

Übersicht 3
Stickstoff- und Mineralstoffbilanzen bei Milchkühen nach Verfütterung von Weidegras

	N	Ca	Mg	P	K	Na	Cl
Kuh I A	+ 18,72	— 0,05	+ 0,06	+ 10,70	+ 15,89	— 3,18	+ 16,92
Kuh II G	+ 19,08	+ 6,31	— 1,24	+ 10,49	+ 2,14	— 2,40	+ 11,64

Grenzen gehalten worden, da keine Erfahrungen über die Aufnahme des gefrorenen Grases vorlagen und im Interesse des Versuches größere Futterreste, die bei derartigen Experimenten immer ein gewisses Problem bilden, vermieden werden mußten. Wie bereits eingangs angedeutet, war jedoch die Futteraufnahme sehr gut, so daß der Anteil an Weidegras ohne Bedenken hätte höher gewählt werden können. Aus dem Ergebnis der Untersuchungen sei auch hier nur soviel angedeutet, wie zu einer Beurteilung des Verlaufes der Versuche notwendig ist. Für eine schlüssige Beurteilung des Mineralstoffwechsels, für Rückschlüsse auf den Bedarf usw., ist ohnehin die experimentelle Kontrolle längerer Zeiträume notwendig, um den Ablauf der Vorgänge und die Regulationsfunktion des tierischen Organismus mit erfassen zu können (Übersicht 3).

In der obigen Tabelle zeigt sich ein kräftiger N-Ansatz, der erkennen läßt, daß offensichtlich bereits in diesem Laktationsstadium eine über den reinen Bedarf des fötalen Wachstums hinausgehende deutliche N-Retention vorlag. Aus den Mineralstoffbilanzen ergibt sich bei beiden Tieren ein ausgeglichener bis leicht positiver Ca- und auch Mg-Haushalt. Die P-Bilanzen, die bei den Tieren mit +10 g ausgeprägt positiv sind, bestätigen in Anbetracht einer Zufuhr von 50 bzw. 53 g P in fast verblüffender Weise die in früheren langjährigen dies-

bezüglichen Untersuchungen unseres Institutes von RICHTER und BECKER erarbeiteten Bedarfswerte.

Aus den Bilanzen der Alkalien und des Chlors kann, ohne diese Befunde einer Stoffwechselperiode überbewerten zu wollen, eine Bestätigung der in älteren Arbeiten unseres Institutes gemachten Feststellungen gesehen werden, daß die Ansatz- und Ausscheidungsverhältnisse für Kalium, Natrium und auch Chlor augenscheinlich in gewissen längeren Intervallen verlaufen, die außerhalb der üblicherweise vorgenommenen Dauer der Versuchsperioden liegen und daher hier oft zu überraschend starken Ansätzen oder Ausscheidungen führen.

Abschließend und zusammenfassend ist zu sagen, daß in der Anwendung des Verfahrens der Tiefkühlung ohne Zweifel ein Weg gegeben ist, der für alle tierexperimentellen Arbeiten mit frischen, wasserreichen und leichtverderblichen Materialien von größter Bedeutung ist. Er wird bei der Bearbeitung vieler in dieser Richtung offener Fragen ein gutes Stück weiterhelfen.

Schriftumsnachweis

1. BECKER, M., W. OSLAGE u. H. J. OSLAGE: Archiv f. Tierernährung 7 (1957) S. 170—180.
2. OSLAGE, H. J.: Referat 8. Tagung d. Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, Gießen 29. u. 30. April 1957.

Cord Tietjen, Institut für Humuswirtschaft

METHANGÄRUNG MIT KAFFEESCHALEN

Seit VOLTA 1776 das Sumpfgas entdeckte, hat die biologische Methanerzeugung bei Umwandlung organischer Stoffe unter Luftabschluß Ingenieure, Energiewirtschaftler und Naturwissenschaftler — sich gegenseitig anregend — immer wieder interessiert. Ingenieure sind bemüht, bei der Konstruktion von Gäranlagen zwischen Kostenaufwand zur Gewährleistung optimaler Gärbedingungen und potentieller Gaserzeugung die wirtschaftlich günstigste Lösung zu finden (und diese unter Patentschutz zu stellen). — Energiewirtschaftler greifen auf den Naturstoff Methan mit einem (oberen) Heizwert von 9500 kcal/m³ zurück, wenn andere Energieträger rar sind. — Mikrobiologen konnten erkennen, daß für die Aufrechterhaltung der Methangärung keine Züchtung von Reinkulturen mit Mikroorganismen erforderlich ist. Dieser Unterschied gegenüber anderen Gärungsarten erweist sich als eine nur scheinbare Vereinfachung, denn die Intensität des Substanzabbaus, gemessen an der Gasproduktionsleistung, wird somit von einer Bakterienmischkultur bestimmt, deren Zusammensetzung augenscheinlich substratbedingt ist.

Besonders BORUFF, BUSWELL und Mitarbeiter haben in langjährigen Untersuchungen eine große Anzahl organischer Stoffe, sowohl chemisch reine Substanzen als auch pflanzliche und tierische Abfallstoffe, als Gärmaterial geprüft. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß praktisch jede Art organischen Materials für die Methangärung verwendet werden kann. BUSWELL und SYMONS errechneten die erzeugbare Gasmenge aus Substanzen bekannter Zusammensetzung nach der Gleichung

$$C_n H_a O_b + \left(n - \frac{a}{4} - \frac{b}{2}\right) H_2 O = \left(\frac{n}{2} - \frac{a}{8} + \frac{b}{4}\right) CO_2 + \left(\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4}\right) CH_4$$

und fanden im Experiment 95—100 % Übereinstimmung.

Während diese Gleichung vollständige Zersetzung des Materials voraussetzt und keine Aussage über die Gärintensität macht, müssen die optimalen Gärbedingungen für jedes Material im Gärversuch ermittelt werden.

Aus praktischen Gründen stehen bei diesen Untersuchungen häufig organische Abfallstoffe im Vordergrund, deren Beseitigung mit unliebsamen Kosten verbunden ist. Eine Verwertung solcher Stoffe zur Energieerzeugung durch Methangärung kann diesen Kostenaufwand gegebenenfalls erniedrigen.

Ein derartiges Abfallprodukt sind auch die Kaffeeschalen, die unmittelbar nach der Ernte der reifen Kaffeekirsche bei der Freilegung der Kaffeebohne in großen Mengen als wertloses Material anfallen. Im folgenden wird von Untersuchungen über die Eignung der Kaffeeschalen für die Methangärung berichtet, die mit den Methanganlagen des Instituts durchgeführt wurden.

Die erste Versuchsfrage entsprach dem stoßweisen Anfall der Kaffeeschalen bei der Aufbereitung des Ernteprodukts: Ist eine anaerobe Vergärung bei hoher Faulraumbelastung, d. h. Befüllung des Gärbehälters in ein oder zwei Gaben, möglich und mit ausreichender Gasausbeute verbunden?

Der als „batch experiment“ bei 35° durchgeführte Versuch lieferte bei Verwendung von frischem Abwasserschlamms aus der Kläranlage der Forschungsanstalt mit einem Zusatz von Dünnschlamm aus Rindermistvergärung als Impfmateriale ein unbefriedigendes Ergebnis. Fünfzehn Tage nach der Beschickung der Gärbehälter betrug die Gasproduktion erst 30 Liter je 1 kg eingefüllter organischer Trockensubstanz, und der Kohlendioxidanteil war mit 70 % sehr hoch. Das Gärmaterial hatte zu diesem Zeitpunkt einen pH-Wert von 5,6.

Gasmenge, Kohlendioxidgehalt und pH-Wert ließen erkennen, daß die Umsetzungen des anaerob gehaltenen Materials im „batch-experiment“ nicht wünschgemäß als Methangärung verliefen.

Die nächsten Untersuchungen wurden bei wesentlich geringerer Faulraumbelastung (B = 2,3 kg) durchgeführt, indem die geschlossen gehaltenen Gärbehälter von 0,1 m³ Fassungsvermögen durch ein Überlaufrohr in Tagesabständen mit zehn kleineren Gaben befüllt wurden. Ein Simultanversuch mit gleichen Mengen organischer Trockensubstanz in Form von Weizenstroh lieferte Vergleichsmöglichkeit.

Der Versuch lief 21 Tage bei einer Gärtemperatur von 35°. Als Impfmateriale diente Dünnschlamm aus Rindermistvergärung. Die tägliche Beschickungseinheit bestand aus 160 g Kaffeeschalen bzw. 150 g Stroh, in beiden Fällen zusätzlich 3000 g häuslichem Abwasserschlamms, der täglich frisch aus der Kanalisation einer Barackenunterkunft entnommen wurde. Übersicht 1 kennzeichnet das Versuchsmateriale.

Übersicht 1

Analysenwerte vom Versuchsmateriale (Mittelwerte)

Material	Trockensubstanz	Organische Substanz	Stickstoff
Kaffeeschalen	% 84,4	78,3	1,27
Stroh	% 87,6	83,3	0,40
Abwasserschlamms	% 4,07	3,42	0,178

Die Kaffeeschalen sind durch einen hohen Stickstoffgehalt ausgezeichnet.

Der während der Gärung wiederholt gemessene pH-Wert stieg aus anfangs schwach saurem Bereich (6,8) allmählich an und erreichte am Versuchsende bei beiden Substanzen 8,1 (Übersicht 2).

Übersicht 2

pH-Werte während der Gärung

Versuchstag	2	4	7	9	21
Versuchsmateriale					
Kaffeeschalen	6,8	7,0	7,2	7,8	8,1
Stroh	6,8	7,2	n. b.	7,6	8,1

Die Gasproduktion setzte sogleich nach der ersten Beschickung ein und lieferte bereits in den ersten 24 Stunden meßbare Mengen. Diese Beobachtung spricht für die Gäreignung der beiden Versuchssubstanzen und zeigt, daß Menge und Zusammensetzung des verwendeten Impfschlammes ausreichen, um die Gärvorgänge anlaufen zu lassen. Entsprechend der täglichen Beschickung der Gärbehälter und damit der Zunahme an vergärbarem Material stieg die Tagesgaserzeugung rasch an, erreichte mit Stroh zwei Tage nach der letzten Beschickung mit 0,75 m³ Mischgas je 1 m³ Gärraum das Maximum, während die Kaffeeschalen mit 0,65 m³ Gas den Höchstwert am letzten Beschickungstag lieferten.

Der Verlauf der Gassummenkurven läßt folgende Unterschiede zwischen den beiden Substanzen erkennen: Die Gaserzeugung aus Kaffeeschalen war im Anfang stärker als aus Stroh; jedoch lieferte Stroh eine größere Gesamtmenge bei gleicher Gärdauer. Dieser an der Gasproduktionsleistung beobachtete Wechsel in der Abbauintensität weist auf unterschiedliche Zusammensetzung der organischen Masse in den Versuchssubstanzen hin. Ferner kann der Gehalt an gärungsfördernden Wirkstoffen in den Kaffeeschalen etwas größer als im Stroh sein, so daß der Abbau der leicht zersetzlichen Kaffeeschalen-substanz beschleunigt wurde. Hierfür spricht auch der nach Versuchsende ermittelte Schwund an organischer Substanz (als Glühverlust bestimmt), der bei den Kaffeeschalen 49,2 %, beim Stroh 45,5 % betrug. Für den hierzu in scheinbarem Widerspruch stehenden Unterschied in der Gesamtgaserzeugung könnte eine Erklärung in der Gaszusammensetzung zu sehen sein: Das Mischgas aus Kaffeeschalen enthielt wesentlich weniger Kohlendioxid und war somit leichter als das Gas aus Stroh, wie aus der Zusammenstellung der Gasanalysen aus dem zweiten Gärabschnitt nach der letzten Beschickung ersichtlich ist (Übersicht 3).

Übersicht 3

CO₂-Gehalt (%) des aufgefangenen Mischgases

Versuchstag	10	11	12	13	14	15	17	18
Versuchsmateriale								
Kaffeeschalen	37,0	34,4	34,8	34,9	n. b.	33,9	n. b.	29,9
Stroh	40,6	37,7	39,6	38,9	38,0	36,8	36,4	37,0

Die Werte lassen gleichzeitig die schon von BUSWELL erwähnte Verschiebung des CO₂/CH₄-Verhältnisses zugunsten des Methananteiles im Verlauf des Gärvorganges erkennen.

Neben Abbauintensität, Substanzschwund und Gaszusammensetzung können zur Kennzeichnung des Versuchsmaterials die Relationen von Gesamtgasproduktion und der zur Vergärung verwendeten Menge an organischer Trockensubstanz herangezogen werden. Es wird diejenige Gasmenge, die eine Gewichtseinheit organischer Trockensubstanz bei vollständiger Ausfäulung liefert, als spezifische Gasmenge bezeichnet. Da zur vollständigen Ausfäulung großer Zeitaufwand erforderlich sein kann, sei die „spezifische Gasmenge“ auf den nach kürzeren Gärperioden ermittelten Schwund an organischer Substanz bezogen. Dabei sind vergleichbare Werte wegen der Abhängigkeit der Gärintensität von der Qualität des Impfschlammes nur im Simultanversuch zu erhalten. Für Stroh und Kaffeeschalen lieferte der Versuch folgendes Ergebnis (Übersicht 4).

Übersicht 4
Gasproduktion in 21 Tagen bei 35°
(Intermittierende Beschickung)

Versuchsmaterial	Gasproduktion (Liter)		
	Gesamt	je 1 kg zugeführter organischer Substanz	je 1 kg als Schwund ermittelter organischer Substanz
Kaffeeschalen	814	313	726
Stroh	942	414	910

Die Werte zeigen, daß sich Kaffeeschalen zusammen mit frischem, häuslichem Abwasserschamm gut vergären lassen. Verglichen mit Stroh ist die Gasleistung quantitativ etwas geringer, in der Qualität etwas hochwertiger.

Helmut Krug, Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung

ZUSATZBELICHTUNG IM PFLANZENBAU

Mit der wachsenden Erkenntnis des Menschen über die inneren Zusammenhänge des Pflanzenlebens einerseits und den steigenden Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit unserer Kulturpflanzen andererseits wird auch dem Wachstumsfaktor Licht zunehmend mehr Beachtung geschenkt. Seine Wirkung wird in vielen Untersuchungen allein sowie in Kombination mit anderen, das Wachstum und die Entwicklung beeinflussenden Faktoren geprüft.

Das Ziel dieser Versuche gilt in erster Linie der Ertragssteigerung, der Vorverlegung der Erntetermine sowie Kulturmöglichkeiten zu allen Jahreszeiten. Neuerdings strebt man auch für bestimmte Gewächse eine Verlegung von Kulturen in wärmeisolierte Räume an (Treiberei von Flieder, Tulpen u. a.).

Die Lösung der gestellten Aufgaben wird durch eine bessere Ausnutzung der Sonnenenergie und eine noch engere Anpassung der Pflanzen an das Lichtklima, außerdem durch künstliche Zusatzbelichtung der Pflanzenkulturen angestrebt. Der ersten Möglichkeit sind durch die Natur Grenzen gesetzt.

Untersuchungen über die Anwendung einer Zusatzbelichtung sind z. Z. noch in vollem Fluß. Die in Verbindung mit diesen Aufgaben häufig gestellte Frage nach der „besten Lampe“ läßt sich nicht generell beantworten.

Als Einführung in die Probleme dieser Arbeitsrichtung sollen deshalb zunächst die physiologischen Grundlagen einer Zusatzbelichtung unter Einbeziehung eigener Erfahrungen dargestellt werden.

Der Einfluß des Lichtes im Leben der Pflanze

Der vom Menschen als Licht wahrgenommene Teil des elektromagnetischen Spektrums erstreckt sich vom Ultraviolett bis zum Rot in einem Bereich von ca. 400—750 nm [1 Nanometer (nm) = 10⁻⁹ m].

Für die Pflanzen ist dieses Spektrum sowohl im kurzwelligen (UV) als auch im langwelligen Bereich (IR) zu erweitern, so daß der für sie wichtigste Wel-

lenbereich der Strahlen von 380—1000 nm anzusetzen ist. Dieses „Pflanzenlicht“ dient bei der Photosynthese als Energiequelle. Gleichzeitig wirkt es stimulatv auf den Ablauf der Lebensvorgänge in der Pflanze. Während für die Photosynthese die Strahlungsenergie, richtiger die Quantenzahl, als entscheidend angesehen werden kann, ist die stimulative Wirkung im wesentlichen auf die Tageslänge (Photoperiode), die qualitative Zusammensetzung des Lichtes aus den einzelnen Spektralbereichen und auf die Lichtintensität zurückzuführen. Hierbei sind auch die Dauer der Einwirkung (Tage bis Monate), das Pflanzenalter und andere Umweltbedingungen von entscheidendem Einfluß. Über die Bedeutung der Tageslänge im Pflanzenleben wurde vor kurzem ausführlich berichtet (6).

Nachfolgend wird die bei einer Zusatzbelichtung bedeutungsvolle Frage der Wirkung der Lichtqualität besprochen.

Der für die Pflanze wichtigste Abschnitt des elektromagnetischen Spektrums ist in Bild 1 durch die

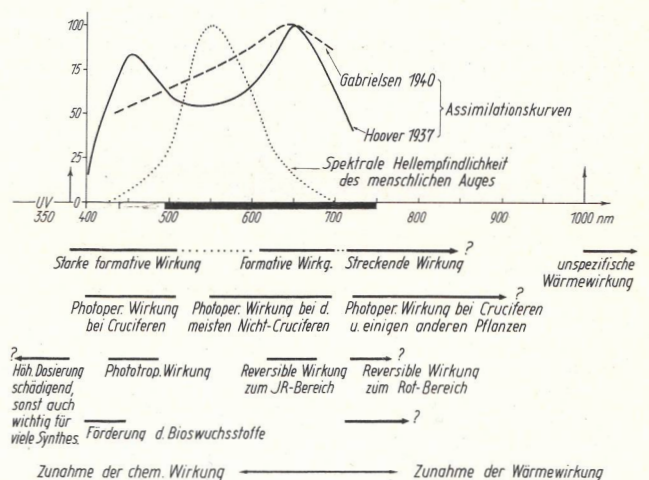


Bild 1: Schematische Darstellung der physiologischen Wirkung der einzelnen Spektralbereiche auf höhere Pflanzen.