

# ANGEWANDTE CHEMIE

45. Jahrgang, S. 121—140

■ Inhaltsverzeichnis: Siehe Anzeigenteil S. 61

■ 6. Februar 1932, Nr. 6

## Neuere Untersuchungen über die Wirkung von Kohlen als Düngemittel.

Von Prof. RUDOLF LIESKE,  
Kaiser Wilhelm-Institut für Kohleforschung, Mülheim-Ruhr.

(Eingeg. 2. Dezember 1931.)

Es ist eine in ländlichen Gegenden weitverbreitete Ansicht, daß man mit Staub von Braunkohlen und Steinkohlen, mit Ruß, Flugasche und ähnlichen Produkten eine gute Dungewirkung bei Kulturpflanzen erzielen kann. In älteren populären landwirtschaftlichen und gärtnerischen Schriften findet man vielfach Angaben darüber, ohne daß daraus aber Näheres über die Anwendung und Wirkung zu entnehmen wäre. Das Studium der Düngemittel hat in den letzten Jahrzehnten außerordentliche Fortschritte gebracht, jeder Landwirt und Gärtner ist heute genau über die Zusammensetzung und Wirkung der Natur- und Kunstdünger unterrichtet. Es war dabei von vornherein wenig aussichtsreich, Kohlen und ähnliche Produkte auf ihre Dungewirkung zu untersuchen, da sie ja keinen der wichtigsten Nährstoffe, wie Kali, Phosphor oder Stickstoff, in nennenswerter Menge enthalten.

In den letzten Jahren sind nun im Kohlenforschungsinstitut in Mülheim-Ruhr, sowie unabhängig davon von verschiedenen anderen Forschern Untersuchungen über diese Frage angestellt worden, und es hat sich in allen Fällen ohne jeden Zweifel ergeben, daß man tatsächlich durch Zusatz von Kohle, namentlich von Braunkohle, zum Erdboden beträchtliche Ertragssteigerungen, oft über 100%, erhalten kann.

Die ersten genaueren Untersuchungen über diesen Gegenstand veröffentlichte im Jahre 1928 Kissel (1). Er stellte fest, daß man durch Zusatz von Kohle und Kohlepräparaten, deren Herstellung allerdings in keiner seiner Arbeiten näher beschrieben ist, sowohl in Topfversuchen als auch bei Freilandkulturen eine wesentliche Erntevermehrung erzielen kann. Er hatte mit Weinreben, Rüben, Kartoffeln und verschiedenen Getreidesorten Erfolge. Er erhielt z. B. bei böhmischen Weizen mit 2,5 t Braunkohlenstaub pro Hektar 24,16% Mehrertrag, mit 5 t 49,30% und mit 10 t 55,60%. Mit Huminpräparaten, deren Herstellung und Zusammensetzung leider nicht angegeben ist, erhielt er z. B. in Weinbergen Ertragssteigerungen von über 50%.

Vouk (2) konnte durch Düngung mit Rohbraunkohle bei Sinapis, Linum und Polygonum in einzelnen Fällen Ertragssteigerungen von über 100% feststellen. Eigene Versuche (Lieske 3, 4) im Laufe der letzten beiden Sommer mit rheinischer Braunkohle aus der Grube Tünich bei Köln und Kohle aus dem Aachener Revier führten ausnahmslos zu dem Ergebnis, daß man durch Kohlezusatz zu den verschiedensten Böden bei Hafer, Mais, Buchweizen, Kartoffeln, Tomaten usw. mehr oder weniger große Ertragssteigerungen erhält.

Daß man in erster Linie mit Braunkohlen eine gute Dungewirkung erzielen kann, ist damit durch zahlreiche, an verschiedenen voneinander unabhängigen Stellen durchgeführte Untersuchungen einwandfrei erwiesen. Die wesentlichste Frage ist nun, welche Bestandteile der Kohlen den wirksamen Faktor bilden und in welcher Weise die Kohle überhaupt wirkt.

Kissel (5, 6) hält auf Grund genauer Untersuchungen hauptsächlich physikalische Faktoren für ausschlaggebend. Mit Kohle versetzter Boden hat eine

größere Wärmekapazität. Er nimmt mehr Sonnenwärme auf und gibt sie bei Abkühlung der Außentemperatur langsamer wieder ab als kohlefreier Boden. In gleicher Weise wirkt die Kohle auf die Wasserkapazität des Bodens, was namentlich bei leichten Böden, besonders auch in Weinbergen, von Bedeutung sein kann. Kissel zeigt weiter, daß die mechanische Struktur des Bodens durch Kohlezusatz günstig beeinflußt werden kann, und weist darauf hin, daß die bei der allmählichen Zersetzung der Kohle im Boden frei werdende Kohlensäure den Pflanzen zur Verfügung steht. Besonders wichtig ist, daß Kissel bereits beschreibt, daß die Huminsubstanzen zweifellos für die Pflanzenzelle als Stimulans wirken; vor allem die Chloroplasten sollen dadurch zu besserer Entwicklung angeregt werden.

Zu einer ganz anderen Auffassung über die Wirkung der Kohle kommt Vouk (2) in seiner neusten Arbeit. Er nimmt an, daß die Kohlewirkung auf eine „indirekte Stickstoffdüngung“ zurückzuführen sei. Der in der Kohle gebundene Stickstoff soll bei der Zersetzung der Kohle im Boden zu Nitrat umgewandelt werden und in dieser Form den Pflanzen zugute kommen. Weiter soll die saure Kohle im Boden entstehendes Ammoniak binden, das dann auch wieder von den Pflanzen verwertet wird. Er gründet seine Ansicht auf zwei Beobachtungen: kohlegedüngte Pflanzen erinnern durch ihre auffällig dunkelgrüne Blattfarbe an optimal mit Stickstoff gedüngte Pflanzen, und Düngeversuche mit Leguminosen zeigten, daß die Kohle in gleicher Weise wie hochwertiger Stickstoffdünger wirkt, da Vouk bei diesen Pflanzen eine Wachstumsförderung durch Kohle nicht beobachten konnte, sondern im Gegenteil bei größeren Kohlegaben eine starke Hemmung der Entwicklung, besonders auch der Knöllchenbildung.

Unabhängig von den Feststellungen der vorwähnten Autoren wurde von mir seit längerer Zeit versucht, die zweifellos vorhandene Dungewirkung der Braunkohle näher zu erklären. Da mir für umfangreichere Kulturversuche mit höheren Pflanzen Einrichtungen nicht zur Verfügung standen, mußte zunächst eine neue Methode ausgearbeitet werden, die eine möglichst genaue physiologische Prüfung der verschiedenen Kohlenbestandteile gestattet. Die mir gelegentlich von Vertretern der landwirtschaftlichen Wissenschaft gemachten Vorschläge, als Testobjekt Aspergillus oder Azotobakter zu verwenden, scheiden vollkommen aus, da die Ernährungsphysiologie der niederen Organismen von der höheren grüner Pflanzen wesentlich abweicht. Als ganz vorzüglich brauchbar erwiesen sich aber Kulturen von Wasserlinsen (*Lemna minor*). Diese sind sehr bequem in Glaskolben oder auf Schrägagar in Reagensgläsern zu kultivieren und geben alle Reaktionen der höheren, Kohlensäure assimilierenden Pflanzen. In keinem Falle konnte festgestellt werden, daß sich die *Lemna*-Kulturen bei den hier in Frage kommenden ernährungsphysiologischen Untersuchungen anders verhalten als andere höhere Pflanzen, insbesondere auch als unsere landwirtschaftlich wichtigen Kulturpflanzen.

Die selbstverständlich vorhandenen Unterschiede, welche die einzelnen Kulturpflanzen in bezug auf optimale Ernährungsansprüche haben, spielen bei der Untersuchung der physiologischen Kohlewirkung auf die Zelle der höheren, Kohlensäure assimilierenden Pflanzen zunächst keine Rolle.

Selbstverständlich können genaue Ergebnisse über die physiologische Wirkung der Kohle auf höhere Pflanzen nur in bakterienfreien Reinkulturen erhalten werden. Daß Huminstoffe einen großen Einfluß auf die Entwicklung von Mikroorganismen, besonders auch auf stickstoffbindende Formen haben, ist seit langem bekannt. Freilandkulturen oder die üblichen Topfversuche lassen daher nicht erkennen, welche Wirkung die Kohle auf höhere Pflanzen direkt ausübt und inwieweit die beobachtete Wirkung lediglich auf Förderung der Mikroflora des Bodens zurückzuführen ist.

Es wurden nun im Verlaufe von zwei Jahren mit Wasserlinsenreinkulturen sehr eingehend alle chemischen und physikalischen Faktoren untersucht, welche für die wachstumsfördernde Wirkung der Kohle in Frage kommen können. Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß größere Mengen von Braunkohle, auf Felder gebracht, im Laufe längerer Zeiträume einer bakteriellen und auch rein chemischen Zersetzung unterliegen und den Pflanzen Kohlensäure liefern. Daß die Kohledüngung aber nicht einfach eine Kohlenstoffdüngung ist, geht aus allen bisher angestellten Versuchen hervor. Sowohl mit Wasserlinsenreinkulturen als auch in Topfversuchen können zuweilen schon sehr geringe Mengen von Kohle eine große Ertragssteigerung hervorrufen, so daß der Erntezuwachs an Kohlenstoffgehalt die Kohlenstoffmenge der zugesetzten Kohle weit übertrifft. Kohlensäure kann übrigens in bakterienfreien Kulturen kaum aus der Kohle gebildet werden; daß der Kohlenstoff in größerer Menge in organischer Lösung von den Wurzeln aufgenommen werden könnte, ist ebenfalls nicht anzunehmen.

Daß der wesentlichste Faktor der Kohledüngung der Stickstoffgehalt der Kohlen sei, wie neuerdings Vouk annimmt, läßt sich ohne weiteres dadurch widerlegen, daß aus der Kohle hergestellte stickstofffreie Huminpräparate in genau der gleichen Weise wirken wie frische Kohle. Der Stickstoffgehalt der von uns verwendeten rheinischen Braunkohlen beträgt etwa 0,2 bis 0,3%, ist also so gering, daß er praktisch kaum in Frage kommt. In Topfversuchen, bei denen der Stickstoffgehalt genau eingestellt war, erwies sich außerdem der Stickstoff der Kohle als so fest gebunden, daß eine Verwertung als N-Quelle nicht stattfindet. Versuchspflanzen, die Stickstoff nur in Form von Rohkohle erhielten, entwickelten sich genau so wie Kulturen ohne N-Zusatz. Bei sehr großen, praktisch aber gar nicht in Frage kommenden Kohlegaben, wie sie z. B. Vouk anwandte (Kohle : Erde = 1 : 1), kann der in der Kohle enthaltene Stickstoff nach ihrer Zersetzung schließlich in Form von Nitrat von den Pflanzen aufgenommen werden, wie das Vouk annimmt. Die spezifische Wirkung der Kohle ist aber hierdurch nicht erklärt, und die Kohledüngung ist bestimmt nicht, wie Vouk annimmt, eine „indirekte Stickstoffdüngung“, denn stickstofffreie Kohlepräparate ergeben den gleichen Erfolg.

Von den einzelnen die Kohle zusammensetzenden Elementen wäre noch das Eisen zu berücksichtigen, das in manchen Braunkohlen, z. B. in denen aus dem Aachener Revier, in größerer Menge vorhanden ist. Olsen (7), der zwar nicht mit Kohlen, sondern mit Torfextrakten arbeitete, nahm an, daß die wachstums-

fördernde Wirkung dieser Extrakte ausschließlich auf deren Gehalt an „komplex gebundenem Eisen“ zurückzuführen sei. Er konnte zeigen, daß man z. B. mit citronensaurem Eisen einen ähnlichen wachstumsfördernden Effekt erzielen kann, und schloß daraus, daß nur das Eisen in seiner besonderen Bindung die Ursache der Erntevermehrung ist. Leider hat er bei seinen Untersuchungen versäumt, zu untersuchen, ob bei dem citronensauren Eisen nicht auch die Citronensäurekomponente einen Einfluß hat. Eine von uns durchgeföhrte Nachprüfung ergab, daß in der Tat andere Citrate, z. B. Natrium- oder Magnesiumcitrat, denselben Einfluß ausüben. Daß die Kohlen in irgendeiner Weise durch ihren Eisengehalt wirksam sein könnten, geht aus keiner der bisher durchgeföhrten Untersuchungen hervor.

Als wesentlichster Bestandteil der von uns verwendeten Kohle käme nur noch das Calcium in Frage. Da calciumfreie Kohlepräparate dieselbe Wirkung haben wie Rohkohle, scheidet auch dieses Element als Düngefaktor aus.

Nach allen von uns durchgeföhrten Untersuchungen kann also der wachstumsfördernde Faktor der Braunkohlen nicht in ihrer Elementarzusammensetzung zu suchen sein. Auch seltenere Elemente, wie Mangan oder Bor, die nach neueren Untersuchungen für die Pflanzenernährung eine wichtige Rolle spielen, wurden in den Kohlen bisher noch nicht nachgewiesen.

Von besonderem Interesse ist nun die Untersuchung physikalischer Faktoren, die bei der Kohledüngung eine Rolle spielen könnten. Zunächst wäre an die adsorptiven Eigenschaften zu denken. Daß Rohbraunkohle starke Adsorptionswirkungen ausüben kann, ist bekannt. Unter bestimmten Kulturbedingungen kann man z. B. durch Zusatz von Holzkohle, Kaolin oder ähnlichen inerten Stoffen große Wachstumssteigerungen erzielen. Indessen begründet auch dieser Faktor nicht die spezifische Wirkung der Kohle, da z. B. in Wasserlinsenreinkulturen unter sonst gleichen Bedingungen weder Kaolin noch Holzkohle eine Wachstumsförderung hervorrufen, wie sie durch Rohkohle oder durch gelöste Kohlepräparate verursacht wird.

Im Zusammenhange damit wäre zu untersuchen, ob nicht lediglich die Änderung der pH-Werte die Kohlewirkung bedingt. Es ist bekannt, daß Huminlösungen in gewissen Nährösungen weitgehend puffernd wirken. Die Annahme ist von vornherein wenig wahrscheinlich, da, soweit bisher beobachtet wurde, die Kohlewirkung unabhängig von der Bodenreaktion ist. In genau durchgeföhrten Wasserlinsenreinkulturen ließ sich zeigen, daß die wachstumsfördernde Wirkung der Braunkohle sowie reiner Huminpräparate unabhängig ist von den pH-Werten. Die Kohlewirkung zeigt sich in gleicher Weise bei saurer, neutraler und alkalischer Reaktion des Nährbodens, sie ist die gleiche in genau auf den gleichen pH-Wert eingestellten Kulturen. Selbstverständlich kann auch in der landwirtschaftlichen Praxis in manchen Fällen die Pufferwirkung der Kohle eine wachstumsfördernde Rolle spielen, sie stellt aber, genau so wie die bisher erörterten anderen Faktoren, bestimmt nicht den spezifisch wirksamen Faktor dar.

Zusammenhängend mit der Adsorptionswirkung wäre noch als wachstumsfördernd anzusehen das Wasserbindungsvermögen der Kohle. Wie Kissel zeigte, wird besonders auf leichten Böden bei Kohledüngung das Wasser viel länger festgehalten. Daß die erhöhte Wasserkapazität des Bodens nicht ausschlaggebend für die Düngewirkung sein kann, ergibt sich einfach aus der Kohlewirkung in Wasserkulturen, bei denen die Frage der Wasserkapazi-

tät ausscheidet. In besonderen Fällen kann natürlich in der Praxis auch dieser Faktor von Bedeutung sein.

Entsprechendes gilt für die Wärmekapazität. Wie Kissel genau zeigte, nimmt ein mit viel Kohle versetzter Boden viel mehr Sonnenwärme auf und gibt sie viel langsamer wieder ab als der gleiche kohlefreie Boden. Das kann in der Praxis in manchen Fällen von Bedeutung sein, ist aber auch nicht der spezifisch wirkende Faktor der Kohle, da dieser bei konstanten Temperaturverhältnissen in gleicher Weise wirksam ist.

Als letzter Faktor, der die Kohlewirkung erklären könnte, wären noch die „Auximone“ Bottomleys (8) zu erwähnen. Bottomley arbeitete nicht mit Kohle, sondern mit Extraktten aus präpariertem Torf. Nach allen unseren Beobachtungen besteht kein Zweifel, daß diese Extrakte im wesentlichen Huminverbindungen, in erster Linie wohl huminsaures Ammonium enthielten. Er konnte mit diesen Extraktten große Wachstumssteigerungen erzielen und hält den wirksamen Stoff für besondere organische Verbindungen von katalytischer Wirksamkeit, die er als „Auximone“ bezeichnet. Es ist sicher, daß die Angaben Bottomleys über seine Kulturerfolge zutreffend sind, nur hat er offensichtlich übersiehen, daß die hypothetischen „Auximone“ lediglich Verbindungen der Huminsäuren des Torfes waren. In der Kohle einen solchen hypothetischen Stoff anzunehmen, liegt keinerlei Grund vor, wir können alle Komponenten der Rohkohle ausschalten bis auf die Huminsäure, nur mit reiner Huminsäure und deren Verbindungen lassen sich die spezifischen Dungewirkungen der Kohle erzielen.

Es erklärt sich hieraus zunächst ohne weiteres, daß nicht alles, was unter dem Begriff „Braunkohle“ zusammengefaßt ist, auch die gleiche Dungewirkung hat. Wir erzielten vorzügliche Ergebnisse mit den Braunkohlen aus dem Kölner Gebiet. Diese Kohlen sind ein recht homogenes Material und stellen fast reine Huminsäure bzw. huminsaure Kalk- und Eisenverbindungen dar. Jüngere Kohlen, wie z. B. die aus dem Aachener Revier, eignen sich in manchen Fällen noch besser. Die Kohle aus den mitteldeutschen Revieren hat ungefähr die gleiche Wirkung wie die Kölner Kohle. Anderes Material, das wir aus verschiedenen Gegenden Europas, besonders auch aus Südeuropa erhielten, enthält oft überhaupt keine freie Huminsäure. Die Huminverbindungen sind bei ihnen schon so weitgehend verändert, daß der spezifische Charakter der Braunkohlen kaum noch zu erkennen ist. Es ist klar, daß mit diesem Material nicht die gleiche Wirkung erzielt werden kann wie mit den von uns verwendeten Kohlensorten. Wenn auch solche Kohlen sowie Steinkohlen oder selbst Hochofenkoks unter gewissen Bedingungen noch eine Förderung des Pflanzenwachstums erkennen lassen, so beruht dies auf der Wirkung der vorstehend angegebenen Faktoren, wie Auflockerung des Bodens, Erhöhung der Wasser- und Wärme Kapazität, Adsorptionserscheinungen usw. Die spezifische, auf den Huminsäuregehalt des Materials begründete Wirkung der Braunkohle läßt sich in diesen Fällen nicht feststellen. Die Braunkohledüngung ist also in erster Linie, abgesehen von den erwähnten, unter Umständen mitwirkenden Faktoren, eine Humindüngung, nur Kohlen, die freie Huminsäure oder huminsaure Verbindungen enthalten, sind in gleicher Weise wirksam.

In welcher Weise ist die Wirkung der Huminsäure pflanzenphysiologisch zu erklären? In der Praxis können verschiedene Faktoren, die vorstehend erwähnt wurden, das Wachstum günstig beeinflussen. Bei Versuchen mit reiner Huminsäure bzw. huminsauren Verbindungen aber lassen sich alle die angeführten Faktoren vollkommen

ausschalten, und dennoch zeigt sich eine sehr große Wachstumssteigerung. Die Huminsäure muß also eine bestimmte „Reizwirkung“ auf die Zelle der höheren Pflanzen ausüben, in ähnlicher Weise, wie das schon für Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) bekannt ist. In einer Vortragssitzung im Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung in Mülheim (Ruhr) im März dieses Jahres zeigte ich z. B., daß man durch Zusatz geringer Mengen von Huminverbindungen, die aus rheinischer Braunkohle hergestellt waren, zu gärender Hefe eine große Beschleunigung des Gärprozesses erzielen kann, eine Feststellung, die später von anderer Seite als neues Hilfsmittel für die Gärungstechnik vorgeschlagen wurde. Genau so, wie man die Lebenstätigkeit niederer Organismen durch oft sehr geringe Mengen von Huminsubstanzen sehr stark steigern kann, wird die Zelle höherer Pflanzen durch diese zweifellos in irgendeiner Weise beeinflußt.

Über die Art und Wirkung des „Reizes“ sind hier seit einiger Zeit umfangreiche Untersuchungen im Gange. Die „Reizwirkung“ der Braunkohle bleibt bei Änderung aller in Frage kommenden, biologisch wichtigen Außenbedingungen (Wasserstoffionenkonzentration, Variierung der Nährsalze, besonders der Stickstoffquellen usw.) innerhalb weiter Grenzen konstant. Der einzige Faktor, der sich bei Änderung der Außenbedingungen ebenfalls nicht ändert, sind bestimmte kolloidchemische Eigenschaften der huminsäurehaltigen Lösungen. Schon Zusätze minimaler Mengen von Huminverbindungen zu den verschiedensten Nährlösungen beeinflussen weitgehend die Quellbarkeit der Plasmamembran. Wahrscheinlich besteht die Reizwirkung darin, daß die Membran für die Aufnahme von wichtigen Nährstoffen geeigneter gemacht wird. Die Nährstoffe werden in huminhaltigen Substraten besser von der Zelle aufgenommen als in huminfreien. Über diese Untersuchungen wird später genauer berichtet.

Aus dieser Feststellung lassen sich Versuchsergebnisse erklären, die sonst kaum verständlich wären. Wir erhielten z. B. in einem Versuch mit Tabakpflanzen, die mit Ammonnitrat gedüngt wurden, dadurch, daß wir den Kulturgefäßen mit 3 kg Erde 7 mg nitro-huminsaures Ammon zusetzen, 68% Mehrertrag, bei Zusatz von 70 mg nitro-huminsaurem Ammon 136% Mehrertrag, wobei die Gesamtstickstoffmenge auf denselben Wert eingestellt war. Die Menge der zugesetzten Huminverbindungen ist so gering, daß man nach den bisherigen Ansichten über die Dungewirkung den Erfolg kaum erklären könnte.

Unsere Untersuchungen über die Wirkung von Braunkohlen als Düngemittel ergaben jedenfalls, daß die Kohle selbst, abgesehen von den geringen Stickstoff- und Kohlenstoffmengen, die gelegentlich wachstumsfördernd wirken können, einen eigentlichen Pflanzennährstoff nicht darstellt. Wirksam in der Kohle sind in erster Linie die Huminsäure bzw. deren Verbindungen. Die Wirkung ist, soweit die bisher durchgeführten Untersuchungen erkennen lassen, auf eine kolloidchemische Beeinflussung der Plasmamembran der Pflanzen zurückzuführen. Die Membran wird schon durch sehr geringe Huminmengen so beeinflußt, daß Nährstoffe, insbesondere Stickstoffverbindungen, besser aufgenommen werden können als huminfreie Substrate.

Es fragt sich nun, welche Aussichten die Kohledüngung für die landwirtschaftliche Praxis bietet. Daß man mit Rohbraunkohle Ertragssteigerungen bei Kulturpflanzen erzielen kann, steht außer Frage. Ausschlaggebend für die Praxis ist das Verhältnis des Kohlepreises zur erzielten Mehrernte. Rohbraunkohle ab

Grube dürfte heute etwa zu einem Preise von 2,50 M. pro Tonne abgegeben werden. Kissel beschreibt z. B., daß er 2,5 bis 10 t pro Hektar gegeben hat, nach unseren bisherigen Versuchen ist aber anzunehmen, daß man schon mit geringeren Mengen, etwa 6 bis 10 Zentner pro Morgen, gute Erfolge erwarten kann. Selbstverständlich wird, wie bei allen Düngemitteln, die Art und Zusammensetzung des Bodens für die anzuwendende Kohlemenge von ausschlaggebender Bedeutung sein. Untersuchungen darüber, wie weit man bei unseren derzeitigen landwirtschaftlichen Verhältnissen Rohbraunkohle als Düngemittel vorteilhaft verwerten kann, sind zur Zeit mit verschiedenen Feldversuchen im Gange.

Weit aussichtsreicher für die praktische Verwertbarkeit sind Versuche, die Kohle nicht in rohem Zustande, sondern in präparierter Form zu Düngezwecken zu verwenden. Die Rohkohle, die zweifellos wachstumsfördernde Bestandteile enthält, hat daneben auch Eigenschaften, die wachstumshemmend wirken. Zunächst ist als hemmend die reine Säurewirkung zu nennen, die auf bestimmten Böden bei größeren Kohlegaben schon Schädigungen hervorrufen kann. Weiter besitzt die frische Rohkohle ein starkes Reduktionsvermögen, das sich in dem Maße steigert, in dem sie sich im Boden mit Alkali absättigt. Stark mit Rohkohle versetztem Boden wird eine nicht unbedeutliche Menge von Sauerstoff entzogen. Daß die angegebenen Hemmungsfaktoren unter natürlichen Verhältnissen stark in Erscheinung treten, kann man daran erkennen, daß in Braunkohlen-tagebauen mit viel Kohle versetzter Boden fast frei von jeder Vegetation ist. Die einzige höhere Pflanze, die

größere Mengen von Braunkohle verträgt, ist der Huf-lattig (*Tussilago farfara*).

Man kann die hemmenden Eigenschaften der Rohkohle ohne weiteres beseitigen durch Absättigen mit Alkali, am zweckmäßigsten mit Ammoniak. Man erhält dann ein Produkt mit etwa 4% Stickstoff, der Säurecharakter ist verschwunden und auch das Reduktionsvermögen, da die neutralisierte Kohle sich an der Luft sehr rasch mit Sauerstoff absättigt. Mit solchen Produkten ließen sich mit verhältnismäßig geringen Gaben große Ertragssteigerungen erzielen, die bei gleichen Stickstoffmengen die Ertragssteigerungen der üblichen N-Dünger weit übertrafen. Wie weit eine praktische Anwendung in Frage kommt, werden Feldversuche zeigen, die ebenfalls in größerem Umfange im Gange sind.

Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen besteht jedenfalls durchaus die Möglichkeit, daß die Kohledüngung in absehbarer Zeit eine wesentliche Rolle in der landwirtschaftlichen Praxis spielen wird.

Literatur. [A. 194.]

1. Kissel, Transactions of the Fuel Conference, London 1928, Vol. I, p. 80.
2. Vouk, Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, Math.-nat. Klasse, 103 [1931].
3. Lieske, Brennstoff-Chem. 12, 81—85 [1931].
4. Lieske, ebenda 12, 426—434 [1931].
5. Kissel, ebenda 11, 257 [1930].
6. Kissel, ebenda 12, 101—107, 245—251 [1931].
7. Olsen, Comp. rend. Lab. Carlsberg 18, Nr. 1 [1930].
8. Bottomley, Annals of Botany 28, 501 [1914]; 34, 345, 353 [1920]; 38, 723 [1924]. Proceed. Roy. Soc., London (B) 91, 83 [1920]. Biochemical Journ. 14, 432 [1920].

## Untersuchung der Düngewirkung von Steinkohle durch Wilh. Aug. Lampadius.

Von LEO ECK, Dortmund.

(Eingeg. 5. September 1931.)

Wilh. Aug. Lampadius (1772—1842), außerordentlicher öffentlicher Professor der Chemie an der Kursächsischen Bergakademie, Chemiker bey dem Freyberger Hüttenwesen, ist auch einem größeren Kreis als der Entdecker des Schwefelkohlenstoffes und durch seine Verdienste um die Gewinnung des Rübenzuckers und um die Leuchtgasherstellung bekannt. Darüber hinaus hat er aber als Mineraloge und Hüttenchemiker eine außerordentlich fruchtbare Tätigkeit entfaltet. Ich möchte im folgenden einen kurzen Auszug aus einem Aufsatz geben, der in seiner „Sammlung praktisch-chemischer Abhandlungen und vermischter Bemerkungen“ enthalten ist<sup>1)</sup> und zeigt, mit welcher Gründlichkeit und mit welchem Weitblick schon lange vor Liebig agrikulturchemische Fragen behandelt wurden<sup>2)</sup>. Diese Veröffentlichung ist auch heute noch lebenswert, behandelt sie doch das jetzt wieder vielbeachtete Problem der Düngung mit Kohle<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Dresden, 1795—97, S. 205—216. Einige Versuche mit einer Steinkohle in ökonomischer Hinsicht.

<sup>2)</sup> Auf Lampadius' Schaffen auf agrikulturchemischem Gebiet hat u. a. O. Nolte hingewiesen („Wilhelm August Lampadius, ein vergessener Agrikulturchemiker“, Ernährung d. Pflanze 22, 202/06, 213—17) und kürzlich noch Brunk in seiner Rede „Freiberg und die Chemie“, die er bei Übernahme des Rektorates der Bergakademie Freiberg am 13. 11. 30 gehalten hat. Vgl. Techn. Bl. H. 5 u. 8 [1931].

<sup>3)</sup> Siehe den vorstehenden Aufsatz von R. Lieske, weiterhin Lieske, Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Kohlen als Düngemittel, Brennstoffchem. 12, 81 [1931] und A. Kissel, Kurze Studie über die Ursache der erfolgreichen Wirkung von Braunkohle auf die Entwicklung von Nutzpflanzen, ebenda 11, 257 [1930]; ebenda 12, 101 [1931]; ebenda 12, 245 [1931].

Während seines Aufenthaltes in Radnitz in Böhmen untersuchte er auf Anraten des Grafen von Sternberg Steinkohlenasche mit dem Ziel, anderweitig verwertbare Stoffe daraus zu gewinnen und um festzustellen, ob sie nicht als solche zur Vermehrung des Pflanzenwachstums dienen könne. Außerdem stellte er Versuche darüber an, „ob nicht die rohe oder gebrannte Steinkohle die Fruchtbarkeit vermehre“.

Die untersuchte, auf der Herrschaft Radnitz gegrabene Kohle war „eine Art Pechkohle von im Bruch schwarzer, glänzender Farbe“ mit 11,56% Asche. Auf Grund der Analyse der Asche kam Lampadius zur Überzeugung, daß ihre Bestandteile dem Wachstum der Pflanzen dienlich sein könnten.

Mit folgenden künstlichen Böden stellte er nun regelrechte Vegetationsversuche an:

1. 3 Unzen<sup>4)</sup> gewöhnliche Gartenerde.
2. Dieselbe mit 4 Quentchen<sup>5)</sup> Steinkohlenasche.
3. Dieselbe mit 30 Gran<sup>6)</sup> einer der Zusammensetzung der Asche entsprechenden Salzmischung.
4. Dieselbe mit dem vierten Teil pulverisierter Steinkohle.
5. 3 Unzen Lehmerde.
6. Dieselbe mit dem vierten Teil pulverisierter Steinkohle.
7. Dieselbe mit dem vierten Teil gebrannter (abgeschwefelter) Steinkohle (Coaks).
8. 3 Unzen Gartenerde mit dem vierten Teil gebrannter Steinkohle.

<sup>4)</sup> 3 Unzen = 90 g.

<sup>5)</sup> 4 Quentchen = 15 g.

<sup>6)</sup> 30 Gran = 1,86 g.