



Doctoral Thesis

## Der Verlauf der Laktationskurve und die Schätzung der Milchleistung beim schweizerischen Braunvieh

**Author(s):**

Schneeberger, Markus

**Publication Date:**

1978

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000312245> →

**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](#).

**Diss. ETH 6168**

**Der Verlauf der Laktationskurve und die  
Schätzung der Milchleistung beim  
schweizerischen Braunvieh**

ABHANDLUNG

zur Erlangung  
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von

MARKUS SCHNEEBERGER  
Dipl. Ing.-Agr. ETH  
geboren am 28. Juli 1948  
von Ochlenberg (Kt. Bern)

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. N. Künzi, Referent  
Prof. Dr. H. L. Le Roy, Korreferent

1978

## ABSTRACT

The shape of the lactation curve and the estimation of milk yield in Swiss Brown cattle.

By Markus Schneeberger.

For 45721 first lactations of Swiss Brown cows of the milk recording year 1967/77, lactation curves were estimated by the following equations:

milk yield:  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i}$ ;      butterfat yield:  $y_i = A \cdot e^{-ct_i}$ .

For estimating the parameters, regression, weighted regression and nonlinear estimation methods were applied. The smallest mean squared error was found when a method of nonlinear estimation was applied.

Environmental influences on the shape of the lactation curve were examined by a least squares-analysis. Important factors were calving season, region (valley or mountain region, alping), service period and herd level. The influence of age at first calving was small. The heritability estimates of the parameters A, b, c and the measure of persistency s of the milk yield curves were .097, .050, .126 and .116 resp. The heritabilities of the parameters A and c for butterfat curves were .277 and .201. The genetic correlations for the milk yield curves were: between b and c .692, b and s .222, A and c -.036, A and s -.554, c and s -.581. The genetic correlation between A and c for fat yield curves was .597.

Four methods of estimating the standard lactation yield (yield in 305 days) from the milk recordings of completed lactations were compared: traditional method, method of measuring the area under the lactation curve of Wood, non-linear method of Schaeffer et al. [J. Dairy Sci. 60 (1977): 1636] and method of Schaeffer et al. using the curve of Wood. No method is more accurate than the others, even when the intervals between the recordings were extended to two or three months.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht einerseits darin, den Einfluss von Vererbung und Umwelt auf den Verlauf der Laktationskurve zu untersuchen, und andererseits verschiedene Methoden zur Schätzung der Standardlaktationsleistung (Leistung in 305 Tagen) miteinander zu vergleichen. Als Material stehen die einzelnen Kontrollwägungen von 45'721 Laktationen erstlaktierender schweizerischer Braunviehkühe des Milchkontrolljahres 1976/77 zur Verfügung, deren Laktationslänge mindestens 270 Tage beträgt.

Zur Beschreibung des Verlaufs der Milchleistung wird die Gamma-Kurve nach Wood (1967) gewählt:  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i}$ . Es bedeuten:  $y_i$  die gemessene tägliche Milchmenge bei der  $i$ . Kontrolle,  $t_i$  den Tag in der Laktation bei der  $i$ . Kontrolle.  $A$  ist eine Konstante für das Niveau der Produktion,  $b$  für den Anstieg der Kurve am Beginn der Laktation und  $c$  für den Abfall der Kurve nach dem Erreichen des Maximums. Für jede Kuh wird die Laktationskurve nach drei Methoden angepasst:

I.  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i} \cdot e^{\epsilon_i}$ . Das Residuum erscheint als Potenz von  $e$ , das Modell wird durch Logarithmieren linear.

II. Gewichtete Regression. Als Gewichte für die logarithmierten Beobachtungen dienen die Beobachtungen selbst.

III.  $y_i = A'' \cdot t_i^{b''} \cdot e^{-c''t_i} + \epsilon''_i$ . Dieses Modell kann nicht linearisiert werden. Es werden nichtlineare Schätzmethoden angewendet.

Die Methode III ergibt die kleinsten durchschnittlichen Fehlerquadrate. Mit den Methoden III und II wird der kleinste Anteil atypischer Kurvenformen (kein Anstieg zu Beginn der Laktation, d.h.  $b < 0$ ) erzielt. Für die Untersuchung des Einflusses von Vererbung und Umwelt auf den Leistungsverlauf werden die nach Methode III berechneten Kurven mit einem typischen Verlauf verwendet. Für die Fettmenge gelangte ein einfacheres Modell zur Anwendung, das am Anfang keinen Anstieg vorsieht:

$y_i = A \cdot e^{-ct_i}$ . Zur Bestimmung der Parameter dieser Funktion wird die Methode I verwendet.

Für die Schätzungen der Heritabilitäten und der genetischen, phänotypischen und umweltbedingten Korrelationen wird eine Halbgeschwisteranalyse mit einem gemischten Modell durchgeführt, das neben dem zufälligen Einfluss der Stiere das Kalbealter, die Serviceperiode, die Kalbesaison, den Standort der Kuh (Berg- oder Talgebiet, Alpung) und Betriebsniveaugruppen als fixe Effekte berücksichtigt. Pro Stier wird eine minimale Töchterzahl von zehn verlangt. Laktationskurven von Nachkommen von Brown Swiss-Stieren werden von der Analyse ausgenommen. Für die Milchmenge wurden 12'884, für die Fettmenge 25'796 Kurven analysiert.

Die Schätzwerte der Heritabilitäten für die Parameter A, b, c und das Persistenzmass  $s = -(1 + b) \cdot \ln(c)$  sind .097, .050, .126 und .116 bei der Milchmenge, für die Parameter A und c bei der Fettmenge .277 und .201. Bei der Milchmenge betragen die genetischen Korrelationen zwischen: b und c .692, b und s .222, A und c -.036, A und s -.554, c und s -.581. Bei der Fettmenge wird eine genetische Korrelation zwischen A und c von .597 gefunden. Als zusätzliches Merkmal wird auch die Einsatzleistung (Durchschnitt der drei ersten Kontrollwägungen) untersucht. Ihre Heritabilität beträgt für Milch- und Fettmenge .29.

Die Anpassung von Laktationskurven nach dem Modell von Wood (1967) für Gruppen von Kühen entspricht den Daten nicht ganz: es bleiben sinusförmige Schwankungen der Residuen zurück, die mit dem Modell von Schaeffer et al. (1977) berücksichtigt werden können. Diese Schwankungen sind bei gealpten Kühen mit Sommerabkalbungen sehr gross und können durch saisonale Unterschiede, bedingt durch Fütterungsumstellungen, erklärt werden.

Zur Schätzung der Standardlaktationsleistung aus den Kontrollwägungen abgeschlossener Laktationen werden vier Methoden verglichen: a) herkömmliche Methode; b) Leistung ausgedrückt als Fläche unter der Laktationskurve nach Wood (1967); c) nichtlineare Methode nach Schaeffer et al. (1977): Leistung

berechnet als Summe der Funktionswerte der Laktationskurve, wobei der Parameter für das Leistungsniveau für jede Kuh aus den vorhandenen Kontrollwägungen geschätzt und die übrigen Parameter von der Kurve der zugehörigen Kuhgruppe übernommen werden; d) gleiche Methode mit der Kurve nach Wood (1967). Zur Schätzung der Standardlaktationsleistung aus Teilleistungen werden die Methoden c) und d), die multiplikative Hochrechnung (Methode e) und die Hochrechnung mit einer linearen Regression (Methode f) miteinander verglichen.

Zum Vergleichen der Methoden werden die Ergebnisse Leistungen gegenübergestellt, die den wahren Werten möglichst nahe kommen sollen. Als Vergleichsmasse werden Mittelwerte, Standardabweichungen; Korrelationen, durchschnittliche absolute Differenzen und Standardabweichungen der Differenzen berechnet.

Zum Schätzen der Standardlaktationsleistung aus den Kontrollwägungen abgeschlossener Laktationen ist keine der angewendeten Methoden den andern eindeutig überlegen, auch nicht bei auf zwei oder drei Monate verlängerten Kontrollintervallen. Die herkömmliche Methode bietet eine genügende Genauigkeit.

Für die Schätzung der Standardlaktationsleistung aus Teilleistungen geben die Methoden c) und d) bessere Resultate, besonders bei kurzen Teilleistungen. Bei längeren Teilleistungen (über 200 Tage) werden aber mit der multiplikativen Hochrechnung und der Regressionsmethode fast gleichwertige Ergebnisse erzielt.

## SUMMARY

One object of this thesis was to analyse the influence of inheritance and environment on the shape of the lactation curve. The second object was to compare several methods of estimating the standard lactation yield (i.e. milk or butterfat yield in 305 days). The data consisted of the monthly recorded milk yields and butterfat contents of 45'721 first lactations of Swiss Brown cows of the milk recording year 1976/77, taking into account only lactations of a minimum length of 270 days.

The shape of the lactation curve was described by the gamma curve of Wood (1967):  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i}$ , where  $y_i$  is the daily milk yield, and  $t_i$  the day in the lactation at the  $i^{\text{th}}$  recording. A, b and c are constants. A is associated with the level of the production, b with the increase of the curve at the beginning of the lactation, and c with the decrease of the curve after reaching the maximum. For every cow, the lactation curve was fitted to the observed values by three methods:

- I.  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i} \cdot e^{\epsilon_i}$ . The residual  $\epsilon_i$  is the exponent of e. The model is linearised by converting it to logarithms.
- II. Weighted regression. The weights for the logarithms of the observations are the observations themselves.
- III.  $y_i = A'' \cdot t_i^{b''} \cdot e^{-c''t_i} + \epsilon_i$ . This model cannot be linearised. Methods of nonlinear estimation must be used.

The smallest mean squared error resulted when method III was used. Applying methods II and III, the smallest portion of atypical shapes (no increase of the curve at the beginning of the lactation, i.e.  $b < 0$ ) was observed. The influence of inheritance and environment on the shape of the lactation curve was analysed by employing curves of a typical shape, calculated by method III. For the calculation of the lactation curves of butterfat yield, a simpler model was used which did not consider an increase of the curve at the beginning of the lactation

$y_i = A \cdot e^{-ct_i}$ . The parameters of this function were estimated by method I.

Half sib-analyses were performed for the estimation of heritabilities and genetic, phenotypic, and environmental correlations. A mixed model was used, including the random effect of sire and the fixed effects of age at calving, service period, season of calving, region (valley or mountain region, alping), and herd level group. A minimum number of ten daughters was required for each sire. Lactation curves of progeny of American Brown Swiss-sires were excluded. The total number of analysed curves was 12884 for milk yield, and 25796 for butterfat yield.

For the milk yield curves, the heritability estimates of the parameters A, b, c and the measure of persistency  $s = -(1 + b) \cdot \ln(c)$  were .097, .050, .126, and .116. For the butterfat yield curves, the heritability estimates of the parameters A and c were .277 and .201. The following genetic correlations between the parameters of the milk yield curves were found: b and c .692, b and s .222, A and c -.036, A and s -.554, c and s -.581. Between the parameters A and c of the butterfat curves, a genetic correlation of .597 was estimated. As an additional trait, the average daily yield of the first three recordings was analysed. Its heritability was .29 for milk and butterfat yield.

Lactation curves, fitted to the data of groups of cows by the model of Wood (1967), did not correspond completely with the observations: the residuals showed periodical, sinus like oscillations which could be accounted for by the model of Schaeffer et al. (1977). These oscillations were found to be very large for groups of cows that were kept on the alps and calved during the summer months. They can be explained by seasonal differences, due to changes in nutrition.

Four methods of estimating the standard lactation yield from milk recordings of completed lactations were compared: a) Traditional method. b) Method of estimating the yield by the area under the lactation curve of Wood (1967). c) Nonlinear method of Schaeffer et al. (1977): Yield computed as the sum



of the values of the function of the lactation curve. The parameter describing the level of production is estimated for each cow separately from the available milk recordings. The other parameters of the curve are taken from the curve of the corresponding group of cows. d) Method c using the function of Wood (1967).

In order to estimate the standard lactation yield from part lactation yields, methods c and d, the multiplicative factor method (e) and the regression method (f) were compared.

The results obtained by the different methods, were compared with yields which correspond as closely as possible to the true values. Means, standard deviations, correlations, means of absolute differences, and standard deviations of the differences were computed.

For the estimation of the standard lactation yield from the milk recordings of completed lactations, no method was definitely superior to the others, even when the intervals between the recordings were extended to two or three months. The traditional method, which has been used up to now, was sufficiently accurate.

For the estimation of the standard lactation yield from part lactations, the methods c and d gave better results, especially with part lactations from short periods. With part lactations of a length of more than 200 days, the multiplicative factor and the regression method gave almost equivalent results.

## RESUME

Le but du présent travail consiste d'une part à examiner l'influence de l'hérédité et du milieu sur la forme de la courbe de lactation, et d'autre part, à comparer différentes méthodes d'estimation de la lactation standard (production laitière en 305 jours). Le matériel à disposition comprend les pesées mensuelles de 45'721 lactations d'une durée minimum de 270 jours, produites par des vaches de la race brune suisse en première lactation au cours de l'année de contrôle 1976/77.

Pour décrire l'évolution de la production de lait, on a choisi la fonction  $y$  d'après Wood (1967):  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i}$ , où  $y_i$  représente la production de lait journalière mesurée lors du contrôle  $i$ , et  $t_i$  le jour de lactation lors du contrôle  $i$ .  $A$  est une constante pour le niveau de production,  $b$  caractérise la phase ascendante de la courbe au début de la lactation et  $c$  la phase décroissante après le maximum. La courbe a été ajustée pour chaque vache selon trois méthodes:

- I.  $y_i = A \cdot t_i^b \cdot e^{-ct_i} \cdot e^{\epsilon_i}$ . L'erreur résiduelle figurant comme puissance de  $e$ , le modèle devient linéaire après transformation logarithmique.
- II. Régression pondérée. Les observations elles-mêmes servent de facteur de pondération pour la transformation logarithmique des observations.
- III.  $y_i = A'' \cdot t_i^{b''} \cdot e^{-c''t_i} + \epsilon_i''$ . Ce modèle ne devenant pas linéaire par transformation, on applique des méthodes d'estimation non-linéaires.

La méthode III conduit aux plus petits carrés moyens de l'erreur. La proportion la plus faible de courbes atypiques (sans phase ascendante au début de la lactation, c'est-à-dire avec  $b < 0$ ) est obtenue avec les méthodes III et II. Pour examiner l'influence de l'hérédité et du milieu sur l'évolution de la performance, on utilise les courbes de forme typique calculées selon la méthode III. En ce qui concerne la quantité de matière grasse, un modèle plus simple est appliqué, sans phase initiale ascendante:

$y_i = A \cdot e^{-ct_i}$ . Les paramètres en sont déterminés à l'aide de la méthode I.

L'estimation des héritabilités, des corrélations génétiques, phénotypiques et dues à l'environnement s'effectue par une analyse des demi-soeurs, à l'aide d'un modèle mixte. Celui-ci comprend, en plus de l'influence aléatoire des taureaux, l'âge au vêlage, l'intervalle entre le vêlage et la conception, la saison de vêlage, la zone (montagne ou plaine, alpage) et les groupes d'exploitation considérés comme effets fixes. On exige un minimum de dix filles par taureau. Les courbes de descendantes de géniteurs Brown Swiss sont éliminées de l'analyse. 12'884 courbes ont été prises en considération pour la quantité de lait et 25'896 pour la matière grasse.

Les héritabilités estimées des paramètres A, b, c et de la persistance  $s = -(1 + b) \cdot \ln(c)$  sont .097, .050, .126 et .116 pour la quantité de lait; quant à la matière grasse, les valeurs obtenues pour A et c sont .277 et .201. Les corrélations génétiques s'élèvent, pour la production laitière à .692 entre b et c, .222 entre b et s, -.036 entre A et c, .1554 entre A et s, -.581 entre c et s. Pour la quantité de matière grasse, la corrélation génétique entre A et c se situe à .597. On analyse également un autre caractère, la production de démarrage (moyenne des trois premiers contrôles); son héritabilité est de .29, pour le lait comme pour la matière grasse.

L'ajustement de courbes de lactation selon le modèle de Wood (1967) pour des groupes de vaches ne correspond pas tout-à-fait aux données: les erreurs résiduelles conservent des oscillations sinusoïdales dont on peut tenir compte avec le modèle de Schaeffer et al. (1977). Ces oscillations sont particulièrement marquées chez les vaches alpées vêlant en été, et elles peuvent s'expliquer par des variations saisonnières dues aux changements d'affouragement.

Quatre méthodes permettant de calculer la lactation standard à partir des pesées de contrôle de lactation complètes sont comparées: a) méthode traditionnelle; b) performance exprimée comme surface sous la courbe de Wood (1967); c) méthode non-linéaire d'après Schaeffer et al. (1977): performance calculée comme somme des valeurs de la fonction de la courbe de lactation; le paramètre du niveau

de productivité est estimé pour chaque vache sur la base des pesées à disposition et les autres paramètres sont repris de la courbe pour le groupe de vaches ad hoc; d) même méthode avec la courbe de Wood (1967). Pour estimer la lactation standard à partir de contrôles partiels, on confronte les méthodes c) et d), la méthode multiplicative (e) et la régression linéaire (méthode f). Les résultats obtenus par les différentes méthodes sont comparés à des performances qui approchent au mieux les valeurs vraies. Comme critères d'appréciation, on calcule les moyennes, les écarts-types, les corrélations, les valeurs absolues moyennes et les écarts-types des différences.

Lors de l'estimation de la lactation standard à partir des pesées de contrôle de lactations complètes, aucune méthode ne montre une supériorité significative par rapport aux autres; ceci rest vrai même si l'on prolonge les intervalles de contrôle jusqu'à deux ou trois mois. La méthode traditionnelle offre une précision suffisante.

Quant au calcul de la lactation standard sur la base de contrôles partiels, les méthodes c) et d) donnent de meilleurs résultats, particulièrement dans le cas de lactations de courtes durées. Pour des contrôles partiels plus longs (plus de 200 jours), la méthode multiplicative ou le calcul par régression permettent d'obtenir des résultats presque équivalents.