

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für physiologische Botanik, Braunschweig

Methoden und Probleme der Meteoropathologie

Von

Johannes Ullrich

„Die Meteoropathologie untersucht den Zusammenhang zwischen Witterung und Epidemie“ (G ü m a n n 1951). Dieses Grenzgebiet zwischen Meteorologie und Pathologie erfährt in jüngster Zeit auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten eine zunehmende Entwicklung. Oft macht sich in einer jungen Arbeitsrichtung zunächst ein hoffnungsvoller Optimismus breit. Die Lösungen der vielen unbearbeiteten Fragen erscheinen näher und einfacher, als sich nach tieferem Eindringen in die Probleme erweist. Vor mehr als einem halben Jahrhundert hat Karl von G o e b e l in einem Briefe an Julius S a c h s angesichts des hoffnungsvollen Beginns in der Genetik eine derartige Situation treffend gedeutet und skeptisch bemerkt: „Ich habe den Eindruck, daß auch sie an der Küste der Mannigfaltigkeit landen werden, wie alle anderen.“

Die Meteorologie ist eine Erfahrungswissenschaft. Da die Erscheinungen, mit denen sie zu tun hat, überaus komplexer Natur sind, hat sie die besten Erfolge mit der empirischen, vergleichenden Forschungsmethode erzielt. In der Phytopathologie, einem Teilgebiet der Biologie, nehmen neben Beschreibung und Vergleich kausalanalytische Forschung und experimentelle Methoden einen breiten Raum ein. Auch die Biologie hat es mit komplexen Gebilden zu tun. Bei dem Beziehungspaar Erreger—Wirt sind sie miteinander und mit der Umwelt vielfältig verknüpft. Hier kann der Vergleich zu einem wichtigen Hilfsmittel der Forschung werden. Es darf aber nicht verkannt werden, daß aus dem Vergleich eine Problemstellung und keine Problemlösung erwächst. Er gestattet eine hypothetische Erklärungsmöglichkeit, deren Verifizierung mit vergleichender Induktion jedoch nicht möglich ist. Erst die exakte Induktion vermittelt durch das planvolle Experiment einen höheren Grad von Erkenntnis. Damit ist die vergleichende Methode keineswegs entwertet.

In einem Grenzgebiet zweier Wissenschaften ist eine methodische Orientierung erforderlich. Es ist nicht möglich, die Methoden der einen Richtung kritiklos auf das Grenzgebiet zu übertragen. Allzu leicht wendet der geschulte Fachwissenschaftler die Arbeitsmethoden seines Gebietes in gleicher Weise an, wenn er dieses Gebiet überschreitet. Eine Verständigung zwischen Metereologen und Pythopathologen über die Methoden und Probleme des gemeinsamen Arbeitsgebietes ist daher sehr wesentlich. Dieser Verständigung mögen die folgenden Ausführungen an Hand einiger Beispiele dienen.

Die rein empirische Arbeitsweise demonstriert eine neue schottische Arbeit über die Kohlhernieerkrankung der Kohl- und Wasserrüben

(turnips, swedes), hervorgerufen durch den Pilz *Plasmodiophora brassicae*. J. Grainger (1955) hat die Monatsmittel der Klimafaktoren mit dem Befallsgrad herniekranker Rüben über einen Zeitraum von acht Jahren verglichen. Dieser Zeitraum dürfte für eine vergleichende Untersuchung zu klein sein, was jedoch dahingestellt bleiben soll. Auf Grund der errechneten Korrelationskoeffizienten stellte Grainger fest, daß geringer Befall in relativer Abhängigkeit von folgenden Bedingungen steht: Hohe Bodentemperatur im Juli, hohe Sonnenscheinsummen im Juni, Juli und September (nicht August!), geringer Niederschlag im September und hoher Niederschlag im Oktober. Die auffällige Korrelation zwischen Sonnenscheindauer und Krankheitsbefall wird mit einer Wirkung auf den Wirt erklärt.

Dieser Untersuchung haften schwerwiegende Mängel an, wie eine Betrachtung der Biologie des Erregers lehrt. Die Bedingungen der Hernieerkrankung sind durch eine Reihe englischer Untersuchungen in den letzten zwei Jahrzehnten zunehmend geklärt worden (Bremner 1954). Die Zahl der befallenen Pflanzen hängt u. a. von drei sehr wesentlichen Faktoren ab, von der Sporen- und Wasserstoffionenkonzentration im Boden sowie der Wasserkapazität des Bodens. Diese Bedingungen sind miteinander verknüpft. So ist bei höheren pH -Werten eine höhere Sporenkonzentration zum Zustandekommen von Infektionen erforderlich, als bei niederen Werten. Auch der Einfluß der Bodentemperatur hängt von diesen Bedingungen ab, bei höheren pH -Werten ist für das Zustandekommen von Infektionen eine höhere Bodentemperatur erforderlich. Offenbar sind in der Untersuchung von Grainger diese entscheidenden Faktoren nicht erfaßt worden. Es heißt lediglich: „Cultural treatment is standardized“; damit ist aber die Konstanz der angeführten Bedingungen keineswegs garantiert. Zwar sind die Monatsmittel der Niederschläge berücksichtigt worden, diese gestatten aber keinen ausreichenden Schluß auf die Wasserkapazität des Bodens. Außerdem wird die Sporenkonzentration durch mehrfachen Anbau von Wirtspflanzen verändert. Jahreszeitliche Schwankungen der Wasserstoffionenkonzentrationen im Boden finden ebenfalls statt, deren Ursachen nur zu einem geringen Teil zu übersehen sind (Ellenberg 1950).

Der Befallsgrad wurde nach einer 11-stufigen Skala durch Ermittlung der befallenen Oberfläche der Rübenwurzel („surface area diseased“) festgestellt. Es wäre vielleicht sinnvoller gewesen, das Gewicht der durch die Wechselwirkung zwischen Parasit und Wirt entstehenden Wucherungen zu dem Erntegewicht der Rüben in Beziehung zu setzen. Von biologischer Seite ist der Infektionserfolg bei Untersuchungen über die Kohlhernie in ganz anderer Weise erfaßt worden: Der Lebensablauf des Kohlhernieerregers zerfällt in zwei Zyklen, die Wurzelgallenbildung ist nur einer der beiden. Die oben angeführten Bedingungen für das Zustandekommen von Infektionen sind am ersten Zyklus, nämlich durch eine quantitative Erfassung der Infektion der Wurzelhaare, geklärt worden. Eine entsprechende Wurzelhaarzählmethode wurde von Samuel und Garrett (1945) in England entwickelt, ihre Anwendung auf das

Studium des Einflusses von Klimafaktoren verspricht Erfolg. In Anbetracht der geschilderten Unsicherheiten werden Phytopathologen kaum den von Grainger errechneten Zusammenhang zwischen Herniekerkrankung und Sonnenscheindauer in bestimmten Sommermonaten als eine bearbeitenswerte Problemstellung ansehen.

Oft werden durch einen Vergleich nur bestimmte Teilprozesse des Krankheitsgeschehens erfaßt. Dann ist es unstatthaft, vom Teil auf das Ganze zu schließen. Hierfür sei ein weiteres Beispiel angeführt. Hansen (1941) konstruierte einen Rechenschieber, mit dem man die Infektionshäufigkeit des Y-Virus an Kartoffeln errechnen kann, und zwar aus der Durchschnittstemperatur im Juli, den Regentagen und der relativen Luftfeuchtigkeit im Juni, sowie dem Einfluß des mutmaßlichen Abstandes von den Überwinterungsplätzen der Pflirsichblattlaus. Zweifellos beeinflussen diese Faktoren den Massenwechsel des Überträgers, wenn auch die Vermehrung auf Zwischenwirten unbeachtet bleibt. Die Infektionshäufigkeit hängt jedoch nicht nur vom Massenwechsel des Überträgers ab, eine wichtige Rolle spielt hier wie bei anderen Pflanzenkrankheiten die Zahl und Lage der Infektionsquellen. Es ist daher auch nicht möglich, die Infektionshäufigkeit aus den für den Überträger wesentlichen Faktoren abzuleiten und den Erreger selbst unberücksichtigt zu lassen.

Das zur Zeit wohl am stärksten bearbeitete Gebiet der Meteoropathologie ist die Entwicklung von Warnregeln für die Krautfäulekrankheit der Kartoffeln (*Phytophthora infestans*). Begonnen wurde auf diesem Gebiet mit der empirischen Methode. Durch Vergleich zwischen *Phytophthora*-ausbrüchen und Wetterbedingungen entwickelte van Everdingen bereits 1926 eine Warnregel. In den letzten Jahren versuchte man in Europa den Regeln die biologischen Verhältnisse zugrunde zu legen (Bourke 1953, Uhlig 1955). Die *Phytophthora*-Warnregeln gehen von der Annahme aus, daß der Erreger allgegenwärtig ist. Die Überwinterung des Erregers galt als ungeklärt, damit ließ sich über den Start der Krankheit nichts aussagen. Müller und Haigh (1953) haben epidemiologische Vorstellungen entwickelt. Der Durchseuchungsgrad (C_{ep}) eines Kartoffelbestandes ist demnach abhängig von der Infektionswahrscheinlichkeit (P_J), der Fruktifikationsintensität eines Herdes (c) und der Zahl der Generationen des Erregers seit der Initialinfektion (n):

$$C_{ep} = (c \cdot P_J)^n.$$

Die bis zur Durchseuchung eines größeren Feldes erforderliche Generationenzahl wird mit 3–5 angenommen. Die Autoren haben ausdrücklich betont, daß damit nur das Prinzip erläutert sei, auf dem eine Arbeitshypothese beruhe, die der Aufklärung der Feldresistenz von Kartoffelsorten dienen soll. Die aktuelle Situation auf dem Felde könne diese Formel nicht wiedergeben, denn darauf üben die Zahl der Infektionsquellen und die Außenbedingungen einen großen Einfluß aus.

Diese hypothetischen Vorstellungen von Müller und Haigh sind von meteorologischer Seite aufgegriffen worden. Die Interpretationen

wechseln: so wird angenommen, daß über 3—5 Generationen eine latente Ausbreitung bis zum ersten sichtbaren Befall erfolgte („cryptic phase“ nach Hirst 1955), oder daß diese Generationenzahl für die Durchseuchung eines größeren Gebietes erforderlich sei (Uhlig 1955). Daher arbeiten entsprechende Warnregeln (Bourke, Uhlig) mit 3—5 kritischen Witterungsperioden. Mit diesen kritischen Witterungsperioden werden optimale, aus Laboratoriumsuntersuchungen abgeleitete Bedingungen für den Erreger erfaßt, die dann zu einer Massenvermehrung mit einer Infektionswelle führen. Da ein Krankheitsherd mehrmals fruktifizieren kann und außerdem oft zwischen zwei Wellen eine schleichende Ausbreitung erfolgt, ist eine Infektionswelle nicht einer Erregergeneration gleichzusetzen. Die kritischen Perioden führen zu einer schubweisen Ausbreitung des Pilzes von Blatt zu Blatt. Die Frage der Infektionsquellen bleibt unberücksichtigt.

Neuere Untersuchungen haben inzwischen eine weitgehende Klärung des Überwinterungsproblems bei *Phytophthora infestans* und damit auch ein besseres Bild des epidemiologischen Geschehens gebracht (Limas et und Darpoux 1951, Oort 1954, Hirst 1955). Danach hat man sich das aktuelle Geschehen auf dem Felde folgendermaßen vorzustellen: Beim Pflanzen wird eine wechselnde Zahl *Phytophthora*-kranker Knollen ausgelegt. Der Anteil infizierten Pflanzgutes hängt vom Durchseuchungsgrad des Aufwuchses aus dem es stammt, von der Anfälligkeit der Knollen und von den Außenbedingungen im Vorjahre, vorwiegend dem Niederschlag, ab. Aus den infizierten Knollen wachsen in einigen Fällen infizierte Sprosse hervor. Selbst eine geringe Zahl — einer oder einige wenige Sprosse auf einem Hektar, d. h. unter 40 000 Pflanzen — ist epidemiologisch von entscheidender Bedeutung. Unter entsprechenden Außenbedingungen fruktifiziert der Pilz auf den kranken Sprossen und eine geringe Zahl benachbarter Pflanzen wird infiziert. Diese weisen vorwiegend Krankheitsherde (Läsionen) an den Stengeln auf. Damit ist ein primärer Infektionsherd entstanden. Diese relativ seltene, unter dem Laube verborgene Bildung primärer Herde stellt die „cryptic phase“ dar. Unter entsprechenden Außenbedingungen wird der Bestand durch mehrere Infektionswellen durchseucht, die von diesen Herden ausgehen. Die Zahl der erforderlichen Infektionswellen hängt von der Zahl der Primärherde, der Stärke der Sporangienproduktion, den Bedingungen für die Ausbreitung der Sporangien und von dem Anfälligkeitsgrade der Kartoffelsorte ab. Bei der Sporangienausbreitung spielt der Wind eine entscheidende Rolle (Waggoner 1952), der bisher in den bekannten Warnregeln unberücksichtigt blieb. Relativ hohe Temperaturen und geringe Bodenfeuchtigkeit scheinen das Heraufwachsen infizierter Sprosse zu begünstigen (Thomas 1947).

Die kritischen Perioden der Warnregeln sind auf eine Erfassung der Infektionsschübe von Blatt zu Blatt ausgerichtet. Die Bedeutung der geringen Zahl von Initialquellen ist verständlich, wenn man sich die hohe numerische Fruchtbarkeit und relativ kurze Fruktifikationszeit des Erregers vergegenwärtigt. Diese gestatten eine schnelle geometrische

Progression des Erregers durch mehrere Infektionsschübe. Es ist bekannt, daß bei reichlich vorhandenen Infektionsquellen auch weniger günstige meteorologische Bedingungen zu einer Epidemie führen, die Seltenheit von Primärherden kann andererseits den Start der Epidemie erschweren (Limasset und Darpoux). Aus dem geschilderten epidemiologischen Ablauf geht hervor, daß es wesentlich ist, die Bedingungen der Primärherdbildung zu studieren. Das Beispiel der *Phytophthora*-Prognose zeigt, wie durch das Fortschreiten biologischer Forschung neue Gesichtspunkte auftreten, die eine Neuorientierung bei der Entwicklung von meteorologisch begründeten Warnregeln erforderlich machen.

Aus den besprochenen Beispielen dürfte hervorgehen, daß auf empirischem Wege durch Suche von Korrelationen zwischen Krankheitsauftreten und Wetterfaktoren allenfalls Problemstellungen entstehen. Eine erfolgreiche, zu neuen Erkenntnissen führende Arbeit kann ohne Berücksichtigung der Biologie von Erreger und Wirt nicht geleistet werden. Daher wird auf dem Grenzgebiet der Meteoropathologie nur eine enge Zusammenarbeit zwischen Meteorologen und Phytopathologen weiterführen.

Literatur

- Bourke, P. M. A., Potato blight and the weather: A fresh approach. Irish Meteorol. Services Techn. Note No. 12, 1953.
- Bremer, H., Kohlhernie. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. **61**, 1954, 4—8.
- Ellenberg, H., Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Stuttgart 1950.
- Gäumann, E., Pflanzliche Infektionslehre. Basel 1951.
- Grainger, J., Climate, host and parasite in crop disease. Quat. Journ. Roy. Meteor. Soc. **81**, 1955, 80—88.
- Hansen, H. P., Studier over kartoffelviroser i Danmark III. Dissert. Kopenhagen 1941.
- Hirst, J. M., The early history of a potato blight epidemic. Plant Pathol. **4**, 1955, 44—51.
- Limasset, P., et H. Darpoux, Principes de pathologie végétale. Paris 1951.
- Müller, K. O., and J. C. Haigh, Nature of field resistance of the potato to *Phytophthora infestans* de Bary. Nature **171**, 1953, 781—783.
- Oort, A. I. P., Het eerste optreden van *Phytophthora* in het voorjaar. Landbouwwoorlichting **11**, 1954, 116—120.
- Samuel, G., and S. D. Garrett, The infected root-hair count for estimating the activity of *Plasmodiophora brassicae* (Woron.) in the soil. Ann. appl. biol. **32**, 1954, 96—101.
- Thomas, W. D., Factors influencing the epidemiology of late blight on potatoes. Thesis Univ. Minnesota 1947.
- Uhlig, S., Das Problem der *Phytophthora*-Warnungen. Zeitschr. f. Acker- u. Pflanzenbau **99**, 1955, 129—150.
- Waggoner, P. E., Distribution of potato late blight around inoculum sources. Phytopath. **42**, 1952, 323—328.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Angewandte Botanik - Zeitschrift der Vereinigung für angewandte Botanik](#)

Jahr/Year: 1956

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Ullrich Johannes

Artikel/Article: [Methoden und Probleme der Meteoropathologie 120-124](#)