©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Carinthia II	170./90. Jahrgang	S. 301–319	Klagenfurt 1980

Das Blattflächenwachstum einiger heimischer Gehölzarten im Laufe von drei Vegetationsperioden

(Messungen aus den Jahren 1976, 1977, 1978)

Von Helmut HARTL

(Mit 13 Abbildungen)

Herrn Univ.-Prof. Dr. Franz KAHLER zur Vollendung des achtzigsten Lebensjahres gewidmet

ZUSAMMENFASSUNG

Drei Vegetationsperioden hindurch wurden zahlreiche Blätter von verschiedenen Gehölzarten am natürlichen Standort mit einem transportablen elektronischen Blattflächenmesser hinsichtlich ihres Blattflächenwachstums untersucht.

Es zeigte sich, daß für die Blattentwicklung vor allem endogene Faktoren entscheidend sein müssen, da lokalklimatische Faktoren sich nur unwesentlich auf die Hauptwachstumszeit der Gehölzblätter auswirkten. Die Entfaltung der Blätter ist nach den entsprechenden Höhenstufen gestaffelt, die Hauptwachstumszeit beträgt bei den meisten Gehölzen drei Wochen. In den tieferen und mittleren Höhenlagen ist das Blattflächenwachstum Ende Mai, spätestens Mitte Juni abgeschlossen. Aus diesem Schema fällt der Krainer Kreuzdorn *(Rhamnus fallax)*, ein illyrisches Gebirgswaldelement. Diese Gehölzart beginnt relativ spät (Anfang Juni) die Blätter zu entfalten, welche bis Anfang August eine stetige Zunahme ihrer Fläche aufweisen.

Negativwerte in den Diagrammen werden während der Hauptwachstumszeit als Meßungenauigkeiten (das amerikanische Gerät ist störanfällig), in späteren Perioden als Schrumpfungen (Verkleinerung durch Verfestigung) gedeutet.

SUMMARY

Over three periods of vegetation a great number of varying kinds of woods have been examined in regard to the growth of the size of leaves by means of a portable electronic device.

It is now evident that above all endogenic factors must be responsible for the growth and development of the leaves, since local climatic factors excerted only minor effects on the

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

main period of growth. The unfolding of the leaves depends on the respective altitudes, the main period of growth being for most kinds of wood three weeks. At low and medium altitudes the growth of the leaves comes to a stop at the end of May or by mid-June.

The Krainer Kreuzdorn *(Rhamnus fallax)* represents an exception. This wood, to be found in the Illiric mountains, begins to unfold its leaves relatively late (at the beginning of June) and gradually grows till the beginning of August.

Negative growth according to charts during the main period of growth are to be interpreted either as inaccuracies based on the liability of the electronic device to disturbance or on shrinking (reduction by hardening) in later periods.

EINLEITUNG

Daten über die Zunahme der Blattfläche von Gehölzarten während der Vegetationsperiode in Korrelation zum Standortklima sind in der Literatur spärlich gesät. Es lag nahe, durch Erfassung dieser Werte an Blättern in einer heilen Natur und danach an Blättern im Stadtgebiet bei gleichzeitiger Auswertung der Kleinklimafaktoren am Standort Rückschlüsse auf die Beeinträchtigung des Wachstums durch schädigende Umwelteinflüsse zu erhalten. Dies war das Ausgangsstadium für das Vorhaben, welches vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung 1975 unter Projekt-Nr. 2582 in Form des Ankaufs der hiezu notwendigen Geräte bewilligt wurde.

Technische Unzulänglichkeiten und eine an Varianten freudige Natur haben sicherlich nicht den erwünschten Erfolg hinsichtlich einer stadtökologischen Verwertung der Ergebnisse gebracht. Somit ist dieser Beitrag vielmehr als kleiner Baustein der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung zu werten.

DIE MESSGERÄTE

Die Blattflächenmessungen wurden mit einem transportablen Blattflächenmesser (Portable Area Meter) Modell LI-3000 der Firma Lambda Instruments Corp. (Lincoln, Nebraska) durchgeführt, welches 1973 in den USA auf den Markt kam. Meines Wissens wurde es erstmalig in Europa von mir ausprobiert. Bisher wurden zumeist abgenommene Blätter ausplanimetriert, Vergleiche mit Standardflächen gemacht oder durch Ausstanzen von Blattscheiben und der Umrechnung des Verhältnisses dieser genormten Fläche zum Gewicht die Gesamtfläche ermittelt (vgl. HELLER 1971; eine weitere Übersicht über Meßmethoden findet sich bei GEYGER 1964).

Bei der von mir verwendeten Methode wird ein mit Lichtpunkten ausgestatteter Haltegriff (scanning head) gleichzeitig mit einer die Blattlänge messenden Schnur über das Blatt gezogen. Die dabei gemessenen Werte werden von einem Kleincomputer zur Fläche integriert und in einer Digitalanzeige sichtbar gemacht.

Tab. 1: Absolute Blattflächenzunahme einiger signifikanter Blätter (Meßergebnisse von 3 Jahren)

1976						1977										1978									
Datum						Datum										Datum									
						22. 4.						1,22	1,13												
						25. 4.				1,88	1,32	3,30	2,52	1,85			24. 4.			2,98	2,52				
						28. 4.	6,63	5,16		3,90	3,12	5,27	4,82	3,85			27. 4.			6,3	4,48				
						2. 5.	12,34	11,29	2,68	6,77	6,06	8,38	10,35	5,25		1,62	2. 5.			9,79	7,32		24,02	10,96	
						6. 5.	18,18	21,30	6,45	9,91	11,76	12,46	18,27	6,18	2,86	6,82	8.5.	12,02	10,93	12,61	9,91		45,99	42,27	
						9. 5.	18,61	23,21	6,91	10,51	13,10	14,53	20,65	7,10	3,27	8,07	11. 5.	16,49	15,74	15,68	15,18		50,7	61,13	
						12. 5.	18,77	22,37	-	10,95	13,20	13,32	19,95	-	6,80	-	16. 5.	16,76	17,65	16,99	16,65		52,53	75,11	11,57
17. 5.	6,35					16. 5.	19,40	21,56	6,79	11,18	14,13	14,00	20,76	7,32	9,05	18,64	18. 5.	16,34	17,47	14,71	13,01		51,9	93,99	15,33
24. 5.	9,92	5,21	14,6			23. 5.	18,42	21,98	6,28	10,79	14,0	14,20	20,92	7,29	9,60	21,61	23. 5.	17,17	16,79	14,99	15,54	11,47	51,47	112,41	17,45
31. 5.	11,33	9,77	29,40			31. 5.	18,53	21,70	6,34	10,99	13,76	13,36	20,84	6,96	9,41	21,13	30. 5.	17,40	16,81	16,49	16,57	13,9	51,14		19,80
7. 6.	11,69	11,31	26,30	3,04	4,54	6. 6.	19,01	21,67	6,94	10,59	13,41	12,83	20,50	7,20	9,31	21,61	1. 6.	17,56	17,45	16,58	16,51	13,82	50,47		20,78
14. 6.	11,74	11,58	26,72	6,11	6,84	12. 6.	18,22	22,22	6,37	11,52	13,39	13,56	20,65	7,18	9,87	21,53	5. 6.	17,31	17,40	16,68	15,70	13,82	50,61		19,42
21. 6.	11,43	12,41	30,31	6,86	16,85	20. 6.	17,54	21,88	6,46	11,15	13,11	13,28	20,64	7,13	9,25	21,67	8. 6.	17,36	16,52	15,92	15,59	14,14	50,09		21,67
28. 6.	11,73	12,53	30,85	7,73	19,12												12. 6.	16,96	17,55	16,37	16,57	13,71	50,63		20,97
5. 7.	11,21	12,17	30,10	8,08	19,52												15. 6.	17,01	17,41	15,61	16,51	13,83	50,50		20,83
12. 7.	11,15	11,69	30,98	8,24	19,31												20. 6.	17,31	17,28	15,65	15,88	14,05	50,61		20,72
20. 7.	10,89	11,43	31,54	7,39	18,89												22. 6.	17,73	17,51	16,44	16,53	13,7	50,46		20,63
2. 8.	11,03	11,55	31,02	-	21,62												27. 6.	17,33	17,32	15,93	16,59	13,4	50,61		19,61
9. 8.	10,72	11,77	31,70	7,57	19,96												29. 6.	17,41	17,87	16,57	16,70	13,71	51,18		20,32
15. 8.	11,08	11,53	32,58	7,79	20,69												3. 7.	17,41	17,18	16,15	15,53	13,82	50,76		20,22
23. 8.	10,50	11,77	31,49	7,45	20,49												6. 7.	17,07	17,42	15,9	15,91	14,06	50,61		21,05
31. 8.	10,64	10,31	29,05	7,44	18,33	18. 7.					13,53	13,58		7,07	9,14										
6. 9.	11,23	9,6	30,71	6,90	18,53												7. 8.	17,54	17,45	16,71	16,44	13,5			21,43
13. 9.			30,34	7,59	17,57	16. 8.					13,69	12,31		7,33	8,09										
	Buche	Salweide	Holunder	Krainer Kreuzdorn			Buche	Buche	Buche	Hasel 1	Hasel 2	Hasel 2	Hasel 2	Birke 2	Eiche 1	Eiche 2		Buche	Buche	Hasel	Hasel	Eiche	Berg-ahorn	Spitz-ahorn	Feld-ahorn
	Blatt 3	Blatt 2	Blatt 1	Blatt 3	Blatt 5		Blatt 1	Blatt 4	Blatt 2	Blatt 2	Blatt 1	Blatt 3	Blatt 2	Blatt 3	Blatt 3	Blatt 3		Blatt 2	Blatt 3	Blatt 1	Blatt 2	Blatt 7	Blatt 1	Blatt 4	Blatt 2

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Nach meinen Erfahrungen ist das Gerät entgegen den Hinweisen im Prospekt störanfällig und bei Vorhandensein von Regentropfen und Staub unbrauchbar. Auch wirkt sich die geringste Schräghaltung der zu ziehenden Schnur fehlerhaft aus. Kleine Blätter von Kräutern lassen sich auf Grund der Unhandlichkeit überhaupt nicht messen. Die besten Ergebnisse dürfte das Gerät bei den riesigen Maisblättern aufweisen.

Um brauchbare Ergebnisse zu erhalten, wurde jedes der von mir untersuchten Blätter 6x pro Meßtag mit dem Gerät abgetastet. Das arithmetische Mittel ergab dann den Endwert. Berechnungen mit genormten Testflächen ergaben, daß mit 95% Wahrscheinlichkeit die Streuung dieser Werte 0,6 nicht überschreitet.

Geplante Stoffproduktionsmessungen, z. B. des Blattflächenindizes BFI und der Netto-Assimiliationsrate NAR g/m^2, wurden wegen der erwähnten Unzulänglichkeiten nicht durchgeführt.

Zur Messung des Standortklimas bzw. des Wetterablaufes wurden folgende Meßgeräte verwendet:

Temperatur und Luftfeuchte wurden durch zwei Thermo-Hygrographen (Firma THIES, Firma FUESS) registriert, zur Kontrolle der Temperatur wurden zusätzlich noch zwei ausgezeichnet arbeitende Thermoskript-Geräte der Firma GOERZ Electro verwendet.

Die gemessenen Ergebnisse wurden nach Angaben der Wetterdienststelle Klagenfurt der Zentralanstalt für Meteorologie zu Wochenmittelwerten umgerechnet. Zusätzlich wurden die Strahlung mit einem Aktinographen nach ROBITSCH und die Niederschläge mit einem Ombrometer gemessen. Inwieweit die im offenen Gelände registrierte Strahlung sich bei den in 1 bis 2 m Höhe gemessenen Blättern auswirkt, wieviel vorher schon absorbiert bzw. reflektiert wird (vgl. CERNUSCA 1976), läßt sich von meiner Warte aus nicht beurteilen.

AUSWERTUNG

Die sich ergebenden Meßwerte mußten nun nach mathematisch-statistischen Methoden behandelt werden, um irgendwelche Korrelationen zu erkennen. Die bei ŠESTAK/ČATSKA 1971, S. 349, veröffentlichte Formel zur Berechnung der Relativen Wachstumsrate (relative growth rate), mit welcher auch BURIAN*) 1973 bei Schilf und MAIER*) 1973 beim Wasserschlauch arbeiteten, wurde auch hier angewendet:

$$RGR = \frac{\ln F_2 - \ln F_1}{t_2 - t_1} \qquad (F = \text{Fläche}, t = \text{Zeit})$$

*) Beiden Herren, speziell Doz. Dr. R. MAIER, sei an dieser Stelle für die bereitwillige Beratung gedankt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Relative Wachstumsrate (RGR) gibt an, wieviel Fläche in einer bestimmten Zeit täglich zuwächst, bezogen auf die bereits vorhandene Fläche. Es wird also der Zuwachs relativiert im Sinne einer Zinseszinsrechnung.

Dr. SCHULZ vom Institut für Seenforschung in Klagenfurt entwickelte dieser Formel entsprechend das Programm für den institutseigenen Computer. Von diesem wurden letztlich die Werte graphisch im gleichen Maßstab dargestellt, die Schwankungen der Blattgrößen im Laufe des Wachstums sind aus den Diagrammen deutlich ablesbar. Sämtliche Diagramme wurden nun mit den Klimawerten verglichen, um eventuelle Parallelen zwischen Wachstum und herrschenden Umweltfaktoren feststellen zu können.

Um nicht unnötigen Platz zu vergeuden, werden hier jeweils nur typische Beispiele aus dieser Auswertung angeführt. Auch die Darstellung einer Kurvenschar für das Wachstum der Blätter einer Gehölzart bewährte sich nicht. Die Ergebnisse waren einander zu ähnlich, so daß sich die Diagramme kaum voneinander unterscheiden ließen. Sämtliche Meßergebnisse liegen beim Verfasser auf.

Die Messungen aus dem Jahr 1976

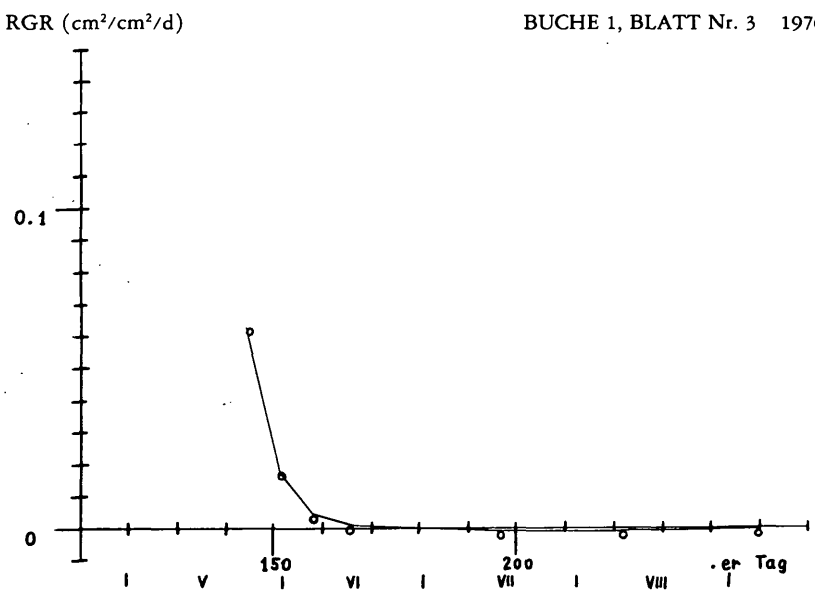


Abb. 1: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Bodental 1976

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

RGR ($cm^2/cm^2/d$) HOLUNDER, BLATT NR. 1 1976

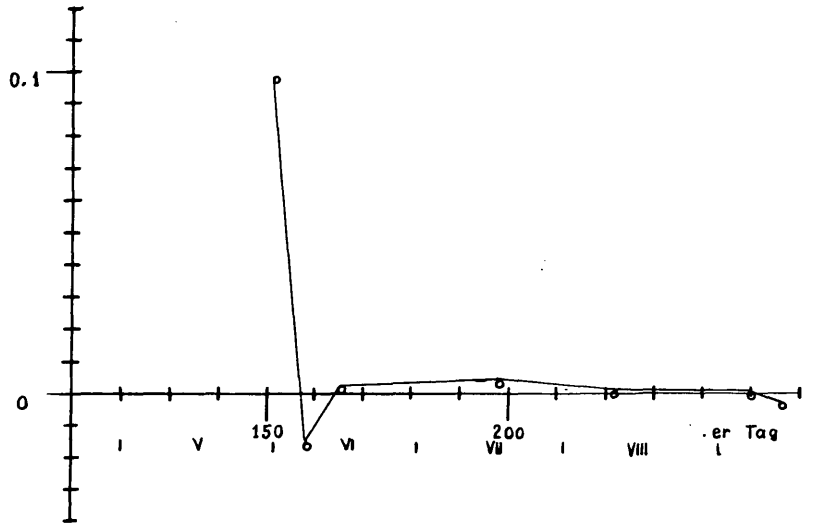


Abb. 2: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Bodental 1976

RGR ($cm^2/cm^2/d$) SALWEIDE, BLATT Nr. 2 1976

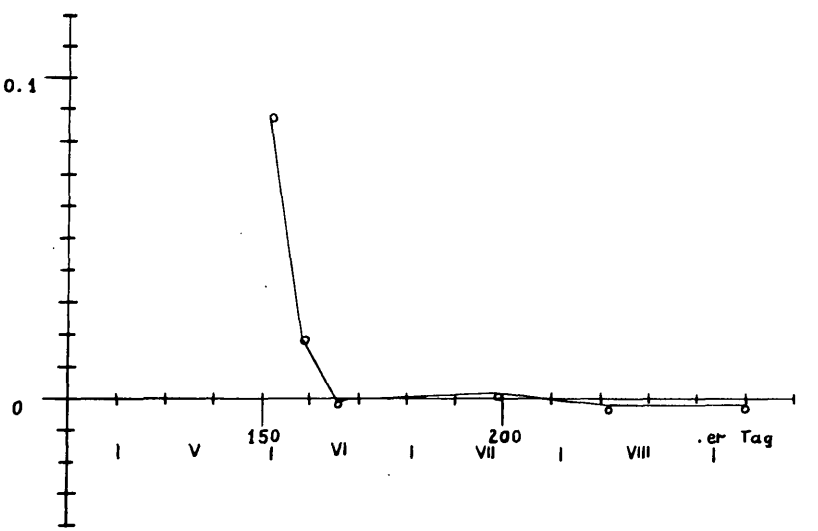


Abb. 3: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Bodental 1976

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

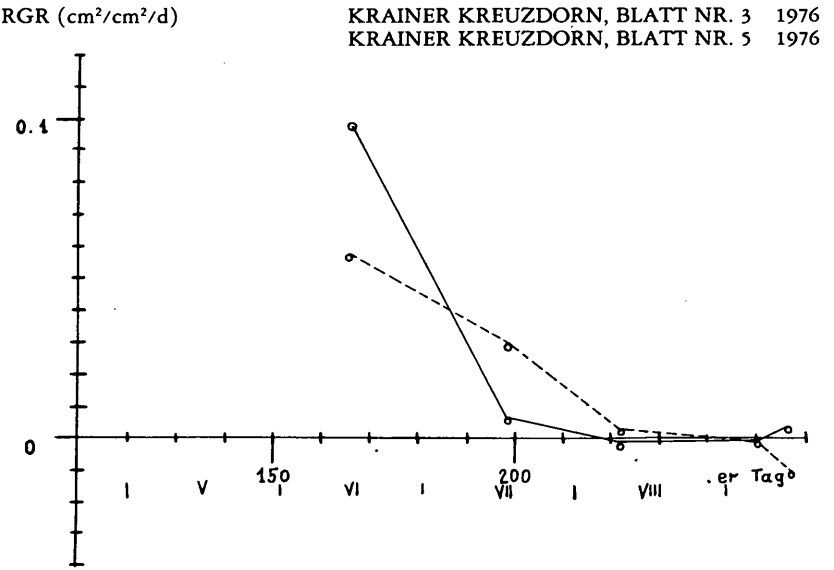


Abb. 4: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Bodental 1976

Klimadaten:
SSE exponierter Hang

Datum		17. 5.– 24. 5.	24. 5.– 31. 5.	31. 5.– 7. 6.	7. 6.– 14. 6.	14. 6.– 21. 6.	21. 6.– 28. 6.	28. 6.– 5. 7.	5. 7.– 12. 7.	12. 7.– 20. 7.	20. 7.– 26. 7.	26. 7.– 2. 8.	2. 8.– 9. 8.	9. 8.– 16. 8.	16. 8.– 23. 8.	23. 8.– 31. 8.	31. 8.– 6. 9.	6. 9.– 13. 9.	13. 9.
Temperatur Wochenmittel	°C	8,6	8,0	6,2	13,1	12,1	14,2	16,0	15,1	16,5	12,7	10,7	8,5	9,8	8,6	10,1	7,4	7,0	-
Luftfeuchtigkeit Wochenmittel	%	66,5	82,5	82,1	70,3	66,6	73,8	65,8	74,0	72,6	93,2	83,1	82,4	87,7	88,6	82,9	91,0	77,2	-
Niederschlag	mm	43,5	90,0	30,0	13,8	21,3	-	10,8	3,9	12,6	159,2	78,0	17,0	50,0	27,6	7,7	156,3	83,0	-

1976 fanden die Freilandmessungen im Talschluß des Bodentales am Fuße der Karawankenhauptkette statt.

Standorte:
SSE exponierter Hang, 40°, 1240 m ü. M., Randbereich eines Buchen-Tannen-Waldes
W exponierter Hang, 30°, 1150 m ü. M., wärmer und lufttrockener

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

W exponierter Hang

Temperatur Wochenmittel	°C	10,0	9,3	8,5	14,6	13,8	14,7	17,1	16,3	17,6	14,6	16,4	11,2	11,9	11,1	11,6	9,4	8,5	-
Luftfeuchtigkeit Wochenmittel	%	69,7	74,1	77,6	68,6	-	76,9	66,0	61,4	61,8	86,2	86,9	67,9	80,1	82,3	74,5	83,5	74,9	-

Buche *(Fagus sylvatica)* – SSE-Hang: 12 Blätter/3 Äste

Hauptwachstumszeit: In der 1. Woche nach Entfaltung, abgeschwächt auch in der 2. Woche (17. 5. bis 31. 5.); eine Woche später einsetzende Messungen an bereits ausgetriebenen Blättern zeigen nur mehr die zweite schwache Zunahme. Späteres Austreiben der Blätter sowie geringere Wachstumsrate zu Beginn aus dem höher gelegenen Standort erklärbar.

Zunahme in der HWZ (Hauptwachstumszeit): etwas weniger als 2x. Bemerkungen: Vor der HWZ höhere Temperaturwelle als während der HWZ erkennbar. Vermehrte Niederschläge in der HWZ. Ab 21. 6. bis 31. 8. bleibt das Blattflächenwachstum gegenüber den statistischen Erwartungen eher zurück, leichte Abnahme feststellbar. Ab 2. 8. machen die Blätter einen harten, festen, lederigen Eindruck. Die Blattränder sind leicht gebräunt und teilweise angefressen, die Spreiten sind schüsselförmig gewölbt.

Möglicher Grund: Niederschlagsarmer, trockener Sommer.

Buche – W-Hang: 3 Blätter/1 Ast

Bemerkungen: Spätere Entfaltung (Nachmittagssonne) binnen einer Woche. Möglicher Grund: Größere Temperatur und geringere Luftfeuchtigkeit als am SSE-Hang.

Salweide *(Salix caprea)* – SSE-Hang: 2 Blätter

Hauptwachstumszeit: Nur in der 1. Woche nach Entfaltung (24. 5. bis 31. 5.). Zunahme in der HWZ: ca. $^3/_4$x

Bemerkungen: Restliches Wachstum gering, jedoch den statistischen Erwartungen ± entsprechend. Blätter weisen ab Mitte Sommer Fraßstellen auf.

Erhöhte Niederschlagssummen und Luftfeuchte vor der HWZ, Wiederansteigen der Temperatur in der HWZ erkennbar.

Holunder *(Sambucus racemosa)* – SSE-Hang: 2 Blätter

Hauptwachstumszeit: Nur in der 1. Woche nach Entfaltung (24. 5. bis 31. 5.). Zunahme in der HWZ: 2x

Danach nimmt die Fläche gegenüber dem erwarteten Wachstum konstant ab. Blätter weisen ab Mitte Sommer Fraßstellen auf.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Krainer Kreuzdorn *(Rhamnus fallax)* – SSE-Hang: 10 Blätter

Hauptwachstumszeit: In den ersten drei Wochen nach der relativ späten (südliches Florenelement) Entfaltung (7. 6. bis 28. 6.).

Zunahme in der HWZ: 2x bis 4x, blattweise verschieden. Auch danach sind geringe, über die statistische Erwartung hinausgehende Zu- und Abnahmen der Blattflächen je nach Blatt gemessen worden. Das verspätete Austreiben und die längere Wachstumsperiode gegenüber den anderen Gehölzarten kann nur als artspezifisches Charakteristikum dieses illyrischen Gebirgswaldstrauches gedeutet werden. Kaum Niederschläge und sehr hohe Temperaturmittelwerte bei leicht fallender Luftfeuchtigkeit während der HWZ fallen auf.

Zusätzlich wurden noch Blätter der Tollkirsche *(Atropa belladonna)*, der Krainer Lilie *(Lilium carniolicum)* und des Hain-Kreuzkrautes *(Senecio nemorensis)* gemessen. Auf Grund der großen Wärme und der geringen Niederschläge in diesem Sommer vertrockneten die Blätter oder wiesen zu viele Fraßstellen auf.

Die Messungen aus dem Jahr 1977

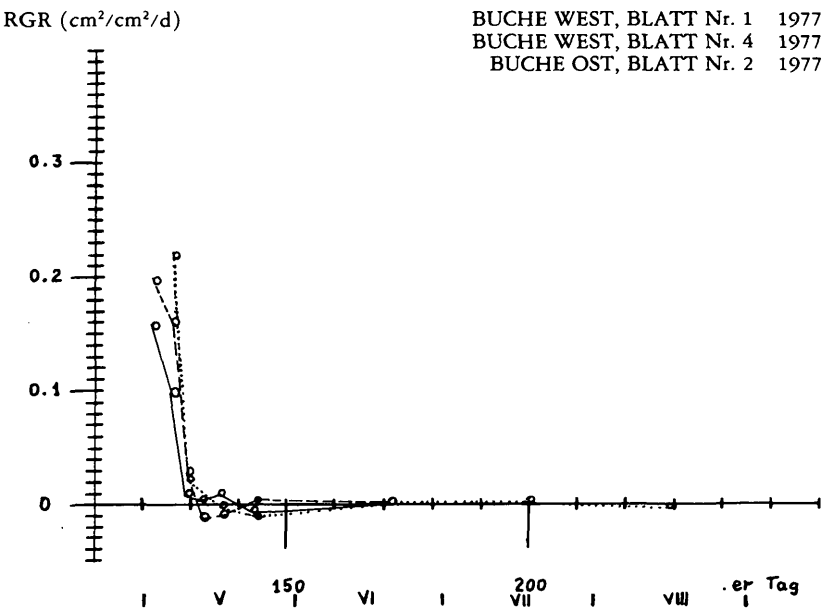


Abb. 5: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Keutschacher-See-Ufer 1977

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

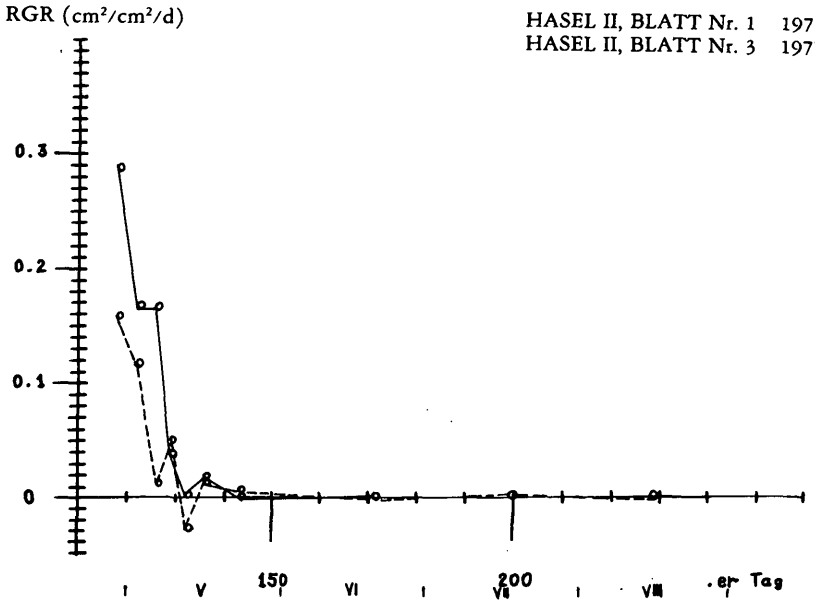


Abb. 6: Blattflächenwachstum - Relative Wachstumsrate (RGR), Keutschacher-See-Ufer 1977

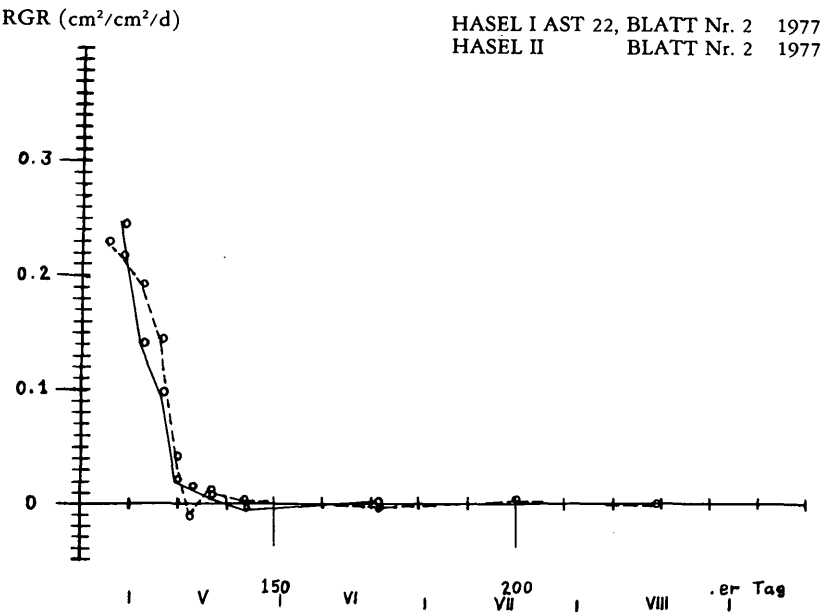


Abb. 7: Blattflächenwachstum ausgewählter Birkenblätter, Keutschacher-See-Ufer 1977

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

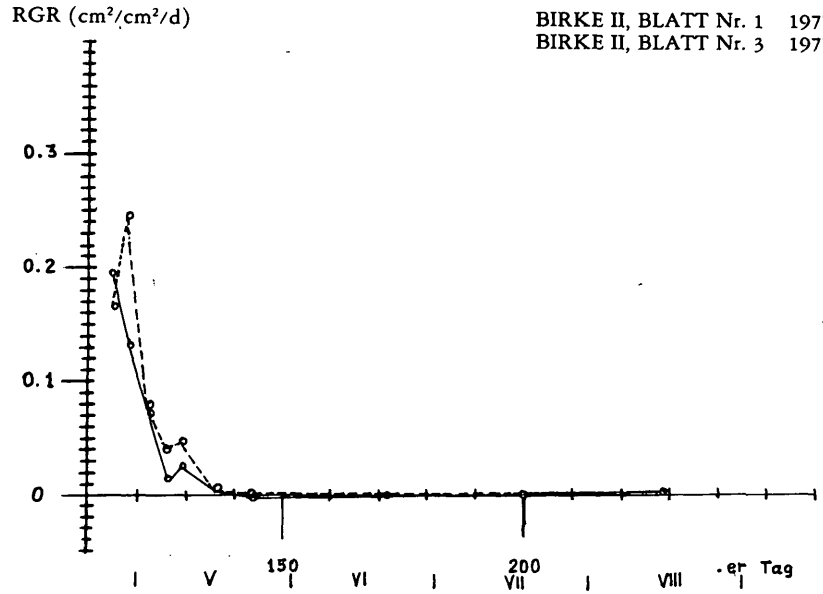


Abb. 8: Blattflächenwachstum - Relative Wachstumsrate (RGR), Keutschacher-See-Ufer 1977

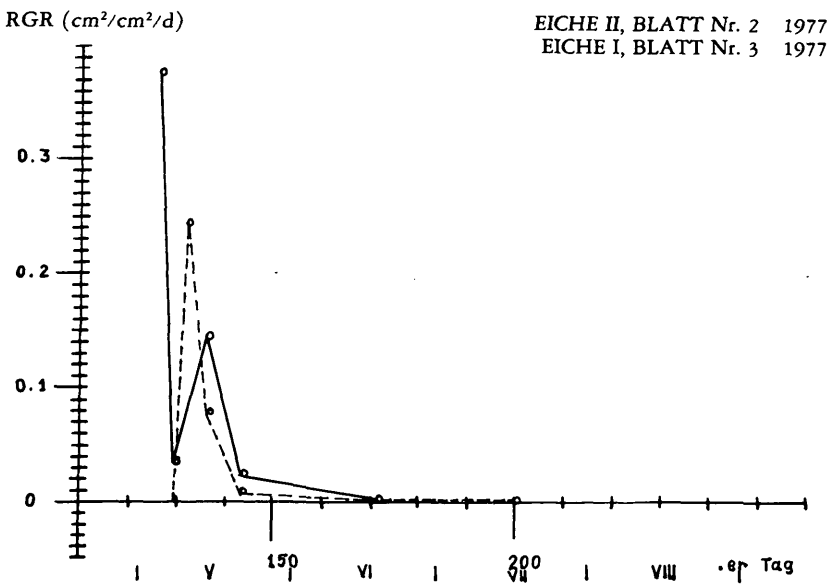


Abb. 9: Blattflächenwachstum - Relative Wachstumsrate (RGR), Keutschacher-See-Ufer 1977

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

1977 fanden die Messungen am Nordufer des Keutschacher Sees statt.

Standort: N exponierter, sanft geneigter Hang, 510 m ü. M., ehemaliger Buchen-Tannen-Mischwald, derzeit stark gelichtet (Campingplätze). Gehölze meist freistehend.

Klimadaten:

Datum		11. 4.- 18. 4.	18. 4.- 25. 4.	25. 4.- 2. 5.	2. 5.- 9. 5.	9. 5.- 16. 5.	16. 5.- 23. 5.	23. 5.- 31. 5.	31. 5.- 6. 6.	6. 6.- 13. 6.	13. 6.- 20. 6.	20. 6.- 27. 6.	27. 6.- 4. 7.
Temperatur Wochenmittel	°C	3,4	8,5	10,9	10,7	9,5	12,8	11,2	10,9	16,3	18,1	19,9	15
Luftfeuchtigkeit Wochenmittel	%	64,0	55,0	-	77,0	82,8	80,6	75,8	80,5	76,7	72,2	73,5	84,5
Strahlung	cal/cm²/h	1894	1890	1848	1540	-	-	2027	1279	918	2718	2733	3082
Niederschlag	mm	12	12	5	39,5	33,0	16,0	5,0	95,0	-	175,0	-	170,0

Die Erfahrungen aus dem Jahre 1976 führten dazu, daß die Blätter ab dem Jahre 1977 2x pro Woche, jedoch nur bis Ende Juni, gemessen wurden.

Buche: 11 Blätter/2 Bäume

Hauptwachstumszeit: 8 Tage (28. 4. bis 6. 5.), wobei in den ersten 4 Tagen fast eine Verdoppelung der Fläche eintritt, nach 8 Tagen fast eine Verdreifachung.

Zunahme in der HWZ: 2 bis 3x, blattweise verschieden.

Bemerkungen: Das Wachstum nach der HWZ entspricht ± den statistischen Erwartungen, wobei jedoch immer wieder negative Abweichungen auffallen. Diese treten verstärkt (31. 5. bis 16. 8.) bei all jenen Blättern auf, die bis Mitte August weitergemessen wurden. Vermutlich handelt es sich um Schrumpfungen. Vereinzelt Zunahme an Fraßlöchern. - Vermehrte Niederschläge und Luftfeuchtigkeit in der HWZ. Starker Temperaturanstieg vor der HWZ, relativ starke Strahlung in den Wochen vor dem Ausbreiten der Blätter.

Hasel: 16 Blätter/4 Äste/3 Sträucher

Hauptwachstumszeit: 11 Tage (25. 4.–6. 5.) Zunahme in der HWZ: 2x bis 10x, im Durchschnitt 4x.

Bemerkungen: Später austreibende Blätter zeigen den gleichen Verlauf (autonom). Spätestens Ende Mai ist das Blattwachstum abgeschlossen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Vermehrte Niederschläge und Luftfeuchtigkeit in der HWZ. Starker Temperaturanstieg vor der HWZ; relativ starke Strahlung in den Wochen vor dem Ausbreiten der Blätter.

Birke: 11 Blätter/2 Bäume/3 Äste

Hauptwachstum: ca. 14 Tage (22. 4. bis 6. 5.). Treibt etwas früher aus als die anderen Gehölzarten. Zunahme in der HWZ: 2x bis 8x, von Baum zu Baum verschieden.

Bemerkungen: Mitte Mai ist das Wachstum bis auf minimale Zunahmen abgeschlossen. Manche Blätter werden schon Ende Mai löcherig und verwelken.

Eiche: 9 Blätter/2 Bäume

Hauptwachstumszeit: jeweils nur 4 Tage (meist 2. 5. bis 6. 5.). Entfaltung der Blätter nach GRESSEL 1977 verallgemeinert: 28. 4.

Zunahme in der HWZ: ca. 4–5x

Bemerkungen: Bei drei Blättern nochmaliger Wachstumsschub zwischen dem 12. und dem 16. 5., danach Wachstum bei allen Blättern hinter den statistischen Erwartungen zurückbleibend. Gesamtflächenzunahme bis 20. Juni gegenüber den Ausgangsflächen unterschiedlich groß: 6,3x – 13x – 16x. Bei mehreren Blättern tritt Eichenmehltau auf, sie vertrocknen. Hauptwachstum fällt in die Zeit steigender Temperatur und erhöhter Niederschläge sowie zunehmender Luftfeuchtigkeit. Spätere Niederschlags- und Temperaturerhöhungen wirken sich nicht mehr aus. Einstrahlung in den der HWZ vorausgehenden Wochen höher als in der Hauptwachstumsperiode. (Leider sind zwei wichtige Werte ausgefallen.)

Trockengewicht eines ausgewachsenen Durchschnittsblattes (Mittelwert von 10 im Herbst abgenommenen Blättern aus 1 bis 2 m Höhe):

Durchschnittliche Blattgröße		Trockengewicht
Buche 1:	22,7 cm^2	0,11 g
Buche 2:	44,3 cm^2	0,29 g
Hasel:	40,7 cm^2	0,34 g
Birke:	7,9 cm^2	0,07 g
Eiche:	23,7 cm^2	0,17 g

Die Messungen aus dem Jahr 1978

1978 fanden die Messungen am Waldrand des Botanischen Gartens in Klagenfurt statt.

Standort: O exponierter, ca. 20° geneigter Hang, 455 m ü. M. Buchenwald der Unteren Laubwaldstufe.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

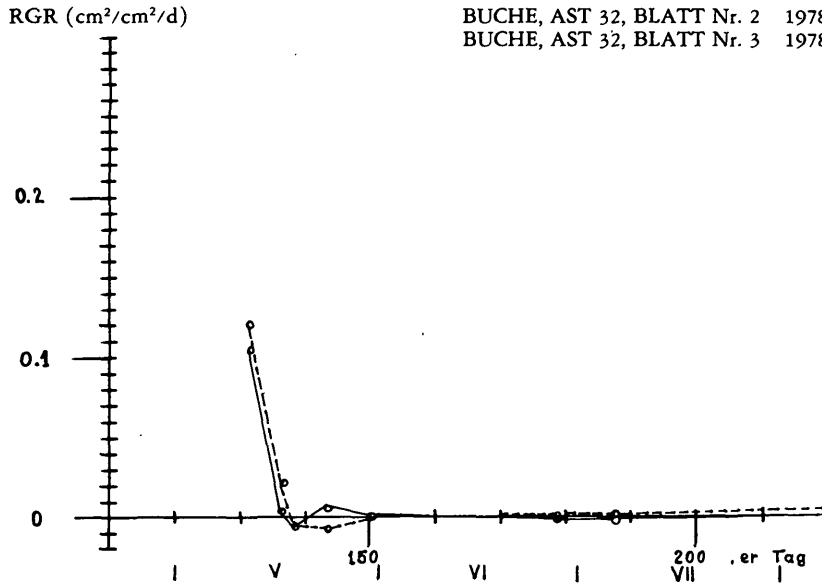


Abb. 10: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Botanischer Garten 1978

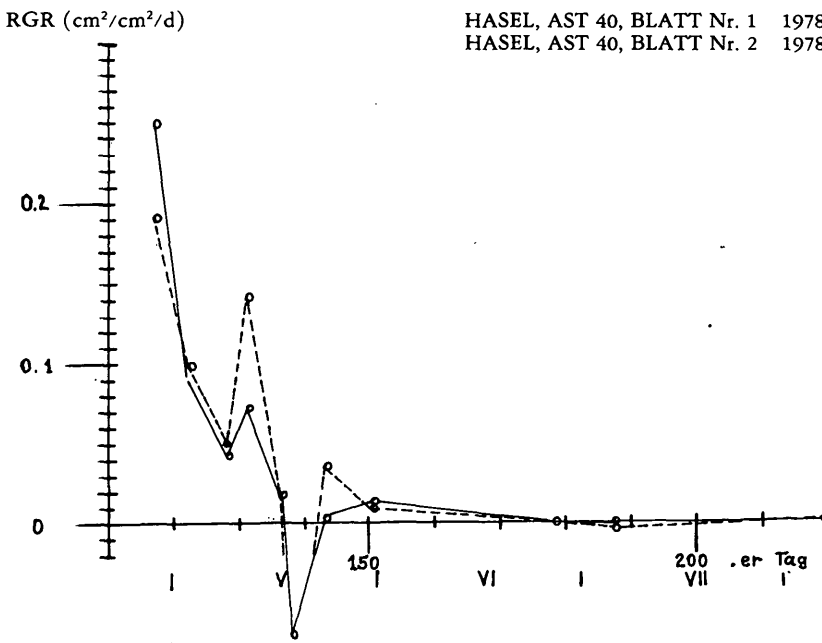


Abb. 11: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Botanischer Garten 1978

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

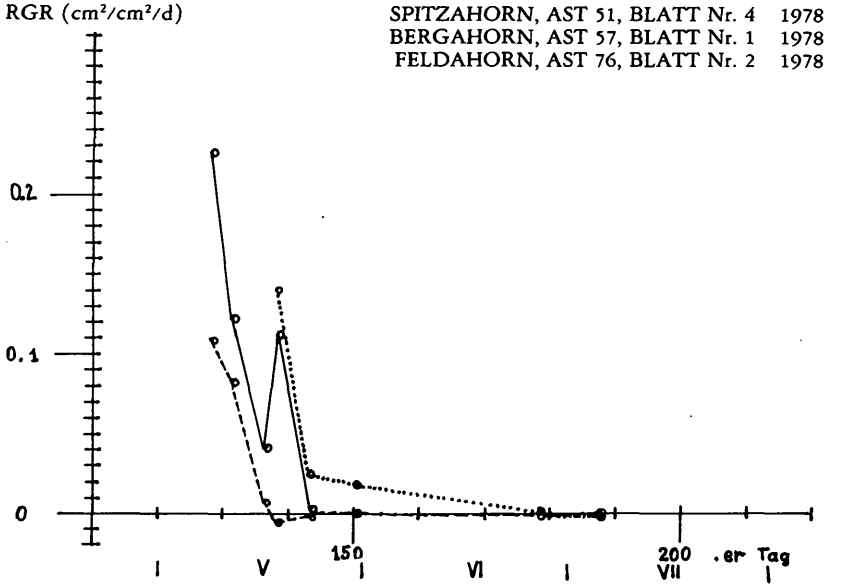


Abb. 12: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Botanischer Garten 1978

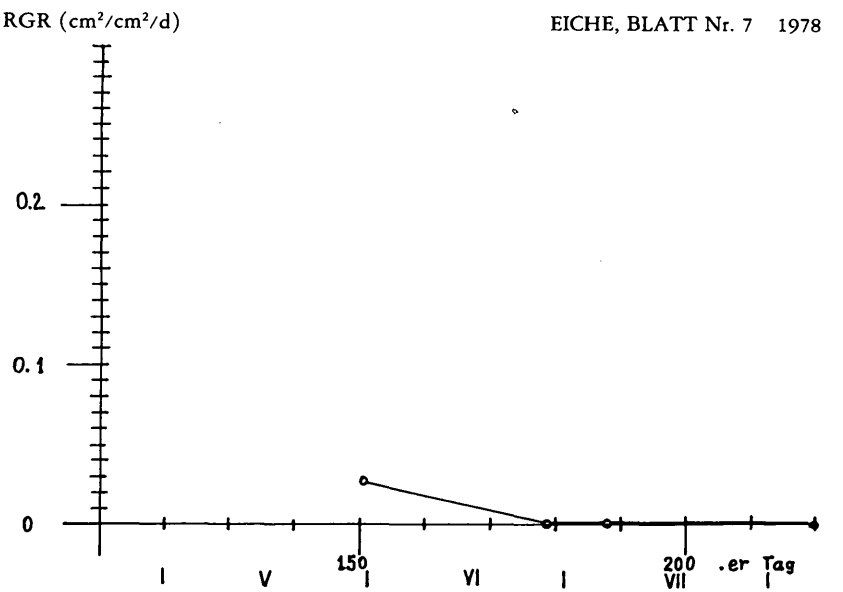


Abb. 13: Blattflächenwachstum – Relative Wachstumsrate (RGR), Botanischer Garten 1978

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Klimadaten:

Datum		24. 4.- 1. 5.	1. 5.- 8. 5.	8. 5.- 16. 5.	16. 5.- 22. 5.	22. 5.- 29. 5.	29. 5.- 5. 6.	5. 6.- 12. 6.	12. 6.- 19. 6.	19. 6.- 25. 6.	25. 6.- 3. 7.	3. 7.- 10. 7.	10. 7.- 17. 7.	17. 7.- 24. 7.	24. 7.- 31. 7.	31. 7.- 7. 8.	7. 8.- 16. 8.	16. 8.- 2. 9.
Temperatur Wochenmittel	°C	11,7	12,6	9,8	12,1	12,6	16,1	19,5	13,7	15,5	16,4	14,7	17,8	15,6	18,4	18,6	15,7	15,8
Luftfeuchtigkeit Wochenmittel	%	68,0	76,0	74,9	74,9	85,0	77,2	75,0	78,9	81,9	71,2	82,7	83,0	79,5	73,6	80,3	81,0	78,0
Strahlung	cal/cm²/h	2767	1894	2232	2151	2197	2797	1896	1804	3080	-	2024	2469	2292	2895	2474	2389	1800
Niederschlag	mm	5,0	16,6	24,8	10,5	21,4	13,7	44,0	33,3	57,2	7,4	52,2	35,9	112,0	1,8	25,1	16,5	19,0

Messungen im offenen, kesselförmigen Bodenbereich des ehemaligen Steinbruches ergaben durchschnittlich 1,5° kältere Temperaturwerte (Ausfließen kühlerer Luft aus dem dort befindlichen Stollen), jedoch um 10% niedrigere Luftfeuchtigkeit gegenüber dem Waldbereich. Die Blätter wurden bis Ende Juni 2x pro Woche gemessen.

Buche: 6 Blätter/1 Baum

Hauptwachstumszeit: 8 Tage (8. 5. bis 16. 5.)

Zunahme in der HWZ: Es wurden die Tage unmittelbar nach der Entfaltung verpaßt, so daß mit relativ großen Blättern begonnen wurde. 1,4 bis 1,7x Zunahme.

Bemerkungen: Auffallend die lange Periode, in der das Wachstum gegenüber den statistischen Erwartungen zurückbleibt. Ab 16. 5. ist bei fast allen Blättern kaum mehr ein Wachstum festzustellen, eher treten Schrumpfungen auf. Höhere Temperatur- und Strahlungswerte in den Wochen vor der HWZ. Leichte Zunahme der Niederschläge in der Woche vor der gemessenen Blattvergrößerung (die HWZ dürfte etwas früher eingesetzt haben).

Hasel: 14 Blätter/2 Sträucher/3 Äste

Hauptwachstumszeit: Mindestens 14 Tage, meist zwischen 24. 4. und 16. 5. (unterschiedlicher Beginn möglich).

Zunahme in der HWZ: 3- bis 5faches der Anfangsgröße (nach Entfaltung).
Bemerkungen: Vereinzelte Blätter treiben noch im Juni aus. Stärkere Strahlung in der HWZ und davor. Ansteigen der Temperatur vor der HWZ, jedoch nicht in der HWZ erkennbar. Luftfeuchtigkeit im Waldbereich ausgeglichen. Leichte Zunahme der Niederschläge in der HWZ.

Birke: 13 Blätter/1 Ast

Die Messungen wurden zu spät begonnen. Werte unbrauchbar.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Eiche: 7 Blätter/2 Äste

Bemerkungen: Der Beginn aller Messungen lag nach der Hauptwachstumszeit. Dies bestätigt auch der Vergleich der ausgewählten Graphik (Blatt Nr. 7) mit Diagrammen des Vorjahres (z. B. Eiche II, Blatt Nr. 2). Das Wachstum der Eichenblätter ist zwischen 20. und 30. Juni abgeschlossen.

Bergahorn: 4 Blätter/1 Ast

Hauptwachstumszeit: 9 Tage (2. 5. bis 11. 5.)

Zunahme in der HWZ: 2x, danach stagnierend, negative Abweichungen häufig. Wachstum Mitte Mai abgeschlossen. Bemerkungen: Etwas vermehrte Niederschläge vor und in der HWZ. Höhere Temperatur- und Strahlungswerte vor dem Austreiben.

Spitzahorn: 11 Blätter/1 Ast

Hauptwachstumszeit: 6 Tage (2. 5. bis 8. 5.)

Zunahme in der HWZ: 4x. Bemerkungen: Manche Spitzahornblätter wachsen auch nach der HWZ sehr stark (konstant) dem Endwert zu (über 100 cm^2 am 18. 5. sind häufig). Andere wachsen zwar anfänglich stark, erreichen aber nur Größen zwischen 15 bis 60 cm^2 Anfang Juli. Bis dahin können zeitweilig auch Schrumpfungen der Blattfläche auftreten. Größere Einstrahlung und Temperaturwerte vor der HWZ, Zunahme der Niederschläge in der HWZ sind erkennbar.

Feldahorn: 7 Blätter/1 Ast

Hauptwachstumszeit: 14 Tage (16. 5. bis 30. 5.)

Zunahme in der HWZ: 1,5x – 1,75x, danach nur noch geringes Wachstum bis Ende Juni. Bemerkungen: Wiederansteigen der Temperatur- und Strahlungswerte in und vor der HWZ. Etwas höhere Niederschlagssumme und Luftfeuchtigkeit vor der HWZ feststellbar. Schrumpfungen im Juni treten bei fast allen Blättern auf.

Trockengewicht eines ausgewachsenen Durchschnittsblattes (Mittelwert von 20 im Herbst abgenommenen Blättern aus 1 bis 2 m Höhe):

Durchschnittliche Blattgröße		Trockengewicht
Buche:	25,8 cm^2	0,12 g
Hasel 1:	36,9 cm^2	0,20 g
Hasel 2:	30,3 cm^2	0,13 g
Birke:	8,25 cm^2	0,08 g
Eiche:	7,64 cm^2	0,05 g
Bergahorn:	34,0 cm^2	0,24 g
Spitzahorn:	41,2 cm^2	0,22 g
Feldahorn:	14,7 cm^2	0,12 g

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

DISKUSSION

Pflanzenwachstum basiert auf äußeren Umweltfaktoren (Licht, Wasserhaushalt, Temperatur, anorganischen Nährstoffen, CO_2) und der Pflanze innewohnenden Faktoren (Genom, Enzyme, Wachstumshormone, endogene Wachstumsrhythmen). Hiebei ist keine klare Trennung möglich, weder innerhalb der verschiedenen endogenen, noch innerhalb der externen Faktoren, geschweige zwischen diesen.

ELLENBERG 1978 ist der Ansicht, daß wahrscheinlich die mit den Jahreszeiten wechselnde Tageslänge eine der wichtigsten Außenbedingungen darstellt, von denen der Entwicklungsrhythmus der meisten Arten beeinflußt oder gesteuert wird. So sollen gerade die laubwechselnden Holzarten eine autonome Ruhepause besitzen, die durch den Klimarhythmus nur reguliert, aber nicht verursacht wird (KARPATI 1961 zitiert bei ELLENBERG 1978). Zudem können noch Verzögerungen zwischen dem Auftreten dieser das Wachstum stimulierenden Umweltfaktoren und deren Beantwortung auftreten, die besagten Auslöser können nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip" wirken (PHILLIPS 1971), Ökotypen können das Erscheinungsbild verzerren usw. Daher ist nachstehende Verallgemeinerung der Untersuchungsergebnisse nur mit größter Vorsicht zu betrachten, die quantitativen Aussagen sind eher relativ aufzufassen.

Die von mir gemessenen Blätter von Buche, Hasel, Bergahorn und Spitzahorn wuchsen nach dem Austreiben rasch fast bis zur Endgröße heran, während folgende Klimafaktoren am Standort herrschten: Höhere Temperatur und Strahlung oder zumindest starkes Ansteigen derselben v o r der Hauptwachstumszeit. Vermehrte Niederschläge und größere Luftfeuchtigkeit i n der Hauptwachstumszeit.

Bei den gemessenen Eichen- und Feldahornblättern ergab sich die Blattflächenentfaltung bzw. stärkste Blattflächenzunahme in einer Periode, in welcher vorher geringe Niederschläge fielen und w ä h r e n d der Hauptwachstumszeit die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschläge zunahmen. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen von GRESSEL 1977. Die Salweide entfaltete und entwickelte ihre Blätter, als die Temperatur zunahm. Vorher fielen vermehrt Niederschläge. Der Krainer Kreuzdorn entwickelte seine Blätter erst, nachdem vermehrte Niederschläge bei geringem Temperaturwochenmittel fielen; während der relativ langen Wachstumsperiode ergaben sich kaum Niederschläge, jedoch hohe Temperaturen und fallende Luftfeuchtigkeit.

Fast alle Blätter wiesen ab Juni (manchmal schon Mitte Mai) bis zum Ende der Messungen negative Abweichungen gegenüber den statistischen Erwartungen auf, d. h. zeitweise traten Schrumpfungen der Blattfläche auf. Ein direkter Bezug zwischen der Blattflächenverkleinerung und den zu dieser Zeit vorherrschenden Standortsfaktoren konnte nicht festgestellt werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Buchen- und Haselblätter werden etwa gleichzeitig (um den 24. 4.) am Keutschacher See und im Botanischen Garten meßbar, im ca. 700 m höher gelegenen Bodental drei Wochen später (17. 5.). Die Buchenblätter erreichen an den erstgenannten Meßorten, welche in der unteren Buchenstufe liegen, Ende Mai fast ihre Endgröße, in der oberen Buchenstufe ist das Wachstum Mitte Juni meist schon beendet. Das Blattwachstum der Hasel ist Ende Mai/Anfang Juni abgeschlossen.

Die Durchschnittsblattgröße der Haselblätter war im Herbst viel höher (30 bis 40 cm^2) als die der gemessenen Blätter, die kaum weiterwuchsen. Es muß daher eine turgorbedingte Schrumpfung der am Standort gemessenen Blätter gegenüber den im Herbst abgenommenen, fein säuberlich gepreßten und dann erst gemessenen Blättern angenommen werden. Mitte Mai ist das drei Wochen früher einsetzende Wachstum der Birkenblätter abgeschlossen.

Die Blattflächenentfaltung bzw. beginnende Hauptwachstumszeit der Eichenblätter dürfte um den 2. 5. liegen (die Messungen im Botanischen Garten wurden leider zu spät begonnen), ebenso die von Berg- und Spitzahorn. Bei letzteren liegen die gemessenen Endgrößen weit über der Norm, sind jedoch von Blatt zu Blatt stark schwankend. Sehr spät, nämlich um den 7. 6., beginnt der Krainer Kreuzdorn mit dem Blattwachstum. Als südliches Florenelement in unserem gemäßigten Klima befindet er sich in den Wäldern am Nordfuß der Karawanken auf einem Außenposten. Dem verspäteten Austreiben und der längeren Wachstumsperiode dürften artspezifische Faktoren zugrunde liegen.

Rückschlüsse aus diesen Messungen auf die Gesamtproduktion zu ziehen, ist schwer, denn die Blattfläche macht bei der bisherigen Methode des „Geschätzten Wachstumszuwachses" (EVI = estimated volume increments) von Gehölzarten nur einen kleinen Teil der Messungen aus (WHITTAKER 1975). Schließlich ist ja der faßbare Reingewinn an organischer Substanz = Brutto-Photosynthese - Respiration außer in den Blättern auch im Stamm, in den Zweigen, der Wurzel und der Frucht angelegt. So dürfte die verstärkte Biomasseproduktion überhaupt erst nach der Laubentwicklung einsetzen. Über den Aschengehalt des Laubes dieser Baumarten wurde schon viel publiziert, zuletzt bei LEIBUNDGUT 1978, daher wurde auf eine Veraschung der Blätter verzichtet.

LITERATUR

BURIAN, K. (1973): *Phragmites communis* TRIN. im Röhricht des Neusiedler Sees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch. Ökosystemforschung (Hrsg. Ellenberg):61–78. Springer Verlag.

CERNUSCA, A. (1976): Energy Exchange within Individual Layers of a Meadow. Oecologie (Berl.) *23*:141–149.

ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

GEYGER, E. (1964): Methodische Untersuchungen zur Erfassung der assimilierenden Gesamtoberfläche von Wiesen. Ber. geobot. Inst. ETH, Zürich *35*:41–111.

GRESSEL, W. (1977): Der Einfluß des Wetterablaufes auf die Blattentfaltung. Carinthia II, *167/87*:333 und 334.

HELLER, H. (1971): Estimation of Photosynthetically Active Leaf Area in Forests. Methods for Beech Leaves. In Ellenberg (Hrsg.): Integrated experimental Ecology. Methods and Results of Ecosystem. Research in the German Solling Project: 29–31. Springer Verlag.

LEIBUNDGUT, H. (1978): Über die Menge und den Aschengehalt des Laubes in verschiedenen Waldbeständen. Schweiz. Zschr. f. Forstwesen *3*:243–246.

MAIER, R. (1973): Produktions- und Pigmentanalysen an *Utricularia vulgaris* L. Ökosystemforschung (Hrsg. Ellenberg): 87–101. Springer Verlag.

PHILLIPS, H. (1972): A Review on the Principles of Promotion and Inhibition of Growth in Plants. In Kaldevey/Vardar (Hrsg.): Hormonal Regulation in Plant Growth and Development; 1–17. Verlag Chemie, Weinheim.

ŠESTAK, ČATSKY, JARVIS (1971): Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods. Dr. W. Junk N. V. Publishers The Hague.

WHITTAKER, R., and MARKS, P. (1975): Methods of Assessing Terrestrial Productivity. In Lieth/Whittaker (Hrsg.): Primary Productivity of the Biosphere: 55–118. Ecological Studies. Springer Verlag.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Helmut HARTL, Seegasse 100, A-9020 Klagenfurt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 170_90

Autor(en)/Author(s): Hartl Helmut

Artikel/Article: Das Blattflächenwachstum einiger heimischer Gehölzarten im Laufe von drei Vegetationsperioden (Messungen aus den Jahren 1976,1977,1978)- Mit 13 Abbildungen 301-320