

# Die Stellung der P-Wassermethode zur Erfassung des P-Angebotes des Bodens

Von F. VAN DER PAAUW \*)

Der Vortrag behandelt die Stellung der niederländischen Wasserextraktionsmethode (die Pw-Methode \*\*)), nach dem von SISSINGH und mir ausgearbeiteten Verfahren zur Bestimmung des P-Angebotes des Bodens (2, 3, 4, 7, 8), im Vergleich zu anderen Routinemethoden.

## Überlegenheit der Pw-Methode?

Unsere Aufgabe bestand in der Entwicklung einer Methode, welche an die Stelle der AL-Methode nach EGNÉR, RIEHM und DOMINGO (1) treten konnte, die sich für den Ackerbau als höchst ungeeignet erwiesen hatte. Die aus dieser Arbeit hervorgegangene Methode ist seit 1968 für den Ackerbau eingeführt und dies wird als ein wichtiger Fortschritt beurteilt. Bei der Einführung wurde u. a. entdeckt, daß beträchtliche Teile unserer Ackerbauprovinz Zeeland, trotz reichlicher P-Düngung und hoher Laktatzahlen, noch ungenügend versorgt sind; ähnliches gilt für die sehr fruchtbaren Zuiderzeeböden. Weiter ließ die Methode eine genaue Beratung der moorkolonialen Böden zu, bei denen das vorher nicht möglich war. Diese Erfolge sind nicht gering.

Die Übertragbarkeit dieser Auffassung auf deutsche Verhältnisse ist eben in Deutschland noch umstritten. Solche Überzeugungen bilden sich nur innerhalb der Grenzen der eigenen Erfahrungen. Die Untersucher, welche sich der Auswertung der Bodenuntersuchungsmethoden in der landwirtschaftlichen Praxis widmen, sind nämlich mit einer fast unlösbaren Aufgabe konfrontiert. Es geht darum festzustellen, wie die Bodenuntersuchung auf alle im Lande vorkommenden Bodenarten, bei wichtigen klimatischen Unterschieden und stark variabler Witterung, verschiedenen Pflanzen und Kulturweisen angewandt werden kann. Dabei soll noch eine Bevorzugung für eine einzelne Methode unter den oft nahe miteinander verwandten Methoden herausgestellt werden! Diese eigentlich praktisch unmögliche Aufgabe kann nur gelöst werden, daß der Untersucher eine vernünftige Auswahl aus den vielen Möglichkeiten trifft und sich auf solche Experimente stützt, bei denen eine hohe Aussagekraft erwartet werden kann.

Weil die Bedingungen des Ackerbaus in Deutschland und den Niederlanden verschieden sind, und Planung und Durchführung der Untersuchungen sogar prinzipiell wichtige Unterschiede zeigen, ist es nicht verwunderlich, daß gelegentlich Methoden verschieden beurteilt werden. Unter Berücksichtigung solcher möglicher Unterschiede kann nicht eingesehen werden, warum wir uns über gegensätzliche Auffassungen nicht verständigen könnten.

Ich hoffe, Ihnen deutlich zu machen, daß die Wassermethode wirklich andere Aspekte des Phosphatzustandes zur Geltung bringt als andere übliche Methoden und daß eben diese Aspekte maßgebend für Angebot und Aufnahme des Phosphors sind.

## Mögliche Gründe der Gegensätze

Schon 1968 haben SISSINGH (7) und VAN DER PAAUW (2) in dieser Fachgruppe in Lübeck über Gegensätze und günstige Erfahrungen mit der Wassermethode berichtet. In dem

\*) Dr. F. VAN DER PAAUW, Lageweg 63, 9479 PB-Noordflaren, Niederlande

\*\*\*) Pw hergeleitet von P-water (holländisch und englisch).

heutigen Vortrag werden nur jene Argumente betont, aus denen sich die Überlegenheit der Methode ergibt, und es wird auch versucht auseinanderzusetzen, warum dennoch die Vorteile der Methode nicht oder nur bedeutend schwächer in deutschen Untersuchungen hervorgetreten sind.

Hierauf eingehend muß zuerst die Frage geprüft werden, ob die Diskrepanz auf *klimatischen Ursachen* beruhen kann. Bekanntlich wird die Reaktion der Pflanze auf den P-Zustand des Bodens durch Witterung und Klima beeinflusst. Diese Tatsache stellt aber die Verwendbarkeit der Bodenuntersuchung als solche, und nicht die einer bestimmten Methode in Frage.

In Bezug auf die in beiden Ländern unterschiedlichen *Bodenarten* wurde festgestellt, daß bei niederländischen Böden mit Wasser und Laktatlösungen häufig unterschiedliche, oft sogar einander widersprechende Charakteristika des P-Zustandes erhalten werden. Es erscheint unwahrscheinlich, daß solche Unterschiede in Deutschland überhaupt nicht festzustellen sind. Man findet diese, wenn pH oder P-Festlegung stark variieren, der Gehalt an freiem Kalk oder Humus, insbesondere dessen Qualität, sich unterscheiden, oder wenn in vergangener Zeit Rohphosphate oder Stadtkomposte in verschiedener Intensität gedüngt wurden. Nicht ausgeschlossen kann aber werden — was ich nicht beurteilen kann — daß Ausmaß und Häufigkeit des Vorkommens solcher Situationen in Deutschland seltener sind.

Eine andere Möglichkeit wäre, daß die in Versuchen hier und dort *angebauten Kulturpflanzen* in verschiedener Weise reagieren. Da wir über eine genügende Erfahrung über die Annahme verfügen, daß im allgemeinen sehr wesentliche Unterschiede nicht vorkommen, möchte ich darauf hinweisen, daß die Kartoffel in unseren Untersuchungen eine Hauptrolle gespielt hat. Ich verhehle nicht, daß unsere Erfahrungen mit einigen für Deutschland wichtige Pflanzen, wie Rüben oder Mais, relativ gering sind.

#### *Unterschiede in Methoden und Normen*

Viel mehr Grund für die unterschiedliche Beurteilung des P-Versorgungsgrades in beiden Ländern sehe ich in der Anwendung verschiedener Untersuchungsmethoden und Beurteilungsnormen.

Heutzutage wird allgemein akzeptiert, daß die Beurteilung einer Bodenuntersuchungsmethode sich auf die Anwendung unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis einzustellen hat. Hierauf weiterbauend wurde die Untersuchung diesen Umständen eng angepaßt. Für diese Verhältnisse sind repräsentative Versuchsflächen auszuwählen. Diese Repräsentativität bezieht sich auf geographische Verteilung, Bodenart, Kulturweise, angebaute Pflanzen, übliche Handelsdünger und auch Mehrjährigkeit der Versuche hinsichtlich Rotation und Jahresschwankungen der Witterung. Die Reaktion der Pflanze wird gewöhnlich an Ertragsdifferenzen gemessen. Ich hoffe, hiermit auch die in der Bundesrepublik Deutschland übliche Auffassung richtig wiedergegeben zu haben. Sie führte aber zu einer Art von Versuchsdurchführung, welche zur Frage des Methodenvergleichs nach meiner Meinung nicht geeignet ist.

So einleuchtend es nämlich erscheinen mag, daß die Bodenuntersuchung sich nach den Anforderungen der Praxis zu richten hat, so wird doch übersehen, daß diese praktische Anforderung, welche auch ich akzeptiere, nicht die Art der voranzugehenden Forschung zu gestalten hat. Es handelt sich nämlich in erster Linie um eine rein naturwissenschaftliche Frage, nämlich um die Feststellung der Beziehung zwischen dem Phosphorangebot des Bodens, wie dieser mittels der anzuwendenden Methode erfaßt wird, und dem physiologischen Prozeß der Phosphoraufnahme durch die Pflanze, und nicht um die wirtschaftliche

Einschätzung einer rentablen Düngergabe am Ende der Arbeit. Die erste Frage sollte nach den Anforderungen der Naturwissenschaft behandelt werden, welche der Anpassung an die praktische Realität gerade entgegengesetzt ist. Das naturwissenschaftliche Verfahren ist nämlich generalisierend, es richtet sich auf die Feststellung allgemein geltender Beziehungen; nicht wesentliche, rein faktische Einzelheiten werden ausgeschieden. Ich schließe mich hier den Ausführungen RICKERTS (5) über die naturwissenschaftliche Begriffsbildung an.

#### *Anforderungen an eine naturwissenschaftliche Versuchsdurchführung*

Bei dieser Arbeitsweise müssen an die auf Versuchsfeldern, oder in anderer Weise durchgeführte Versuche eine Reihe notwendiger Anforderungen gestellt werden, wovon ich sieben nennen werde:

1. Die Versuchsfelder (bzw. die zu untersuchenden Böden) werden auf ihre Eignung selektiert, zur Lösung der gestellten naturwissenschaftlichen Frage beizutragen, also nicht nur in Hinsicht auf Repräsentativität für die Praxis.
2. Um eine genaue Feststellung der gesuchten Beziehung zu ermöglichen, muß ein weiterer Bereich von Phosphatgehalten des Bodens, erfaßt nach der zur Untersuchung herangezogenen Methode(n), vertreten sein. Versuchsfelder (Böden) sollen zuvor in regelmäßiger Verteilung von niedrigen bis hohen P-Werten vorselektiert werden.
3. Bei gegenseitigem Vergleich der Methoden muß die Korrelation zwischen den nach diesen Methoden erfaßten P-Werten niedrig sein, weil sonst die Feststellung etwaiger Unterschiede sehr erschwert wird. Die Vorselektion wird sich auch hiernach richten müssen.
4. Verwendung eines reinen, von etwaigen Nebenwirkungen freien P-Düngers, wie z. B. Triplephosphat.
5. Eine auf Unterschiede in der P-Ernährung, möglichst im ganzen Bereich der auftretenden P-Gehalte empfindlich reagierende Versuchspflanze. Hierdurch wird die in der Biologie übliche Arbeitsweise befolgt, sich zuerst auf die Untersuchung einzelner repräsentativer Organismen zu beschränken.
6. Merkmale, welche charakteristisch für die Feststellung der physiologischen Reaktion der Pflanze sind, werden bevorzugt. Hierzu eignen sich P-Gehalte der oberirdischen Pflanzenteile und Wachstumsunterschiede in früheren Phasen der Entwicklung besser als am Ende der Vegetation gemessene Ertragsunterschiede, welche stark von störenden Einflüssen der Witterung belastet sind.
7. Mehrfach wiederholte, einjährige Versuchsserien. Es handelt sich nämlich in erster Linie um die direkte Feststellung der Beziehung zwischen Düngermenge und Mehrertrag in Abhängigkeit von dem nach der Bodenuntersuchung gefundenen P-Wert des Bodens. Mehrjährige Versuchsdauer auf dem gleichen Feld ist unnötig und unerwünscht, weil ein- und mehrjährige Wirkungen sich in solchen Versuchen vermischen. Eine mehrjährige Gültigkeit der Aussage wird verbürgt durch die verhältnismäßige Konstanz des P-Zustandes im Boden über Perioden von wenigstens 5 Jahren, wenn nicht stark abweichend gedüngt wird.

Unser Interesse an *Gefäßversuchen* erklärt sich aus dem gleichen Bedürfnis an einer naturwissenschaftlichen Behandlung. Sie vertreten eine Zwischenstufe von Labor und Feld. Für die Frage nicht wesentliche Einflüsse, wie ungleiche Wasserversorgung und Bodenstruktur, oder vom Unterboden ausgehende Einflüsse, werden eliminiert.

Es ist leicht einzusehen, warum der Ausgangspunkt, den Wert der Routinemethoden genau unter den Bedingungen der Praxis feststellen zu wollen, ohne die Anforderungen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise zu erfüllen, die Lösung der Aufgabe erschwert hat. Auf diese Weise war unvermeidlich vorherbestimmt, daß oft nur undeutliche oder überhaupt keine Unterschiede zwischen 2 Bodenuntersuchungsmethoden angezeigt wurden, auch wenn diese tatsächlich vorhanden waren. Ich wage daher anzunehmen, daß ein wichtiger Unterschied zwischen deutschen und niederländischen Erfahrungen hierin begründet ist.

Die angeführten Anforderungen an die Durchführung der Versuche sind weder neu noch revolutionär; sie wurden in den Niederlanden bei der Methodenauswertung seit 1938 verwendet und allmählich weiter entwickelt.

### Einige entscheidende Versuchsergebnisse

Das vorher Gesagte wird jetzt an einigen Versuchsergebnissen verdeutlicht werden. Im Jahr 1958 wurde an Sandböden unter normalen meteorologischen Bedingungen sowohl eine Serie Feldversuche mit Kartoffeln durchgeführt als auch ein Gefäßversuch mit Bodenproben, welche diesen Versuchsflächen entnommen waren. Jedes Gefäß war mit 9 Kartoffelsprossen bepflanzt, das Kartoffelkraut wurde im Jugendstadium geerntet. Die Flächen waren dermaßen vorselektiert, daß die Korrelation zwischen AL- und Wasserwerten (nach der damaligen Methode bestimmt) sehr niedrig war. Die Gefäße wurden nicht mit P gedüngt.

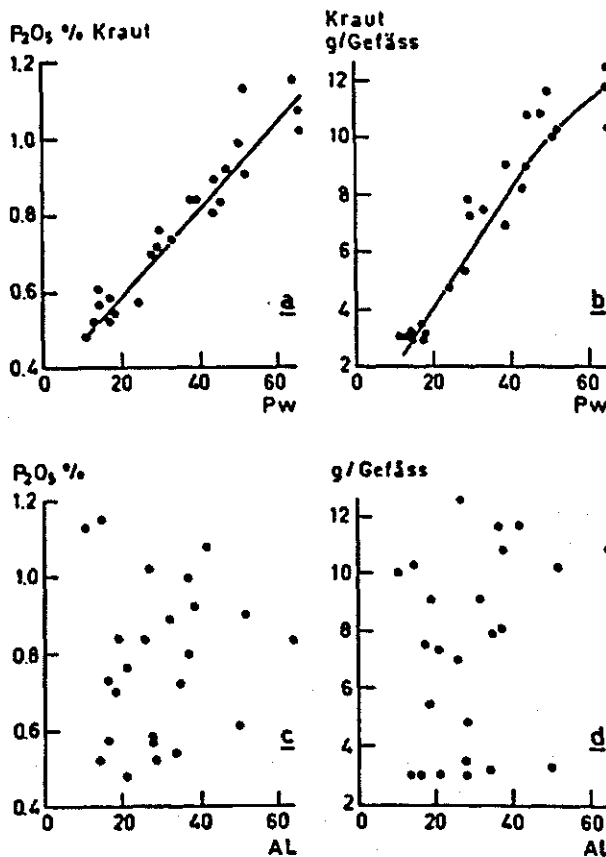


Abb. 1

Vergleich zwischen Pw- (a und b) und AL-Methode (c und d) in Gefäßversuch (1958) mit Kartoffelsprossen auf Sandböden ohne P-Düngung; Beziehung beider Werte zu P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt (a und c) und Trockengewicht des Krautes (b und d)

Relationships between Pw and AL values, respectively, (no mutual correlation) and plant responses (potato sprouts) in a pot experiment on sandy soils

In einer solchen Situation ist es so, als ob der Pflanze die freie Wahl geboten wird zu beurteilen, welche Methode die beste ist. Das Resultat war unzweideutig: keine Beziehung zu AL, jedoch eine sehr enge zu der Pw-Zahl (Abb. 1). In den Abbildungen sind die Pw-Werte in mg  $P_2O_5$ /l Boden und die AL-Werte in mg  $P_2O_5$ /100 g Boden angegeben.

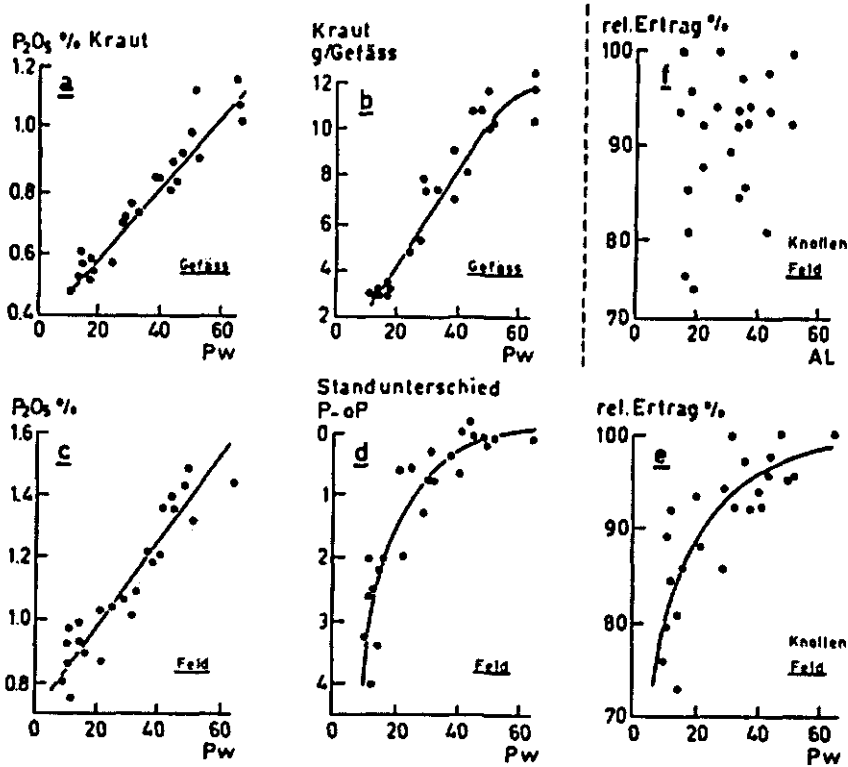


Abb. 2

Vergleich zwischen Gefäß- und Feldversuch (1958). Beziehungen zwischen Pw-Zahl und  $P_2O_5$ -Gehalt des Krautes (a und c) bzw. Ertragsunterschieden der relativ jungen Pflanze (b und d) in Gefäß und Feld, und zwischen Pw-Zahl bzw. AL-Wert und relativem Knollenertrag (oP in % vom Maximum) im Feld (e und f)

Comparison between pot- and field-trials with the same soils. Relationships between Pw value and crop responses ( $P_2O_5$  % and yield of young plants) in pots (Gefäß) and in the field (Feld). Also relationships with relative tuber yields (e); the same for AL (f)

Die Frage muß gestellt werden, ob das Resultat auch im Felde gültig ist. Der Vergleich zwischen Gefäß- und Feldversuch zeigt keinen wesentlichen Unterschied (Abb. 2). Die Korrelation zwischen Pw-Zahl und  $P_2O_5$  % des Krautes ist in beiden Fällen fast gleich (a und c). Obwohl die Graphiken b und d nicht völlig vergleichbar sind, weil erstere die Beziehung der Pw-Zahl zu gewogenen Erträgen des ohne P-Düngung im Gefäß gewachsenen Krautes, letztere aber zu (genau) geschätzten Unterschieden (in Bonitierungszahlen, Skala 1 - 10) zwischen den mit bzw. ohne P-Düngung gewachsenen Pflanze im Felde darstellt, ist es doch wohl deutlich, daß auch im Felde Ertragsunterschiede der jungen Pflanzen stark mit der Pw-Zahl korrelierten. Die Streuung der relativen Knollenerträge

(ohne P in ‰ vom Maximum bei P-Düngung), also am Ende der Vegetation festgestellt, war aber etwas größer. Die Pw-Methode war der AL-Methode überlegen.

Der Versuch wurde im Jahre 1960 auf verschiedenen Bodenarten im ganzen Lande wiederholt (Abb. 3). Diesmal war die Witterung extremer, anfänglich trocken, später sehr feucht. Die Korrelation zwischen Pw-Zahl und  $P_2O_5$ -Gehalt des Krautes war im Gefäßversuch hoch, Unterschiede zwischen den Bodenarten waren kaum nachweisbar. Der Korrelationskoeffizient betrug für alle Böden zusammen 0,92 gegen nur 0,45 bei P-AL und 0,45 bzw. 0,53 bei den gelegentlich auch bestimmten DL- und CAL-Werten. Die anderen Graphiken beschränken sich auf die Darstellung der Ergebnisse auf Sandböden. Die Wachstumsunterschiede der noch ziemlich jungen Pflanzen korrelierten sowohl im Gefäß als im Feld deutlich mit der Pw-Zahl, nicht aber mit AL. In diesem wechselfeuchten Jahr war die Korrelation mit den relativen Knollenerträgen jedoch deutlich geringer. Eine Korrelation mit den AL-Werten ist nicht nachweisbar.

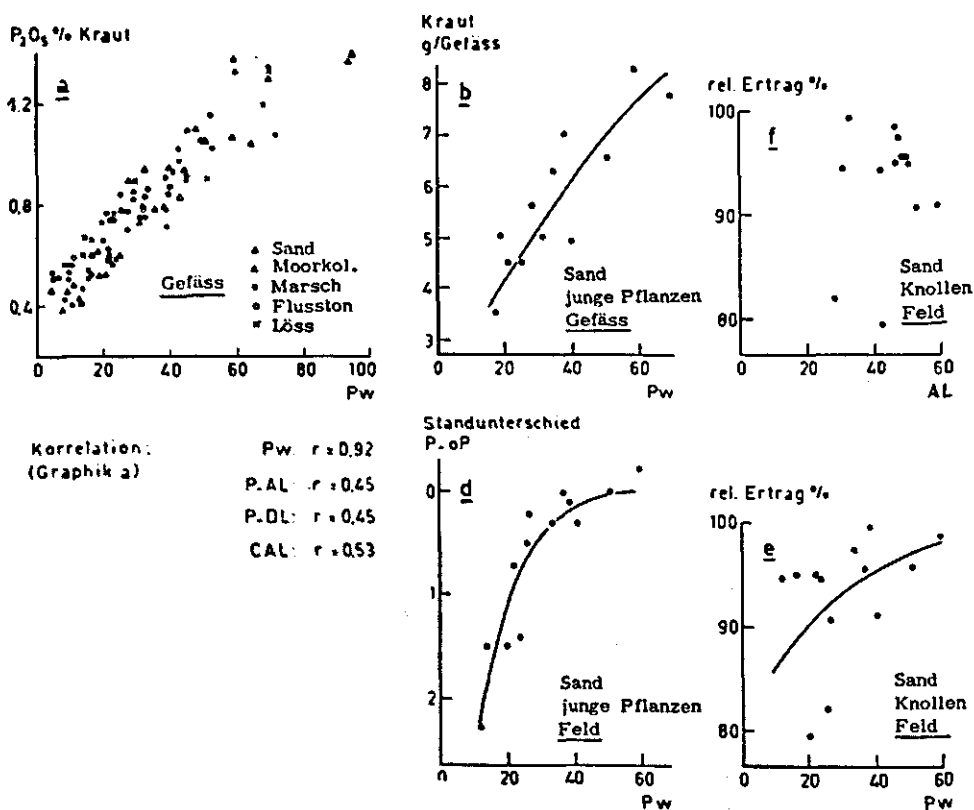


Abb. 3

1. Vergleich der Beziehung Pw-Zahl zu  $P_2O_5$ -Gehalt bei verschiedenen Bodenarten im Gefäßversuch (a); 2. Vergleich (nur Sandböden) der Beziehung Pw-Zahl zu Ertragsunterschieden der jungen Pflanzen in Gefäß und Feld (b und d, vergl. Abb. 2); 3. Vergleich der Beziehungen Pw-Zahl bzw. AL-Wert zum relativen Knollenertrag (1960) bei stark variabler Witterung (e und f), vergl. Abb. 2)

Relationship between Pw value and crop response on different soils (a); b, d, e, f the same as fig. 2 in a year with more extreme weather conditions

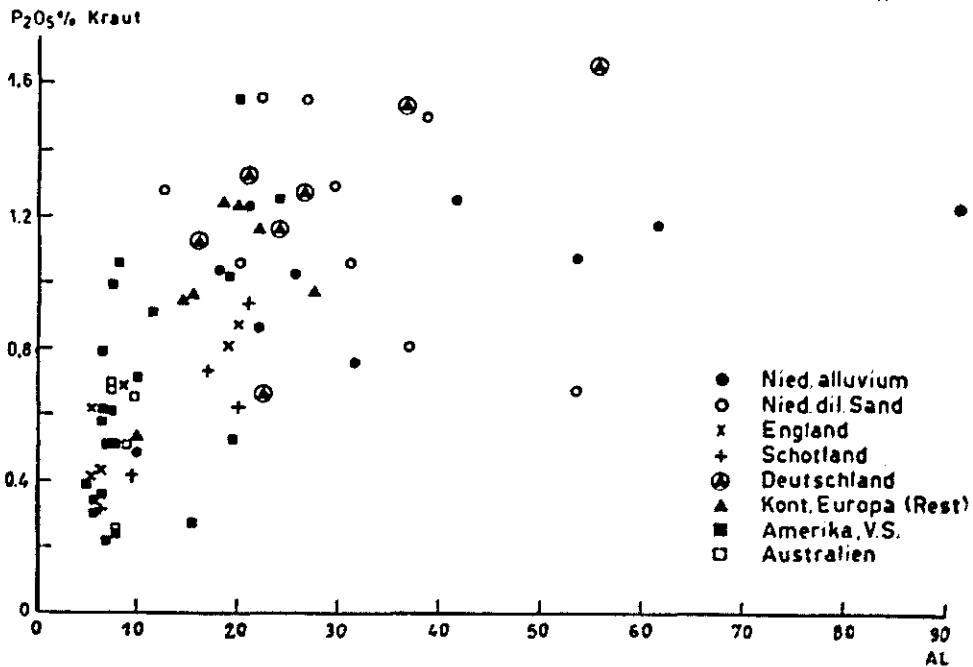
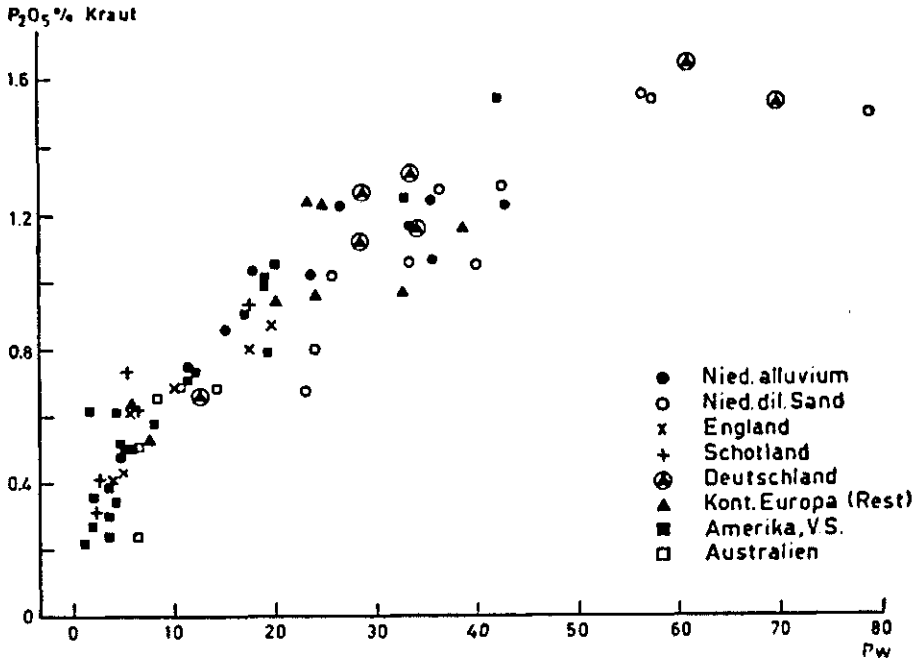


Abb. 4

Vergleich der Beziehungen Pw-Zahl bzw. AL-Wert zum  $P_2O_5$ -Gehalt von Weizen (vor der Ahrenblüte) im Gefäßversuch (1968) mit Böden verschiedener Herkunft (vergl. Abb. 1a, 1c, 3a)  
 Relationships between Pw and AL values, respectively, and responses of green harvested wheat plants in a pot experiment with various soils from the Netherlands and abroad

Um der Frage vorzubeugen, ob die erhaltenen eindeutigen Ergebnisse vielleicht mit einer nahen Verwandtschaft aller niederländischen Böden zusammenhängen, wurden auch Böden stark unterschiedlicher Herkunft (Europa, Amerika, Australien) verglichen (Abb. 4). Mit Weizen als Versuchspflanze wurde jedoch im Gefäßversuch ein ähnliches Resultat erhalten.

Die hohe Korrelation zwischen Pw-Zahl und der Reaktion der Pflanze in allen Versuchen zeigt, daß mit der Pw-Zahl ein begrenzender Faktor der P-Aufnahme erfaßt wurde, der von anderen Bodenfaktoren fast unabhängig ist. Unter diesen Versuchsbedingungen wurde wahrscheinlich die theoretisch höchstmögliche Beziehung annähernd erreicht.

### Durchführung der Pw-Methode

Das auffallende Resultat liegt in der Gestaltung der Methode begründet. Uns war früher schon bekannt, daß mittels Wasserextraktion nach einer damaligen Methode bisweilen auffallend günstige Resultate erhalten wurden, welche aber bei unterschiedlichen Böden nicht vergleichbar waren. Es konnte gezeigt werden, daß diese Unterschiede stark in der damaligen Extraktionsweise bedingt waren. Weiter konnte SISSINGH (7) durch einen Vergleich zwischen der in Kulturversuchen bestimmten Menge des isotopisch austauschbaren Phosphats (L-Wert) und der P-Menge in wäßriger Suspension (E-Wert) schließen, daß die rein physikalische Einwirkung des Wassers die ursprüngliche Mobilität des Bodenphosphors kaum beeinflußt. Der Grund dafür ist, daß ein feuchter Boden mit Wasser *in situ* schon annähernd im Gleichgewicht ist.

Nach diesen Befunden war es sinnvoll, eine Verbesserung der Wassermethode anzustreben. Die durch stufenweise Veränderungen der Extraktionsbedingungen erhaltenen Varianten der Methode wurden dann eine nach der anderen in einem Gefäßversuch mit 88 verschiedenen Böden mit der Reaktion der Pflanze konfrontiert und die am meisten geeignete Variante ausgewählt.

### Gegensatz Wasser zu chemischen Lösungsmitteln

Im Gegensatz zu Wasser können rein chemische Einwirkungen, wie sie z. B. bei Anwendung der sauren Laktatlösungen auftreten, die Mobilisierung oder die (teilweise) Lösung verschiedener Bodenkomponenten wie  $\text{CaCO}_3$ , Fe- und Al-Verbindungen und Humus verursachen, welche die für den Boden *in situ* charakteristische Mobilität des Phosphors stark verändern können.

Nach unseren Erfahrungen in Feld- und Gefäßversuchen sind die nicht wasserlöslichen P-Anteile des Bodens, die z. B. teilweise durch die Laktatlösungen erfaßt werden, für die Kulturpflanze praktisch bedeutungslos und können als Ballast betrachtet werden. Es kann nun sein, daß dieser Ballast in einer Versuchsserie in einem engen Verhältnis zu dem wasserlöslichen Anteil der Böden steht, wie in Holland bisweilen innerhalb bestimmter Bodenarten gefunden wurde. Die nach einer solchen Methode bestimmten P-Werte korrelieren dann eng mit den Pw-Werten und beide Methoden können fast gleich bewertet werden. Wenn aber dieses Verhältnis variabel und damit die Korrelation mit den Pw-Werten niedriger ist, dann liegt ein Teil der mit dieser Methode erhaltenen Werte entweder viel zu hoch oder zu niedrig, so daß sich große systematische Fehler ergeben.

Die mitgeteilten Versuchsergebnisse zeigen, daß die Pw-Zahl eng mit der Reaktion der Pflanze korreliert; das gleiche gilt für andere Methoden nur dann, wenn die P-Werte der Böden eng mit den Pw-Werten korrelieren. Bei niedriger Korrelation wirkt sich die-



ser systematische Fehler sehr ungünstig aus, weil er dauernd alle anderen zufälligen Fehler übersteigt und eine falsche Beurteilung bei der Auswertung verursacht.

Man sollte daraus aber nicht schließen, daß die Anwendung einer solchen Methode für die Beratung der Praxis ganz ungeeignet ist. Sowohl in Deutschland als in den Niederlanden hat man versucht, derartigen Abweichungen Rechnung zu tragen. Mittels Serienversuchsflächen, welche auf die Lösung solcher Fragen ausgerichtet sind, kann z. B. festgestellt werden, ob die Beziehung zwischen AL-Wert und der Reaktion der Pflanze vom pH beeinflusst wird. Ein derartiger Einfluß kann dann korrigiert und der pH-Fehler teilweise ausgeschaltet werden. Eine andere Möglichkeit wäre, für jede Bodenart ein spezifisches Beratungsschema aufzustellen. In manchen Fällen sind solche Korrekturen aber schwer durchführbar. Zumindest ist der benötigte Aufwand für die Lösung dieser landwirtschaftlichen Aufgabe nicht zu unterschätzen. Die Anwendung einer von solchen Einflüssen nahezu freien Methode (wie Pw) ist aber natürlich einfacher, genauer und auch billiger! Es würde jetzt angebracht sein, auf die Auswertung der Pw-Methode mit Hinsicht auf das wirtschaftliche Ziel und die hierfür benötigten Untersuchungen einzugehen (6). Die zugemessene Zeit läßt das nicht zu.

### Einstellung zu dem Ziel der Bodenuntersuchung

Ich möchte zum Schluß nur erwähnen, daß die Anwendbarkeit einer Methode auch bedingt ist durch unsere Einstellung zum Ziel der Bodenuntersuchung. Handelt es sich um die Feststellung eines allgemeinen Überblicks, wie es einmal zur Zeit der „Erzeugungsschlacht“ durch massive Durchführung der Bodenuntersuchung erreicht wurde mit dem Zweck, die nationale Produktion in kurzer Frist zu sichern, oder ist es vor allem das Ziel, den individuellen Landwirt richtig zu beraten? Ein relativ hoher Prozentsatz falscher Werte braucht im ersten Fall noch nicht allzu sehr zu schaden, es ist aber im zweiten Fall nicht tragbar. In Holland hat die individuelle Beratung nach wie vor als Richtlinie gegolten. Von diesem Standpunkt aus war man dann auch bestrebt, gelegentliche Abweichungen zu korrigieren und schließlich eine von diesen Faktoren möglichst unabhängige Methode zu entwickeln. Diese Wassermethode erwies sich für die individuelle Beratung besser geeignet als die anderen Methoden, weil die Beziehung zwischen Pw-Zahl und Phosphoraufnahme durch die Pflanze weitgehend unabhängig ist von der Bodenart und den variablen Bodenzuständen.

Meinen Kollegen, den Herren Dr. Ir. H. A. SISINGH und Ing. J. RIS, bezeige ich meinen herzlichen Dank für manche fruchtbaren Gespräche und konstruktive Kritik.

### Zusammenfassung

Die Frage wird diskutiert, aus welchen Gründen der Wert der Wassereextraktionsmethode nach VAN DER PAAUW-SISINGH für die Bestimmung des P-Angebotes des Bodens (Pw-Methode; 2, 3, 4, 7, 8) in Deutschland umstritten ist, obwohl diese nach niederländischen Ergebnissen aus Gefäß- und Feldversuchen und Erfahrungen aus der Praxis den mit schwach sauren Lösungsmitteln arbeitenden Methoden (u. A. Laktatmethoden) deutlich überlegen ist.

Die in Bezug auf Umfang und Schwere der Frage immer noch unzureichende Prüfung der Methoden und die unterschiedlichen Versuchsbedingungen (Boden, Klima, Pflanze) kann zu Unterschieden in der Beurteilung Anlaß geben. Der wichtigste Grund wird jedoch in der Anwendung verschiedener Prüfungsmethoden und Beurteilungsnormen in beiden Ländern gesucht. In Hinsicht auf das wirtschaftliche Ziel der Aufgabe (Feststellung der Aussagefähigkeit) ist die Versuchsdurchführung bei der Verwertung der Methoden in

Deutschland auf Repräsentativität der Versuchsflächen für die landwirtschaftliche Praxis eingestellt. Nach der niederländischen Auffassung handelt es sich bei dem Methodenvergleich um die Feststellung der direkten Beziehung zwischen P-Angebot des Bodens, bestimmt nach den zu vergleichenden Methoden, und der Reaktion der Pflanze. Die Versuche müssen so geplant werden, daß sie geeignet sind zur Lösung dieser naturwissenschaftlichen Frage beizutragen. Eine Anzahl von Bedingungen, welche in der deutschen Arbeitsweise wenig beachtet wurden, muß erfüllt sein (vergleiche die oben genannten 7 Punkte von Anforderungen). In den Niederlanden oft benutzte Gefäßversuche passen ebenfalls in den Rahmen einer naturwissenschaftlichen Versuchsdurchführung, weil dabei einige, für die Beurteilung unwesentliche Faktoren, eliminiert sind.

In Gefäßversuchen mit Böden, die einer Serie einjähriger Versuchsflächen entnommen wurden und wobei Pw- und AL-Methode (1) fast entgegengesetzte Aussagen über das P-Angebot des Bodens lieferten, ergab die Pw-Methode eine sehr hohe, die AL-Methode dagegen eine sehr niedrige Korrelation mit der Reaktion der Pflanze. Die Feldversuche bestätigen dieses Resultat, obwohl hier die Streuung der Enderträge wegen stärkerer Abhängigkeit von der Witterung größer war. Mit ausländischen Böden stark unterschiedlicher Art und Herkunft wurde ähnliches gefunden.

Eine hohe Korrelation mit der Reaktion der Pflanze wurde mit anderen Extraktionsmethoden nur gefunden, wenn die Korrelation der P-Werte nach diesen Methoden mit der Pw-Zahl hoch war. Im entgegengesetzten Fall werden mit diesen Methoden beträchtliche systematische Fehler gemacht.

Die Pw-Methode zeigt sich für die individuelle Beratung am besten geeignet, weil die Beziehung zwischen Pw-Zahl und Reaktion der Pflanze weitgehend von Bodenart und -zustand unabhängig ist.

### Summary

PAAUW, F. VAN DER: *Die Stellung der P-Wassermethode zur Erfassung des P-Angebotes des Bodens (The position of the P-water method for the assessment of the phosphorus supply of the soil).*

Landwirtsch. Forsch., Kongreßband 1977, Teil II

On the basis of experimental evidence and practical experience in Dutch farming the P waterextraction method (Pw-method) according to VAN DER PAAUW and SISSINGH (2, 3, 4, 7, 8) is considered to be clearly superior to methods based on weakly acid solution (like lactate).

However, the method is still being disputed in Germany. Possible reasons for this are discussed. The difference may partly be due to the relatively still insufficient character of the research in the field of evaluation of soil testing methods and to a certain incomparability of experimental conditions as related to soil, climate and crops in both countries. It is suggested, however, that the principal reason ought to be sought in a different experimental approach and in the use of different standards.

In regard of the agricultural aim of soil testing, in Germany soil testing methods are evaluated under conditions closely resembling those of practical farming. This relates to geographical distribution of trials, types of soils, cultivation, crops, fertilizers and also to a continuation of field trials over years, in order to include complete rotations under average weather conditions.

The Dutch approach on the other hand is characterized by a preselection of experimental conditions most suited to the establishment of a proper scientific relationship bet-

ween P supply, as estimated by the soil testing methods concerned, and plant response. In contrast to the tendency of strict representation of "normal conditions" the scientific approach is generalizing (5). Following this line some experimental prerequisites have to be fulfilled, such as preselection of soils which are representing a wide range of P supply, low correlations between the P values being assessed by the methods concerned, use of a pure P fertilizer without side-effects, a P responsive test plant, use of physiological indicators characteristic of the response (e. g. P content of plant parts), one-year duration of trials in order to avoid confounding. Neglect of these premises may obscure differences between methods.

It was shown in pot experiments (fig. 1, 3, 4) that plant response was highly correlated with P<sub>w</sub> but only weakly with AL, i. e. in a case that the mutual correlation between the values of the soil for both methods is low. The same was found when different soil types (sand, reclaimed peat, loam, clay, loess) were used (fig. 3a) and similar results were also obtained with soils from abroad with large differences in composition (fig. 4). Field trials gave similar results (figs. 2 and 4) though the correlation with relative yields is lower depending on meteorological influences.

Because of its indifference to soil type and soil properties (like pH) the P<sub>w</sub> method is highly suitable for advisory work. Methods employing weakly acid solutions are only directly applicable if there is a close relation with values obtained by the P<sub>w</sub> method. In the opposite case serious systematic errors may occur.

### Résumé

PAAUW, F. VAN DER: *Die Stellung der P-Wassermethode zur Erfassung des P-Angebotes des Bodens (La position de la méthode P-soluble dans l'eau pour déterminer la quantité de phosphore disponible au sol).*

Landwirtsch. Forsch., Kongreßband 1977, Teil II

En raison d'évidences expérimentales et d'expériences pratiques dans l'agriculture Hollandaise la méthode d'extraction P<sub>w</sub> (P soluble dans l'eau) selon VAN DER PAAUW et SISSINGH (2, 3, 4, 7, 8) est considérée aux Pays Bas être clairement supérieure aux méthodes utilisant des acides dilués (p. e. le lactate d'ammoniumacide acétique) à cet effet.

Cependant cette méthode reste controversielle en Allemagne. Les raisons possibles sont discutées. La différence pourrait partiellement être attribuée à un examen encore insuffisant des différentes méthodes par rapport au problème en question ainsi que aux différences des conditions expérimentales (sols, climat, cultures) dans les deux pays. Cependant la raison principale doit être cherchée dans l'utilisation de méthodes expérimentales et de critères d'évaluation différentes. En vu du but économique des analyses du sol en Allemagne les méthodes utilisées sont évaluées sous des conditions se rapprochant aussi closement que possible celles de la pratique agricole. Ceci s'exprime par une distribution géographique représentative des champs d'essais, des types de sols, des méthodes de cultures, des végétaux, des fumures et également dans une continuation des expériences pendant des années à fin d'inclure des rotations complètes sous des conditions climatologiques moyennes.

L'approche Hollandaise d'autre part est caractérisée par une sélection préalable des conditions expérimentales les plus propres à établir par la voie des sciences naturelles la relation entre la disponibilité du P indiqué par la méthode d'analyse de sol en question et la réponse des cultures. A l'encontre de la tendance de représenter strictement des "conditions normales" cette approche est généralisante (5).

En adaptant cette méthode d'expérimentation il faudra satisfaire à quelques conditions expérimentales préalables, telles qu'une présélection des sols représentant une large variation de disponibilités en P, une basse corrélation entre les valeurs P trouvées avec les méthodes d'analyses concernées, l'utilisation d'un engrais phosphorique pur et sans effets secondaires, l'utilisation d'une culture sensible au P, l'utilisation d'indicateurs physiologiques caractéristiques pour la réponse (p. e. teneur en P des parties de la plante), expérimentation d'une année seulement quant à l'utilisation du champs d'essai. Les différences entre les méthodes peuvent être troublées en négligeant ces conditions d'expérimentation.

Dans des essais en vases de végétation (fig. 1, 3, 4) il fut trouvé un rapport très étroit entre la valeur Pw et la réponse de la culture, tandis que cette corrélation ne fut que faible avec la valeur AL, dans le cas d'une basse corrélation des valeurs des deux méthodes. La même chose fut trouvée en comparant différents types de sols (sable, sable humifère, argile sablonneuse, argile et loess (fig. 3 a) et des résultats similaires furent obtenus avec des sols provenant de l'étranger et avec une large variation dans leurs propriétés (fig. 4). Les essais aux champs révélèrent des résultats similaires (fig. 2 et 4) quoique la corrélation avec les rendements relatifs soit moins accentuée à la suite des influences météorologiques.

A cause de son indifférence pour le type de sol et pour ses autres propriétés (p. e. pH) la méthode Pw est très opportune pour les services de vulgarisation agricoles. Les méthodes basées sur l'emploi d'acides dilués ne sont utilisables que s'il y ait une relation étroite avec les valeurs obtenues avec la méthode Pw. Dans le cas opposé des erreurs systématiques sérieuses seront introduits.

#### Literatur

1. EGNÉR, H., RIEHM, H., u. DOMINGO, W. R.: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. 26, 199 - 215, 1960
2. PAAUW, F. VAN DER: Entwicklung und Verwertung einer neuen Wasserextraktionsmethode für die Bestimmung der pflanzenaufnehmbaren Phosphorsäure. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 23/II, 102 - 109, 1969
3. PAAUW, F. VAN DER: An effective water extraction method for the determination of plant-available soil phosphorus. Plant a. Soil 34, 467 - 481, 1971
4. PAAUW, F. VAN DER, SISSINGH, H. A., u. RIS, J.: Een verbeterde methode van fosfaatextractie van grond met water: het Pw-getal. Verslag. Landbouwk. Onderzoek. Nr. 749, Wageningen 1971 (mit engl. Zusammenfassung)
5. RICKERT, H.: Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. 5. Aufl., Tübingen 1929
6. RIS, J., u. LUIT, B. VAN: The establishment of fertilizer recommendations on the basis of soil tests. Inst. v. Bodemvruchtbaarheid, Haren-Gr. 1973
7. SISSINGH, H. A.: Die Lösung der Bodenphosphorsäure bei wässriger Extraktion in Verbindung mit der Entwicklung einer neuen P-Wasser-Methode. Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 23/II, 110 - 120, 1969
8. SISSINGH, H. A.: Analytical technique of the Pw-method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant a. Soil 34, 483 - 485, 1971