

Genetische Parameter für verschiedene euterviertelspezifische Merkmale beim Schweizer Braunvieh

M. Kramer¹, A. Bieber², B. Bapst³, H. Simianer¹

¹Abteilung Tierzucht und Haustiergenetik, Georg-August-Universität, 37075 Göttingen

²FiBL – Forschungsinstitut für biologischen Landbau, 5070 Frick, Schweiz

³QUALITAS AG, 6300 Zug, Schweiz

1 Einleitung

In der Literatur liegen nur wenige Untersuchungen zur Variation der Milchezusammensetzung zwischen den verschiedenen Eutervierteln vor. In einer schwedischen Studie haben Forsbäck et al. (2010) festgestellt, dass die Variation der Laktose und Fettgehalte zwischen den Eutervierteln ein geeigneter Indikator zur frühzeitigen Diagnose von Mastitiden ist. Berglund et al. (2007) fanden, dass der Fettgehalt der Milch aus den vorderen Euterviertel gegenüber der Milch aus den hinteren Eutervierteln signifikant ($p < 0,05$) erhöht ist und ferner der Laktosegehalt in der Milch aus den hinteren Euterviertel signifikant ($p < 0,05$) über dem aus den vorderen Viertel liegt.

Ziel dieser Arbeit war es, Unterschiede und Regelmäßigkeiten in den genetischen Parametern für die Milchinhaltsstoffe zwischen den Eutervierteln aufzudecken, um zu ermitteln, inwiefern diese Informationen für eine Zucht auf Eutergesundheit, Stoffwechselstabilität oder Leistungssteigerung zu nutzen sind.

2 Material und Methoden

Für die Analyse standen Phänotypen von 1.799 Schweizer Braunviehkühen zur Verfügung. Die Milchproben wurden zwischen Oktober 2009 und Mai 2011 auf 40 Schweizer Betrieben ($45 \pm 19,63$ Kühe/Betrieb, 23 – 92 Kühe/Betrieb) jeweils zum Ende der Laktation genommen und dem Einzeltier und dem Euterviertel vorne links (VL), vorne rechts (VR), hinten links (HL) und hinten rechts (HR) zugeordnet. Von jeder Kuh wurden bis zu drei Proben berücksichtigt, das Pedigree dieser Kühe reicht zurück bis ins Jahr 1908 und umfasst 26.519 Tiere. Der Vergleich

der phänotypischen Milchinhaltsstoffe Fettgehalt, Eiweißgehalt, Laktosegehalt, Harnstoffgehalt und Somatic Cell Score (SCS) zwischen den Eutervierteln erfolgte mit proc mixed in SAS (SAS Institute, 2008), die genetischen Parameter auf Viertelenebene wurden mittels multivariater Analysen in ASReml 3.0 (Gilmour et al., 2009) geschätzt. Weiterhin wurden in univariaten Rechenläufen genetische Parameter für die Varianz der Milchinhaltsstoffe zwischen den Eutervierteln des Einzeltieres geschätzt. Das allgemeine statistische Modell umfasste die Effekte Betrieb*Jahr*Saison, Erstkalbealter, Laktationsnummer, Laktationstag (linear und quadratisch), Milchmenge am Kontrolltag, welcher der Probennahme am nächsten liegt, Tiereffekt, Effekt der permanenten Umwelt und den Restfehler. Für jedes Merkmal wurden nur die Effekte ins Modell aufgenommen, die das Merkmal signifikant ($p < 0,05$) beeinflussten. Da die multivariaten Rechenläufe für den Harnstoffgehalt nicht zur Konvergenz führten, wurden für dieses Merkmal vier univariate Rechenläufe durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die phänotypischen Mittelwerte, die Varianzkomponenten (Var a, Var pe, Var e), die Heritabilitäten (h^2), sowie die Wiederholbarkeiten (w^2) der verschiedenen Merkmale angegeben. In Übereinstimmung mit Berglund et al. (2007) sind die Fettgehalte der Milch aus den vorderen Euterviertel signifikant höher, als die Fettgehalte der Milch aus den hintern Euterviertel und die Laktosegehalte der Milch aus den hinteren Euterviertel signifikant erhöht gegenüber den Laktosegehalten der Milch aus den vorderen Viertel ($p < 0,05$). Im Gegensatz zu Berglund et al. (2007) haben wir zudem einen signifikant höheren Eiweißgehalt in der Milch der vorderen Euterviertel ermittelt. Der Harnstoffgehalt unterscheidet sich, wie auch bei Berglund et al. (2007), nicht zwischen den Eutervierteln, Gleiches gilt für SCS. Das umgekehrte Verhältnis ergibt sich für die Heritabilitäten der Milchinhaltsstoffe. Eine höhere additiv genetische Varianz des Fettgehaltes der Milch aus den hinteren Viertel führt zu einer höheren Heritabilität des Merkmals Fettgehalt für die hinteren Euterviertel, wohingegen höhere additiv genetische Varianzen für die Merkmale Eiweißgehalt und SCS an den vorderen Eutervierteln für diese Merkmale zu höheren Heritabilitäten für die Vorderviertel führen. Für Laktose- und Harnstoffgehalt lassen sich keine derartigen Regelmäßigkeiten erkennen.

Diese Unterschiede lassen sich durch unterschiedliche chemische Eigenschaften der Milchinhaltsstoffe und durch die unterschiedlichen Orte ihrer Synthese begründen. Wie von Engelhard und Breves (2004) ausführen, stellt die Laktose den hauptsächlichsten osmotischen Faktor der Milch dar. Ein höherer Laktosegehalt in der Milch der hinteren Euterviertel führt somit zu einem

stärkeren Wassereintritt in diese Euterviertel und damit zu einer höheren Milchmenge in diesen Vierteln. Bei gleicher Produktion von Fett und Eiweiß in allen Eutervierteln ist durch diesen Wassereintritt der Fett- und Eiweißgehalt in der Milch der hinteren Vierteln reduziert.

Tabelle 1: Mittelwerte je Euterviertel und Varianzen auf Ebene des Einzeltieres, additiv genetische Varianz (Var a), Varianz der permanenten Umwelt (Var pe), Restvarianz (Var e), Heritabilität (h^2) und Wiederholbarkeit (w^2) für die Merkmale Fettgehalt, Eiweißgehalt, Laktosegehalt, Harnstoffgehalt und SCS.

| Merkmal ¹⁾ | Mittelwert ²⁾ | Var a | Var pe | Var e | $h^2 \pm s_h^2$ | $w^2 \pm s_w^2$ |
|-----------------------------|--------------------------|--------|--------|---------|-----------------|-----------------|
| Fett (%) | | | | | | |
| VL | 3,73 ^a | 0,349 | | 2,673 | 0,098 ± 0,057 | 0,251 ± 0,058 |
| VR | 3,72 ^a | 0,373 | 0,548 | 2,781 | 0,101 ± 0,057 | 0,249 ± 0,057 |
| HL | 3,48 ^b | 0,430 | | 2,486 | 0,124 ± 0,062 | 0,282 ± 0,060 |
| HR | 3,50 ^b | 0,508 | | 2,509 | 0,142 ± 0,063 | 0,296 ± 0,059 |
| Varianz Euterviertel | 0,39 | 0,054 | 0,325 | 2,613 | 0,018 ± 0,055 | 0,128 ± 0,073 |
| Eiweiß (%) | | | | | | |
| VL | 4,03 ^a | 0,138 | | 0,184 | 0,255 ± 0,078 | 0,660 ± 0,034 |
| VR | 4,03 ^a | 0,179 | 0,220 | 0,202 | 0,298 ± 0,072 | 0,664 ± 0,034 |
| HL | 3,99 ^{a,b} | 0,079 | | 0,140 | 0,179 ± 0,087 | 0,681 ± 0,035 |
| HR | 3,97 ^b | 0,075 | | 0,156 | 0,166 ± 0,085 | 0,653 ± 0,036 |
| Varianz Euterviertel | 0,08 | 0,000 | 0,029 | 0,023 | 0,000 | 0,552 ± 0,051 |
| Laktose (%) | | | | | | |
| VL | 4,55 ^a | 0,014 | | 0,067 | 0,126 ± 0,065 | 0,386 ± 0,056 |
| VR | 4,47 ^b | 0,012 | 0,028 | 0,081 | 0,096 ± 0,059 | 0,330 ± 0,055 |
| HL | 4,60 ^c | 0,020 | | 0,069 | 0,171 ± 0,066 | 0,412 ± 0,055 |
| HR | 4,59 ^c | 0,011 | | 0,071 | 0,101 ± 0,059 | 0,356 ± 0,054 |
| Varianz Euterviertel | 0,13 | 0,023 | 0,056 | 0,151 | 0,098 ± 0,061 | 0,344 ± 0,053 |
| Harnstoff (mg/100ml) | | | | | | |
| VL | 21,89 ^a | 7,541 | 14,626 | 30,230 | 0,144 ± 0,072 | 0,424 ± 0,057 |
| VR | 21,64 ^a | 11,486 | 8,347 | 31,973 | 0,222 ± 0,081 | 0,383 ± 0,060 |
| HL | 22,01 ^a | 6,362 | 13,163 | 31,789 | 0,124 ± 0,073 | 0,381 ± 0,063 |
| HR | 21,83 ^a | 8,738 | 8,330 | 34,197 | 0,170 ± 0,076 | 0,333 ± 0,065 |
| Varianz Euterviertel | 5,04 | 4,282 | 25,054 | 115,317 | 0,030 ± 0,054 | 0,203 ± 0,065 |
| SCS | | | | | | |
| VL | 3,18 ^a | 0,818 | | 1,370 | 0,266 ± 0,062 | 0,554 ± 0,043 |
| VR | 2,33 ^b | 0,794 | 0,881 | 1,842 | 0,226 ± 0,059 | 0,476 ± 0,047 |
| HL | 3,15 ^a | 0,499 | | 1,595 | 0,168 ± 0,059 | 0,464 ± 0,047 |
| HR | 3,12 ^a | 0,533 | | 1,822 | 0,165 ± 0,055 | 0,437 ± 0,047 |
| Varianz Euterviertel | 1,67 | 0,391 | 0,573 | 5,439 | 0,061 ± 0,065 | 0,151 ± 0,055 |

1) Varianzkomponenten für Fett, Eiweiß, Laktose und SCS aus multivariaten Rechenläufen, Ergebnisse für Harnstoff aus univariaten Rechenläufen

2) a, b, c Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb Merkmal unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

Ferner erfolgt lediglich die Synthese von Fett, Eiweiß und Laktose in den Eutervierteln. Gemäß Baumann et al. (2006) wird das MilCHFett enzymatisch am rauen Endoplasmatischen Retikulum produziert. Das Milchprotein wird ebenfalls enzymatisch an der Oberfläche der Ribosomen gebildet und im Golgi-Apparat enzymatisch modifiziert (Schmidt, 1971). Diese komplexen Prozesse auf Ebene des Euterviertels erklären die gefundenen Unterschiede zwischen den Eutervierteln in den Mittelwerten, Heritabilitäten und Wiederholbarkeiten für Fett- Eiweiß- und Laktosegehalt.

Im Gegensatz dazu wird Harnstoff nicht in den sekretorischen Drüsen des Euters gebildet, sondern bereits in der Leber -mit dem Ziel toxisches Ammoniak abzubauen- und gelangt von dort mit dem Blutstrom ins Euter und weiter in die Milch (von Engelhardt und Breves, 2004). Die Milch stellt neben dem Harn lediglich einen zweiten Weg dar, um Harnstoff aus dem Körper auszuscheiden. Der Harnstoffgehalt kann daher nur auf Ebene des Einzeltieres durch die Ernährung und durch genetisch regulierte Prozesse in der Leber beeinflusst werden, die Kenngrößen für die Euterviertel unterscheiden sich daher kaum. Die Erkrankung eines Euterviertels an Mastitis erfolgt zufällig. Daher bestehen keine systematischen Unterschiede im SCS einzelner Euterviertel. Die Heritabilität des SCS liegt allerdings, ähnlich wie beim Eiweißgehalt, für die vorderen Eutervierteln deutlich höher als für die hinteren Euterviertel. Als weiteres Merkmal wurde die Varianz der Gehalte an Milchinhaltsstoffen zwischen den Eutervierteln analysiert. Für dieses Merkmal wurden geringe Heritabilitäten (0,00 – 0,10), jedoch beachtliche Wiederholbarkeiten (0,13 – 0,55) gefundenen. In weiteren Untersuchungen soll geklärt werden, ob die Varianz zwischen den Eutervierteln als züchterischer Indikator für die Stoffwechselstabilität oder zu Managementzwecke genutzt werden kann.

4 Danksagung

Das Projekt wird als Verbundprojekt von der Europäischen Kommission im siebten Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung ko-finanziert (Vertrag Nr. 222623). Trotzdem gibt dieser Artikel nicht zwingend die Meinung der Europäischen Kommission wieder und ebenso wenig nimmt er zukünftige Strategien der Kommission vorweg.

5 Literatur

- Baumann, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J., Lock, A. L. (2006) Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. *Journal of Dairy Science* **89**: 1235 - 1243
- Berglund, I., Pettersson, G., Östensson, K., Svennersten-Sjaunja, K. (2007) Quarter Milking for Improved Detection of Increased SCC. *Reproduction in Domestic Animals* **42**: 427 – 432.
- vonEngelhardt, W., Breves, G. (2004) *Physiologie der Haustiere*. Enke Verlag, Stuttgart
- Forsbäck, L., Lindmark-Månsson, H., Andrén, A., Åkerstedt, M., André, L., Svennersten-Sjaunja, K. (2010) Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level. *Journal of Dairy Science* **93**: 3599 – 3577
- Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis, B. R., Thompson, R. (2009) *ASReml User Guide*
- SAS (2008) *SAS 9.2 TS Level 1M0*. SAS Institute Inc., Cary, NC27513, USA
- Schmidt, G. H. (1971) *Biology of Lactation*. H. W. Freeman and Company, San Francisco