,9	16,3	8,4	11,8	16,9	8,1	13,7	23,8	8,1	34,0
X	10,7	17,6	6,2	11,3	16,7	7,5	—	—	—	—	—	—	—

(etwa auch Schattenblatt-  
Temperaturen)

Die Hitzeresistenz von Eichenblättern und Hainbuchenblättern ist beachtlich hoch, so daß sie mehrstündige Übertemperaturung gut ertragen. Bei der Prüfung wurden pro Temperaturstufe

mehrere Blätter jeweils eine Stunde lang, in Nylonsäcken luftumhüllt, in eine große Wanne gegeben, mit 10.000 Lux belichtet. Das Wasserbad übertrug die Temperatur rasch und genau (Konstanz etwa  $\pm 0,2$  Grad). Anschließend wurden die Proben 2-3 Tage eingefrischt stengelassen und dann die entstandenen Schäden beurteilt. Bei 1-2 Monate alten Blättern werden 45 bis 46 Grad gut überstanden, erst 47 bis 48 Grad bringt Teilschäden, 51 bis 52 Grad Totalschäden. Ältere Blätter vertragen 47 bis 48 Grad gerade noch, 49 bis 50 Grad bewirkt Teilschäden, über 52 Grad wohl Totalschaden. Im einzelnen fand Beikircher folgende geringe Artendifferenzen:

*Hitzeresistenz von 1-2 Monate alten Blättern*

	45 <sup>0</sup> C-46 <sup>0</sup> C	47 <sup>0</sup> -48 <sup>0</sup> C	49 <sup>0</sup> -50 <sup>0</sup> C	51 <sup>0</sup> C-52 <sup>0</sup>	54 <sup>0</sup> C
Carpinus betulus	1-2 % Schäden	30-50 %	80-100 %	total	
Quercus robur	0-2 %	10-50 %	50- 80 %	total	
Quercus pub.	0 %	10-40 %	50- 70 %	90-95 %	total
Quercus pet. (Vahrn)	1 %	5-10 %	10-15 %	50-70 %	90 % bis total

*Hitzeresistenz von älteren Blättern*

	45 <sup>0</sup> -46 <sup>0</sup> C	47 <sup>0</sup> -48 <sup>0</sup> C	49 <sup>0</sup> -50 <sup>0</sup> C	51 <sup>0</sup> -52 <sup>0</sup> C	53 <sup>0</sup> -54 <sup>0</sup> C
Carpinus betulus	/	10-25 %	50-80 %	95-100 %	total
Quercus robur	/	0- 5 %	20-40 %	85-100 %	total
Quercus pub.	/	0- 1 %	1- 5 %	60- 80 %	total
Quercus pet. (Vahrn)	/	/	5-15 %	85- 90 %	98 % bis total
Querc. pet. (Ötz)	/	/	10-20 %	90-100 %	

*Quercus petraea* aus Ötz ist nach eigener Untersuchung etwas weniger widerstandsfähiger als die aus Vahrn.

*Transpiration von Eiche und Hainbuche.*

Die Intensität der Transpiration hängt ab von Blattfläche, Blattemperatur, Luftfeuchte und Beleuchtungsintensität. Aus den Assimilationsreihen konnte gut geschlossen werden, bei welchem Wasserdefizit die Stomata schließen. Wir fanden in den einzelnen Lichtstufen

Spaltenschluß	bei 5.000 Lux	bei 10.000 Lux	bei 30.000 Lux
Quercus robur Sonnenblatt	18,7 % Wass. Def.	19,3 % W. D.	20,6 %
Quercus robur Schattenblatt	18,5 %	16,5 %	23,0 %
Carpinus bet. Sonnenblatt	11,0 %	13,1 %	13,7 %
Carpinus bet. Schattenblatt	12,0 % Wass. Def.	12,8 % W. D.	16,1 % W. D.

Transpirationsversuche wurden mit gut wasserversorgten Eichenästen von 4006 g Gesamtgewicht (964 g Blattfrischgewicht) bzw.

920 g Gesamtgewicht (340 g Blattfrischgewicht) über mehrere Tage

durchgeführt und dabei Transpirationswerte für 80.000 Lux (28-26 Grad), 60.000 und 40.000 Lux gewonnen sowie auch einige bei 18.000, 9.000 und 3.000 Lux (20-21<sup>0</sup>) erhoben. Vom 2 m<sup>2</sup>-Areal der Versuchszweige lagen nur 3/5 aller Blätter voll bis gut besonnt, etwa 2/5 im Halbschatten.

Die Transpiration an mittleren Schönwettertagen betrug während der Tagesstunden (mittl. Maxima 26-28<sup>0</sup>) etwa 2,8 g H<sub>2</sub>O/g F. G. mal Stunde,

im Schwachlicht bzw. Kronennordteil etwa 1,06 g H<sub>2</sub>O/g F. G. mal Stunde (um 5000 Lux, 18-20<sup>0</sup>),

und die Nachttranspiration war nur mehr 0,12 g H<sub>2</sub>O/g F. G. mal Stunde.

Bei voll entwickeltem Blattareal kann man im Juli und August im Baummittel gemäß der Verteilung von Sonnen-/Schattenblättern etwa in Rechnung stellen:

Transpiration während der Tagesstunden	2,1 g Wasser/g F. G. stündlich
Transpiration während der Nachtstunden	0,12 g Wasser/g F. G. stündlich
Tagestranspiration	2,22 g Wasser/g F. G. stündlich

Entsprechend der Laubentwicklung unserer 17 m hohen Eiche, welche etwa 140 Äste in Art der Versuchssäste besaß und etwa 135 kg Blattmasse im Juli und August trug, fanden wir überschlagsmäßig folgende Transpirationswerte für

Mai	etwa 5585 kg	August	9310 kg
Juni	9010 kg	September	8830 kg
Juli	9310 kg		

so daß die Gesamttranspiration vom Mai bis September etwa 42 Tonnen Wasser erforderte. Der Baum bedeckt ein 12x12 m Areal und erhielt auf 144 m<sup>2</sup> vom Mai bis September 500 mm (Liter/m<sup>2</sup>) Regen, also 72 Tonnen Wasser. Er benötigte davon 42 to (58%), der Rest lief ab und verdunstete.

Unsere große Hainbuche hatte ein 81 m<sup>2</sup> Areal, das vom Mai bis September etwa 41 to Wasser erhielt. Sie benötigte für Verdunstung, überschlagsmäßig berechnet, etwa 20 to, also die Hälfte. Die Transpiration der Hainbuche ist etwas geringer, im Baummittel betrug sie während der Tagesstunden 1,92 g Wasser/g F. G. und Stunde, in der Nacht 0,16 g, so daß die Tagestranspiration etwa bei 2,08 g Wasser/g F. G. und Stunde lag.

Trockensubstanzbildung, Photosynthese und Dunkelrespiration bei *Eichen und Hainbuchen*.

Der Trockensubstanzzuwachs als Resultante von täglicher Nettophotosynthese und nächtlicher Veratmung läßt sich durch die NAR-Werte leicht und sicher durch 14tägige Zuwachsproben bestimmen. Man verwendet die übliche Formel

$\frac{T_2 - T_1}{F_2 + F_1} \cdot d$  Trockengewichtsdifferenz

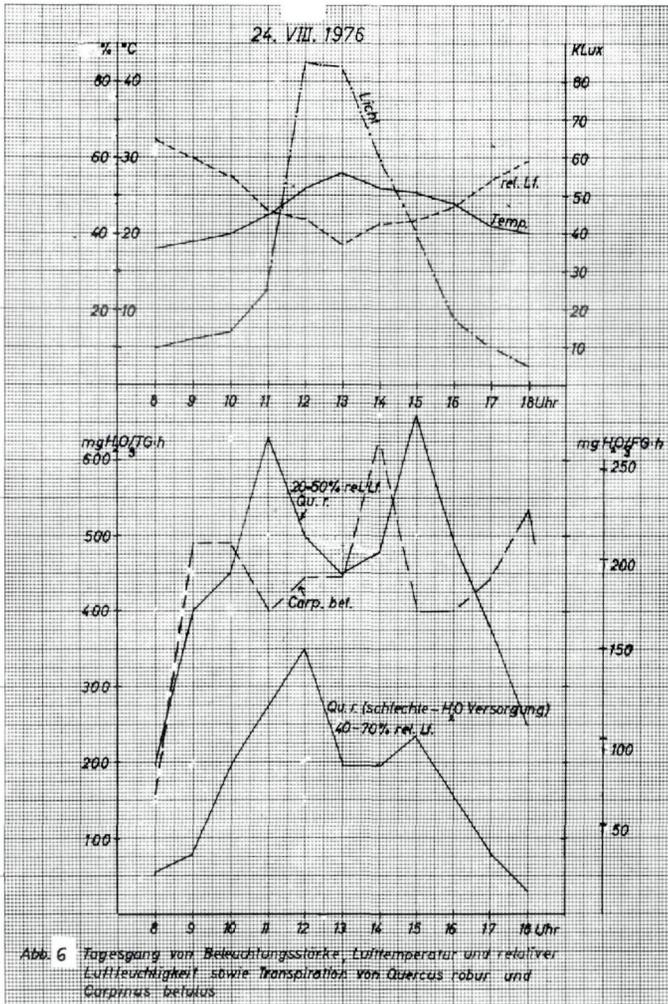
$\frac{T_2 - T_1}{F_2 + F_1} \cdot d$

2 (Tagzahl) mal mittl. Blattfläche

und bekommt den täglichen Zuwachs in Gramm pro  $m^2$  Blattfläche oder, anschaulicher, den täglichen Zuwachs in Milligramm pro  $10\text{ cm}^2$  Fläche.

Menneweger bestimmte die NAR-Werte in den Jahren 1973 und 1974, Beikircher 1975 und 1976.

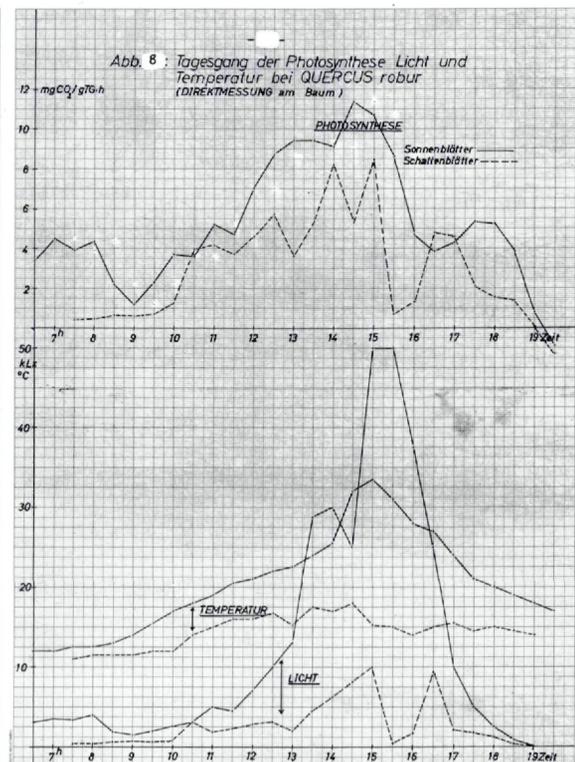
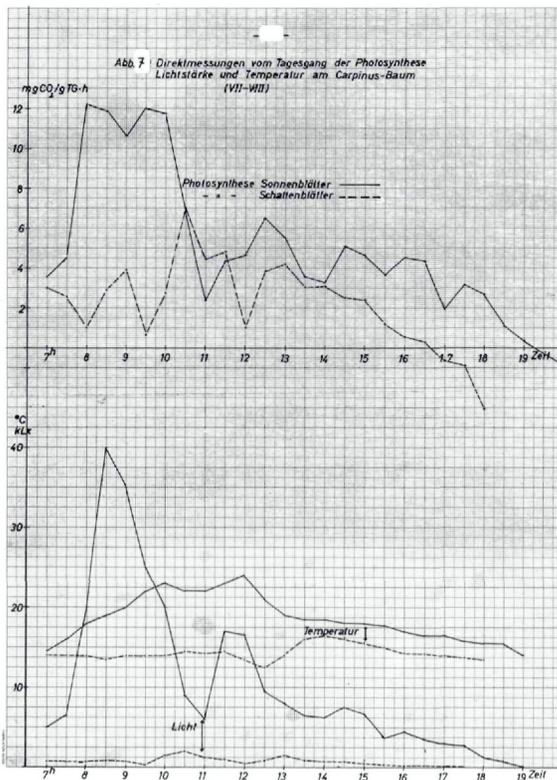
Aus den Tabellen 9 und 10 sieht man, daß nur die Anfangswerte Ende April/Anfang Mai 1974, 75, 76 wegen guter Besonnung ziemlich hoch liegen und zwischen 3,5, 3,8, 7,4 und sogar  $8,75\text{ mg}/10\text{ cm}^2 (= \text{g}/m^2)$  bei *Quercus robur*-Bäumen schwanken und dann mit zunehmender gegenseitiger Beschattung gegen 2 und  $1\text{ mg}/10\text{ cm}^2$  abnehmen. Nur anfänglich werden alle gebildeten Assimilate zum Blattaufbau verwendet, ab Juni wird in die Zweige und im Stamm gelagert, und schließlich wird vor dem Einziehen der NAR-Wert durch Stoffrücklagerung auch leicht negativ.



Die Flaumeichen *Q. pubescens* liegen in ähnlichen Bereichen, 6, 4, 1 mg. Nur die Hainbuchen bleiben zwischen 4, 2,8, und 1,4 mg/10 cm<sup>2</sup> pro Tag.

Abb. 6 beschreibt die Transpiration von Eichen (*Quercus robur*) bei guter und schlechterer Wasserversorgung und zeigt, daß Hainbuchen (*Carp. bet.*) ähnliche Spitzenwerte um 250 mg Transpiration pro Gramm Frischgewicht und Stunde erreichen, wenn die Beleuchtung um 60.000-80.000 Lux liegt.

Abb. 7 und Abb. 8 beschreibt Tagesgänge der Photosynthesemessung, wobei Plexiglas-kammern über Hainbuchen-Sonnen- und Schattenblätter sowie Eichen-Süd- und Nordblätter gestülpt wurden. Die Meßleitungen führten Probenabluft und Vergleichsluft über 40 m zum Uras im Institut. Bei 40.000 bis 50.000 Lux Einstrahlung wurden immerhin von den Eichenblättern um 12 mg CO<sub>2</sub>/Gramm Trockengewicht stündlich gebunden, von der Hainbuche um 11 mg (10 mg), wogegen in den Schattenbereichen der Bäume nur 4-6 mg CO<sub>2</sub> assimiliert wurden. Kleinluxzellen und Glas-Platin-Temperaturfühler registrierten das Küvettenklima mit und gaben so einen vollen Tagesgang im Baum. Die Photosynthesewerte abgeschnittener wasserversorgter Blätter sind bei gleichem Licht und gleicher Temperatur den »Direktmessungen« gleich, so daß weiterhin in allen Reihen nur mit abgeschnittenen Blättern gearbeitet werden konnte.



Tab. 9: Trockengewichtsveränderung bei Blättern von Eiche und Hainbuche  
(nach Menneweger, 1976).

QUERCUS robur (freie Eiche)

1973					1974				
Datum	TG mg	Flä. cm <sup>2</sup>	NAR mg/10cm <sup>2</sup> . d	mittl. Temp. d. Periode	Datum	TG mg	Flä. cm <sup>2</sup>	NAR mg/10cm <sup>2</sup> . d	mittl. Temp. d. Periode
					26. 4.	26	6,6		
					9. 5.	98	24,8	= 3,52	9,1
					16. 5.	176	36,7	= 3,62	9,5
					23. 5.	216	46,0	= 1,38	13,9
24. 5.	139	27,1	= 3,99	14,4				= 0,21	
30. 5.	216	37,2	= 0,06	15,7					
14. 6.	220	43,0	= 1,45	16,1	14. 6.	234	28,7		12,8
5. 7.	383	63,8	= -0,77	15,6				= 0,01	15,1
30. 7.	285	37,7	= -0,45	17,8	23. 7.	236	31,5		
3. 9.	225	37,4			6. 8.	231	33,6	= -0,10	18,6

QUERCUS robur (neben Quercus pub.: Schatten)

					26. 4.	10	0,6		
					9. 5.	74	12,7	= 7,41	9,1
					16. 5.	117	27,5	= 3,05	9,5
					23. 5.	179	46,2	= 2,40	13,9
24. 5.	87	24,0	= 6,36	14,4				= 1,08	12,8
30. 5.	208	39,4	= 0,0	16,3					
7. 6.	208	39,4	= 0,04	15,7	14. 6.	312	65,6		
30. 7.	219	50,0	= 0,32	17,8	23. 7.	315	44,13	= 0,01	15,1
3. 9.	275	49,1			6. 8.	289	45,5	= -0,41	18,6

QUERCUS pubescens

10. 5.	43	12,4							
			= 2,15	14,7	16. 5.	177	32,6		
24. 5.	90	18,9	= 5,57	14,4	23. 5.	217	41,2	= 1,54	13,9
30. 5.	180	35,0	= 0,11	16,3				= 0,83	12,8
7. 6.	183	28,5	= 0,26	15,8	14. 6.	298	46,7		
5. 7.	212	49,5	= 0,19	15,6				= 0,17	15,1
30. 7.	232	31,8	= -0,70	17,8	23. 7.	333	53,2		
					6. 8.	324	45,0	= -0,13	18,6
3. 9.	163	24,3			9. 9.	309	40,6	= -0,10	16,7

CARPINUS betulus

					18. 4.	48	8,0		
					26. 4.	87	17,0	= 3,90	5,5
					9. 5.	119	21,8	= 1,26	9,1
					16. 5.	178	36,8	= 2,87	9,5
					23. 5.	207	27,8	= 1,15	13,9
30. 5.	30	16,7							
7. 6.	96	25,8	= 2,27	16,3				= 0,0	14,5
14. 6.	98	26,5	= 0,10	14,9					
28. 6.	122	30,8	= 0,59	15,0					
5. 7.	166	33,1	= 1,97	18,4					
			= -0,01	16,9	23. 7.	207	34,9		
4. 9.	164	33,2			9. 9.	237	30,6	= 0,21	17,2
					9.10.	167	32,9	= -0,71	10,5

Tab. 10: Trockengewichtsveränderung bei Blättern von Eiche und Hainbuche, *QUERCUS robur* (gut wasserversorgt)

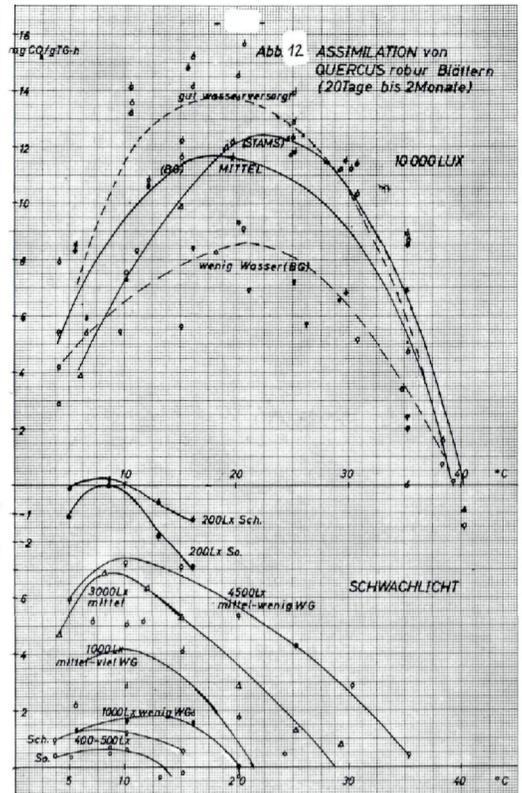
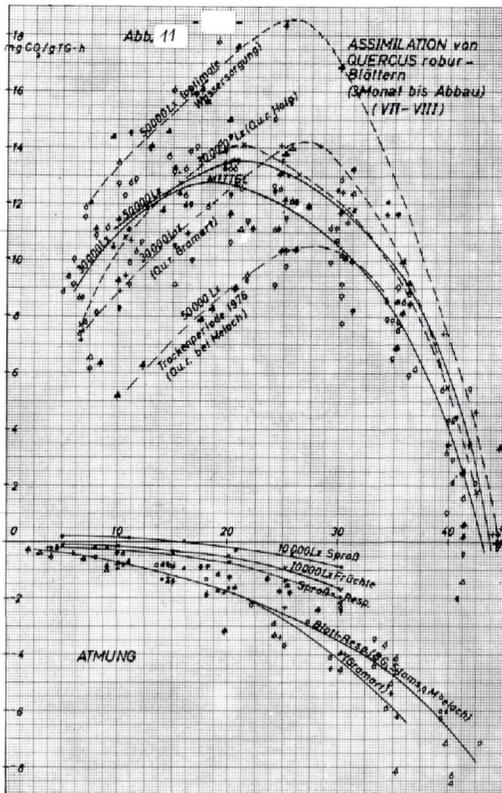
Großeiche									
1975					1976				
Datum	TG mg	Flä cm <sup>2</sup>	NAR mg/10cm <sup>2</sup> d	mittl. Temp. d Periode	Datum	TG mg	Flä cm <sup>2</sup>	NAR mg/10cm <sup>2</sup> d	mittl. Temp. d Periode
8. 5.	25	5,8	= 5,255	13,3	7. 5.	30	6,5	= 8,75	18,6
16. 5.	120	39,6	= 7,167	17,3	11. 5.	86	25,5	= 2,56	13,0
23. 5.	411	76,4	= 1,397	11,1	18. 5.	148	43,6	= 2,13	12,0
6. 6.	564	80,5	= -0,57	14,3	26. 5.	238	61,9	= 2,15	12,1
20. 6.	499	81,4	= -0,49	15,3	9. 6.	446	76,2	= -0,03	17,4
4. 7.	443	82,7		18,5	23. 6.	443	68,6	= -0,03	19,6
18. 7.	—	—		16,2	8. 7.	440	68,9	= -0,16	19,2
1. 8.	—	—			21. 7.	426	63,7	= -1,03	14,9
					6. 8.	333	49,2		
QUERCUS robur (Schattenform, mittlere Wasserversorgung)									
					7. 5.	50	10,0	= 4,34	18,6
					11. 5.	67	18,6	= 4,95	13,0
					18. 5.	188	51,2	= -0,33	12,0
6. 6.	179	28,0	= 0,661	14,3	26. 5.	175	47,5	= 1,64	12,1
20. 6.	206	30,3	= 0,066	15,3	9. 6.	299	60,8	= 0,65	17,4
4. 7.	209	34,7	= 0,230	18,5	23. 6.	354	59,0	= -1,09	19,6
18. 7.	221	39,8	= -0,87	16,2	8. 7.	266	48,6	= 0,34	19,2
1. 8.	177	32,5			21. 7.	287	49,2	= -0,32	14,9
					6. 8.	265	40,7		
QUERCUS robur (Sonnenform, mittlere Wasserversorgung, Botanischer Garten)									
					20. 4.	8	2,5	= 3,51	7,6
					27. 4.	15	3,2	= 4,04	8,3
					4. 5.	29	6,7	= 6,26	17,5
					11. 5.	93	22,5	= 3,52	13,0
					18. 5.	158	30,3	= 2,25	12,0
					26. 5.	222	40,9	= 0,57	12,1
					9. 6.	253	36,2	= -0,48	17,4
					23. 6.	227	40,8	= 0,95	19,6
					8. 7.	280	33,3	= -0,42	19,2
					21. 7.	262	32,1	= -1,24	14,9
					6. 8.	201	29,2		
CARPINUS betulus (Sonnen- und Schattenblätter)									
					20. 4.	19	4,1	= 2,22	7,6
					27. 4.	27	6,2	= 2,81	8,3
					4. 5.	45	12,1	= 3,74	17,5
8. 5.	50	14,9	= 1,77	13,3	11. 5.	94	25,4	= 0,56	13,0
16. 5.	77	23,2	= 3,75	17,3	18. 5.	104	26,2	= 0,60	12,0
23. 5.	153	34,7	= 0,79	11,1	26. 5.	117	28,1	= 0,20	12,1
6. 6.	190	32,3	= 0,10	14,3	9. 6.	125	28,3	= 0,56	17,4
20. 6.	195	38,0	= 0,20	15,3	23. 6.	147	28,0	= -0,31	19,6
4. 7.	205	34,4	= 0,22	18,5	8. 7.	134	28,6	= -0,11	19,2
18. 7.	216	37,0			21. 7.	130	28,4		



Das Erscheinen der Eichenblätter hängt sicherlich vom Wärmegenuß ab und ist etwa durch die Temperatursumme ab 1. 1. des Jahres faßbar, allerdings spielen auch das Monatsmittel von April/Mai bzw. die mittleren Maxima eine entfaltungsfördernde Rolle. Wir fanden also

		Temperatursumme	Aprilmittel	Blätter ab:
1973	nach kaltem Frühjahr	288 Grad	5,8 <sup>0</sup>	16. V. 73
1974	nach warmem Frühjahr	536 Grad	8,3 <sup>0</sup>	24. IV. 76
1975	kühles Wechselwetter	314 Grad	7,9 <sup>0</sup>	6. V. 75
1976	wechselwarmes Frühjahr	393 Grad	8,4 <sup>0</sup>	28. IV. 76

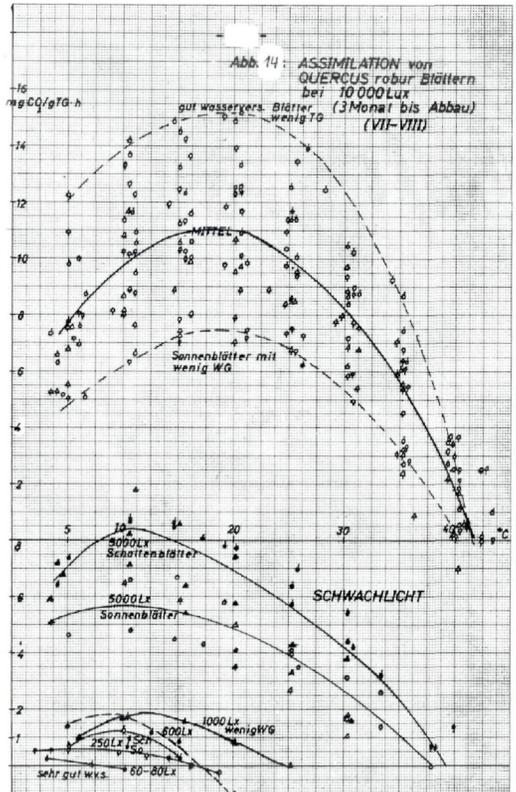
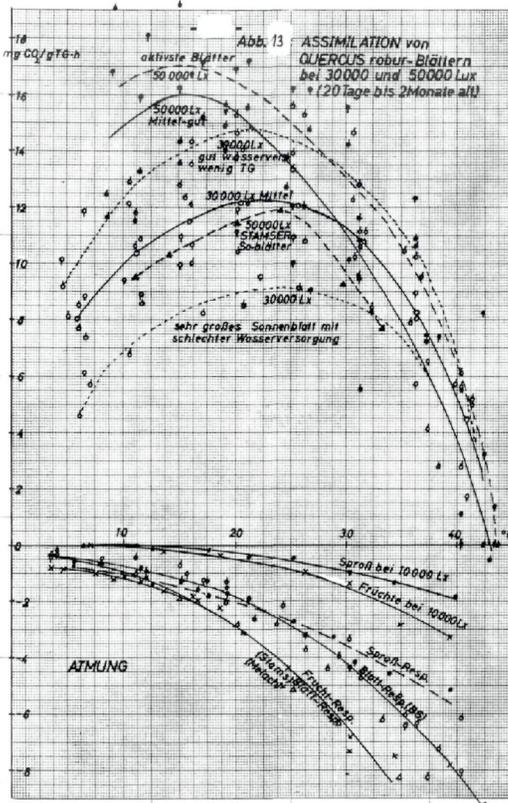
Junge, knapp vor der Öffnung stehende Knospen, halb geöffnete Knospen und besonders drei bis 6 Tage alte Blätter atmen stark: Blätter veratmen gem. Abb. 10 bei 10 Grad schon 2 mg/ Gramm Trockengewicht und Stunde, bei 20 Grad um 4 mg — 6 mg, reduzieren aber die Atmung, wenn sie 15 Tage alt sind, auf 1,7 bzw. 3,8 mg/g · h (20 Grad). Daher ist die Netto-Photosynthese am 3. Tag zwischen 5 und 15 Grad knapp 1 mg CO<sub>2</sub>/G · bzw. nach 6 Tagen um 2 mg (10.000 Lux) und bei 3.000 Lux auch erst 6 mg nach 14 Tagen. Erst bei 10.000 Lux (10 Grad) können nach 15 Tagen zwischen 8 und 9 mg vom Jungtrieb, aber schon 11 — 14 mg



von den Jungblättern allein fixiert werden. Ab 25 Grad sinkt die Leistung auf 6 mg ab, und bei 32 Grad wird schon kompensiert. In der dichter werdenden Krone können Jungblätter erst ab 400 Lux schwach positiv arbeiten, 200 Lux reichen im Temperaturbereich von 8 bis 12 Grad gerade nur zur Kompensation.

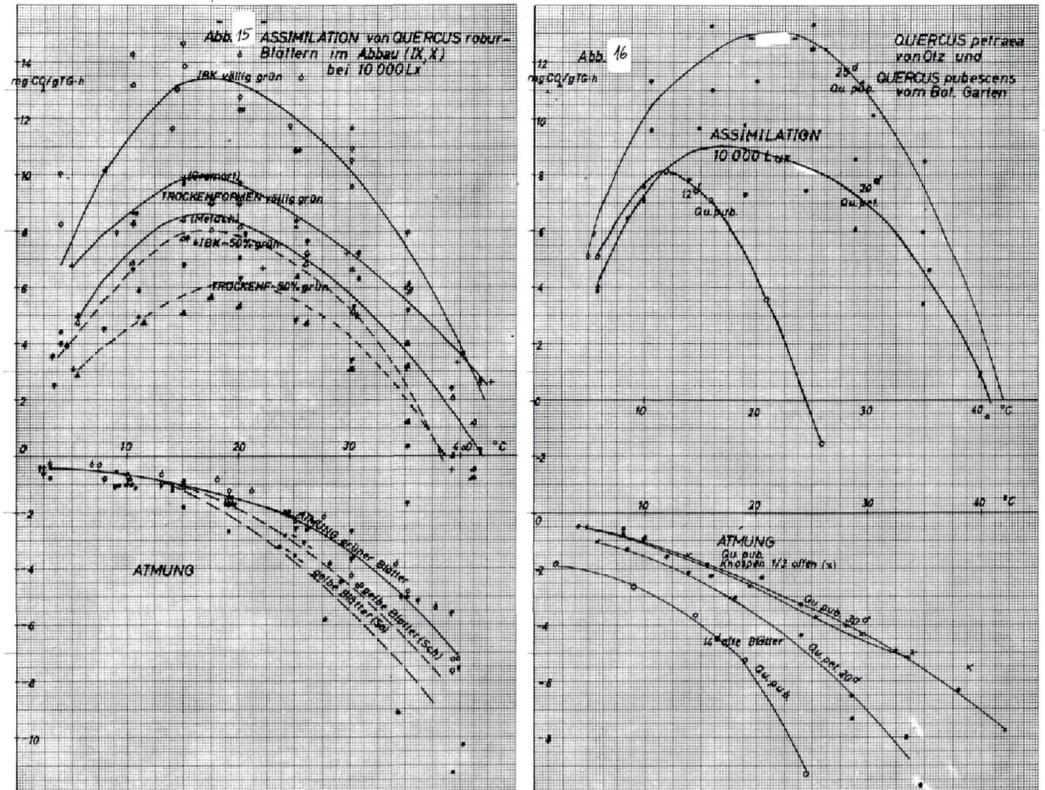
Abb. 11 demonstriert nun die Leistungsfähigkeit der Eichenblätter im Juli und August. Bei 30.000 Lux sind die Blätter von 10 bis 30 Grad beachtlich aktiv, binden um 10 bis 13 mg (optimal 20<sup>0</sup> 13,5 mg/G · h) und kompensieren gegen 42 Grad. Optimal wasserversorgte Blätter können bei 50.000 Lux zwischen 15 und 35 Grad etwa 14 bis optimal 18 mg CO<sub>2</sub> fixieren, wobei das Optimum bereits in den 23 bis 28 Grad-Bereich verschoben ist. Allerdings nützen 50.000 Lux nach Trockenperioden (VI 76) nicht mehr viel, die Stomata öffnen wohl nur halb und die Ausbeute beträgt 8 — 10 mg CO<sub>2</sub>. Allerdings wird die Stoffproduktion durch stark herabgesetzte Dunkelatmung gefördert, wobei bei 10 Grad knapp 1 mg und bei 30 Grad auch nur 2 mg CO<sub>2</sub> stündlich veratmet werden.

Die Abb. 12-15 beschreiben nun die Photosyntheseentwicklung im Laufe der Vegetationszeit. 20 Tage bis 60 Tage alte Eichenblätter erreichen im Mittel der Schwankungsbreite bei 10.000



Lux 10 — 13 mg CO<sub>2</sub>-Bindung von 15 bis 30 Grad Blattemperatur und können also in den tagsüber wechselnden Lichtflecken gut produzieren. Nur kalte Tage mit 6-8 Grad drücken den Stoffgewinn. Auch Schwachlicht im Kroneninneren oder bei Regenwetter liefert zwischen 1000 Lux und 5000 Lux die halbe Produktion (4 bis 6 mg, allerdings nur bis etwa 25 Grad). 400 bis 500 Lux senkt den Reingewinn auf 1 mg/G · h und bei 200 Lux wird kompensiert, wenn die Blätter noch 5 bis 12 Grad kühl sind. Bei 16 bis 20 Grad und 200 Lux kann dann auch im Schwachlicht nur geatmet werden.

Abb. 13 schildert die Produktionsmöglichkeit im Hochsommer bei 30.000 bis 50.000 Lux, wobei aktivste Blätter 18 mg CO<sub>2</sub> fixieren, derbe große Sonnenblätter mit viel unproduktiven Anteilen im Gramm Blattsubstanz allerdings nur 8 — 9 mg. In Abb. 14 sind zahlreiche Blattmessungen zur Demonstration der Schwankungsbreite zusammengefasst, wobei sich gut wasserversorgte (Schatten)blätter im breiten Optimum um 14 — 15 mg halten und die wasserärmeren Sonnenblätter um 6 — 8 mg liegen. Eichen im Waldbestand mit besserer Wasserhaltung dürften bei 5 — 6 Regentagen im Juli und August zum Hochleistungstyp gehören, während große frei stehende voll besonnte Einzelbäume (Mellacheichen) eher Niedrigproduzenten



sind. Wenn Ende September und Oktober die Eichenblätter abbauen, gelbgrün werden, so sinkt bei halbgrünen Blättern die Leistung auf 6 bis 8 mg/G · h ab, und mit Chlorophyllzerstörung ist die Stoffproduktion beendet. Nur etwa 70% aller Robureichen werfen Ende Oktober die Blätter ab, der Rest erst im April.

Polster hat nach ausgedehnten Messungen 1950 versucht, für Birken (Bi), Buchen (Bu), *Eichen* (Ei), Lärchen, Douglasien, Fichten und Kiefern eine Stoffbilanz aus Brutto-photosynthese, Tages-, Nacht- und Rindenatmung zu geben und findet dabei für Birken und Buchen Netto-Photosynthesewerte von 7 bzw. 12 Tonnen C/ha jährlich, für Eichen etwa 4 Tonnen C/ha Jahr.

Tabelle 11

*Versuch einer Analyse der Stoffproduktion von Beständen in t C/ha · a*

Nach Polster (1950)

	Bi	Bu	Ei	Lä	Dgl	Fi	Kie
Brutto-Photosynthese an C in t:	13,5	17,1	10,2	15,1	30,8	19,0	8,7
Tagesatmung der Blätter	4,6	3,6	4,6	4,4	12,3	7,9	4,0
Nachtatmung der Blätter	1,6	1,3	1,6	1,6	4,5	2,5	1,3
Rindenatmung	?	2,8	?	?	?	2,3	?
Gesamtverlust durch Atmung in %:	46	29	60	40	55	54	60
Netto-Photosynthese	7,3	12,2	4,0	9,1	13,4	6,3	3,4

Da in unserem Botanischen Garten auch eine mittelgroße Flaumeiche wächst, testeten wir ihre Jungblätter nach 12 Tagen. Sie waren bei 10.000 Lux nur bis 25 Grad aktiv und assimilierten bei 10 bis 15 Grad 8 mg CO<sub>2</sub>, nach 25 Tagen aber wie *Quercus robur*-Blätter auch schon um 13 mg (20<sup>0</sup>). Sie vertrug höhere Temperaturen gut (30 Grad noch 10 mg!) und kompensierte gegen 42 Grad.

In Ötz gedeihen am Anfang der Ortschaft vor einem Sonnenhang einige Traubeneichen. 20 Tage alte Blätter können bei 10.000 Lux von 10 bis 30 Grad 8 — 9 mg binden, 30 Tage alte Blätter bei 50.000 Lux über 12 mg. Die Flaumeichen vom trockenen Südtiroler Standort bei Vahrn sogar auch 14 bis 15 mg CO<sub>2</sub>/Gramm Blattmasse, ebenso wie *Quercus petraea* vom gleichen Standort. Allerdings spielt dann im Juli oder August die meist bescheidene Wasserversorgung den Hemmfaktor.

Im einzelnen fand Beikircher folgende Werte für die Nettoassimilation:

Quercus pubescens IBK / 1 Monat alt				Quercus petraea 20 Tage bis 1 Monat alt			
	10.000	30.000	50.000	10.000 Ötz	50.000 Ötz	50.000 Lux Vahrn	
10 <sup>0</sup>	10,1	10,2	11,9	10 <sup>0</sup>	7,3	9,1	9,4
20 <sup>0</sup>	13,0	11,8	14,7	20 <sup>0</sup>	8,8	11,6	13,3
30 <sup>0</sup>	10,8	9,7	13,4	30 <sup>0</sup>	7,0	11,6	13,5
40 <sup>0</sup>	2,6	3,4	6,0	40 <sup>0</sup>	0,9		

IBK / 1,5 - 2 Monate alt

12 <sup>0</sup>	10,1	9,6	9,6
20 <sup>0</sup>	10,3	11,4	12,3
30 <sup>0</sup>	8,8	10,5	12,1
35 <sup>0</sup>	7,3	6,3	
41 <sup>0</sup>			1,0

Ötz / 1,5 - 2 Monate alt

10 <sup>0</sup>	6,9 - 9,2 (Ø = 8)
20 <sup>0</sup>	6,6 - 14,9 (Ø = 10,8)
30 <sup>0</sup>	3,2 - 10,5 (Ø = 6,9)
40 <sup>0</sup>	0 - 2 (Ø = 1)

mg CO<sub>2</sub>/Gr. tr. x Std).

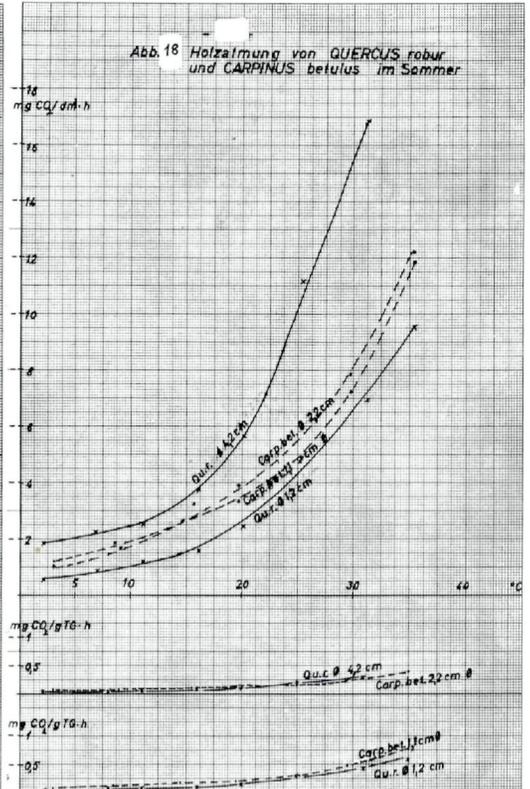
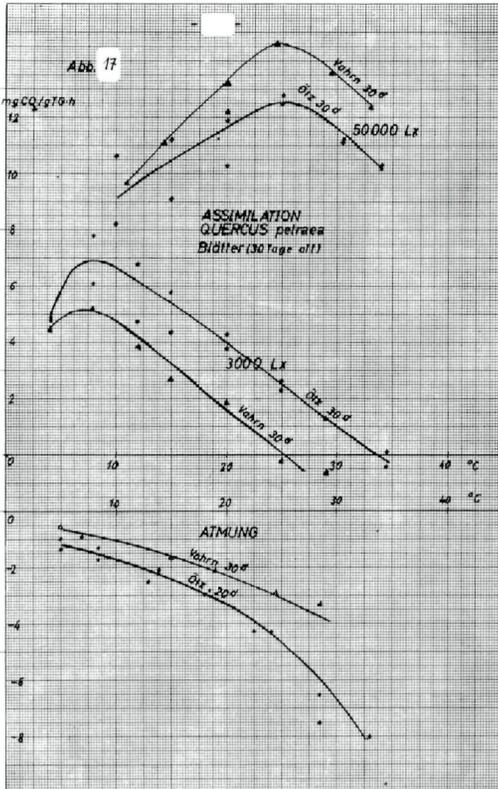
Will man obige Werte flächenbezogen in mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup> einfach x Std. umrechnen, so sind die Werte der erwachsenen Blätter von

Quercus pubescens mit 0,60

Quercus petraea (Ötz) mit 0,65

Quercus petraea (Vahrn) mit 0,86 multiplizieren (= T/o)

Die Photosynthese im Schwachlicht von 1000 Lux liegt bei 1 - 1,5 mg und erreicht bei den Vahrner und Ötzer Eichen bei 4500 Lux 4 - 4,6 mg/G · h. Abb. 18 stellt auch die Atmung verschieden starker Äste von Eichen und Hainbuchen oberflächenbezogen dar. Sie ist bei 10 Grad um 2 mg, bei 20 Grad um 4 - 5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup> · h und steigt im 30 Grad-Bereich stark an (6 mg). Auf das Trockengewicht bezogen ist die Holzatmung sehr gering.



*Photosynthese und Respiration der Hainbuche Carpinus betulus*

Im Botanischen Garten der Universität Innsbruck stehen zwei große, etwa 70 Jahre alte Hainbuchen und haben 8 bzw. 10 m Höhe erreicht. Sie belaubten sich stets 2 bis 3 Wochen vor den Eichen und entwickelten rasch eine dichte Krone, die mehrfach gestaffelt fast bis zum Boden reichte. Ihre *Blätter* erschienen nach kaltem Frühjahr am 3. V. 1973, 146<sup>0</sup> Temperatursumme nach warmem Frühjahr schon am 5. IV. 1974, 403<sup>0</sup> Temperatursumme nach kühlem Wechselwetter erst am 22. IV. 1975, 370<sup>0</sup> Temperatursumme nach wechselwarmem Frühjahr am 10. IV. 1976, 248<sup>0</sup> Temperatursumme

Ein bis vier Tage alte Blätter tragen im Bereich von 5 bis 25 (30<sup>0</sup>) schon positiv zur Photosynthese bei und binden bei 10 bis 20 Grad etwa 2 bis 4 mg CO<sub>2</sub>/G · h. Allerdings ist die Atmung der Jungblätter in den ersten Tagen enorm (10<sup>0</sup> 4 bis 2 mg, 20<sup>0</sup> 6 bis 8 mg), geht aber innerhalb der ersten 20 Tage stark zurück (10<sup>0</sup> 1,5, 20<sup>0</sup> 3 mg/G · h). Wie Abb. 22 im einzelnen zeigt, steigt die Photosynthese im Optimalbereich von 18-22<sup>0</sup> bei 10.000 Lux auf 9 bzw. 11 mg netto an, und bei 50.000 Lux werden sogar schon nach 12 Tagen um 13 mg CO<sub>2</sub> gebunden. In der Erstphase ist bei noch offener Krone häufig mit 30.000 bis 50.000 Lux Blattbeleuchtung zu rechnen, nur an Regentagen pendelt die Beleuchtung um 10.000 Lux.

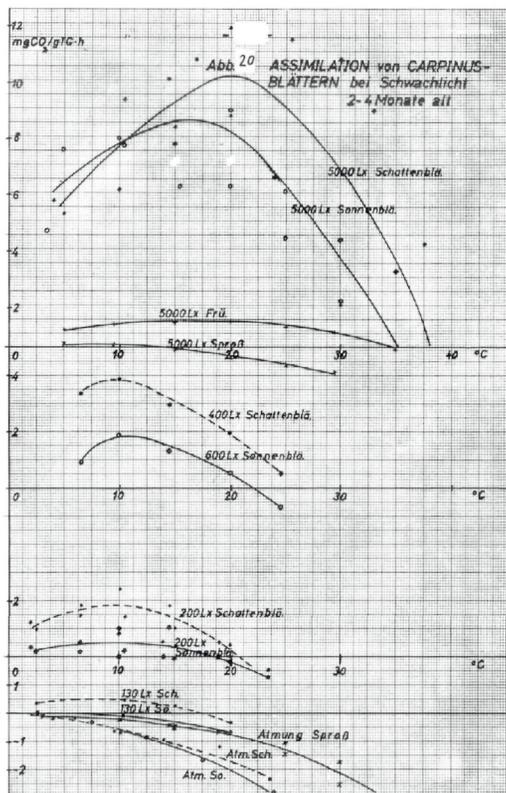
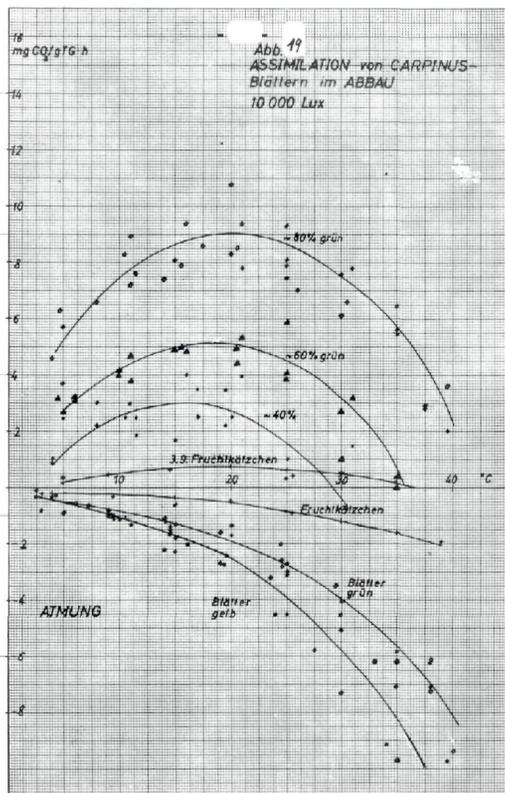
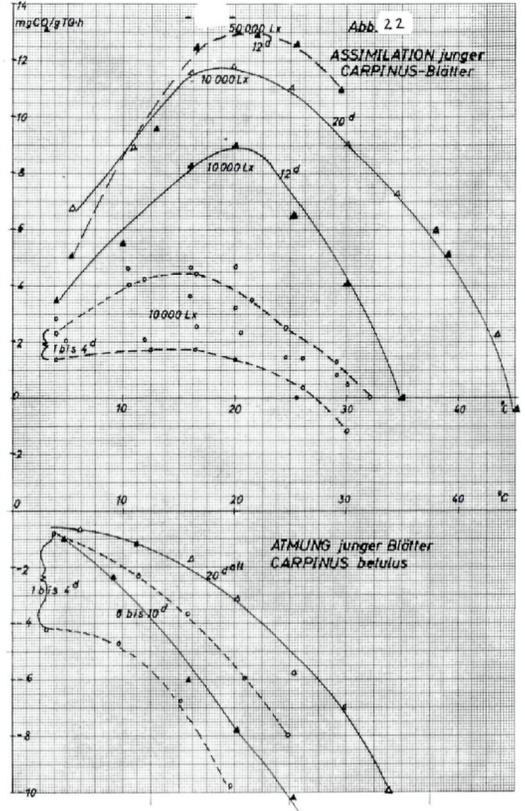
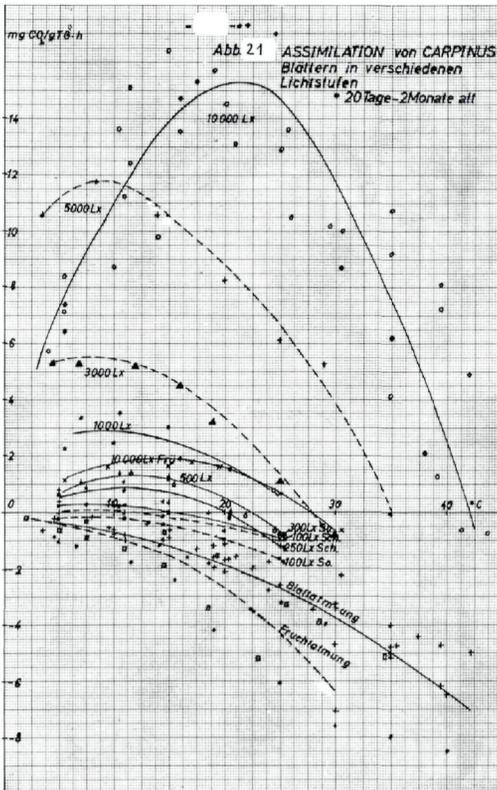


Abb. 20 zeigt, daß 2-4 Monate alte Blätter auch bei 400 Lux (Schattenblätter) bzw. 600 Lux (Sonnenblätter mit 2-4 mg/G · h) zum Reingewinn beitragen, und Abb. 21 läßt die untere Schwelle der positiven Nettophotosynthese bei 20 Tage bis 2 Monate alten Blättern abschätzen. Bei nur 100 Lux (Nordinnenkrone bei Regen) kompensieren Schattenblätter etwas, und Sonnenblätter sind von 5 bis 15 Grad schwach negativ, ab 25 Grad mit 2 mg/G · h negativ. Sonnenblätter sind ab 300 Lux von 5 bis 15 Grad schwach positiv, bei 500 Lux auch bis 25 Grad.

Bei 3.000 Lux wird gem. Abb. 21 das 6 mg-Niveau erreicht, bei 5.000 Lux das 7 bis 12 mg-Niveau, und bei 10.000 Lux können im breiten Gipfel bereits 14-16 mg CO<sub>2</sub>/G · h erarbeitet werden. Die Kompensation verschiebt sich von 28 Grad (3.000 Lux) auf 35 Grad (5.000 Lux) bzw. 40-42 Grad (10 klx).

Licht mit 30.000 Lux bzw. 50.000 Lux bringt erwachsenen Blättern nicht viel mehr ein, das 14 mg-Niveau bleibt, nur aktivste Blätter erreichen bei hohem Wassergehalt und wenig inaktiver Trockensubstanz 18-16 mg CO<sub>2</sub>-Bindung (Abb. 23). Sogar die grünen Früchtchen assimilieren mit ihren Tragblättchen knapp um 1 mg (30 klx) und veratmen nachts 1-4 mg/G · h. Ende September setzt der Blattabbau und Chlorophyllrücktransport ein, die Blätter vergilben



(siehe Abb. 19, Seite 130) und sinken auch bei 10.000 Lux auf die Hälfte ihrer Leistung (8 mg) bzw. auf ein Viertel ab (3-4 mg CO<sub>2</sub>/Gramm und Stunde). Die Hainbuchen sind also an Schwachlicht sehr gut angepasste, recht aktive Produzenten.

Um das komplizierte Ablesen einzelner Photosynthese- und Dunkelrespirationswerte aus den einzelnen Abbildungen zu erleichtern und Ablesefehlern vorzubeugen, bringen wir anschließend in den Tabellen 12 und 13 vergleichbar für Eichen und Hainbuchen die Werte für 5, 10, 15, 20, 30 Grad und rechneten die Assimilation in mg CO<sub>2</sub>/g Tr · h auf die Fläche (dm<sup>2</sup>) um. Auch die Trockengewichtszunahme und die Flächenentwicklung im Laufe der Vegetationszeit ist leicht zu entnehmen.

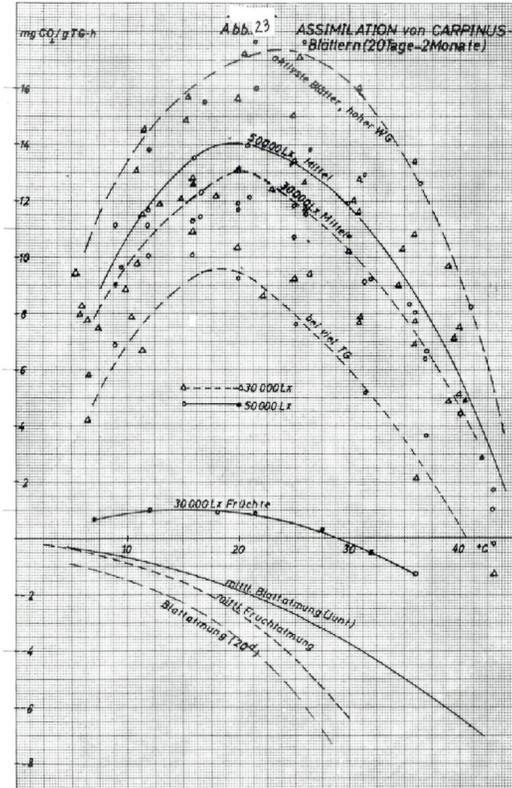


Tabelle 12a: *Flächenbezogenen Photosynthese*

QUERCUS robur: Ausgereifte Blätter vom 3. Monat bis zum Abbau

Licht

Blattart	TG g	Flä dm <sup>2</sup>	T/O	Ass. mg CO <sub>2</sub> /gTG · h	Ass. mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> einf. · h
Qu. r. (S) 0,438 60 Lx	0,438	0,981	0,447	5 <sup>0</sup> : 0,15 <sup>2</sup> · 0,477 10 <sup>0</sup> : — 0,15	= 0,067 = —0,067
Qu. r. (S) 0,489 80 Lx	0,489	0,60	0,815	5 <sup>0</sup> : 0,2 · 0,815 10 <sup>0</sup> : — 0,05	= 0,163 = —0,041
Qu. r. (S) 0,197 250 Lx	0,197	0,414	0,476	5 <sup>0</sup> : 0,6 · 0,476 10 <sup>0</sup> : 1,25 15 <sup>0</sup> : 0,2	= 0,286 = 0,595 = 0,095
Qu. r. (So) 0,148 600 Lx gut wasserversorgt	0,148	0,42	0,352	5 <sup>0</sup> : 2,5 · 0,352 10 <sup>0</sup> : 2,2 15 <sup>0</sup> : 1,0	= 0,88 = 0,774 = 0,352
Qu. r. (So) 0,395 5000 Lx	0,395	0,593	0,667	5 <sup>0</sup> : 5,4 · 0,667 10 <sup>0</sup> : 5,7 20 <sup>0</sup> : 4,9 30 <sup>0</sup> : 2,7	= 3,602 = 3,802 = 3,268 = 1,801
Qu. r. (S) 0,30 5000 Lx	0,30	0,506	0,593	5 <sup>0</sup> : 7,1 · 0,593 10 <sup>0</sup> : 8,7 20 <sup>0</sup> : 7,6 30 <sup>0</sup> : 4,8	= 4,206 = 5,154 = 4,502 = 2,844
Qu. r. 10000 Lx Mittel	0,34	0,566	0,60	5 <sup>0</sup> : 7,7 · 0,60 10 <sup>0</sup> : 9,75 20 <sup>0</sup> : 11,0 30 <sup>0</sup> : 8,2 40 <sup>0</sup> : 1,8	= 4,62 = 5,85 = 6,6 = 4,92 = 1,08
Qu. r. 30000 Lx Mittel	0,345	0,555	0,622	5 <sup>0</sup> : 8,0 · 0,622 10 <sup>0</sup> : 10,9 20 <sup>0</sup> : 12,8 30 <sup>0</sup> : 10,5 40 <sup>0</sup> : 4,0	= 4,976 = 6,78 = 7,962 = 6,531 = 2,488
Qu. r. 50000 Lx Mittel	0,345	0,555	0,622	10 <sup>0</sup> : 11,2 · 0,622 20 <sup>0</sup> : 13,6 30 <sup>0</sup> : 11,9 40 <sup>0</sup> : 5,9	= 6,966 = 8,459 = 7,402 = 3,670
Qu. r. Atmung	0,345	0,555	0,622	5 <sup>0</sup> : — 0,4 · 0,622 10 <sup>0</sup> : — 0,75 20 <sup>0</sup> : — 1,8 30 <sup>0</sup> : — 3,5 40 <sup>0</sup> : — 6,6	= —0,249 = —0,467 = —1,120 = —2,177 = —4,105

Abkürzungen: (So) = Sonnenblätter, (S) = Schattenblätter, T/O = Trockengewicht in Gramm pro Quadratdezimeter Oberfläche!

Die folgende Tabelle 12b zeigt in Zusammenfassung die wichtigsten Assimilationswerte erwachsener Carpinus-Blätter, bezogen auf das Trockengewicht und umgerechnet auf die einfache Fläche.

Tabelle 12b: *Flächenbezogene Photosynthese*

Licht					
Blattart	TG(g)	Flä(dm <sup>2</sup> )	T/O	Ass. mg CO <sub>2</sub> /gTG · h	Ass. mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> einf. · h
Carp (S) 130 Lx	0,409	1,398	0,293	5 <sup>0</sup> : 0,5 · 0,293	= 0,146
				10 <sup>0</sup> : 0,5	= 0,146
				15 <sup>0</sup> : 0,2	= 0,059
Carp(So) 130 Lx	0,865	1,201	0,72	5 <sup>0</sup> : 0,0 · 0,72	= 0,0
				10 <sup>0</sup> : — 0,1	= — 0,072
Carp (So) 600 Lx	0,196	0,28	0,702	6 <sup>0</sup> : 0,7 · 0,702	= 0,491
				10 <sup>0</sup> : 1,89	= 1,323
				15 <sup>0</sup> : 1,2	= 0,842
				20 <sup>0</sup> : 0,5	= 0,351
Carp (S) 400 Lx	0,096	0,351	0,275	6 <sup>0</sup> : 3,35 · 0,275	= 0,921
				10 <sup>0</sup> : 3,83	= 1,053
				15 <sup>0</sup> : 2,85	= 0,784
				20 <sup>0</sup> : 1,9	= 0,523
Carp (S) 5000 Lx	0,124	0,35	0,36	5 <sup>0</sup> : 5,5 · 0,36	= 1,98
				10 <sup>0</sup> : 7,25	= 2,61
				20 <sup>0</sup> : 9,7	= 3,492
				30 <sup>0</sup> : 6,25	= 2,25
Carp (So) 5000 Lx	0,324	0,48	0,675	5 <sup>0</sup> : 5,85 · 0,675	= 3,949
				10 <sup>0</sup> : 7,25	= 4,894
				20 <sup>0</sup> : 6,15	= 4,151
				30 <sup>0</sup> : 2,7	= 1,823
Carp 10000 Lx	0,205	0,353	0,58	5 <sup>0</sup> : 3,8 · 0,58	= 2,204
				10 <sup>0</sup> : 6,0	= 3,48
				20 <sup>0</sup> : 9,15	= 5,307
				30 <sup>0</sup> : 7,8	= 4,524
				40 <sup>0</sup> : 1,1	= 0,638
Carp 30000 Lx	0,205	0,353	0,58	5 <sup>0</sup> : 5,7 · 0,58	= 3,306
				10 <sup>0</sup> : 7,65	= 4,437
				20 <sup>0</sup> : 11,25	= 6,525
				30 <sup>0</sup> : 10,7	= 6,206
				40 <sup>0</sup> : 4,15	= 2,407

*Aktivste Schattenblätter bei 30000 Lx*

Carp (S) 30000 Lx	0,124	0,35	0,36	10 <sup>0</sup> : 8,5 · 0,36	= 3,06
				20 <sup>0</sup> : 17,4	= 6,264
				25 <sup>0</sup> : 18,6	= 6,696
				30 <sup>0</sup> : 16,9	= 6,084
				40 <sup>0</sup> : 7,4	= 2,664

Tabelle 14 berichtet zusammenfassend und vergleichend, wann die Blätter bei den Gartenbäumen BUCHE, EICHE, Hainbuche, Flaumeiche . . . in den Jahren 1973—1976 sich belaubten, wann sie vergilbten, wann die Blätter fielen und welche Temperatursummen in den Perioden auftraten.

BÄUME	Durchschnittliches BLATTERSCHEINEN				Durchschnittliches BLATTVERGILBEN				Durchschnittlicher BLATTFALL				für Assimilation nutzbare BLATTFLÄCHENANDAUER			
	1973	1974	1975	1976	1973	1974	1975	1976	1973	1974	1975	1976	1973	1974	1975	1976
Temperatursumme nach 2m Wetterhauswerten	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C	Datum Temp.su. °C
QUERCUS robur (Stieleiche)	16.5. 136 288,4	25.4. 115 535,7	6.5. 126 513,7	28.4. 120 392,8	15.9. 2270,6	8.10. 2907,4	15.10. 2982,1	28.9. 2732,0	17.4.74 107	24.4.75 114	7.4.76 98	2.11. 307	16.5. bis 15.9.	25.4. bis 8.10.	6.5. bis 15.10.	28.4. bis 28.9.
QUERCUS pubescens (Flaumeiche)	10.5. 130	10.4. 100	7.5. 127	28.4. 120	11.10. 2557,2	9.10. 2913,6	28.9. 2790,7	29.9. 2745,8	6.11. 2690,0	15.11. 3046,8	5.11. 3129,4	28.10. 3062,1	10.5. bis 11.10.	10.4. bis 9.10.	7.5. bis 28.9.	28.4. bis 29.9.
CARPINUS betulus (Hainbuche)	3.5. 123	5.4. 95	22.4. 112	10.4. 100	7.9. 2448,9	17.10. 2949,7	10.9. 2494,7	5.9. 2459,9	6.11. 2690,0	13.11. 3034,6	28.10. 3066,5	18.10. 2975,7	3.5. bis 7.9.	5.4. bis 17.10.	22.4. bis 10.9.	10.4. bis 5.9.
FAGUS silvatica (Rotbuche)	10.5. 130	30.4. 120	8.5. 128	4.5. 126	6.10. 279	15.10. 288	23.10. 296	28.9. 272	10.11. 314	17.11. 321	10.11. 314	30.10. 303	10.5. bis 6.10.	30.4. bis 15.10.	8.5. bis 23.10.	4.5. bis 28.9.
QUERCUS robur (Stams)	Datum Datumszahl Temp. Su. (ab 1.1.)	4.5. 124 264,1	1.5. 122 252,9			2.10. 275	24.9. 268			5.11. 309	15.10. 288			4.5. bis 2.10.	1.5. bis 124-275	24.9. 206,4,2
QUERCUS petraea (Ötz) (Traubeneiche)				28.4. 120 248,5			20.9. 264 2263,1					15.10. 288			28.4. bis 20.9.	120-264 2014,6
QUERCUS petraea (Br)			30.4. 120 379,7	19.4. 110 361,9			28.9. 270 2953,7	24.9. 268 2992,2				31.10. 303 3225,7			30.4. bis 28.9.	19.4. bis 24.9.
QUERCUS pet.x.pub. (Br)			30.4. 120 379,7	22.4. 113 397,6			30.9. 272 2983,9	24.9. 268 2992,2				31.10. 303 3225,7			30.4. bis 30.9.	22.4. bis 120-272

*Photosynthese im Gehölzunterwuchs*

Dagmar Menneweger und E. Winkler haben 1977 in den Veröffentlichungen des Museums Ferdinandeum Band 57 über die Phänologie im Innsbrucker Raum ausführlich berichtet. Dabei hatte Menneweger neben zahlreichen Phänologiedaten und Witterungswerten auch die Photosynthesedaten zahlreicher Frühblüher im Unterwuchs der »Frühlingswiese und der Gehölzgruppe« ermittelt.

Die Temperaturverhältnisse wurden 1973—1975 auch im Unterwuchs in 10 cm Höhe und in 3 cm Tiefe ermittelt und im Vergleich zur 1,5 m-Zone bereits in Tabelle 4 dieser Arbeit mitgeteilt. Anschaulicher als die Monatsmittel war für uns aber die stundenweise Auszählung der Temperaturstufen über null Grad, 0—5 Grad, —5 bis —10 Grad und darunter. In den kalten Wintermonaten I., II. 1973 lagen 2/3 aller Stunden im Bereich 0 bis —10 Grad, die Vegetation ruhte und entwickelte sich erst ab März 1973. In milden Wintern wie XII 1973 bis Feb. 1974 herrschten bereits in 2/3 aller Stunden Temperaturen über Null, nur 1/3 Hemmtemperaturen, und die Frühblüher gediehen prächtig. Auch 1975 war es vom Jänner bis März mild, so daß Schneeglöckchen am 4. 2. 1974 und 27. 1. 1975 an der Erdoberfläche erschienen. Die kalte Witterung 1973 hatte Galanthus erst am 28. 2. und Leucojum am 4. 3. erscheinen lassen.

Tabelle 13: *Temperaturverteilung in kalten Wintern (1973) und milden Wintern (1974, 1975).*

Jahr	Monat	Stunden			
		über 0°C	0 <sup>0</sup> bis —5 <sup>0</sup> C	—5 <sup>0</sup> bis —10 <sup>0</sup> C	—10 <sup>0</sup> bis —15 <sup>0</sup> C
1973	I	230	429	85	—
	II	212	350	88	22
	III	435	253	42	14
	IV	607	113	—	—
1973	XII	351	277	75	41
1974	I	505	237	2	—
	II	592	80	—	—
	III	673	71	—	—
	IV	669	51	—	—
1974	XII	474	206	57	7
1975	I	514	183	47	—
	II	460	236	16	—
	III	631	113	—	—

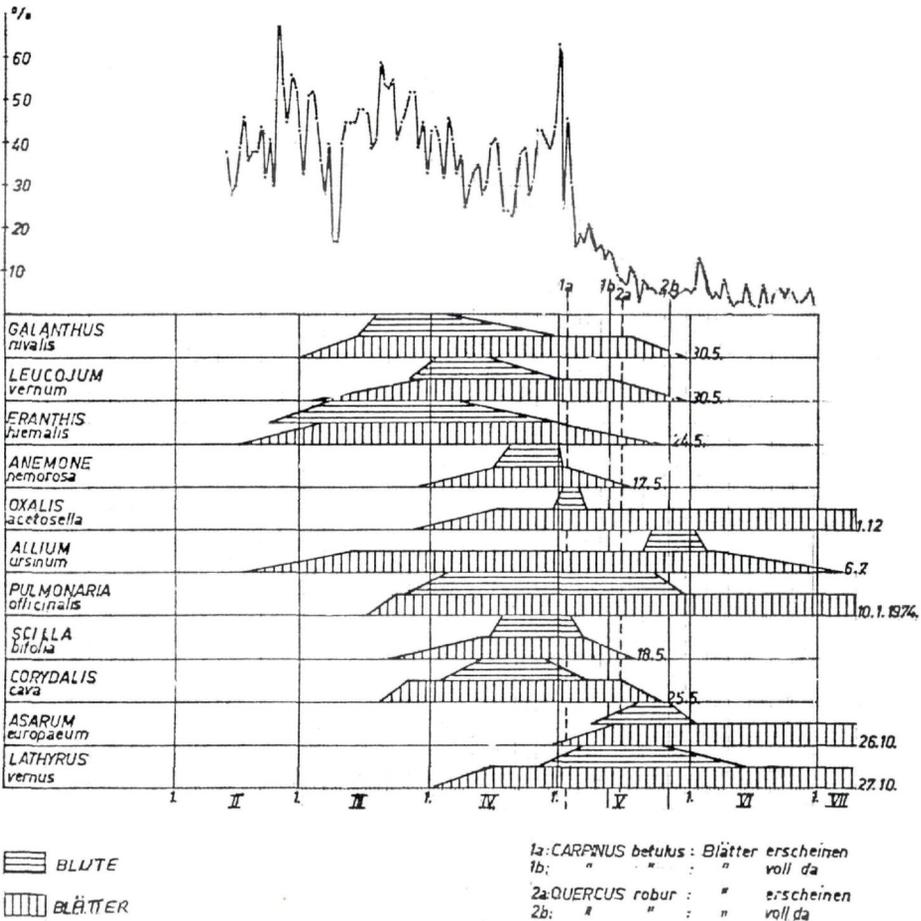
Für die Entwicklung der Frühblüher ist vor allem die Lage der mittleren Maximaltemperaturen, also der Wärmegenuß etwa von 10 bis 15 Uhr, wichtig.

Abb. 24: *Phänologische Daten verschiedener Pflanzen aus den Jahren 1973, 1974, 1975.*



In durchschnittlichen Jahren mit Schneedecke bis Ende Februar folgen im Innsbrucker Raum dem in Abb. 24 und Abb. 25 dargestellten Verhalten. Ende Februar kommt der Winterling zur Blattentfaltung, Anfang März Schneeglöckchen und Bärlauch (*Allium*) und Ende März Buschwindröschen und Lungenkraut (*Pulmonaria*). Etwa 5—10 Tage nach Blattentfaltung blühen sie, fruchten innerhalb 4—5 Wochen und ziehen meist Ende Mai die Blätter ein. Inzwischen ist die Beleuchtung von 50% durch das entwickelte Laubblattdach auf 10 bis 5% gesunken. Nur Sauerklee (*Oxalis*), Lungenkraut (*Pulmonaria*), Haselwurz (*Asarum*) und Platterbse (*Lathyrus*) behalten bei schwächerer Assimilationstätigkeit die Blätter bis zum Herbst.

Abb 25 Zusammenhang zwischen Blatterscheinen und Blatteinziehen einiger Frühjahrsgeophyten und Abfall der Beleuchtungsstärke in einem Laubbaumbestand im Frühjahr 1973.



Die Lichtverhältnisse sind vom Februar bis April im Gehölzbestand durch Baum- und Zweigschatten noch etwas ungünstiger als im Freiland bei noch tiefem Sonnenstand. Tabelle 19 erläutert dies nach den Lichtregistrierungen im Freiland und im Waldbestand in 10 cm Höhe. Mit zunehmender Belaubung sinkt im Mai im Waldbestand die Beleuchtung von 50 bis 40% auf 12% ab und erreicht in den Sommermonaten knapp 4% der Beleuchtungswerte im Freiland. Die Beleuchtungsstärken sinken dabei von 30.000 bis 10.000 Lux eher in den 2000 bis 500 Luxbereich und beschränken den Stoffgewinn.

Tab. 19: *Beleuchtungsstärke: Monatssummen im Wald und Freien in Kiloluxstunden*

	Frei		Wald		Frei		Wald	
	1973		1974		1975			
I					3006,2	1672,9 = 56%		
II	3787,8	1589,4 = 42%	5794,5	2136,5 = 37%	7638,6	3127,4 = 41%		
III	11112,8	4902,8 = 44%	10979,2	5886,3 = 54%	8780,8	3399,5 = 39%		
IV	11829,8	4322,2 = 37%	12053,4	4681,2 = 39%	14430,0	5661,5 = 39%		
V	17292,7	2078,3 = 12%	12778,0	1557,0 = 12%				
VI	16044,5	662,1 = 4%	15136,4	585,8 = 4%				
VII	15309,8	698,3 = 5%	19975,1	574,5 = 3%				
VIII	16891,7	683,6 = 4%	18334,9	643,5 = 4%			Schattenphase	
IX	11740,8	460,4 = 4%	12750,2	687,0 = 5%				
X	8156,9	1045,0 = 13%	6810,6	679,2 = 10%				
XI	3982,6	858,0 = 22%	3874,1	1438,2 = 37%				
XII			2310,7					

Aus Raumgründen können leider die im Institut für Botanik in Innsbruck aufliegenden 25 Diagramme hier nicht gebracht werden. In den Tabellen 15—18 werden aber die Photosyntheseraten der Frühblüher für 10.000 Lux, 2.000, 300 und 200 Lux mitgeteilt. Generalisierend kann festgestellt werden, daß Schneeglöckchen, Winterling, Anemonen, Sauerklee (*Oxalis*) und Haselwurz (*Asarum*) bei 10.000 Lux zwischen 8 und 15 mg CO<sub>2</sub> pro Gramm und Stunde im Optimum (10 bis 18 Grad) binden und auch im Schwachlicht von 500 bis 300 Lux noch 1—3 mg CO<sub>2</sub> aufnehmen.

Im Anhang werden mit den Abb. 27 bis 39 die Respirationsraten und Photosyntheseraten der wichtigsten Arten von 8 bis 36 Grad für die wichtigsten Lichtstufen 10.000 Lux und 300 Lux graphisch dargeboten.

Abschließend haben wir ein phänologisches Kreisdiagramm für das Normaljahr 1973 entworfen (Abb. 24). Den einzelnen Monatssektoren wurden zur meteorologischen Charakterisierung Temperaturmittelwerte, mittlere Maxima- und Minimatemperaturen zugeordnet und die phänologischen Daten für Blattentfaltung, Blühen, Fruchten und Blattvergilben für typische Frühjahrsblüher und Laubbäume eingetragen.

#### *Literaturverzeichnis:*

Die Dissertationen von Beikircher und Menneweger enthalten 200 Literaturangaben. Ein Verzeichnis kann im Botanischen Institut der Universität Innsbruck bei Bedarf angefordert werden.

Tab. 15: Flächenbezogene Photosynthese

		TGLg	F <sub>0</sub> Ld <sub>0</sub>	T/O Wert	Ass.mgCO <sub>2</sub> /gTG h · T/O	Ass.mgCO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> · einfach · h
<b>LEUCOJUM vernum</b>						
Gesamtpflanze ohne Zwiebel						
20.3.1974.	10.000Lx	0,342	0,55	$\frac{0,342}{0,55} = 0,621$	15°: 12,26 mg · 0,621	= 7,613 ~ 7,61
	2000Lx	0,472	0,58	$\frac{0,472}{0,58} = 0,813$	7°: 4,76 mg · 0,813 10°: 2,93 15°: 4,68 6,8°: 2,12 mg · 0,586 9,9°: 2,72 14,8°: 4,08 19,3°: 3,48 24,3°: 1,81	= 4,130 ~ 4,13 = 2,382 ~ 2,38 = 3,804 ~ 3,80 = 1,242 ~ 1,24 = 1,593 ~ 1,59 = 2,390 ~ 2,39 = 2,039 ~ 2,04 = 1,060 ~ 1,06
	1500Lx	0,305	0,52	$\frac{0,305}{0,52} = 0,586$	6,8°: 0,98 mg · 0,630 9,9°: 0,98	= 0,617 ~ 0,62
	300Lx	0,189	0,30	$\frac{0,189}{0,30} = 0,630$	6,8°: 0,98 mg · 0,630 9,9°: 0,98	
	Atmung	0,405	0,61	$\frac{0,405}{0,61} = 0,663$	3,2°: - 0,46 mg · 0,663 7,2°: - 0,68 13,2°: - 1,14 23,3°: - 3,41	= - 0,304 ~ - 0,30 = - 0,450 ~ - 0,45 = - 0,755 ~ - 0,76 = - 2,260 ~ - 2,26
21.3.1975.	10.000 Lx	0,460	0,48	$\frac{0,46}{0,48} = 0,958$	14,8°: 5,24 mg · 0,958	= 5,019 ~ 5,02
	Atmung	0,560	0,75	$\frac{0,56}{0,75} = 0,746$	0,8°: - 0,43 mg · 0,746 7,8°: - 0,77 13,3°: - 1,55 24,1°: - 3,79	= - 0,320 ~ - 0,32 = - 0,574 ~ - 0,57 = - 1,156 ~ - 1,16 = - 2,827 ~ - 2,83
Blätter						
19.2.1974.	10.000Lx	0,226	0,50	$\frac{0,226}{0,5} = 0,452$	10,0°: 11,2 mg · 0,452	= 5,062 ~ 5,06
	Atmung	0,544	1,15	$\frac{0,544}{1,15} = 0,473$	4,0°: - 0,76 mg · 0,473 8,2°: - 1,61 24,0°: - 4,23	= - 0,359 ~ - 0,36 = - 0,761 ~ - 0,76 = - 2,000 ~ - 2,00
21.3.1975.	10.000Lx	0,404	0,95	$\frac{0,404}{0,95} = 0,425$	15,0°: 14,09 mg · 0,425	= 5,988 ~ 5,99
6.5.1974.	10.000Lx	0,745	0,40	$\frac{0,745}{0,4} = 0,362$	19,0°: 17,17 mg · 0,362	= 6,215 ~ 6,22
	Atmung	0,460	1,35	$\frac{0,46}{1,35} = 0,340$	8,2°: - 0,51 mg · 0,34 13,9°: - 0,81 24,2°: - 2,12	= - 0,173 ~ - 0,17 = - 0,275 ~ - 0,28 = - 0,720 ~ - 0,72
25.4.1974	500Lx	0,168	0,45	$\frac{0,168}{0,45} = 0,373$	10,1°: 2,46 mg · 0,373 14,0°: -	= 0,917 ~ + 0,92
	300Lx	0,173	0,52	$\frac{0,173}{0,52} = 0,332$	13,9°: 1,60 mg · 0,332	= 0,531 ~ 0,53
	150Lx	0,173	0,52	$\frac{0,173}{0,52} = 0,332$	6,0°: 1,07 mg · 0,332	= 0,355 ~ 0,36
	Atmung	0,418	1,18	$\frac{0,418}{1,18} = 0,354$	2,0°: - 0,22 mg · 0,354 5,4°: - 0,55 9,0°: - 0,77 14,7°: - 1,43 24,2°: - 4,08	= - 0,077 ~ - 0,08 = - 0,194 ~ - 0,19 = - 0,272 ~ - 0,27 = - 0,506 ~ - 0,51 = - 1,444 ~ - 1,44
28.3.1974 (nach Frost)	10.000Lx	0,518	1,10	$\frac{0,518}{1,1} = 0,470$	9,9°: 9,33 mg · 0,47	= 4,385 ~ 4,39
	Atmung	0,468	1,08	$\frac{0,468}{1,08} = 0,433$	7,7°: - 0,98 mg · 0,433 14,2°: - 1,57 19,0°: - 2,95	= - 0,424 ~ - 0,42 = - 0,679 ~ - 0,68 = - 1,277 ~ - 1,28
Stiel mit Frucht						
21.3.1975.	10.000Lx	0,536	0,22	$\frac{0,536}{0,22} = 2,436$	20,1°: 2,70 mg · 2,436	= 6,577 ~ 6,58
	Atmung	0,536	0,22	$\frac{0,536}{0,22} = 2,436$	8,2°: - 0,99 mg · 2,436 16,7°: - 1,71 21,5°: - 2,43	= - 2,411 ~ - 2,41 = - 4,165 ~ - 4,17 = - 5,919 ~ - 5,92
Gesamtpflanze mit Zw.						
21.2.1974.	300Lx	1,320	0,32	$\frac{1,32}{0,32} = 4,125$	4,5°: - 0,11 mg · 4,125	= - 0,453 ~ - 0,45
	Atmung	1,026	0,56	$\frac{1,026}{0,56} = 1,832$	11,5°: - 0,28 4,9°: - 0,40 mg · 1,832 10,8°: - 0,63 15,7°: - 0,94	= - 1,155 ~ - 1,16 = - 0,732 ~ - 0,73 = - 1,154 ~ - 1,15 = - 1,722 ~ - 1,72
<b>GALANTHUS nivalis</b>						
Gesamtpflanze ohne Zwiebel						
21.3.1974.	10.000Lx	0,716	0,20	$\frac{0,716}{0,2} = 0,58$	15,2°: 11,87 mg · 0,58	= 6,884 ~ 6,88
	Atmung	0,391	0,25	$\frac{0,391}{0,25} = 1,564$	3,8°: - 0,47 mg · 1,564 8,2°: - 0,97 14,0°: - 1,18 23,0°: - 3,30	= - 0,735 ~ - 0,74 = - 1,517 ~ - 1,52 = - 1,845 ~ - 1,85 = - 5,161 ~ - 5,16
Blätter						
26.4.1974.	300Lx	0,724	0,25	$\frac{0,724}{0,25} = 0,496$	10,0°: 2,60 mg · 0,496	= 1,289 ~ 1,29
	150Lx	0,089	0,27	$\frac{0,089}{0,27} = 0,329$	6,0°: 1,04 mg · 0,329	= 0,342 ~ 0,34
	50Lx	0,085	0,28	$\frac{0,085}{0,28} = 0,303$	6,0°: 0,54 mg · 0,303	= 0,163 ~ 0,16
	Atmung	0,215	0,60	$\frac{0,215}{0,6} = 0,358$	4,3°: - 0,86 mg · 0,358 9,8°: - 1,07	= - 0,307 ~ - 0,31 = - 0,383 ~ - 0,38

Tab. 16: Flächenbezogene Photosynthese

		TG [g]	FlöB [m³]	T/O Wert	Ass. mg CO <sub>2</sub> /g TG · h · T/O	Ass. mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> · m <sup>2</sup> · h
<b>GALENTHUS nivalis</b>						
Blätter						
7.5.1974	10 000 Lx	0,061	0,22	$\frac{0,061}{0,22} = 0,277$	19,3°: 12,77 mg · 0,277	= 3,537 ~ 3,54
	Atmung	0,183	0,63	$\frac{0,183}{0,63} = 0,290$	8,7°: -1,01 mg · 0,29 13,8°: -2,52 24,2°: -4,54	= -0,292 ~ -0,29 = -0,730 ~ -0,73 = -1,316 ~ -1,32
<b>ALLIUM ursinum</b>						
Blätter						
4.3.1974	10 000 Lx	0,278	0,37	$\frac{0,278}{0,37} = 0,751$	9,7°: 7,77 mg · 0,751	= 5,835 ~ 5,84
	Atmung	0,797	1,05	$\frac{0,797}{1,05} = 0,759$	3,2°: -1,27 mg · 0,759 7,8°: -1,62 13,9°: -3,75 24,2°: -8,88	= -0,963 ~ -0,96 = -1,229 ~ -1,23 = -2,846 ~ -1,85 = -6,739 ~ -6,74
14.4.1973	10 000 Lx	0,580	1,05	$\frac{0,580}{1,05} = 0,552$	16,0°: 14,53 mg · 0,552	= 8,020 ~ 8,02
	Atmung	0,410	1,20	$\frac{0,410}{1,20} = 0,341$	7,0°: 0,45 mg · 0,341 13,0°: -2,12 24,6°: -4,92	= -0,153 ~ -0,15 = -0,722 ~ -0,72 = -1,617 ~ -1,68
19.4.1974	10 000 Lx	0,357	1,07	$\frac{0,357}{1,07} = 0,333$	15,7°: 11,68 mg · 0,333	= 5,887 ~ 5,89
	Atmung	0,720	2,64	$\frac{0,720}{2,64} = 0,272$	7,2°: -0,70 mg · 0,272 14,2°: -1,60 24,9°: -3,20	= -0,190 ~ -0,19 = -0,435 ~ -0,44 = -0,870 ~ -0,87
6.6.1973	2000 Lx	0,300	1,33	$\frac{0,300}{1,33} = 0,225$	15,1°: 11,76 mg · 0,225	= 2,646 ~ 2,65
	Atmung	0,200	1,08	$\frac{0,200}{1,08} = 0,185$	4,0°: 0,23 mg · 0,185 10,0°: -0,69 15,9°: -0,92 24,2°: -2,98	= -0,042 ~ -0,04 = -0,127 ~ -0,13 = -0,170 ~ -0,17 = -0,551 ~ -0,55
	300 Lx	0,210	1,08	$\frac{0,210}{1,08} = 0,194$	6,3°: 2,40 mg · 0,194	= 0,465 ~ 0,47
<b>ERANTHIS hiemalis</b>						
Gesamtpflanze o. Rhizom						
18.4.1974	10 000 Lx	0,402	0,59	$\frac{0,402}{0,59} = 0,681$	15,1°: 10,26 mg · 0,681	= 6,987 ~ 6,99
	2000 Lx	0,343	0,95	$\frac{0,343}{0,95} = 0,361$	15,3°: 2,28 mg · 0,361 19,3°: J	= 0,823 ~ 0,82
Blatt						
18.4.1974	10 000 Lx	0,212	0,65	$\frac{0,212}{0,65} = 0,326$	15,1°: 23,41 mg · 0,326	= 7,631 ~ 7,63
	Atmung	0,422	1,91	$\frac{0,422}{1,91} = 0,220$	7,2°: -0,87 mg · 0,22 14,2°: -1,42 23,0°: -3,28	= -0,191 ~ -0,19 = -0,312 ~ -0,31 = -0,721 ~ -0,72
<b>LORÝDALIS cava</b>						
Blatt						
1.4.1974	10 000 Lx	0,201	0,50	$\frac{0,201}{0,50} = 0,402$	14,9°: 26,36 mg · 0,402	= 10,596 ~ 10,60
3.4.1974	30 000 Lx	0,240	0,62	$\frac{0,240}{0,62} = 0,387$	19,9°: 34,12 mg · 0,387	= 13,204 ~ 13,20
Gesamtpflanze o. Rh.						
1.4.1974	10 000 Lx	0,282	0,48	$\frac{0,282}{0,48} = 0,587$	10,4°: 12,57 mg · 0,587	= 7,378 ~ 7,38
	Atmung	0,434	1,02	$\frac{0,434}{1,02} = 0,425$	5,4°: -1,77 mg · 0,425 8,0°: -1,59 14,7°: -2,33	= -0,497 ~ -0,50 = -0,675 ~ -0,68 = -0,990 ~ -0,99
<b>ANEMONE nemorosa</b>						
Gesamtpflanze a. Rh.						
19.3.1974	10 000 Lx					
	1. Stadium	0,128	0,21	$\frac{0,128}{0,21} = 0,609$	7,6°: 5,05 mg · 0,609	= 3,075 ~ 3,08
	2. "	0,121	0,32	$\frac{0,121}{0,32} = 0,378$	10,9°: 10,67 mg · 0,378	= 4,033 ~ 4,03
	3. "	0,148	0,30	$\frac{0,148}{0,30} = 0,493$	10,9°: 11,86 mg · 0,493 15,9°: J	= 5,846 ~ 5,85
	Atmung	0,194	0,42	$\frac{0,194}{0,42} = 0,461$	4,8°: -1,67 mg · 0,461 8,8°: -2,38 13,8°: -4,28 23,5°: -7,85	= -0,769 ~ -0,77 = -1,097 ~ -1,10 = -1,973 ~ -1,97 = -3,678 ~ -3,62
26.3.1974	30 000 Lx	0,146	0,25	$\frac{0,146}{0,25} = 0,584$	15,0°: 20,74 mg · 0,584	= 12,112 ~ 12,11

Tab. 17: Flächenbezogene Photosynthese

		TG [g]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	T/O Wert	Ass. mg CO <sub>2</sub> / g TG · h · T/O	Ass. mg CO <sub>2</sub> / dm <sup>2</sup> in [h · T/O]
<i>PULMONARIA officinalis</i>						
Blatt						
28.3.1974.	30 000 Lx	0,209	0,28	$\frac{0,209}{0,28} = 0,746$	15,8°: 15,65 mg · 0,746	= 11,67
6.6.1974.	30 000 Lx	0,107	0,40	$\frac{0,107}{0,4} = 0,267$	17,2°: 20,56 mg · 0,267	= 5,49
	Atmung	0,197	0,65	$\frac{0,197}{0,65} = 0,303$	15,0°: -1,87 mg · 0,303 24,0°: -3,74	= -0,57 = -1,13
8.8.1974.	30 000 Lx	0,245	0,79	$\frac{0,245}{0,79} = 0,310$	14,9°: 10,65 mg · 0,31	= 3,30
	Atmung	0,605	2,08	$\frac{0,605}{2,08} = 0,312$	5,0°: -0,50 mg · 0,312 12,3°: -0,93 21,8°: -2,08 28,3°: -3,23	= -0,76 = -0,29 = -0,65 = -1,01
27.3.1974.	10 000 Lx	0,179	0,30	$\frac{0,179}{0,3} = 0,596$	10,3°: 12,63 mg · 0,596	= 7,53
21.4.1974.	10 000 Lx	0,189	0,75	$\frac{0,189}{0,75} = 0,252$	15,1°: 15,59 mg · 0,252	= 3,93
	Atmung	0,604	2,00	$\frac{0,604}{2} = 0,302$	3,1°: -0,61 mg · 0,302 13,2°: -1,75 23,9°: -3,81	= -0,18 = -0,53 = -1,15
30.5.1974.	10 000 Lx	0,159	0,63	$\frac{0,159}{0,63} = 0,252$	15,1°: 20,25 mg · 0,252 19,9°:	= 5,10
	Atmung	0,606	2,59	$\frac{0,606}{2,59} = 0,233$	2,4°: -0,76 mg · 0,233 13,8°: -1,75 24,0°: -3,34	= -0,18 = -0,41 = -0,78
7.8.1974.	10 000 Lx	0,298	1,11	$\frac{0,298}{1,11} = 0,268$	14,0°: 11,45 mg · 0,268	= 3,07
17.9.1974.	10 000 Lx	0,180	0,69	$\frac{0,180}{0,69} = 0,260$	20,7°: 10,37 mg · 0,26	= 2,70
	Atmung	0,360	1,22	$\frac{0,36}{1,22} = 0,295$	14,2°: -0,78 mg · 0,295 19,8°: -1,04	= -0,23 = -0,31
31.5.1974.	5000 Lx	0,271	0,99	$\frac{0,271}{0,99} = 0,273$	14,4°: 15,66 mg · 0,273	= 4,28
8.8.1974.	5000 Lx	0,219	0,76	$\frac{0,219}{0,76} = 0,288$	20,0°: 11,07 mg · 0,288	= 3,19
17.9.1974.	5000 Lx	0,326	0,75	$\frac{0,326}{0,75} = 0,434$	15,2°: 14,86 mg · 0,434 20,1°:	= 2,11
9.6.1973.	300 Lx	0,530	1,65	$\frac{0,53}{1,65} = 0,321$	7,2°: 0,78 mg · 0,321	= 0,25
10.8.1974.	300 Lx	0,194	0,91	$\frac{0,194}{0,91} = 0,213$	9,8°: 1,241 mg · 0,213 15,6°:	= 0,51
20.9.1974.	300 Lx	0,182	0,66	$\frac{0,182}{0,66} = 0,275$	4,8°: 2,51 mg · 0,275	= 0,71
10.8.1974.	150 Lx	0,194	0,91	$\frac{0,194}{0,91} = 0,213$	12,1°: 0,96 mg · 0,213	= 0,20
20.9.1974.	150 Lx	0,236	0,54	$\frac{0,236}{0,54} = 0,437$	3,8°: 1,78 mg · 0,437 6,1°:	= 0,78
10.8.1974.	50 Lx	0,256	0,99	$\frac{0,256}{0,99} = 0,261$	12,1°: 0,55 mg · 0,261	= 0,14
20.9.1974.	50 Lx	0,236	0,54	$\frac{0,236}{0,54} = 0,437$	11,8°: 0,40 mg · 0,437	= 0,17
<i>CXALIS acetosella</i>						
Gesamtpflanze mit Rhizom						
5.4.1974.	10 000 Lx	0,287	1,20	$\frac{0,287}{1,2} = 0,239$	9,2°: 8,97 mg · 0,239	= 2,14
	Atmung	0,470	1,35	$\frac{0,47}{1,35} = 0,303$	6,9°: -0,55 mg · 0,303 13,3°: -0,99 23,2°: -1,86	= -0,17 = -0,30 = -0,56
	15.5.1973	10 000 Lx	0,280	0,34	$\frac{0,280}{0,34} = 0,823$	14,1°: 9,65 mg · 0,823
	Atmung	0,160	0,20	$\frac{0,16}{0,2} = 0,800$	10,2°: -1,15 mg · 0,8 15,9°: -1,72	= -0,92 = -1,38
	14.8.1974.	10 000 Lx	0,421	0,92	$\frac{0,421}{0,92} = 0,457$	16,0°: 5,98 mg · 0,457
	Atmung	1,184	0,94	$\frac{1,184}{0,94} = 1,259$	13,8°: -0,16 mg · 1,259 23,8°: -0,71	= -0,20 = -0,89
	27.11.1974.	10 000 Lx	0,442	0,45	$\frac{0,442}{0,45} = 0,982$	15,1°: 3,28 mg · 0,982
	Atmung	0,673	0,78	$\frac{0,673}{0,78} = 0,785$	14,8°: -0,55 mg · 0,785 19,8°: -0,94	= -0,43 = -0,74
	15.5.1973.	500 Lx	0,280	0,34	$\frac{0,280}{0,34} = 0,823$	6,8°: 0,49 mg · 0,823
30.9.1974.	500 Lx	0,259	0,48	$\frac{0,259}{0,48} = 0,539$	10,0°: 3,25 mg · 0,539	= 1,75
	Atmung	0,490	0,82	$\frac{0,49}{0,82} = 0,597$	3,0°: -0,38 mg · 0,597 14,7°: -1,62 24,8°: -3,91	= -0,23 = -0,97 = -2,33
26.9.1974.	300 Lx	0,190	0,35	$\frac{0,19}{0,35} = 0,542$	7,0°: 1,47 mg · 0,542	= 0,80
	50 Lx	0,259	0,48	$\frac{0,259}{0,48} = 0,539$	5,8°: 0,54 mg · 0,539	= 0,29
	Atmung	0,500	0,82	$\frac{0,5}{0,82} = 0,609$	7,8°: -0,95 mg · 0,609 18,0°: -2,38	= -0,58 = -1,45

Tab. 18: Flächenbezogene Photosynthese

	TGL <sup>2</sup>	Flächm <sup>3</sup>	T/O Wert	Ass. mgCO <sub>2</sub> /gTG h · T/O	Ass. mgCO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> · surfact. h
<i>HEPATICÀ nobilis</i>					
Gesamtpfl. mit Rhizom					
23.3.1973.	10 000 Lx	1,740	1,10	$\frac{1,74}{1,1} = 1,581$	7,0°: 0,47 mg · 1,581 = 0,74
	Atmung	1,280	0,60	$\frac{1,28}{0,6} = 2,133$	6,0°: -0,25 mg · 2,133 = -0,53 9,0°: -0,32 = -0,68 15,0°: -0,54 = -1,15 20,0°: -0,89 = -1,90
27.3.1974.	10 000 Lx	0,945	1,04	$\frac{0,945}{1,04} = 0,908$	15,8°: 1,27 mg · 0,908 = 1,15 20,8°: }
	Atmung	1,067	0,90	$\frac{1,067}{0,9} = 1,185$	2,2°: -0,17 mg · 1,185 = -0,20 7,9°: -0,22 = -0,26 13,5°: -0,56 = -0,66 18,8°: -0,73 = -0,87
14.8.1974.	10 000 Lx	2,062	1,00	$\frac{2,062}{1} = 2,062$	16,0°: 1,40 mg · 2,062 = 2,89 20,1°: }
	Atmung	1,184	0,94	$\frac{1,184}{0,94} = 1,259$	2,6°: -0,08 mg · 1,259 = -0,10 8,8°: -0,12 = -0,15 13,8°: -0,16 = -0,20 17,4°: -0,43 = -0,54 23,8°: -0,71 = -0,89
26.11.1974.	10 000 Lx	0,774	1,10	$\frac{0,774}{1,1} = 0,703$	10,0°: 2,62 mg · 0,703 = 1,84
	Atmung	0,699	0,94	$\frac{0,699}{0,94} = 0,743$	1,8°: -0,14 mg · 0,743 = -0,10 8,8°: -0,35 = -0,26 14,3°: -0,48 = -0,36 20,8°: -0,69 = -0,51 24,3°: -1,17 = -0,87
14.8.1974.	5000 Lx	2,062	1,00	$\frac{2,062}{1} = 2,062$	10,9°: 1,34 mg · 2,062 = 2,76
	250 Lx	0,406	0,56	$\frac{0,406}{0,56} = 0,725$	8,0°: 0,92 mg · 0,725 = 0,67
	150 Lx	0,530	0,93	$\frac{0,53}{0,93} = 0,569$	8,0°: 0,53 mg · 0,569 = 0,30
	50 Lx	2,062	1,00	$\frac{2,062}{1} = 2,062$	7,5°: -0,07 mg · 2,062 = -0,14
Blatt					
31.7.1973.	10 000 Lx	0,310	0,87	$\frac{0,31}{0,87} = 0,356$	18,5°: 8,72 mg · 0,356 = 3,10
	Atmung	1,410	2,90	$\frac{1,41}{2,9} = 0,486$	11,3°: -0,26 mg · 0,486 = -0,13 19,0°: -0,62 = -0,30 25,6°: -0,78 = -0,38
14.8.1974.	10 000 Lx	0,406	0,56	$\frac{0,406}{0,56} = 0,725$	20,0°: 4,59 mg · 0,725 = 3,33
	Atmung	1,184	0,94	$\frac{1,184}{0,94} = 1,259$	2,6°: -0,08 mg · 1,259 = -0,10 8,8°: -0,12 = -0,15 13,8°: -0,16 = -0,20 23,8°: -0,71 = -0,89
9.9.1974.	10 000 Lx	0,259	0,51	$\frac{0,259}{0,51} = 0,507$	10,8°: 3,97 mg · 0,507 = 2,01
	Atmung	0,346	0,59	$\frac{0,346}{0,59} = 0,586$	8,2°: -0,54 mg · 0,586 = -0,32 13,8°: -1,08 = -0,63 20,1°: -1,62 = -0,95 24,8°: -1,89 = -1,11
<i>ASARUM europaeum</i>					
Blatt					
3.4.1974.	10000 Lx	0,156	0,42	$\frac{0,156}{0,42} = 0,371$	10°: 15,98 mg · 0,371 = 5,93 15°: }
	Atmung	0,311	0,87	$\frac{0,311}{0,87} = 0,357$	5,2°: -0,59 mg · 0,357 = -0,21 15,5°: -1,63 = -0,58 19,0°: -2,23 = -0,80 24,0°: -4,75 = -1,70
18.9.1974.	2000 Lx	0,195	0,59	$\frac{0,195}{0,59} = 0,330$	15,0°: 9,10 mg · 0,33 = 3,00
	450 Lx	0,195	0,59	$\frac{0,195}{0,59} = 0,330$	20,8°: 4,31 mg · 0,33 = 1,42
	350 Lx	0,123	0,37	$\frac{0,123}{0,37} = 0,332$	20,8°: 2,27 mg · 0,332 = 0,75
	100 Lx	0,123	0,37	$\frac{0,123}{0,37} = 0,332$	9,8°: 1,13 mg · 0,332 = 0,38
	Atmung	0,353	0,90	$\frac{0,353}{0,9} = 0,392$	10,9°: -0,13 mg · 0,392 = -0,05 14,3°: -0,40 = -0,16 19,0°: -0,66 = -0,26 25,8°: -2,12 = -0,83

Abb. 26

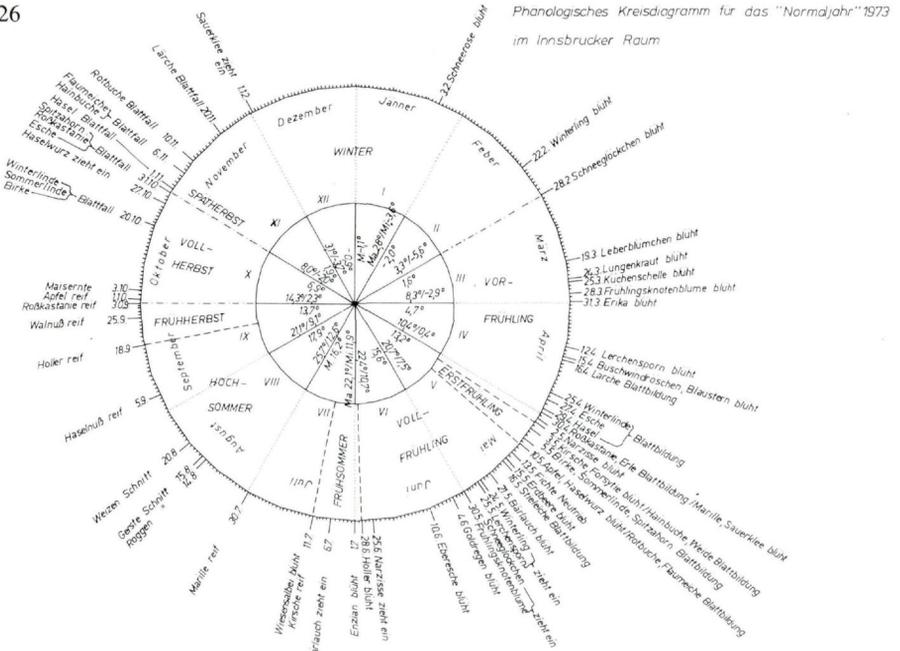


Abb. 27

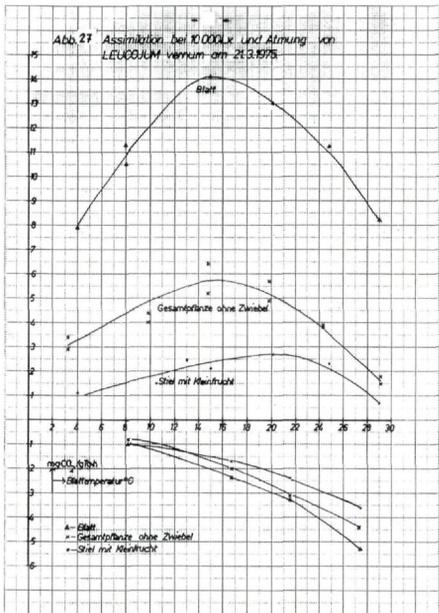
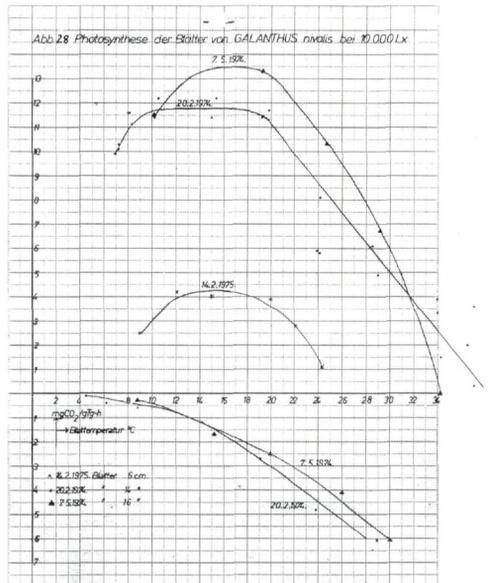


Abb. 28



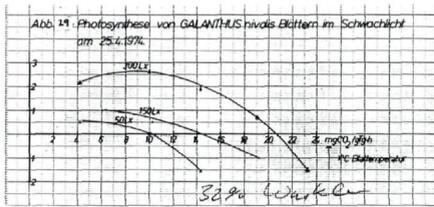


Abb. 29

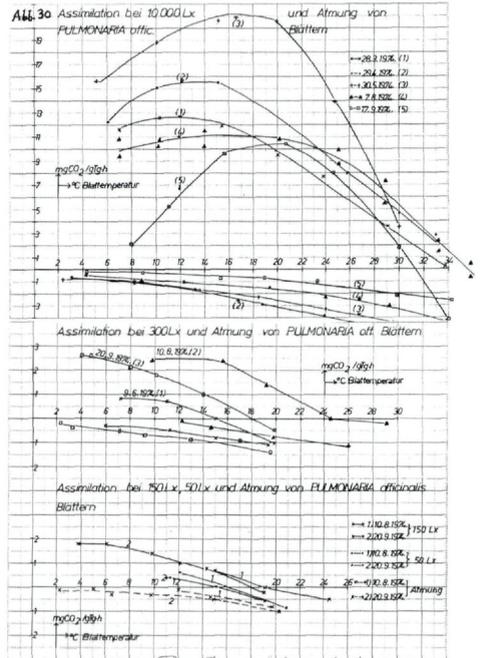


Abb. 30

Abb. 31

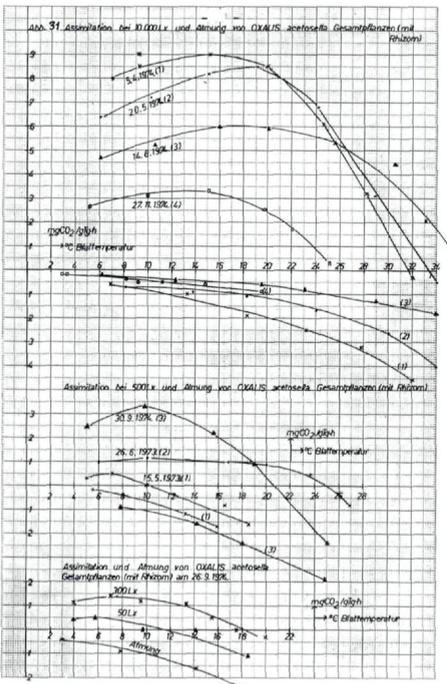


Abb. 32

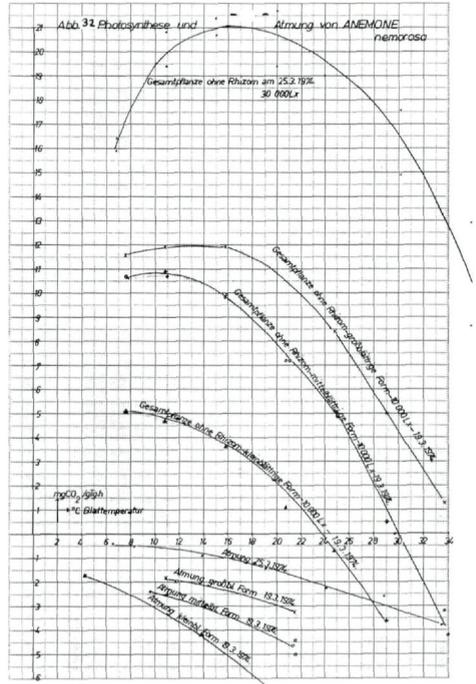


Abb. 33

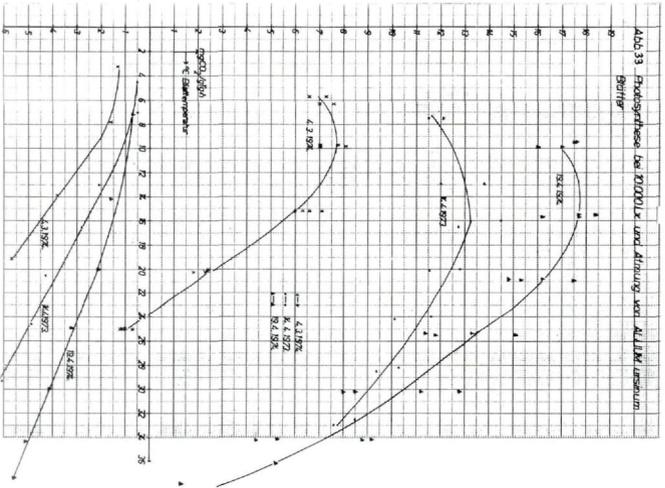


Abb. 34

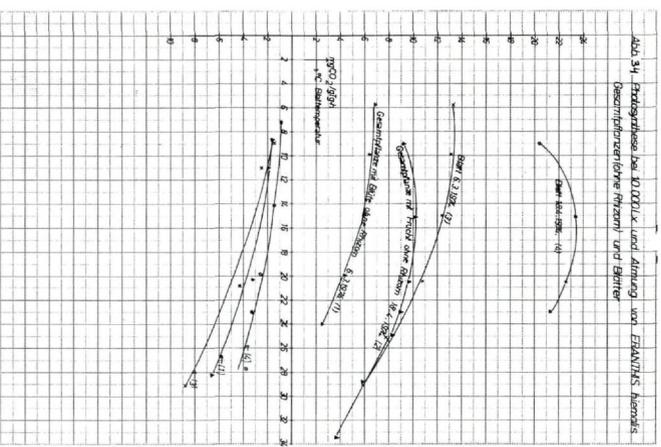


Abb. 35

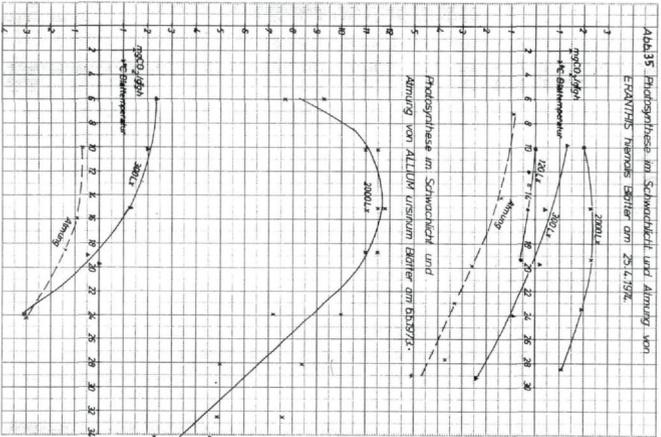


Abb. 36

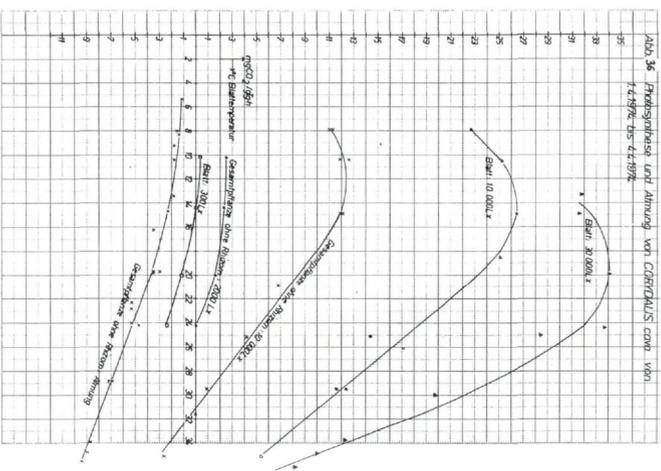


Abb. 37

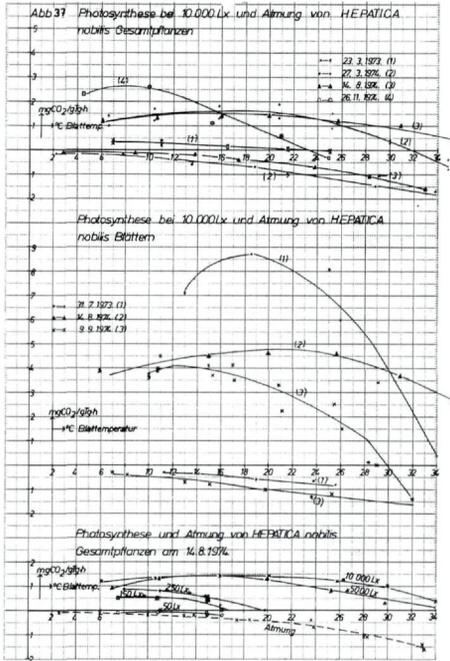


Abb. 38

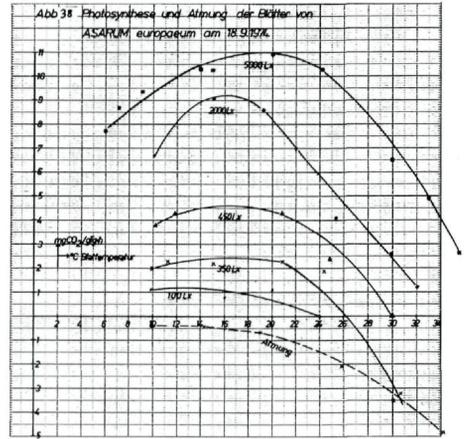
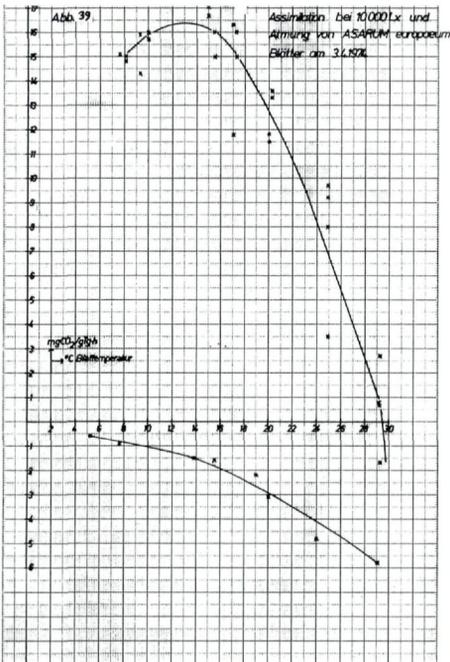


Abb. 39



Anschriften der Verfasser:

a. o. Univ.-Prof. Dr. Erich Winkler  
 Institut für Botanik  
 6020 Innsbruck  
 Sternwartestraße 15

Dr. Gregor Beikircher  
 Olang 13 bei Bruneck

and. phil. Dagmar Menneweger-Kainz  
 Erlach 124 bei Steinach/Tirol.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Erich, Beikircher Gregor, Menneweger-Kainz Dagmar

Artikel/Article: [Die Stoffproduktion und Photosynthese in Eichenbeständen in Abhängigkeit vom Temperatur- und Lichtfaktor. 99-149](#)