

Photochemische Wirkungen des Höhenklimas auf die Chloroplasten photolabiler Pflanzen im Mittel- und Hochgebirge

VON CAMILL MONTFORT

Aus dem Botanischen Institut der Universität Frankfurt a. M.

(Z. Naturforsch. 5 b, 221—226 [1950]; eingegangen am 24. März 1950)

Auf Grund vergleichender Prüfungen im Riesengebirge, im Schwarzwald und im Allgäu zwischen 1250 und 2220 m Meereshöhe wird nachgewiesen, daß die bisher allein bekannt gewordene Beziehung zwischen Lichtfeld und Chlorophyllgehalt der Art, daß der Farbstoffgehalt mit der Lichtintensität bis zur ökologisch maximalen Strahlung *ansteigt*, nur für die Angehörigen des *photostabilen* Reaktionstypus gilt.

Neben diesem ist selbst in frei-sonnigen Pflanzenvereinen alpiner Matten und Felsfluren ein *photolabiler* Typus weit verbreitet, dessen maximal bestrahlte Sonnenblätter im Verlauf des Sommers im Vergleich zu gleich alten Schattenblättern mäßige bis starke *Depressionen* des (flächenrelativen) Chlorophyllwertes aufweisen.

Der extrem photostabile ist mit dem extrem photolabilen Reaktionstypus durch alle Übergänge verbunden. Allein die Abstufungen der Resistenz können weder auf das Vorleben in bestimmtem Strahlungsklima bzw. bestimmter Höhenlage, noch auf die Zugehörigkeit zu einem bestimmten ökologischen Verbreitungstypus zurückgeführt werden. Photostabile Tieflandpflanzen wie *Silene inflata* und *Anthyllis vulneraria* erweisen sich auch in 2220 m Höhe als photostabil, während viele Alpenpflanzen auch in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet ausgesprochen photolabil angetroffen werden.

In synchronen Vergleichsversuchen aus 1415 m Höhe werden an photolabilen Stauden die Zeitkurven der Veränderungen des Chlorophyllwertes beim Übergang aus diffusem Licht in die Gesamtstrahlung und umgekehrt verfolgt. Während im ersten Fall im Verlauf einer Schönwetterperiode die (bisherigen) Scha-Blätter rasch photochemische Chlorophyllzerstörungen erleiden, erfahren die (bisherigen) So-Blätter im diffusen Licht zur gleichen Zeit eine Zunahme des Chlorophylls.

Nach den Beobachtungen Bünnings¹ ruft die ungeschwächte Tropensonne in der Epidermis und im oberen Mesophyll von Schattenpflanzen offenbar irreversible zellphysiologische Schädigungen hervor, während die Gewebe von Sonnenpflanzen intakt bleiben. Die Veränderungen stimmen grundsätzlich mit älteren Erfahrungen über den „Lichttod“ empfindlicher Zellen überein. Photochemische Wirkungen an den *Plastiden*, vor allem Depressionen des Chlorophyllgehaltes, die nach eigenen Erfahrungen an europäischen Schattenpflanzen wahrscheinlich auch in der Tropensonne schon an den lebenden Chloroplasten ablaufen, sind von Bünnig anscheinend nicht beobachtet worden. Die Strahlungsschäden werden von ihm ausschließlich nach der Wirkung auf den *Zellkern* beurteilt.

Der als allgemein angenommenen UV-Resistenz der tropischen Sonnenpflanzen stellt der Forscher die bekannte Resistenz unserer europäischen Hochgebirgs-

pflanzen gegenüber der starken UV-Strahlung des Höhenklimas an die Seite. Die nur an den Epidermen der *Sonnenpflanzen* in stärkerem Ausmaß nachweisbaren optischen Filterwirkungen gegenüber dem kurzwelligeren Bereich des Tageslichtes führen Bünnig zu der Schlußfolgerung, die UV-Resistenz könne nicht auf Eigenschaften des Plasmas selber beruhen; die Zelle verdanke sie vielmehr ausschließlich den optischen Eigenschaften der als Strahlenfilter fungierenden *Epidermis*.

Im Anschluß an bedeutsame Befunde von Pirschle² über Veränderungen des Chlorophyllgehaltes bei Hochgebirgspflanzen unter dem Einfluß starker UV-Strahlung sowie an eigene Erfahrungen mit photolabilen Höhlen- und anderen Schattenpflanzen³ wurde der Fragenkreis der photochemischen Wirkung natürlicher Höhen- und Tieflandsonne auf die Chloroplasten von So- und Scha-Pflanzen während mehrerer Vegetationsperioden (1942, 1943, 1948, 1949) im Feldberggebiet des Schwarzwaldes, im Riesengebirge und in den Allgäuer

¹ Bünnig, In den Wäldern Nord-Sumatras. Bonn 1947, S. 101 ff.

² Pirschle, Biol. Zbl. 61, 452 [1941].

³ Montfort u. Zöllner, Botanisch. Arch. 43, 393 [1942].

Material	Pflanze	Rel. Chlorophyllgehalt gleicher Flächen		Reaktionstypus
		Schatten	Sonne	
So- und Scha- Stöcke	<i>Polygonum bistorta</i>	100	→ 115	photostabil
So- und Scha- Stöcke	<i>Allium victoriale</i>	100	→ 71	mäßig
So- und Scha- Stöcke	<i>Lycopodium selago</i> *	100	→ 65	
So- und Scha- Nadeln des gl. Baumes	<i>Picea excelsa</i> *	100	→ 58	photolabil
So- und Scha- Stöcke	<i>Streptopus amplexifol.</i>	100	→ 57	
So- und Scha- Teile der gleichen Blätter	<i>Veratrum album</i>	100	→ 52	↓
	<i>Mulgedium alpinum</i>	100	→ 51	
So- und Scha- Blätter des gl. Stockes	<i>Adenostyles albifrons</i>	100	→ 23	extrem

* Je 50 Nadeln gleicher Fläche

Tab. 1. Relative Chlorophyllgehalte von So- und Scha-Blättern (bzw. So- und Scha-Teilen der gleichen Blätter) aus 1250 bis 1400 m Meereshöhe im Riesengebirge; Juli 1943.

Alpen in vergleichend-ökologischen Versuchen geprüft.

Methodik: Sorgfältige Auswahl der Sonnen- und Schattenblätter mit Hilfe von Kompaß und Photozelle entweder am gleichen Individuum oder von So- und Scha-Individuen. Ausgesprochene So-Blätter werden nur nach ihrer Stellung zum maximal einfallenden Tageslicht als solche bewertet. In besonderen Fällen werden zur Vermeidung von Altersunterschieden der Gewebe sowie von möglichen biochemischen „Rassen“- bzw. „Formen“-Unterschieden, die sich beim Vergleich von So- und Scha-Individuen einschleichen könnten, solche Blätter auf der Südseite der Versuchspflanzen ausgewählt, die in einem Teil der Lamina maximaler Strahlung ausgesetzt sind, in scharfem Farbkontrast dazu aber infolge Umbiegung der Fläche nach Norden oder im Schatten eng anliegender Nachbarblätter Abschnitte aufweisen, die seit längerer Zeit nur grünreiches diffuses Transmissionslicht erhalten (So- und Scha-Teile des gleichen Blattes).

Entnahme der Probestellen mittels Korkbohrers jeweils aus 5 Blättern bzw. Blattabschnitten. Sofortige Abtötung in siedendem Wasser, anschließend Trocknung bei 35°C und Dunkelhaltung bis zur Extraktion der Farbstoffe. Herstellung der Methanolextrakte des Gesamtpigmentes nach den Angaben der Heidelberger Schule und spektroskopische Prüfung im Pulfrichphotometer. Die bei Filter S 61 gemessenen Werte ergeben das Gesamtchlorophyll (a + b). Zur Erfassung der zeitlichen Veränderungen des Chlorophyllspiegels der Gewebe fortgesetzte Entnahme neuer Probestellen von korrespondierenden Teilen der Versuchsblätter.

Bei experimenteller Änderung des Lichtfeldes entweder Freilegung bisheriger Grünschatenblätter geeigneter Stellung aus dem Inneren der Krone durch Absägen vorher schattenspendender Äste (Versuchsserie Scha → So) oder Umbiegung der Sonnenäste mit Blättern aus maximalem Lichtgenuß und Fixierung im Inneren der Krone (1) bzw. mit Nadeln fixierte Überdeckung der früheren Sonnenblätter in ihrer alten Stellung mit anliegenden Nachbarblättern (2): Versuchsserie So → Scha. Im Fall (2) erhalten die Gewebe ein intensiveres Transmissionslicht als im Fall (1).

Beziehung der aus den E-Werten der Extrakte ermittelten relativen Chlorophyllwerte der ökologisch maximal bestrahlten Gewebe auf die Werte der Schattengewebe. Bei den Zeitkurven der Veränderungen des Chlorophyllgehaltes Beziehung der Werte auf den Ausgangsgehalt. Schattengewebe stammen, wenn nichts anderes vermerkt ist, aus dem Lichtfeld „Blauschatten Nord“ im Sinne von Seybold und Egle. „Grünschaten“-Blätter aus dem Inneren dichtbelaubter Sträucher werden als solche gekennzeichnet.

Bemerkungen zur Primäranalyse des Ausgangsmaterials

Da die ausgestanzten Probestellen der aus maximalem Sonnenlicht bzw. aus diffusem Licht stammenden Blätter in jeder Gruppe vereinigt zur Herstellung der So- bzw. Scha-Extrakte verarbeitet werden, kann für die aus der Extinktion E erhaltenen Mittelwerte der Messungen die Streuung (sm) nicht angegeben werden. Allein vielfache Prüfungen an einer ganzen Reihe von Pflanzen der verschiedensten Abstufungen der Photolabilität haben immer

Standort Meereshöhe	Pflanze	Rel. Chlorophyllgehalt gleicher Flächen		Verbreitung*	Reaktionstypus
		Schatten	Sonne		
1300 m	<i>Biscutella laevig.</i>	100	221	SA, A	↑ photostabil
1550 m	<i>Urtica dioica</i>	100	175	E	
2220 m	<i>Silene inflata</i>	100	123	E	
2200 m	<i>Anthyllis vulner.</i>	100	116	E	
1450 m	<i>Alnus viridis</i>	100	102	SA	
1300 m	<i>Alchemilla alpin.</i>	100	101	SA, A	
1960 m	<i>Gentiana punctat.</i>	100	(79—)** 68	SA	mäßig
1600 m	<i>Gentiana asclepiad.</i>	100	64	SA	
1350 m	<i>Globularia nudicaul.</i>	100	62	SA, A	
1500 m	<i>Globularia cordifol.</i>	100	55	SA, A	
1350 m	<i>Aspidium lonchitis</i>	100	45	SA	photolabil
1400 m	<i>Aspidium aculeat.</i>	100	44	E, SA	
1960 m	<i>Primula auricula</i>	100	(63—) 38	SA	
1280 m	<i>Senecio alpinus</i>	100	(55—) 37	SA, A	
1300 m	<i>Aposeris foetida</i>	100	36	SA	
1920 m	<i>Gentiana lutea</i>	100	(55—) 33	SA	
2190 m	<i>Adenostyles albifr.</i>	100	(55—) 31	SA	
1250 m	<i>Majanthemum bifol.</i>	100	36	E	
1400 m	<i>Mercurialis perenn.</i>	100	21	E	extrem
1250 m	<i>Veratrum album</i>	100	(40—) 15	E, SA	
1250 m	<i>Paris quadrifolia</i>	100	(40—) 16	E	

* E = vorwiegend in der Ebene (Tiefeland) verbreitet

SA = vorwiegend in der subalpinen Region (im strengeren Sinn) unterhalb von 2200 m verbreitet

A = vorwiegend in der alpinen und hochalpinen Region oberhalb 2200 m verbreitet

** () = Werte von jüngeren, noch nicht so lange besonnenen So-Blättern

Tab. 2. Relative Chlorophyllgehalte von So- und Scha-Blättern von Stauden bzw. Holzgewächsen der Allgäuer Alpen aus 1250 bis 2200 m Meereshöhe. Höfats- und Nebelhorngebiet Juli/August 1948⁴.

wieder ergeben, daß eine auf *statistischer Schwankung* beruhende *große* Streuung ausschließlich dann auftritt, wenn anstatt einer *mikroklimatisch* sorgfältig arbeitenden Primäranalyse des Ausgangsmaterials ein mehr summarisches Verfahren angewandt wird, bei dem durch Mitverwendung von Blättern aus mehr oder minder *verschiedenen* Lichtfeldern zwangsläufig ein lichtklimatisch heterogenes Ausgangsmaterial nur *scheinbar* maximal bestrahlter „Sonnen-Blätter“ dem viel einheitlicheren Material der wirklichen Schatten-Blätter gegenübergestellt wird. Durch die mit Kompaß und Selenzelle durchgeführte mikroklimatische Primäranalyse werden die infolge ihrer Stellung oder teilweisen Beschattung aus falschem, nämlich schwächerem Lichtklima stammenden So-Blätter und mit ihnen die große Streuung der Meßwerte von vornherein ausgeschaltet.

Dies ist von entscheidender Bedeutung, weil alle an Sonnensprossen der Südseite entwickelten Blätter, so verschieden der den Geweben unmittelbar zugängliche Lichtgenuß gewesen sein mag, aus ernährungsphysiologischen Gründen *anatomisch* bekanntlich den Charakter von wirklichen Sonnenblättern besitzen. Nach dem *biochemischen* Charakter ihrer *Chloroplasten* hingegen erweisen sich alle diese im Mesophyll einheitlich wie Sonnenblätter ausdifferenzierten Gewebe als ebenso heterogen wie die Lichtfelder, denen sie im einzelnen zugeordnet sind.

Werden also die *biochemisch* als *Schattengewebe* gekennzeichneten Blätter bzw. Blattabschnitte mit ihren tiefgrünen (und größeren) Chloroplasten zur Erfassung reiner,

d. h. in diesem Falle maximal bestrahlter Sonnenblätter nicht a priori aus solchem heterogenen Primärmaterial scheinbar typischer So-Blätter *ausgemerzt*, dann muß der Mittelwert solcher So-Blätter einen um so höheren relativen Chlorophyllgehalt aufweisen, je größer der Anteil jener nicht stark bestrahlten So-Blätter ist, die in Wirklichkeit mehr oder minder ausgeprägte Blauschatten- oder — trotz ihrer größeren Dicke — sogar sekundäre Grünschaten-Blätter darstellen. Es ist dann nicht verwunderlich, wenn der Chlorophyllwert als Durchschnitt aus so beschaffenen Blättern wesentlich *höher* angetroffen wird als bei den (dünnen) primären Grünschaten-Blättern aus gedämpftem grün-reichem Transmissionslicht.

Der vollständige Ausschluß solcher im Sinne der photobiologischen Fragestellung *falschen* Sonnenblätter auf der einen Seite, die ungemein starke und einheitliche Prägung des Farbstoffgehaltes der Chloroplasten durch das Lichtfeld auf der andern Seite ermöglichen es, schon mit 5 Blättern Mittelwerte des Chlorophyllgehaltes zu bekommen, die bei Erhöhung dieser beschränkten Zahl auf 10 oder 20 nur geringfügige Abweichungen erfahren. Sie liegen bei dieser objektiven Gewinnung des Primärmaterials im Bereich der Fehlergrenzen der Bestimmung des Extinktionswertes. Diese ist mit $\pm 3\%$ anzusetzen. Die in Tabellen und Kurven beim Vergleich von So- und Scha-Blättern

⁴ Hrn. cand. phil. nat. L. Müller bin ich für seine Hilfe bei der Gewinnung und Verarbeitung der Blattproben zu großem Dank verpflichtet.

vorgeführten Abweichungen vom Bezugswert dürfen also in einem Ausmaß von > 6% bestimmt als real gewertet werden.

Die relative Depression des Chlorophyllwertes im Sonnenmesophyll des photolabilen Reaktionstypus besteht trotz der meist erheblich größeren Dicke des Gewebes. Eine Reduktion auf gleiches Volumen (gleicher Flächen) läßt sie noch krasser hervortreten. Umgekehrt besteht z. B. bei der photostabilen *Anthyllis vulneraria* vom Gipfel des Nebelhorns die deutliche Überlegenheit des Chlorophyllwertes der Sonnenblätter auch nach Reduktion auf gleiches Volumen des (nur wenig verstärkten) Mesophylls.

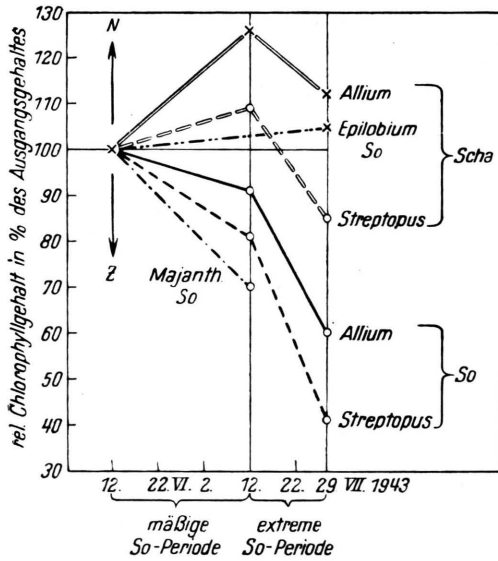


Abb. 1. Zeitliche Veränderungen des Chlorophyllgehaltes (Neubildung bzw. photochemische Zerstörung des Farbstoffes) an Scha- und So-Blättern in ihren natürlichen Lichtfeldern bei *Allium victoriale* (A) und *Streptopus amplexifolius* (S) als konstitutionellen Schattenpflanzen gegenüber *Epilobium angustifolium* als konst. Sonnenpflanze. Wirkung der Höhensonne im Riesengebirge in 1260 m Meereshöhe in Abhängigkeit vom Wetter. Juni/July 1943. N = Neubildung von Chlorophyll, bei A und S nur im diffusen Tageslicht. Z = Zerstörung von Chlorophyll im Sonnenlicht.

- Po = *Polygonatum verticillatum*
- Pr = *Primula obconica*
- M = *Majanthemum bifolium*
- Fu = *Funkia coerulea*
- Fa = *Fagus silvatica*
- Co = *Corylus avellana*
- Ca = *Caltha palustris*
- N = Neubildung von Chlorophyll im diff. Licht
- Z = Zerstörung von Chlorophyll im Sonnenlicht

In maximal besonnenen Blättern gibt sich beim stark photolabilen Typus die (zeitlich verfolgbare) photochemische Metamorphose der Chloroplasten bis zu hellgelben *Chromoplasten* in den obersten Palisadenlagen auch mikroskopisch deutlich kund. Wie die Tab. 1 und 2 zeigen, erreicht dabei die Depression des Chlorophyllwertes selbst bei *Alpenpflanzen aus frei sonnigen Vereinen* oberhalb der Baumgrenze ebenso hohe Beträge wie bei *Tieflandpflanzen aus Schattenvereinen!* Dies erscheint uns als ein recht bedeutsamer Befund. Und wenn sich auf der einen Seite die Sonnenblätter von *Silene inflata*, wie gezeigt werden konnte, selbst am Gipfel des Nebelhorns bei 2220 m Meereshöhe ebenso photostabil erweisen wie

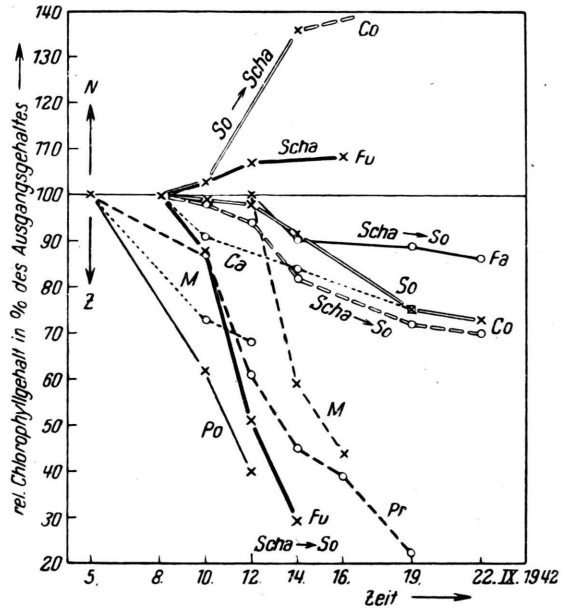


Abb. 2. Synchrone Zeitkurven für photochemische Zerstörung bzw. Neubildung von Chlorophyll bei photolabilen Stauden und Holzgewächsen nach Änderung des ökologisch normalen Lichtfeldes der Blätter. Wirkung der Höhensonne auf dem Feldberg (Schwarzwald); bei *Corylus avellana* in 1250 m, sonst in 1415 m Meereshöhe während einer Schönwetterperiode im September 1942.

- Scha → So = Blätter am Stock aus Grünschaten der Krone in max. So-Licht übertragen
- So → Scha = Blätter am Stock aus max. So-Licht in Grünschaten übertragen
- So = So-Blätter am Stock in max. So-Licht verweilend
- Scha = Abschnitt des gleichen Blattes wie Scha → So, in Grünschaten unter anliegendem Blatt verweilend

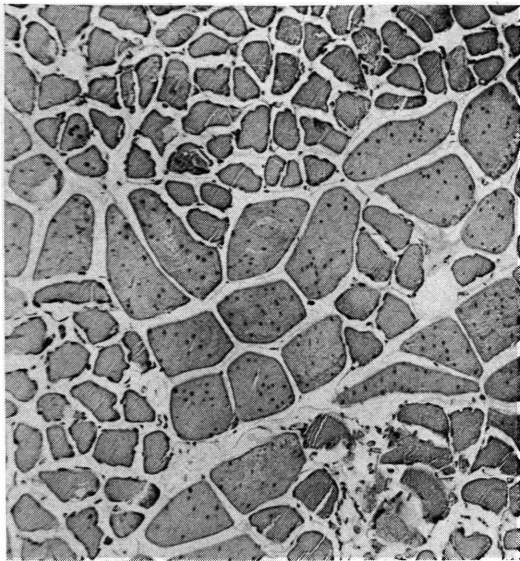


Abb. 1. Heringshai (*Lamna cornubica*). Schnitt durch die Grenzzone zwischen der äußeren „weißen“ Zone (dicke, kernreiche Fasern) und der an der Wirbelsäule liegenden „roten“ Schicht (dünne Fasern mit wenigen randständigen Kernen). Die zahlreichen Kapillaren zwischen ihnen sind an den großen Blutkörperchen erkennbar). Vergr. 89/1.

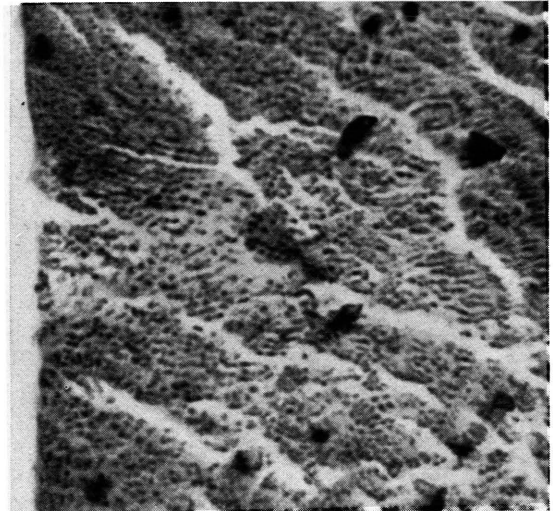


Abb. 2. Heringshai (*Lamna cornubica*). Teil einer Faser der „weißen“ Zone: „Fibrillenstruktur“, zahlreiche Kerne. Der Schnitt wurde beim Strecken zu stark erwärmt: Risse. Es treten aber dadurch die einzelnen Fibrillen deutlicher hervor. Vergr. 1300/1.

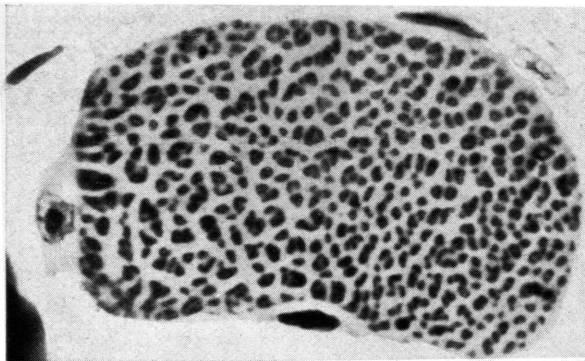


Abb. 3. Heringshai (*Lamna cornubica*). Faser der „roten“ Zone: „Felderstruktur“, wenige Kerne in Sarkoplasmavorwölbungen. Die „Felder“ lassen eine Zusammensetzung aus verschieden stark gefärbten Bestandteilen (? Fibrillen) erkennen. Vergr. 1300/1. Rechts oben Blutkörperchen.

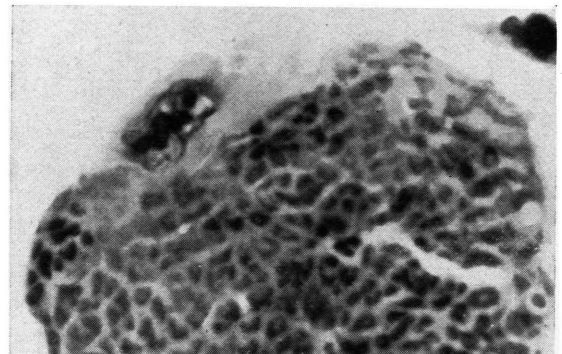


Abb. 4. Heringshai (*Lamna cornubica*). Faser mit „Felderstruktur“. Vergr. 1700/1. Die Zwischenräume zwischen den „Feldern“ sind von Sarkoplasma ausgefüllt.

im Tiefland, diejenigen von *Gentiana lutea* oder *Adenostyles albifrons* (mit sehr erheblicher Depression des Chlorophyllgehaltes gegenüber dem diffus bestrahlten Gewebe) hingegen als ausgesprochen *photolabil* — gleichgültig, ob sie in 120, 860 oder 2000 m Meereshöhe geprüft werden —, so spricht das im Zusammenhang mit anderweitigen Erfahrungen doch sehr für die Existenz *konstitutioneller* Prägungen der Abstufungen der Photolabilität. Neben ihnen vermögen offenbar weder die Auswirkungen des Vorlebens in verschiedener Meereshöhe noch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Verbreitungsgruppe eine überragende Bedeutung zu gewinnen. Ältere und abweichende Erfahrungen, in denen der photolabile Reaktionstypus völlig übersehen wurde⁵, erfordern dringend eine Vertiefung und Erweiterung in vergleichend-ökologischer Hinsicht, vor allem bezüglich der sorgfältigen Auswahl maximal bestrahlter Sonnenblätter am Standort der alpinen Versuchspflanzen.

Wenn im stärksten natürlichen Licht außer einer primären Bildungshemmung des Farbstoffes noch eine sekundäre photochemische Zerstörung bereits vorhandener Farbstoffmoleküle an der Depression des Chlorophyllwertes beteiligt ist, so darf man erwarten, sie werde sich im Hochsommer während Schönwetterperioden besonders stark auswirken.

Abb. 1 zeigt die synchronen Zeitkurven der auf den Ausgangsgehalt bezogenen Chlorophyllwerte bei So- und Scha-Blättern zweier *photolabiler* Stauden aus dem Riesengebirge im Vergleich mit dem *photostabilen* *Epilobium angustifolium*, dessen So-Blätter den Ausgangswert selbst nach einer extremen Schönwetterperiode unverändert zu halten vermögen. Wie anders reagieren *Allium victoriale* und der empfindliche *Streptopus amplexifolius*, der offenbar eine konstitutionelle Schattenpflanze darstellt und den Riesengebirgskamm (1400 m) nur im Schutz der schattenspendenden Latschen (*Pinus montana*) erreicht! Während hier die Scha-Blätter anfangs den Chlorophyllgehalt noch deutlich (bei *Allium* sogar beträchtlich) zu *steigern* vermögen, treten in den Blättern der infolge früheren Baumschlages frei aufgewachsenen Sonnenstöcke — auch an *Majanthemum bifolium* — Chlorophyllzerstörungen auf, die sich bei klarem Himmel rasch verstärken. Daß zwischen dem 12. und dem 29. Juli 1943 in geringerem Maß auch an den Blättern der Schattenstöcke (noch von tiefstehender Nachmittagsonne betroffen) Depressionen des Chlorophyllwertes wahrnehmbar sind, vermag den auffälligen Gegensatz zwischen der Reaktion des So- und

Scha-Gewebes, also den Gesamtverlauf der Zeitkurven sowie den Unterschied im Endbetrag der Depression gegenüber dem Ausgangsgehalt keineswegs zu verwischen.

In Abb. 2 fällt die Chlorophyllkurve der aus dem Grünschaten des Strauches stammenden Haselblätter, die seit dem 8. September 1942 der freien Sonne der Südseite ausgesetzt sind, ebenso *kontinuierlich* ab, wie im synchronen Gegenversuch der Chlorophyllgehalt der aus maximalem Lichtgenuß stammenden, aber durch fixierte Bedeckung mittels anliegender Nachbarblätter dem Zugriff der photochemisch wirksamen Strahlen plötzlich entzogenen, vorher chlorophyllarmen So-Blätter im Grünschaten *rasch und stark ansteigt*. Die Gegenläufigkeit der beiden Kurven ist auffällig genug. Solange bei den So-Blättern ein bestimmter Chlorophyllwert nicht unterschritten wird, kommt es also bei Abdrosselung bestimmter Strahlenbereiche einerseits rasch zur Aufhebung der früheren Bildungshemmung des Farbstoffes, andererseits zur sofortigen Unterbindung der sonst langsam fortschreitenden photochemischen Chlorophyllzerstörung. Die Folge ist eine bei ausgewachsenen Blättern bisher für unmöglich gehaltene⁶ *Neubildung* von Chlorophyllmolekülen. Die vorher mehr oder weniger vergilbten Intermediärplastiden des oberen Mesophylls färben sich wieder grün. Entsprechend behandelte So- und Gr.-Scha-Blätter der Buche, *Fagus sylvatica*, verhalten sich ähnlich wie die der Hasel.

Daß die Kurve der in der Sonne aufgewachsenen und darin verweilenden Haselblätter zunächst noch horizontal verläuft und deutlich *langsamer* abfällt als diejenige der aus dem Grünschaten freigelegten (hygomorphen) Schattenblätter, dürfte nach den erwähnten Erfahrungen Bünnings auch durch die Unterschiede in der Beschaffenheit des Hautfilters mitbestimmt sein. Daß die Schattenblätter einiger Stauden, die gleichzeitig mit den Beobachtungen an der Hasel in das freie Sonnenlicht einer feuchten subalpinen Wiese in 1415 m Höhe umpflanzt wurden, viel krassere Gefällkurven des Chlorophyllwertes liefern, also viel stärkere photochemische Zerstörungen der Farbstoffmoleküle erleiden, ist nicht verwunderlich. Im Vergleich zu der am Versuchsplatz aufgewachsenen *Caltha* wie zu der sehr „plastischen“ Hasel, deren Blattgewebe nur mäßig photolabil sind und ohne Umpflanzung des Strauches am Wuchsort selber in 1250 m Höhe bei experimenteller Änderung

⁵ Seybold u. Egle, Botanisch. Arch. 40, 560 [1940].

⁶ Egle, Botanisch. Arch. 45, 93 [1944].

des Lichtfeldes bestimmter Äste geprüft wurden, haben wir es bei *Funkia coerulea*, *Polygonatum verticillatum*, *Majanthemum bifolium* und *Primula obconica* offenbar mit äußerst labilen konstitutionellen Schattenpflanzen zu tun. Hier können die Plastiden des oberen Mesophylls in ungeschwächtem Licht der Höhensonne schon im Verlauf weniger Tage total ausbleichen.

Die Deutung der photochemischen Chlorophyllzerstörungen bei diesem Umpflanzungsversuch mit Stauden wird durch die Ergebnisse der *Sinapis*-Versuche von Steemann Nielsen⁷, wobei N-Mangel eine erhöhte Lichtempfindlichkeit der Plastiden erzeugt, keineswegs in Frage gestellt. Der Übergang aus diffusum in direktes Sonnenlicht wirkt sich im Blattgewebe photochemisch genau so aus, wenn er anstatt durch Umpflanzung der Stücke durch *Kahlschlag* (der vorher schattenspendenden Bäume) herbeigeführt wird.

Weitere Versuche mit der Rotbuche, mit *Viscum album*, *Buxus sempervirens* sowie mit photolabilen *Aurea*-Formen von Ulme, Hopfen und schwarzem Holunder, die während der Sommer 1944, 1947, 1948 und 1949 am Rand des Odenwaldes in 100 m Meereshöhe durchgeführt wurden^{8, 9}, lassen keinen Zweifel daran, daß auch die Tieflandsonne während Schönwetterperioden in stande ist, im Mesophyll der So-Blätter, ja selbst im stark besonnenen Rindengewebe unter dem sehr derben natürlichen Gelbfilter einer äußerst starken Cuticula noch photochemische Zerstörungen des Chlorophylls hervorzurufen. Vergleichende Messungen der Dicke derartiger Strahlenfilter bei hygro-, meso- und xero-

morphen Blättern, bei photostabilen und photolabilen Individuen der gleichen Art sowie bei den wichtigsten Angehörigen der beiden gegensätzlichen Reaktionstypen führen im Zusammenhang mit der Erfassung des lichtökologischen Chlorophyllspiegels ihrer Mesophyllgewebe^{8, 9} zu dem Schluß, daß die Abstufungen der Resistenz der *Chloroplasten* keineswegs in jenem Ausmaß durch die Beschaffenheit des Hautfilters bestimmt ist, wie wir dies nach den Befunden Bunnings für die Resistenz des Protoplasmas, zum mindesten des *Karyoplasmas*, annehmen müssen.

Es sei indessen ausdrücklich betont, daß die aufgedeckte *photochemische Metamorphose der Chloroplasten* über Intermediärplastiden zu (im Extrem äußerst chlorophyllarmen) *Chromoplasten*, ja bis zu degenerierten Leukoplasten sich in lebenden Zellen abspielt, die ihre Plasmolysierfähigkeit nicht verlieren. Man wird daher kaum fehlgehen, wenn man in solchen Befunden Hinweise darauf erblickt, daß das Stroma der (photolabilen) *Plastiden* zum mindesten an bestimmten Stellen ein vom (photostabilen) *Plasma* völlig abweichendes chemisches bzw. architektonisches Gefüge aufweisen dürfte.

Manches scheint sogar dafür zu sprechen, daß solche Unterschiede auch zwischen dem Plastidenstroma (vielleicht in den Proteinschichten der Grana^p) der beiden gegensätzlichen Reaktionstypen bestehen. Für feinere biochemische Untersuchungen der Zukunft bestände dann vielleicht die Möglichkeit, jenseits aller (unzweifelhaften) Filterwirkung der Epidermis photostabile und photolabile Chloroplasten als *solche* zu erfassen und chemisch näher zu kennzeichnen.

⁷ Steemann Nielsen, Dansk Bot. Ark. **10**, Nr. 2, 1 [1940].

⁸ Montfort, Natur u. Volk (Senckenberg) **78**, 86 [1948].

⁹ Montfort, unveröff. Versuche von 1949/1950.

NOTIZEN

Nitrylchloroantimonat

Von F. Seel und R. Posse

Anorganisch-Chem. Institut der Techn. Hochschule München

(Z. Naturforschg. **5b**, 226 [1950]; eingeg. am 24. April 1950)

Die Säureradikale der salpetrigen und Salpetersäure sind als Kationen NO^+ und NO_2^+ in den *Nitrosyl-* und *Nitrylsalzen* existenzfähig. Während zahlreiche Nitrosylsalze, wie $\text{NO}[\text{ClO}_4]$, $\text{NO}[\text{SO}_4\text{H}]$, $\text{NO}[\text{SbCl}_6]$, schon seit längerer Zeit bekannt sind, wurde das Gebiet der interessanten Nitrylsalze erst in neuester Zeit erschlossen. Bis jetzt sind die Verbindungstypen $(\text{NO}_2)_2[\text{S}_4\text{O}_{13}]^1$, $\text{NO}_2[\text{ClO}_4]^2$, $\text{NO}_2[\text{BF}_4]^3$, $\text{NO}_2[\text{AuF}_4]^3$, $\text{NO}_2[\text{PF}_6]^3$, $\text{NO}_2[\text{AsF}_6]^3$, $\text{NO}_2[\text{SbF}_6]^3$ und $(\text{NO}_2)_2[\text{SnF}_6]^3$ dargestellt worden. Im Verlaufe von Untersuchungen über die Konstitution des *Nitrylchlorids* konnte nun auch das *Nitrylsalz der komplexen Hexachloroantimonsäure*, $\text{H}[\text{SbCl}_6]$, gewonnen wer-

den. Es entsteht durch Einwirkung von Nitrylchlorid auf Antimon(V)-chlorid: $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{SbCl}_5 \rightarrow \text{NO}_2[\text{SbCl}_6]$. Das Salz ist im Gegensatz zum gelben $\text{NO}[\text{SbCl}_6]$ farblos. Seine Hydrolyse führt zu HNO_3 und $\text{H}[\text{SbCl}_6]$ bzw. $\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot \text{aq}$. Die Zusammensetzung der Substanz wurde durch Analyse sichergestellt: Das Atomverhältnis N : Sb : Cl war genau 1 : 1 : 6. Als Derivat der Salpetersäure gibt sich die Substanz dadurch zu erkennen, daß ihre hydrolysierte Lösung gegenüber KMnO_4 nicht reduzierend wirkt. Über das Nitrylchloroantimonat wird demnächst an anderer Stelle eingehender berichtet werden.

¹ E. Weitz, Angew. Chem. **49**, 328 [1936].

² Gordon u. Spinks, Canad. J. Res., Sect. B, **18**, 358 [1940]; D. R. Goddard, E. D. Hughes u. C. K. Ingold, Nature [London] **158**, 480 [1946]; Cox, Jeffrey u. Truter, Nature [London] **162**, 259 [1948].

³ A. A. Woolf u. H. J. Emeléus, J. chem. Soc. [London] **1950**, 1050.