

ÜBER DIE PLÖTZLICHEN ÄNDERUNGEN IN DEM  
TAGESVERLAUF DER PHOTOSYNTHESE UND  
DER ATMUNG UNTER NATÜRLICHEN  
BEDINGUNGEN

JOH. UNGERSON und GUDRUN SCHERDIN

Solna, Schweden

RESUMÉ

*Sur les changements subits dans le cours diurne de  
l'assimilation de gaz carbonique et dans celui de  
la respiration sous des conditions naturelles*

I. EINLEITUNG

Die wichtigsten Faktoren, welche die apparente Assimilation beeinflussen, sind Lichtstärke, Temperatur, CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft, Luftfeuchtigkeit, Bodenfeuchtigkeit, Wasserdefizit der Pflanze, Öffnungsgrad der Stomata sowie Atmungsintensität, welche alle zusammen mit ihren Tagesschwankungen dem Tagesverlauf der apparenten Assimilation zugrunde liegen. Wenn es sich so verhält, dass keine Störungen des normalen Tagesverlaufs der Assimilationsfaktoren vorkommen, da ist die Tageskurve der Assimilationsintensität von bestimmter Form (UNGERSON 1961, Sommertyp oder Herbsttyp). Weil die klimatischen Faktoren sehr oft hin und her beträchtlich schwanken, werden in der Natur plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität verursacht. Bei der Analyse dieser Faktoren und bei der Analyse der Intensitäten der Assimilation und der Atmung sollen die von LIEBIG (1862) und BLACKMAN (1895) hervorgehobenen begrenzenden Faktoren berücksichtigt werden. Nach LIEBIG und BLACKMAN sollte der Mindestfaktor der Mineralnahrung seine Bremswirkung plötzlich einsetzen. Auf dieselbe Weise wird nach UNGERSON (1961) und UNGERSON & SCHERDIN (1962, 1964) die Assimilationsintensität von einzelnen oder von einer Gruppe begrenzender Faktoren gehemmt. Die Tatsache, dass diese Hemmungswirkung plötzlich einsetzt, hat ihren Grund darin, dass die obenerwähnten Assimilationsfaktoren je einen sehr schmalen Bereich besitzen, wo das Optimum der Assimilation hervortritt (Siehe LUNDEGÄRDH 1950, UNGERSON 1961, UNGERSON & SCHERDIN 1962, 1964).

Die vorliegende Arbeit will ein Glied der immer aktuellen Besprechung über die Mehrgipfeligkeit der Assimilationskurven sein. Die Arbeit stützt sich

auf eine grosse Zahl von Versuchsreihen, mit unabgeschnittenen Blättern unter natürlichen Verhältnissen durchgeführt. In bezug auf Versuchspflanzen, Beschreibung der Versuchsorte, Methodik, Genauigkeit der Messungen und Beschreibung der Versuche genügt ein Hinweis auf unsere früheren Arbeiten (UNGERSON 1961, UNGERSON & SCHERDIN 1962, 1964).

Die hier mitgeteilten Ergebnisse der Assimilationsforschung stammen von Gälö (1951—1953) und von Värnamo (1962), Schweden — von Kevo-Utsjoki (1961) und von dem Kareva Moor nahe bei Turku (1962), Finnland — von Berlevåg und von Ustaoset (1962), Norwegen — sowie von Pass Thurn (1963), Österreich.

Als Versuchsobjekte haben gedient:

<i>Scirpus maritimus</i>	<i>Rumex ambiguus</i>
<i>Avena sativa</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Betula nana</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Betula tortuosa</i>	<i>Plantago lanceolata</i>

II. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

1. *Ein einziger sich in der Natur ändernder Faktor bewirkt  
plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität*

Nach unseren obenerwähnten früheren Arbeiten sind die Kurve der Assimilationstemperatur immer und die der Lichtstärke oft von Optimumtyp. Infolge schnell wechselnder Bewölkung kann sich die Lichtstärke beträchtlich ändern. Abb. 1 zeigt die plötzliche Verminderung der Assimilation einer Sonnenpflanze, *Avena sativa*, bei — zufolge Bewölkung — kräftig sinkender Lichtintensität an einem Julitag in Gälö.

Das Temperaturoptimum liegt für *Scirpus maritimus* bei 25°C. Abb. 2 zeigt für *S. maritimus* Gipfeligkeit in dem Assimilations-Tagesverlauf an einem Julitag, wobei zu hohe Temperatur gegen 12<sup>h</sup> eine tiefe Assimilationsdepression verursacht.

An einem Tage im August, da die übrigen Assimilationsfaktoren sich mehr oder weniger beständig verhalten, sinkt beträchtlich zwischen 8<sup>h</sup> und 10<sup>h</sup> der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft. Auf diese Verminderung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft folgt bei *Rumex ambiguus* eine plötzliche Änderung der Assimilationsintensität (Abb. 3). Dann — während der Zeit 10<sup>h</sup>-14<sup>h</sup> — als sämtliche Faktoren sich konstant verhalten, befestigt sich die Assimilationsintensität. In diesem Falle könne der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft der begrenzende Assimilationsfaktor sein.

Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am Mittag des 16. Juni, bei *Betula nana* auf dem Kareva Moor, hat ihren Grund in den geringen

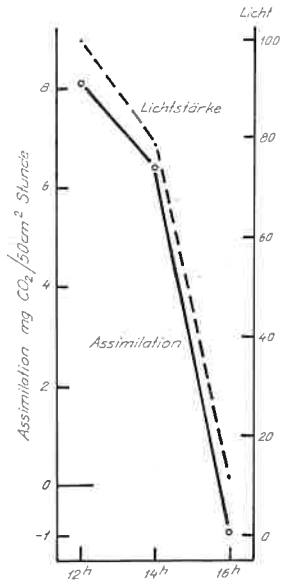


Abb. 1 (links). Abhängigkeit der Assimilationsintensität von der Lichtstärke bei *Avena sativa*.

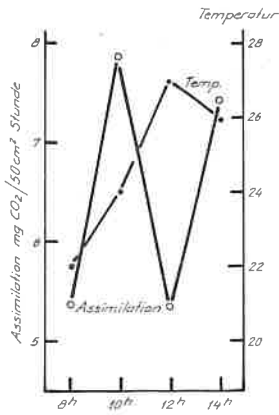


Abb. 2 (mitten). Temperaturhemmung der Assimilationsintensität bei *Scirpus maritimus*.

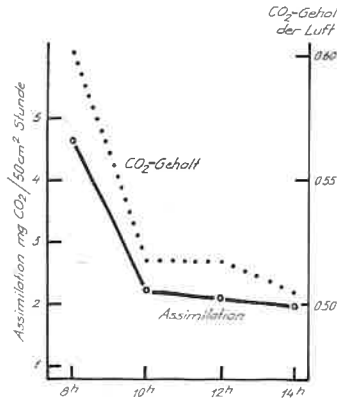


Abb. 3 (rechts). Abhängigkeit der Assimilationsintensität von dem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft bei *Rumex ambiguus*.

Tabelle 1

Kareva Moor. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am Mittag des 16. Juni 1962. *Betula nana*

	10 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	Differenz	14 <sup>h</sup>	Differenz
Temperatur, C°	22	24	+2	24	±0
Lichtstärke, Lux	74000	85000	+11000	78000	-7000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.719	0.708	-0.011	0.703	-0.005
Stomataweite, μ	0.7	0.8	+0.1	0.6	-0.8
Wasserdefizit, %	51	47	-4	49	+2
Atmung	1.077	0.842	-0.235	1.126	+0.284
Apparente Assimilation	0.502	1.833	+1.241	-0.150	-1.983
Brutto-assimilation	1.669	2.675	+1.006	0.956	-1.719

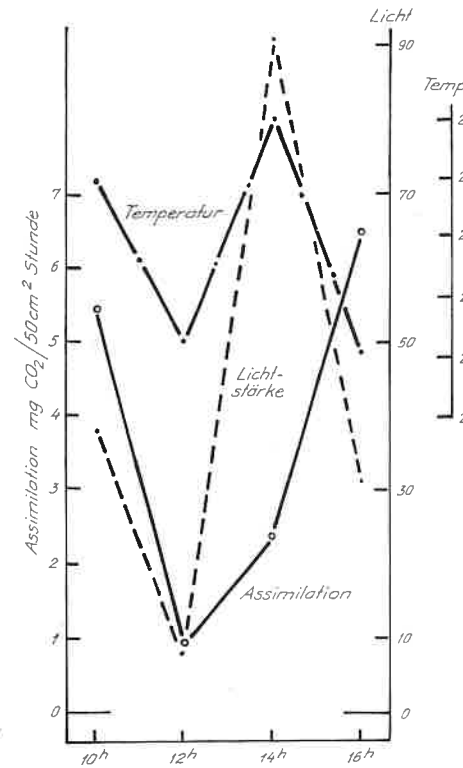


Abb. 4 (links). Änderungen der Lichtstärke und der Temperatur bewirken plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität bei *Scirpus maritimus*.

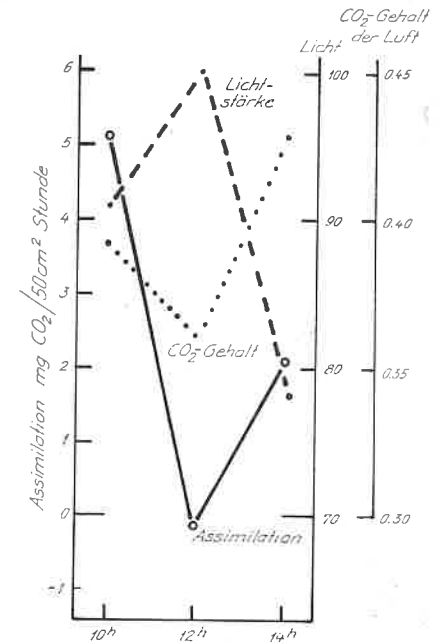


Abb. 5 (rechts). Lichthemmung und niedriger CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft bewirken eine Assimilationsdepression bei *Rumex acetosella*.

aber besonders wesentlichen Schwankungen des Wasserdefizits der Pflanze (Tab.1). Das Wasserdefizit ist nämlich ausserordentlich gross, und auch eine geringe Verbesserung oder Verschlechterung hat für die Pflanze entscheidende Bedeutung. Der gegen 12<sup>h</sup> auftretende Assimilationsgipfel ist — trotzdem dass sowohl Lichtstärke als auch Temperatur zunehmen — dadurch gebildet, dass das Wasserdefizit sich ein wenig vermindert und die Spaltöffnungen infolgedessen sich ein wenig mehr öffnen. Gegen 14<sup>h</sup> sinkt die Intensität der apparenten Assimilation bis unterhalb der Kompensationslinie, was von dem etwas vergrösserten Wasserdefizit und der dadurch verursachten erhöhten Atmungsintensität abhängig ist. Die Verminderung der Bruttoassimilation ist ungewöhnlich gross. Die hier mitgeteilten plötzlichen Assimilationsänderungen sind bezeichnend, wenn das Wasserdefizit als begrenzender Faktor auftritt, wobei grosses Wasserdefizit geschlossene Stomata bewirkt.

2. Zwei oder drei Faktoren bewirken zusammen plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität

Abb. 4 stellt eine Assimilationsdepression gegen 12<sup>h</sup> an einem Julitag bei *Scirpus maritimus* in Gälö dar, welche vorzüglich von zu schwacher Lichtstärke herrührt. Weil die optimale Lichtstärke der Assimilation für *S. maritimus* bei 60 % des sommerlichen Tageslichts bei wolkenlosem Himmel liegt, kann zu hohe Lichtstärke (92 %) die Ursache dazu sein, dass die Assimilation gegen 14<sup>h</sup> nicht viel gestiegen ist. Ein Assimilationsgipfel wird gegen 16<sup>h</sup> zufolge abnehmender Lichtstärke und desgleichen Temperatur gebildet. In diesem Falle sind alle nicht erwähnten Assimilationsfaktoren mehr oder weniger beständig.

Tabelle 2

Pass Thurn. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am Vormittag und am Nachmittag des 26. Juni 1963. *Betula nana*.

	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	Differenz	16 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	Differenz
Temperatur, C°	19	23	+4	27	18	-9
Lichtstärke, Lux	80000	83000	+3000	70000	38000	-32000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.332	0.383	+0.051	0.350	0.618	+0.268
Stomataweite, μ	3	3	±0	5	3	-2
Wasserdefizit, %	19	22	+3	32	29	-3
Atmung	2.870	1.478	-1.392	1.240	1.112	-0.128
Apparente Assimilation	0.631	-0.410	-1.041	0.040	2.269	+2.229
Bruttoassimilation	3.501	1.068	-2.433	1.280	3.381	+2.101

Tab. 2 zeigt die plötzlichen Assimilationsänderungen gegen Mittsommer bei *Betula nana* in Pass Thurn, Österreich. Trotz erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft und trotz beträchtlich verminderter Atmungsintensität bewirken gegen 10<sup>h</sup> die ansteigende Lichtstärke und Temperatur sowie das vergrößerte Wasserdefizit eine plötzlich sinkende Bruttoassimilation und eine negative apparente Assimilation. Der zwischen 16<sup>h</sup> und 18<sup>h</sup> beträchtlich ansteigende CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft, die abnehmende Lichtstärke und desgleichen Temperatur sowie das verminderte Wasserdefizit verursachen gegen 18<sup>h</sup> eine kräftig ansteigende apparente Assimilation sowie eine verminderte Atmungsintensität, welche Tatsachen zusammen die Veränderung der Bruttoassimilation von 18<sup>h</sup> hervorrufen.

Wie unsere früheren Arbeiten berichten, steigt die Assimilationsintensität

mit der Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft und hat dieser Gehalt sein Tagesminimum gegen Mittag. Abb. 5 zeigt eine Depression der Assimilation gegen 12<sup>h</sup> an einem Junitag bei *Rumex acetosella* in Gälö. Die Assimilationsintensität wird kräftig vermindert, teils infolge erhöhter Lichtintensität und teils infolge verminderten CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft. Die Assimilation steigt gegen 14<sup>h</sup>, weil die Lichtstärke abnimmt und der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft sich erhöht.

Tabelle 3

Berleväg. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am Nachmittag des 28. Juni und am Vormittag des 30. Juni 1962. *Betula nana*.

	den 28. Juni			den 30. Juni		
	16 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	Differenz	8 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	Differenz
Temperatur, C°	9	10	+1	14	9	-5
Lichtstärke, Lux	5000	2500	-2500	52000	11500	-40500
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.664	0.609	-0.061	0.620	0.512	-0.108
Stomataweite, μ	2.4	3.1	+0.7	2.2	2.3	+0.1
Wasserdefizit, %	34	28	-6	48	32	-16
Atmung	0.610	0.731	+0.121	0.191	0.626	+0.435
Apparente Assimilation	2.062	-0.122	-2.184	1.098	-0.074	-1.172
Bruttoassimilation	2.072	0.609	-2.063	1.289	0.552	-0.737

Tab. 3 gibt die Veränderungen des Wetters am 28. und am 30. Juni in Berleväg und die davon bei *Betula nana* bedingten physiologischen Rückwirkungen. Bei der Probenahme um 18<sup>h</sup> am 28. Juni wird die Lichtstärke infolge Bewölkung so schwach, dass die apparente Assimilation negativ wird. Diese rasche Veränderung könne auch von dem verminderten CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft beeinflusst worden sein.

Die gegen 10<sup>h</sup> am 30. Juni vorkommende negative apparente Assimilation ist von der niedrigeren Temperatur, dem geringeren CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft und der zunehmenden Atmungsintensität bedingt. Trotz des verminderten Wasserdefizits und der etwas erweiterten Spaltöffnungen ist die Bruttoassimilation ziemlich gering.

Die Mehrgipfeligkeit der Assimilations-Tageskurven in der Arktis und der Subarktis ist von dem im allgemeinen besonders wechselnden Wetter bedingt. Beträchtliche und jäh eintretende Änderungen der Lichtstärke und der Temperatur sind infolge wechselnder Bewölkung in diesen Gegenden viel häufiger als in den gemäßigten Zonen. Die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens wird zufolge der oft vorkommenden Niederschläge schnell und be-

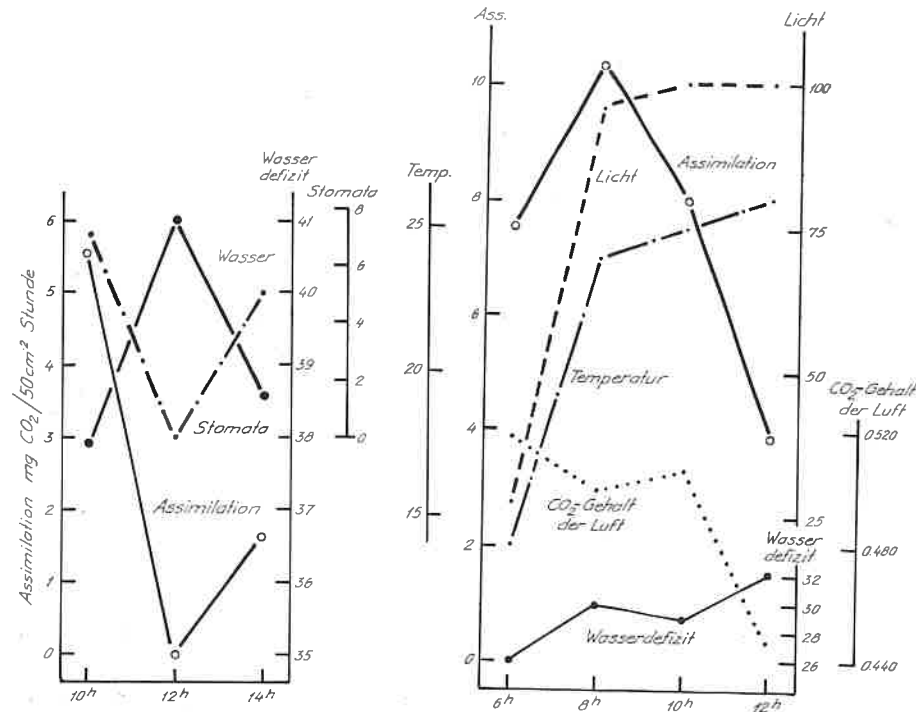


Abb. 6 (links). Zu hohes Wasserdefizit verursacht geschlossene Stomata und negative apparente Assimilation bei *Trifolium pratense*.

Abb. 7 (rechts). Änderungen der Lichtstärke, der Temperatur, des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft und des Wasserdefizits bewirken Änderungen der Assimilationsintensität bei *Plantago lanceolata*.

trächtlich verändert, was ihrerseits den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft und das Wasserdefizit der Pflanzen beeinflusst.

Zu grosses Wasserdefizit verursacht nach unseren obenerwähnten früheren Arbeiten teils, dass die Spaltöffnungen sich schliessen, und teils — infolgedessen — dass Assimilation und Atmung abnehmen. Abb. 6 zeigt, wie das vergrösserte Wasserdefizit zwischen 10<sup>h</sup> und 12<sup>h</sup> an einem Tage gegen Mittsommer bei *Trifolium pratense* eine plötzliche und beträchtliche Verminderung der apparenten Assimilation hervorruft, und wie infolge dieser Vergrösserung des Wasserdefizits die Stomata sich erstens verengen und dann um 12<sup>h</sup> sich völlig schliessen.

3. Mehrere zu der gleichen Zeit sich ändernde Faktoren bewirken plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität

Sehr oft vorkommend ist, dass eine Mehrzahl der Assimilationsfaktoren zusammen Gipfeligkeit der Assimilations-Tageskurve verursacht. Abb. 7 zeigt die Zusammenwirkung mehrerer Assimilationsfaktoren bei der Bildung eines

Assimilationsgipfels gegen 8<sup>h</sup> an einem Junitag bei *Plantago lanceolata*. Temperatur, Lichtstärke und Wasserdefizit steigen an und erreichen ihre Assimilationsoptima gegen 8<sup>h</sup>. Mit immer noch steigender Lichtstärke und Temperatur sinkt die Assimilationsintensität gegen 10<sup>h</sup>. Die gegen 12<sup>h</sup> auftretende Assimilationsdepression ist von zu hoher Lichtstärke, zu hoher Temperatur, zu grossem Wasserdefizit und von vermindertem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft bewirkt.

Tabelle 4

Kevo. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am 6. und am 16. Juli 1961. *Betula tortuosa*.

	am Mittag des 6. Juli				am Mittag des 16. Juli			
	10 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	Diff.	14 <sup>h</sup>	Diff.	10 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	Diff.
Temperatur, C°	22	25	+ 3	19	- 6	24	27	+ 3
Lichtstärke, Lux	83000	>100000	+17000	23000	-77000	53000	98000	+45000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.530	0.350	- 0.180	0.323	- 0.027	0.440	0.464	+ 0.024
Luftfeuchtigkeit, %	43	40	- 3	51	+11	54	40	-14
Stomataweite, μ	0.6	0.7	+ 0.1	2.6	+ 1.9	1.2	0	- 1.2
Wasserdefizit, %	19	29	+10	22	- 7	32	32	± 0
Atmung	1.169	0.975	- 0.194	1.941	+ 0.966	1.571	0.136	- 1.435
Apparente Assimilation	0.515	-0.533	- 1.048	0.918	+ 1.451	0.642	-0.255	- 0.897
Brutto-assimilation	1.684	0.442	- 1.242	2.859	+ 2.417	2.213	-0.119	- 2.332

Tab. 4 stellt dar, wie gegen 12<sup>h</sup>, bei *Betula tortuosa*, Steigerungen der Lichtstärke, der Temperatur und des Wasserdefizits zusammen mit niedrigerem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft eine verminderte apparente Assimilation hervorrufen. Gegen 14<sup>h</sup> dagegen sinken Lichtintensität und Temperatur und vermindert sich das Wasserdefizit. Zu der gleichen Zeit steigt die Luftfeuchtigkeit und erweitern sich die Spaltöffnungen. Diese gleichzeitigen Veränderungen verursachen höhere Atmungsintensität sowie höhere Brutto- und apparente Assimilationen. Tab. 4 meldet weiter, dass am 16. Juli — infolge Steigerung der Lichtstärke und Temperatur — die Spaltöffnungen sich schliessen. Die allgemeine physiologische Aktivität der Pflanze nimmt ab. Die Atmungsintensität ist minimal, und die apparente Assimilation liegt unterhalb des Kompensationspunktes.

Die plötzlich eintretende Änderung der Assimilationsintensität bei *Betula nana* gegen 14<sup>h</sup> am 11. Juli in Kevo-Utsjoki (Tab. 5) ist davon abhängig, dass sämtliche Assimilationsfaktoren sich zu gleicher Zeit in günstige Richtung verändern. Lichtstärke und Temperatur zeigen fast optimale Werte (siehe UNGERSON & SCHERDIN, 1962), der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft sowie die Luft-

Tabelle 5

Kevo. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am 11. und am 13. Juli 1961. *Betula nana*.

	am Mittag des 11. Juli			am Vormittag des 13. Juli		
	12 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	Differenz	6 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	Differenz
Temperatur, C°	22	12	-10	18	24	+ 6
Lichtstärke, Lux	>100000	15000	-85000	67000	88000	+21000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.483	0.540	+ 0.057	0.548	0.418	- 0.132
Luftfeuchtigkeit, %	30	85	+55	60	45	-15
Stomataweite, μ	0.1	2.9	+ 2.8	0.8	0.9	+ 0.1
Wasserdefizit, %	30	17	-13	50	37	-13
Atmung	1.765	1.182	- 0.583	0.952	2.741	+ 1.789
Apparente Assimilation	-0.411	2.375	+ 2.786	2.387	-0.593	- 2.980
Bruttoassimilation	1.354	3.557	+ 2.203	3.339	2.148	- 1.191

feuchtigkeit steigern sich zu der gleichen Zeit, wo das Wasserdefizit abnimmt und infolgedessen die Spaltöffnungen breiter werden. Zuzufolge verminderter Atmungsintensität nimmt die apparente Assimilation in höherem Grade als die Bruttoassimilation zu. Ein plötzlich auftretender Assimilationsgipfel wird gebildet. Tab. 5 gibt auch die Änderungen der Assimilationsfaktoren am 13. Juli zwischen 6<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup>. Lichtstärke und Temperatur steigen an, CO<sub>2</sub>-Gehalt

Tabelle 6

Värnamo Moor. Die plötzliche Änderung der Assimilationsverhältnisse am Vormittag und am Nachmittag des 15. Juli 1962. *Betula nana*

	8 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	Differenz	16 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	Differenz
	Temperatur, C°	14	19	+ 5	19	16
Lichtstärke, Lux	21000	60000	+39000	24000	14000	-10000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l	0.544	0.508	- 0.036	0.517	0.534	+ 0.017
Stomataweite, μ	1.5	3.3	+ 1.8	0.4	0.2	- 0.2
Wasserdefizit, %	48	61	+13	63	28	-35
Atmung	0.060	0.392	+ 0.332	0.312	0.371	+ 0.059
Apparente Assimilation	1.083	0.589	- 1.094	0.091	1.214	+ 0.523
Bruttoassimilation	1.743	0.981	- 0.762	1.003	1.585	+ 0.582

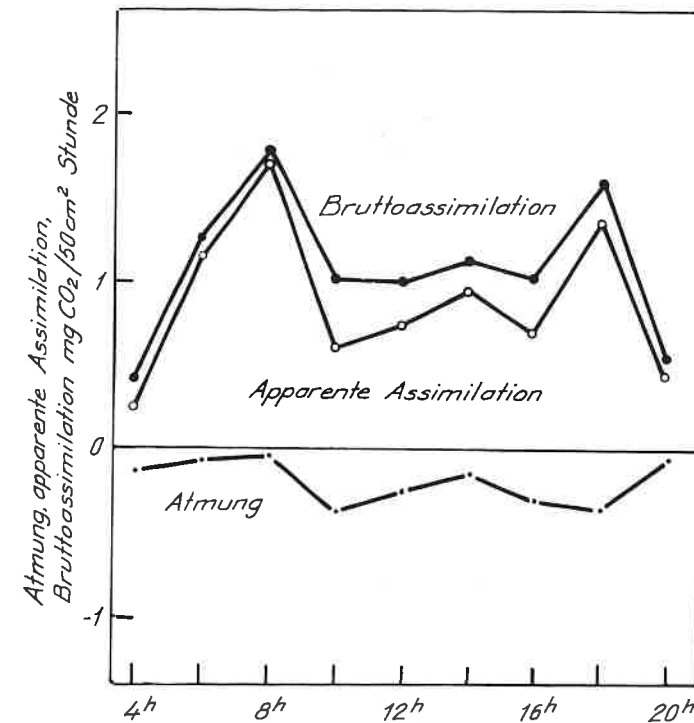


Abb. 8. Bruttoassimilation, apparente Assimilation und Atmung bei *Betula nana* am 15. Juli.

der Luft und Luftfeuchtigkeit vermindern sich, was alles zusammen erhöhte Atmungsintensität, verminderte Bruttoassimilation und negative apparente Assimilation hervorruft.

UNGERSON & SCHERDIN (1964) geben für *Betula nana* auf dem Värnamo Moor die optimale Temperatur der Assimilation bei 15°C und die optimale Lichtstärke bei etwa 35.000 Lux an. Die Assimilations-Tageskurve des 15. Juli ist zweigipfelig mit dem einen Gipfel gegen 8<sup>h</sup> und dem anderen gegen 18<sup>h</sup> (Abb. 8). Gegen 8<sup>h</sup> haben weder Lichtstärke noch Temperatur ihre optimalen Lagen erreicht. Zwischen 8<sup>h</sup> und 10<sup>h</sup> verändern sich die Assimilationsfaktoren schnell (Siehe Tab. 6). Lichtstärke und Temperatur überschreiten den oben erwähnten optimalen Wert, der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft sinkt, das Wasserdefizit wird ausserordentlich gross, die Atmungsintensität nimmt zu: sowohl die apparente als auch die Bruttoassimilation vermindern sich. — Gegen 18<sup>h</sup>, da die Temperatur sinkt, der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft zunimmt und das Wasserdefizit sich vermindert, kommt das Nachmittagsmaximum der Assimilation.

Plötzliche Veränderungen infolge unbeständigen Wetters kommt viel öfter in dem Hochgebirge als auf dem Tiefland der gemässigten Zonen vor. In

Tabelle 7

	11 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	Diffe- renz	15 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	Diffe- renz
Temperatur, C° .....	11	18	+7	17	16	-1
Lichtstärke, Lux .....	40000	80000	+40000	78000	61000	-17000
CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft, mg/l .....	0.497	0.405	-0.092	0.377	0.446	+0.069
Stomataweite, μ .....	2.8	3.2	+0.4	3.4	3.5	+0.1
Wasserdefizit, % .....	32	39	+7	27	46	+19
Atmung	0.121	0.716	+0.595	0.825	0.649	-0.176
Apparente Assimilation	1.052	0.227	-0.825	0.178	0.544	+0.366
Brutto- assimilation	1.173	0.043	-0.230	1.003	1.193	+0.190

Hinsicht auf Ustaoset in dem südnorwegischen Hochgebirge ist mitzuteilen, dass gegen 13<sup>h</sup> am 24. Juli (Tab. 7) Lichtintensität, Temperatur und Wasserdefizit zunehmen, während der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft sinkt, was zusammen eine beträchtliche Erhöhung der Atmungsintensität und diese wiederum einen starken Niedergang der apparenten Assimilation gegen 13<sup>h</sup> bewirkt. Mit erhöhtem Wasserdefizit steigt dann die Atmungsintensität bis zu ihrem Maximum gegen 17<sup>h</sup>. Zu dieser Zeit sinken Lichtintensität und Temperatur und erhöht sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft derart, dass die Bruttoassimilation ihr Tagesmaximum erreicht.

Mit den oben mitgeteilten einzelnen Auszügen aus unseren bis jetzt nur teilweise bekanntgemachten Forschungsergebnissen wollen wir bestätigen, dass die Intensität der Photosynthese von den Milieufaktoren abhängig ist, und dass jede Änderung dieser Faktoren sich in dem Tagesverlauf der Assimilation und in dem der Atmung widerspiegelt.

### III. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die hier mitgeteilten experimentell-ökologischen Forschungen wurden durchgeführt:

in den Jahren 1951 bis 1953 auf der pflanzenökologischen Station Gälö der Universität Stockholm (59°05' n.Br., 18°16' ö.L.Gr.), Schweden, über *Scirpus maritimus*, *Avena sativa*, *Rumex ambiguus*, *R. acetosella*, *Trifolium pratense* und *Plantago lanceolata*;

im Juni und Juli 1961 auf der Subarktischen Forschungsstation Kevo der Universität Turku in Utsjoki (69°45' n.Br., 27°00' ö.L.Gr.), Finnland, über *Betula nana* und *B. tortuosa*;

im Juni und Juli 1962 über *Betula nana* in Fennoskandien an den folgenden Versuchsplätzen — Kareva Moor (60°32' n.Br., 22°10' ö.L.Gr.), Finnland — Berlevåg (70°51' n.Br., 29°05' ö.L.Gr.), und Ustaoset (60°32' n.Br., 7°54' ö.L.Gr.), Norwegen — Värnamo Moor (57°10' n.Br., 10°01' ö.L.Gr.), Schweden;

im Juni 1963 über *Betula nana* in Pass Thurn (47°22' n.Br., 12°22' ö.L.Gr.), Österreich.

2. Die Versuche wurden nach einem von UNGERSON (1961) und UNGERSON & SCHERDIN (1962, 1964) beschriebenen Verfahren mit an der Versuchspflanze festsitzenden Blättern unter natürlichen Bedingungen durchgeführt.

3. Die Intensität der Photosynthese ist von den Milieufaktoren abhängig, und jede Änderung dieser Faktoren spiegelt sich in der Assimilationsintensität wider.

4. Plötzliche Änderungen in dem Tagesverlauf der Photosynthese, welche von einem einzigen sich ändernden Faktor hervorgerufen sind:

a. Änderungen der Lichtintensität infolge wechselnder Bewölkung bewirken plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität (Abb. 1).

b. ansteigende bzw. sinkende Temperatur ruft beträchtliche und schnelle Assimilationschwankungen vor (Abb. 2).

c. der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft ist nicht konstant; auch kleinere Änderungen des Gehalts bewirken schnelle und kräftige Änderungen der Assimilationsintensität (Abb. 3).

d. Änderungen des Wasserdefizits der Pflanzen spiegeln sich in schnelle Änderungen der Assimilationsintensität wider (Tab. 1 und 6).

5. Gemeinsames Wirken zweier Faktoren verursachen Schwankungen in dem Tagesverlauf der Assimilation:

a. in der Natur oft vorkommende gleichzeitige Änderungen der Lichtintensität und der Temperatur verursachen Mehrgipfeligkeit in dem Tagesverlauf der Assimilation (Abb. 4 und Tab. 2).

b. mit Veränderungen der Lichtintensität folgen oft Schwankungen des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft, was mit gemeinsamem Wirken Änderungen der Assimilationsintensität hervorrufen (Tab. 3 und Abb. 5).

c. grosses Wasserdefizit verursacht geschlossene Spaltöffnungen und verminderte Intensität der Assimilation (Abb. 6).

6. Gemeinsames Wirken dreier Faktoren rufen plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität hervor:

a. mit dem Anstieg der Lichtstärke steigen oft zu der gleichen Zeit die Temperatur und das Wasserdefizit der Pflanzen, was durch gemeinsames Wirken sowohl Verminderung der Assimilationsintensität als auch Erhöhung der Atmungsintensität verursachen (Tab. 6).

b. mit den Zunahmen der Lichtintensität und der Temperatur sinkt oft der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Luft und bewirkt eine Verminderung der Assimilationsintensität (Tab. 7).

7. Mehrere sich ändernde zusammenwirkende Faktoren verursachen plötzliche Änderungen der Assimilationsintensität:

a. gleichzeitige Schwankungen der Lichtstärke, der Temperatur, des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Luft und des Wasserdefizits der Pflanzen bewirken plötzliche Änderungen in dem Tagesverlauf der Photosynthese (Abb. 7).

b. gleichzeitige Schwankungen der Lichtstärke, der Temperatur, des  $\text{CO}_2$ -Gehalts und der Feuchtigkeit der Luft verursachen zusammen plötzliche Änderungen des Wasserdefizits der Pflanzen, der Stomataweite, der Atmungsintensität und infolgedessen sowohl der apparenten als auch der Bruttoassimilation (Tab. 4 und 5).

#### L I T E R A T U R

- BLACKMAN, F. F., 1905: Optima and limiting factors. — Ann. Bot. 19, 281.  
 VON LIEBIG, J., 1962: Die Chemie in der Anwendung auf Agrikultur. — 7. Aufl. Braunschweig, 1862.  
 LUNDEGÄRDH, H., 1950: Lärobok i växtfysiologi med växtanatomi. — Stockholm.  
 UNGERSON, J., 1961: Untersuchungen über den Tagesverlauf der apparenten  $\text{CO}_2$ -Assimilation unter natürlichen Bedingungen. — Ann. Univ. Turku. A, II: 28.  
 UNGERSON, J. & SCHERDIN, G., 1962: Untersuchungen über den Tagesverlauf der Photosynthese und der Atmung unter natürlichen Bedingungen in der Subarktis (Finnisch-Lapland). — Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 32: 7, 1—22.  
 „ 1964: Untersuchungen über den Tagesverlauf der Photosynthese und der Atmung bei *Betula nana* L. in Fennoskandien. — Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 35: 3, 1—36.

#### R É S U M É

1. Les recherches scientifiques expérimentelles écologiques — compte rendu ci-dessous — ont été faites comme suit:

durant les années 1951—1953 à la station botanique-écologique de l'Université de Stockholm Gålö (59°05' latitude nord, 18°16' longitude Est Gr.) sur *Scirpus maritimus*, *Avena sativa*, *Rumex ambiguus*, *R. acetosella*, *Trifolium pratense* et *Plantago lanceolata*;

en juin et juillet 1961 à la station sub-arctique pour recherches scientifiques de l'Université de Turku, Kevo à Utsjoki (69°45' latitude nord, 27°00' longitude Est Gr.), Finlande, sur *Betula nana* et *B. tortuosa*;

durant juin et juillet 1962 sur *Betula nana* en Fennoscandie dans les lieux suivants: le marécage de Kareva (60°32' latitude nord, 22°10' longitude Est Gr.), Finlande; — Berlevåg (70°51' latitude nord, 29°05' longitude Est Gr.) et Ustaoset (60°32' latitude nord, 7°54' longitude Est Gr.), Norvège; — le marécage de Värnamo (57°10' latitude nord, 10°01' longitude Est Gr.), Suède;

en juin 1963 à Pass Thurn (47°22' latitude nord, 12°22' longitude Est Gr.), Autriche, sur *Betula nana*.

2. Les recherches ont été effectuées selon une méthode décrite par UNGERSON (1961) et par UNGERSON & SCHERDIN (1962, 1964) avec la plante à examiner dans son milieu naturel, les feuilles attachées à la tige.

3. L'intensité de l'assimilation de gaz carbonique est dépendante des facteurs de milieu, et chaque changement de ces facteurs se reflète dans l'activité assimilatrice.

4. Des changements subits dans le cours de l'assimilation diurne, occasionnés par un facteur unique changeant.

a. Des changements dans l'intensité de la lumière par suite de variations de nébulosité amènent des modifications dans l'intensité de l'assimilation (Fig. 1).

b. Une baisse ou une hausse de température cause de fortes et subites modifications dans l'assimilation (Fig. 2).

c. La teneur de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) de l'atmosphère n'est pas constante; également de petites modifications dans cette teneur occasionnent des changements subits et forts dans l'intensité de l'assimilation (Fig. 3).

d. Des changements dans le déficit d'eau des plantes se reflètent dans des modifications rapides dans l'intensité de l'assimilation (Tableaux 1 et 6).

5. Deux facteurs collaborent en causant des variations subites dans le cours diurne de l'assimilation.

a. Des changements, souvent simultanés dans la nature, dans l'intensité de la lumière et dans la température donnent plusieurs points culminants dans la courbe diurne de l'assimilation (Fig. 4 et tableau 2).

b. Des changements dans l'intensité de la lumière modifient souvent la teneur de  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère, deux facteurs qui contribuent ensemble à des changements dans l'intensité de l'assimilation (Tableau 3 et fig. 5).

c. Grand déficit d'eau occasionne des stomates fermées et une réduction de l'intensité de l'assimilation (Fig. 6).

6. Trois facteurs collaborent en causant des changements subits dans l'intensité de l'assimilation.

a. Une augmentation de l'intensité de la lumière amène souvent une hausse de température et une accentuation du déficit d'eau de la plante, trois facteurs qui contribuent ensemble à une baisse de l'intensité de l'assimilation apparente ainsi qu'à une hausse de l'intensité de la respiration (Tableau 6).

7. Plus de trois facteurs collaborent en causant des changements subits dans l'intensité de l'assimilation.

a. Des modifications simultanées dans l'intensité de la lumière, dans la température, dans la teneur de  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère et dans le déficit d'eau de la plante occasionnent des changements subits dans l'assimilation (Fig. 7).

b. Des modifications simultanées dans l'intensité de la lumière, dans la température, dans la teneur de  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère et dans l'humidité de l'air, occasionnent ensemble des changements subits dans le déficit d'eau des plantes, dans la largeur de la fente des stomates, dans l'intensité de la respiration ainsi qu'à la fois dans l'assimilation apparente et dans l'assimilation brute (Tableaux 4 et 5).