



Doctoral Thesis

Die Wirkung der Hitzebehandlung auf den Nährwert des Eiweisses in Nahrungs- und Futtermitteln ein Beitrag zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit der stickstoffhaltigen Substanz in der Nahrung mit vergleichenden Ausführungen über die Oxydationslage, welche sich nach Verabreichung eines Eiweissträgers im Stoffwechsel ausgewachsener Ratten ergibt

Author(s):

Zimmermann, Gideon

Publication Date:

1952

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000089291> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Die Wirkung der Hitzebehandlung auf den
Nährwert des Eiweisses in Nahrungs- und Futtermitteln.**

(Ein Beitrag zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit der stickstoffhaltigen Substanz in der Nahrung mit vergleichenden Ausführungen über die Oxydationslage, welche sich nach Verabreichung eines Eiweiss-trägers im Stoffwechsel ausgewachsener Ratten ergibt.)

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der Technischen Wissenschaften

genehmigte
PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von
GIDEON ZIMMERMANN, dipl. ing. agr.
Israelischer Staatsangehöriger

Referent: Herr Prof. Dr. E. Crasemann

Korreferent: Herr Prof. Dr. E. Zollikofer

Juris-Verlag, Zürich

1952

E. Die Stickstoff-Nettowerte und ihre Bedeutung.

Die Stickstoff-Nettowerte, wie sie von H.H. Mitchell (181), H.H. Mitchell u. Mitarb. (208), (209), (269), K. Nehring und W. Schramm (464) sowie von W. Lintzel (465) berechnet werden, gründen sich auf der Annahme, dass die endogene Stickstoffausscheidung eine konstante und während der Eiweissfütterung pertinente Grösse sei. Da wir diese Ansicht nicht teilen können (sh. Unterabschnitt VI/D/8), haben wir mittels einer analogen Umformung, wie wir sie für die Biologische Wertigkeit vornahmen (sh. Seite 210), auch für die Stickstoff-Nettowerte (sh. Seite 122) eine Berechnungsformel entwickelt, welche der eigentlichen Bedeutung der letztgenannten Masszahl am ehesten gerecht werden dürfte.

$$P = \frac{L}{A} \cdot 100 \qquad A = N.F. \text{ (sh. Seite 122 und 210)}$$

$$L = N.F. - N.K. + N.S. - N.H. + N.E. \text{ (sh. Seite 122)}$$

$$P = \frac{(N.F. - N.K. - N.H.) - (O - N.S. - N.E.)^*}{N.F.} \cdot 100$$

Ebenso wie die Biologische Wertigkeit stellt auch der Stickstoff-Nettowert eine relative, unter konventionellen Bedingungen festzustellende Grösse dar. Er ist ein Ausdruck für den prozentischen Anteil der Differenz zwischen der Stickstoffbilanz während der Eiweissgabe und derjenigen während des Eiweisshungers, bezogen auf die Menge des im Futter aufgenommenen Stickstoffs. Von der Biologischen Wertigkeit unterscheidet sich der Stickstoff-Nettowert einzig durch die Andersartigkeit der Bezugsgrösse, d.h. durch die Verschiedenheit des Nenners.

Die von uns ermittelten zahlenmässigen Ergebnisse für die Stickstoff-Nettowerte lassen die gleichen Tendenzen erkennen, wie sie für die Wahre Verdaulichkeit und die Biologische Wertigkeit offensichtlich wurden. Ein Vergleich mit den Resultaten anderer Autoren muss dahinfallen, da mit Grünfutter keinerlei Versuche durchgeführt wurden, welche zum Ziele hatten, den Einfluss der künstlichen Trocknung im allgemeinen und denjenigen unterschiedlicher Trocknungsdauer sowie Trocknungstemperatur im besonderen im Hinblick auf den Stickstoff-Nettowert zu prüfen.

VII. Zusammenfassung.

Die künstliche Trocknung des Grases, insbesondere des Junggrases, bietet in gewissen Ländern, so auch in der Schweiz, eine wichtige Möglichkeit der Gewinnung eines haltbaren, proteinreichen Kraftfutters auf betriebseigener Basis. Die Qualität des Trockengrases und vor allem der Nährwert des in ihm enthaltenen Eiweisses ist, wenn wir von den Einflüssen der Graszusammensetzung und des Ernteverfahrens absehen, in erster Linie von der Art der technologischen Behandlung während des Trocknungsvorganges abhängig. In diesem Zusammenhang sind die Temperatur und die Dauer der Trocknung zu nennen, welche beide besonders dann den Nährwert der stickstoff-

* Sh. Bemerkung auf Seite 210

haltigen Substanz schädigen können, wenn sie im Verlaufe der Hitzebehandlung des Grases eine bestimmte, noch nicht allgemein festlegbare Grenze überschreiten und wenn das diesem Konservierungsverfahren unterworfenen Nahrungs- oder Futtermittel nicht mehr wasserhaltig sondern weitgehend trocken ist.

Zur weiteren Abklärung dieser Gegebenheiten und insbesondere zur Aufhellung der Beziehung zwischen der Art der Hitzeeinwirkung und dem Nährwert des Trockengrases haben wir die vorliegende Arbeit abgefasst; ihr wurde die folgende Problemstellung zu Grunde gelegt(I) *:

Welches ist der Einfluss einer weiteren Hitzebehandlung bereits lufttrockener Luzerneblätter ** auf den Nährwert der in diesen enthaltenen Stickstoffsubstanz, wenn

- a) in Anpassung an die landesübliche Praxis der künstlichen Grastrocknung und in Erweiterung der hierbei eingehaltenen Trocknungsbedingungen als Temperaturstufen 130, 150 und 170 °C und als Dauer des Trocknungsvorganges 15, 30 und 60 Minuten zur Anwendung gelangen
- b) der Nährwert der stickstoffhaltigen Substanz und dessen Veränderungen auf Grund der Wahren Verdaulichkeit, der Biologischen Wertigkeit und des Stickstoff-Nettowertes einerseits sowie auf Grund der Oxydationslage im Stoffwechsel der Versuchstiere nach Verabreichung der genannten Eiweissträger andererseits geprüft wird.

Der Gegenstand dieser Untersuchung bietet einen Ausschnitt aus dem Gesamtgebiet des Eiweisstoffwechsels im tierischen Organismus. Diesem Umstand Rechnung tragend, wurden in einem einleitenden Kapitel (II/1-2) die früheren Ansichten über den Aufbau und die ernährungsphysiologische Bedeutung der stickstoffhaltigen Nahrungsbestandteile unter besonderer Berücksichtigung der Forschungen von Liebig, Voit und Pflüger beschrieben. Nach einer Schilderung des Werdeganges der Erkenntnis von der mannigfachen Zusammensetzung der Eiweisse und von ihrem unterschiedlichen Nährwert (II/3), werden die verschiedenen Methoden zur Beurteilung der Qualität der stickstoffhaltigen Nahrungssubstanz diskutiert (II/4a) und es folgen unter Würdigung der grundlegenden Arbeiten von Rubner, Folin, Thomas und Mitchell eingehende Ausführungen über die Eiweissnährwertbeurteilung nach der Stickstoff-Bilanzmethode (II/4b). Abschliessend daran werden die Erklärungen für die Begriffe und Berechnungsgänge zur Ermittlung der Masszahlen: Wahre Verdaulichkeit, Biologische Wertigkeit und Stickstoff-Nettowert gegeben (II/4c). Hierauf erfährt die von Bickel entwickelte Methode der Bewertung des Nahrungseiweisses nach der von diesem eingesteuerten Oxydationslage im Stoffwechsel eine eingehende Schilderung (II/4d), wobei die für dieses Beurteilungsverfahren notwendige Bestimmung des C/N-Quotienten im Harn beschrieben wird. In diesem Zusammenhang gelangen auch diejenigen Arbeiten zur Besprechung, welche einen Hinweis darauf bieten, dass die Verabfolgung verschiedener Eiweisse Unterschiede in der Höhe der C/N-Quotienten im Harn der Versuchstiere zur Folge hat.

* Die Zahlenangaben in Klammern verweisen auf die entsprechenden Kapitel in der Arbeit.

** Bei 70° C während maximal 30 Minuten in einem Umwälzerhitzer getrocknet. Mit diesen Blättern wurde das "unbehandelte Kontrollfutter zusammengestellt.

Im anschliessenden Hauptabschnitt (III) wird versucht, eine möglichst vollständige Uebersicht über all jene Arbeiten zu bieten, die sich mit dem Einfluss der Hitzebehandlung auf den Nährwert des Eiweisses in tierischen (III/1) und pflanzlichen (III/2) Stickstoffträgern befassen, wobei die folgenden Nahrungs- und Futtermittel Berücksichtigung finden: Milcheiweisse (III/1a), Milch und Milchpräparate (III/1b), Fleischeiweiss, Fleisch und tierische Abfälle (III/1c), Eiereiweiss und Eier (III/1d), Fischmehle und Fischabfalltrockenprodukte (III/1e), Zuckerrübenblätter und Schnitzel (III/2a), Kartoffeln (III/2b), Getreideeiweisse, Getreide und Getreideprodukte (III/2c), Hülsenfrüchte und deren Eiweisse (III/2d), Oelfrüchte und deren Rückstände (III/2e), Sojabohnen und deren Rückstände (III/2f), Hefe (III/2g) und schliesslich Gräser und Kleearten (III/3).

Die von uns vorgenommene Literaturbearbeitung gestattet folgende Aussagen:

1. Ein und dasselbe Eiweiss, bzw. ein und dasselbe in einem Nahrungs- oder Futtermittel enthaltene Protein kann in seinem Nährwert durch unterschiedliche Hitzebehandlungsverfahren, differierend in der Höhe der Temperatur, in der Dauer der Einwirkung sowie in der Art und im Zustand des Wärmeträgers, verschieden beeinflusst werden. Die Unterschiedlichkeit betrifft sowohl die Richtung (Verbesserung, Verschlechterung) als auch das Ausmass der Veränderung.
2. Diese Unterschiedlichkeit kann auch dann beobachtet werden, wenn verschieden zusammengesetzte Proteine sowie verschiedene Eiweissträger ein und derselben Hitzebehandlung ausgesetzt werden.
3. Die für ein und dasselbe Eiweiss infolge einer bestimmten Hitzebehandlung auftretenden Veränderungen der Verdaulichkeit einerseits und der Umsetzbarkeit im Stoffwechsel andererseits zeigen nicht immer ein Verhalten, das hinsichtlich Richtung und Ausmass als gleichartig bezeichnet werden könnte.
4. Die Richtung und das Ausmass der bei ein und demselben Protein, bzw. Eiweissträger infolge einer bestimmten Hitzebehandlung zu beobachtenden Nährwertveränderung ist von der Höhe der angewandten Temperatur und von der Dauer ihrer Einwirkung abhängig.

Der folgende Hauptabschnitt (IV) ist der Schilderung der Anordnung und des Verlaufes des von uns mit 20 ausgewachsenen männlichen Ratten durchgeführten Versuches gewidmet. Der generelle Versuchsplan (IV/1) zeichnet sich dadurch aus, dass jeweils jedes der für die Bestimmung der Masszahlen notwendigen Experimente mit stickstofffreier Fütterung von zwei Experimenten umrahmt ist, während welcher die verschieden hitzebehandelten Luzerneblätter als alleinige Stickstoffquelle verabreicht wurden. Drei derartig angeordnete Experimente bilden gemeinsam einen Hauptversuch. Im weiteren ist die von uns gewählte Versuchsanordnung dadurch charakterisiert, dass wir zwischen jedes der 6 Experimente eine Standardperiode mit stickstoffgleicher Trockeneifütterung einschalteten. Der Vorteil dieser Massnahme zeigt sich in der hohen Ausgeglichenheit der Lebendgewichte unserer Versuchstiere während der gesamten Versuchsdauer (IV/2). In den anschliessenden Unterabschnitten werden Ausführungen gemacht über die Art der Aufbereitung der Luzerneblätter (IV/3a), über die Bestimmung des Bruttobedarfes zur Erhaltung der Versuchsratten (IV/3b), über die Zusammensetzung der Diäten für die Stickstoff- und stickstofffreien

Versuche und die Standardperioden (IV/3c) sowie über die Futterzubereitung (IV/3d). Bei der Zusammenstellung der verschiedenen Versuchsdiäten wurde insbesondere auf eine ausreichende Energie-, Vitamin- und Mineralstoffversorgung und auf eine Ausgeglichenheit des Trockensubstanz- und Rohfaserverzehrs aller Tiere geachtet.

Die von uns verwendeten Versuchskästen (IV/4a), welche eine Haltung der Ratten bei Neutraltemperatur und eine gesamthafte Feststellung allfälliger Stickstoffverluste gestatteten, und die von uns entwickelten Versuchskäfige (IV/4b), deren Bau einen quantitativen Futtermittelverzehr ermöglichte, finden mit zwei Abbildungen und einer Massskizze genaue Beschreibung.

Nach detaillierten Angaben über den Zeit- und Futterplan (IV/5a) sowie über die im Verlaufe unserer Versuche auftretenden Störungen (IV/5b) wird das Sammeln und die analytische Verarbeitung der Ausscheidungen der Versuchstiere beschrieben (IV/5c).

Der folgende Hauptabschnitt (V) umfasst die Aufführung der Versuchsergebnisse und deren statistische Auswertung.

Was die Stickstoff-Bilanzversuche betrifft (V/A/1-4), so zeigen sich zwischen den Ergebnissen der 2 Hauptversuche für jede der drei von uns gewählten Masszahlen Unterschiede, deren Irrelevanz durch den t- bzw. χ^2 -Test (V/A/5a und 6a) nachgewiesen werden konnte.

Gegenüber dem "unbehandelten" Kontrollfutter zeitigte die nachträgliche Hitzebehandlung bei 130 °C, unabhängig davon, ob sie während 15, 30 oder 60 Minuten geschah, folgende Ergebnisse, deren statistische Sicherheit mittel des t-Testes geprüft wurde:

5. Die Wahre Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Substanz in den luftgetrockneten Luzerneblättern wurde durch die besagte Hitzebehandlung nicht reduziert (V/A/5c).
6. Die Biologische Wertigkeit der Stickstoffsubstanzen in den luftgetrockneten Luzerneblättern erfuhr durch eine Behandlung bei der genannten Temperatur bereits eine merkbare Reduktion.
7. Der Stickstoff-Nettowert wurde in gleicher Weise beeinflusst wie die Biologische Wertigkeit.

Zusammenfassend lassen sich im weiteren auf Grund der von uns vorgenommenen einfachen Streuungszerlegungen (F-Test) die folgenden Aussagen machen:

8. Die durchschnittliche Wahre Verdaulichkeit der Stickstofffraktion in den luftgetrockneten Luzerneblättern wurde infolge einer Steigerung der Behandlungstemperatur von 130, über 150 auf 170 °C durchwegs, d.h. bei allen geprüften Behandlungszeiten (15, 30 und 60 Minuten) ungünstig beeinflusst. Ein aus der Steigerung der Behandlungsdauer sich ergebender ungünstiger Einfluss auf diese Masszahl liess sich nur für die Stickstoffsubstanzen derjenigen Luzerneblätter ermitteln, welche der ausserordentlich hohen Temperatur von 170 °C ausgesetzt worden waren (V/A/5b).

9. Biologische Wertigkeit und Stickstoff-Nettowert zeigten zumindest mit statistischer Signifikanz die gleichen Veränderungstendenzen im Gefolge der Hitzebehandlung wie die Wahre Verdaulichkeit (V/A/6b und 7a).

Um einen noch besseren Einblick in das Zusammenspiel von Dauer und Temperatur der Hitzebehandlung zu gewinnen, haben wir mehrfache Mittelwerts-Streuungszerlegungen (V/A/5d, 6d und 7a) sowie Mehrfachregressionen zwischen den Einzelwerten unserer Masszahlen und der Dauer bzw. Temperatur der Hitzebehandlung durchgeführt, deren Ergebnisse sich gesamthaft wie folgt zusammenfassen lassen:

10. Die Wahre Verdaulichkeit des Luzerneproteins wurde im Durchschnitt um 0,0707 % verringert, wenn die Behandlungsdauer (zwischen 15 und 60 Minuten) um 1 Minute anstieg; die Reduktion dieser Masszahl mit Zunahme der Behandlungstemperatur um 1 °C (zwischen 130 und 170 °C) betrug 0,2105 % (V/A/5e-5f).
11. Innerhalb der gleichen Grenzen betrug die durchschnittliche Abnahme der Biologischen Wertigkeit mit Zunahme der Behandlungsdauer um 1 Minute 0,1056 % und mit einer Steigerung der Behandlungstemperatur um 1 °C 0,3462 % (V/A/6e-6f).
12. Ebenfalls innerhalb der angegebenen Grenzen und bezogen auf die gleichen Einheiten sowie in der obigen Reihenfolge, betragen die Reduktionen für den Stickstoff-Nettowert 0,0769 % bzw. 0,2653 % (V/A/7b - 7c).
13. Für ein und dieselbe Masszahl waren die Unterschiede zwischen den Abnahmen in Abhängigkeit von der Dauer und den Abnahmen in Abhängigkeit von der Temperatur der Hitzebehandlung in allen Fällen gesichert (V/A/8).
14. Bei einem Vergleich verschiedener Masszahlen wies nur der Unterschied zwischen der mittleren Abnahme der Wahren Verdaulichkeit und derjenigen der Biologischen Wertigkeit in Abhängigkeit von der Trocknungstemperatur statistische Signifikanz auf (V/A/8).

Hinsichtlich der Experimente zur Bestimmung des C/N-Quotienten (V/B) wurden die Ergebnisse ebenfalls (V/B/9) einer statistischen Prüfung (V/B/10) unterzogen, deren Resultat ergab:

15. Weder die Dauer der mit den Luzerneblättern vorgenommenen Hitzebehandlung noch die dabei angewandte Temperatur hat innerhalb des von uns geprüften Bereiches auf den C/N-Quotienten im Harn der Versuchsratten, denen die Luzerneblätter als alleinige Stickstoffquelle verabreicht wurden, einen Einfluss ausgeübt.

Im letzten Hauptabschnitt (VI) werden nach einigen einleitenden Bemerkungen (VI/A) die Untersuchungsmethoden und die mit ihrer Hilfe erzielten Resultate besprochen und einer Kritik unterzogen. Bezüglich der Methode von Bickel gelangen wir zum Schluss:

16. Die einfachere Methode der C/N-Quotienten-Bestimmung kann nicht an die Stelle der Ermittlung der Biologischen Wertigkeit treten. Durch den C/N-Quotienten im Harn nach Verfütterung eines bestimmten Proteins oder Eiweissträgers werden offensichtlich andere Eigenschaften des betreffenden Nährstoffs erfasst, als sich in seiner Biologischen Wertigkeit manifestieren. Wenn im C/N-Quotienten ein Charakteristikum für die oxydationsregulatorische Wirkung des Nahrungseiweisses gesehen werden soll - was uns allerdings nicht als erwiesen erscheint - so hat offenbar die Trocknung der Luzerneblätter, wie wir auf Grund der Ergebnisse unserer Versuche feststellen müssen, keine der Fraktionen im Eiweissmolekül beeinflusst, welche für diese Wirkung verantwortlich sein könnte (VI/B).

Was die Ergebnisse der Bestimmung der Wahren Verdaulichkeit und den Vergleich mit den Resultaten anderer Autoren betrifft (VI/C/1-2 und 4) wird hinsichtlich der Methodik festgehalten:

17. Im Hinblick auf die Bestimmung des Stoffwechselstickstoffs gilt als vordringliche Notwendigkeit die Gleichhaltung des Trockensubstanz- und Rohfaserverzehrs der Versuchstiere in den Perioden stickstofffreien Regimes einerseits und eiweisshaltiger Ernährung anderseits.

Im Abschnitt (VI/C/3a-3c) folgen auf Grund einer Literaturübersicht Erklärungsversuche für die unter Punkt 8 und 10 dieser Zusammenfassung stehenden Ergebnisse der Bestimmung der Wahren Verdaulichkeit.

Im Rahmen der Diskussion, welche die Voraussetzungen für die Ermittlung der Biologischen Wertigkeit zum Gegenstand hat (VI/D), werden die Eiweisstoffwechseltheorien von Rubner und Folin (VI/D/1), von Osborne und Mendel (VI/D/2), von McCollum, Sherman und Mitchell (VI/D/3), von Terroine sowie von Lintzel (VI/D/4) auseinandergesetzt. In weiteren Abschnitten wird auf die Untersuchungen von Schoenheimer und Rittenberg (VI/D/5) sowie von Rose (VI/D/6) hingewiesen und ein zusammenfassendes Bild vom Eiweisstoffwechsel, wie es sich auf Grund der neueren Forschungen ergibt, entworfen (VI/D/7). Die Konsequenzen der Ansichtsänderungen für den Aussagewert von Masszahlen, wie sie die Biologische Wertigkeit und der Stickstoff-Nettowert darstellen, werden diskutiert (VI/D/8) und als Schlussfolgerung wird festgehalten:

18. Die Biologische Wertigkeit nach Mitchell ist kein Mass für die prozentische Retention des absorbierten Stickstoffs. Die Menge des endogenen Harnstickstoffs kann keineswegs als konstant angenommen werden, unabhängig davon, ob das Versuchstier Stickstoff erhält oder sich im Stickstoffhunger befindet. Dementsprechend ist die Menge des retinierten Futterstickstoffs nicht feststellbar.
19. Die Biologische Wertigkeit ist lediglich ein Ausdruck für den prozentischen Anteil der Differenz zwischen der Stickstoff-Bilanz während der Eiweissgabe und derjenigen während des Eiweisshungers bezogen auf die Menge des wirklich absorbierten Futterstickstoffs.
20. Der Stickstoff-Nettowert unterscheidet sich von der Biologischen Wertigkeit nur durch die Andersartigkeit der Bezugsbasis, die in seinem Falle der aufgenommenen Futterstickstoffmenge gleich ist (VI/E).

Nach einem Vergleich der Versuchsergebnisse (VI/D/9-10) für die Bestimmung der Biologischen Wertigkeit mit Angaben der Literatur, welche letztere für Stickstoff-Nettowerte vollkommen fehlen, werden Erklärungsversuche für die in unserem Versuch gefundene Abnahme der Biologischen Wertigkeit im Gefolge der Hitzebehandlung (sh. Punkt 9 und 11 dieser Zusammenfassung) gemacht (VI/10).