

Klassische Texte der Wissenschaft

Georg Schwedt *Hrsg.*

Justus von Liebig
Die organische
Chemie in ihrer
Anwendung auf
Agricultur
und Physiologie



Springer Spektrum

Klassische Texte der Wissenschaft

Gründungsredakteur

Olaf Breidbach, Institut für Geschichte der Medizin, Universität Jena, Jena, Deutschland

Jürgen Jost, Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig,
Deutschland

Reihe herausgegeben von

Jürgen Jost, Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig,
Deutschland

Armin Stock, Zentrum für Geschichte der Psychologie, Universität Würzburg,
Würzburg, Deutschland

Die Reihe bietet zentrale Publikationen der Wissenschaftsentwicklung der Mathematik, Naturwissenschaften, Psychologie und Medizin in sorgfältig edierten, detailliert kommentierten und kompetent interpretierten Neuausgaben. In informativer und leicht lesbarer Form erschließen die von renommierten WissenschaftlerInnen stammenden Kommentare den historischen und wissenschaftlichen Hintergrund der Werke und schaffen so eine verlässliche Grundlage für Seminare an Universitäten, Fachhochschulen und Schulen wie auch zu einer ersten Orientierung für am Thema Interessierte.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/11468>

Georg Schwedt
(Hrsg.)

Justus von Liebig

Die organische Chemie in ihrer
Anwendung auf Agriculture und
Physiologie

Hrsg.
Georg Schwedt
Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland

ISSN 2522-865X ISSN 2522-8668 (electronic)
Klassische Texte der Wissenschaft
ISBN 978-3-662-62149-3 ISBN 978-3-662-62150-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62150-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Abdruck des Originaltextes mit freundlicher Genehmigung der Biodiversity Heritags Library Smithsonian Libraries

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Stefanie Wolf

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Kommentar von Georg Schwedt	1
1.1	Zur Biographie Liebig's	1
1.2	Aus der Geschichte der Agrikulturchemie	3
1.3	Zu den Vorgängern Liebig's	6
1.3.1	Johan Gottschalk Wallerius	6
1.3.2	Albrecht Thaer	7
1.3.3	Carl Sprengel	11
1.4	Liebig's Vorarbeiten: Von der <i>reinen</i> zur <i>angewandten Chemie</i>	13
1.4.1	Exkurs zur Elementaranalyse	14
1.5	Zum Inhalt von Liebig's Agrikulturchemie	15
1.6	Von Liebig genannte Naturforscher	17
1.7	Zur Verbreitung von Liebig's Werk	19
1.8	Kritische Stimmen – Rezensionen und weitere Entwicklungen bis heute	21
1.8.1	Liebig's 50 Thesen	23
1.8.2	Denk- und Streitschriften bis ins 21. Jahrhundert	30
2	Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculture und Physiologie	35



1.1 Zur Biographie Liebigs

Justus Liebig wurde am 12. Mai 1803 in Darmstadt als Sohn eines Materialisten (Drogisten) geboren. 1817/1818 war er nach dem Abbruch seiner Gymnasialausbildung als Lehrling in der Apotheke in Heppenheim an der Bergstraße tätig. Er beendete die Lehre jedoch nicht, sondern begann ein Chemiestudium an der 1818 gegründeten preußischen Universität in Bonn bei Karl Wilhelm Kastner (1783–1857), dem er nach dessen Berufung an die Universität in Erlangen folgte.¹ Vermutlich ermöglichte Kastner selbst, der geschäftliche und persönliche Beziehungen zu Liebigs Vater hatte, dem Sohn ohne Abitur die Zulassung zum Studium. Auch war die noch junge Bonner Universität wohl liberaler als die Universitäten mit langer Tradition. Wegen seiner Mitgliedschaft in einer verbotenen Burschenschaft und der Teilnahme an Studentendemonstrationen in Erlangen musste er die Stadt verlassen und kehrte 1822 nach Darmstadt zurück. Auf Empfehlung Kastners konnte er mit einem Stipendium des Großherzogs Ludwig I. von Hessen-Darmstadt (1753–1830) sein Studium in Paris fortsetzen, wo er Vorlesungen u. a. bei Dulong, Thénard und Gay-Lussac hörte. Liebig führte dort seine Untersuchungen über das Knallquecksilber fort und isolierte die Knallsäure (Fulminsäure). Gay-Lussac stellte Liebigs Untersuchungen am 28. Juli 1823 in einer Sitzung der Pariser Akademie der Wissenschaften vor. Auch Alexander von Humboldt nahm an dieser Sitzung teil und empfahl Liebig daraufhin dem Großherzog Ludwig I. für eine Professur an der

¹ Schwedt, G.: Chemische Briefe aus einem Lustschloss. Justus Liebig als Student im Schloss Clemensruhe in Bonn-Poppelsdorf, Shaker, Aachen 2012.



Justus Liebig's chemisches Laboratorium auf dem Seltersberg zu Gießen um das Jahr 1840.

Abb. 1.1 Chemisches Laboratorium Gießen. (© Archivist/stock.adobe.com)

Universität in Gießen. In absentia war Liebig inzwischen an der Universität Erlangen promoviert worden.

Am 24. Mai 1824 wurde Liebig mit gerade 22 Jahren zum Extraordinarius – und 1825 zum Ordinarius – für Chemie in Gießen ernannt. Auf Vortragsreisen in Frankreich und England erwarb er sich auch internationales Ansehen. In Gießen erweiterte er ein ehemaliges Wachhaus zu einem Unterrichts- und Forschungslaboratorium (Abb. 1.1), das Studenten aus vielen Ländern anzog.²

1831 entwickelte er seinen Fünf-Kugel-Apparat zur quantitativen Elementaranalyse, der später noch genau beschrieben wird, als eine der Voraussetzungen für die sich in seiner Zeit rasch entwickelnde organische Chemie. 1837 berichtete er in England auf Einladung der British Association for the Advancement of Sciences in Liverpool über den Stand der organischen Chemie und Analytik.

1840 erschien sein Werk *Die organische Chemie und ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Mit diesem Werk begründete Liebig die Agrikulturchemie – auch auf der Grundlage quantitativer Analysenergebnisse. Darin formulierte er u. a. seine Gedanken zu einem Kohlenstoffkreislauf und postulierte sein Gesetz des Minimums im Hinblick auf eine optimale Pflanzenernährung.

²Schwedt, G.: Liebig und seine Schüler, Springer, Heidelberg 2003.

1852 wurde Liebig an die Universität in München berufen, wo er vor allem seine Forschungen in der angewandten organischen Chemie fortsetzte – so zur Entsäuerung des Roggenbrottes, zum Backpulver, zur Säuglingsnahrung und zum Fleischextrakt – *einer neuen Fleischbrühe für Kranke*, nach ihm „Liebig’s Fleischextrakt“ genannt (und bis heute im Handel). Eine der ersten Biographien Liebigs verfasste sein Schüler und Assistent Jacob Volhard (1834–1910; mit Professuren ab 1869 in München, Erlangen zuletzt ab 1882 bis 1908 in Halle).³ In München konnte er ein neues Institut erbauen lassen, führte dort öffentliche Experimentalvorlesungen ein und setzte seine schriftstellerischen Arbeiten fort (Abb. 1.2).

1.2 Aus der Geschichte der Agrikulturchemie

Die frühesten Beschreibungen zur Anwendung organischer Dünger im Ackerbau bzw. für die Pflanzenernährung sind schon in der Antike zu finden. So verwendeten die Babylonier Stallmist und Gülle sowie auch Kompost, die Ägypter Nilschlamm aus Überschwemmungen, der sowohl Mineralstoffe als auch organische Stoffe enthält. Um 800 v. Chr. erwähnte Homer in seiner *Odyssee* Kuhdung als Düngemittel, und Plinius der Ältere (23–79 n. Chr.) beschrieb in seinem Werk *Naturalis historia* die Gründüngung bei den Römern, die u. a. Hülsenfrüchte wie Ackerbohnen unterpflügten. Die Grundlagen für die optimale Düngung lieferten auch die Erkenntnisse aus der Pflanzenernährung.^{4,5} 1620 führte Johan Baptista van Helmont Vegetationsversuche mit Wasser als Nährstoff durch. 1770 erkannte Carl Wilhelm Scheele, dass Pflanzen Kohlenstoffdioxid produzieren. Joseph Priestley stellte 1775 fest, dass Pflanzen auch Sauerstoff ausscheiden, und Jan Ingenhouz konnte 1779 experimentell den Einfluss von Licht auf den Gasstoffwechsel von Pflanzen ermitteln. Die erste quantitative Aufklärung der Photosynthese gelang 1804 Nicolas Théodore de Saussure.

Bereits Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794), mit dessen Wirken in der Chemiegeschichte die Phase der Chemie als Wissenschaft beginnt, beschäftigte sich als auch „praktizierender Landwirt“ auf seinem Landgut mit agronomischen Experimenten. Durch den Anbau von Futterpflanzen (Leguminosen) schuf er die Voraussetzung für

³Volhard, J.: Justus von Liebig, Barth, Leipzig 1906.

Weitere Biographien:

Kohut, A.: Justus von Liebig. Sein Leben und Wirken. Auf Grund der besten und zuverlässigsten Quellen geschildert, 2. Aufl., Roth, Gießen 1906.

Strube, W.: Justus Liebig. Eine Biographie, Sax, Beucha 1998.

Brock, W.H.: Justus von Liebig. Eine Biographie des großen Wissenschaftlers und Europäers, Vieweg, Braunschweig 1999.

⁴Brock, W. H.: Viewegs Geschichte der Chemie, Braunschweig u. Wiesbaden 1997.

⁵Siehe Fußnote 1.

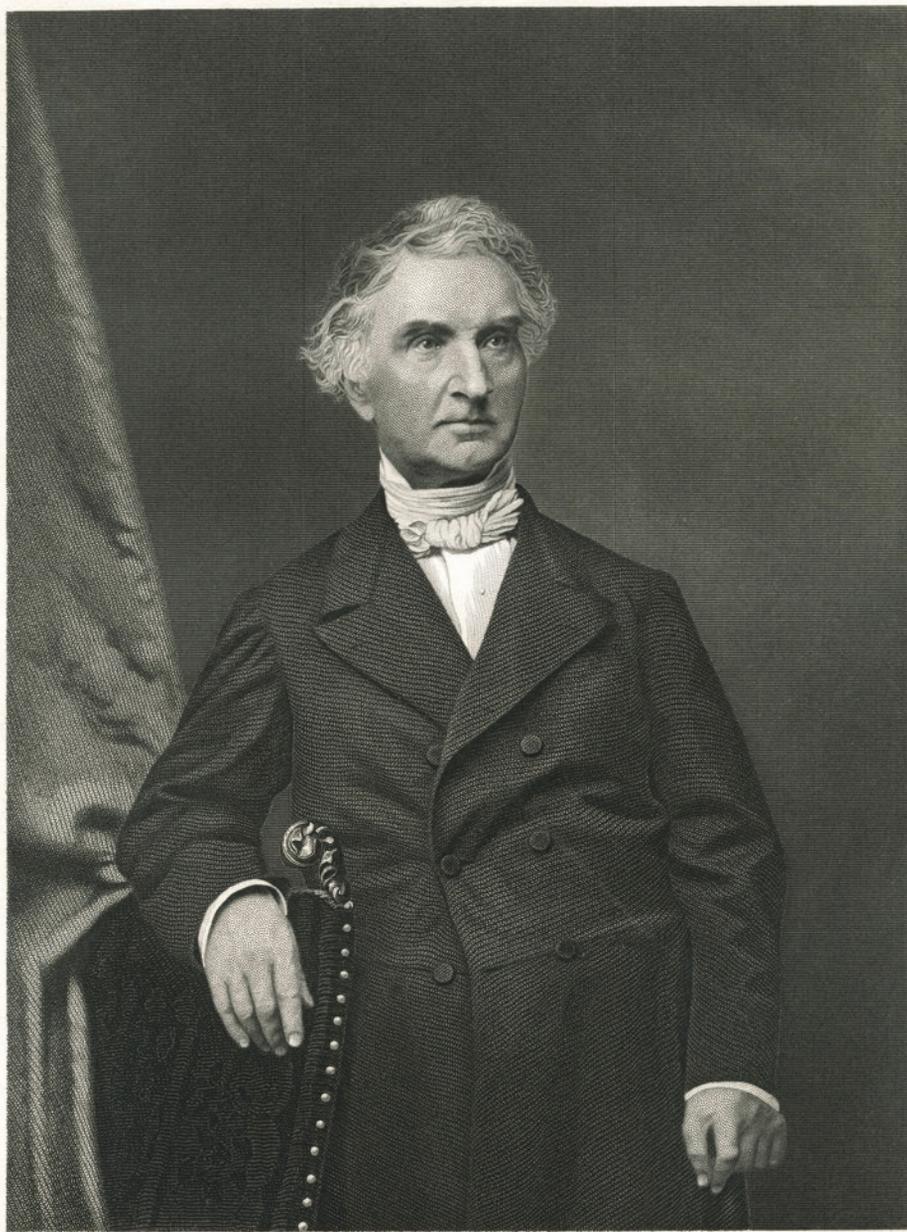


Abb. 1.2 Porträt Liebig. (© JT Vintage/Glasshouse Images/picture alliance)

eine Erhöhung des Viehbestandes und damit auch für eine höhere natürliche Dünger-



Abb. 1.3 Porträt Wallerius

produktion.⁶ Zu den Vorläufern von Liebig's Agrikulturchemie aus dem Bereich der Chemiker wird auch Humphrey Davy (1778–1829) gezählt, der vor dem britischen Board of Agriculture acht Vorlesungen mit dem Titel „Elements of Agricultural Chemistry“ hielt. 1814 erschien – mit Anmerkungen einer Vorrede von Albrecht Thaer – auch eine deutsche Ausgabe mit dem Titel „Elemente der Agricultur-Chemie ...“. Durch Davy's Vorlesungen wurde auch Sigismund Hermbstaed (1760–1833) angeregt, sein *Archiv der Agrikulturchemie* von 1803 bis 1818 herauszugeben, in dem er Veröffentlichungen aus dem gesamten europäischen Raum publizierte und kommentierte. Und schließlich wurde die Bezeichnung *Agrikulturchemie* auch von dem Erfurter Apotheker Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770–1837) in den Titel seines Lehrbuches *Anfangsgründe der Agrikulturchemie* (1816) mit den Kapiteln Pflanzenernährung, Bodenkunde und Düngerlehre übernommen.⁷

⁶Schwenke, K. D.: Lavoisier und die Anfänge der Agrikulturchemie, in: *Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Chemiker/Fachgruppe Geschichte der Chemie* 22 (2012), 20–36 – mit ausführlichen Quellenangaben.

⁷Siehe Fußnote 6.

1.3 Zu den Vorgängern Liebig's

1.3.1 Johan Gottschalk Wallerius

1761 veröffentlichte Johan Gottschalk Walerijs (1709–1785) seine *Agriculturae Fundamenta Chemica*, die als ein erster Meilenstein in der Geschichte der Agrikulturchemie bzw. „als das erste umfassende Beispiel einer konzeptionellen agrochemischen Forschung angesehen werden“.⁸

Wallerius war ein schwedischer Chemiker, auch Metallurge und Mineraloge. Er hatte ab 1725 an der Universität Uppsala Mathematik, Physik sowie Medizin studiert, wurde 1731 zum philosophischen Magister promoviert, setzte seine medizinische Ausbildung in Lund fort und erwarb 1732 den Doktor der Medizin. 1749 erhielt er den neu eingerichteten Lehrstuhl für Chemie, Metallurgie und Pharmazie an der Universität Uppsala. 1751 prägte er die auch für Liebig wesentliche begriffliche Unterscheidung der Wissenschaften in eine „reine“ und eine „angewandte“ Form – in der Chemie als *chemia pura* bzw. *chemia applicata*. 1767 musste er wegen einer chronischen Erkrankung seine Lehrtätigkeit aufgeben, zog sich auf sein Landgut bei Alsike (Provinz Uppsala, Hauptort der Gemeinde Knivsta) zurück und begann sich intensiv mit Fragestellungen der Landwirtschaft zu beschäftigen (Abb. 1.3). Seine Untersuchungs- und Beobachtungsergebnisse publizierte er als (übersetzt) *Beobachtungen bei der Landwirtschaft durchgeführt über 30 Jahre, 1747–1777*.

Die *Agrikulturchemie* von Wallerius aus dem Jahr 1761 wurde bereits von Johann Friedrich Gmelin (1748–1804; Professor in Göttingen ab 1773) in seiner *Geschichte der Chemie*⁹ gelobt:

„Selbst auf die Landwirtschaft, und vornehmlich auf den Feldbau fieng man an die Chemie anzuwenden, aus der Beschaffenheit der Erde den Einfluss des Bodens auf das Gedeihen der Gewächse zu beurtheilen und darinn die Mittel zu seiner Verbesserung zu suchen; der upsalische Lehrer J. G. Wallerius bemühte sich nicht nur darzuthun, was jeder Bestandtheil der Pflanzen zum Wachsthum derselben beitrage, ... spürte ... der Ursache von der Unfruchtbarkeit der Felder, und dem Einflusse des Salz- und Thonbodens auf die Fruchtbarkeit nach, sondern entwarf auch chemische Grundsätze des Feldbaus, die sich auf die Natur der verschiedenen Bestandtheile in den Pflanzen und auf die Beschaffenheit der Erde, worinn die Pflanzen stehen, stützen, und suchte darinn die Mittel, den Boden zu verbessern, auf.“

⁸Hahn, Ch.: Eine frühe Konzeption der Agrikulturchemie: Johan Gottschalk Wallerius' „*Agriculturae Fundamenta Chemica*“ (1761), Mitteilungen Gesellschaft Deutscher Chemiker/Fachgruppe Geschichte der Chemie (Frankfurt/Main), Band 25, 57–73, 2017 (weitere Literaturangaben dort).

⁹Gmelin, J. F.: Geschichte der Chemie seit dem Wiederaufleben der Wissenschaften bis an das Ende des 18. Jahrhunderts, Göttingen 1799, Bd. 3, S. 3.

Hahn charakterisiert Gmelins Beschreibung als „eine von Wallerius mit programmatischer Ausrichtung begründete Konzeption zur Anwendung der Chemie auf die Landwirtschaft“¹⁰.

Das Konzept geht davon aus, dass zunächst die aus der Literatur und eigenen chemischen Untersuchungen bekannten Grundstoffe des Pflanzenkörpers zu betrachten seien. Er nennt diese Wasser, Erde, Salz und Öl. Zur Pflanzenernährung bezieht er dann noch die Luft ein. Als Dünger definiert er Substanzen, die Fett und/oder Wasser enthalten. Aus seinen Ansätzen ergibt sich eine Art von Bodenbearbeitungslehre: Ein jeder Boden sei seiner chemischen und physikalischen Zusammensetzung entsprechend so stark zu pflügen, zu vermengen, zu düngen, dass er ausreichend Nahrung aus der Luft aufnehmen und in sich behalten könne.

Hahn stellt schließlich fest, dass diese „Konzeption einer Pflanzenernährungslehre (noch) auf Grundlagen und Denkart der Chemie [fußte], welche bereits zwei Jahrzehnte später fundamental erneuert, gar gänzlich verworfen wurde.“¹¹

Wallerius beschrieb ein qualitatives Konzept, ohne sich auf quantitative Analysen beziehen zu können. Jedoch fand sein Werk in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bis in das erste Viertel des 19. Jahrhunderts auch durch Übersetzungen eine große Verbreitung. Auf Deutsch erschien das Buch erstmalig 1764 in Berlin, 1765 in Bern, 1770 in Graz; auf Französisch in Yverdon 1766 und Paris 1774; auf Englisch 1770 in London; eine neue Auflage auf Schwedisch 1778 und die vierte Auflage einer englischen Neuveröffentlichung 1824.¹²

1.3.2 Albrecht Thaer

Albrecht Daniel Thaer (1782–1828) ließ sich nach einem Medizinstudium in Göttingen 1774 als Arzt in seiner Heimatstadt Celle nieder, wurde 1778 Stadtphysikus, 1780 zum Kurfürstlichen Hofmedicus ernannt und begann sich für Fragen der Landwirtschaft zu interessieren. Er trat 1784 der Königlichen Hannoverschen Landwirtschaftsgesellschaft in Celle bei und erwarb 1786 ein etwa 32 Hektar großes landwirtschaftliches Anwesen bei Celle in der Nähe der Aller. In dieser Zeit beschäftigte er sich insbesondere mit der englischen Fachliteratur. Sein Anwesen entwickelte sich zu einem landwirtschaftlichen Musterbetrieb. Zwischen 1798 und 1804 veröffentlichte er seine Erkenntnisse als *Einleitung zur Kenntniß der englischen Landwirtschaft...* in drei Bänden.¹³ Landwirtschaft-

¹⁰ Siehe Fußnote 8.

¹¹ Hahn in⁴ S. 68 bzw. 69.

¹² Siehe Fußnote 11,

¹³ Digitalisiert: *Einleitung zur Kenntniß der englischen Landwirtschaft und ihrer neueren practischen und theoretischen Fortschritte in Rücksicht auf Vervollkommnung deutscher Landwirtschaft für denkende Landwirthe und Cameralisten*, 1. Band, 2. verb. Aufl., Hannover 1801; Zweyter Band erste Abtheilung und zweyter Abtheilung, Hannover 1801; Dritter und letzter Band, Hannover 1804 – s. Albrecht Daniel Thaer – Wikisource.



Abb. 1.4 Porträt Thaer. (© Collection Abecasis/Science Photo Library)

liche „Bildungsreisen“ führten ihn um 1800 in die Mark Brandenburg. 1804 übersiedelte er nach Preußen und kaufte das Gut Möglin (heute mit einem Museum in der Nähe von Wrietzen) mit dem im Oderbruch gelegenen Vorwerk Königshof. Die Begründung für seine Übersiedlung nach Preußen lautet:

„Die mit der französischen Besetzung verbundenen Belastungen, die Verweigerung, die Domäne Weende bei Göttingen zu pachten und das Werben durch den Minister Hardenberg und den Landrat v. Itzenplitz, veranlassten ihn, das Angebot des preußischen Königs, Friedrich Wilhelm III. anzunehmen.“¹⁴ 1806 eröffnete Thaer seine landwirtschaftliche Lehranstalt in Möglin. 1809 bis 1812 erschien sein Hauptwerk *Grundsätze*

¹⁴Fördergesellschaft Albrecht Daniel Thaer (Hrsg.), Ausstellungskatalog Albrecht Daniel Thaer. 14.05.1752–26.10.1828, überarbeitete Aufl. 2002.

der *rationellen Landwirtschaft* in vier Bänden¹⁵. An die neu gegründete Berliner Universität wurde er 1810 zum ao. Professor für Kameralwissenschaften berufen. Kameralwissenschaften waren zur Zeit des Absolutismus eine alle Bereiche der öffentlichen Verwaltung umfassende praktische, d. h. angewandte Lehre (Abb. 1.4).

Die wesentlichen Inhalte in Bezug auf Liebig sind u. a.:

Die *Bodenqualität* wird durch die Zusammensetzung des Bodens (z. B. Sand, Lehm, Humus) und den Düngerstand, von Thaer als „Kraft des Bodens“ bezeichnet, bestimmt.¹⁶ Auch die Pflanzenernährung spielt in Thaers Werken eine wichtige Rolle. In seiner *Einleitung zur Kenntniß der englischen Landwirthschaft...* stellte er bereits fest: „Um diejenigen Stoffe aufzumitteln, welche die Nahrungstheile der organischen Körper ausmachen, müssen wir erst die einfacheren Stoffe, woraus sie bestehen, kennen lernen. Diese sind nach zuverlässigen Untersuchungen theils flüchtige Carbon (Kohlenstoff), Hydrogen (Wasserstoff), Oxygen (Sauerstoff) und Azote (Stickstoff) – theils feste oder feuerbeständige Erden, Alkali, phosphorsaure Grundlage und ein wenig Eisen.“¹⁷

In den *Grundsätzen der rationellen Landwirtschaft* konstatierte Thaer: „Obwohl uns die Natur verschiedene anorganische Materialien anbietet, wodurch die Vegetation ... belebt und verstärkt werden kann, so ist es doch eigentlich nur der thierisch-vegetabilische Dünger oder jener im gerechten Zustande der Zersetzbarkeit befindliche Moder (Humus), welcher den Pflanzen den wesentlichsten und nothwendigsten Theil der Nahrung giebt.“¹⁸

1.3.2.1 Zur Humustheorie

Die Humustheorie stammt zwar nicht von Thaer, er hat sie jedoch aufgegriffen und weiterentwickelt. Der griechische Philosoph Aistoteles (384–322 v. Chr.) formulierte die Aussage, nach der eine Pflanze sich aus dem Humus (organischer Substanz) ernähre und die Bodenfruchtbarkeit vom Humusgehalt abhängig sei. Der Universalgelehrte Jean-Henri Hassenfratz (1755–1827; französischer Mineraloge, Physiker, Chemiker und Politiker) vertrat die Ansicht, dass eine Pflanze ihren Bedarf an Kohlenstoff nicht aus der Luft entnimmt, sondern aus den dunkel gefärbten Humusstoffen des Bodens. Thaer griff diese Theorie auf und bezeichnete Mineralstoffe nur als „Reizstoffe“ der Pflanzenentwicklung.

¹⁵Erschienen in der Realschulbuchhandlung Berlin 1809–1812 – digitalisiert s. Thaer/Wikisource.

¹⁶Siehe Fußnote 10.

¹⁷Töter, H.: Albrecht Daniel Thaer und die Entwicklung zum modernen Landbau, S. 118; in: Panne, K. (Hrsg.): Albrecht Daniel Thaer – Der Mann gehört der Welt. Begleitpublikation zur gleichnamigen Ausstellung im Bomann-Museum Celle zum 250. Geburtstag von Albrecht Daniel Thaer, Celle 2002 – dort zitiert n. Schulze, F. G.: Thaer oder Liebig? Versuch einer wissenschaftlichen Prüfung der Ackerbautheorie des Herrn von Liebig, besonders dessen Mineraldünger betreffend, Jena 1846.

¹⁸a.o.O. S. 119 (Thaer (1800), S. 138.



Abb. 1.5 Porträt Sprengel

Einige seiner wesentlichen Aussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Der Boden ist ein Gemenge aus Kiesel-, Kalk-, Ton- und Bittererde, zu denen als fünfter Bestandteil Humus hinzukommt. „Die vegetabilisch-animalische Materie wird, wenn das Leben sie verlassen hat, durch den fauligen Gährungsprozeß – wenn anders die Bedingungen desselben nicht fehlen – zersetzt und das Produkt desselben ist der Moder.“¹⁹ Die eigentliche Kernaussage von Thaers weiterentwickelter Humustheorie bestand darin, dass ein Teil des Humus in organischer Form der wichtigste Nährstoff für die Pflanzen sei. „Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt eigentlich ganz von ihm [dem

¹⁹Zitiert nach: Klemm V. u. Meyer, G.: Albrecht Daniel Thaer. Pionier der Landwirtschaftswissenschaften in Deutschland, Halle (Saale) 1968, Abschn. 8.2.2 Vertreter der Humustheorie, S. 111 ff.

Humus] ab, denn außer dem Wasser ist er es allein, was den Pflanzen im Boden Nahrung giebt.“ Und: „Der Humus hat ... weniger Oxygen aber mehr Kohlenstoff und Azot als die Gewächse, woraus er entstand. ... Er steht besonders in beständiger Wechselwirkung mit der atmosphärischen Luft. ... Durch die Erzeugung von kohlenurem Gas wirkt der Humus wahrscheinlich auf die Vegetation.“²⁰

Diese Aussagen lassen erste quantitative Ansätze erkennen, wobei er sich hier noch auf Analysen des Schweizer Naturforschers Nicolas Théodore de Saussure (1767–1845) bezieht. Bekannt ist jedoch, dass 1818 zu seinem Lehrinstitut bereits ein eigenes agrikulturchemisches Laboratorium für Bodenanalysen gehörte.²¹

1.3.3 Carl Sprengel

Philipp Carl Sprengel (1787–1859) verbrachte die Jugend auf dem Halbmeierhof seines Vaters in Schillerslage (Burgdorf bei Hannover). Mit 15 Jahren wurde er einer der ersten Schüler von Thaer in dem 1802 in Celle gegründeten landwirtschaftlichen Lehrinstitut. Er folgte Thaer 1804 nach Möglin, wo er 1808 als Wirtschaftsinspektor des Mögliner Gutsbetriebes ausschied und danach in Gutsbetrieben in der Oberlausitz, in Thüringen, Schlesien und Sachsen tätig wurde. In den Wintermonaten hörte er in Dresden auch Vorlesungen zur Chemie. Von 1817 bis 1820 unternahm er ausgedehnte Studienreisen. Aufgrund seiner umfassenden praktischen Erfahrungen war er überzeugt, dass die neuesten Erkenntnisse der Naturwissenschaften für die landwirtschaftliche Praxis eingesetzt werden sollten. Er studierte in Göttingen Chemie, Physik, Botanik, Mineralogie, Geologie und Mathematik von 1821 bis 1823 und promovierte zum Dr. phil., arbeitete danach im Labor des Chemikers Friedrich Stromeyer, habilitierte sich 1826 und lehrte als Privatdozent Agrikulturchemie. 1826 widerlegte er die bis dahin geltende Humustheorie, indem er nachwies, dass die Wirkung auf die darin enthaltenen Nährstoffe, u. a. Mineralstoffe, zurückzuführen sei. Nach einer Tätigkeit als Professor am Collegium Carolinum in Braunschweig wurde er 1839 Generalsekretär der Pommerschen Ökonomischen Gesellschaft und zog nach Regenwalde (heute Resiko in Westpommern/Polen), wo er 1842 ein privates landwirtschaftliches Lehrinstitut (ab 1846 „Landbau-Academie zu Regenwalde“) gründete, dort großflächige Düngerversuche durchführte und auch eine

²⁰Thaer, A.: Grundsätze s. 1³, 3. Hptst. § 112. S. 403 bzw. § 110, S. 402 – zitiert nach¹⁷.

²¹Siehe in¹⁷ S. 154.

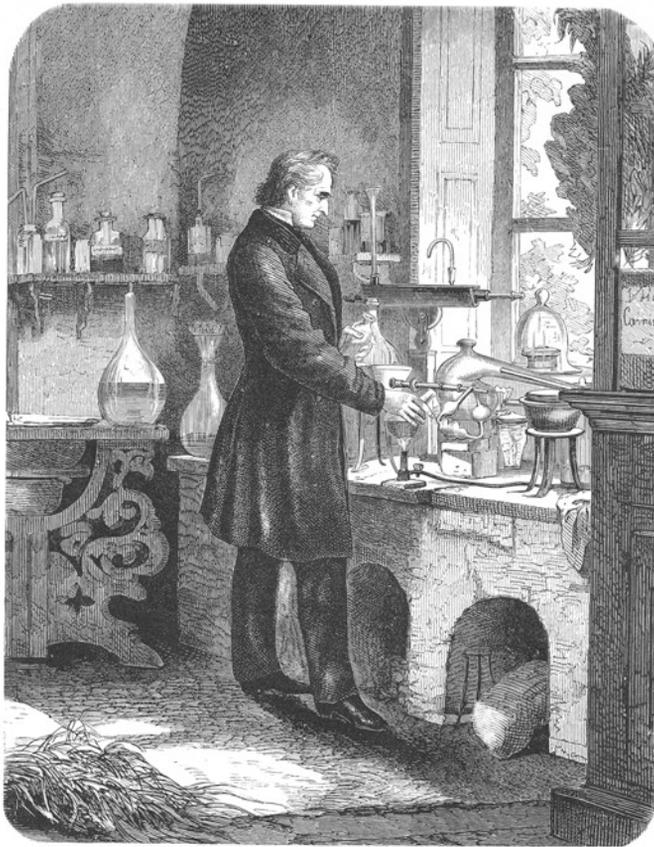


Abb. 1.6 Liebig in seinem Labor mit Fünf-Kugel-Apparat und Verbrennungsapparatur. (© Ann Ronan Picture Library/Photo12/picture alliance)

Ackergerätefabrik gründete (Abb. 1.5). Seine wichtigsten Werke erschienen 1837 (zur Bodenkunde²²) und 1839 (zur Düngerlehre²³).

Diese Werke blieben lange Zeit wenig beachtet. Erst der Agrikulturchemiker und Bodenkundler Fritz Giesecke (1896–1958), zuletzt Direktor der Landwirtschaftlichen

²² Sprengel, C.: Die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden, nebst einer vollständigen Anleitung der chemischen Analyse der Ackererden und den Resultaten von 170 chemisch untersuchten Bodenarten aus Deutschland, Belgien, England, Frankreich, der Schweiz, Ungarn, Rußland, Schweden, Ostindien, Westindien und Nordamerika – Ein Handbuch für Landwirthe, Forstmänner, Gärtner, Boniteure und Theilungsscommissäre, Leipzig 1837.

²³ Sprengel, C.: Die Lehre vom Dünger oder Beschreibung aller bei der Landwirthschaft gebräuchlicher vegetabilischer, animalischer und mineralischer Düngematerialien, nebst Erklärung ihrer Wirkungsart, Leipzig 1839.

Untersuchungs- und Forschungsanstalt in Braunschweig, würdigte 1952 die Verdienste Spenglers in einer Festschrift, nachdem bereits 1950 die Dissertation seines Schülers G. Wendt erschienen war, die sich ausführlich mit Carl Sprengel befasste.²⁴

1.4 Liebigs Vorarbeiten: Von der *reinen* zur *angewandten* Chemie

Liebigs Biograf Adolph Kohut (1848–1917) zitierte Liebig selbst zu dessen Übergang zur angewandten Chemie wie folgt: „Nach 16 Jahren der angestrengtesten Thätigkeit stellte ich die gewonnenen Resultate, soweit sie Pflanze und das Thier betrafen, in meiner Chemie, angewandt auf Agrikultur und Physiologie, zwei Jahre darauf in meiner Thierchemie und die in anderen Richtungen gemachten Untersuchungen in meinen chemischen Briefen zusammen. Nicht in den Thatsachen, wohl aber in den Anschauungen der organischen Vorgänge wurden manche Fehler begangen; wir waren aber die ersten Pioniere in dem unbekanntem Gebiete, und die Schwierigkeiten, den rechten Weg einzuhalten, waren nicht immer überwindlich. Jetzt, wo die Wege der Untersuchung gebahnt sind, hat man es einen guten Theil leichter; aber all die wundervollen Entdeckungen, welche die neuere Zeit geboren hat, waren damals unsere Träume, deren Verwirklichung wir sicher und zweifellos entgegensahen.“²⁵

Mit den „Wegen der Untersuchung“ waren die von Liebig entwickelte Elementaranalyse sowie die Stickstoffanalyse von Liebigs Schülern Heinrich Will (1812–1890) und Franz Varrentrapp (1815–1877) gemeint (s. weiter unten).

Noch deutlicher formuliert fast ein halbes Jahrhundert später Richard Blunck (1895–1962; Schriftsteller, Publizist und Biograf) im Kapitel „Revolution in der Landwirtschaft“ Liebigs Wechsel zur angewandten Chemie:

„Am Ende der dreißiger Jahre war das Verfahren der organischen Analyse so abgeschlossen und erprobt, daß seine Handhabung nicht mehr weit entfernt war vom reinen Handwerk, und es wurde vollends dazu, als Will und Varrentrapp, Liebigs Schüler, 1841 ein Verfahren zur Stickstoffbestimmung fertigstellten, das gleich zuverlässig, schnell und einfach funktionierte wie der Fünfkugelapparat. Damit erlosch für Liebig selbst das Interesse an der Elementaranalyse. Der Weg war nun ausgetreten und für viele gangbar.“²⁶

²⁴Wendt, G.: Carl Sprengel und die von ihm geschaffene Mineraltheorie als Fundament der neuen Pflanzenernährungslehre, Dissertation math.-nat. Fakultät Universität Göttingen, (als Buch) Wolfenbüttel 1950.

²⁵Kohut*, A. – s. Anm. 3, S. 109–110.

*Adolph Kohut (1847–1917), deutsch-ungarischer Literatur- und Kulturhistoriker, Biograph.

²⁶Blunck, R.: Justus von Liebig. Die Lebensgeschichte eines Chemikers, Hamburg 1946, S. 131 ff.

1.4.1 Exkurs zur Elementaranalyse

Bei der Verbrennung (Oxidation) organischer Substanzen mit Sauerstoff entsteht Wasser(dampf) (aus dem Wasserstoff) und Kohlenstoffdioxid. Die Schwierigkeiten einer exakten, quantitativen Analyse bestehen darin, einerseits die Verbrennung vollständig durchzuführen und andererseits die Masse (Gewicht) des Wassers und des Kohlenstoffdioxids getrennt voneinander zu bestimmen. Zur Entwicklung von Sauerstoff wird Kupferoxid verwendet, das beim Erhitzen einen Teil des Sauerstoffs abgibt. Das Wasser wird in einem mit Calciumchlorid gefüllten Rohr gebunden und durch Auswaage ermittelt. Zur Bestimmung des Kohlenstoffdioxids entwickelte Liebig ein Verfahren, das Gas anstelle einer Volumenmessung (über Quecksilber) oder Absorption an festem Kaliumhydroxid in einer wässrigen Lösung (Kalilauge) aufzufangen. Mit der Konstruktion des Fünf-Kugel-Apparates gelang es Liebig, die bei der Verbrennung entstandenen Gase zu trennen: Sie strömen zunächst durch ein mit Calciumchlorid gefülltes Röhrchen, wo das Wasser absorbiert wird. Die Restgase werden in das mit Kalilauge gefüllte Gefäß geleitet (Abb. 1.6). W. Strube beschreibt in seiner Liebig-Biographie diese Apparatur sehr anschaulich und stellt fest: „Die Anordnung der Analysesubstanz in der horizontal liegenden Verbrennungsröhre übernahm Liebig von Berzelius, verbesserte sie aber dadurch, daß er die Röhre in eine mit verschiebbaren Segmenten versehene Blechwanne einlegte. Dadurch konnte er das Reaktionsrohr in Zonen unterteilt erhitzen, damit den Ablauf der Verbrennung beschleunigen oder verzögern. Die Elementaranalyse organischer Verbindungen, bis dahin eine Aufgabe für Spezialisten, wurde zur Routine.“²⁷

Eine Ergänzung der Elementaranalyse für die Bestimmung von Wasserstoff und Sauerstoff war die Stickstoffbestimmung seiner Schüler. Diese Bestimmung nach Will und Varrentrapp beruht auf der Umwandlung des Stickstoffs aus organischen Substanzen in Ammoniak. Die zu analysierende Substanz wird in einem Verbrennungsröhr mit einem Gemisch aus Kaliumhydroxid und Calciumhydroxid erhitzt. Bei Rotglut bildet sich aus Stickstoff Ammoniak, das in Salzsäure aufgefangen wird. Die quantitative Analyse erfolgte durch Ausfällung als Ammoniumplatinchlorid und Wägung. Bis zur Entwicklung der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl 1883 war dieses Verfahren allgemein im Gebrauch.

R. Blunck schrieb (an den oben zitierten Ausschnitt anschließend):

„Für Liebig war im Jahr 1840 die reine, die systematische organische Chemie in allem Wesentlichen vollendet. Man konnte jetzt in kürzester Zeit in Gruppenarbeit in seinem Laboratorium und anderswo sich Aufklärung über ganze Klassen von Körpern ver-

²⁷ Strube, W.: Justus Liebig. Eine Biographie, Beuchta 1998, S. 77–78.

schaffen und hatte Hoffnung, damit dem Geheimnis aller organischer Stoffe beizukommen, soweit sie sich außerhalb des Organismus darbieten...“²⁸

Sein Biograf Kohut schrieb²⁹:

„Die neue Richtung seiner Tätigkeit bezüglich der Fragen des Pflanzen- und Tierkörpers eröffnete *Justus Liebig* mit dem im Jahre 1840 erschienenen bereits erwähnten epochemachenden Werk: ‚Die (organische) Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie‘, welches so ungemeines Aufsehen erregte, daß binnen sechs Jahren sechs Auflagen davon gedruckt wurden.“

1.5 Zum Inhalt von Liebigs Agrikulturchemie

Der erste Teil beinhaltet, bezeichnet als „Der Proceß der Ernährung der Vegetabilien“, die Grundlagen der Pflanzenernährung oder auch Pflanzenphysiologie. Liebig geht von den Analysen der Bestandteile von Pflanzen aus, behandelt dann die Assimilation des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs. Dazwischen beschreibt er den Ursprung und das Verhalten von Humus und stellt fest:

„Der Humus ernährt die Pflanze nicht, weil er im löslichen Zustande von derselben aufgenommen und als solcher assimiliert wird, sondern weil er eine langsame und andauernde Quelle der Kohlensäure darstellt, welche als das Hauptnahrungsmittel die Wurzeln der jungen Pflanze zu einer Zeit mit Nahrung versieht, wo die äußern Organe der atmosphärischen Ernährung fehlen.“

Zu den grundlegenden Aussagen dieses Kapitels gehören u. a. folgende Sätze:

- *Die Physiologen verwerfen in der Erforschung der Geheimnisse des Lebens die Chemie, und dennoch kann sie es allein nur sein, welche den richtigen Weg zum Ziele führt, sie verwerfen die Chemie, weil sie zerstört, indem sie Erkenntniß sucht, weil sie nicht wissen, daß sie dem Messer der Anatomen gleicht, welcher den Körper, das Organ, als solche vernichten muß, wenn er Rechenschaft über Bau, Structur und über seine Verrichtungen geben soll; ...*
- *Ein Versuch ist der Ausdruck eines Gedankens, entspricht die hervorgerufene Erscheinung dem Gedanken, so sind wir einer Wahrheit nahe; das Gegentheil davon beweist, daß die Frage falsch gestellt, daß die Vorstellung unrichtig war.*

Damit weist Liebig der Chemie einen wesentlichen Stellenwert auch in der Forschung der Pflanzenernährung zu. Und im Zusammenhang mit der Bildung von Humus ist zu lesen:

²⁸ Siehe Fußnote 26.

²⁹ Siehe Anm. 3, S. 121.

- *Nennen wir die Ursache der Metamorphose* Lebenskraft, höhere Temperatur, Licht, Galvanismus *oder wie wir sonst wollen, der Act der Metamorphose ist ein rein chemischer Proceß; Verbindung und Zerlegung kann nur dann vor sich gehen, wenn die Elemente die Fähigkeit dazu haben. Was die Chemiker Verwandtschaft nennen, bezeichnet weiter nichts als den Grad dieser Fähigkeit.*

An diese ersten Kapitel, in denen neben den Ergebnissen quantitativer Analysen vor allem die Vorarbeiten anderer Wissenschaftler, die Liebig namentlich nennt, eine wesentliche Rolle spielen, schließt sich das Kapitel über die „anorganischen Bestandtheile der Vegetabilien“ an.

Im Abschnitt „Cultur“ werden die Vorgänge des Pflanzenwachstums (mit wiederum Angaben zahlreicher früherer Autoren) als ein Gesamtvorgang betrachtet, bevor er dann im Abschnitt „Die Wechselwirtschaft und der Dünger“ auf die vorherrschende Praxis seiner Zeit eingeht. Eine Kernaussage Liebigs lautet:

„... , daß der Boden an den besondern Bestandtheilen immer ärmer werden muß, die in den Saamen, Wurzeln und Blättern, welche wir hinweggenommen haben, enthalten waren.

Nur in dem Fall wird die Fruchtbarkeit des Bodens sich unverändert erhalten, wenn wir ihnen alle diese Substanzen wieder zuführen und ersetzen.

Dieß geschieht durch den D ü n g e r.“

Im Anschluss an diesen Abschnitt fügt Liebig zwei Beiträge an – von dem Forstwissenschaftler Theodor *Hartig* (1805–1889; Sohn von Ludwig Georg Hartig, s. weiter unten) „Ueber Ernährung der Pflanzen“ und über die „Gründung in Weinbergen“ (zitiert aus einem Schreiben des Verwalters Krebs aus Seeheim).

Hartig hatte Forstwissenschaften an der Forstakademie und an der Universität in Berlin studiert und lehrte ab 1838 am Collegium Carolinum in Braunschweig als Professor der Forstwissenschaft. Bei Riddagshausen legte er ein Arboretum an und begann mit seinem Unterricht in der Forstbotanik und im allgemeinen forstlichen Kulturbetrieb.

Der zweite Teil von Liebigs Werk trägt den Titel „Der chemische Proceß der Gährung, Fäulniß und Verwesung“ – Vorgänge, die er dem Stand der Wissenschaft seiner Zeit (vor Louis Pasteur, geb. 1822) entsprechend als *chemische Metamorphosen* bezeichnete. Neben chemischen Vorgängen werden vor allem die Wirkungen von Hefen (Bier, Wein) und *Fermenten* beschrieben. Dass Hefe Mikroorganismen enthält, entdeckten drei Wissenschaftler unabhängig voneinander (darunter T. Schwann, Anatom und Physiologe) erst 1837, und Louis Pasteur wies 1862 nach, dass Mikroorganismen für die Fermentation verantwortlich sind. Eilhard Mitscherlich verwendete den Begriff Ferment erstmals im Sinne von Enzym (1878 vom Physiologen Wilhelm Friedrich Kühne (1837–1900 geprägt), d. h. eines Stoffes, der bei einer Reaktion nicht verwandelt wird, jedoch für den Ablauf einer Reaktion erforderlich sei. Liebig verwendete auch noch die Bezeichnungen *Contagien* und *Miasmen*. Unter Miasma verstand man eine krankheitsverursachende Materie, die durch faulige Prozesse in Luft oder Wasser

entsteht. Als Begründer der Lehre von den Miasmen gilt Hippokrates von Kos (um 460 bis 375 v. Chr.). Als Contagium bezeichnete der Arzt Galen (Galenos von Pergamon, 130 bis 210 n. Chr.) dasjenige, was Menschen mit krankmachenden Miasmen im weitesten Sinne in Berührung bringt.

1.6 Von Liebig genannte Naturforscher³⁰

Liebig nennt zahlreiche Naturforscher, die sich mit den Themen seines Buches bzw. von Vorarbeiten dazu beschäftigt haben. Nur selten gibt er eine konkrete Quelle, d. h. Veröffentlichung, an. Einige ausgewählte Beispiele sollen verdeutlichen, dass er sich intensiv mit den vorhergehenden Arbeiten auseinandergesetzt hat.

Zur „Assimilation des Kohlenstoffs“ nennt er für die Aussage „Die Blätter und grünen Theile aller Pflanzen saugen nemlich kohlen-saures Gas ein und hauchen ein ihm gleiches Volumen Sauerstoffgas aus.“ u. a. die Beobachtungen von Priestley und Senne-bier sowie von de Saussure. Joseph *Priestley* (1733–1804, britischer Naturwissenschaftler) hatte sich insbesondere mit der Chemie der Gase beschäftigt. Nicolas Théodore de *Saussure* (1767–1846) war ein Schweizer Naturforscher, der vor allem als Botaniker bekannt wurde. Der Genfer Pfarrer Jean *Senebier* (1742–1809) forschte über den Einfluss des Sonnenlichts auf Pflanzen und über die pflanzliche Atmung.

Eine der wenigen exakten Literaturangaben im Kapitel zur Assimilation des Kohlenstoffs bezieht sich auf das Werk des Mediziners und Botanikers Franz Julius *Meyen* (1804–1840), der auf Empfehlung Alexander von Humboldts als Schiffsarzt 1830 bis 1832 an einer Weltumsegelung teilgenommen hatte. Meyen veröffentlichte 1837 bis 1839 sein *Neues System der Pflanzenphysiologie* in drei Bänden. Die Elementaranalyse spielt bei Liebigs Angaben quantitativer Ergebnisse eine große Rolle. So erwähnt er beispielsweise Analysen seiner Schüler Petersen und Friedrich Karl Ludwig *Schödler* (1813–1884) über die Zusammensetzung 24 verschiedener Holzarten.

Im Abschnitt „Der Ursprung und die Assimilation des Stickstoffs“ bezieht sich Liebig mehrmals auf Arbeiten des französischen Chemikers Jean Baptiste *Boussingault* (1802–1887), der ab 1832 als Professor der Chemie in Lyon und ab 1845 als Professor der Agrikultur an der Pariser Universität sowie der analytischen Chemie am Conservatoire des Arts et Métiers in Paris wirkte. Er gilt als einer der Mitbegründer der Agrikulturchemie mit bedeutenden Forschungen über den pflanzlichen Stickstoff-Stoffwechsel.

³⁰Pötsch, WR, Fischer, A und Müller, W: Lexikon bedeutender Chemiker, Thun/Frankfurt (M.) 1989.

Brock, WH: Viewegs Geschichte der Chemie, Braunschweig/Wiesbaden 1997.

Weyer, J: Geschichte der Chemie Band 1 – Altertum, Mittelalter, 16.-18. Jahrhundert und Band 2–19. und 20. Jahrhundert, Heidelberg/Berlin 2018.

Im Abschnitt über die anorganischen Bestandteile der Vegetabilien wird neben de Saussure häufiger der Name Berthier zu den Analysen von Pflanzenaschen genannt. Pierre *Berthier* (1782–1861) war ein französischer Geologe und Mineraloge. Zu seinen Arbeiten zählen Studien über Phosphat, die für die Entwicklung der Düngemittellehre in der Landwirtschaft eine große Bedeutung hatten.

Im Kapitel „Die Cultur“ erwähnt Liebig auch die Arbeiten von zwei Forstwissenschaftlern – von Hartig und Forstmeister Heyer sowie dem Agrarwissenschaftler von Schwerz.

Georg Ludwig *Hartig* (1764–1837) war im staatlichen Forstdienst bis 1811 zum Oberlandforstmeister in der preußischen Generalverwaltung der Domänen und Forsten in Berlin aufgestiegen. 1821 richtete er an der Universität Berlin einen Lehrstuhl für Forstwissenschaft ein, aus dem sich später die Forstliche Hochschule Eberswalde entwickelte. Er prägte in zahlreichen Veröffentlichungen bereits um 1800 den Begriff der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft. 1831 erschien sein Werk *Die Forstwirtschaft in ihrem ganzen Umfange in gedrängter Kürze. Ein Handbuch für Forstleute, Kamerlisten und Waldbesitzer*.

Johann Nepomuk Hubert von *Schwerz* (1759–1844) war Agrarwissenschaftler. Er hatte im Auftrag des Königs von Württemberg 1818 eine staatliche landwirtschaftliche Lehranstalt in Hohenheim gegründet, aus der die heutige Universität Hohenheim hervorging. Der Sohn eines Koblenzer Kaufmannes hatte das Jesuitenkolleg in Koblenz besucht, war dann als Hauslehrer beim Grafen von Renesse tätig, dessen Witwe ihn 1801 zum Verwalter der gräflichen Gutsbetriebe im heutigen Belgien bestellte. Er erwarb sich aus der Praxis eigener Feldversuche, durch das Studium der Fachliteratur und durch Studienreisen umfassende Kenntnisse in der Landwirtschaft. Auf Vorschlag von Albrecht Thaer trat er 1816 zunächst in preußische Dienste als Regierungsrat ein, inspizierte die Landwirtschaft in Westfalen und Rheinpreußen und machte Vorschläge zu deren Verbesserung, bevor er dem Ruf König Wilhelms I. von Württemberg folgte. Er verfasste in Hohenheim das von Liebig genannte Lehrbuch *Anleitung zum praktischen Ackerbau* (bei Cotta in drei Bänden 1823–1828; 2. Aufl. 1838, 3. Aufl. 1843, 4. Aufl. 1857).

Der Forstmeister Carl *Heyer* (1797–1856) war ein forstlicher Praktiker. Er war ab 1817 in verschiedenen Stellen der hessischen Forstverwaltung tätig. Er lehrte auch an der Hessischen Forstlehranstalt in Gießen und prägte als „Goldene Regel“ die Durchforstung.

Der Schweizer Botaniker und Naturwissenschaftler Augustin-Pyrame de *Candolle* (1778–1841) wird von Liebig im Abschnitt „Die Wechselwirtschaft und die Dünger“ mehrmals genannt. De Candolle hatte nach einem Studium der Medizin und Botanik in Paris 1808 den Lehrstuhl für Botanik in Montpellier erhalten. 1817 gründete er den ersten botanischen Garten in Genf und lehrte an der Universität (1834 Lehrstuhl für Botanik und Zoologie). Liebig schrieb: „Unter allen Vorstellungen, die man sich über die Ursache der Vortheilhaftigkeit des Fruchtwechsels geschaffen hat, verdient die Theorie des Herrn de Candolle als die einzige genannt zu werden, welche eine feste Grundlage besitzt.“ Als weiteren Namen hat Liebig hier auch den Genfer Botaniker und Chemiker

Macaire-Princep (1769–1869) erwähnt, über den zahlreiche Veröffentlichungen zu ermitteln waren. Neben Macaire nennt Liebig auch noch den Namen von Marcet; beide haben gemeinsam chemische Arbeiten publiziert, und von Alexander *Marcet* (1770–1822) ist bekannt, dass er aus Genf stammte, Arzt und Chemiker war, in England tätig wurde und nach seiner Rückkehr nach Genf 1819 eine Professur für medizinische Chemie bekam. Liebig führt in seinem Abschnitt über Dünger deren gemeinsame Analysen „frischer Excremente der Kuh“ an.

Im Anhang zum Abschnitt „Die Wechselwirthschaft und der Dünger“ fügte Liebig zwei unterschiedliche Beiträge an: „Beobachtungen über eine Pflanze“ von William *Magnab* (1780–1846), „Director des Pflanzengartens in Edinburg“ und „Versuche und Beobachtungen über die Wirkung der vegetabilischen Kohle auf die Vegetabilien“ von Eduard *Lucas* (1816–1882), deutscher Pomologe. Er war 1841 Leiter des botanischen Gartens in Regensburg, wurde 1843 Institutsgärtner an die neu gegründete Gartenbauschule der Landwirtschaftlichen Unterrichts-, Versuchs- und Lehranstalt in Hohenheim berufen und gründete 1859/1860 in Reutlingen eine private Lehranstalt für Gartenbau, Obstkultur und Pomologie. Der Anhang „Ueber die Ernährung der Pflanzen“ stammt von dem bereits genannten Forstwissenschaftler Theodor Hartig.

Im zweiten Teil „Der chemische Proceß der Gährung, Fäulniß und Verwesung“ werden von Liebig zahlreiche Wissenschaftler genannt, die alle in der Geschichte der Chemie ein wichtige Rolle gespielt haben – zu nennen sind:

Berthollet (1748–1822), *Berzelius* (1779–1848), *Bunsen* (1811–1899), *Döbereiner* (1780–1849), *Dumas* (1800–1884), *Gay-Lussac* (1778–1850), *Geiger* (1785–1836), *Regnault* (1810–1878), *Thenárd* (1777–1857), *Wöhler* (1800–1882). Weniger bekannt sind: Gerardus Johannes *Mulder* (1802–1880), ab 1840 Professor in Utrecht mit wichtigen Arbeiten auf dem Gebiet der physiologischen Chemie und der Agrochemie; Karl Gustav *Bischof* (1792–1870), Professor in Bonn, Pionier der Mineralwasseranalytik, und Frédéric *Kuhlmann* (1803–1881), Professor für angewandte Chemie in Lille.

Mit der Liste dieser an vielen Stellen von Liebig genannten Wissenschaftlern stellt sein Buch auch ein Stück Chemiegeschichte, vor allem aus der Zeit um 1800, dar.

1.7 Zur Verbreitung von Liebigs Werk

Liebigs Bibliograph Carlo Paoloni berichtete zur Verbreitung des Werkes u. a., dass sich Liebig 1840 zum ersten Mal an ein breiteres Publikum gewendet und sich trotz seiner Abneigung gegen das Bücherschreiben entschlossen habe, „die Anwendung aller seiner Kenntnisse in der organischen Chemie zur Aufklärung der Lebensprozesse in Pflanzen und Tieren schriftlich niederzulegen“.³¹

³¹Paoloni, C.: Justus von Liebig. Eine Bibliographie sämtlicher Veröffentlichungen, Heidelberg 1968.

Aus einem Brief vom 2. April an seinen Freund Wöhler in Göttingen erfahren wir:

...Du weißt, ich schreibe soeben eine närrische Chemie, die es mit der Physiologie und dem Ackerbau zu thun hat. Was werden die Leute für Augen machen, daß ein Chemiker sich herausnimmt zu behaupten, die Physiologie und Agronomie seien die unwissendsten Pfuscher...³²

Das genannte Werk erschien erstmalig durch Unterstützung seines Schülers Charles Frédéric Gerhardt (1816–1856, aus Straßburg, 1836/37 in Gießen, ab 1838 Assistent von Dumas) am 10. April 1840 mit einer Widmung von Gay-Lussac in französischer Sprache unter dem Titel *Traité de Chimie Organique* (Paris 1840): „Dieses Buch enthält zum ersten Mal als Einleitung (Introduction) in 195 besonders nummerierten Seiten die Agrikulturchemie Liebig's mit dem Titel ‚Application des principes de Chimie Organique à la Physiologie végétale et animale‘. Diese Veröffentlichung bedeutet die Priorität der französischen Auflage der Agrikulturchemie Liebig's vor der ersten deutschen Auflage am 1. August 1840.“³³, 1841 erschien dann die französische Übersetzung der ersten deutschen Auflage durch Charles Gerhardt mit folgendem Vorwort von Liebig, in dem er feststellt (Übersetzung in³⁴):

„Dieses Werk habe ich schon zum Vorschein gebracht als Einleitung (Introduction) zu meinem ‚Traité de Chimie Organique‘, aber da die Materie, welche sie als Objekt hat, außerhalb der eigentlichen Chemie ist, so schien mir zweckmäßig, dieselbe mit Vorteil separat zu geben im Bereich der Physiologen und Agronomen...“

Liebig war offensichtlich von dem Erfolg seines Werkes überzeugt, wie aus Briefen an seinen Verleger und Freund Eduard Vieweg (1797–1869) zu entnehmen ist.³⁵ In einem Brief vom 17. März 1840 ist u. a. zu lesen: *Es wird ... großes Aufsehen erregen. Ich habe darin eine auf Versuche und Beobachtungen gegründete Theorie der Ernährung der Pflanzen, Einfluß des Humus und Düngers und eine Theorie der Wein- und Bierbereitung entwickelt, welche an den herrschenden Ansichten eine Revolution herbringen dürfte...*

Und in einem weiteren Brief vom 16. April 1840 bat Liebig um eine Auflage von 1500 Exemplaren und schrieb: *Sei unbesorgt, Du wirst sie absetzen, das Buch wird von Chemikern, Apothekern, den Ärzten und Ökonomen gekauft werden, dies ist ein großes Publikum...*

Die erste deutschsprachige Auflage erschien am 1. August mit einer Widmung an Alexander von Humboldt. Eine der wichtigsten Aussagen befindet sich auf der auch von Paoloni zitierten Seite 144/145:

Von chemischen Principien, gestützt auf die Kenntniß der Materien, welche die Pflanzen dem Boden entziehen, und was ihm in dem Dünger zurückgegeben wird, ist

³²Zitiert nach: Paoloni, C.: Das Entstehen und die Entwicklung der Agrikulturchemie Liebig's im Lichte der Bibliographie (1840–1873), in: Berichte der Justus- Liebig-Gesellschaft zu Giessen, Band 1, Symposium 150 Jahre Agrikulturchemie, Giessen 1990., S. 7–18.

³³Siehe Fußnote 32.

³⁴Siehe Fußnote 32.

³⁵Siehe Fußnote 32.

bis jetzt in der Agricultur keine Rede gewesen. Ihre Ausmittlung ist die Aufgabe einer künftigen Generation, denn was kann von der gegenwärtigen erwartet werden, welche mit einer Art von Scheu und Mißtrauen alle Hülfsmittel zurückweist, die ihr von der Chemie dargeboten werden, welche die Kunst nicht kennt, die Entdeckungen der Chemie auf eine rationelle Weise zur Anwendung zu bringen. Eine kommende Generation wird aus diesen Hülfsmitteln unberechenbare Vortheile ziehen.

In Deutschland erschienen von 1840 bis 1877 insgesamt zehn Auflagen, in Amerika 19 Auflagen zwischen 1841 und 1872, in England fünf Auflagen von 1840 bis 1847. Paoloni ermittelte weitere Auflagen bzw. Übersetzungen in Frankreich (1841, 1844), Italien (1842, 1844), Holland (1842), Belgien (1850), Russland (1842), Dänemark (1846), Schweden (1846) und Polen (1846).^{36,37}

1.8 Kritische Stimmen – Rezensionen und weitere Entwicklungen bis heute

In den ersten Jahren nach dem Erscheinen von Liebig's Agrikulturchemie meldeten sich einige Kritiker zu Wort, wobei Liebig's fehlende Feldversuche verständlicherweise eine Rolle spielten.

In einer ausführlichen Rezension im *Jahrbuch für wissenschaftliche Kritik*, die bis auf Lavoisier zurückgeht, 1843 ist u. a. zu lesen:

„Sie [gemeint ist Liebig's Werk zur „Agrikulturchemie“] hat mannigfaltige Beurtheilungen erfahren, lobende und scharf tadelnde. An letztern ist vielleicht Liebig zum Theil in so fern selbst Schuld, als er mit zu caustischer Polemik viele vermeintliche Verirrungen zu geiseln suchte, in welche nach ihm Wissenschaftsmänner beim Studium der Naturwissenschaften verfallen sind. Auch ist die Richtigkeit vieler von ihm aufgestellter Thatsachen und Ansichten aufgegriffen worden. Liebig ist indessen selbst weit davon entfernt, Alles, was er entwickelt, und zum Theil verwirft, gehörig zu vertreten; aber neue scharfsinnige Ansichten und Hypothesen sind, auch wenn sie sich nicht bestätigen, in jeder Wissenschaft fördernd und heilsam; sie erregen Aufmerksamkeit, beschäftigen um so mehr geistreiche Köpfe, je geistreicher sie selbst sind, reizen zum Widerspruche und zu Versuchen und befördern dadurch die Wissenschaft.“³⁸

Paoloni³⁹ nennt auch die Namen der wichtigsten Kritiker: Hlubeck, Gruber, Schleiden, Sprengel und Mohl hätten sich gegen die Prinzipien Liebig's gestellt.

³⁶ Siehe Fußnote 31.

³⁷ Siehe Fußnote 32.

³⁸ *Jahrbuch für wissenschaftliche Kritik* (1843) Band 1 (Februar), Spalte 262 – Autor: Carl Heinrich Schultz (1804–1876), Arzt und Botaniker.

³⁹ Siehe Fußnote 32.

Franz Xaver von *Hlubek* (1802–1880) war ein österreichischer Agronom, ab 1830 Professor der Land- und Forstwirtschaft in Wien, ab 1840 am Johanneum in Graz (heute TU) und auch landwirtschaftlicher Schriftsteller. Er zählt zu den Vorläufern der landwirtschaftlichen Naturforschung. *Gruber* wird als Interpret der Ansichten von *Sprengel* (s. dort) bezeichnet. Matthias Jacob *Schleiden* (1804–1881) war Botaniker, ab 1839 Extraordinarius in Jena (ab 1850 Ordinarius), und Mitbegründer der Zelltheorie, der nach dem Vorbild von Alexander von Humboldt Vorlesungen für gebildete Bürger hielt. Hugo von *Mohl* (1805–1872) war Arzt und Botaniker, wurde 1835 Professor für Physiologie in Bern und im gleichen Jahr als Ordinarius für Botanik an die Universität in Tübingen berufen. Paoloni berichtete auch, dass Liebig's Freund Berzelius in einem Brief vom 11. Dezember 1840 einen „bösen Kommentar“ zur Liebig's Werk geschrieben hätte.

Diese Kritiken beeinträchtigten den Erfolg von Liebig's Werk jedoch nicht. Weitere Kritiken, vor allem im Hinblick auf Liebig's Mineralstofftheorie, kamen von John Bennet Lawes (1814–1900, Besitzer eines Gutsbetriebes in Rothamsted, Grafschaft Hertfordshire, heute größtes Agrarforschungsinstitut Englands) und Gilbert aus England. Lawes führte Düngungsversuche durch und wandte sich vor allem gegen die These der Stickstoffversorgung durch Ammoniumsalze aus dem Boden. Joseph Henry Gilbert (1817–1901) war 1840 Schüler Liebig's in Gießen gewesen und eröffnete zusammen mit Lawes 1843 eine Superphosphatfabrik. Der von Liebig entwickelte Patentdünger hatte sich wegen der Schwerlöslichkeit einiger Substanzen nicht bewährt. Auch in Frankreich wurde Liebig in einen bitteren Prioritätenstreit verwickelt – ausführlich dazu bei W. H. Brock⁴⁰.

Neue Erkenntnisse veranlassten Liebig zu weiteren Publikationen – so veröffentlichte er 1855 *Die Grundsätze der Agricultur-Chemie, mit Rücksicht auf die in England angestellten Versuche*⁴¹.

1862 erschien dann das „epochemachende Standardwerk der Agrikulturchemie Liebig's“ (Paoloni) in zwei Teilen und zwei Bänden mit den Titeln *Der chemische Process der Ernährung der Vegetabilien* und *Die Naturgesetze des Feldbaues* (zum Inhalt s. in⁴²).

Im ersten Teil werden u. a. die Analysenergebnisse von 709 Pflanzenaschen sowie von Exkrementen, Stallmist, Schafkot, Mistjauche, Guano, Knochen, Torf angegeben.

In seinem 1840 veröffentlichten Werk sind folgende Hauptthesen aufgeführt:

⁴⁰Brock, WH: Justus von Liebig. Eine Biographie des großen Wissenschaftlers und Europäers, Kap. 6 Liebig und die Landwirte, S. 121–149, Braunschweig/Heidelberg 1999.

⁴¹1. Aufl. und 2. Aufl., „durch einen Nachtrag vermehrte Auflage“, Braunschweig 1855; engl. u. amerik. Auflagen mit dem Titel „Principles of agricultural chemistry, with special reference to the late researches made in England“; „The relation of chemistry to agriculture and the agricultural experiments of Mr. J. B. Lawes, translated by Samuel W. Johnson at the author request“.

⁴²Paoloni, C.: Justus von Liebig. Eine Bibliographie sämtlicher Veröffentlichungen, S. 184 u. 185, Heidelberg 1968.

- „Als Prinzip des Ackerbaus muß angenommen werden, daß der Boden in vollem Maße wieder erhalten muß, was ihm genommen wird. In welcher Form dieses Wiedergeben geschieht, ob in Form von Exkrementen oder von Asche oder Knochen, dies ist wohl ziemlich gleichgültig.
- Der Ertrag eines Feldes wird von demjenigen Nährstoff begrenzt, der sich im Vergleich zum Bedarf der Pflanzen im Minimum befindet. (Diese Feststellung wurde später als das *Gesetz des Minimums* bekannt.)
- Wir können die Fruchtbarkeit unserer Felder in einem stets gleichbleibenden Zustand erhalten, wenn wir ihren Verlust jährlich wieder ersetzen, eine Steigerung der Fruchtbarkeit, eine Erhöhung ihres Ertrages ist aber nur dann möglich, wenn wir mehr wiedergeben, als wir ihnen nehmen.
- Die Quelle, aus welcher Stickstoff dem Boden und der Pflanze fortwährend zufließt, ist die Atmosphäre.“ (Diese These hat Liebig später korrigiert.) – s. auch in⁴³.

1.8.1 Liebig's 50 Thesen

Die „epochemachenden 50 Thesen, welche er als Axiome seiner Lehre später veröffentlichte und die nur bezüglich der Löslichkeit pflanzlicher Nährstoffe durch Hereinziehen des Gesetzes der Bodenabsorption eine Änderung erfahren haben“, werden u. a. auch von seinem Biographen Kohut aufgeführt. Sie haben folgenden Wortlaut⁴⁴:

„1. Die Pflanzen empfangen im allgemeinen ihren Kohlenstoff und Stickstoff aus der Atmosphäre, den Kohlenstoff in Form der Kohlensäure, den Stickstoff in Form von Ammoniak. Das Wasser (und Ammoniak) liefert den Pflanzen ihren Wasserstoff; der Schwefel der schwefelhaltigen Bestandtheile der Gewächse stammt von der Schwefelsäure her.

2. Auf den verschiedensten Bodenarten, in den verschiedensten Klimaten, in der Ebene oder auf hohen Bergen gebaut, enthalten die Pflanzen eine gewisse Anzahl von Mineralsubstanzen, und zwar immer die nämlichen, deren Natur und Beschaffenheit sich aus der Zusammensetzung ihrer Asche ergibt. Diese Aschenbestandteile waren Bestandteile des Bodens; alle fruchtbaren Bodenarten enthalten gewisse Mengen davon; in keinem Boden, worauf Pflanzen gedeihen, fehlen sie.

⁴³Schulz, St., Menzel P.: Justus von Liebig „Alles ist Chemie“. Ausstellung an der Universität Hohenheim 5. März-30. April 1999, Begleitdokumentation, Universität Hohenheim 1999. – Anschauliche Darstellungen zu Liebig's Agrikulturchemie sind auch in seinen „Chemischen Briefen“ vom 33. Brief („Principien der rationellen Agricultur...“) bis 48./49. Brief („Standpunkt des modernen Ackerbaus zur Geschichte...“ bzw. „Die Landwirthschaft in China“) zu finden; 6. Aufl. Leipzig und Heidelberg 1878 (= Abdruck der Ausgabe letzter Hand).

⁴⁴Kohut, A. – s. unter³ zitiert S. 111–121.

3. In den Produkten des Feldes wird in den Ernten die ganze Quantität der Bodenbestandteile, welche Bestandteile der Pflanzen geworden sind, hinweggenommen und dem Boden entzogen; vor der Einsaat ist der Boden reicher daran als nach der Ernte, die Zusammensetzung des Bodens ist nach der Ernte geändert.

4. Nach einer Reihe von Jahren und einer entsprechenden Anzahl von Ernten nimmt die Fruchtbarkeit der Felder ab. Beim Gleichbleiben aller übrigen Bedingungen ist der Boden allein nicht geblieben, was er vorher war; die Änderung in seiner Zusammensetzung ist die wahrscheinliche Ursache seines Unfruchtbarwerdens.

5. Durch den Dünger, den Stallmist, die Exkremente der Menschen und Tiere wird die verlorene Fruchtbarkeit wieder hergestellt.

6. Der Dünger besteht aus verwesenden Pflanzen- und Tierstoffen, welche eine gewisse Menge Bodenbestandteile enthalten. Die Exkremente der Tiere und Menschen stellen die Asche der im Leibe der Tiere und Menschen verbrannten Nahrung dar von Pflanzen, die auf den Feldern geerntet wurden. Der Harn enthält die im Wasser löslichen, die Fäces die darin unlöslichen Bodenbestandteile der Nahrung. Der Dünger enthält die Bodenbestandteile der geernteten Produkte des Feldes; es ist klar, daß durch seine Einverleibung im Boden dieser die entzogenen Mineralbestandteile wiedererhält; die Wiederherstellung seiner ursprünglichen Zusammensetzung ist begleitet von der Wiederherstellung seiner Fruchtbarkeit; es ist gewiß, eine der Bedingungen der Fruchtbarkeit war der Gehalt des Bodens an gewissen Mineralbestandteilen. Ein reicher Boden enthält mehr davon als ein armer Boden.

7. Die Wurzeln der Pflanzen verhalten sich in Beziehung auf die Aufnahme der atmosphärischen Nahrungsmitteln ähnlich wie die Blätter, d. h. sie besitzen wie diese das Vermögen, Kohlensäure und Ammoniak aufzusaugen und in ihrem Organismus auf dieselbe Art zu verwenden, wie wenn die Aufnahme durch die Blätter vor sich gegangen wäre.

8. Das Ammoniak, welches der Boden enthält und was demselben zugeführt wird, verhält sich wie ein Bodenbestandteil, in gleicher Weise verhält sich die Kohlensäure.

9. Die Pflanzen- und Tierstoffe, die tierischen Exkremente, gehen in Fäulnis und Verwesung über. Der Stickstoff der stickstoffhaltigen Bestandteile derselben verwandelt sich infolge der Fäulnis und Verwesung in Ammoniak, ein kleiner Teil des Ammoniaks verwandelt sich in Salpetersäure, welche das Produkt der Oxydation (der Verwesung) des Ammoniaks ist.

10. Wir haben allen Grund, zu glauben, daß in dem Ernährungsprozeß der Gewächse die Salpetersäure das Ammoniak vertreten kann, d. h. der Stickstoff derselben zu denselben Zwecken in ihrem Organismus verwendet werden kann wie der des Ammoniaks.

11. In dem tierischen Dünger werden demnach den Pflanzen nicht nur die Mineralsubstanzen, welche der Boden liefern muß, sondern auch die Nahrungsstoffe, welche die Pflanze aus der Atmosphäre schöpft, zugeführt. Diese Zufuhr ist eine Vermehrung derjenigen Menge, welche die Luft enthält.

12. Die nicht gasförmigen Nahrungsmittel, welche der Boden enthält, gelangen in den Organismus der Pflanzen durch die Wurzeln. Der Übergang derselben wird vermittelt