

da es sich bei einigen Kilometern Kanallänge nur um wenige Zentimeter handeln kann.

Bemerkungen zur Terminologie. Bevor es möglich war, bei der Reduktion des geometrischen Nivellements von den wirklichen Schwerkraftverhältnissen auszugehen, hat man sich darauf beschränkt, wenigstens den Einfluß der normalen Schwere in Rechnung zu stellen. Die so berechneten Reduktionen der beobachteten Nivellementshöhen hat man als *orthometrische* Reduktionen bezeichnet. In diesem Sinn ist der Ausdruck «orthometrisch» noch ausschließlich in der 1902 erschienenen Schrift «Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz» von Dr. J. HILFIKER gebraucht worden¹. Später ist dieser Begriff auch zur Bezeichnung wahrer Meereshöhen verwendet worden, und man hat von orthometrischer Reduktion gesprochen, wenn man die Reduktion der Nivellementshöhe auf wahre Meereshöhe meinte. Um die neue Verwendung von der alten zu unterscheiden, mußte man zu ergänzenden Bezeichnungen greifen und hat von «gravimetrisch-orthometrischer» oder von «sphäroidisch-orthometrischer» Reduktion geredet, je nachdem die wirklichen oder nur die normalen Schwerkraftverhältnisse der Berechnung zugrunde gelegt werden.

Da der Begriff «orthometrisch» nicht in eindeutigem Sinn gebraucht wird, ist es inkonsequent, von ortho-

metrischen Höhen zu sprechen, wenn damit wahre Meereshöhen gemeint sind. Um nicht zu neuen Verwechslungen Anlaß zu bieten, haben wir hier, wie schon in der Abhandlung «Nivellement und Schwere als Mittel zur Berechnung wahrer Meereshöhen», den Begriff «orthometrisch» als überflüssig vermieden. Es kann kein Mißverständnis entstehen, wenn man einfach «Reduktion auf wahre Meereshöhe» statt «gravimetrisch-orthometrische Reduktion» und «sphäroidische Reduktion» statt «sphäroidisch-orthometrische Reduktion» sagt.

Summary

The gravity values determined in Switzerland by the Swiss geodetic Commission enable us to compute the closing errors in the polygons of the levelling net of the survey. The observed errors do not agree with the computed errors; the differences between the one and the other must be eliminated by a computation of compensation. There results from this computation also a mean error for 1 km; it amounts to $\pm 1,40$ mm, so that the mean error of a levelling altitude difference measured over a length of 400 km is equal to $\pm 1,40 \sqrt{400} = \pm 28$ mm.

The intrinsic altitude of a point, i. e. the length of the plumbline between the point and the sea level, can only be indicated if the mean gravity value along the plumbline is known. This value can be derived by computation from the surface gravity value of the point. The differences between the levelling altitude and the intrinsic altitude amount to 1 dm in flat regions and reach 3–4 dm in the Alps.

¹ J. HILFIKER, Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluß an den Meereshorizont, Verlag der Abteilung für Landestopographie, Bern (1902).

Über Seuchenzüge bei pflanzlichen Infektionskrankheiten

Von ERNST GÄUMANN, Zürich

Unter einer *Epidemie* verstehen wir das örtlich gehäufte Auftreten einer Infektionskrankheit innerhalb eines begrenzten Zeitintervalls. Wenn eine Epidemie von altersher in einem Gebiet heimisch, endemisch ist, z. B. in Mitteleuropa der Schwarzrost des Getreides oder die Rotfäule der Fichten, so spricht man von einer *Endemie*.

Falls eine in einem bestimmten Gebiet heimische Infektionskrankheit ausbricht und unter Auslösung von Massenerkrankungen rasch auf ein neues Gebiet übergreift, so erhält die Eroberung des neuen Areals den Charakter einer *progressiven Epidemie*, eines *Seuchenzuges*; erstreckt sich der Seuchenzug über mehrere Kontinente und verursacht hier ein Massensterben, so spricht man von einer *Pandemie*.

Die *Voraussetzungen* für das Zustandekommen einer progressiven Epidemie sind im Pflanzenreich dieselben wie bei den epidemischen Erkrankungen des Menschen: es müssen auf seiten des Wirtes, des Erregers und der

Umweltbedingungen *gleichzeitig* eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein, insbesondere

auf seiten des Wirtes ein reichliches Angebot anfälliger Individuen, verursacht durch

- a) eine *Häufung* der anfälligen Individuen;
- b) eine *erhöhte* Krankheitsbereitschaft derselben, und
- c) die Anwesenheit geeigneter *Zwischenwirte*;

auf seiten des Erregers das Bestehen einer *Seuchenfähigkeit*, d. i. eines großen *epidemiologischen Potentials*, bedingt durch

- d) die Anwesenheit eines *aggressiven* Erregers;
- e) eine große *Reproduktionskraft* desselben;
- f) eine leichte *Ausstreubarkeit* des Erregers, und
- g) *plastische Entwicklungsansprüche* des Erregers; und

auf seiten der Umweltbedingungen

- h) Optimale *Witterungsverhältnisse* für die Entwicklung des Erregers (Meteoropathologie).

Die Hauptschwierigkeit für die Entstehung eines Seuchenzuges liegt in der *Synchronisierung* dieser Voraussetzungen: alle diese acht Faktorenkomplexe müssen *an einem bestimmten Orte zu gleicher Zeit* realisiert sein; gerät einer von ihnen in Verzug, so wird der Verlauf der Epidemie in Frage gestellt. Darum ist die Zahl der *epidemiogenen* Erreger, gemessen an der Gesamtzahl der parasitischen Mikroorganismen, gering.

Wir betrachten drei von diesen acht Faktorenkomplexen etwas näher, die *örtliche Häufung* der anfälligen Individuen, die Anwesenheit eines *aggressiven Erregers* und die Anwesenheit eines *geeigneten Zwischenwirtes*.

Die *örtliche Häufung* anfälliger Individuen ist in der Land- und Forstwirtschaft meist durch die Großkultur (Monokultur) gegeben; so dehnt sich das Weizenanbauggebiet in Nordamerika ohne jede natürliche Grenze in einem geschlossenen Areal mit Billionen anfälliger Individuen von Südmexiko bis Nordkanada auf eine Länge von rund 3000 km aus. Ähnliches gilt für das Reisareal in Südostasien. Hier entsteht aus wirtschaftlichen Gründen eine Keimstreuungs- und Erkrankungs-dichte, wie sie die Humanmedizin auch bei stärkster Agglomeration (Großstädte, Heeresdienst) niemals erreicht.

Der *aggressive Erreger* kann in der Pflanzenpathologie aus innern Gründen (Bastardierung, Mutation, Segregation usw.) aus endemischen, bisher harmlosen Erregern *neu entstehen*. Häufiger ist jedoch der andere Fall, daß er aus *florengeschichtlichen* Ursachen einem bestimmten Gebiet fehlt und später auf dieses übergreift.

Spezialisierte Erreger sind ja in der Regel geologisch jünger als ihre Wirte. Wenn ein ursprünglich geschlossenes tertiäres Florenareal wie das eurosibirisch-nordamerikanische aus erdgeschichtlichen Gründen (Einstürzen der Landbrücken) in zwei selbständige Florengebiete auseinanderbricht, so geht in den neuen Teilgebieten nicht nur die Weiterentwicklung der phanerogamischen Wirte, sondern nach ihr auch die Differenzierung ihrer Parasiten eigene Wege.

Bei der phanerogamischen Wirtsflora führt die nunmehr getrennte Weiterentwicklung zur Ausbildung zahlreicher *vikariierender* Arten, die den entsprechenden Arten des andern Florengebietes systematisch und biologisch nahestehen; aber sie haben den letzten Abschnitt der Erdgeschichte selbständig zurückgelegt und sind insbesondere durch die Krankheitserreger, die erst seit der geologischen Trennung in ihrer Heimat entstanden, *durchseucht* worden. Die Auslese durch diese Erreger hat die hochanfälligen Individuen von der Fortpflanzung ausgeschlossen und dadurch die entsprechenden Erbmassen eliminiert. Jede Seuche ist deshalb in ihrer endemischen Heimat verhältnismäßig milde.

Greift nun der *nach* der Trennung der beiden Florengebiete entstandene Erreger auf das andere Teilgebiet über, so holt er hier auf den vikariierenden Arten *innert*

weniger Jahrzehnte die Durchseuchung nach, die er in seiner Heimat *während geologischer Zeiträume* vollzog. Der Seuchenzug durch derartige Adventiverreger erreicht infolgedessen während der ersten Jahrzehnte eine Heftigkeit, die auf Grund der Beobachtungen im alteingesessenen Florengebiet niemals hätte vermutet werden können.

Es ist deshalb nicht ein Zufall, sondern *florengeschichtlich* bedingt, daß Europa während des letzten Jahrhunderts die Erreger der wichtigsten Seuchenzüge auf *europäischen* Kulturpflanzen, so den falschen und den echten Mehltau der Reben und den Stachelbeermehltau, aus Nordamerika bezog; umgekehrt hat Nordamerika einige seiner Pandemien aus Europa eingetauscht. In beiden Fällen darf man vermuten, daß es sich um Erreger handelt, die erst nach dem Aufbrechen des eurosibirisch-nordamerikanischen Florenareals entstanden und deshalb noch keine Gelegenheit hatten, die hochanfälligen Individuen der vikariierenden Arten auszumerzen.

Der dritte Faktorenkomplex, das Vorhandensein eines *geeigneten Zwischenwirtes*, sei an Hand eines forstlichen Beispiels, des *Blasenrostes* der *Weymouthskiefern*, *Cronartium ribicola* J. C. Fisch., umrissen. Dieser Pilz entwickelt sich in der geschlechtlichen Generation auf fünfnadligen Pinusarten (Arven, Weymouthskiefern usw.), dringt von den Nadeln her in die Zweige und den Stamm hinunter und bringt die Bäume zum Absterben oder entwertet sie jedenfalls technisch (Stammblasenrost). In der ungeschlechtlichen Generation bewohnt er die Blätter (*«Blattrost»*) der Ribesarten (Stachelbeeren, Johannisbeeren usw.). Er vermag in beiden Generationen zu überwintern: in den Pinusstämmen im *vegetativen* Zustand und auf den abgefallenen Ribesblättern durch die *Dauersporen*.

Sein jährlicher Entwicklungsgang ist der folgende. Das in den Stämmen überwinternde Myzel bildet im Frühsommer geschlechtliche Sporen, welche die jungen Ribesblätter infizieren, im Laufe des Sommers durch ungeschlechtliche Sommersporen auf den Ribessträuchern immer weiter um sich greifen und auf ihnen im Herbst Dauersporen anlegen. Diese keimen im folgenden Frühjahr und infizieren junge, sich eben entfaltende Nadeln der genannten Pinusarten. Der Pilz kann somit während der Vegetationszeit von Ribes zu Ribes übergehen, aber nicht von Pinus zu Pinus; von Pinus aus *muß* er Ribes befallen, und von Ribes aus *muß* er nach Anlage der Wintersporen eine Passage über eine fünfnadlige Pinus durchmachen. Der Wirtswechsel ist also zu Beginn und zu Ende der Vegetationszeit obligat; deshalb kann der Blasenrost nur dort auftreten, wo beide Wirte gemeinsam vorkommen.

Sämtliche Sporenformen dieses Erregers werden durch den *Wind* übertragen; die Infektionen erfolgen somit aerogen. Doch ist ihre Streuweite im Innern der Bestände nicht groß. In Abb. 1 diente als Keimquelle eine Gruppe schwer erkrankter Ribesbüsche. Die Ab-

szisse entspricht dem Abstand der Pinusbäume vom Mittelpunkt der Ribesbüsche. Die Ordinaten geben an, wie viele Rindenkreise auf eine Million Pinusnadeln angingen (also die Zahl der erfolgreichen spontanen Infektionen).

Im Abstand von 1,5 m wurden auf 1 Million Nadeln 46 Kreise gezählt, im Abstand von 10 m noch deren 5 und im Abstand von 15 m nur noch einer. Von da weg blieb die Erkrankungsrate im Radius von etwa 50 m ungefähr konstant. Die letzte Ferninfektion lag im Abstand von 500 m (maximale Streuweite).

Von Natur aus ist der Blasenrost in den Alpen und in Ostrußland und Sibirien endemisch und wechselt dort von der Arve auf wildwachsende Ribesarten hinüber. Das Bestehen dieser geographisch getrennten (disjunkten) Areale bestätigt die Regel, wonach wirtswechselnde Erreger meist nur mit ihrer Pflanzengesellschaft wandern. Die spättertiär nordische Arve drang im Verlauf der Eiszeiten in die Alpen ein und bildete dort nach dem Zurückweichen der Gletscher ein reliktsches Teilareal, in welchem sich auch der Blasenrost zu halten vermochte. Auf diese Weise entstanden in Eurasien die zwei genannten Blasenrostareale, das alpine und das ostrussisch-sibirische (Abb. 2, A und S). Die wirtschaftliche Bedeutung des alpinen Areals ist wegen der hohen Widerstandsfähigkeit der alpinen Arvenrasse gering; dagegen scheinen die sibirischen Rassen erheblich anfälliger zu sein.

Die spätere Blasenrostepidemie wurde durch das Zusammenwirken einer natürlichen und einer anthropogenen Voraussetzung bedingt.

Die natürliche Voraussetzung lag in dem Umstand, daß der weite europäische Raum zwischen den beiden auseinanderweichenden Blasenrostherden seit den Eiszeiten mit zahlreichen wildwachsenden und kultivierten Ribesarten erfüllt blieb. Doch konnte der Blasenrost nicht in diesen Raum einbrechen, weil der Zwi-

schenwirt für die heterogene Infektkette, die anfällige fünfnadlige Pinusart, fehlte.

Beide Bedingungen für eine Epidemie, die Anwesenheit von anfälligen, fünfnadligen Pinusarten und ein zusammenhängendes Areal von Ribessträuchern, waren dagegen jenseits des Ozeans in den nördlichen Staaten der Union und in Kanada spontan erfüllt. Doch fehlte hier (offenbar aus erdgeschichtlichen Gründen) der Erreger und mit ihm die Krankheit.

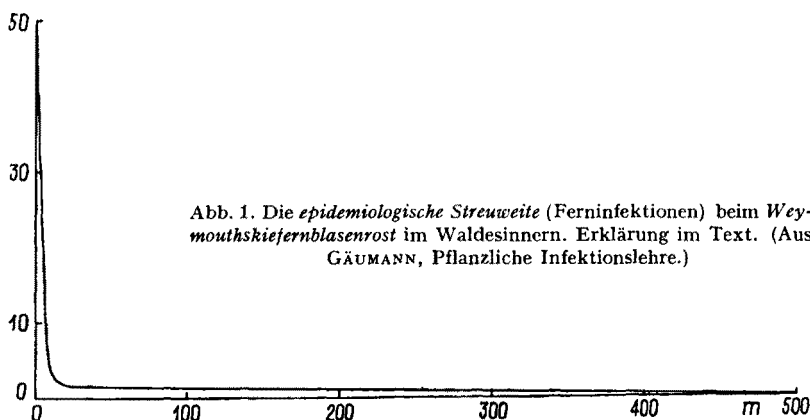


Abb. 1. Die epidemiologische Streuweite (Ferninfektionen) beim Weymouthskiefernblasenrost im Waldesinneren. Erklärung im Text. (Aus GÄUMANN, Pflanzliche Infektionslehre.)

In dieses labile Gleichgewicht des europäischen und des nordamerikanisch-kanadischen Raumes griff nun der Mensch mit seinen wirtschaftlichen Maßnahmen ein.

Zunächst der *europäische Raum*. Die Forstleute importierten aus den Oststaaten der Union die Weymouthskiefer, *Pinus Strobus* L., eine wegen ihres weichen, astfreien Holzes und wegen ihrer Vorwüchsigkeit wertvolle Holzart, und pflanzten sie seit Beginn des 18. Jahrhunderts in ganz Europa nördlich der Alpen in großem Maßstab an. Hierzu hielten sie sich um so mehr für berechtigt, als die Weymouthskiefer in ihrer Heimat außer dem Hallimasch keine ernsthaften Feinde besaß. Durch diese Anpflanzungen wurde in Europa, nördlich der Alpen, künstlich eine neue Vergesellschaftung einer fünfnadligen Pinusart mit Ribessträuchern geschaffen, so daß nun vier derartige Areale bestanden:



Abb. 2. Das Areal des Weymouthskiefernblasenrostes vor dem zweiten Weltkrieg. Auf Arven spontan in den Alpen (A) und in Ostrußland und Sibirien (S); auf andern wildwachsenden, fünfnadligen Pinusarten anthropogen in Nordamerika (N). Das in ganz Europa auf den eingeführten Weymouthskiefern geschaffene Blasenrostareal wurde zeichnerisch nicht hervorgehoben. (Aus GÄUMANN, Pflanzliche Infektionslehre.)

1. das natürliche *inneralpine* Arven-Ribes-Areal mit endemischem Blasenrost;

2. das ebenfalls natürliche *ostrussisch-sibirische* Arven-Ribes-Areal, auch seinerseits mit endemischem Blasenrost;

3. das natürliche *nordamerikanische* Weymouthskiefer-Ribes-Areal noch ohne Blasenrost, und

4. das *anthropogene mittel- und nordeuropäische* Weymouthskiefer-Ribes-Areal, ebenfalls noch ohne Blasenrost.

Durch die künstliche Schaffung eines fünfnadligen Pinus-Ribes-Raumes in unmittelbarer Nähe des endemischen alpinen und des endemischen ostrussisch-sibirischen Krankheitsareales entstand, ohne daß man es wußte (denn die hohe Anfälligkeit der Weymouthskiefer für den Blasenrost der *Arven* war nicht bekannt), für die Weymouthskiefer in der gesamten nördlichen Hemisphäre eine ernsthafte *latente Gefährdung*, aber noch fehlte im Weymouthskieferraum der Erreger und mit ihm die Krankheit.

Diese konnte erst hereinbrechen, als das europäische Weymouthsareal hinlänglich in sich geschlossen war und an den ostrussisch-sibirischen Arven-Blasenrost-raum heranreichte. Dieser Zustand wurde offenbar vor bald 100 Jahren erreicht. Der Rost ging infolgedessen auf den neuen, bisher ihm und der Wissenschaft unbekannten Wirt, die Weymouthskiefer, über und trat einen Seuchenzug nach Westen an, wurde 1865 im Baltikum beobachtet und verursachte zwischen 1865 und 1879 Epidemien in Finnland, Dänemark und Deutschland, 1880 in Schweden, 1885 in Holland, 1889 in Frankreich, 1892 in Großbritannien, 1894 in Belgien und 1895 in der Schweiz. Überall brach er mit einer Heftigkeit in die Anbauggebiete ein, daß in den ersten Jahren das Schicksal der Strobe besiegelt schien.

Bemerkenswert ist, daß der Seuchenzug nicht vom geographisch näher gelegenen alpinen, sondern vom fernen ostrussisch-sibirischen Herd ausging. Die geringe Erkrankungsichte und die geringe Erkrankungsheftigkeit im alpinen Arvenraum, die Areallücke von vielleicht 30 km Luftlinie zwischen diesem und dem mitteleuropäischen Stobenraum und die Höhe des Gebirgswalles bildeten offenbar ein unüberwindliches Hindernis für das Schließen der Infektkette zwischen dem endemisch-alpinen Arven-Ribes-Raum zum anthropogen neu geschaffenen mitteleuropäischen Stobus-Ribes-Areal.

Im mitteleuropäischen Stobus-Ribes-Raum schädigt der Erreger die Weymouthskiefer und die Ribessträucher in gleicher Weise. Die Benennung und Bewertung der Epidemie hängt deshalb von der beruflichen Blickrichtung ab. Der *Forstmann* spricht vom Weymouthskieferblasenrost und denkt böse über den Ribesbesitzer, der ihm den «Zwischenwirt» stellt; und der *Gärtner* spricht vom Stachelbeerrost und verübelt dem Forstmann dieses Geschenk.

Nachdem der Blasenrost innert 30 Jahren den künstlich geschaffenen, europäischen Weymouthskiefer-Ribes-Raum epidemisch durchschritten hatte, wurde er 1909 mit jungen Bäumen in die Nordoststaaten der Union eingeschleppt. Er brach damit in den *natürlichen* Weymouthskiefer-Ribes-Raum und in die *Heimat* dieses Baumes, nicht nur in ein künstlich geschaffenes Areal desselben, ein. Hier standen ihm neben der Weymouthskiefer, der Eastern white pine, im Osten des Kontinentes und Pinus monticola Dougl., der Western white pine, im Westen desselben, noch andere fünfnadlige Pinusarten wildwachsend und geschlossene Bestände bildend zur Verfügung, so daß die Blasenrost-epidemie in Nordamerika zu einer Pandemie anschwell (Abb. 2, N).

Durch großzügige Vernichtung aller anfälligen Ribessträucher im natürlichen Verbreitungsgebiet der betr. Pinusarten und durch ein systematisches Ausschlagen aller infizierten Stämme wird seit 1922 versucht, die Krankheit einzudämmen.

Das Beispiel des Blasenrostes der Weymouthskiefer zeigt, wie eine harmlose, endemisch schlummernde Krankheit zu einer weltumspannenden, Millionenwerte vernichtenden Pandemie auswachsen kann, wenn in einen latent gefährdeten Raum, im vorliegenden Falle in das natürliche Ribesareal, ein anfälliger Zwischenwirt eingebracht wird.

Epidemiologisch ist an diesem Beispiel wichtig, daß der Blasenrost durch den *Export* der Weymouthskiefer aus Nordamerika nach Europa gewissermaßen gegenläufig aus der alten Welt in die neue *herübergeholt* wurde. Es ist einleuchtend, daß derartige Erfahrungen nicht nur gegen den *Import fremder Pflanzenarten*, sondern ebenso sehr gegen den *Export eigener Pflanzenarten* sprechen.

Trotz des alarmierenden Verlaufes der Blasenrost-epidemie während der ersten Jahrzehnte ist das Schicksal der Weymouthskiefer in Europa doch nicht besiegelt. Progressive Epidemien pflegen bei Pflanzenkrankheiten bilateral zu verlaufen: sie greifen anfänglich verheerend um sich und flauen dann aus Ursachen, die über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen, in spätem Jahrzehnten zu einem konstanten Wert ab. Dieser säkulare Zyklus wurde auch vom Weymouthskieferblasenrost abgewandelt; nur läßt er sich hier aus technischen Gründen nicht zahlenmäßig belegen.

Der Sachverhalt sei deshalb an einem andern Beispiel, am *echten Mehltau* der Reben, *Uncinula necator* (Schw.) Burr. = *Oidium Tuckeri* Berk., geschildert. Der Pilz stammt aus Nordamerika (oder Japan) und wurde 1845 erstmals mit Sicherheit in England beobachtet. Er griff unmittelbar auf den Kontinent über und trat hier einen eigentlichen Seuchenzug an. 1848 nur in der Umgebung von Paris festgestellt, hatte er sich 1851 bereits über Südfrankreich, Italien, Südtirol, Schweiz und Westdeutschland ausgebreitet. Im folgenden Jahr sprang er auf Nordafrika (einschließlich Ma-

deira) und die östlichen Mittelmeerländer über, 1866 nach Australien, später nach Südafrika und 1891 nach Brasilien. Heute ist er wohl in allen Weinbaugebieten vorhanden.

Entscheidend sind die Jahre 1848–1852, in welchen er explosionsartig in die Rebbauggebiete Europas und Nordafrikas einbrach. Während dieser Zeit eroberte er nicht nur ein ungeheures *Areal*, sondern besaß überdies eine ungeheure *Pathogenität*; so ließ er in den Jahren 1850–1854 den durchschnittlichen Ernteertrag von ganz Frankreich (also verseuchte und nichtverseuchte Gebiete ineinander gerechnet) auf unter einen Viertel sinken (Tab. 1), eine wirtschaftliche Katastrophe für das ganze Land.

Mit dem Jahre 1854, also sechs Jahre nach dem Einbruch, überschritt die Mehltau-epidemie in Frankreich ihren Höhepunkt; sie klang in den folgenden Jahrzehnten ab und erreichte gewissermaßen einen Gleichgewichtszustand, einen konstanten Wert; sie wurde in Frankreich und in den übrigen Weinbaugebieten *endemisch*, jedoch in einer mildern Form, so daß sie mit chemischen Mitteln (Schwefelpräparaten) bekämpft werden konnte.

Dieses zyklische Abklingen erfolgt bei den progressiven Epidemien naturgemäß nur dann, wenn der

Mensch die Natur frei walten läßt; wenn er der spontanen Durchseuchung durch Bekämpfungsmaßnahmen

Jahr	Weinertrag	
	absolut, in Millionen hl	je ha Areal, in hl
1850	45,3	20,7
1851	39,4	18,1
1852	28,6	13,2
1853	22,7	10,4
1854	10,8	4,9

Tab. 1. Der Rückgang des Weinertrages in Frankreich als Folge der Invasion des *echten Mehltäues*, *Uncinula necator* (Schwein.) Burr. (Nach K. MÜLLER aus GÄUMANN, Pflanzliche Infektionslehre.)

entgegenarbeitet, so nimmt die säkulare Seuchenkurve einen andern, anthropogenen Verlauf; ein bekanntes Beispiel ist der falsche Mehltau (*Plasmopara*) der Reben.

Summary

For the initiation of an epidemic with a tendency to become wide-spread, various conditions must be fulfilled in the vegetable kingdom. Factors which can lead to such an epidemic are the same as in epidemic diseases in humans and concern the host, causative agents and environmental factors.

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires Comunicati provvisori - Preliminary reports

Für die vorläufigen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Per i comunicati provvisori è responsabile solo l'autore. – The Editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Über Helligkeitsbestimmungen an Gesteinen

Inhalt: Zur Bestimmung der Helligkeit von Gesteinen wird Vergleich mit einer 12stufigen Grauskala empfohlen und Ausdruck der Helligkeit in Zahlen («Grauwert» = «optische Dichte» der Photographen) vorgeschlagen.

Die Mehrzahl der Gesteine ist auf frischem Bruch nicht farbig, sondern heller oder dunkler grau. Die Helligkeit ist eine wichtige Gesteinseigenschaft. Eigentümlicherweise wurde meines Wissens bisher noch nie versucht, die Gesteinshelligkeiten genau zu bestimmen. Blättert man in der Literatur, so trifft man in buntem Wechsel auf die verschiedensten Bezeichnungen. Einige davon ließen sich leicht zu Stufenreihen von wenigstens qualitativem Wert ordnen, z. B. weiß – hellgrau – dunkelgrau – schwarz; weiß – grauweiß – weißgrau – grau – schwarzgrau – grauschwarz – schwarz. In der Regel werden aber Ausdrücke aus solchen Skalen beliebig mit Bezeichnungen wie kreideweiß, tiefschwarz, schmutziggrau, fast weiß, sehr dunkel, ziemlich hellgrau, nicht besonders dunkelgrau usw., gemischt verwendet. Auf Grund solcher meist subjektiv gefärbter Angaben kann man sich nur ein allgemeines Bild der Gesteinshelligkeiten machen. Für genaue Vergleiche (z. B. bei Verfolgung allmählicher Faziesveränderungen) sind solche Daten dagegen ungenügend.

Diesem Mangel läßt sich abhelfen, wenn man die Gesteinshelligkeiten mit einer geeichten, gleichmäßig abgestuften Grauskala bestimmt und in Zahlenwerten ausdrückt.

Grauskalen werden in der Photographie (Sensitometrie) schon lange gebraucht¹. Die Helligkeit der Stufen wird durch das Verhältnis der Logarithmen der Intensitäten des einfallenden und des austretenden bzw. des reflektierten Lichtes (bei durchsichtigen bzw. undurchsichtigen Objekten wie z. B. photographischen Platten oder Papieren) angegeben. Nennt man die Intensität des einfallenden Lichtes I_0 und diejenige des austretenden bzw. reflektierten Lichtes I , so lautet die Formel für die «optische Dichte» oder die «Schwärzung» der Platten oder Papiere oder, wie man allgemeiner sagen kann, für den «Grauwert» ($= G$):

$$G = \log \frac{I_0}{I}$$

Die logarithmische Darstellung wird gewählt, um mit kleinen Zahlen arbeiten zu können, und weil dem menschlichen Auge eine logarithmische Progression der Schwärzung wie eine arithmetische Abstufung erscheint.

¹ Vgl. E. GOLDBERG, Der Aufbau des photographischen Bildes, Halle (1912); J. M. EDER, Ein neues Graukeil-Photometer, Halle (1920); F. WEIGERT, Optische Methoden der Chemie, Leipzig (1927); L. LOBEL und M. DUBOIS, Handbuch der Sensitometrie, Berlin (1930).