

# Heinrich Einhof – ein Wegbereiter der landwirtschaftlichen Chemie

Prof. Dr. Klaus Dieter Schwenke, Klaus-Groth-Straße 1, D-14513 Teltow

Mit der Gründung des ersten landwirtschaftlichen Lehrinstitutes in Celle im Jahre 1802 und dem 1804 begonnenen Aufbau eines ähnlichen Institutes in Möglin im Oberbarnim hat Albrecht Thaer den Grundstein für eine wissenschaftlich betriebene Landwirtschaft gelegt. <sup>1</sup> Für Thaers Anliegen, chemische Methoden in die Untersuchung von Bodenarten und landwirtschaftlichen Produkten einzubeziehen, war es ein seltener Glücksfall, in Heinrich Einhof einen begabten und äußerst engagierten Chemiker gewonnen zu haben, mit dem ihn bald eine enge Freundschaft verband. <sup>2</sup>

1778 in Bahrendorf, Grafschaft Hoya, <sup>3</sup> geboren, kam Einhof als gelernter Apotheker in den 90er Jahren nach Celle, wo er als Gehilfe der Pharmazie tätig war und Thaer bei der Behandlung von Taubstummen unterstützte. Durch Thaers Vermittlung erhielt er das Provisorat der Königlichen Apotheke zu Celle, wo er für Thaer chemische Analysen verschiedener Bodenarten durchführte. <sup>2</sup>

1802 wurde er Thaers Mitarbeiter am Celleschen Institut, wo er Kräuterkunde und Chemie lehrte. Aus dieser Zeit stammt eine Anzeige in den niedersächsischen Annalen, in der Einhof „Landwirthen, welche eine genaue chemische Untersuchung von Acker- und anderen Erdarten“ sowie von landwirtschaftlichen Produkten wünschen – seine „chemische Hülfe gegen eine billige Erkenntlichkeit“ für seine „verwandte Mühe und Materialien“ anbot. <sup>4</sup>

1804 geht Einhof mit Thaer nach Möglin, wo er später seine Lehrtätigkeit in den Fächern Botanik, Pflanzenphysiologie, Chemie und Physik fortsetzte. 1806 wurde er vom preußischen König Friedrich Wilhelm III. zum Professor für Chemie, Technologie und Botanik ernannt, <sup>5</sup> 1808 starb er an einem Nervenfieber.

Seine Lehraufgaben, die er in Möglin praktisch nur zwei Jahre wahrnehmen konnte, verpflichteten ihn zu ausgedehnten Vorlesungen und praktischen Übungen, die im Wintersemester ausschließlich der reinen Chemie und angewandten

Chemie gewidmet waren. Albrecht Thaer kündigte diese in seinen Annalen des Ackerbaues<sup>6</sup> wie folgt an:

Des Herrn Einhofs Unterricht bezieht sich insbesondere auf diejenigen Zweige der Naturwissenschaft, deren Kenntniss dem Landwirth nöthig und nützlich ist. Das Winterhalbjahr ist vorzüglich der Chemie gewidmet, welche er nach einem besonders dazu entworfenem Plane vorträgt, und wobei immer auf Gegenstände der Landwirthschaft, Technologie und des gemeinen Lebens Rücksicht genommen wird. Sein Vortrag hierüber zerfällt in vier Hauptabtheilungen. In der ersten werden, nebst den gehörigen Vorkenntnissen die unzerlegten Stoffe des Lavoisierschen Systems, ferner die Säuren und Salze usw. abgehandelt; die zweite begreift die Betrachtung des organischen Körpers, des Pflanzen- und Thierreiches in sich; die dritte handelt von der Gährung, Fäulniß und Verwesung; und endlich die vierte hauptsächlich von den technischen Gewerken. Diese letztere faßt die angewandte Chemie in sich. Es werden darin die Branntweimbrennerei, Bierbrauerei, Essigbrauerei, die Kalk-, Ziegel- und Gipsbrennerei, die Kohlenbrennerei, Pottaschesiederei, die Stärke-Fabrikation, Seifensiederei, Bleichkunst u.s.w. weitläufig abgehandelt. Eine kurze Behandlung erleiden die Färbekunst, Lohgerberei, Metallbereitungen u.s.w. Auch werden die allgemeinen Grundsätze der Kochkunst und Feuerungseinrichtungen vorgetragen. Nächstdem wurden die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens und die zu seiner Verbesserung dienenden Erdarten und Düngungsmittel betrachtet, und zugleich eine praktische Anweisung gegeben, wie dieselben chemisch zu untersuchen sind ... Im Sommersemester trägt derselbe Botanik, besonders in Beziehung auf Landwirthschaft vor“... mit „weitläufiger Behandlung der chemischen Pflanzenphysiologie ...

In der Chemie werden besonders zur Erläuterung der vorgetragenen Sätze und zur besseren Erkenntnis der darin abgehandelten Gegenstände, häufig Versuche, während der Vorlesung, angestellt, und die in Rede stehenden Sachen, wenn möglich vorgezeigt. Bei dem ausgedehnten Plan dürften im Winter oft zwei Stunden an einem Tag gegeben, und ein Theil des Sommerhalbjahres für die Chemie zu Hilfe genommen werden ... Privatim wird Herr Einhof noch besonderen Unterricht in allen Theilen der Naturwissenschaft, auch in reiner Mathematik geben, auch in der chemischen Zergliederungskunst mehrere Übungen verschaffen ... Da er fast immer mit eigenen chemischen Analysen beschäftigt ist, so wird er es gerne sehen, wenn ein Theil seiner Zuhörer denselben in seinem Laboratorium beiwohnt, so wie es ihm denn auch überhaupt sehr angenehm seyn wird, wenn dieselben in müßigen Stunden sich mit ihm über die Gegenstände seines Vortrages unterhalten wollen.

Einhof war somit nicht nur für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht des Mögliner Institutes zuständig, er hat auch, wie seine Publikationen ausweisen, durch unermüdliche praktische Arbeit im Laboratorium und durch die

chemische Untersuchung von landwirtschaftlichen Produkten, von „Acker- und anderen Erdarten“, Dünger usw. an der Herausbildung der Agrikulturchemie wesentlich mitgewirkt und grundlegende Beiträge zur Chemie pflanzlicher Proteine geliefert.

### **Einhofs Beiträge zur Eiweißchemie**

Pionierarbeit leistete Einhof mit seinen Untersuchungen über die Zusammensetzung von Getreidekörnern (bzw. Getreidemehl),<sup>7-9</sup> Leguminosensamen<sup>10, 11</sup> und Kartoffeln.<sup>12, 13</sup> Die unterschiedliche Löslichkeit und Fällbarkeit der makromolekularen Bestandteile diente ihm zur Trennung von Stärke und verschiedenen Eiweißfraktionen. Einhof bereitete so den Boden für die Fraktionierung pflanzlicher Eiweißstoffe.<sup>14</sup> 60 Jahre zuvor hatte Beccari<sup>15</sup> mit der Gewinnung des Weizenklebers durch erschöpfendes Waschen von Weizenmehl ein Eiweißpräparat erstmalig dargestellt. Für die weitere Entwicklung der Eiweißchemie war Beccaris Feststellung, daß dieser Stoff pflanzlichen Ursprungs bei der trockenen Destillation Eigenschaften zeigte – nämlich basische Produkte lieferte –, wie sie nur von Stoffen tierischen Ursprungs bekannt waren, von außerordentlicher Bedeutung; mußte doch damit die Vorstellung einer absoluten chemischen Grenze zwischen pflanzlichen und tierischen Organismen fallen gelassen werden.<sup>16</sup> Immerhin finden wir die Bezeichnungen vegeto-animalische Substanz,<sup>17</sup> thierisch-vegetabilische Materie<sup>10, 11</sup> oder animalischer Stoff<sup>18</sup> für Eiweißstoffe pflanzlichen Ursprungs noch in der Literatur der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Als Einhof im Gegensatz zu dem französischen Forscher Cadet<sup>19</sup> die Alkohollöslichkeit einer Kleberfraktion zweifelsfrei nachweisen konnte, benutzte er diese Eigenschaft zur Unterscheidung zwischen dem Kleber und dem wasserlöslichen „Albumin“,<sup>20</sup> für das er die deutsche Sprachform „Eiweiß“ wählte. Er schrieb dazu:

Da aber, nach Angaben der Chemiker [gemeint ist die Arbeit von Cadet, K.D.S.] der Kleber nicht in Alkohol auflöslich sein soll, so stand dieses meiner Meinung entgegen. Zur Prüfung der Richtigkeit jener Angabe digerierte ich eine Quantität Weizenmehl mit Alkohol, aber diese wurde auf Zusatz von Wasser milchicht; nach dem Abziehen des Alkohols schwamm in der rückständigen wäßrigen Flüssigkeit Kleber. Von dem reinen, aus Weizenmehl bereiteten Kleben nahm der Alkohol in der Kälte wenig oder nichts ein; als er aber bis zum Kochen erwärmt wurde, löste sich Kleber auf, der Alkohol trübte sich beim Erkalten und setzte den Kleber zum Theil in weißen Flocken ab. ... Es löste sich indessen unter diesen Umständen nicht soviel auf, als wenn der Kleber in dem Mehle noch mit den übr-

gen Bestandtheilen verbunden ist; diese Erfahrung zeigt aber, daß jene Angabe nicht richtig sey, und ich halte daher die oben angeführte Substanz für nichts anderes als für Kleber.

Der isolierte Kleber zeichnete sich durch seine Wiederauflösbarkeit in kochendem Alkohol und in „Aetzlauge“ aus. Beim Neutralisieren der alkalischen Lösung mit Essigsäure fiel er „in weißen Flocken“ aus, die durch einen Überschuß an Essigsäure wieder aufgelöst wurden. „... auf Kohlen geworfen verbreiteten sie den Geruch verbrannter Federn; an einen warmen Ort gestellt gingen sie in Fäulniß über, bei welcher sich Ammonium bildete.“ Weiter schrieb Einhof:

Ich war bisher der Meinung, daß Eiweiß und Kleber nicht bedeutend voneinander abwichen, daß letzterer gleichsam nur verhärtetes Eiweiß sey und beide unter gleichen Umständen ein gleiches Verhalten gegen andere Körper zeigen würden. Allein einige Beobachtungen während meiner Untersuchung, vorzüglich aber die Bemerkung, daß nicht das Einweiß, wohl hingegen der Kleber vom Alkohol aufgelöst wurde, brachten mich von meiner Meinung zurück. ... Das Eiweiß wird also, anstatt so wie der Kleber vom Alkohol aufgenommen zu werden, durch denselben vielmehr aus seiner wäßrigen Auflösung niedergeschlagen“<sup>7</sup>

Einhof hatte damit als erster gezeigt, daß in Weizenmehl (bzw. den Weizenkörnern) eine alkohollösliche Einweißfraktion enthalten ist, die später den Namen Gliadin erhielt und als Vertreter der Prolamine der Getreidearten (Hordein der Gerste, Zein des Mais u.a.) klassifiziert wurde.<sup>14, 21</sup> Als wirksames Fällungsmittel für Eiweiß setzte Einhof eine wäßrige Tanninlösung ein.

Ich nahm, um den thierischen Stoff abzusondern, meine Zuflucht zum Galläpfelaufguß. Die alkalische Flüssigkeit ... wurde mit Schwefelsäure neutralisiert und mit einer hinreichenden Menge wäßriger Galläpfeltinctur versetzt. Es entstand bald ein käsiger Niederschlag, nach dessen Absonderung die Flüssigkeit ganz von der thierischen Substanz befreit zu seyn schien.<sup>7</sup>

Bei der Untersuchung der Getreidearten stellte Einhof fest, daß die charakteristischen Klebereigenschaften nur im Weizenkleber deutlich ausgeprägt sind und die physikalischen Eigenschaften des Roggenklebers wesentlich durch die Anwesenheit der Schleimstoffe (Pentosane) mitbestimmt werden.

Den Versuch [wiederholtes Auswaschen des Mehles, K.D.S.] habe ich, unter verschiedenen Abänderungen, mehrere Male wiederholt, ohne wirklichen Kleber aus dem Roggenmehl scheiden zu können. Die zurückbleibende Hülse hatte zwar insofern Aehnlichkeit mit dem Kleber des Weizens, als sie, so lange sie noch nicht von dem Schleim und dem Stärkemehl gereinigt war, einige Zähigkeit besaß und sie mag in diesem Zusand von denen, welche auf diese mechanische Art aus

dem Roggen Kleber abgeschieden haben wollen, dafür gehalten worden seyn. Eine genauere Untersuchung zeigt aber bald, daß sie außer in ihrer Zähigkeit, die sie indessen in einem weit geringern Grade besitzt, mit demselben nicht verglichen werden könne.<sup>7</sup>

Andererseits aber „übertrifft“ der Roggenkleber „an Dehnbarkeit und Auflösbarkeit in Alkohol, den Kleber der reifen Gerste.“<sup>8</sup>

Nachdem Einhof die Wirkung der Schleimstoffe auf die mechanischen Eigenschaften des Roggenklebers festgestellt hatte, lag es für ihn nahe zu untersuchen „ob derselbe an und für sich Auflöslichkeit in Wasser habe, oder nur vermittelt des zuckrigen Bestandtheils und des Schleims aufgelöst wurde.“<sup>7</sup> Als Ergebnis stellte er fest: „Der Schleim hat wohl den größten Anteil an der Auflösung des Klebers“, – ein Phänomen, das in allgemeiner Form als Wechselwirkung hydrophiler Biopolymere mit Proteinen für deren physikochemische (technofunktionelle) Eigenschaften große Bedeutung gewonnen hat.<sup>22</sup>

Gelang es Einhof mit Hilfe der angewandten Fraktioniermethoden, Kleber und wasserlösliches Pflanzeneiweiß zu unterscheiden und zu trennen, so führten ihn seine Untersuchungen der Leguminosensamen zu einer dritten pflanzlichen Eiweißfraktion. Diese blieb bei der Extraktion mit Wasser ungelöst und schied sich zusammen mit der Stärke ab. Letztere ließ sich durch mehrfaches Auswaschen abtrennen und die Eiweißfraktion in Alkalien auflösen und mit Säure fällen.

Selbst das mit Kohlensäure völlig gesättigte Kali [K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K.D.S.] konnte diese Substanz, ohne Erwärmung und in beträchtlicher Menge, auflösen ... wässrige Galläpfeltinctur erregte in diesem Gemisch einen käsigen weißen Niederschlag. Der Aether und die ätherischen Oele nahmen einen starken Geruch nach brennenden thierischen Körpern. ... Aus diesen Erscheinungen ergibt es sich, daß diese Substanz mit den thierischen Substanzen Aehnlichkeit hat. Sie stimmt in einigen Eigenschaften mit dem Kleber und Pflanzeneiweiß überein, unterscheidet sich aber von der anderen Seite, besonders durch ihre leichte Auflöslichkeit in Alkalien und Säuren und durch die Veränderungen die sie während des Trocknens erleidet, von denselben so sehr, daß man sie mit ihnen gar nicht verwechseln kann. Ich sehe sie also als einen eigenthümlichen unmittelbaren Bestandtheil des Pflanzenreiches an. Ich habe sie auch in den reifen Saubohnen in großer Menge gefunden, und da sie mir ein Bestandtheil aller Hülsenfrüchte zu seyn und das Charakteristische derselben hervorzubringen scheint, so bezeichne ich sie mit den Namen thierisch-vegetabilische Materie der Hülsenfrüchte.<sup>10</sup>

Mit diesen Untersuchungen hatte Einhof die pflanzliche Globulinfraktion entdeckt, die er denn auch in weiteren Leguminosensamen, Linsen und Phaseolus-Bohnen<sup>4</sup> nachwies. Beispielsweise isolierte er aus „8 Unzen“ (244,752 g) trok-

kener Linsen „2 Unzen“ (61,188 g), „7 Quentchen“ (26,46 g) und „53 Gran“ (3,339 g) „thierisch-vegetabilische Substanz“ und „44 Gran“ (2,772 g) „Eiweiß“, also eine Gesamtmenge von 93,8 g Eiweiß. Das entspricht einem Mengenanteil von 37,2 % bzw. 38,3 % der Samen. Vergleicht man diesen Wert mit neueren Angaben über den Rohproteingehalt von Linsen, der 20 – 24 % ausmacht,<sup>23, 24</sup> so wird deutlich, daß Einhof von der Isolierung einer reinen Globulin-Fraktion noch weit entfernt war.

Widersprüchlich sind Einhofs Angaben über die Alkohollöslichkeit der thierisch-vegetabilischen Substanz. Enthält seine Arbeit über die Linsen und die Schminkbohnen<sup>11</sup> eindeutige Hinweise auf die Unlöslichkeit derselben in Alkohol, so teilt er an anderer Stelle<sup>10</sup> mit, daß die entsprechende Substanz aus Erbsen in Alkohol „auflöslich und zwar in größerer Menge als der Kleber reifer Getreidearten“ sei. Da wir davon ausgehen müssen, daß von den pflanzlichen Speicherproteinen nur die Prolamine der Getreidearten alkohollöslich sind, ist eine Erklärung für Einhofs Befund schwierig, zumal ihm analytische Methoden zur exakten Quantifizierung seiner Daten nicht zur Verfügung standen. Über die Eigenschaften der neuen Substanz schreibt Einhof weiter:

Die thierisch-vegetabilische Substanz trug jedesmal Spuren einer Säure an sich, welche sich nicht allein durch das Lacomuspapier, sondern auch durch einen schwachen säuerlichen Geschmack zeigten, und die durch vieles Wasser nicht wegzubringen waren. Versuche, welche ich in der Absicht aufstellte, um zur näheren Kenntnis dieser Säure zu gelangen, haben mir gezeigt, daß sie aus Phosphorsäure, im Ueberschuß an Kalk gebunden, bestehe. ... So viel ich weiß, hat man in anderen Vegetabilien eine solche Verbindung des Kalks mit der Phosphorsäure noch nicht angetroffen. Ich habe sie indessen auch im Hafermehl gefunden.<sup>11</sup>

Wir haben hier einen ersten Hinweis auf das Vorkommen von Phytinsäure, Inositolhexaphosphat, bzw. ihres Calciumsalzes (Phytin)<sup>25</sup> sowie deren Bindung an Samenproteine. Die Wirkung von Kalk auf die Löslichkeit der thierisch-vegetabilischen Substanz führte Einhof zum Problem des „Hartkochens“ von Hülsenfrüchten in kalkhaltigem Wasser.<sup>11</sup>

Bemerkenswert ist noch das Verhalten der thierisch-vegetabilischen Substanz der Hülsenfrüchte gegen den Kalk, welches ich besonders bei den aus Linsen und Schminkbohnen abgeschiedenen bemerkte. In frisch bereitetem Kalkwasser löste sich dieselbe ebenso leicht auf, wie in kohlen-saurem Ammonium. Die Auflösung war trübe und wurde durch alle Säuren, selbst die atmosphärische Kohlen-säure zersetzt. Hingegen mit Wasser, das kohlen-saure Kalkerde aufgelöst enthielt, abgewaschen, wurde sie in Alkalien schwer auflöslich, die Säure wurde neutralisiert und der Kalk aus dem Wasser abgeschieden. Diese letzte Erscheinung steht zu-

verlässig mit einer andern in Verbindung. Bekanntlich kochen sich Hülsenfrüchte in hartem Wasser entweder schwer oder gar nicht weich; man kann indessen hartes Wasser bequem zum Kochen der Hülsenfrüchte durch einen geringen Zusatz von Pottasche vorbereiten – der kohlensaure Kalk scheint also die Erhärtung der thierisch-vegetabilischen Substanz zu bewirken. Wie er das tut, und ob seine Wirkung nicht in besonderer Beziehung mit der sauren phosphorsauren Kalkerde steht, kann ich nicht entscheiden.<sup>11</sup>

1827 veröffentlichte Braconnot seine Arbeit *Über ein besonderes Prinzip in den Körnern der Leguminosenfamilie*.<sup>26</sup> Motivation seiner Untersuchungen war die eben genannte Problematik der Verfestigung von Hülsenfrüchten beim Kochen in hartem Wasser. Ob er Einhofs Untersuchungen und Ergebnisse im Detail kannte, ist fraglich, da er dessen Arbeit, wie er schreibt, nicht im Original, sondern nur auszugsweise in einer französischen Übersetzung von M. Thomsons englischen Werk *System der Chemie* zur Kenntnis genommen hatte. Zu der von Einhof entdeckten neuen Substanz schrieb Braconnot:

Die unreine, von Einhof vegeto-animalischer Stoff genannte Substanz hat meine besondere Aufmerksamkeit erregt... sie enthält ein unmittelbares Prinzip von besonderem Charakter, das mit anderen Körpern nicht zu verwechseln ist ... Einhof hat diese Arbeit bereits begonnen, aber sie hat viel zu wünschen übrig gelassen und war nicht frei von Ungenauigkeiten.<sup>26</sup>

Auch Braconnot, der diese Substanz Legumin nannte (ein Name, der heute noch für eine ihrer Hauptproteinkomponenten gebraucht wird),<sup>27</sup> war weit davon entfernt, einen „reinen“ Eiweißstoff in der Hand zu haben. Es bedurfte einer langen methodischen Entwicklung der Eiweißchemie, bis es gelang, die aus zwei Hauptkomponenten „Legumin“ und „Vicilin“<sup>28</sup> bestehende Proteinfraction in einzelne Proteinkomponenten zu zerlegen, deren räumliche Struktur weitgehend aufzuklären und nachzuweisen, daß diese Speicherproteine der Pflanzen bei großer struktureller Ähnlichkeit innerhalb der leguminartigen (11-S-Globulin) oder vicilinarartigen (7-S-Globulin) Proteinklasse aus einer Vielzahl individueller Spezies bestehen.<sup>29–31</sup>

### **Ernährungsphysiologische sowie lebensmittelchemische und -technologische Aspekte in Einhofs Arbeiten**

Der Nachweis von Eiweiß in Kartoffelknollen<sup>12, 13</sup> lieferte Einhof ein überzeugendes Argument für deren „Nährhaftigkeit“ (der Begriff „Nährwert“ für die Qualität eines Nahrungsmittels war noch nicht geprägt), da nach der herrschenden Lehrmeinung nur dem tierischen Körper analoge Substanzen nahrhaft

sein sollten. Durch Hitzekoagulation hatte Einhof aus dem Kartoffelpreßsaft eine Eiweißfraktion gewonnen, deren Menge in Abhängigkeit von der Kartoffelsorte 0,7 bis 1,4 % betrug,<sup>13</sup> Werte, die recht gut mit dem aktuellen Eiweißgehalt in Kartoffelknollen übereinstimmen.<sup>32</sup>

Den Bemühungen Albrecht Thaers um die Verbreitung der Kartoffel als Grundnahrungsmittel der menschlichen Ernährung standen weit verbreitete Vorbehalte entgegen, die einer wissenschaftlichen Grundlage ermangelten. Einhofs Untersuchungen konnten nun dazu beitragen, diese abzubauen. Im Resumé seiner Untersuchungen schrieb er:

Es ist merkwürdig, daß ein Gewächs, das man so oft anfeindete, weil es nach theoretischem Raisonnement keine nahrhafte Speise abgebe, mit den thierischen Körpern so viel Aehnlichkeit hat. Ist es nöthig, die Ehre der Erdäpfel zu retten, so wird dieses kräftige Argumente dazu abgeben.<sup>12</sup>

Und an anderer Stelle:

Man hat sich in einigen öconomischen Schriften über den Werth der Kartoffeln, in Hinsicht auf ihre Nahrhaftigkeit gestritten. Wenn sie von der einen Seite als ein kräftiges und leicht verdauliches Nahrungsmittel angesehen wurden, das dem Getreidemehl an die Seite gesetzt werden könne, so betrachtete man sie von der anderen als eine nur den Magen füllende Masse, die zwar den Reiz des Hungers stille, aber dem Körper nicht zur Consumption abgebe, oder man wollte ihnen doch ihren Rang mit dem Getreide streitig machen. Diese stützten sich alleine auf theoretische Gründe; nur solche Substanzen hieß es, könne man eine vorzügliche nährende Kraft zuschreiben, welche Materien enthalte, die dem thierischen Körper analog sind. Der Weitzen und andere Getreidearten enthalten den Kleber, die Kartoffeln hingegen nichts, was in Hinsicht seiner Grundmischung animalischer Natur ist. Die ersteren beriefen sich auf zahlreiche Familien, welche am größten Theil des Jahres nichts weiter als Kartoffeln genossen und wohl genähret waren. Diese Erfahrung wird wohl hinreychend seyn, jenes theoretische Raisonnement zu überwiegen, um so mehr, da es nicht hinlänglich begründet ist, indem sich aus meiner Untersuchung ergeben hat, daß die Kartoffeln eine Substanz, welche mit dem Kleber des Weizens sehr übereinstimmend ist, den Eyweißstoff, besitzen. Die Kartoffeln können wenigstens, im Hinblick auf ihre Nahrhaftigkeit, dem Roggen an die Seite gestellt werden.<sup>13</sup>

Der hohe Gehalt der Hülsenfrüchte an „thierisch-vegetabilischer Substanz“ veranlaßte Einhof zu entsprechenden Schlußfolgerungen hinsichtlich des Nährwertes:

Betrachten wir die Bestandtheile der Hülsenfrüchte in Hinsicht auf ihre Nahrungsfähigkeit, so müssen wir den Hülsenfrüchten als Nahrungsmittel für Menschen und Vieh einen sehr großen Werth zugestehen. Die thierisch-vegetabilische Substanz, welche sie in großen Mengen besitzen, dem thierischen Körper so nahe verwandt, ist um so leichter fähig, demselben sich zu assimilieren, ihren Nahrungsstoff darzubieten. Ihre übrigen Bestandtheile, der Schleim und die Stärke, spielen beim Nutritionsgeschäft ebenfalls eine sehr wichtige Rolle, und man sagt daher nicht zuviel, wenn man behauptet, daß sie das Nahrhafteste sind, was uns das Pflanzenreich liefert. ... Als Mastfutter für das Vieh hat man ihnen schon längst einen Vorzug vor den meisten Getreidearten eingeräumt, und als Nahrung für Menschen zeigen sie sich sättigender und ausdauernder.<sup>11</sup>

Die von ihm ermittelte Zusammensetzung an „nährenden“ Substanzen – Stärke, Kleber, Pflanzeneiweiß, Schleimstoffe bei Getreide, „zuckrige“ Materie, Faserstoff, Eiweiß bei Wurzelgewächsen – diente Einhof zur Beurteilung der „Nahrungsfähigkeit“ der Getreidearten und Feldfrüchte, wobei er durchaus diese für den Landwirt wichtigen Aspekte berücksichtigte:

Da man aber das Getreide nicht nach Gewicht, sondern nach dem Maaße kauft und verkauft, und das specifische Gewicht der Getreidearten so verschieden ist, so wird man eine zweckmäßigere Vergleichung der Nahrungsfähigkeit derselben und des von diesen abgeleiteten Werthes am zweckmäßigsten nach dem Maaße vornehmen. Die Summe der nährenden Kraft eines Getreides wird, wenn meine Untersuchungen zum Grunde gelegt werden sollen, dann zusammengesetzt seyn, aus der Qualität und Quantität der nährenden Theile in einem bestimmten Gewichte und aus der speciellen Schwere.<sup>9</sup>

Ausgehend von der Quantität an Nährstoffen pro Hohlmaß Getreide stellte er so eine erste Rangfolge des relativen (Nähr-)Wertes verschiedener Getreidearten auf,<sup>33</sup> die allerdings durch Berücksichtigung des qualitativen Aspektes modifiziert werden müsse.

Die Modifikationen lassen sich aber, der jetzigen Lage der Sache nach, nicht bestimmt angeben, indem das Verhältniß der nährenden Kraft der einzelnen Bestandtheile, sich nicht durch Zahlen ausdrücken läßt. Es ist einleuchtend, daß dies von großer Wichtigkeit seyn würde; ob wir aber einmal dahin kommen werden, es zu können, ob überhaupt der Gegenstand von der Art ist, daß er eine solche Bestimmung zuläßt, müssen wir von dem Fleiße und der Aufmerksamkeit erwarten, welche man ihm in der Folge widmen wird.<sup>9</sup>

Der Begriff des Nährwertes von Stoffen konnte erst genauer definiert werden, nachdem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf der Grundlage kalorimetrischer Versuche ihr „Energieinhalt“ bestimmt worden war.<sup>34</sup> Für die Beurtei-

lung der ernährungsphysiologischen Qualität von Proteinen wurde 1909 der Begriff der „biologischen Wertigkeit“ von Thomas eingeführt, nachdem sich die Erkenntnis durchgesetzt hatte, daß nicht alle Proteine gleich gut geeignet sind, das Stickstoffgleichgewicht des Organismus aufrechtzuerhalten.<sup>35</sup> Die Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen war noch lange ein zentrales Thema in der Ernährungsforschung.<sup>36</sup>

In Einhofs Arbeiten finden sich durchweg Schlußfolgerungen hinsichtlich einer praktischen Nutzung seiner Untersuchungsergebnisse. So schreibt er, daß das Mehl der Himmelsgerste allein ohne Zusatz zum Brotbacken nicht brauchbar sei, mit einem Zusatz von Roggenmehl und Kartoffeln aber ein wohlschmeckendes Brot ergibt: „Ich habe es mit 2/ 3 Rockenmehl versetzt, verbacken und recht gutes Brod, welches ohne allen Beigeschmack war, daraus erhalten.“<sup>9</sup> In seinen Arbeiten über die Kartoffeln<sup>13, 37</sup> erörterte er eingehend den möglichen Einsatz von Kartoffeln und Kartoffelmehl in der Brotbäckerei. Hier setzt er sich auch mit technologischen Fragen bei der Gewinnung von Kartoffelstärke sowie mit den Problemen, die für den Landwirt durch das Erfrieren der Kartoffeln auf dem Acker entstehen, auseinander, nicht ohne Vorschläge zu machen, wie ihre Inhaltsstoffe durch geeignete Nachbehandlung doch noch für die Ernährung genutzt werden können.<sup>37</sup>

### **Einhofs agrikulturnchemische Arbeiten im engeren Sinne**

Fester Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeit Einhofs war die Untersuchung der Zusammensetzung verschiedener Erdarten im Hinblick auf ihre Nutzung durch den Landwirt.<sup>38 - 42</sup> So interessierten ihn Zusammenhänge zwischen den „Extractivstoffen“ des Bodens, die er durch wäßrige, wäßrig-alkalische und alkoholische Extraktion gewann, und denen der Pflanze. Nach seinen Untersuchungen über den Kalkgehalt von Böden und den Einfluß einer Kalkzugabe auf die Bodenqualität hebt Einhof die Bedeutung von Kalk zur Neutralisation saurer Böden und seine auflösende und zersetzende Wirkung auf organisches Material (Humus) z.B. zu Ammoniak hervor.<sup>38, 40</sup> Denn nach seiner Ansicht müssen die Nährstoffe in gut löslicher Form vorliegen, um von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden zu können. So kann er die geringe Eignung der schwarzen Dammerde für den Ackerbau auf ihre saure Natur und ihren hohen Gehalt an noch unzersetztem organischem Material pflanzlicher und tierischer Herkunft zurückführen und eine wissenschaftliche Erklärung für die Wirkung des Abtrennens der Grasnarbe (sod burning) von Heideböden in England und die Bodenverbesserung nach Unter-

pflügen der Pflanzenasche geben.<sup>40</sup> Als Schlußfolgerung aus den in seinem Institut von Einhof durchgeführten Bodenanalysen schreibt Thaer:

Ohne chemische Untersuchung wäre die Sache [gemeint ist die Wirkung des Kalles im Lehm-Mergel (K.D.S.)] ewig im Dunklen geblieben und hätte sich wenigstens nicht weiter ... verbreitet, und doch halten manche einfältige und manche verständige Leute die Einmischung der Chemie in die Lehre vom Ackerbau für unnötig.<sup>42</sup>

Diese „Einmischung der Chemie“ finden wir auch bei der Analyse von Horn-Vieh-Excrementen.<sup>43</sup> Den Autoren Thaer und Einhof kam es dabei darauf an, die Veränderung der „Extractivstoffe“ während der Fäulnis, dem Schlüsselprozeß bei der Umwandlung organischer Düngemittel in durch Pflanzen verwertbares Material, festzustellen. Auf diese Arbeit wurde wenig später von keinem geringeren als Berzelius in einer Untersuchung über den Menschenkot anerkennend Bezug genommen.<sup>44</sup>

Im Hinblick auf den Einsatz anorganischer Stoffe als potentielle Düngemittel hat Einhof die Wirkung verschiedener Säuren und Salze auf die Keimung und das Wachstum von Pflanzen untersucht.<sup>45</sup> Er schrieb darüber:

Von den Salzen hat man sich, als Düngemittel, immer sehr viel versprochen und ihnen einen beträchtlichen Einfluß auf die Vegetation zugeschrieben ... Meinen Bemerkungen zu Folge ... muß ich indessen an der Wirkung mehrerer Salze, die man zur Bedüngung empfohlen hat, zweifeln. Entweder gehen die Salze als Nahrungsmittel in die Pflanzen über, oder sie haben einen heilsamen Einfluß auf die Erregbarkeit der Gewächse, oder sie modifizieren die im Boden befindlichen Nahrungsstoffe, daß sie geschickter von den Pflanzen aufgenommen werden.<sup>45</sup>

Diese Passage kennzeichnet Einhofs Bemühen um eine kritische Interpretation seiner eigenen Ergebnisse. Sie zeigt auch, wie weit der Autor noch von einem Verständnis der Rolle der Mineralstoffe für das Pflanzenwachstum entfernt war.

### **Einhofs Mögliner Vorlesungen über die Ernährung der Pflanzen**

In seinen von Albrecht Thaer postum als Fragment veröffentlichten Mögliner Vorlesung<sup>46</sup> hat Einhof den Wissensstand seiner Zeit über die Ernährung und das Wachstum der Pflanzen kritisch diskutiert. Zusammenfassend führte er dort aus, daß die Pflanze ihre Nahrung sowohl aus der Luft über die Blätter als auch aus der Erde vermittelt der Wurzeln aufnimmt. Danach verarbeitet die Pflanze den Kohlenstoff des CO<sub>2</sub> der Luft zu den Bestandteilen ihres „Nahrungssaftes“, wäh-

rend ein Teil des Sauerstoffs wieder als Gas ausgeschieden wird.<sup>47</sup> Die Nahrungsstoffe, welche die Pflanze über die Wurzeln aufnimmt, sind nach Einhof die Zersetzungsprodukte von „faulenden und verwesenden thierischen und vegetabilischen Körpern“ in Form wasserlöslicher „Extractivstoffe“ (Kernpunkt der Humus-Theorie von Thaer) und Kohlensäure. Letzteres aber stand im krassen Gegensatz zu den 1840 von Liebig in seiner „Agriculturchemie“ formulierten Thesen, nach denen das CO<sub>2</sub> der Luft die alleinige Kohlenstoffquelle der Pflanze ist und letztere über die Wurzel nur „unorganische“ (mineralische) Substanzen aufnimmt.<sup>48</sup> Liebig hat diese Ansicht später modifiziert sowie ab der 7. Auflage seines Werkes dem Humus eine Bedeutung als „langsamer und andauernder Quelle von Kohlensäure“ zuerkannt und dabei auch die Wichtigkeit des Bodenstickstoffs – und damit des Humus – für Qualität und Ertragssicherheit hervorgehoben.<sup>49-51</sup> Immerhin hat die Auseinandersetzung um die sogenannte Humustheorie die Gemüter von Landwirten und Botanikern jahrelang erregt.<sup>50</sup> Die Leugnung der Kohlensäureassimilation aus der Luft durch einige namhafte Botaniker<sup>50</sup> hat wohl auch zu einem nicht ganz korrekten Verständnis der Thaerschen Humustheorie beigetragen.<sup>52</sup> Immerhin kann davon ausgegangen werden, daß Einhofs Lehrmeinung identisch war mit derjenigen der Thaerschen Schule.

Einhofs Schriften waren offenbar nur Insidern, d.h. vor allem Chemikern, bekannt. Nach einer Publikation aus dem Jahre (1988),<sup>53</sup> in der die im Prinzip falsche Thaersche Lehre vom Extractivstoff ihre historisch richtige Einschätzung findet, wird Einhof vom Lehrer der Chemie an einer akademischen Anstalt zu einem „Chemielehrer“ mit falsch angegebenen Lebensdaten.

Bei allen Irrtümern Einhofs über die Pflanzenernährung, z.B. die Aufnahme von Kohlenwasserstoffen über die Blätter oder eben die Rolle des sogenannten Extractivstoffes, die sich aus dem Wissensstand seiner Zeit erklären, ist sein Bemühen um eine sachliche Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundlagen des Ackerbaus zu würdigen, eine Einstellung, die auch in der eigenen kritischen Diskussion seiner experimentellen Arbeiten zum Ausdruck kommt. Als Einhof 1808 starb hatte Thaer seinen Chemiker verloren.<sup>54</sup> Im Nachruf auf Einhof<sup>55</sup> schrieb Thaer:

- Den 20sten März 1808 -

Das Absterben meines innigsten Freundes des Königlichen Preußischen Professors Heinrich Einhof ist für das hiesige Institut so bedeutend, daß ich im ersten Augenblick den Verlust für unersetzbar hielt. Was Er als Naturforscher an sich war und geworden wäre, überlasse ich denen zu beurteilen, die ihn und seine Arbeiten genau kannten. Aber das ist gewiß, daß noch keiner eine so innige Verbin-

derung der Naturwissenschaft mit der Lehre von der Oekonomie, Agronomie, Agrikultur, Produktion und Fabrikation theoretisch und praktisch bewirkt hat wie Er.

Er trug nicht nur die Naturlehre (in beständiger Hinsicht auf die auf Erfolg allein begründete aber durch Vernunft konstruierte Landwirtschaftswissenschaft) in ihrem ganzen Umfange, doch mit besonderer Heraushebung der jene näher berührenden und sich mit ihr verschmelzenden Theile vor; sondern er hatte auch das System seines Vortrages und dessen Fortgang so geordnet, daß er sich mit dem Vortrage der Landwirtschaftswissenschaft (der sich wiederum nach dem seinigen möglichst bequemte) zusammenfügte, so daß nur Eine Lehre daraus wurde, eine die andere fast gleichzeitig erläuterte; eine die Sätze der anderen, ohne sie zu wiederholen, sich aneignen konnte. Nur durch ein achtjähriges Miteinanderleben, eine Austauschung der Ideen und Ansichten und gemeinschaftlicher Studien war dies möglich ...

...Dazu kam Einhofs heiterer, offener Sinn, sein Hingeben in der Freundschaft, seine Dienstfertigkeit, seine Anspruchslosigkeit und liebenswürdige Naivität, mit der reinsten Moralität und Warheitsliebe verbunden. Ach! Wir haben viel, viel an ihm verloren.<sup>55</sup>

Der Autor dankt den Mitarbeiterinnen der Fördergesellschaft Albrecht Thaer e.V., Frau Ute Weber und Frau Hermine Sell (Leiterin des Albrecht Thaer-Museums Möglin, dessen Fortbestand in den historischen Räumen gefährdet ist) für wertvolle Informationen über die Mögliner Lehranstalt und Heinrich Einhof.

- <sup>1</sup> Klemm, V./ Meyer, G., *Albrecht Daniel Thaer – Pionier der Landwirtschaftswissenschaften in Deutschland*, Halle (Saale): VEB Max Niemeyer Verlag 1968.
- <sup>2</sup> Fontane, Th., „Denkmal Albrecht Thaer's zu Berlin. Faksimile Nachdruck“ *Dahlemer Materialien* 3, Berlin: Domäne Dahlem 1992, S. 25 – 26.
- <sup>3</sup> Poggendorff, J. C., *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, 1. Bd., Leipzig: Verlag von Johann Ambrosius Barth 1863, S. 651 – 652.
- <sup>4</sup> *Ausstellungskatalog Albrecht Daniel Thaer der Thaer-Gedenkstätte im Land Brandenburg*, hg. von der Fördergesellschaft Albrecht Daniel Thaer – Möglin 1993, S. 19.
- <sup>5</sup> Thaer, A., „Königlicher Schutz und Begünstigung des landwirtschaftlichen Instituts zu Möglin. Fortsetzung des Baues“, *Ann. d. Ackerbaues* 4 (1806), 102 – 106.
- <sup>6</sup> Thaer, A., „Fernere Nachricht von dem zu Möglin zu errichtenden landwirtschaftlichen Untersuchungs-Institute – Zweck und Tendenz des Institutes“, *Ann. d. Ackerbaues* 3 (1806) 599 - 646.

- <sup>7</sup> Einhof, H., „Chemische Analyse des Roggens (*Secale cereale*)“, *Neues allgem. J. Chemie* 4 (1805) 131 – 153.
- <sup>8</sup> Einhof, H., „Chemische Analyse der kleinen Gerste (*Hordeum vulgare*)“, *Neues allgem. J. Chemie* 6 (1806) 62 – 98.
- <sup>9</sup> Einhof, H., „Bemerkungen bei Untersuchung der Himmelsgerste (*Hordeum celeste*) und einiger Wurzelgewächse, besonders in Rücksicht auf ihre Nahrungsfähigkeit“, *Ann. d. Ackerbaues* 7 (1808) 27 – 53.
- <sup>10</sup> Einhof, H., „Chemische Analyse der Erbsen (*Pisum sativum*) und der reifen Saubohnen (*Vicia faba*)“, *Neues allgem. J. Chemie* 6 (1806) 115 – 140.
- <sup>11</sup> Einhof, H., „Chemische Analyse der Linsen (*Ervum lens*) und Schminkbohnen (*Phaseolus vulgaris*)“, *Neues allgem. J. Chemie* 6 (1806) 542 – 552.
- <sup>12</sup> Einhof, H., „Bemerkungen einer Analyse der Erdäpfel (*Solanum tuberosum*)“, *Neues allgem. J. Chemie* 4 (1805) 315 – 317.
- <sup>13</sup> Einhof, H., „Chemische Untersuchung der Kartoffeln“, *Neues allgem. J. Chemie* 4 (1805) 455 – 508.
- <sup>14</sup> Schwenke, K. D., „Nahrungsproteine in der Geschichte der Eiweißchemie II. Beginn der Eiweißfraktionierung und erste Isolierung unterschiedlicher Pflanzeneiweißfraktionen“, *Ernährungsforsch.* 37 (1993) 67 – 81.
- <sup>15</sup> Beccari, J. B., *De frumento De Bononiensi Scientiarum et Artinum Instituto atque Academia Commentarii. II, pars prima* 1745, S. 122 – 124.
- <sup>16</sup> Schwenke, K. D., „Nahrungsproteine in der Geschichte der Eiweißchemie I. Vom ersten isolierten Eiweißpräparat zur Erkenntnis einer neuen Substanzklasse“, *Ernährungsforsch.* 37 (1993) 1 – 11.
- <sup>17</sup> Rouelle, H. M., „Observations sur la fécule ou la partie vertes des plantes et sur la matière glutineuse ou végéto-animale“, *J. med. chirurg. pharmac.* 40 (1773) 259 – 263.
- <sup>18</sup> Gay-Lussac, J.L., „Sur la présence de l'azote dans toutes les semences“, *Ann. chim. phys.* 53 (1833) 110 – 111.
- <sup>19</sup> Ch. L. Cadet de Gassicourt, (s. loc. cit 14) hatte 1801/ 1802 in einer Arbeit mitgeteilt, daß nativer Kleber in Alkohol praktisch unlöslich sei, mit zunehmendem (spontanem) enzymatischem Abbau jedoch mehr und mehr alkohollöslich werde.
- <sup>20</sup> Fourcroy (A. F. Comte de) hatte 1789 Eiweißstoffe als eigene Stoffklasse mit dem Namen „albumen“ definiert (s. dazu loc. cit 16)
- <sup>21</sup> Osborne, T. B., *The vegetable proteins*, 2<sup>nd</sup> edition, Longmans, Green and Co. London 1924
- <sup>22</sup> Braudo, E. E./ Plashchina, I. G./ Schwenke, K. D., „Plant protein interactions with polysaccharides and their influence on legume protein functionality“, *Nahrung* 45, 382 – 384 (2001)
- <sup>23</sup> Sosulski, F. Youngs, C. G., „Yield and functional properties of air-classified protein and starch fractions from eight legume flours“, *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 56 (1979) 292–295.

- <sup>24</sup> Schwenke, K. D., *Eiweißquellen der Zukunft*, Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin 1985, S. 29.
- <sup>25</sup> Oberleas, K. D., „Phytate content in cereals and legumes and methods of determination“, *Cereal Foods World* 28 (1983) 352 – 357; GRYNSPAN, F., Cheryan, M., „Phytate-calcium interactions with soy protein“, in: *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 66 (1989) 93 – 97.
- <sup>26</sup> Braconnot, H., „Memoire sur un principe particulier aux graines de la famille des légumineuses et analyse des pois et des haricote“, *Ann. chim. phys.* 34 (1827) 68 – 85.
- <sup>27</sup> Derbyshire, E./ Wright, LD. J./ Boulter, D., „Legumin and cicilin storage proteins of legume seeds“, *Phytochemistry* 15 (1976) 3 – 24.
- <sup>28</sup> Osborne, T. B./ Campbell, G. F., „Proteids of the pea“, *J. Am. chem. Soc.* 20 (1898) 348 – 362; dieselben, „Proteids of the lentil“, *ibid.* 362 – 375.
- <sup>29</sup> Casey, R./ Domoney, C., „The biochemical genetics of pea storage proteins“, *Kulturpflanze* 32 (1984) 99 – 108; HORSTMANN, C., „New aspects of the subunit structure of Vicia faba legumin“, *ibid.*, 109 – 116; MORI, T./ Nakamura, T./ Utsumi, S., „Structure of 11 S globulins of soybean and broad bean and its signicance in the food system“, *ibid.*, 127 – 158.
- <sup>30</sup> Plietz, P./ Damaschun, G./ Zirwer, D./ Gast, K./ Schlesier, B./ Schwenke, K. D., „Comparison of the structures of different 11 S and 7 S globulins by small-angle X-ray scattering, quasi-elastic light scattering and circular dichroism spectroscopy“, *Kulturpflanze* 32 (1984) 159 – S. 163.
- <sup>31</sup> Laurence, M. C., „Structural relationships of 7 S and 11 S globulins“, *Seed Proteins. Kluwer Academic Publishers*, hg. von P. R. Shewry and R. Casey Dordrecht 1999, S. 517 – 541.
- <sup>32</sup> loc. cit. 24, S. 79 – 81
- <sup>33</sup> Auf der Grundlage des Gehaltes an nährenden Stoffen und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen spezifischen Gewichte (Schüttgewicht) errechnete Einhof für einen Berliner Scheffel<sup>1)</sup> Getreide, wenn er den Wert für Roggen gleich Hundert setzte, folgende Rangfolge für verschiedene Getreidearten: Weizen 123, Himmelsgerste 101, kleine Gerste 71, Hafer 51.
- <sup>1)</sup> ab 1816 galt in Preußen 1 Scheffel 54,962 l
- <sup>34</sup> Seit den Untersuchungen Lavoisiers am Ende des 18. Jahrhunderts hatten die Physiologen die Oxydation der Nährstoffe im Körper als die Hauptquelle der „tierischen Wärme“ angesehen.
- Mit Liebig's Untersuchungen über Respiration und Ernährung, zusammengefaßt in seiner *Die Tier-Chemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*, (Vieweg, Braunschweig 1842) beginnt die systematische Erforschung der Beziehung zwischen Energiestoffwechsel und Ernährung. Carl von Voit (1831 – 1908), der 1881 den Begriff „Nährstoff“ prägte, entwickelte 1862 zusammen mit Liebig's Schüler Max von Pettenkofer (1818 – 1901) einen Respiationsapparat zur direkten Messung des Energieumsatzes beim Menschen. Max Rubner (1854 – 1932) formulierte 1883 das Gesetz von der isodynamischen Wirkung der Kohlenhydrate und Fette in Energiestoffwechsel und

- ermittelte 1885 die physiologischen Brennwerte für Eiweiß, Kohlenhydrate und Fette (s. dazu Leuthardt, F., *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 14. Auflage, Walter de Gruyter & Co., Berlin 1961, S. 821 – 832, Lusk, *The elements of the science of nutrition*, Philadelphia und London 1928, Ketz, H.-A./ Baum, F. *Ernährungslexikon*, VEB Fachbuchverlag Leipzig 1986)
- <sup>35</sup> Die biologische Wertigkeit ist als die Menge Körpereiweiß definiert worden, die durch 100 g des zugeführten Körpereiweißes ersetzt werden kann. Die Werte betragen nach Thomas (Arch. Anat. u. Physiol. 1909, 219) für Fleisch und Milch annähernd 100, für Casein 70, für die Kartoffel 79, für Weizenmehl 40, für Erbsen 56, für Mais 30 (s. dazu Leuthardt, F. loc. cit. 34, S. 438 – 448; Mitchell, Physiol. Reviews 4 (1924) 424 – 478.
- <sup>36</sup> Der biologische Wert eines Proteins wird durch ihren Gehalt an essentiellen Aminosäuren bestimmt, die nicht vom Organismus synthetisiert, sondern mit der Nahrung aufgenommen werden müssen (Rose, W. C. „The amino acid requirements of adult man“, in: *Nutr. Abstr. Rev.* 27 (1957) 651) Weitere Arbeiten zur Qualitätsbeurteilung von Nahrungsproteinen: McCollum, E. V., „The newer knowledge of nutrition“, The MacMillan Co., New York <sup>2</sup> 1923. Noack, R., „Zur biochemischen Funktion des Proteins als Grundlage der Bedarfsnormen“, in: *Ernährungsforsch.* 8 (1963) 15 – 24, Kofrani, E./ Jekat, F., „Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen VII, Bilanzversuche an Menschen“, in: *Hoppe-Seyler's U. physiol. Chem.* 335 (1964) 166 – 173; Kofrani, E./ Jekat, F./ Müller-Wecker, H., „The determination of the biological value of dietary proteins XVI.“, *ibid.* (1970) 1485 – 1493; Bock, H.-D., „Zur Proteinqualitätsbeurteilung von Nahrungs- und Futtermitteln“, *Nahrung* 19 (1975) 875 – 884.
- <sup>37</sup> Einhof, H., „Einige Bemerkungen über die Kartoffeln“, in: *Ann. d. Ackerbaues* 3 (1806) 357 – 388; THAER, A. D., „Behandlung der Kartoffeln durch Frost von Hrn. Einhof. Nebst einer Erklärung der Zeichnung der Presse und Luftdarre für die Kartoffeln“, in: *Ann. d. Ackerbaues* 11 (1810) 1 – 21.
- <sup>38</sup> Thaer, A./ Einhof, H., „Chemische Untersuchung einiger Torfarten besonders mit Rücksicht auf Torfdüngung“, *Neues allgem. J. Chemie* 3 (1804) 400 – 423.
- <sup>39</sup> Einhof, H., „Vorläufige Untersuchung der vorgedachten Lehmart“, in: *Ann. des Ackerbaues* 1 (1805), 98 – 102. Bezugnahme auf eine vorher (*ibid.* S. 24 – 97) unter dem Titel „Beschreibung des Lehmes – einer wichtigen Verbesserung der Kornfelder in Schleswig und Holstein von Hrn. Rixon, Schullehrer auf dem gräflichen Baudissinschen Gute Knoop by Kiel“ erschienenen Arbeit.
- <sup>40</sup> Einhof, H., „Einige Bemerkungen über die Dammerde“, *Neues allgem. J. Chemie* 6 (1806) 373 – 392.
- <sup>41</sup> Einhof, H., „Über eine chemische Untersuchung der Marscherde im Eiderstädtchen durch Herrn Dr. Schmeißer“, *Ann. des Ackerbaues* 7 (1808) 98 – 105.
- <sup>42</sup> Thaer, A., „Erläuterung über den Lehm-Mergel“, in: *Ann. des Ackerbaues* 1 (1805) 831 – 838.
- <sup>43</sup> Thaer, A./ Einhof, H., „Über die Horn-Vieh-Excremente und ihre Fäulniß“, *Neues allgem. J. Chemie* 3 (1804) 276 – 321.
- <sup>44</sup> Berzelius, J., „Untersuchung der Zusammensetzung des Menschenkotes“, *Neues allgem. J. Chemie* 6 (1806) 509 – 541.

- <sup>45</sup> Einhof, H., „Bemerkungen über die Wirkung verschiedener Säuren, Salze u.s.w. auf die Vegetation“, *Neues allgem. J. Chemie* 3 (1804) 604 – 618.
- <sup>46</sup> „Fragmente aus Einhofs Möglinschen Vorlesungen I. Über die Ernährung der Gewächse“, *Ann. d. Ackerbaues* 8 (1808) 297 – 324; „2. Von dem Einathmen und der Ausdünstung der Gewächse“, *ibid.*, 324 – 346.
- <sup>47</sup> Die Kohlensäureassimilation aus dem CO<sub>2</sub> der Luft war bereits Ende des 18. Jahrhunderts durch Arbeiten von Priestley, Ingenhousz und de Saussure nachgewiesen worden. Hingegen konnte der experimentelle Nachweis, daß das bei der Photosynthese entwickelte CO<sub>2</sub> aus dem Wasser stammt, erst in den 30er und 40er Jahren des 20. Jahrhunderts durch Arbeiten von van Niels, Hill, Ruben u.a. erbracht werden (s. dazu Rabinowitch, I.E., *Photosynthesis*, *Scientific American*, 1948; R. Rill, *Prac.*, Roy. Soc. London, Serie B, 127 (1939, 192; *Adv. Enzymol.* 12 (1951)1).
- <sup>48</sup> Liebig, J. *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Vieweg, Braunschweig, 1840.
- <sup>49</sup> Liebig, J. *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, 9. Auflage (hg. von PH. ZÖLLER), darin: „Der chemische Process der Ernährung der Vegetabilien“, Vieweg Braunschweig 1876, S. 5 – 26, s.u.a. S. 35 – 52, 176 – 178; Reprint – Buchedition Agrimedia GmbH, Verlag Alfred Strothe, Holm 1995.
- <sup>50</sup> Stahl, H., „Liebig's Grundthesen der Pflanzenernährung im Spiegel seiner Zeitgenossen“ (Nachdruck) *1. Ergänzungsband zu l.c.*<sup>49</sup>, (hg. von Wilhelm Lewicki), Agrimedia GmbH, Verlag Alfred Strothe, Holm 1995, S. 78 – 86.
- <sup>51</sup> Siebeneicher, G. E., „Die Rolle des Stickstoffs in Liebig's Auffassungen von der Pflanzenernährung“, *l.c.*<sup>50</sup>, S. 97 – 108.
- <sup>52</sup> Darauf deutet die folgende Passage in der eben zitierten<sup>50</sup> Arbeit hin „obwohl bereits Ende des 18. Jahrhunderts Priestley, Ingenhousz und Senebier die Kohlensäureassimilation der Pflanze aus der Luft nachgewiesen hatten, war noch immer die Thaersche Humustheorie anerkannt“. Der Autor verlegt auch das Thaersche Gut aus dem Oberbarnim nach Mecklenburg.
- <sup>53</sup> Müller, H.-H./ Klemm, V., *Im Dienste der Ceres*, Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 1988, S. 68 – 260.
- <sup>54</sup> Einhofs Arbeiten wurden in Möglin von Ernst Georg Wilhelm Crome, der allerdings bereits 1813 verstarb, fortgesetzt. 1809 erschien seine Arbeit „Über den sogenannten unauflöselichen Humus und die Mittel, ihn auflöselich zu machen“ in Thaers *Annalen des Ackerbaues* (10 (1809) 152 – 163). Thaers Schüler Sprengel hat dann in Göttingen (1823 – 1830) und Braunschweig (1831 – 1835) durch gründliche chemische Analyse des Humus die Lehre vom „Extraktivstoff“ widerlegt und die wesentlichen Elemente von Liebig's Agrikulturchemie vorweggenommen.
- <sup>55</sup> Thaer, A., „Fernere Nachricht vom Institut in Möglin Den 20sten März 1808“, *Ann. d. Ackerbaues* 7 (1808) 354 – 366.