

Kohlenhydrate des Zellinhalts in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortsvergleich (435 und 1085 m über NN)

W. Kühbauch, G. Voigtländer und J. Kloskowski

1. Einleitung

Mit dem Bestreben nach höheren Leistungen aus dem Grundfutter müssen größere Anforderungen an die Futterqualität gestellt werden. Diese wird durch eine Anzahl von Qualitätsmerkmalen, wie Verdaulichkeit, Struktur und chemische Zusammensetzung umschrieben.

Die Gehalte an Rohnährstoffen sind arten- und sortenspezifisch und unterliegen zugleich jahreszeitlichen Schwankungen; außerdem finden im Verlaufe des Wachstums quantitative Veränderungen zugunsten der Zellwandbestandteile statt. Hierauf nehmen auch die Witterungsverhältnisse einen bedeutenden Einfluß. Im Mittelpunkt der wirksamen Faktoren stehen vor allem die Lufttemperatur und die Lichtintensität, die für die Assimilation maßgebend sind.

Mit zunehmender Lichtintensität steigt die Konzentration der Kohlenhydrate des Zellinhalts, sog. Nichtstrukturkohlenhydrate (NSKH, z.B. Mono- und Disaccharide), in den Pflanzen an. Dies konnte unter Klimakammerbedingungen festgehalten werden (RÜEGG, 1976; FREY, 1978). Aber auch Freilandversuche (KÜHBAUCH et al., 1978) zeigten, daß mit zunehmender Höhenlage, also mit in der Regel höherer Strahlungsintensität, in den Pflanzen mehr NSKH gebildet werden.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Einfluß des Standortes auf die hochverdaulichen Kohlenhydrate des Zellinhalts während der Vegetationszeit zu erfassen.

2. Material und Methoden

Standort Grünschwaige

Höhe über NN: 435 m

Jahressumme der Niederschläge im langjährigen Mittel: 818 mm

Tagesdurchschnittstemperatur im langjährigen Mittel: 7,7°C

Jahresglobalstrahlung im langjährigen Mittel: 410 365 Joule/cm²

Standort Gereute

Höhe über NN: 1085 m

Jahressumme der Niederschläge im langjährigen Mittel: 1749 mm

Tagesdurchschnittstemperatur im langjährigen Mittel: 6,5°C

Jahresglobalstrahlung im langjährigen Mittel: 441 989 Joule/cm²

Versuchszeitraum

1977 – 1978

Versuchspflanzen

Wiesenschwingel (Cosmos 11)

Rotklee (Lucrum)

Schnittzeitpunkte

Wiesenschwingel:

- I.1 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „Beginn der Halmstreckung“
- I.2 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Rispschieben“
- III = dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, mit überwiegender Blattmasse bzw. Halmanteil < 5 %

Rotklee:

- I.1 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „verlängerte Triebe ohne Knospen“
- I.2 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Blühbeginn“
- III = dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, „Blühbeginn“

Chemische Untersuchungen

Die Kohlenhydrate des Zellinhalts (Nichtstrukturkohlenhydrate = NSKH) wurden unterteilt in Mono- und Disaccharide sowie in die polymeren Kohlenhydratformen Stärke und Fruktosan (KÜHBAUCH, 1973; BOEHRINGER, 1976).

3. Ergebnisse

3.1 Gehalte an Nichtstrukturkohlenhydraten

In Abbildung 1 ist die Veränderung der Kohlenhydrate des Zellinhalts (NSKH) im Grünmaterial von Wiesenschwingel und Rotklee während des Wachstums auf dem Niederungs- und Höhenstandort dargestellt.

Auf beiden Standorten wurden im Wiesenschwingel in allen vergleichbaren Entwicklungsstadien stets höhere Gehalte an NSKH gemessen als im Rotklee. Die polymeren Kohlenhydratformen des Wiesenschwingels, vornehmlich Fruktosane, entstanden insbesondere auf dem Höhenstandort in größeren Anteilen und nahmen vom Frühjahr (I.1) bis zum Herbst (III) fortschreitend zu. Im Rotklee überwogen die Mono- und

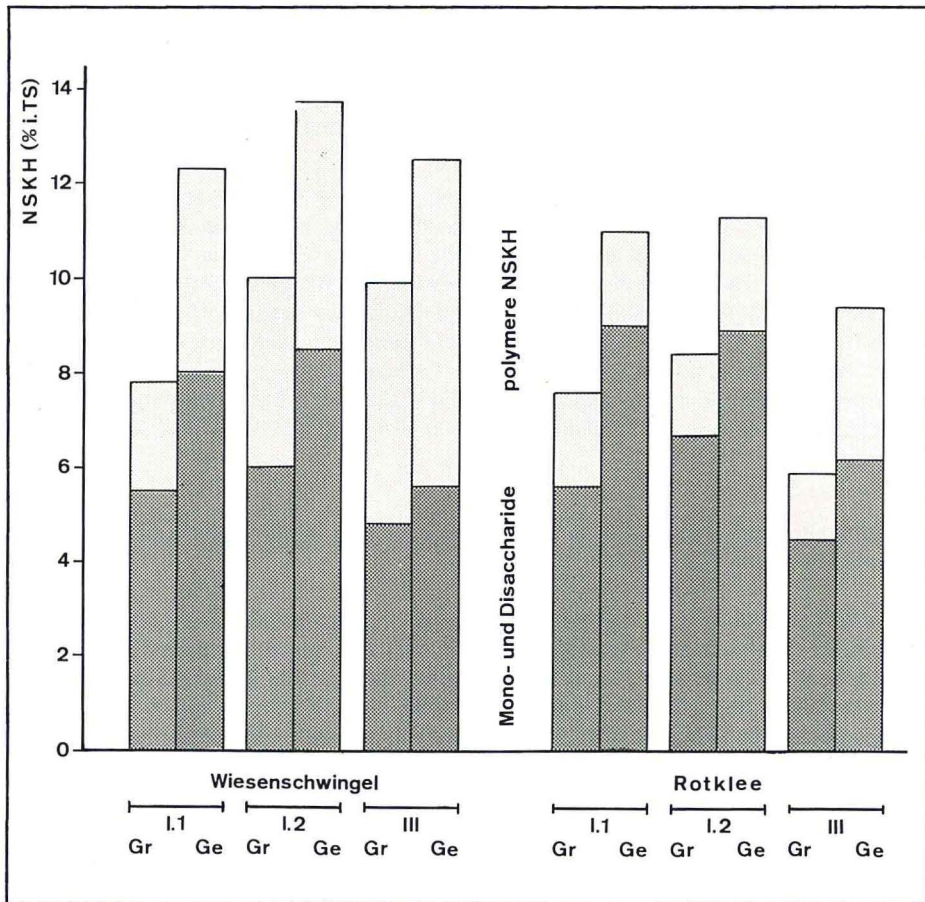


Abbildung 1: Gehalte an NSKH (% i. TS) von Wiesenschwingel und Rotklee als Grünfütter in Abhängigkeit von Standort und Schnittzeitpunkt (Gr = Grünschaige; Ge = Gereute)

Tabelle 1: Gehalte an NSKH (% i. TS) im Wiesenschwingel auf dem Standort Grünschaige in Abhängigkeit vom Konservierungsverfahren

Futtermittelvariante	Versuchsjahr/Schnittzeitpunkt			
	1977		1978	
	I.2	III	I.2	III
Grünfütter	11,20	7,90	10,01	9,92
Warmflutheu	8,82	4,84	6,34	7,71
Reuterheu	6,22	1,84	3,56	4,63
Silage	1,10	2,27	0,90	2,41

Disaccharide. Die polymeren Kohlenhydrate, hauptsächlich Stärke, fanden sich in höheren Konzentrationen nur im Spätsommernaufwuchs (III) der Höhenlage.

Hervorzuheben ist, daß in allen Entwicklungsabschnitten sowohl im Wiesenschwingel als auch im Rotklee auf dem Höhenstandort stets deutlich höhere Gehalte an Gesamt-NSKH festzustellen waren als in der Niederung.

Die NSKH sind eine für die Fütterung ebenso wertvolle wie auch gegenüber Konservierungsprozessen besonders empfindliche Stoffgruppe. In Tabelle 1 wurde deshalb die Veränderung der Mono- und Disaccharide bzw. der Gehalte an polymeren Kohlenhydraten des Zellinhalts in Abhängigkeit von einigen Konservierungsverfahren deutlich gemacht. Es ist festzustellen, daß mit Warmlufttrocknung sämtliche NSKH weitgehend erhalten blieben. Auch mit Reuterheu kann eine verlustarme Konservierung dieser besonders wertvollen Bestandteile des Futters gelingen, wogegen durch den Silierprozeß sowohl die Mono- und Disaccharide als auch die Polymeren abgebaut bzw. umgebaut wurden und schließlich nur noch mit 0,9 bis 2,4 % in den Silagen anzu-treffen waren.

3.2 Einfache lineare Beziehungen zwischen der Globalstrahlung bzw. Lufttemperatur und dem Gehalt an NSKH

Zwischen der Globalstrahlung und den Gehalten an Gesamt-NSKH ergaben sich positive lineare Beziehungen (Abbildung 2). Sie sind mit Korrelationskoeffizienten um $r = 0,60$ bei $P < 0,01$ signifikant. Dies bedeutet, daß mit der Zunahme der täglichen Globalstrahlung auch die Gehalte an Gesamt-NSKH im Grünfutter zunahmen. Ob nun die tägliche Globalstrahlung über die gesamte Aufwuchszeit oder über einen Zeitraum von wenigen Tagen vor der Ernte herangezogen wird, erwies sich in diesem Versuch als

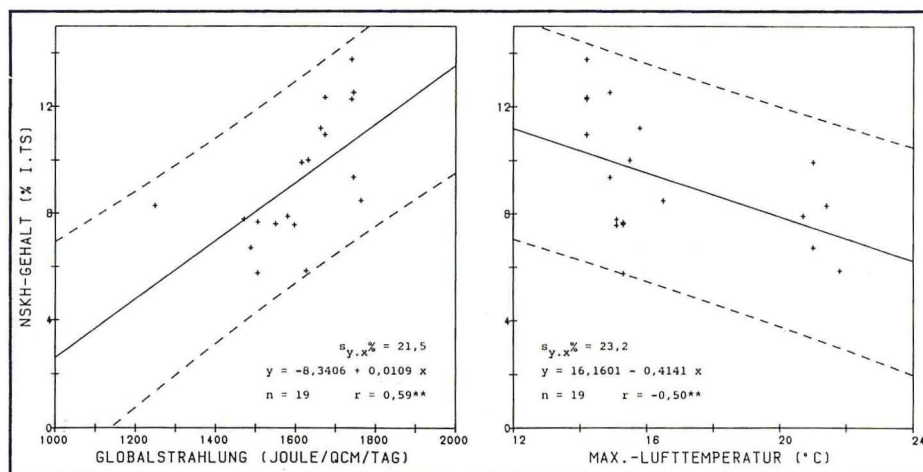


Abbildung 2: Beziehungen zwischen der Globalstrahlung bzw. der Lufttemperatur (Maximumwerte) in der Aufwuchszeit (x) und dem Gehalt an NSKH (y) im Grünfutter von Wiesenschwingel und Rotklee einschließlich 5 Proben von einem grasreichen Grünlandbestand der Grünschwaige (gestrichelte Linien =Konfidenzintervall bei $P < 0,05$)

unbedeutend. Daß die tägliche Globalstrahlung den Gehalt an Gesamt-NSKH nicht alleine bestimmt, zeigt sich an dem relativ großen Schätzfehler der Regressionsgleichung.

Werden die Korrelationen zwischen der Lufttemperatur und den Gehalten an Gesamt-NSKH in Betracht gezogen, so zeigt sich, daß eine Zunahme der Tagesmaxima der Lufttemperatur mit entsprechender Wahrscheinlichkeit eine Verringerung der NSKH-Gehalte nach sich zieht.

4. Diskussion

Die in den vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse stimmen bezüglich der Höhe der NSKH-Gehalte größtenteils mit Angaben in der Literatur überein (WAITE und BOYD, 1953; OEHRING, 1967; LANG et al., 1972). Dabei stiegen die Gehalte an NSKH im Grüngut zwischen den beiden Schnitten des Frühjahrsaufwuchses an; zum Spätsommer bzw. Herbst gingen sie zum Teil wieder deutlich zurück. Als mögliche Ursachen für die Veränderung der Kohlenhydrate wie auch ihrer Zusammensetzung kommen Einflüsse der Witterung sowie die morphologische Differenzierung der Pflanzen während des Jahresablaufes in Betracht.

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, bestanden zwischen Globalstrahlung und NSKH positive Beziehungen. Im Gegensatz dazu war mit steigender Temperatur (hier Tagesmaxima) eine Verringerung der NSKH-Gehalte verbunden. Strahlung und Temperatur wirken je nach Tages- und Jahreszeit, nach der Höhe der Tag- und Nachttemperaturen, nach Sonnenscheindauer und Bewölkung mit ganz unterschiedlicher Intensität zusammen. Daher wird der positive oder negative Einfluß auf die NSKH-Gehalte stark von dem jeweiligen Übergewicht des Faktors Temperatur bzw. des Faktors Strahlung bestimmt. Nicht in allen Phasen der Vegetationsperiode kommt es jedoch zu einem deutlichen Übergewicht eines einzelnen Klimafaktors; wahrscheinlich werden sich Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Temperatur einerseits und hohen bzw. geringen Zuwachsraten in den einzelnen Aufwüchsen andererseits ergeben. Deswegen führen derartige Untersuchungen im Freiland bisweilen zu scheinbar widersprüchlichen Ergebnissen.

Dennoch decken sich die vorliegenden Ergebnisse weitgehend mit denen, die unter kontrollierten Bedingungen in Klimakammern ermittelt wurden. Als überwiegende Einflußgröße für die Veränderung der NSKH-Gehalte von Futterpflanzen wird in diesen Untersuchungen die Temperatur angegeben (SMITH, 1968; RÜEGG, 1976; FREY, 1978; DEINUM, 1976 und 1981). Mit zunehmender Temperatur ist mit einem nahezu linearen Anstieg der Respiration der Pflanzen zu rechnen, welche vornehmlich zu Lasten der Kohlenhydrate des Zellinhalts geht (ALBERDA, 1965; SMITH, 1970). Auch in Freilandversuchen wurden gleichlautende Beziehungen nachgewiesen, u.a. von LANG et al. (1972), die über die Temperatursumme zwei Tage vor der Ernte mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse bereits 55 % der Varianz der Kohlenhydrate im Futter einer Weidelgras-Weißkleeweide erklären konnten.

Mit zunehmender Strahlung war hingegen entsprechend den von anderen Autoren beschriebenen Untersuchungen ein Anstieg der NSKH-Gehalte zu erwarten. Die in den

vorliegenden Versuchen ermittelten Korrelationen zwischen den NSKH-Gehalten von Wiesenschwingel und Rotklee (in der Abbildung 2 zusammengefaßt) und der Globalstrahlung stimmen prinzipiell überein mit Ergebnissen u.a. von ALBERDA (1965), 'T HART (1966), JELMINI und NÖSBERGER (1978) und FREY und NÖSBERGER (1980). Für den Standort Gereute wurden höhere Werte der Globalstrahlung gemessen als für den Standort Grünschaige, bezogen auf die jeweilige Aufwuchsdauer (KLOSKOWSKI, 1985). Im Grüngut aus Gereute wurden dementsprechend stets höhere NSKH-Gehalte festgestellt als auf der Grünschaige. Dafür ist die mit Anstieg der Höhenlage verbundene stärkere Lichtintensität verantwortlich.

Im Herbst bzw. Spätsommer treffen zwei prinzipiell gegenläufige Prozesse zusammen. Einmal ist aufgrund geringerer Temperaturen, insbesondere während der Nacht, mit verringerter Respiration zu rechnen, andererseits läßt u.U. die Strahlungsmenge, nicht zuletzt aufgrund der verkürzten Tageslänge nach. Überlagert wird dies dadurch, daß im Herbst kaum noch ein Differenzierungswachstum der Pflanzen stattfindet und auch die Wachstumsgeschwindigkeit nachläßt, womit letztlich Energie eingespart werden kann.

Die Tatsache, daß im Bergland stets die höheren NSKH-Gehalte gemessen wurden, dürfte letztlich auf die Verbindung relativ hoher Einstrahlung mit relativ niedrigen Temperaturen bzw. geringerer Veratmung zu erklären sein.

5. Zusammenfassung

Wiesenschwingel und Rotklee wurden im südbayerischen Raum auf zwei Standorten unterschiedlicher Höhenlage, Grünschaige 435 m und Gereute 1085 m über NN, in Reinsaat angebaut. Während des Wachstums wurden die Gehalte und die Zusammensetzung der Kohlenhydrate des Zellinhalts (NSKH) untersucht. Folgende Ergebnisse sind festzuhalten:

1. Wiesenschwingel enthielt in allen vergleichbaren Aufwüchsen und auf beiden Standorten höhere Gehalte an NSKH als Rotklee.
2. In allen Entwicklungsabschnitten sowohl von Wiesenschwingel als auch von Rotklee wurden in Gereute deutlich höhere NSKH-Gehalte gefunden.
3. In einem Vergleich von Konservierungsverfahren wurden in der Reihenfolge Wärmelufttrocknung, Reuterheu, Silage zunehmende NSKH-Verluste im Pflanzenmaterial festgestellt.
4. Zwischen der Globalstrahlung und den NSKH-Gehalten von Wiesenschwingel und Rotklee ergab sich ein positiver Korrelationskoeffizient ($r = 0,59$), zwischen Temperatur und NSKH-Gehalten ein negativer ($r = -0,50$).

Summary

Carbohydrates of cell contents in fresh and preserved spring and autumn forage from meadow fescue and red clover in a comparison of sites at 435 and 1095 m above sea level

Meadow fescue and red clover were cultivated as pure stands in southern Bavaria at two sites of different altitudes, viz. Grünschwaige 435 and Gereute 1085 m a.s.l. During growth concentrations and composition of the carbohydrates of the cell contents (non-structural carbohydrates, NSCH) were examined. The following results are to be recorded:

1. In all comparable cuts and at both sites meadow fescue contained more NSCH than red clover.
2. At all stages of development markedly higher NSCH contents in meadow fescue as well as in red clover were found at Gereute.
3. A comparison of conservation methods showed interesting NSCH losses in the plant material in the sequence hay barn-dried with warm air, hay dried on racks and silage.
4. A positive correlation coefficient ($r = 0,59$) resulted between global radiation and NSCH contents of meadow fescue and red clover, a negative one ($r = -0,50$) between temperature and NSCH contents.

6 Literaturverzeichnis

ALBERDA, Th., 1965: The influence of temperature, light intensity and nitrate concentration on dry-matter production and chemical composition of *Lolium perenne* L. Neth. J. Agric. Sci. 13, 335 – 360.

BOEHRINGER, 1976: Enzymatische Analysen für die Lebensmittelchemie. Boehringer Mannheim GmbH, Biochemica.

DEINUM, B., 1976: Effect of age, leaf number and temperature on cell wall and digestibility of maize. Miscellaneous Papers, Agricultural Univ., Wageningen 12, 29 – 41.

DEINUM, B., 1981: The influence of physical factors on the nutrient content of forages. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen 81, 1 – 17.

FREY, F.W., 1978: Einfluß konstanter und wechselnder Strahlungsintensitäten auf die Ertragsbildung und den Gehalt an nichtstrukturbildenden Kohlenhydraten und Rohprotein bei *Trifolium pratense* L. Diss., ETH Zürich.

FREY, F. und J. NÖSBERGER, 1980: Einfluß der Strahlungsintensität und des Pflanzenalters auf den Gehalt an nichtstrukturbildenden Kohlenhydraten und Rohprotein von *Trifolium pratense* L. Z. Acker- und Pflanzenbau 149, 367 – 375.

JELMINI, G. und J. NÖSBERGER, 1978: Einfluß der Lichtintensität auf die Ertragsbildung und den Gehalt an nichtstrukturbildenden Kohlenhydraten und Stickstoff von *Festuca pratensis* Huds., *Lolium multiflorum* Lam., *Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L. Z. Acker- und Pflanzenbau 146, 154 – 163.

KLOSKOWSKI, J.H., 1985: Verdaulichkeit (in vivo, in vitro) von frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus *Festuca pratensis* und *Trifolium pratense* in einem Standortsvergleich (435 und 1085 m über NN). Diss., TU München, Freising-Weihenstephan.

KÜHBAUCH, W., 1973: Veränderungen von Kohlenhydratfraktionen in Blättern und Stengeln einiger Knäulgrassorten während des Wachstums. *Landw. Forschung* 26, 213 – 220.

KÜHBAUCH, W., G. VOIGTLÄNDER und G. SPATZ, 1978: Gehalt an Nichtstrukturkohlenhydraten in Futterpflanzen aus verschiedenen Höhenlagen des nördlichen Alpenlandes und ihre Abhängigkeit von Klimabedingungen. *D. Wirtschaftseig. Futter* 24, 177 – 186.

LANG, V., S. LOOSER und W. KÜHBAUCH, 1972: Zum Einfluß einiger Faktoren auf den Gehalt an löslichen Kohlenhydraten im Aufwuchs einer Weidelgras-Weißkleeweide. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 136, 309 – 319.

OEHRING, M., 1967: Über die Siliereignung einiger Grasarten. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 125, 145 – 157.

RÜEGG, J.J., 1976: Der Einfluß konstanter und wechselnder Temperaturen auf die Ertragsbildung und ausgewählte Inhaltsstoffe bei Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* Huds.). Diss., ETH Zürich.

SMITH, D., 1968: Carbohydrates in Grasses. IV. Influence of temperature on the sugar and fructosan composition of timothy plant parts at anthesis. *Crop Sci.* 8, 331 – 334.

SMITH, D., 1970: Influence of cool and warm temperatures and temperature reversal at inflorescence emergence on yield and chemical composition of timothy and brome grass at anthesis. *Proc. 11th Int. Grassl. Congr.*, 510 – 514.

'T HART, M.L., 1966: Über den Einfluß von Klima, Düngung, Alter und genetischer Herkunft auf die chemische Zusammensetzung von Gras. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 125, 47 – 56.

WAITE, R. und J. BOYD, 1953: The water-soluble carbohydrates of grasses. I. Changes occurring during the normal life-cycle. *J. Sci. Food Agric.* 4, 197 – 204.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Walter Kühbauch, Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Katzenburgweg 5, D-5300 Bonn 1

Prof. Dr. Gerhard Voigtländer und Dr. Joseph Kloskowski, Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Technischen Universität München, D-8050 Freising-Weihenstephan