©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	Vol. 17	Fasc. 3—4	187—193	18. 8. 1976

Streßwirkungen — Versuch einer terminologischen Klarstellung aus pflanzenphysiologischer Sicht

Von

Otto HÄRTEL *)

Mit 2 Abbildungen

Eingegangen am 29. September 1975

Zusammenfassung

Um die Wirkungen streßauslösender Faktoren auf die Pflanzen präziser abzugrenzen und die Termini mit den in der angewandten Botanik bzw. der Land- und Forstwirtschaft gebräuchlichen in Einklang zu bringen, wird an Hand eines Schemas eine dreistufige Wirkung vorgeschlagen. 1. „Auslenkung" (der physiologische Bereich wird nicht überschritten); 2. „Schädigung" (Zustand unvollständiger Reversibilität, bleibende Veränderungen) und 3. „Schaden" (sollte ausschließlich im ökonomischen Sinne gebraucht werden).

Summary

To define the effects of stressors on plants more precisely and to harmonize the terms usual both in physiology and in applied botany (agronomy and forestry) an action is demonstrated by a proposed scheme, in three stages: 1. „Auslenkung" (the physiological range is not exceeded), 2. „Schädigung" (state of incomplete reversibility, permanent alterations) and 3. „Schaden", this term should be used in the economical sense only.

Der experimentell arbeitende Pflanzenphysiologe und -ökologe muß in einer Zeit zunehmender Kontaminierung der Umwelt durch Abfallprodukte der Zivilisation mit Faktoren rechnen, an die er noch vor wenigen Jahren überhaupt nicht zu denken brauchte. Verunreinigungen der Luft durch Abgase sind längst nicht mehr lokal beschränkt, sondern bereits regional, vielleicht schon global von Bedeutung (vgl. z. B. GARBER 1967, HÄRTEL 1971, 1974). Ähnliches darf für anthropogen bedingte Verunreinigungen von

*) Univ.-Prof. Dr. Otto HÄRTEL, Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen an der Universität Graz, A-8010 Graz, Schubertstraße 51.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Boden und Wasser gelten. Selbst im Gebirge legt ein u. U. drastisch veränderter physiologischer Zustand (z. B. der Fichten) im Zusammenhang mit der Obergrenze der Temperaturinversionen bzw. der Nebelzone den Einfluß schädigender Agentien, in diesem Falle wohl Photooxidationsprodukte, nahe (GRILL-HÄRTEL 1973).

Nicht nur die Einzelpflanze wird durch derartige Einwirkungen in ihrer Vitalität beeinflußt; in weiterer Folge verschieben sich die Konkurrenzverhältnisse, es findet eine Auslese zugunsten widerstandsfähigerer Arten statt. Das frühzeitige Absterben der Tanne und der Ersatz der Nadelwälder durch Laubholz in Industriegebieten sind drastische Beispiele, ähnliches wiederholt sich auch in anderen, auch krautigen, Pflanzengesellschaften. Man wird derartigen anthropogen bedingten Umweltveränderungen zumindest lokal den Rang neuer ökologischer Faktoren zuerkennen müssen (HÄRTEL 1971).

In bestimmten Fällen, vor allem im Bereich größerer Städte und deren näherer Umgebung, wird man bei pflanzenphysiologischen Experimenten nicht umhin können, zu prüfen, ob und inwieweit derartige anthropogene Faktoren das Vorleben der Versuchspflanzen beeinflussen oder die Versuche stören könnten. In der angewandten Botanik bzw. in der land- und forstwirtschaftlichen Praxis werden solche Störfaktoren als Immissionen bezeichnet (wohl zu unterscheiden von den Emissionen, d. s. die von einer bestimmten Quelle, z. B. einem Schornstein, ausgehende Ursache der Immissionen, z. B. der Ausstoß schädigender Abgase).

Haben die Störfaktoren ein Ausmaß erreicht, daß sie erkennbare Veränderungen an den Pflanzen verursachen, stellt sich sofort die Frage nach dem Ausgangspunkt und nach der Kausalkette, die zu den beobachteten Veränderungen führt. Gar nicht selten wird der Physiologe auch unmittelbar in diesem Sinne angesprochen, etwa wenn im Zuge von Schadensfeststellungen Beweisschwierigkeiten auftreten und man von einer pflanzenphysiologischen Analyse Aufschluß über die Kausalzusammenhänge erhofft. Er sieht sich hiebei einer Reihe, wenn nicht gar einer Fülle von Problemen gegenübergestellt, die in sein unmittelbares Arbeitsgebiet fallen. Anderseits muß zugegeben werden, daß er sich in einer derartigen Rolle nicht immer ganz wohl fühlt. Soferne er bereit ist, sich vom „reinen", d. h. ausschließlich grundsätzlichen Fragen gewidmeten Forschen praxisnäheren Problemen zuzuwenden (dies ist eine Frage der persönlichen Einstellung), sieht er sich im Gespräch mit dem „Praktiker", in das er bei solcher Gelegenheit zwangsläufig (und wie ich meine zu beiderseitigem Gewinn) gerät, oft vor begriffliche und terminologische Schwierigkeiten gestellt, die z. T. aus verschiedenen Fachsprachen, z. T. aber auch aus verschiedenen Blickwinkeln erwachsen, aus denen sich das Problem beiden darbietet.

Veränderungen an Pflanzen, die deren Verwertbarkeit einschränken, pflegt der Land- oder Forstwirt, der Gärtner usw. kurzweg als *Schaden* zu bezeichnen. Der Physiologe kann diesen Begriff nicht übernehmen, ohne

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

sich sofort vor terminologischen Schwierigkeiten zu sehen. Stößt er bei der physiologischen Analyse auf Vorgänge oder Veränderungen, die zwar ursprünglich mit dem schädigenden Agens zusammenhängen, äußerlich aber noch nicht kenntlich sind, so fällt es schwer, von Schaden zu sprechen. Gerade solche Vorgänge aber interessieren den Physiologen, wenn er Pflanzen aus einer belasteten Umwelt vor sich hat, sie sind auch für eine Frühdiagnose drohender Schäden von hohem Wert. Man hat absonderliche, sogar unlogische Begriffe geprägt, um diesem Dilemma auszuweichen. Die Bezeichnung „unsichtbare Schäden" (SORAUER-RAMANN 1899, WIELER 1903, STOKLASA 1923) ist kaum geeignet, hier Klarheit zu schaffen, denn es ist wenig einleuchtend, daß etwas, was man nicht sieht, ein Schaden sein soll. Der Terminus „physiologische Schäden" (VOGL, BÖRTITZ & POLSTER 1965) ist ein Widerspruch in sich, weil all das, was über die physiologische Reaktionsbreite hinausgeht, eben unphysiologisch ist, „physiologisch" daher nicht als Attribut zum Wort „Schaden" verwendet werden darf. Auch der gelegentlich gebrauchte Ausdruck „latente Schäden" bringt nicht mehr Klarheit. Ist auch der Ausdruck „physiologische Schäden" als unglücklich zu bezeichnen, er entsprang immerhin der richtigen Einsicht, daß mit dem „Schaden" physiologische Vorgänge eng verknüpft bzw. diesem vorgelagert sind. Im folgenden soll versucht werden, die angedeuteten Schwierigkeiten abzubauen und an Hand eines einfachen Schemas aus der Sicht des Pflanzenphysiologen zur Klärung der Begriffe beizutragen.

Im Laboratoriumsversuch geht man im Prinzip so vor, daß man bei Konstanz der übrigen Umweltbedingungen einen Faktor ändert und die Auswirkungen an genetisch und hinsichtlich Vorleben vergleichbaren Organismen (in unserem Falle Pflanzen) untersucht. Jede Veränderung eines Außenfaktors versetzt die Pflanze in einen von — konventionell oder nach Fragestellung festgelegten — abweichenden Zustand. Man kann diese Abweichung mit dem Wort *Auslenkung* anschaulich und wohl auch treffend kennzeichnen. Ein Vorzug dieses Terminus liegt darin, daß er noch nichts über Ausmaß und Folgen aussagt. Der Terminus „Streß" hingegen enthält bereits eine quantitative Aussage, man versteht darunter alle von der Norm abweichenden Situationen, die, eine entsprechende Resistenz oder Anpassungsfähigkeit des Organismus vorausgesetzt, diesen nicht unbedingt am Leben bedrohen (KREEB 1971). Ähnlich weist der von WENTZEL 1967 vorgeschlagene Begriff „Erkrankung" bereits in den pathologischen Bereich und überspringt die ersten Phasen der Einwirkung des auslösenden Faktors. „Auslenkung" erscheint als der allgemeinere und neutrale Begriff; eine scharfe Grenze zum „Streß" läßt sich freilich nicht ziehen. Die Größe der Auslenkung hängt naturgemäß vom Ausmaß und von der Dauer der Änderung des untersuchten Faktors ab und wird auch vom jeweiligen physiologischen Zustand der Pflanze mitbestimmt.

Beschränken wir uns zunächst auf den leichter überschaubaren Fall des kurzzeitigen Einwirkens eines auslösenden Agens, so lassen sich drei

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Reaktionsweisen der Pflanze unterscheiden. Bleibt die so induzierte Auslenkung innerhalb des Bereiches der Selbstregulation und -kompensation des Organismus, so haben wir eine rein physiologische Reaktion vor uns, d. h. nach Wegfall der Ursache der Auslenkung wird der ursprüngliche Zu-

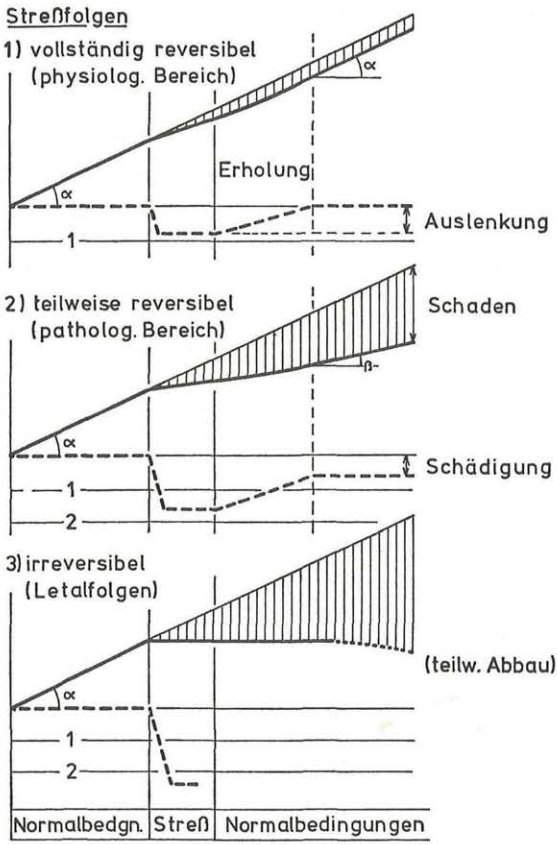

Abb. 1. Drei Stufen der Wirkung streßauslösender Faktoren. Näheres im Text

stand wieder hergestellt, der Vorgang verläuft vollkommen reversibel und hinterläßt keine sichtbaren Folgen (elastical strain im Sinne LEWITTS 1972). Genau genommen geht aber ein solcher völlig reversibler physiologischer Vorgang auch nicht völlig spurlos vorüber. Legen wir unserem Gedankenexperiment z. B. eine die Stoffproduktion oder das Wachstum hemmende Auslenkung zugrunde. Die „normale" Intensität der Stoffproduktion läßt sich graphisch in Fig. 1,1 durch eine horizontale Linie (gestrichelt ge-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

zeichnet) andeuten. Die Auslenkung äußert sich in einer Abnahme der Intensität der Stoffproduktion während der Dauer der Streßsituation. Dadurch verläuft aber die durch die mit dem Winkel α ansteigende Substanzzunahme während dieser Zeit flacher. In der nach Aufhören des Streß einsetzenden Erholungsphase wird die Auslenkung allmählich rückgängig gemacht, die Stoffproduktion kehrt allmählich zum ursprünglichen Wert, die sie darstellende Gerade wieder zum Winkel α zurück. Der Gesamtzuwachs muß nach dem Versuch gegenüber einer unbehandelten Kontrolle etwas zurückgeblieben sein, die Differenz bleibt aber, wieder völlige Reversibilität der Auslenkung vorausgesetzt, unabhängig von der Zeit gleich groß (schraffierte Fläche in Fig. 1, 1), sie wird gewöhnlich zu übersehen sein bzw. in weiterer Folge kompensiert werden können.

Überschreitet jedoch die Auslenkung die durch die Selbstregulationsfähigkeit etc. gegebene physiologische Grenze in den pathologischen Bereich (in Fig. 1 durch die unterhalb der Abszisse und parallel zu dieser verlaufende Horizontale 1 angedeutet), so wird die Erholung nicht mehr völlig reversibel sein. In unserem Beispiel (Fig. 1, 2) wird dadurch die anfänglich wieder im Winkel α ansteigende Gerade der Stoffproduktion stärker als im ersten Beispiel zurückfallen, aber auch nach der Erholung nur mehr in einem Winkel $\beta < \alpha$ weiter ansteigen. Sie wird daher hinter der Stoffproduktion einer Kontrollpflanze im Laufe der Zeit immer weiter zurückbleiben (schraffierte Fläche). Der verminderte Ertrag kann einen echten *Schaden* im Sinne einer wirtschaftlich fühlbaren Einbuße darstellen. Die infolge unvollständiger Reversibilität der Auslenkung bleibend herabgesetzte Intensität des untersuchten Vorganges oder eine dadurch dauernd herabgesetzte Vitalität der Pflanze sollte als *Schädigung* bezeichnet werden; sie stellt einen Zustand dar, er ist durch die Depression der gestrichelten Linie unter die Abszisse graphisch darstellbar.

Sobald aber die Auslenkung eine zweite, durch die Gerade 2 angedeutete Grenze überschreitet (Fig. 1, 3) geht die Reversibilität völlig verloren, die Auslenkung hat letale Folgen; der Zuwachs wird Null, die Zuwachskurve verläuft horizontal oder kann in weiterer Folge, z. B. nach Autolyse, bakteriellem Abbau u. dgl. als Ausdruck zusätzlichen Schadens noch weiter absinken.

Die hier beschriebenen drei Beispiele stellen typische idealisierbare Fälle dar, sie können durch Übergänge miteinander verbunden sein. So kann länger dauerndes Einwirken des streßauslösenden Agens auch innerhalb des physiologischen Bereichs (Zustand wie Fig. 1, 1) dazu führen, daß die Auslenkung nicht mehr vollreversibel wird und sich ein Zustand einer Schädigung entsprechend Fig. 2, 2 ergibt (indirect bzw. secondary strain nach Lewitt 1972); ebenso kann längeres Andauern eines in Fig. 1, 2 dargestellten Zustandes schließlich zum Zusammenbruch führen, also letale Folgen entsprechend Fig. 1, 3 nach sich ziehen. Derartige Übergangsformen von physiologisch-pathologischem Verhalten nach Streß berühren jedoch die

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Begriffe Auslenkung, Schädigung und Schaden nicht, sie könnten jedoch mit Hilfe dieser Terminologie vielleicht klarer geschieden werden.

Die begriffliche Trennung von „Schädigung" und „Schaden" wurde schon von GUDERIAN, VAN HAUT & STRATMANN 1960 mit Nachdruck vertreten, namentlich im Hinblick auf Wirkungen gasförmiger Luftverunreinigungen auf Pflanzen. Aber auch der Pflanzenphysiologe wird sich ihrer mit Vorteil bedienen können, weshalb sie an dieser Stelle in Erinnerung gebracht seien.

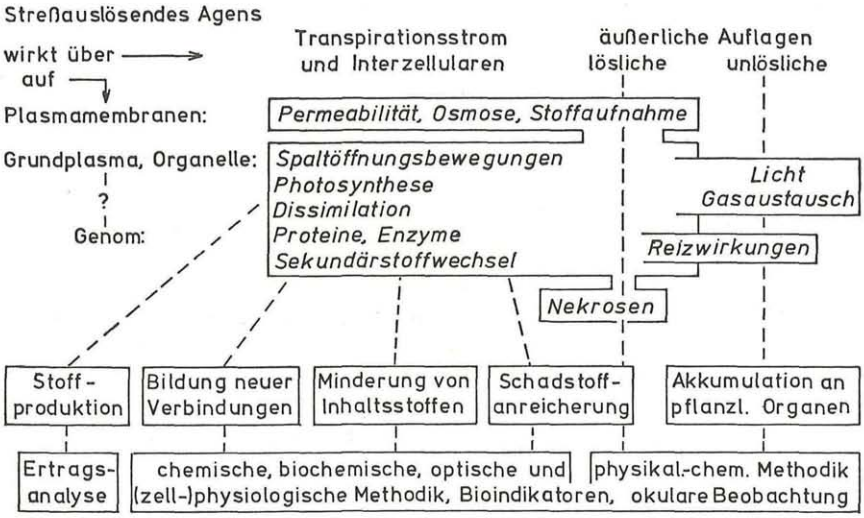

Abb. 2. Einige Zusammenhänge von Streßursachen und Streßfolgen. Ausgelenkte pflanzenphysiologische Vorgänge kursiv

Die vorgetragenen Überlegungen gelten selbstverständlich nicht nur für die als vielleicht anschaulichstes, wenn auch selbst überaus kompliziertes Beispiel herausgegriffene Stoffproduktion, sondern gleicherweise für alle physiologischen Prozesse, soferne sie durch äußere Faktoren oder Streß in welcher Weise immer in Mitleidenschaft gezogen werden. In Fig. 2 sind Wege des Einwirkens von Streßursachen („Stressoren", SELYE 1936, vgl. KREEB 1971) auf einige pflanzenphysiologische Prozesse in ihren gegenseitigen Beziehungen übersichtlich angeordnet; der Einfachheit halber bezieht sich das Schema auf stoffliche Stressoren, es ließe sich aber unschwer auf andere Streßursachen erweitern. Die dadurch herbeigeführten, in der vorletzten Blockreihe der Fig. 2 summarisch angeführten, von der Norm abweichenden Zustande wären nach oben Gesagtem als Schädigungen zu bezeichnen. Die von den Stressoren herbeigeführten Auslenkungen zu untersuchen, fällt in das legitime Arbeitsgebiet des Pflanzenphysiologen, wie auch

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

die in der untersten Blockreihe beispielsweise angeführten Methoden zur Ermittlung der durch die Auslenkungen herbeigeführten Zustände (*Schädigungen*) zu seinem Handwerkszeug zählen. Denken wir uns das Schema noch weiter nach unten verlängert, so kämen wir auf die Folgen der Schädigungen wie Ertragseinbußen, verminderter Nahrungs- bzw. Futterwert der Pflanzen, generell auf verminderten Nutz- bzw. Marktwert. Diese sind aber echte Schäden, die nur mit den dem Wirtschaftsfachmann zur Verfügung stehenden Methoden erfaßt werden können und außerhalb des Arbeitsgebietes des Physiologen liegen.

Der Terminus „Schaden" könnte somit aus dem wissenschaftlichen Vokabular des Physiologen gestrichen werden, es würde dies das Abgrenzen der Arbeitsgebiete eher erleichtern und die seiner harrenden Aufgaben klarer umreißen.

Schrifttum

BREDEMANN G. 1956. Biochemie und Physiologie des Fluors. — 2. Aufl. Berlin.

GARBER K. 1967. Luftverunreinigung und ihre Wirkungen. — Berlin.

GRILL D. & HÄRTEL O. 1973. Abgassymptome an Fichten in 1000 m Höhe? — Wetter & Leben 25: 91—95.

GUDERIAN R., VAN HAUT H. & STRATMANN H. 1960. Probleme der Erfassung und Beurteilung von Wirkungen gasförmiger Luftverunreinigungen auf die Vegetation. — Z. PflKrankh. PflPath. PflSchutz 67: 257—264.

HÄRTEL O. 1971. Ökophysiologische und anthropogene Umweltveränderungen. — Ber. dtsch. bot. Ges. 84: 497—606.

KREEB K. 1971. Ökophysiologie natürlicher Streßeinwirkungen. — Ber. dtsch. bot. Ges. 84: 485—496.

LEWITT J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. — New York—London.

SORAUER P. & RAMANN E. 1899. Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen. — Bot. Zbl. 80: 50—56, 106—116, 156—168, 205—216, 251—262.

STOKLASA J. 1923. Die Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabriksexhalationen. — Berlin—Wien.

VOGL M., BÖRTITZ S. & POLSTER H. 1965. Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadensforschung. 6. Mitt.: Definitionen von Schädigungsstufen und Resistenzformen ..... — Biol. Zbl. 84: 763—777.

WENTZEL K. F. 1967. Vorschläge zur Klassifikation der Immissionserkrankungen. — Forstarchiv 38: 77—79.

WIELER A. 1903. Über unsichtbare Rauchschäden. — Z. f. Forst- u. Jagdw. 35: 204—225.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: 17_3_4

Autor(en)/Author(s): Härtel Otto

Artikel/Article: Stresswirkungen - Versuch einer terminologischen Klarstellung aus pflanzenphysiologischer Sicht. 187-193