

## **Einfluss von Sorte und Umwelt auf den Gehalt löslicher Kohlenhydrate in *Lolium perenne* L.**

Hofer, D., Suter, D. & Lüscher, A.

Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, Zürich-Reckenholz, Schweiz,

daniel.suter@agroscope.admin.ch

### **Einleitung und Problemstellung**

*Lolium perenne* L. ist eines der wichtigsten und wertvollsten Futtergräser. In letzter Zeit gezüchtete Sortentypen, allgemein unter der Bezeichnung Hochzuckergräser (HZG) bekannt, versprechen eine Steigerung der Tierproduktion: Durch erhöhte Gehalte an löslichen Kohlenhydraten (LK) sollen Wiederkäuer mit mehr leichtverfügbarer Energie versorgt und die Stickstoffeffizienz im Tier verbessert werden (MILLER *et al.*, 2001; STAERFL *et al.*, 2013). Es wird auch über eine durch HZG bedingte Steigerung der Futteraufnahme berichtet (MOORBY *et al.*, 2006). Da der LK-Gehalt in Futterpflanzen in Abhängigkeit sowohl der Saison als auch der Tageszeit stark variieren kann (BRITO *et al.*, 2008; FISCHER *et al.*, 1997), ist es wichtig, den Einfluss dieser Faktoren einordnen zu können. Weiter ist es nicht klar, ob erhöhte LK-Gehalte zwingend eine Verbesserung der Verdaulichkeit mit sich bringen, obwohl Hinweise darauf bestehen (BRITO *et al.*, 2008; EVANS *et al.*, 2011). Zudem ist nicht sicher, ob Sorten mit höheren LK-Gehalten im Wuchs gehemmt sind, da unter Umständen die dazu notwendigen Kohlenhydrate nicht in die Struktur eingebaut werden, sondern sich wegen einer Sink-Limitierung anhäufen (FISCHER *et al.*, 1997; WINGLER, 2015). Zur Beantwortung dieser offenen Fragen wurden in einem Feldversuch 63 Sorten von *L. perenne* und eine Sorte von *xFestulolium loliaceum* (Hudson) P. Fourn. auf ihre LK-Gehalte überprüft.

### **Material und Methoden**

Im Frühjahr 2009 wurde in Zürich-Reckenholz (47°26'N, 8°30'O, 440 m ü. M., mittlere Jahrestemperatur: 9,4 °C, Jahresniederschlagsmenge: 1031 mm) ein Feldversuch mit insgesamt 63 Sorten von *Lolium perenne* und einer Sorte von *xFestulolium loliaceum* in Kleinparzellen zu 6 m × 1,5 m angelegt. Davon waren 28 Sorten diploid, darunter zwei HZG und 36 tetraploid. Bei der Versuchsanlage handelte es sich um ein lateinisches Rechteck mit vier Reihen beziehungsweise Spalten. Von jeder Parzelle wurde Ende Oktober 2010 (Herbst) sowie von einer repräsentativen Auswahl der Verfahren im ersten (Frühjahr) und dritten Aufwuchs (Sommer) 2011, jeweils bei Sonnenaufgang und bei Sonnenuntergang eine Stichprobe zu 200 g Frischmasse gezogen. Zusätzlich kam im Herbst für ein Screening aller Sorten eine Beprobung zur Mittagszeit hinzu (Abb. 1). Die Schnitthöhe lag bei 5 cm. Mit Hilfe eines Mikrowellengerätes wurde die Enzymaktivität im Probenmaterial unmittelbar nach der Probennahme gestoppt. Anschließend wurden die Proben bei 55 °C während 48 h getrocknet und bei einer Siebgröße von 0,75 mm mit einer Schneidmühle aufbereitet. Die Methode zur Extraktion der Zucker und anschließenden Analyse mit Anthron (FISCHER *et al.*, 1997) wurde gemäß TRETHERWEY und ROLSTON (2009) angepasst. Außerdem wurde der Extrakt vor der Analyse mit Chloroform gereinigt (BLIGH und DYER, 1959). Die in der Analyse photometrisch gemessenen LK wurden als Glucose-Äquivalente erfasst. Die verdauliche organische Substanz im Futter des Herbstschnittes wurde mittels Nahinfrarotspektroskopie (NORRIS *et al.*, 1976) indirekt bestimmt und anhand von Stichproben *in vitro* mit Hilfe von Pansensaft (TILLEY und TERRY, 1963) validiert. Der Einfluss von Sorte, Jahres- und Tageszeit auf den LK-Gehalt wurde an den Daten mittels Varianzanalyse untersucht. Die funktionalen Beziehungen zwischen LK-Gehalt und Trockenmasseertrag beziehungsweise verdaulicher organischer Substanz wurden am im Sommer geernteten Material mittels Regressionsrechnung überprüft. Für sämtliche statistischen Analysen kam die Software „R“ (Version 3.1.0) zur Anwendung.

## Ergebnisse und Diskussion

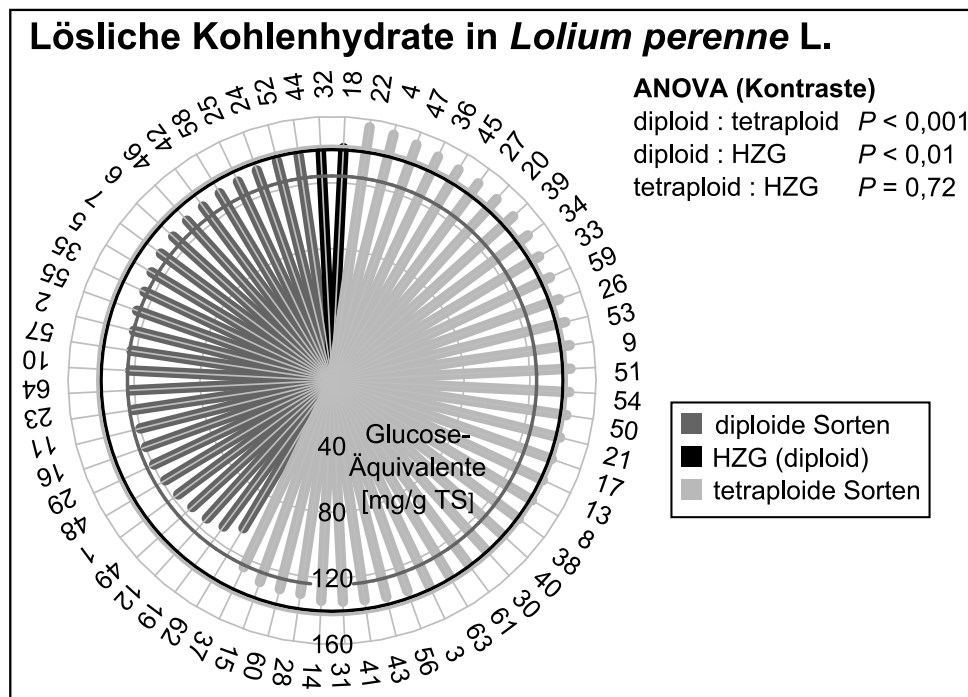


Abb. 1: Gehalt löslicher Kohlenhydrate, ausgedrückt in Glucose-Äquivalenten (mg/g TM), im Erntegut eines Herbstschnittes von 63 Sorten *Lolium perenne* L. und einer Sorte *xFestulolium loliaceum*. Gruppen herkömmlicher tetraploider (hellgrau) und diploider (dunkelgrau) Sorten, sowie diploider Sorten, die auf hohen Zuckergehalt gezüchtet worden sind (HZG, schwarz). Fett gezeichnete Kreise geben die Gruppenmittelwerte an.

Im Herbstscreening konnten aus allen berücksichtigten 64 Sorten vor allem die HZG-Sorten Nummer 18 und 32 für diploide Sorten hohe LK-Gehalte erreichen. Sie erzielten dabei Werte, die auf dem Niveau des Mittelwertes der tetraploiden Sorten lagen (Abb. 1). Dies ist ein deutlicher Fortschritt, da bei *L. perenne* der LK-Gehalt diploider Sorten in der Regel deutlich geringer ist als derjenige tetraploider Sorten (GILLILAND *et al.*, 2002; SALAMA *et al.*, 2012). Dieser Umstand dürfte diploide HZG-Sorten interessant für die Weidenutzung machen, da sie ähnliche LK-Gehalte wie tetraploide Sorten bieten, gleichzeitig aber als diploide Sorten einen dichteren, trittfesteren Bestand ergeben (SWIFT *et al.*, 1993).

Noch bedeutendere Auswirkungen als die Sorten scheinen die unterschiedlichen Umweltbedingungen auf die LK-Gehalte im Erntegut zu haben. Betrachtet man die tageszeitbedingten Unterschiede der mittleren LK-Gehalte (Abb. 2a), so liegen sie abends (284 mg Glucose-Äquivalente/g TM) signifikant ( $P < 0,001$ ) um rund 20% höher als morgens (233 mg Glucose-Äquivalente/g TM). Es lohnt sich also vom Standpunkt der Maximierung des LK-Gehaltes aus, möglichst abends zu mähen. Es ist jedoch unklar, wieviel des Zuckers wieder durch Veratmung verlorengeht, bevor das Erntegut verfüttert oder im Konservierungsprozess stabilisiert wird (LEHMEIER *et al.*, 2010).

Im Frühjahr lag der LK-Gehalt im Mittel bei 376 mg Glucose-Äquivalente/g TM, nahm zum Sommer hin signifikant ( $P < 0,05$ ) auf 222 mg ab und verringerte sich bis zum Herbst signifikant ( $P < 0,05$ ) weiter auf 178 mg (Abb. 2b). Einige Sorten zeigten einen bedeutend stabileren Verlauf im LK-Gehalt als andere, was sich in einer statistisch gesicherten Wechselwirkung ( $P < 0,05$ ) zwischen den Faktoren Sorte und Jahreszeit manifestierte. Das Niveau der LK-Gehalte war im Frühjahr so hoch, dass die Morgenwerte im Frühjahr die LK-Gehalte bei Ernte an einem Sommer- beziehungsweise Herbstabend deutlich übertrafen. Die Erkenntnisse zu den saisonalen Schwankungen der LK-Gehalte weisen darauf hin, dass es zur Erzielung eines möglichst zuckerreichen Jahresertrages wichtig ist, vor allem im ertragreichen Frühjahrsaufwuchs beste Qualität zu ernten.

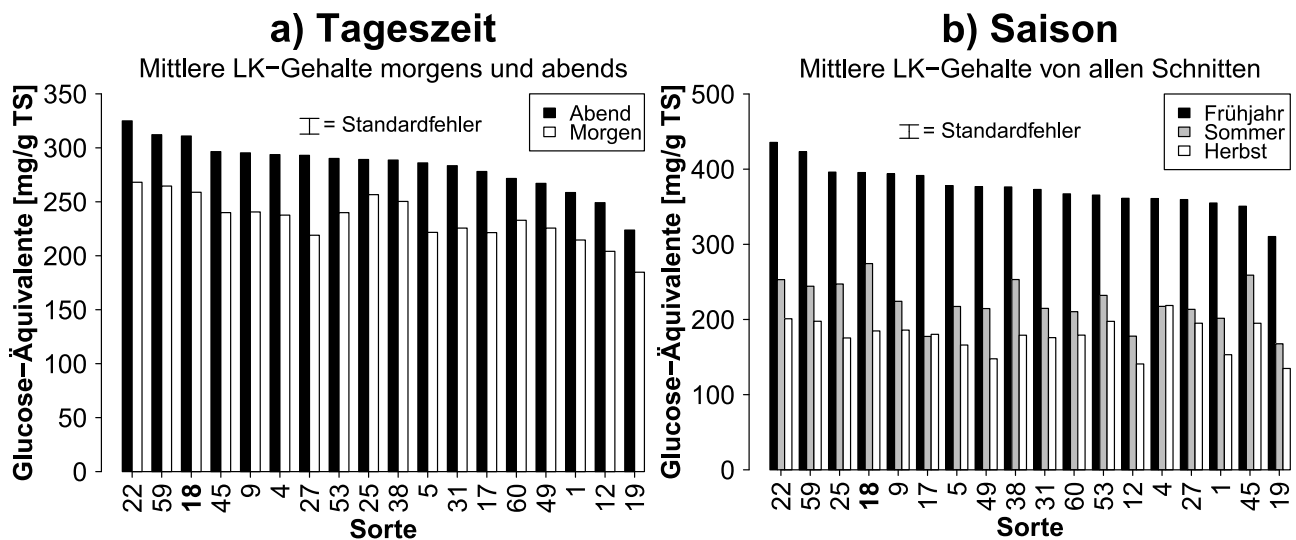


Abb. 2: Gehalt löslicher Kohlenhydrate (LK) im Erntegut einer repräsentativen Auswahl aus Sorten von *Lolium perenne* L., in Abhängigkeit von der Tageszeit (Abend und Morgen, a) und der Saison (Frühjahr, Sommer und Herbst, b), ausgedrückt als Glucose-Äquivalente (mg/g TM). Sortennummer des Hochzuckergrases (HZG) in fetter Schrift.

Der Zusammenhang zwischen dem LK-Gehalt im Erntegut und dem Ertrag der einzelnen Sorten war sehr schwach und erklärte mit einem  $R^2$  von 0,09 lediglich 9% der Streuung des Ertrags (Abb. 3a). Aus diesem Grunde sollte es möglich sein, den LK-Gehalt bei ertragreichen Sorten züchterisch weiter steigern zu können, ohne dadurch einen Minderertrag in Kauf nehmen zu müssen. Darauf deuten auch neueste genetische Untersuchungen hin (GALLAGHER *et al.*, 2015). Die Streuung der verdaulichen organischen Substanz wird nur zu 3% durch den LK-Gehalt des Futters erklärt (Abb. 3b), obwohl in einigen Untersuchungen mit zunehmendem LK-Gehalt deutlichere Verbesserungen der Verdaulichkeit festgestellt werden konnten (BRITO *et al.*, 2008, EVANS *et al.*, 2011). Diese Versuche wurden jedoch mit Luzerne (*Medicago sativa* L.) beziehungsweise lediglich zwei Sorten von *L. perenne* durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass für die Verdaulichkeit andere Faktoren wie beispielsweise der Rohfasergehalt eine bedeutendere Rolle spielen dürften als der LK-Gehalt alleine. Deshalb genügt diesbezüglich wohl eine Auswahl nach LK-Gehalt nicht. Über den Rahmen des vorliegenden Versuches hinaus sind darum detailliertere Analysen von Fasern und Lignin notwendig, um genauere Aussagen machen zu können.

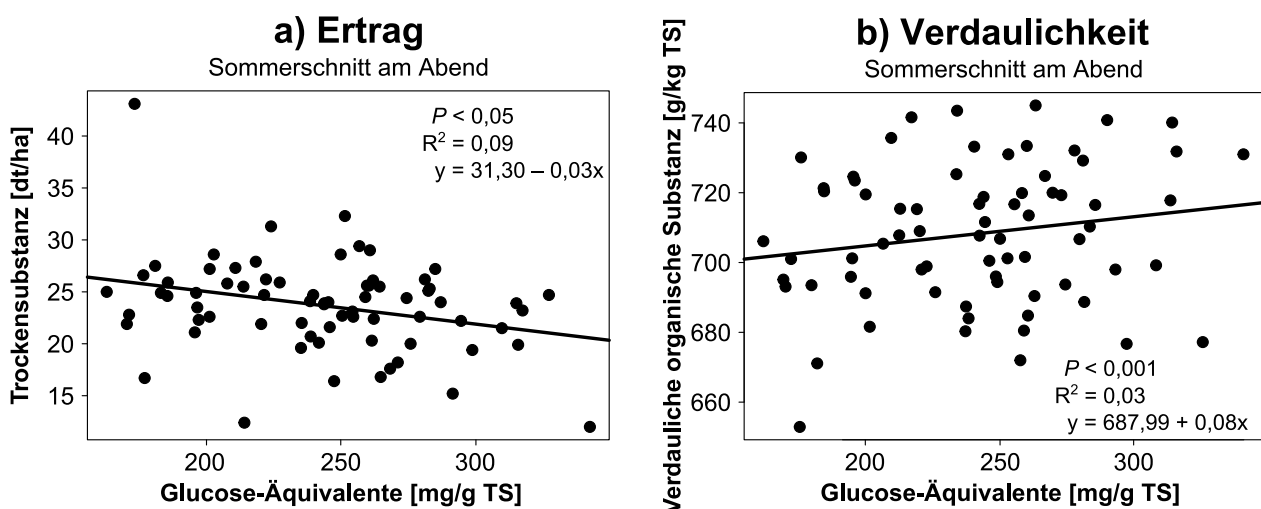


Abb. 3: Trockenmasseertrag (dt/ha) a) und Verdauliche organische Substanz (g/kg TS) b) in Abhängigkeit der löslichen Kohlenhydrate (LK), ausgedrückt als Glucose-Äquivalente (mg/g TM), im Erntegut eines Sommerschnittes einer repräsentativen Auswahl aus Sorten von *Lolium perenne* L.

## Schlussfolgerungen

Diploide HZG-Sorten von *L. perenne* können hohe LK-Gehalte erreichen, die denjenigen herkömmlicher tetraploider Sorten durchaus entsprechen. Sie dürften deshalb für die Weidewirtschaft einen besonderen Wert erhalten, da sie, anders als tetraploide Sorten, eine dichte Grasnarbe erlauben, was für die Strapazierfähigkeit des Pflanzenbestandes wichtig ist. Die Variabilität der LK-Gehalte im Erntegut wird hauptsächlich von der Tageszeit und der Saison beeinflusst. Dies erlaubt es, das Ernteregime anzupassen. Das Fehlen eines Zusammenhanges zwischen LK-Gehalt und Ertrag ermöglicht es zudem, ertragreiche Sorten mit gleichzeitig erhöhtem LK-Gehalt zu züchten. Da ein hoher LK-Gehalt aber nicht automatisch zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit führt, müssen im Züchtungsprozess weiterhin die direkt an der Verdaulichkeit beteiligten Größen wie Fasergehalt und Lignin berücksichtigt werden.

## Literatur

- BLIGH, E.G. und DYER, W.J. (1959): A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37, 911–917.
- BRITO, A.F., TREMBLAY, G.F., BERTRAND, A., CASTONGUAY, Y., BÉLANGER, G., MICHAUD, R., LAPIERRE, H., BENCHAAAR, C., PETIT, H.V., OUELLET, D.R. & BERTHIAUME, R. (2008): Alfalfa Cut at Sundown and Harvested as Baleage Improves Milk Yield of Late-Lactation Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91, 3968–3982.
- EVANS, J.G., FRASER, M.D., OWEN, I. & DAVIES, A. (2011): An evaluation of two perennial ryegrass cultivars (AberDart and Fennema) for sheep production in the uplands. *Journal of Agricultural Science* 149, 235–248.
- FISCHER, B.U., FREHNER, M., HEBEISEN, T., ZANETTI, S., STADELMANN, F., LÜSCHER, A., HARTWIG, U.A., HENDREY, G.R., BLUM, H. & NÖSBERGER, J. (1997): Source-sink relations in *Lolium perenne* L. as reflected by carbohydrate concentrations in leaves and pseudo-stems during regrowth in a free air carbon dioxide enrichment (FACE) experiment. *Plant Cell and Environment* 20, 945–952.
- GALLAGHER, J.A., TURNER, L.B., CAIRNS, A.J., FARRELL, M., LOVATT, J.A., SKØT, K., ARMSTEAD, I.P., HUMPHREYS, M.O., & ROLDAN-RUIZ, I. (2015): Genetic Differentiation in Response to Selection for Water-Soluble Carbohydrate Content in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Bioenergy Research* 8, 77–90.
- GILLILAND, T.J., BARRETT, P.D., MANN, R.L., AGNEW, R.E. & FEARON, A.M. (2002): Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicators for *Lolium perenne* varieties. *Journal of Agricultural Science* 139, 257–273
- LEHMEIER, C.A., LATTANZI, F.A., GAMNITZER, U., SCHÄUFELE, R., & SCHNYDER, H. (2010): Day-length effects on carbon stores for respiration of perennial ryegrass. *New Phytologist* 188, 719–725.
- MILLER, L.A., MOORBY, J.M., DAVIES, D.R., HUMPHREYS, M.O., SCOLLAN, N.D., MACRAE, J.C. & THEODOROU, M.K. (2001): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science* 56, 383–394.
- MOORBY, J.M., EVANS, R.T., SCOLLAN, N.D., MACRAE, J.C. & THEODOROU, M.K. (2006): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. *Grass and Forage Science* 61, 52–59.
- NORRIS, K.H., BARNES, R.F., MOORE, J.E. & SHENK, J.S. (1976): Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Animal Science* 43, 889–897.
- SALAMA, H., LÖSCHE, M., HERRMANN, A., GIERUS, M., LOGES, R., FEUERSTEIN, U., INGWERSEN, B., STELLING, D., LUESINK, W. & TAUBE, W. (2012): Limited genotype- and ploidy-related variation in the nutritive value of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica: Soil & Plant Science* 62, 23–34.
- STAERFL, S.M., AMELCHANKA, S.L., KALBER, T., SOLIVA, C.R., KREUZER, M. & ZEITZ, J.O. (2013): Effect of feeding dried high-sugar ryegrass ('AberMagic') on methane and urinary nitrogen emissions of primiparous cows. *Livestock Science* 150, 293–301.
- SWIFT, G., VIPOND, J.E., MCCLELLAND, T.H., CLELAND, A.T., MILNE, J.A. & HUNTER, E.A. (1993): A comparison of diploid and tetraploid perennial ryegrass and tetraploid ryegrass white clover swards under continuous sheep stocking at controlled sward heights. 1. Sward characteristics. *Grass and Forage Science* 48, 279–289.
- TILLEY, J. and TERRY, R. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18, 104–111.
- TRETHEWEY, J.A.K and ROLSTON, M.P. (2009): Carbohydrate dynamics during reproductive growth and seed yield limits in perennial ryegrass. *Field Crops Research* 112, 182–188.
- WINGLER, A. (2015): Comparison of signalling interactions determining annual and perennial plant growth in response to low temperature. *Frontiers in Plant Science* 5, Article 794. 1–9.