

3. Zuchtwertschätzung Milch und Persistenz¹

3.1 Allgemeines

Im Rahmen eines 3-jährigen Projektes wurde in Zusammenarbeit zwischen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub und einer Wissenschaftlergruppe am Agrifood Research Centre in Jokioinen (Finnland) das 2002 eingeführte Testtagsmodell entwickelt. Das Testtagsmodell wird bei den Rassen Fleckvieh, Braunvieh, Gelbvieh, Pinzgauer, Grauvieh, Vorderwälder und Hinterwälder seit dem Zuchtwertschätztermin November 2002 offiziell angewendet. Die Holstein-ZWS wird vom VIT Verden ebenfalls mit einem Testtagsmodell mit geringfügigen Modellunterschieden durchgeführt. Im Folgenden sollen die Grundzüge des Testtagsmodells vorgestellt werden, wobei v.a. auf die ZWS für Fleckvieh und Braunvieh eingegangen wird.

3.2 Daten

Wie der Name Testtagsmodell schon sagt, wird die Leistung an einem Kontrolltag direkt in das Zuchtwertschätzmodell als 24 Stunden-Gemelk einbezogen. Es werden also keine Abschnitts- bzw. Laktationsleistungen berechnet, wie es in dem von 1992 bis 2002 in Österreich eingesetzten Mehrabschnitts-Laktationsmodell der Fall war. Damit muss nicht gewartet werden, bis komplette Laktationen oder Laktationsabschnitte abgeschlossen sind, bevor die vorliegenden Leistungsinformationen in die Zuchtwertschätzung eingehen. Sobald eine Kontrolltagsleistung erbracht wurde, kann sie auch direkt in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt werden.

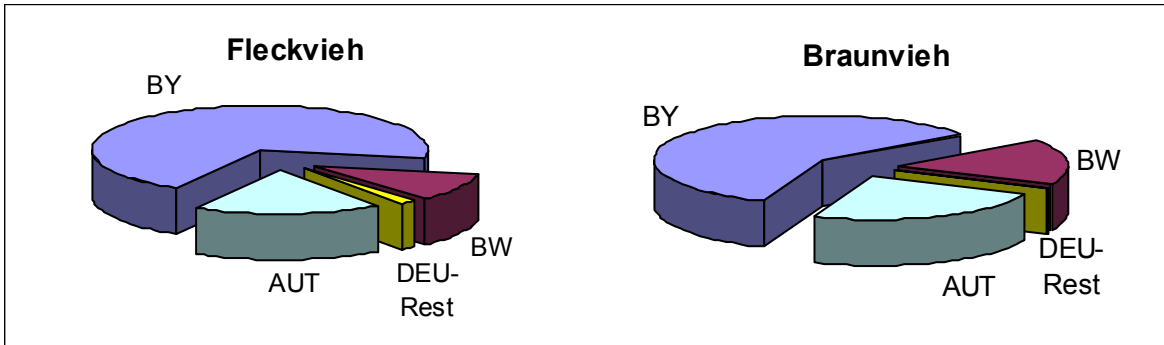
Die Daten werden ab 1990 einbezogen. In der Testtagsmodellzuchtwertschätzung werden alle Kontrolltagsleistungen zwischen den Laktationstagen 8 und 350 verwendet. Je mehr Informationen an einem Kontrolltag in die Zuchtwertschätzung eingehen, desto besser lässt sich dessen Einfluss auf die erbrachte Leistung schätzen. Deshalb werden auch Leistungen aus späten Laktationsstadien sowie aus vierten und späteren Laktationen in der Zuchtwertschätzung verwendet. Die Kontrolltagsbeobachtungen stammen etwa zu $\frac{3}{4}$ aus der ersten bis dritten Laktation, der Anteil an Leistungen in den fünften und höheren Laktationen liegt bei 13 Prozent in den Fleckviehdaten und bei 15 Prozent in den Braunviehdaten.

Insgesamt werden aktuell ca. 9 Millionen Fleckviehkühe mit rund 180 Millionen Kontrolltagsbeobachtungen bzw. 2 Mio. Braunviehkühe mit 45 Mio. Beobachtungen in die Zuchtwertschätzung einbezogen. Rund 70 Prozent der Fleckviehdaten kommen aus Bayern, 11 Prozent aus Baden-Württemberg, 1 Prozent aus dem übrigen Deutschland und 18 Prozent aus Österreich. Beim Braunvieh ist der Anteil aus Bayern mit 60 Prozent etwas niedriger, 17 Prozent kommen aus Baden-Württemberg und 23 Prozent aus Österreich (Abb. 1).

Das Pedigree wird im maternalen Pfad bis zu 3 Generationen und im paternalen Pfad bis zu 8 Generationen zurück einbezogen und umfasst ca. 10 Millionen Tiere. Unbekannte Pedigreetiere werden anhand des Herkunftslandes, des Geburtsjahres und des Geschlechtes in ca. 150 Phantomelterngruppen (genetische Gruppen) eingeteilt.

¹ Quellenhinweis: Dieses Kapitel stammt zum Großteil von Dr. Reiner Emmerling, LfL Grub.

Abbildung 1: Aufteilung der Rohdaten (Kühe) nach Ursprungsland in der TTM-ZWS.



3.3 Modell

Das Testtagsmodell ist ein sogenanntes „**Random-Regression**“-Modell (Schaeffer und Dekkers, 1994), bei dem der Zuchtwert eines Tieres durch zufällige Regressionskoeffizienten und Kovariablen beschrieben wird. In der Modellierung der zufälligen Effekte unterscheidet sich diese Modellart von den „Fixed Regression“-Testtagsmodellen (Ptak und Schaeffer, 1993). Die einzelnen Testtagsbeobachtungen werden hier innerhalb einer Laktation als wiederholte Beobachtungen des gleichen Merkmals betrachtet, was zu einem festen Zuchtwert für alle Laktationstage führt. Im RRM kann durch eine Funktion für jeden Laktationstag ein eigener Zuchtwert berechnet werden, der mit den Zuchtwerten von benachbarten Laktationstagen und anderen Laktationen korreliert ist. Das zu lösende Gleichungssystem umfasst beim Fleckvieh ca. 180 Mio. Unbekannte und wird mit dem Softwarepaket MiX99 (Lidauer und Stranden, 1999) gelöst. Der Hauptspeicherbedarf (RAM) liegt für das Zuchtwertschätzmodell bei ca. 6 GB. Die Rechenzeit beträgt für ein Merkmal ca. 90 Stunden.

Der große Vorteil des Testtagsmodells liegt in der Korrektur der Umwelteinflüsse direkt auf der Basis der einzelnen Kontrolltagsgemelke.

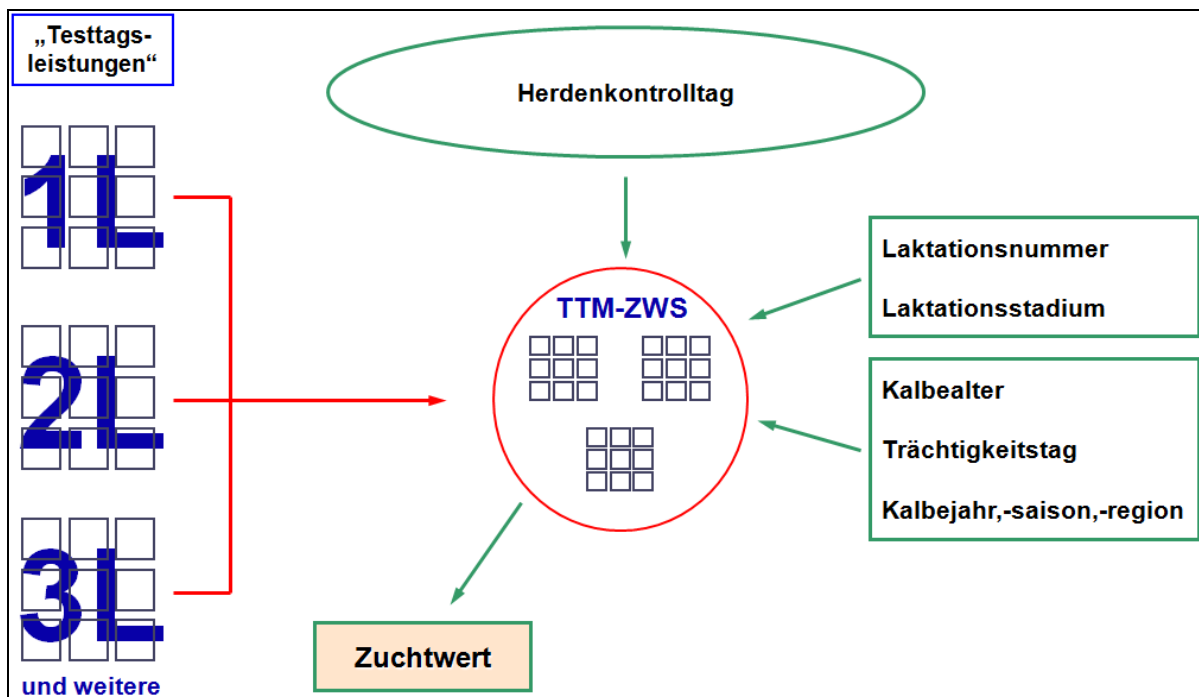


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Testtagsmodell-ZWS.

In Abbildung 2 ist das Schema der **Testtagsmodell-ZWS** dargestellt. Die Ausgangsdaten stellen die einzelnen Probemelkergebnisse („Testtagsleistungen“) aus allen Laktationen dar. Die einzelnen Probemelkergebnisse gehen direkt in die BLUP-Tiermodell-ZWS ein, die gesamte Umweltkorrektur erfolgt direkt in der ZWS.

Im Folgenden werden die berücksichtigten Umwelteinflüsse im Testtagsmodell näher erläutert.

- Herdenkontrolltag
- Kalbealter
- Trächtigkeit
- Laktation und Laktationsstadium
- Streuung innerhalb der Herden (heterogene Streuungen)

a) Herdenkontrolltag

Der **Herdenkontrolltag** ist die kleinste Vergleichsgruppe innerhalb des Testtagsmodells. Sie beinhaltet alle Probemelken eines Kontrolltags unabhängig von der Laktationsnummer. Die Leistungen der Kühe einer Herde werden somit direkt mit denen von Herdengefährtinnen verglichen. Beispielsweise können aufeinanderfolgende Kontrolltagsleistungen unter sehr unterschiedlichen Umweltbedingungen erfolgen, was im Testtagsmodell direkt berücksichtigt werden kann. Zu diesen herdenkontrolltagsspezifischen Einflüssen gehören beispielsweise stark schwankende Fütterungsverhältnisse (Weidegang, Futterumstellung), unterschiedliche klimatische Verhältnisse (Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit), aber auch Probleme mit der Melkanlage und Melkerwechsel.

Im Testtagsmodell wird der **Alpungseffekt** nur bei den Milchleistungskontrollen korrigiert, die tatsächlich auf der Alm stattfanden, indem die Alm als eigene Herde aufgefasst wird.

Neben dem Herdenkontrolltag wird der Effekt des **Produktions-Jahr-Monats** innerhalb von definierten Regionen und Laktationen über die Herden hinweg im Modell berücksichtigt. Dieser Effekt wurde zusätzlich in das Testtagsmodell aufgenommen, um nichtgenetische Streuungsunterschiede in der Zuchtwertschätzung zu analysieren und zu berücksichtigen, was weiter unten noch genauer beschrieben wird.

b) Kalbealter

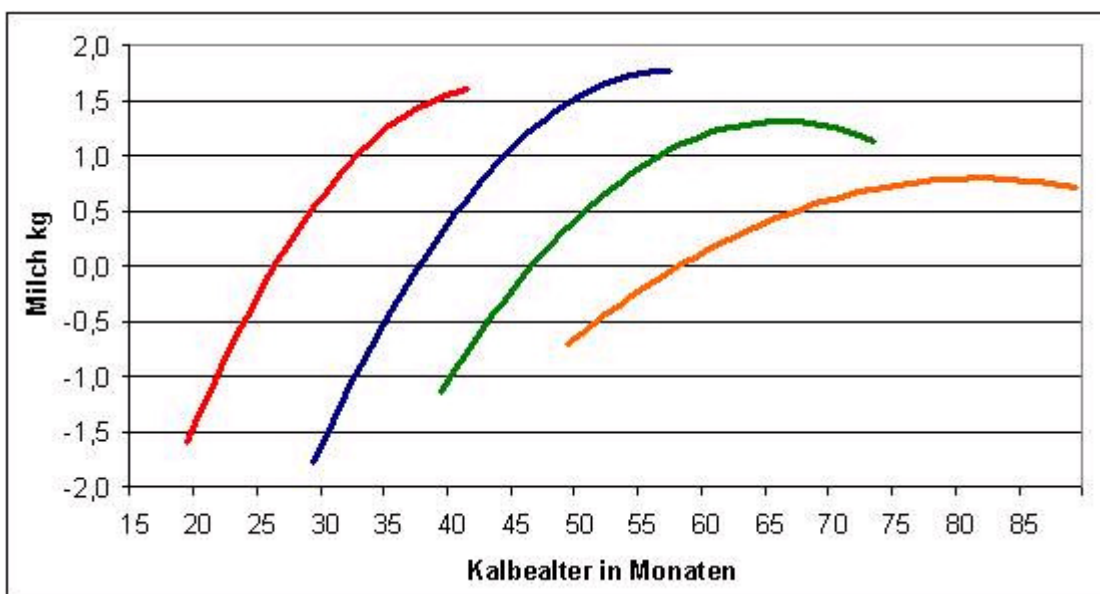


Abbildung 3: Beispiel zum geschätzten Einfluss des Kalbealters auf die tägliche Milchleistung der ersten bis vierten Laktation (von links nach rechts).

Im Testtagsmodell wird der Einfluss des Kalbealters innerhalb der ersten vier Laktationen berücksichtigt. In den ersten zwei Laktationen sind die Einflüsse des Kalbealters größer als in den folgenden Laktationen (Abbildung 3). Aus der Abbildung kann man ablesen, dass ein extrem niedriges Erstkalbealter von 20 Monaten zu einer verringerten Milchleistung von ca. 1,5 kg pro Tag führt.

c) Trächtigkeitsdauer

Im Testtagsmodell werden die Probegemelke auf den Trächtigkeitstag korrigiert, d.h. es wird berücksichtigt, wie lange eine Kuh zum Zeitpunkt der Leistungskontrolle schon trächtig war. Möglicherweise vorhandene negative genetische Beziehungen zwischen der Milchleistung und der Zwischenkalbezeit werden so nicht mit der Zuchtwertschätzung für Milchleistungsmerkmale vermischt. Eine Berücksichtigung dieser Zusammenhänge wird durch die separate ZWS Fruchtbarkeit und die Kombination der Zuchtwerte im Gesamtzuchtwert erreicht. In Abbildung 4 ist der Trächtigkeitseinfluss über 285 Trächtigkeitstage für die erste bis dritte Laktation dargestellt. In den ersten fünf Trächtigkeitsmonaten ist nur ein sehr geringer Einfluss auf die Milchleistung vorhanden. Danach steigt der Trächtigkeitseinfluss aber deutlich an und kann kurz vor der nächsten Kalbung bis zu 8 kg am Tag betragen.

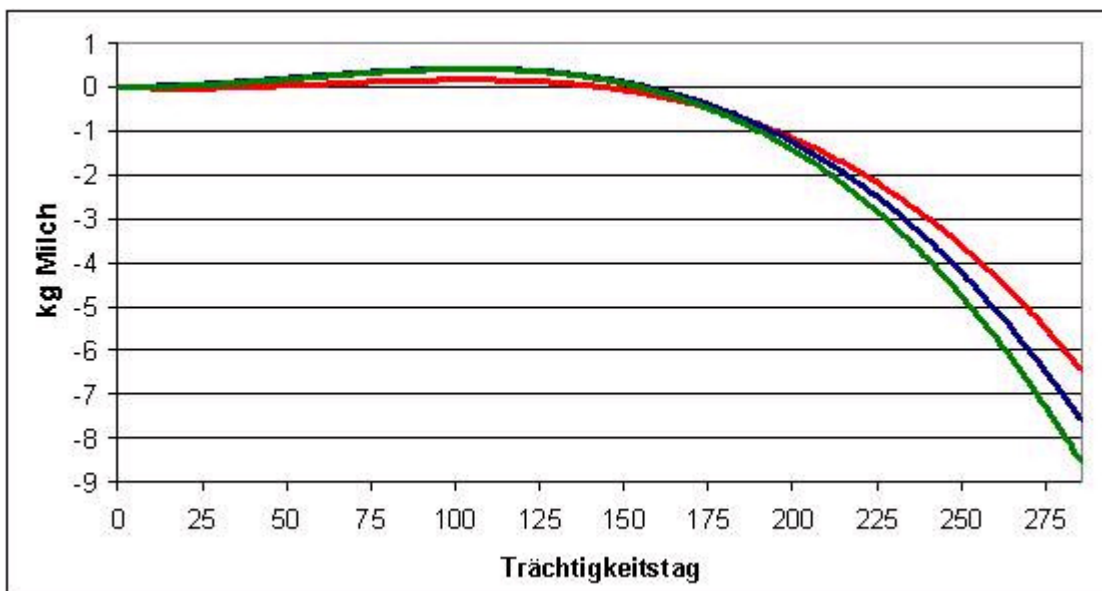


Abbildung 4: Beispiel zum geschätzten Einfluss der Trächtigkeit auf die Milchleistung in der ersten, zweiten und dritten Laktation (von oben nach unten).

d) Laktation und Laktationsstadium

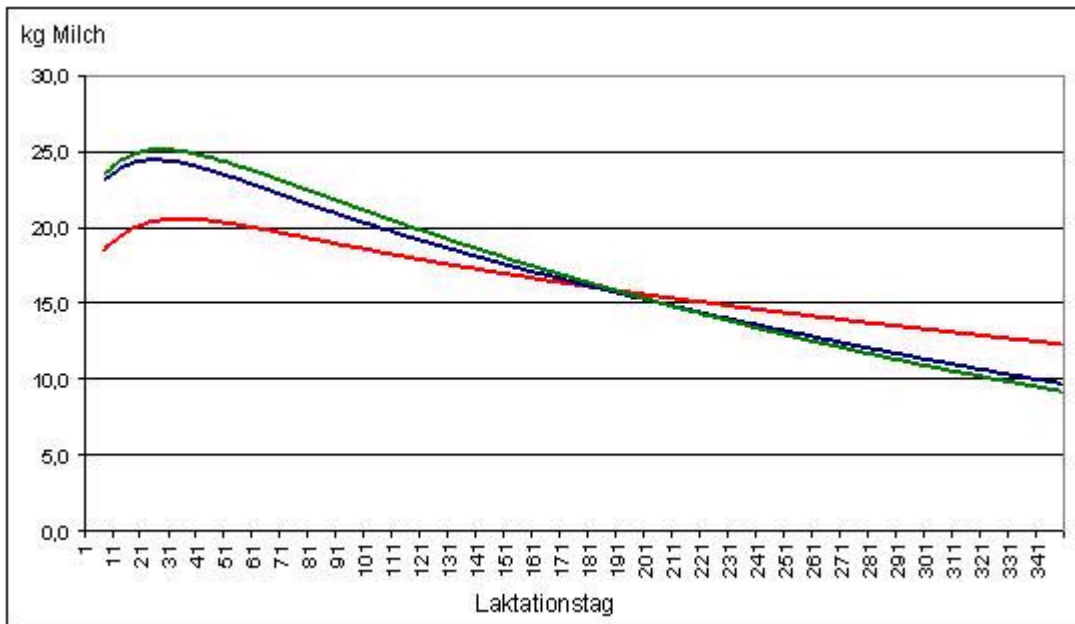


Abbildung 5: Beispiele für geschätzte durchschnittliche Laktationskurven der ersten (unten), zweiten (Mitte) und dritten (oben) Laktation von Fleckviehkühen (Kalbejahr 1995, Kalbemonat Mai, Kalbealter 30/43/56 Monate, in einer nordbayerischen Region).

Da im Testtagsmodell alle Probegemelke zwischen Laktationstag 8 und 350 einbezogen werden, ist das Laktationsstadium einer der wichtigsten Einflussfaktoren im Zuchtwertschätzmodell. Hierzu werden die Laktationen in Gruppen eingeteilt, in denen dann die Abhängigkeit der Leistungsbeobachtungen vom Laktationsstadium mit Hilfe von Funktionen geschätzt wird. Diese Funktionen beschreiben die durchschnittliche Laktationskurve für diese Gruppe von Kühen. Ein Beispiel hierfür wird in Abbildung 5 gegeben. Zur Einteilung der Gruppen werden das Kalbejahr, die Kalbesaison (vier Saisonen je Jahr), das Kalbealter (drei Stufen), die Region und die Laktationsklasse herangezogen. Es werden innerhalb Bayerns 4 bzw. 2 Regionen in den Fleckvieh- bzw. Braunviehdaten gebildet, Baden-Württemberg und Österreich bilden jeweils eine eigene Region. Außerdem werden die Leistungsbeobachtungen aus der Alpung in Österreich in separate Gruppen eingeteilt, abhängig davon, in welchem Laktationsstadium die Tiere auf die Alm kommen. Insgesamt werden ca. 4.000 bzw. 3.000 Gruppen für die Laktationskurven in den Fleckvieh- bzw. Braunviehdaten gebildet.

e) Streuung innerhalb der Herden

Heterogene Streuungen innerhalb des Datenmaterials werden über einen Multiplikativen „Mixed Model“-Ansatz (Meuwissen et al., 1996) berücksichtigt, in dem simultan zu der Schätzung der Zuchtwerte die Schätzung der Heterogenität in den Daten erfolgt. Der Ansatz von Meuwissen et al. (1996) wurde hierzu erweitert für das entwickelte Mehrmerkmals-Testtagsmodell (Lidauer et al., 2002a, 2002b).

Die Streuung der Beobachtungswerte innerhalb von Herden und dort auch innerhalb von verschiedenen Jahren und Monaten ist nicht einheitlich. Das bedeutet, dass in einzelnen Betrieben eine sehr große Streubreite der Probegemelke an einem Herdenkontrolltag vorhanden sein kann, während an einem anderen Herdenkontrolltag im Datenmaterial alle Beobachtungen sehr nahe am Mittelwert des Herdenkontrolltages liegen. Wie in jeder BLUP-Zuchtwertschätzung beruht auch im Testtagsmodell die Schätzung im Allgemeinen auf der Abweichung der Leistungsbeobachtung von einem Vergleichswert. Je höher die Streuung innerhalb eines Herdenkontrolltages ist, desto stärker weichen die guten, aber auch die schlechten Kühe vom Mittel des Herdenkontrolltages ab. Die

überdurchschnittlichen Kühe in einer Herde mit hoher Streuung erreichen somit leichter eine höhere Abweichung vom Mittel der Herde. Ein Teil dieser höheren Abweichung findet sich im Zuchtwert der Kühe wieder, wenn man die Streuungsunterschiede im Zuchtwertschätzverfahren ignoriert.

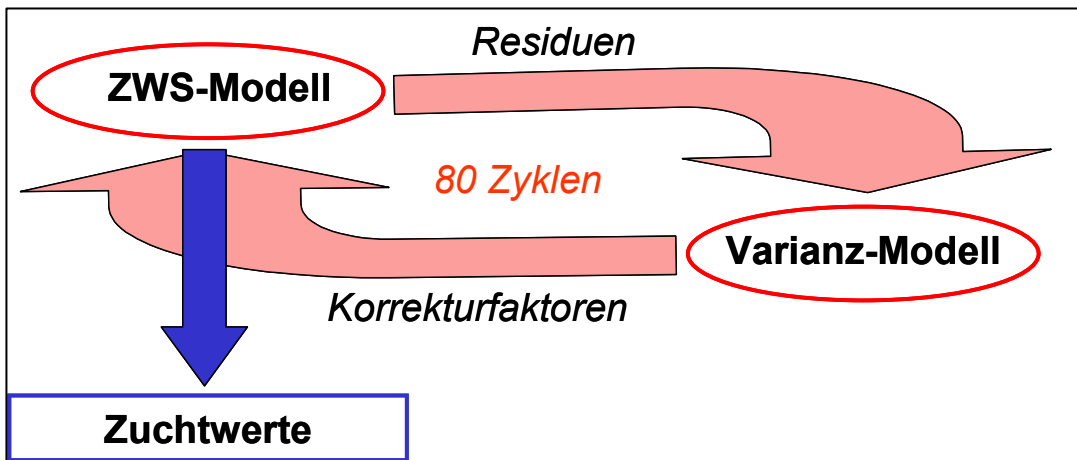


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Korrektur der heterogenen Varianzen in der Zuchtwertschätzung.

Eine Grundannahme in der Zuchtwertschätzung ist, dass die Streuung innerhalb der Herdenkontrolltage im Datenmaterial einheitlich ist. Um dieser Grundannahme gerecht zu werden, werden die Streuungen mittels Korrekturfaktoren harmonisiert. Die Berechnung dieser Faktoren wird nicht auf der Basis der Streuung der Beobachtungswerte durchgeführt, da diese zum Teil auf Umwelteinflüssen (Laktationsstadium etc.) und auch auf unterschiedlicher genetischer Streuung beruhen kann. Die Ermittlung der Korrekturfaktoren erfolgt daher mit Hilfe der Streuung der nicht durch das Zuchtwertschätzmodell erkläraren zufälligen Restfehler (Residuen). In einem Heterogenitätsmodell werden die Korrekturfaktoren dabei basierend auf den Residuen aus dem Zuchtwertschätzmodell geschätzt. Abhängigkeiten zwischen den Residuen und den Korrekturfaktoren erfordern ein iteratives Lösen beider Modelle bis zur Konvergenz der Korrekturfaktoren bevor die Zuchtwerte in gewohnter Weise ausiteriert werden (Abbildung 6). Mit dem Verfahren bleiben vorhandene Unterschiede in der genetischen Streuung zwischen Herden erhalten, während umweltbedingte Streuungsunterschiede korrigiert werden.

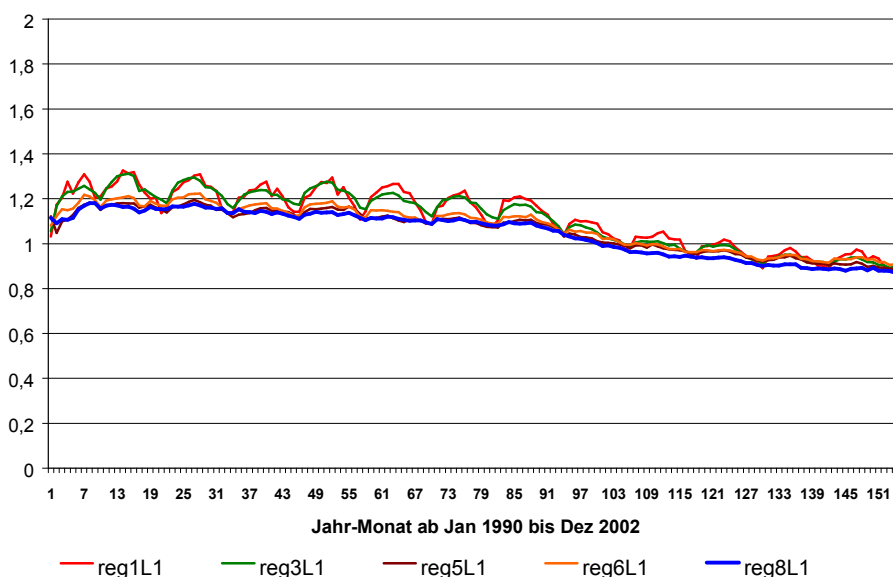


Abbildung 7: Durchschnittliche Korrekturfaktoren für 5 verschiedene Regionen.

Unterschiede in der Höhe der durchschnittlichen Korrekturfaktoren lassen sich zwischen Ländern und Regionen erkennen. Die Korrekturfaktoren von individuellen Herden bzw. Herdenkontrolltagen innerhalb der gleichen Regionen können jedoch sehr unterschiedlich sein. In Abbildung 7 sind Beispiele für durchschnittliche Korrekturfaktoren für 5 verschiedene Regionen im Zeitverlauf dargestellt. Daraus erkennt man einerseits Unterschiede zwischen den Regionen, aber auch Veränderungen im Zeitverlauf, die u.a. mit dem Leistungsniveau zu tun haben. Außerdem lassen sich bei einigen Regionen deutliche saisonale Schwankungen erkennen.

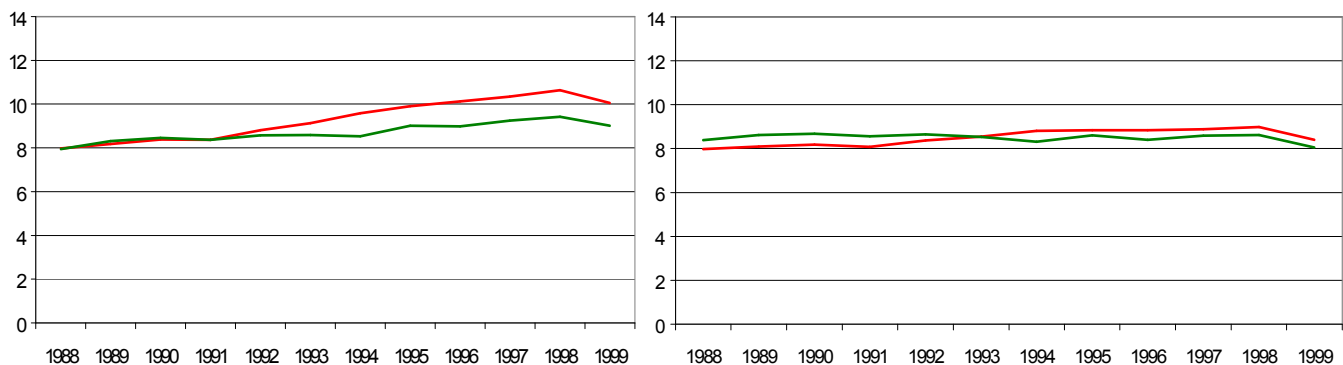


Abbildung 8: Streuung der Eiweißmenge im Zeitverlauf in 2 verschiedenen Regionen. Links: ohne Korrektur der heterogenen Streuungen, rechts: mit Korrektur.

Als Ursache für heterogene Streuungen können unterschiedliche Produktionsniveaus, Fütterungssysteme (z.B. TMR, Abruffütterung), Haltungssysteme (Weidegang, ganzjährige Stallhaltung), Betriebsleiterwechsel und damit verbundene Änderungen im Herdenmanagement beispielhaft genannt werden. Im Allgemeinen nimmt die Streuung der Residuen mit zunehmender Herdenleistung zu. Ist die Streuung der Residuen innerhalb von Herdenkontrolltagen zu groß, wird diese durch die Korrekturfaktoren "gestaucht". Die Zuchtwerte der schlechtesten und besten Kühe in diesen Betrieben rücken nach der Korrektur näher zum Mittelwert der Herden. Ist die Streuung der Residuen zu niedrig, wird sie durch die eingeführten Korrekturfaktoren "gespreizt". Hierdurch werden die Nachteile für Kühe aus Herden mit niedriger Streuung weitgehend aufgehoben. Die mittleren Zuchtwerte innerhalb der Herden bleiben von der Korrektur der heterogenen Streuungen nahezu unbeeinflusst.

Bei der Korrektur der heterogenen Varianzen wird im Prinzip versucht eine homogene Streuung innerhalb von Subklassen zu erreichen, aber eine heterogene Streuung zwischen Subklassen zuzulassen. Als Subklassen wird einerseits der Herdenkontrolltag verwendet, andererseits eine Produktions-Jahr-Monat-Region-Laktation-Klasse. Bei größeren Betrieben ist v.a. der Herdenkontrolltag entscheidend, in kleinen Betrieben (unter 10 Kühe) hat die Korrektur innerhalb der Produktions-Jahr-Monat-Region-Laktation-Klasse eine größere Bedeutung. Die Regionen werden dabei in Österreich in Anlehnung an die Haupt- und Kleinproduktionsgebiete (siehe Abbildung 9) wie folgt eingeteilt:

- Region 1: Hochalpen <900m (1)
- Region 2: Hochalpen \geq 900m (1)
- Region 3: Voralpen, Wald- u. Mühlviertel (2+4)
- Region 4: Alpenostrand (3)
- Region 5: Kärntner Becken, Flach- und Hügelland (5+7+8)
- Region 6: Alpenvorland (6)
- Region 7: Alpungsregion

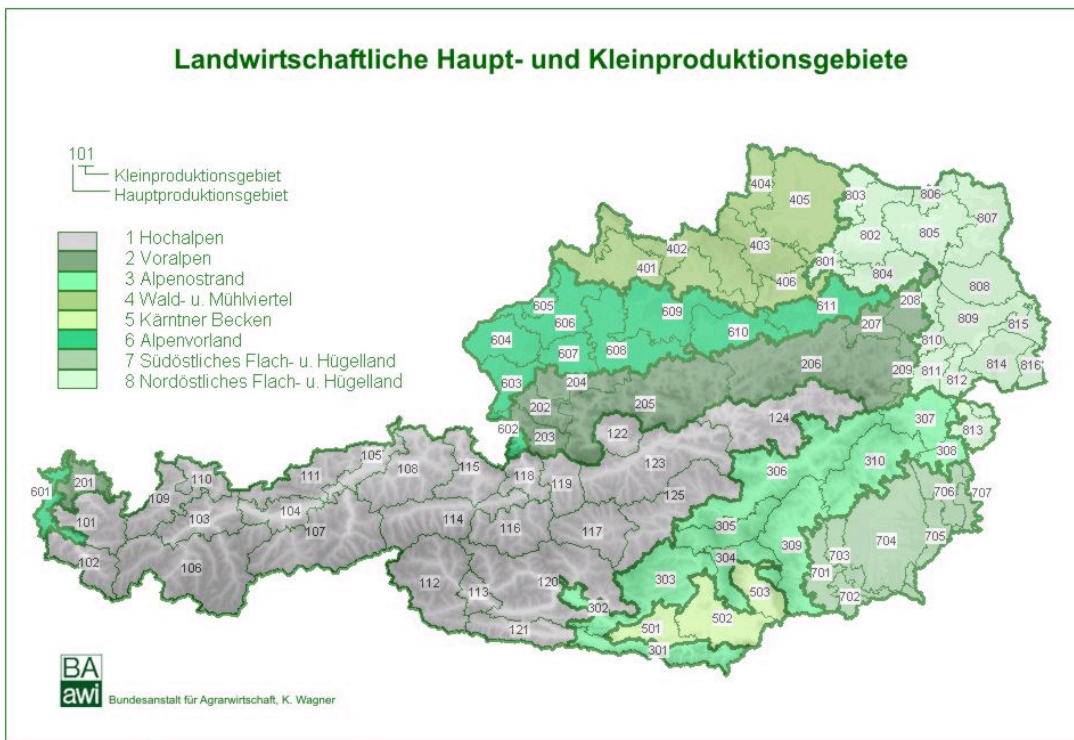


Abbildung 9: Landwirtschaftliche Haupt- und Kleinproduktionsgebiete in Österreich.

3.4 Genetische Parameter

In einem ‚Random-Regression-Testtagsmodell‘ wird die Annahme getroffen, dass an jedem einzelnen Laktationstag andere Gene für die Leistung verantwortlich sein bzw. eine unterschiedliche Wirkung zeigen können. Zwischen einzelnen Laktationstagen innerhalb einer Laktation und auch zwischen Laktationen können genetische und nichtgenetische Beziehungen berücksichtigt werden. Nahe beieinander liegende Testtage stehen miteinander stärker in Beziehung als weiter auseinander liegende Testtage in einer Laktation.

Untersuchungen zur Erbllichkeit der Milch-, Fett- und Eiweißmenge beim Fleckvieh und Braunvieh wurden im Rahmen des gemeinschaftlichen Projektes angestellt (Abbildung 10). Sie haben gezeigt, dass tatsächlich Unterschiede in der Erbllichkeit an verschiedenen Laktationstagen vorhanden sind. Hierbei sind Unterschiede zwischen den biologischen Merkmalen Milch, Fett und Eiweiß und auch zwischen den beiden Rassen Fleckvieh und Braunvieh zu beobachten.

Bei der Milchmenge sind die Heritabilitäten in der Mitte der Laktation am höchsten. Bei der Fettmenge ergeben sich zwischen den Rassen und auch zwischen den Laktationen unterschiedlichere Verläufe. Eiweiß ist wieder ähnlich der Milchmenge.

In den Tabellen 1 und 2 sind die Heritabilitäten und Korrelationen für das Merkmal Milchmenge bei Fleckvieh und Braunvieh dargestellt.

Naturgemäß ist die Erbllichkeit von einzelnen Tagesleistungen geringer als die längerer Abschnitte. Rechnet man die dargestellten Werte auf eine 305-Tage Leistung um, dann liegt der Wert für die Milchmenge deutlich höher (siehe Tabellen 6 bis 8). Die geschätzten genetischen Beziehungen zwischen Kontrolltagen in verschiedenen Laktationen liegen im Testtagsmodell relativ hoch. Dies gilt im speziellen für die zweite und dritte Laktation, was auf einen sehr ähnlichen genetischen Hintergrund beider Laktationen schließen lässt. Werden die Heritabilitäten über alle Laktationen zusammengefasst, so errechnen sich beim Fleckvieh 0,43, 0,38 und 0,34 und beim Braunvieh 0,46, 0,41 und 0,39 für die Merkmale Milch-, Fett- und Eiweißmenge.

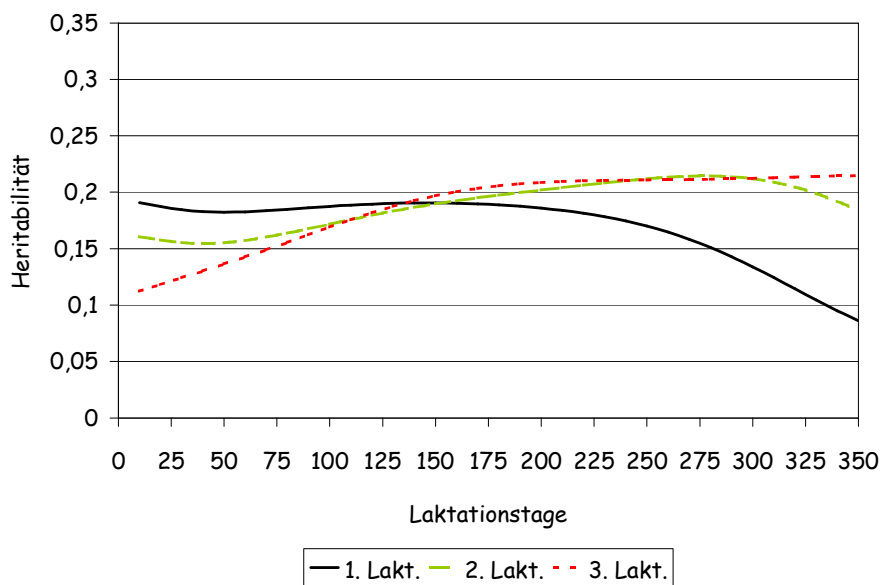
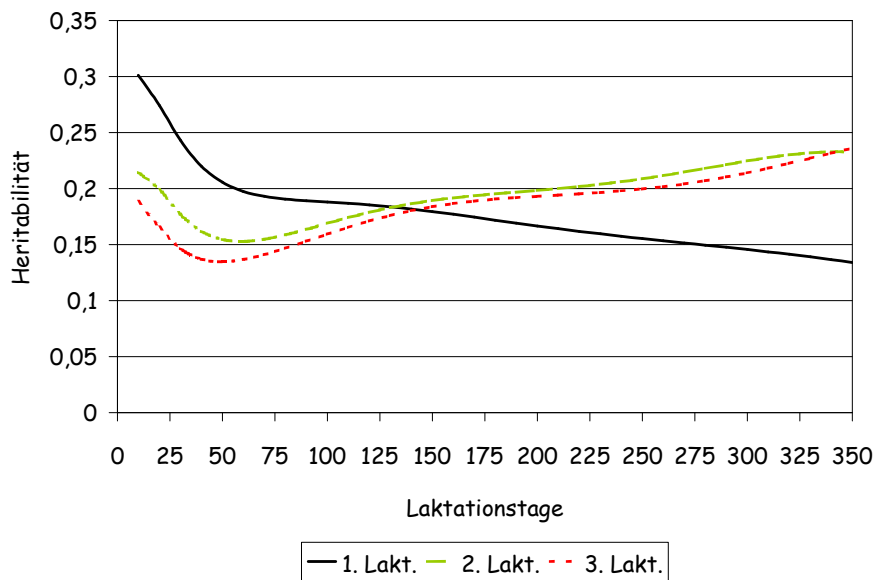
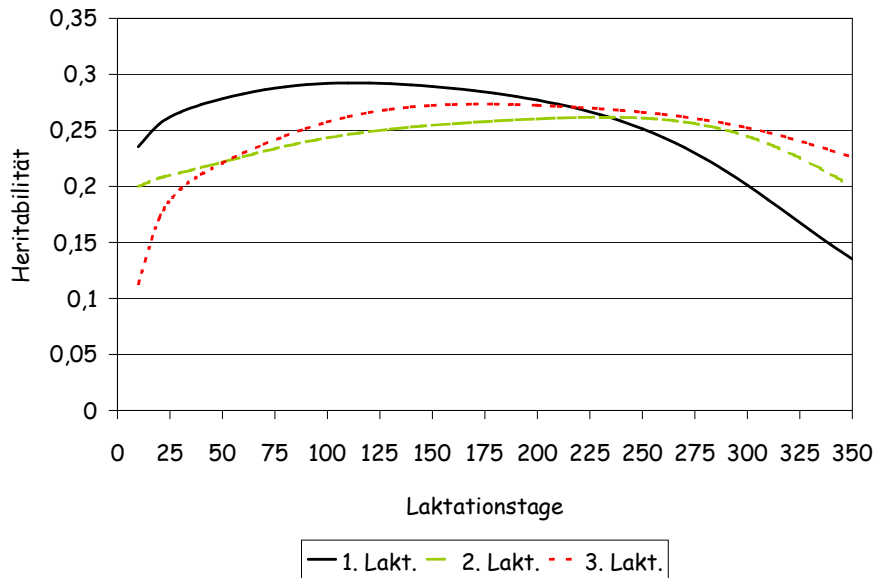


Abbildung 10: Heritabilitäten im Laktationsverlauf für Fleckvieh (Milch-kg, Fett-kg, Eiweiß-kg von oben nach unten).

Tabelle 1: Heritabilitäten (Diagonale), genetische (über Diagonale) und phänotypische Korrelationen (unter Diagonale) für Milchmenge beim Fleckvieh an verschiedenen Tagen (Tag 14 bis 311) während der ersten 3 Laktationen

	1. Laktation						2. Laktation						3. Laktation					
	14	47	80	146	212	311	14	47	80	146	212	311	14	47	80	146	212	311
14	0,25	0,91	0,87	0,77	0,65	0,40	0,95	0,84	0,78	0,66	0,51	0,25	0,92	0,83	0,77	0,63	0,50	0,30
47	0,66	0,27	0,99	0,93	0,83	0,63	0,85	0,93	0,91	0,82	0,66	0,38	0,92	0,93	0,90	0,80	0,66	0,38
80	0,61	0,74	0,28	0,97	0,90	0,74	0,81	0,92	0,93	0,87	0,75	0,48	0,88	0,93	0,93	0,86	0,74	0,47
146	0,50	0,64	0,69	0,28	0,98	0,88	0,70	0,87	0,91	0,93	0,86	0,66	0,78	0,89	0,93	0,92	0,84	0,60
212	0,41	0,53	0,61	0,69	0,27	0,96	0,57	0,78	0,85	0,93	0,92	0,78	0,65	0,82	0,88	0,93	0,89	0,68
311	0,34	0,42	0,47	0,55	0,61	0,20	0,32	0,60	0,72	0,87	0,92	0,85	0,43	0,66	0,76	0,87	0,89	0,71
14	0,44	0,39	0,39	0,35	0,29	0,15	0,22	0,86	0,79	0,65	0,48	0,21	0,95	0,84	0,77	0,61	0,44	0,19
47	0,36	0,41	0,43	0,43	0,39	0,27	0,68	0,22	0,98	0,88	0,71	0,40	0,97	0,99	0,97	0,86	0,70	0,36
80	0,35	0,42	0,45	0,46	0,43	0,33	0,64	0,76	0,23	0,95	0,82	0,54	0,91	0,99	0,99	0,94	0,81	0,49
146	0,33	0,40	0,44	0,48	0,48	0,41	0,55	0,66	0,70	0,25	0,96	0,78	0,76	0,90	0,96	1,00	0,95	0,70
212	0,27	0,35	0,39	0,45	0,47	0,43	0,40	0,51	0,58	0,67	0,25	0,92	0,57	0,74	0,85	0,96	0,98	0,81
311	0,13	0,22	0,26	0,32	0,35	0,35	0,14	0,25	0,34	0,50	0,62	0,23	0,25	0,44	0,58	0,79	0,90	0,86
14	0,31	0,33	0,33	0,33	0,31	0,27	0,43	0,45	0,44	0,39	0,30	0,12	0,16	0,94	0,89	0,73	0,56	0,24
47	0,32	0,41	0,42	0,39	0,36	0,29	0,40	0,46	0,46	0,42	0,35	0,20	0,63	0,22	0,98	0,89	0,74	0,44
80	0,32	0,41	0,43	0,42	0,39	0,33	0,39	0,46	0,47	0,46	0,40	0,27	0,59	0,75	0,23	0,95	0,84	0,55
146	0,29	0,38	0,41	0,43	0,43	0,39	0,35	0,43	0,46	0,50	0,48	0,38	0,49	0,64	0,69	0,26	0,96	0,74
212	0,24	0,32	0,36	0,40	0,42	0,41	0,26	0,35	0,40	0,48	0,50	0,45	0,38	0,51	0,58	0,67	0,26	0,88
311	0,12	0,20	0,24	0,29	0,33	0,35	0,08	0,18	0,25	0,36	0,43	0,46	0,21	0,33	0,39	0,50	0,58	0,25

Tabelle 2: Heritabilitäten (Diagonale), genetische (über Diagonale) und phänotypische Korrelationen (unter Diagonale) für Milchmenge beim Braunvieh an verschiedenen Tagen (Tag 14 bis 311) während der ersten 3 Laktationen

	1. Laktation						2. Laktation						3. Laktation					
	14	47	80	146	212	311	14	47	80	146	212	311	14	47	80	146	212	311
14	0,24	0,92	0,88	0,82	0,72	0,54	0,90	0,81	0,77	0,71	0,64	0,51	0,86	0,77	0,74	0,70	0,64	0,44
47	0,64	0,25	0,99	0,95	0,86	0,69	0,84	0,87	0,87	0,83	0,73	0,56	0,86	0,86	0,86	0,83	0,74	0,44
80	0,62	0,70	0,26	0,98	0,90	0,77	0,81	0,88	0,90	0,86	0,78	0,62	0,86	0,88	0,88	0,87	0,79	0,49
146	0,58	0,64	0,65	0,26	0,98	0,89	0,77	0,88	0,92	0,92	0,87	0,74	0,87	0,89	0,91	0,93	0,89	0,62
212	0,49	0,54	0,57	0,61	0,26	0,97	0,70	0,83	0,89	0,93	0,91	0,83	0,83	0,87	0,90	0,95	0,94	0,73
311	0,28	0,36	0,40	0,49	0,56	0,27	0,55	0,72	0,81	0,89	0,90	0,86	0,73	0,78	0,83	0,91	0,93	0,79
14	0,40	0,35	0,33	0,31	0,28	0,22	0,20	0,92	0,88	0,79	0,67	0,48	0,91	0,89	0,85	0,76	0,65	0,36
47	0,37	0,37	0,38	0,37	0,35	0,26	0,63	0,19	0,98	0,88	0,75	0,57	0,96	0,99	0,97	0,88	0,76	0,42
80	0,35	0,38	0,39	0,40	0,39	0,31	0,57	0,72	0,20	0,95	0,85	0,68	0,94	1,00	1,00	0,95	0,86	0,53
146	0,34	0,38	0,40	0,43	0,44	0,39	0,49	0,61	0,66	0,24	0,97	0,85	0,84	0,93	0,97	1,00	0,97	0,72
212	0,29	0,35	0,37	0,41	0,43	0,43	0,39	0,48	0,54	0,65	0,27	0,94	0,72	0,82	0,88	0,96	0,99	0,85
311	0,19	0,25	0,27	0,30	0,34	0,40	0,21	0,29	0,36	0,48	0,59	0,24	0,60	0,66	0,72	0,84	0,94	0,98
14	0,29	0,28	0,28	0,29	0,28	0,22	0,39	0,39	0,39	0,37	0,30	0,12	0,16	0,94	0,91	0,84	0,76	0,49
47	0,33	0,35	0,36	0,36	0,35	0,27	0,38	0,43	0,44	0,43	0,36	0,17	0,61	0,17	0,99	0,93	0,83	0,52
80	0,33	0,36	0,37	0,38	0,37	0,31	0,36	0,42	0,44	0,45	0,40	0,22	0,56	0,71	0,19	0,97	0,88	0,58
146	0,30	0,35	0,37	0,39	0,40	0,35	0,30	0,37	0,42	0,48	0,46	0,31	0,47	0,61	0,66	0,23	0,97	0,71
212	0,25	0,30	0,33	0,36	0,38	0,37	0,22	0,29	0,36	0,46	0,49	0,38	0,37	0,48	0,55	0,63	0,24	0,85
311	0,16	0,19	0,21	0,26	0,30	0,32	0,07	0,15	0,23	0,35	0,43	0,44	0,18	0,27	0,33	0,44	0,54	0,25

Tabelle 3: Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (über Diagonale) für 305-Tage Milch-, Fett- und Eiweißmenge für das Testtagsmodell der Rasse Fleckvieh.

Merkmal	Laktation	1	2	3
Milch-kg	1	0,36	0,93	0,91
	2		0,32	0,98
	3			0,33
Fett-kg	1	0,31	0,94	0,92
	2		0,30	0,98
	3			0,27
Eiweiß-kg	1	0,27	0,91	0,87
	2		0,27	0,98
	3			0,27

Tabelle 4: Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (über Diagonale) für 305-Tage Milch-, Fett- und Eiweißmenge für das Testtagsmodell der Rasse Braunvieh.

Merkmal	Laktation	1	2	3
Milch-kg	1	0,39	0,93	0,93
	2		0,34	0,99
	3			0,33
Fett-kg	1	0,35	0,93	0,92
	2		0,32	0,99
	3			0,27
Eiweiß-kg	1	0,30	0,92	0,92
	2		0,31	0,99
	3			0,29

Tabelle 5: Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (über Diagonale) für 305-Tage Milch-, Fett- und Eiweißmenge für das Testtagsmodell der Rasse Holstein.

Merkmal	Laktation	1	2	3
Milch-kg	1	0,53	0,84	0,84
	2		0,35	0,97
	3			0,34
Fett-kg	1	0,52	0,88	0,87
	2		0,36	0,97
	3			0,36
Eiweiß-kg	1	0,51	0,86	0,84
	2		0,38	0,96
	3			0,38

3.5 Darstellung der Zuchtwerte

Beim Testtagsmodell wird mit Hilfe einer mathematischen Funktion ein Zuchtwert für jeden Laktationstag geschätzt und man kann daher auch den Verlauf der Zuchtwertkurve grafisch darstellen (Abbildung 11).

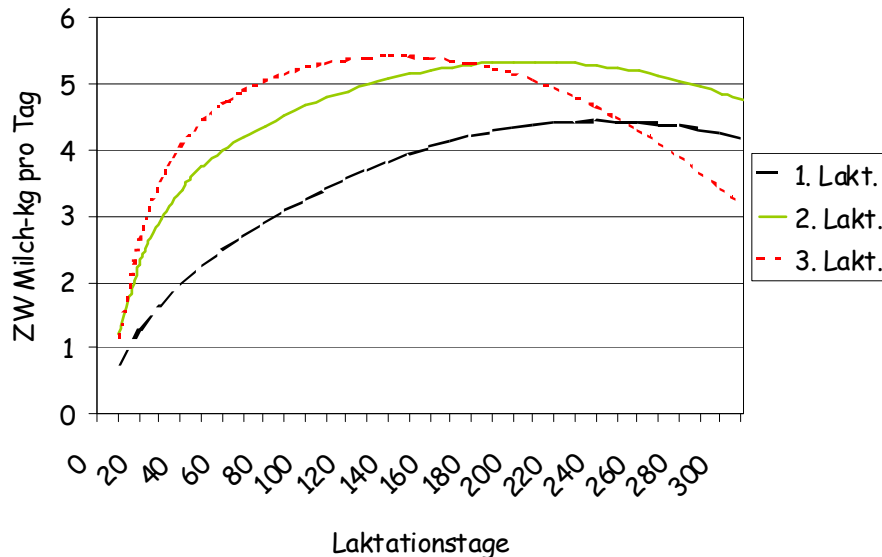


Abbildung 11: Beispiel für tägliche Zuchtwerte (Milch-kg) in der ersten, zweiten und dritten Laktation exemplarisch für einen Stier zwischen Laktationstag 8 und 312.

Aus den sieben geschätzten Regressionskoeffizienten für jedes Tier werden für die 1., 2. und 3.+ spätere Laktation(en) die Zuchtwerte zwischen dem Laktationstag 8 und 312 berechnet und für die Veröffentlichung zu einem 305-Tage Zuchtwert aufsummiert. Die geschätzten täglichen Zuchtwerte aus dem Random-Regression Testtagsmodell geben auch Information über den Verlauf des Zuchtwertes über die Laktation. Die Zuchtwertkurven sind in der Zuchtwert-Datenbank der ZAR/ZuchtData für alle Stiere abrufbar (www.zar.at).

3.5.1 Laktationszuchtwerte

Um dem Anwender der Zuchtwerte übersichtliche und verständliche Maßzahlen für die Selektion der Tiere in die Hand zu geben, werden die Zuchtwerte über die Laktationstage 8 bis 312 zum vertrauten **305-Tage-Zuchtwert** aufsummiert. Die so gebildeten Laktationszuchtwerte der ersten, zweiten und dritten (und weiteren) Laktationen werden dann mit jeweils 1/3 gewichtet und zu den Merkmalszuchtwerten Milch-, Fett- und Eiweiß-Kilogramm zusammengefasst. Durch die niedrigere Streuung der Zuchtwerte in der 1. Laktation liegt die "faktische" Gewichtung der 1. Laktation unter den höheren Laktationen (ca. 30 : 35 : 35). Durch die Einbeziehung der höheren Laktationen (>3) als wiederholte Beobachtung der dritten Laktation kommt es zu einer Berücksichtigung dieser Leistungen auch im gebildeten Merkmalszuchtwert.

Die Zuchtwerte für die Inhaltsmerkmale (Fett-Prozent, Eiweiß-Prozent) werden aus den Zuchtwerten der Mengenmerkmale berechnet:

$$ZW_{Fett\%} = \frac{ZW_{Fett\ kg} \cdot 100 - ZW_{Milch\ kg} * F\%}{ZW_{Milch\ kg} + Mkg}$$

$$ZW_{Eiweiß\%} = \frac{ZW_{Eiweiß\ kg} \cdot 100 - ZW_{Milch\ kg} * E\%}{ZW_{Milch\ kg} + Mkg}$$

wobei F%, E% und Mkg konstante Größen sind, welche für die mittlere Fettprozent-, Eiweißprozent und Milchkilogramm-Leistung in der zweiten Laktation stehen. Diese Konstanten werden spezifisch für die Rassen eingesetzt:

Fleckvieh:	Mkg = 6564 kg	F% = 4,17 %	E% = 3,52 %
Braunvieh:	Mkg = 6848 kg	F% = 4,20 %	E% = 3,56 %

3.5.2 Milchwert

Der Milchwert (MW) errechnet sich aus den Zuchtwerten für Fett-kg und Eiweiß-kg. Als wirtschaftliche Gewichte wird ein Verhältnis von 1 : 10 (Fleckvieh, Braunvieh) bzw. 1 : 4 (alle anderen Rassen) für Fettmenge : Eiweißmenge verwendet. Die ökonomischen Gewichte entsprechen dem Grenznutzen für ein zusätzlich erzeugtes Kilogramm Fett bzw. Eiweiß.

Bei Braunvieh und Holstein wird zusätzlich der Eiweiß-%-Zuchtwert bei der Berechnung des Milchwertes einbezogen.

3.5.3 Genetische Trends

In den Abbildungen 12-15 sind die durchschnittlichen Milch-Zuchtwerte der Fleckvieh und Braunviehtierjahrgänge in Österreich dargestellt.

Bei beiden Rassen ist in den letzten Jahren ein sehr starker Anstieg in der Milchmenge zu beobachten. Die Inhaltsstoffe sind allerdings rückläufig.

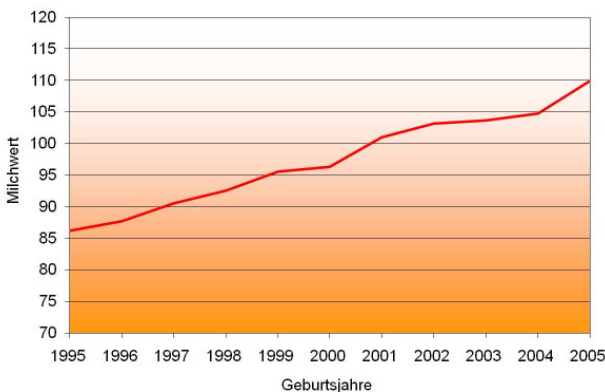


Abb. 12: Genetischer Trend für den Milchwert von Fleckviehtieren.

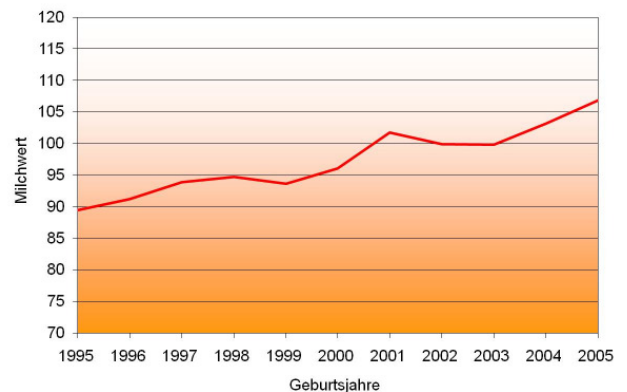


Abb. 13: Genetischer Trend für den Milchwert von Braunviehtieren.

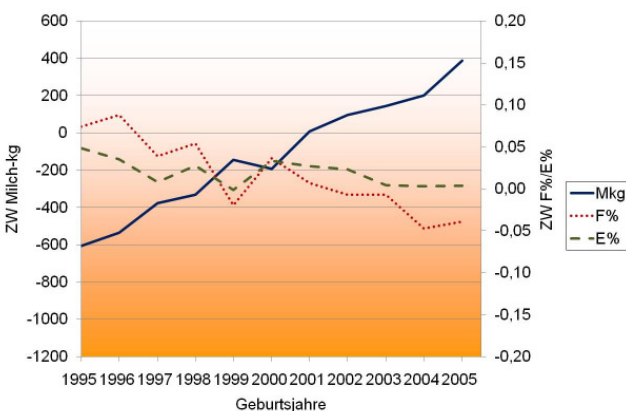


Abb. 14: Genetische Trends für Milchmenge, Fett- und Eiweißprozent von Fleckviehtieren.

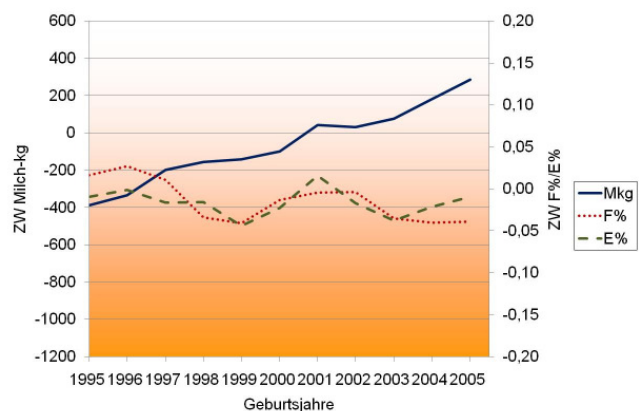


Abb. 15: Genetische Trends für Milchmenge, Fett- und Eiweißprozent von Braunviehtieren.

3.5.4 Persistenz

Durch die Schätzung der Zuchtwerte über den Laktationsverlauf stehen zudem zusätzliche Möglichkeiten zur Beurteilung der Persistenz zur Verfügung. Dies resultiert im Persistenzzuchtwert, der den Verlauf der Zuchtwerte zwischen dem Laktationstag 60 und 300 beurteilt. Als Merkmal wird die fett- und eiweißkorrigierte Milchmenge (FECM) verwendet:

$$\text{FECM} = 0,30 \text{ ZWMkg} + 11,67 \text{ ZWFkg} + 6,62 \text{ ZWEkg}$$

Die Berechnung der Persistenz ist in der schematischen Darstellung in Abbildung 16 ersichtlich. Die Persistenz wird als die Fläche unter der individuellen FECM-Zuchtwertkurve von Tag 61 bis 300 minus der Fläche unter der virtuellen konstanten FECM-Kurve ab Tag 60 definiert.

$$ZW_{\text{Persistenz}} = \sum_{i=61}^{300} ZW_i - 240 * ZW_{60}$$

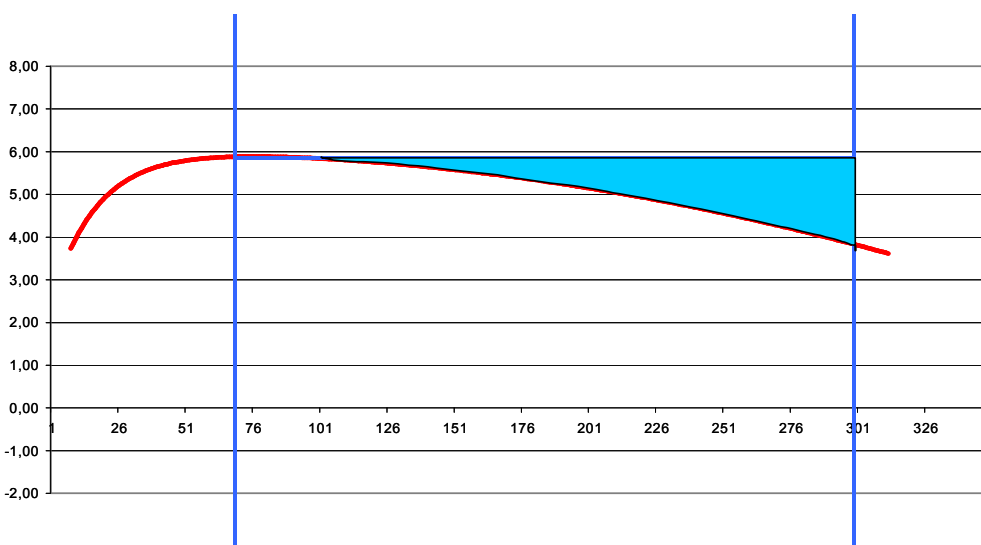


Abbildung 16: Darstellung der Berechnung des Persistenz-Zuchtwertes.

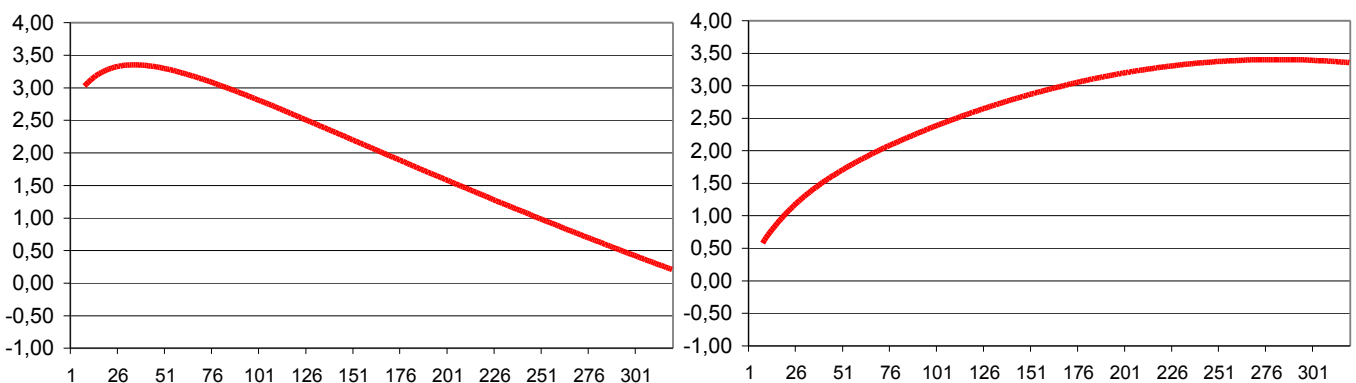


Abbildung 17: ZW-Verlauf (FECM) für Stiere mit gleichem MW (MW 119) aber unterschiedlichem Persistenzzuchtwert (links: Egol, Pers 79, rechts: Staufer, Pers 117).

In den Abbildungen 18 und 19 sind die durchschnittlichen Persistenz-Zuchtwerte der Stier pro Geburtsjahrgang ersichtlich. Die Persistenz ist längere Zeit tendenziell schlechter geworden, allerdings scheint sich der Trend in den letzten Jahren stabilisiert zu haben.

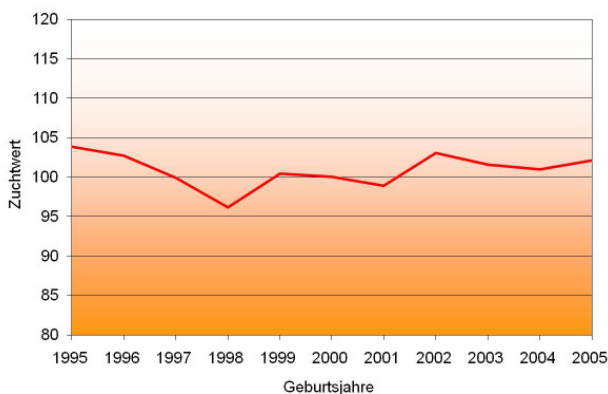


Abb. 18: Genetischer Trend für die Persistenz von Fleckviehstieren.

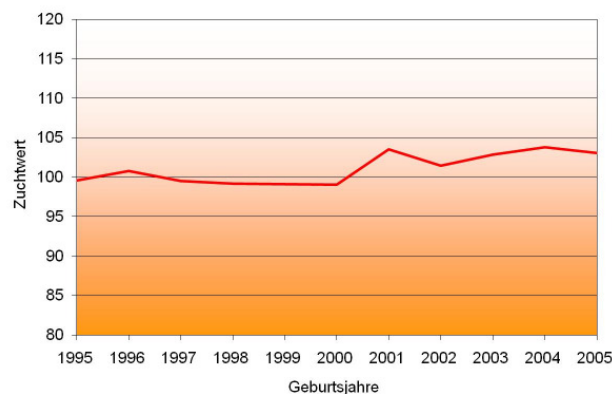


Abb. 19: Genetischer Trend für die Persistenz von Braunviehstieren.

3.6 Interpretation der Zuchtwerte

Tabelle 9: Durchschnittswerte nach Milchwert (Fleckvieh-Stiere).

MW	ZW-Mkg	Milchleistung Töchter		
		DYD-1. Lakt.	DYD-2. Lakt.	DYD-3. Lakt.
80	-932	-457	-465	-414
85	-605	-305	-309	-260
90	-400	-204	-195	-155
95	-202	-107	-92	-66
100	-3	-15	15	32
105	205	86	132	146
110	410	187	241	257
115	625	304	362	373
120	1030	509	604	628

ZW-Mkg = Durchschnittlicher Milch-kg-Zuchtwert der Stiere

DYD = daughter yield deviation = umweltskorrigierte Leistungsabweichung der Töchter in den Laktationen 1 bis 3

Aus den Durchschnittswerten nach MW in Tabelle 9 kann man erkennen, dass man bei Stieren mit einem MW von 120, die im Schnitt einen Milch-kg-ZW von +1000 aufweisen, erwartungsgemäß mit einer Überlegenheit der Töchter von ca. +500 kg Milch pro Laktation rechnen kann. Bei den angegebenen DYDs (daughter yield deviations) handelt es sich um die um alle Effekte in der ZWS und um den Mutter-ZW korrigierten Töchterleistungen.

In den Abbildungen 20 und 21 sind die durchschnittlichen Absolutleistungen der Töchter in Abhängigkeit vom Vater-Zuchtwert beim Fleckvieh dargestellt. Kühe mit einem Vater mit einem Zuchtwert für die Milchmenge von +1000 kg haben im Schnitt eine 1. Laktationsleistung von 6537 kg Milch, das ist um 1638 kg höher als bei Vätern mit -1000 kg Milch-Zuchtwert. Theoretisch würde man erwarten, dass eine Differenz von 1000 kg zustande kommt, da aber Kühe mit höheren Zuchtwerten im Schnitt auch in besseren Betrieben stehen, ist der Unterschied noch größer. Die Inhaltsstoffe gehen aufgrund der negativen genetischen Korrelation zur Milchmenge mit steigendem Milch-ZW etwas zurück. In Abbildung 21 ist der Zusammenhang der Absolutleistungen zum Eiweiß-ZW des Vaters dargestellt. Der höhere Eiweißgehalt der Töchter entspricht ungefähr den Erwartungen (Differenz von 0,34). Die negative genetische Korrelation zur Milchmenge lässt sich auch hier erkennen.

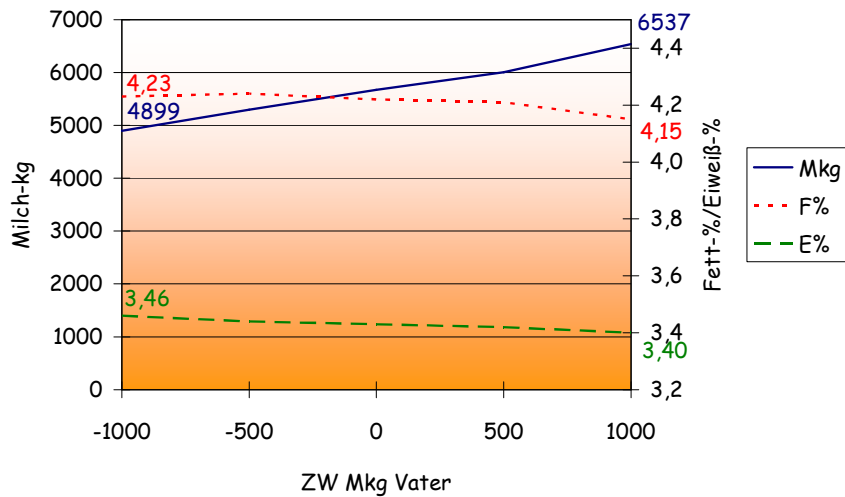


Abbildung 20: Absolutleistungen der Töchter in Abhängigkeit vom Vater-Zuchtwert für Milchmenge (Fleckvieh, 1. Lakt.).

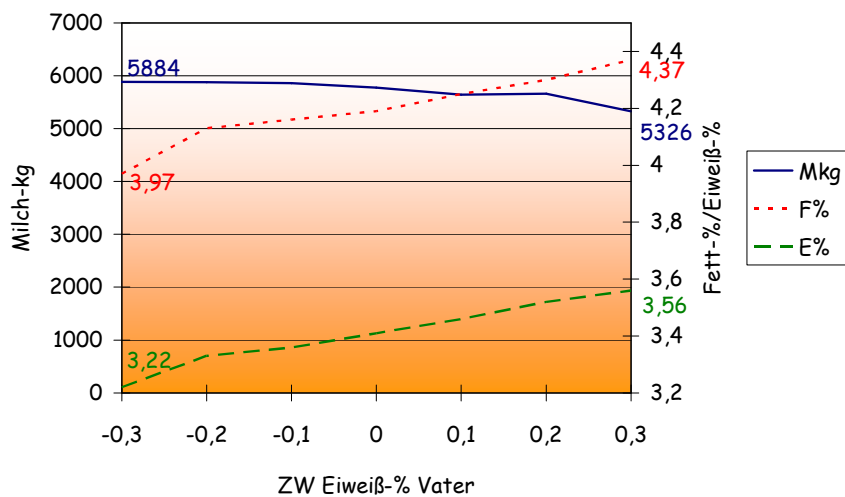


Abbildung 21: Absolutleistungen der Töchter in Abhängigkeit vom Vater-Zuchtwert für Eiweißgehalt (Fleckvieh, 1. Lakt.).