



PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

REPRODUKTIONS-TECHNIKEN

FRUCHTBARKEITS-MANAGEMENT

ZÜCHTERISCHE ASPEKTE

SAMENQUALITÄT

BODY CONDITION SCORE

# FRUCHTBARKEIT UND REPRODUKTION BEIM RIND

Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 16. März 2006, Salzburg

2006

## Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Autoren	2
Mag. Franz Viehböck:	
Physiologische Grundlagen der Fruchtbarkeit	3
Dr. Urban Besenfelder:	
Reproduktionstechniken beim Rind	11
Dr. Rolf Dehning:	
Fruchtbarkeitsmanagement	21
Dr. Christian Fürst:	
Züchterische Aspekte der Fruchtbarkeit	31
Dr. Birgit Fürst-Waltl:	
Bedeutung der Samenqualität für die Fruchtbarkeit	49
DiplIng. Birgit Gredler:	
Body Condition Score (BCS) und Fruchtbarkeit	57



## Verzeichnis der Autoren

Ao Univ.-Prof. Dr. Urban Besenfelder Veterinärmedizinische Universität Wien

Klinisches Department für Tierzucht und Reproduktion

Veterinärplatz 1 1210 Wien

besenfel@ifa-tulln.ac.at www.ifa-tulln.ac.at

**Dr. Rolf Dehning** NORDRIND GmbH

Lindhooper Straße 110 D-27283 Verden/Aller info@nordrind.de www.nordrind.de

Dr. Christian Fürst

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH

Dresdner Straße 89/19

1200 Wien

fuerst@zuchtdata.at www.zuchtdata.at

Dr. Birgit Fürst-Waltl
Universität für Bodenkultur

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Institut für Nutztierwissenschaften

Gregor Mendel-Straße 33

1180 Wien

birgit.fuerst-waltl@boku.ac.at

www.nas.boku.ac.at

Dipl.-Ing. Birgit Gredler Universität für Bodenkultur

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Institut für Nutztierwissenschaften

Gregor Mendel-Straße 33

1180 Wien

gredler@zuchtdata.at www.nas.boku.ac.at

Mag. Franz Viehböck OÖ Besamungsstation GmbH

Dr. Otmar Föger-Straße 1

4921 Hohenzell

franz.viehboeck@besamungsstation.at

www.besamungsstation.at



## Physiologische Grundlagen der Fruchtbarkeit

Franz Viehböck

#### 1. Anatomie des weiblichen Geschlechtstraktes

Der Geschlechtstrakt des weiblichen Rindes besteht aus dem keimbereitenden Organ, den Eierstöcken bzw. Ovarien, dem keimleitenden Organ, den Eileitern mit dem Eileitertrichter und der Eileiterampulle, und dem keimaufbewahrenden Organ, der Gebärmutter bzw. Uterus (entwicklungsgeschichtlich stammen diese beschriebenen Organe aus den Müller'schen Gängen, die seitlich der Wolff'schen Gänge an der Urniere angelegt werden).

Weiters zählen die Begattungsorgane, nämlich die Scheide (Vagina), die Scham (Vulva) und der Damm (Perineum) zu den weiblichen Geschlechtsorganen.

#### Lage:

Sie liegen im hinteren Abschnitt der Bauchhöhle und in der Beckenhöhle. Die Beckenhöhle wird umschlossen von den beiden Hüftbeinen sowie dem Kreuzbein und den ersten Schwanzwirbeln, die miteinander das knöcherne Becken bilden. An den beiden Hüftbeinen ist bei jugendlichen Tieren noch deutlich die Gliederung aus Darmbein, Schambein und Sitzbein zu erkennen. Sie sind in der Beckenfuge knorpelig und bindegewebig, im Alter knöchern miteinander verbunden. Die Gebärmutter und die Eierstöcke liegen bei älteren Kühen fast vollständig in der Bauchhöhle und lagern sich den Darmschlingen auf bzw. schieben sich dazwischen. Oberhalb der Gebärmutter liegt der Enddarm (Mastdarm bzw. Rektum)

Unterhalb der Gebärmutter befinden sich die Harnröhre und die Harnblase. Die Geschlechtsorgane sind über den Enddarm in ihrer gesamten Ausdehnung abzutasten. Die Gebärmutter besitzt einen umfangreichen Aufhängeapparat (breites Mutterband bzw. Mesometrium). Es entspringt aus dem oberen Teil der Seitenwand der Beckenhöhle bzw. aus der Lendengegend und tritt an die Gebärmutter heran. Es enthält reichlich glatte Muskulatur sowie Blutgefäße und Nerven und beteiligt sich aktiv an der Aufhängung der Gebärmutter.

#### Eierstock (Ovar):

Die Eierstöcke sind oval, und das der Gebärmutter zugewandte Ende ist zugespitzt. Sie sind etwa 3 bis 4 cm lang, 2,5 cm breit und 1,5 cm dick und liegen etwa in halber Höhe des Beckeneinganges. Der Eierstock hat die Aufgabe, Eizellen heranreifen zu lassen und abzugeben sowie die Eierstockshormone zu bilden und in die Blutbahn abzugeben. Man unterscheidet am Eierstock die äußere dichtere Rindensubstanz, welche die Eibläschen (Follikel) und den bzw. die Gelbkörper (Corpus luteum bzw. Corpora lutea) enthält und die innere locker gebaute gefäßreiche Marksubstanz.

Der Aufhängeapparat der Eierstöcke wird auch als Eierstocksgekröse (Mesovarium) bezeichnet. In ihm verlaufen die Gefäße und Nerven, die zum Eierstock ziehen. Der Eierstock ist durch das Eierstocksband mit Gebärmutterhornspitze verbunden.

#### Eileiter (Oviduct, Salpinx, Tuba uterina):

Sie sind geschlängelte und stricknadelstarke, 25 bis 28 cm lange Röhrchen, die sich von der Gegend des Eierstocks bis zur Spitze des Gebärmutterhornes erstrecken und die Eizellen und Samenzellen (Spermien) transportieren. Der Eileiter wird unterteilt in den kelchartigen Eileitertrichter (Infundibulum), und die darauffolgende dünne Ampulla und in den so genannten Isthmus. Der Isthmus ist ein enger, gerade für die Eizelle passierbarer muskulöser Abschnitt, der die Verbindung zur Gebärmutter herstellt.



Die Schleimhaut des Eileiters ist stellenweise mit Flimmerhaaren ausgekleidet, die beim Transport der Eizelle eine Rolle spielen. Ebenso mitverantwortlich für den Eitransport sind Muskelfaserstränge, sie durch ihre Kontraktion den Weitertransport der Eizelle unterstützen.

Getragen wird der Eileiter mit einer vom Bauchfell herantretenden Falte (Eileitergekröse bzw. Mesosalpinx). Zusammen mit dem Eierstocksgekröse und dem Eierstocksband bildet das Eileitergekröse die Eierstockstasche, die den Eierstock von seitlich her wie ein Beutel umhüllt und die Eizelle nach dem Eisprung in den Eileiter aufnimmt.

#### Gebärmutter (Uterus):

Sie hat die Aufgabe, den sich in der Entwicklung befindlichen Embryo aufzunehmen, ihn mit den Eihüllen zum Zwecke des Stoffaustausches an den Mütterlichen Kreislauf anzubinden und nach Ausreifung für die Austreibung der Frucht zu sorgen.

Die Gebärmutter beim Rind gliedert sich in zwei Hörner (Cornua uteri), einen Gebärmutterkörper (Corpus uteri) und einen Gebärmutterhals (Cervix uteri).

#### Gebärmutterhörner und Gebärmutterkörper:

Sie sind zwei sich nach vorne verjüngende Rohre, die zunächst parallel nebeneinander liegen sich nach vorne unten widderhornartig einrollen und etwa 25 cm lang sind. Die Anfangsabschnitte sind nur äußerlich zusammengefügt; im Inneren sind sie durch eine Wand getrennt und münden in den nur 1 bis 3 cm kurzen, ungeteilten Gebärmutterkörper.

In der Schleimhaut der Gebärmutter liegen zahlreiche Drüsen (Uterindrüsen), welche die Uterinmilch für die Ernährung des heranwachsenden Embryos produzieren. Bei bereits tragend gewesenen Tieren befinden sich in der derben, grau- oder blauroten Gebärmutterschleimhaut 80 bis 120 vorgebildete Schleimhauterhebungen (Karunkeln) zum Ansatz der Eihäute, die im Gebärmutterkörper unregelmäßig und in den Hörnern in vier Reihen zu je 10 bis 14 Stück angeordnet sind.

Diese Karunkeln sind je nach Funktionszustand und Zyklusstand, aber auch je nach Alter der Tiere und der Anzahl vorausgegangener Trächtigkeiten unterschiedlich in Form und Größe. Bei einer trächtigen Gebärmutter können sie Kinderfaustgröße erreichen und ähneln einem feinporigen Schwamm. In das feine Geäst dringen die Zotten (Kotyledonen) der Eihäute ein und stellen somit einen innigen Kontakt zwischen mütterlichem und fetalem Gewebe her. Dieses gesamte Gebilde wird als Plazentom bezeichnet.

#### Gebärmutterhals (Cervix uteri):

Er bildet die Verbindung zwischen Gebärmutterkörper und Scheide. Der Gebärmutterhals hat mit seiner sehr kräftigen, aus derbem Bindegewebe und glatter Muskulatur bestehenden Wand die Aufgabe eines Schließmuskels.

Der Übergang von der Cervix in den Gebärmutterkörper bzw. in die Scheide lässt sich gut ertasten. Während die Cervix sehr derb und hart ist, sind die Gebärmutter und die Scheide von wesentlich weicherer Beschaffenheit. Der Kanal der Cervix, Cervikalkanal oder Gebärmutterhalskanal genannt, ist durch vier starke Querfalten oder Burdi-Ringe stark einengt, die wie die Zähne eines Zahnrade ineinander greifen und für einen guten Schluss sorgen.

Die Cervix beim Rind ist bei jungen Tieren 6 bis 7 cm, bei älteren Kühen 10 bis 15 cm lang und ist finger- bis kinderarmstark. Der Gebärmutterhalskanal mündet mit dem äußeren Muttermund in die Scheide und mit dem inneren Muttermund in den Gebärmutterkörper.

Die Cervix ragt als so genannter Gebärmutterzapfen (Portio vaginalis uteri), in die Scheide vor. In der Schleimhaut des Gebärmutterhalses wird je nach Zyklusstand ein unterschiedlich beschaffener Cervikalschleim produziert.



#### Begattungsorgane

#### Scheide (Vagina):

Die Scheide ist ein sehr dickwandiges, muskulöses, etwa 30 cm langes Rohr, dessen Wände zu einem schmalen Spalt zusammenfallen. Die Schleimhaut ist quer- und längsgefaltet, drüsenfrei und wird in das obere Scheidengewölbe und den unteren Scheidenboden unterteilt.

Die Scheide ist durch eine niedrige Schleimhautfalte (Hymenalring) gegen den Scheidenvorhof getrennt. Bei Tieren, die bereits geboren haben, ist dieser verstrichen.

#### Scheidenvorhof (Vestibulum):

Der Scheidenvorhof erstreckt sich vom Hymenalring bis zur Scham. Die Grenze zur Scheide wird durch die auf dem Scheidenboden liegende Einmündung der Harnröhre markiert.

Beim Rind befindet sich vor dieser Öffnung eine kleine, blind endende Grube (Blindsack), die von der Harnröhrenöffnung durch eine Schleimhautfalte getrennt ist. In der Schleimhaut befinden sich Drüsen, die der Befeuchtung der Begattungsorgane dienen.

#### Scham (Vulva):

Sie wird aus den wulstigen, fein behaarten Schamlippen gebildet, welche die Schamspalte umschließen und im unteren Schamwinkel mit längerer Behaarung spitz zusammenlaufen. Dort liegt in einer Schleimhautgrube der Kitzler (Klitoris). Dieser entspringt wie der Penis beim Bullen im Sitzbeinausschnitt, ist ähnlich gegliedert und dient bei der Begattung als Wollustorgan.

#### Damm (Perineum):

Die Gewebebrücke zwischen After und Scham, wird Damm genannt. Der Damm kann bei der Geburt einreißen und zu einem ungenügenden Schluss der Scheide oder sogar zu einer Enddarmfistel (Kloake) führen. Die Fruchtbarkeit ist bei diesen Tieren herabgesetzt.

## 2. Physiologische Grundlagen der Fruchtbarkeit

Die Physiologie ist die Lehre von der normalen Funktionsweise des Organismus und seiner Beeinflussung durch die Umwelt. Sie ist grundlegend wichtig für das Verständnis weit reichender Fragen der Reproduktion, der Tierernährung und der Tierzucht.

Das Eintreten der Geschlechtsreife (Pubertät) ist durch den regelmäßigen Sexualzyklus gekennzeichnet; die Steuerung erfolgt durch Hormone.

Allgemein dienen die Hormone der Steuerung der wesentlichen Lebensvorgänge. Hormone sind spezielle eiweißähnliche Substanzen, die in bestimmten Organen hergestellt und im Blutkreislauf transportiert werden. Sie üben eine ganz spezifische Wirkung auf andere Organe aus, indem sie diese bei bestimmten Funktionen stimulieren oder regulieren. Ein Hormon hat immer einen genau bestimmten Bildungsort, wo es produziert wird, und kann seine Wirkung nur auf ein exakt definiertes Zielorgan ausüben, in dem die empfindlichen Stellen (Rezeptoren) vorhanden sein müssen.

Die Hormonwirkungen sind sehr empfindlich auf Störungen von außen. Im Zentrum des Regulationsmechanismus für den Sexualzyklus steht das Zwischenhirn (Hypothalamus). Der Hypothalamus reguliert durch positive und negative rückkoppelnde Wirkungen der Sexualhormone die Funktion der Eierstöcke. Das im Hypothalamus gebildete Hormon GnRH (Gonadotropes Releasing Hormon) stellt ein übergeordnetes Hormon dar und wirkt auf die Hirnanhangsdrüse (Hypophyse), wo es für die Bildung und Ausschüttung der Gonadotropen



Hormone FSH (Follikelstimulierendes Hormon) und LH (Luteinisierendes Hormon) verantwortlich ist.

Durch die Wirkung des FSH auf den Eierstock wächst ein Follikel aus einer größeren Anzahl von Follikeln heran und reift durch die Wirkung von FSH weiter. Im Follikel wird das Hormon Östrogen gebildet. Je größer dieser Follikel wird, je mehr Follikelflüssigkeit sich im Eibläschen befindet, desto höher steigt der Spiegel an Östrogenen im Blut an.

Durch das Östrogen kommt es zur Aufquellung des Gewebes (geschwollenen Schamlippen), vermehrten Durchblutung und zu Wachstumsvorgängen an der Gebärmutterschleimhaut. Durch das Östrogen wird die Gebärmutter auch für Oxytocin ansprechbar, wobei es zur Kontraktion der glatten Muskulatur kommt (Brunsterektion der Gebärmutter).

Durch das Östrogen kommt es ferner über einen Rückkoppelungsmechanismus auf das Zwischenhirn und die Hirnanhangsdrüse zu einer verringerten Bildung von GnRH und FSH und zur vermehrten Freisetzung von LH aus der Hirnanhangsdrüse. 25 bis 27 Stunden nach dem höchsten LH-Spiegel im Blut kommt es zum Eisprung. Dort, wo sich das Eibläschen befand, bildet sich unter Wirkung von LH der Gelbkörper an. Der Gelbkörper beginnt sofort Progesteron zu bilden. Durch den hohen Progesteronspiegel kommt es zu keiner weiteren Ausschüttung der Hormone FSH und LH aus der Hirnanhangsdrüse.

Ferner bewirkt das Hormon Progesteron, dass die Drüsen der Gebärmutterschleimhaut aktiv werden, um die Ernährung des Embryos zu sichern. Der Muttermund wird unter Einfluss von Progesteron mit Zervixschleim fest verschlossen, und die Schamlippen entquellen und werden faltig.

Dieser Ablauf ist einer Befehlskette vergleichbar, wo eine Information immer an die nächste Stufe weitergegeben wird. Da das Zwischenhirn mit den benachbarten Hirnregionen in Verbindung steht, haben viele Umwelteinflüsse, insbesondere Stress, Schmerzzustände oder Stoffwechselprobleme, einen negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Wesentliche Wirkungen über diese Achse haben auch noch Licht und Jahreszeit.

#### GnRH (Gonadotropes Releasing Hormon):

Dieses Geschlechtshormon ist das wichtigste übergeordnete Steuerungshormon beim Rind. Es wird im Zwischenhirn (Hypothalamus) gebildet und fördert, wenn es zur untergeordneten Hirnanhangsdrüse gelangt, dort die Bildung weiterer Hormone (FSH und LH), welche die Eierstocksaktivität fördern. Ohne diese Befehle durch das Gehirn bildet der Eierstock keine neuen Eizellen heran. GnRH ist auch ein wichtiges Hormon bei der Behandlung mangelnder Aktivität der Eierstöcke, bei der Kontrolle des Eisprungs oder bei Follikelzysten.

#### FSH (Follikelstimulierendes Hormon):

Es wird in der Hirnanhangsdrüse gebildet, wirkt auf die Eierstöcke und ist bei der Bildung und Heranreifung der Follikel verantwortlich. Die im Follikel befindliche Eizelle macht zugleich auch notwendige Reifungsvorgänge durch. Die FSH-Wirkung ist während der Vorbrunst am größten. In der Hauptbrunst wird die Kontrolle vom LH übernommen. Die Freisetzung von FSH wird durch GnRH und Prostaglandine gefördert.

#### LH (Luteinisierendes Hormon):

Durch LH kommt es zum Eisprung und zur Anbildung des Gelbkörpers, und dadurch zur Progesteronproduktion. Sehr charakteristisch für seine Wirkungsweise ist ein plötzlicher Anstieg der Konzentration während der Hauptbrunst (LH-Gipfel). Damit wird der Eisprung vorprogrammiert. Durch einen hormonellen Rückkoppelungsmechanismus bremst LH die Freisetzung von GnRH aus dem Zwischenhirn.



#### Östrogene (Brunsthormone):

Die Östrogene werden im Follikel gebildet und bewirken die eigentlichen Brunsterscheinungen am Tier – und zwar sowohl die nicht sichtbaren inneren Brunstmerkmale an Gebärmutter, Cervix und Scheide als auch die deutlich erkennbaren äußeren Brunstmerkmale wie Unruhe, verstärkte Bewegungsaktivität, Aufspringen, Brüllen, Milchverhalten, Duldungsreflex, Vergrößerung der Vulva, Brunstschleimsekretion und Erschlaffen der Beckenbänder.

Die größte Menge an Östrogen wird während der Hauptbrunst im Follikel gebildet. Nach dem Eisprung wird die Bildung von Östrogen plötzlich unterbrochen. Im Zwischenhirn und der Hirnanhangsdrüse kommt es ebenfalls durch einen Rückkoppelungseffekt zur Verminderung der GnRH- und FSH-Freisetzung, aber zur Erhöhung des für den Eisprung notwendigen Hormons LH im Blut.

#### Progesteron (Hormon des Gelbkörpers und Trächtigkeitshormon):

Progesteron ist das Hormon des Gelbkörpers und beherrscht den Zyklus in der Zwischenbrunstperiode. Nach dem Eisprung kommt es zur Gelbkörperbildung und damit zur Progesteronbildung. Durch einen erhöhten Progesteronspiegel im Blut wird die Freisetzung von GnRH und damit von FSH und LH unterdrückt. Es kommt zu keiner Brunst, solange ein hormonell aktiver Gelbkörper am Eierstock vorhanden ist. Außerdem wird durch Progesteron die Gebärmutterschleimhaut auf eine Einnistung eines Embryos vorbereitet.

Die typischen Erscheinungen für die Progesteronwirkung sind Verkleinerung und Faltenbildung von Scheide und Scham und Absonderung geringer Mengen eines zähen Schleimes im Gebärmutterhals (Trächtigkeitsschleim).

#### Prostaglandin (Hormon, welches den Zyklus beendet):

Kommt es zu keiner Einnistung eines Embryos, wird von der Schleimhaut der Gebärmutter Prostaglandin (PgF2 alpha) gebildet. Dieses Hormon bewirkt den Abbau des Gelbkörpers (Luteolyse). Durch den rapiden Abfall des Progesteronspiegels fällt der negative Rückkoppelungsmechanismus auf Zwischenhirn und Hirnanhangsdrüse weg, und es kommt wieder zu einer vermehrten Freisetzung von FSH und LH, zur Heranbildung eines reifen Follikels, und eine neuerliche Brunst tritt auf. Falls es nach einer Befruchtung zum Einnisten des Embryos kommt, wird die Produktion von Prostaglandin seitens der Gebärmutter unterdrückt, es kommt zu keiner neuen Brunst, und die Trächtigkeit wird aufrechterhalten.



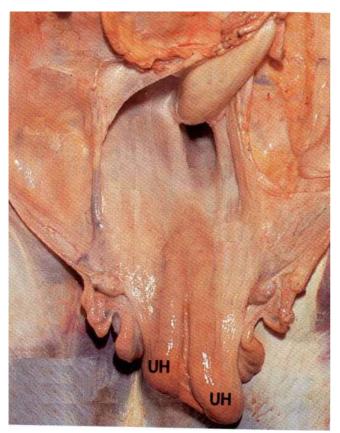


Abb.: Bauchsitus, Gebärmutter

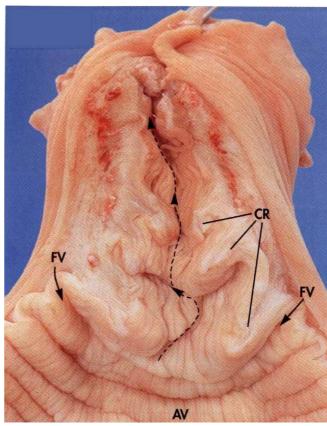


Abb.: Gebärmutterhals (Cervix)

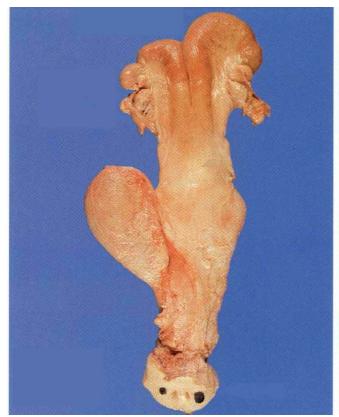
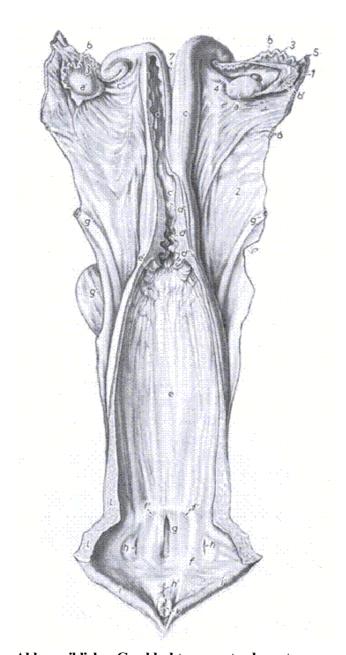


Abb.: weiblicher Geschlechtsapparat



Abb.: weibl. Geschlechtsapparat eröffnet







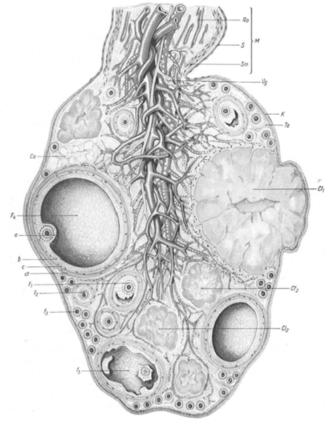


Abb: Querschnitt Eierstock





## Reproduktionstechniken beim Rind

#### Urban Besenfelder

#### Einleitung

Seit Beginn der Domestikation stellt die Anwendung der künstlichen Besamung die bislang umfangreichste und effizienteste Anwendung von Reproduktionstechniken beim landwirtschaftlichen Nutztier dar. Im Zeitalter der "modernen Tierzucht" haben sich jedoch weiterführende Techniken etabliert, die einen erheblichen Einfluss auf die zukünftigen landwirtschaftlichen Produktionsbetriebe haben werden:

- 1) Zuordnung von phänotypischen Merkmalen zu genotypischen Eigenschaften;
- 2) Informationsgewinn aus dem Embryonalstadium, welcher bislang erst beim ausgewachsenen und leistungsfähigen Tieren erhalten wurde;
- 3) Frühzeitiger Selektionsentscheid für die Weiterzucht, optimale Tierbelegung, effizienter Aufwand für die Betriebserhaltung;
- 4) Verstehen, Sichtbarmachen und Schaffen von verbesserten Zugangsmöglichkeiten in wesentlichen Bereichen der Fruchtbarkeit.

Reproduktionstechniken beim Rind können in Relation zu ihrem Nutzen für die Zucht und Häufigkeit der Anwendung eingeteilt werden in die Techniken, i) die direkt in die Zucht umgesetzt werden können, ii) die mit einem unmittelbaren Kenntnisgewinn zusammenhängen und vereinzelt Anwendung finden und iii) die von wissenschaftlichem Interesse aber ohne direkten züchterischen Nutzen sind.

Dementsprechend sind Techniken, die mit der direkten Gewinnung und Übertragung von Samen und Embryonen befasst sind, weltweit züchterisch von besonderer Bedeutung, während assoziierte Techniken (*in vitro-*Behandlung von Keimzellen und Embryonen) entweder in geringerem Umfang zum Einsatz kommen oder derzeit zwar wissenschaftlich bearbeitet werden (Klonierung, Transgentechnologie) aber keine Praxisrelevanz erreicht haben.

## Künstliche Besamung

Die künstliche Besamung stellt die älteste unter den bekannten Techniken dar. Aus Überlieferungen ist bekannt, dass schon die Araber Samen von Pferden verfeindeter Stämme gewonnen haben, um eigene Stuten zu besamen. Erste Aufzeichnungen liegen von 1678 vor, in denen Leeuwenhoek erstmals Spermien mikroskopisch nachgewiesen hat, die er "animalcules" nannte.

Im folgenden Jahrhundert gelang es Spallanzani (1784) eine Hündin zu besamen, die 62 Tage später 3 Welpen zur Welt brachte. Es verging ein weiteres Jahrhundert bis Heape (1897), Ivanow (1907) und andere Wissenschaftler erfolgreiche Studien zur künstlichen Besamung beim Hund, Kaninchen, Pferd, Fuchs und Geflügel durchführten. Durch die Verwendung eines Samenverdünners und die Weitergabe von Erfahrungen an andere legte Ivanow die Meilensteine für die praktische Anwendung der künstlichen Besamung, die unter seiner Anleitung vor allem in der Pferdezucht zum Einsatz kam. Dänische Tierärzte konnten zeigen, dass bei entsprechender Fixierung des Gebärmutterhalses beim Rind eine Besamung in den Uteruskörper mit weniger Samen zum gleichen Erfolg führte. Mit der von Sørensen 1940 genutzten Portionierung und Verpackung des gewonnenen und verdünnten Samenmaterials in Straws waren die notwendigen



Vorbereitungen für die kommerzielle Anwendung geleistet. Noch im gleichen Jahrzehnt fand die künstliche Besamung in den USA und im weiteren dann weltweit einen rapiden Aufschwung. Derzeit werden von den weltweit statistisch erfassbaren über ½ Mrd. weiblicher Rinder inklusive Büffel im züchtfähigen Alter ungefähr 20 % besamt (110.000.000). Die aktuelle weltweite Samenproduktion liegt bei über 230 Mio. gefrorenen und bei über 10 Mio. nativen Samenportionen, die von über 600 Besamungsstationen mit über 40.000 Bullen gewonnen wurden. Nach der Samengewinnung werden die Straws mit ca. 15 bis 30 Mio. Spermien portioniert, tiefgefroren und nach dem Auftauen und Besamen Trächtigkeitsraten von 50 bis 70% erreicht.

Mit der Einführung der künstlichen Besamung konnte die Zucht von der männlichen Seite aus verstärkt kontrolliert, vorselektiert und auf breiter Ebene eingesetzt werden. Erste Nachkommenschaftstests liegen über 50 Jahre zurück. Der konservierte Samen ist in nahezu "unbegrenztem" Maße lagerfähig und hat in der Erstellung von Genreserven eine wichtige Rolle eingenommen. Es liegen Samenportionen vor, die von Bullen vor 40 bis 45 Jahren gewonnen wurden. Die künstliche Besamung erlaubte neben dem zuchthygienischen Einsatz eine rasche seuchenhygienische Sanierung und Kontrolle der Rinderbetriebe, die sich zudem auf die weibliche Nachzucht konzentrieren konnten. Die optimalen physiologischen und anatomischen Voraussetzungen beim Bullen, die günstige und einfache Samenverdünnung/Kühlung/ Kryokonservierung (bis zur Gefriertrocknung), die Überwindung von großen Distanzen und den dadurch bedingten weltweiten, einfachen Bezug und Feldeinsatz erlauben eine sehr effiziente Handhabung nach strengen Maßstäben getesteter Bullen. Weiterführende Methoden wie molekulargenetische Analysen, Samenaufbereitung für assoziierte Techniken. Geschlechtstrennung und Qualitätsbestimmungen erhöhen das Interesse, verfeinern den rentablen Einsatz und steuern einen erheblichen Anteil zu einem guten Betriebsmanagement bei. In Anbetracht der weltweit deutlich zurückgehenden Fruchtbarkeitsdaten und gleichzeitiger Leistungssteigerung der Betriebe gilt jedoch zu berücksichtigen, dass die natürliche Funktion der Bullen auf die Samenproduktion und -abgabe eingeschränkt wurde, alle weiteren Schritte von der in vitro-Samenbe- und -verarbeitung bis hin zur zeitgerechten Besamung und Besamungstechnik in den Händen des Betriebsmanagements liegen.

## Embryotransfer

Erste erfolgreiche Versuche des Embryotransfers gehen auf Walter Heap zurück, der schon im April 1890 Embryonen eines Angorakaninchens auf ein belegtes Belgierkaninchen übertrug. Es kamen zwei Angora- und vier Belgierkaninchenjungen zur Welt. In der folgenden Zeit wurden zahlreiche Arbeiten am Kaninchen durchgeführt, bevor dann Embryonen bei Schaf und Ziege (1932/33), beim Schwein (1950) und auch beim Rind (19. Dezember 1950 von Elwyn Willett) ihren ersten Erfolg zu verzeichnen hatten. Diese Transfers wurden noch sehr aufwändig und operativ bewerkstelligt. Der erste "unblutige" Transfer gelang zwar schon 1964, war jedoch aufgrund technischer Probleme mit dem Embryoverlust und mit Infektionen der Empfängertiere behaftet. In den 60'er Jahren wurde der Embryotransfer in den USA nur sporadisch angewandt. In den 70'er Jahren entwickelte sich der heute noch praktizierte "transzervikale" Embryotransfer, der dann nach weiteren 10 Jahren zur Routine wurde und sich gegenüber der chirurgischen Methode durchsetzte. Damit waren die Meilensteine für die kommerzielle Anwendung des Embryotransfers in den USA gelegt, wobei erst mit einer gewissen Verzögerung der Routineeinsatz in Europa v.a. an Besamungsstationen und Forschungsinstituten (Niederlande, Belgien, Deutschland, Irland und Dänemark) zu verzeichnen war.

In Ergänzung und Fortführung zur künstlichen Besamung berücksichtigt der Embryotransfer die männlichen <u>und</u> weiblichen Keimzellen nach dem Befruchtungsvorgang und der Verschmelzung ihrer Vorkerne. Der so entstandene Embryo stellt aus züchterischer Sicht die früheste Form der



genetischen Vollständigkeit dar, d.h. jede weitere Teilung und Spezialisierung von Zellen geht mitotisch (Zellkopie) aus diesen Embryonalzellen hervor. Aus dieser Sicht ist es umso mehr verständlich, dass jede molekulargenetische Information bereits aus einzelnen Zellen von Embryonen erhalten werden kann. Von züchterischer Seite aus erscheint es sehr wertvoll, vor der Belegung einzelner Kühe auf Positiv- (Marker-gestützte Selektion, direkte Genanalyse, Geschlechtsbestimmung, etc.) oder Negativmerkmale (Erbfehler) hin zu selektieren, um das Betriebsmanagement qualitativ zu optimieren.

Aus Jahresstatistiken geht hervor, dass die durchschnittliche Nutzungsdauer von Kühen unter 4 Jahren liegt, d.h. die Anzahl von Nachkommen einer Kuh beträgt unter 4 Kälber (2 weiblich / 2 männlich). Hier ist ebenfalls ein sehr gewichtiger züchterischer Ansatz zu finden. Die Erzeugung von Nachkommen mittels Embryotransfer stellt weltweit eine Möglichkeit dar, auf der Ebene selektierter genetisch bedeutender Einzeltiere vermehrt Nachkommen zu erhalten, die für eigene intensive Zuchtmaßnahmen oder für den Export von besonderem Interesse sind. Die Gewinnung dieser zusätzlichen Embryonen erfolgt über eine hormonelle Stimulation, der Superovulation.

Unter Superovulation wird die Gewinnung von Embryonen verstanden, die über der natürlicherweise vom Tier erzeugten Anzahl liegt. Die hormonelle Stimulation erfolgt üblicherweise mit follikelstimulierendem Hormon (FSH), das von Schlachthofhypophysen vom Schwein oder Schaf gewonnen wurde, oder mit einem höhermolekularen Glycoprotein von trächtigen Stuten (Pregnant Mares Serum Gonadotrophin-PMSG). Durch diese Behandlung erreichen mehrere Follikel (10 bis 20) auf den Eierstöcken die "Sprungreife". Diese Tiere werden zum Zeitpunkt der erwarteten Brunst mehrmals (1-3) besamt und 7 Tage später gespült. Diese Embryonalstadien (Morula, Blastozyste) befinden sich in der Gebärmutterhornspitze und können über einen transzervikal gelegten Ballonkatheter gespült werden. Die Vorbereitung von Empfängertieren beinhaltet die Nutzung einer spontanen oder hormonell erzeugten Brunst, in deren Folge der Eierstock einen dem zu transferierenden Embryo adäguaten Gelbkörper als Hinweis auf embryosynchrone Aufnahmebedingungen in der Gebärmutter ausbildet. Zyklussynchronen Tieren (~Di-Östrus Tag 7) wird, je nach Ziel, meist ein Embryo übertragen. Im Durchschnitt können pro Spülung 5 bis 8 transfertaugliche Embryonen gewonnen werden, deren Übertragung auf Empfängertiere in einer Trächtigkeitsrate von 50 bis 70 % resultiert. Da diese hormonelle Induktion eine Kaskade zahlreicher komplizierter Schritte einschließt, von denen jeder koordiniert und zeitgerecht erfolgen muss, ist es nicht verwunderlich, wenn nicht jedes Rind und jede Kuh diesen Stimulus mit einer zufriedenstellenden Anzahl von erzeugten Embryonen beantwortet. D.h. ein großer Teil der zur Embryogewinnung vorgestellten Spender reagieren nicht oder liefern keine bzw. nur einzelne Embryonen.

Die 2005 veröffentliche Jahresstatistik der "International Embryo Transfer Society-IETS" ist die in Folge 14. erhobene Datensammlung zu weltweit getätigten Embryotransferaktivitäten. Demzufolge wurden 2004 ca. 700.000 Embryonen gewonnen und 550.000 Embryonen übertragen. Der größere Anteil an Embryonen (60 %) wird tiefgefroren und zu einem späteren Zeitpunkt übertragen. Über mehrere Jahre hinweg betrachtet weisen diese Zahlen eine relative Konstanz bzw. steigende Tendenz auf. Die größten Fluktuationen sind auf logistische Probleme bezüglich der vielfältigen Datenermittlung und auf veterinärhygienische Maßnahmen zurückzuführen.

Interessanterweise wird für die letzten 20 Jahre zwar ein insgesamt zu verzeichnender Rückgang in der Rinderfruchtbarkeit beschrieben, der aber im Rahmen einer hormonassistierten Embryogewinnung und Übertragung nicht beobachtet wurde. Es ist zudem auffällig, dass der Anteil an genetisch "hochwertigen" Tieren, v.a. Bullen, immer mehr aus einer Population herausselektiert werden, die durch Embryotransfer entstanden sind.



#### In vitro-Produktion

Die *in vitro*-Produktion (IVP) von Rinderembryonen ist eine Reproduktionstechnik, die schon seit über 30 Jahren seitens der Forschung und Anwendung großes Interesse gefunden hat. Es ist eine Technik, die an die Embryogewinnung aus dem Tier anschließt. Im Gegensatz zur frühen Embryonalentwicklung im Tier, die an eine Vielzahl gekoppelter Vorgänge gebunden ist, greift die *in vitro*-Produktion ausschließlich auf eine vorhandene Follikelaktivität am Eierstock zurück, aus denen die Eizellen gewonnen werden. Die weiteren Schritte werden im Labor vollzogen:

- 1) Reifung der Eizellen bis zur Befruchtung (~1 Tag) = in vitro-Maturation (IVM)
- 2) Vorbereitung der Samen für die anschließende Befruchtung der Eizellen (~1 Tag)
  - = *in vitro*-Fertilisation (IVF)
- 3) Kultur der Embryonen bis zum Transfer bzw. zur Konservierung (~6-7 Tage)
  - = *in vitro*-Culture (IVC)

Entsprechend der physiologischen Entwicklung der Eizellen im Follikel (Oogenese, Folliculogenese) treten täglich ~ 6 Follikel aus dem Primordialpool die ca. 80 bis 100 Tage lange Entwicklung an. Daraus ergibt sich eine für das Rind charakteristische Dynamik von Follikeln, die gegen Ende ihrer Entwicklungsperiode als sichtbare (>2mm), flüssigkeitsgefüllte Gebilde gruppenweise (5 bis 15 Follikel) am Eierstock formieren. Das Wechselspiel nacheinander auftretender Follikelgruppen wird als s.g. *Follikelwellen* bezeichnet. Solche Follikelwellen treten zwei bis drei mal pro Eierstockszyklus (21 Tage) auf. Dieses ständig wechselnde Bild am Eierstock bietet die Möglichkeit zur Eizellgewinnung aus den Follikeln in den verschiedensten Entwicklungs- und Leistungsabschnitten der Tiere:

- 1) beim Kalb
- 2) beim Jungrind als Vornutzung
- 3) während der regulären Reproduktionsphase einer Kuh
- 4) bei trächtigen Kühen (~ 1. Drittel der Trächtigkeit)
- 5) bei "Problemtieren"
- 6) nach der Schlachtung

Die Follikelpunktion kann mit und ohne hormonelle Vorstimulation, sowie bei lebenden Tieren mehrfach (1 bis 2 mal wöchentlich, über mehrere Wochen) stattfinden. Ein besonderer Vorteil der *in vitro*-Produktion ist sicherlich bei der *in vitro*-Fertilisierung zu finden. Die Spermien werden vor ihrer Verwendung in lebende (bewegliche) und tote (unbewegliche) Spermienfraktionen getrennt. Es können mehrere Eizellen (5 bis >30) in geringem Medienvolumen (50 bis 400 μl) von einer insgesamt geringen Anzahl von Spermien (Standard: 1 Mio Spermien/ml) befruchtet werden. Zudem können einzelne Eizellen befruchtet werden, indem einzelne Spermien in einer dünnen Glaskapillare aufgenommen und direkt in das Ooplasma injiziert werden. Von dieser Technik, der s.g. *Intra Zytoplasmatischen Spermieninjektion – ICSI*, wird im Gegensatz zur humanen IVP beim Rind kaum Gebrauch gemacht. Zudem besteht an dieser Entwicklungsstelle die Möglichkeit, nach dem Geschlecht (X/Y) getrennten Samen ("Semen Sorting") für die IVF einzusetzen.

Wie die IETS-Statistik (2005) für 2004 zeigt, wurden weltweit 320.000 Embryonen mittels der *in vitro*-Technik gewonnen. Ungefähr 240.000 *in vitro*-Embryonen wurden transferiert. Diese Embryonen wurden vorzugsweise direkt Übertragen, und dennoch werden 45 % der Embryonen aus *in vitro* tiefgefroren.

Gegenüber der Embryogewinnung aus Superovulation ermöglicht diese *in vitro*-Technik die Gewinnung einer großen Anzahl von Embryonen. Andererseits weist dieses Verfahren technische Grenzen auf, die deutliche qualitative Mängel in sich birgt und sich in vielerlei Hinsicht auf den Embryo, den Fötus, die Plazenta und das geborene Kalb auswirkt. In erster Linie fallen Tier mit erhöhtem Fötal- oder Geburtsgewicht auf (inkl. Plazenta), abnormaler Entwicklung der Skelettmuskulatur und Plazentagefäße, Stoffwechselstörung und Störungen in



physiologischen und/oder genetischen Mechanismen (Polyploidie, Methylierung der DNA, Untergang von Zellen des Embryos, Embryotod, Funktionsstörungen zu späterem Zeitpunkt mit Abort bzw. Todesfolge etc.). Die letzten 10 Jahre zeichnen sich sicherlich durch Fortschritte auf diesem Gebiet aus, dennoch liegt die Embryonalentwicklung *in vitro* deutlich hinter der *in vivo*. Um dieses Defizit auszugleichen, hat sich *in praxi* die Zwischenkultur von IVP-Embryonen im Schafeileiter durchgesetzt. Auf diese Weise wurden über 25.000 transfertaugliche Embryonen gewonnen. Arbeiten, die von Österreich ausgehen, konzentrieren sich auf eine optimierte Embryogewinnung, die eine maximale Entwicklungsdauer im Rind mit den Vorteilen der *in vitro*-Produktion kombinieren.

Sowohl die Embryogewinnung aus Superovulation als auch aus *in vitro* stellen in überaus bedeutendem Umfang Embryonen für die weitere Zucht, für die Erstellung einer Genombank, für die Embryoteilung bzw. Klonierung, für Nachkommen eines bestimmten Geschlechts und für weitere molekulargenetische Untersuchungen bereit.

#### Kryokonservierung

Da der Erfolg der Embryogewinnung mitunter erheblichen Schwankungen unterlegen und die Kryokonservierung (*griech*. kryos = kalt) von Embryonen die zeitliche Entkoppelung von Gewinnung und Transfer.

Generell ist die Kryokonservierung definiert als die Langzeitlagerung von Keimzellen und Embryonen unter dem Erhalt ihrer morphologischen und funktionellen Eigenschaften. Eines der größten Probleme der Kryokonservierung ist das Wasser innerhalb und außerhalb der Zellen. Dieses Problem wird in verschiedenen Ansätzen gelöst:

- 1) Samen und Embryo werden vor der Kristallbildung geschützt, indem Wasser über s.g. Kryoprotektiva langsam ("slow freezing", klassische Methode für Samen und Embryonen) oder schnell ("rapid freezing" für Embryonen) entzogen oder gebunden wird.
- 2) Die Kristallbildung *per se* wird verhindert, d.h. die Kryoprotektiva werden in derartig hohen Konzentrationen verwendet, dass sich keine Kristalle ausbilden können (*Vitrifikation*).

Die derzeit effizienteste Methode, Keimzellen und Embryonen dauerhaft zu lagern, ist die Verwendung von flüssigem Stickstoff, welcher bei atmosphärischem Druck ca. minus 196 °C aufweist.

Sowohl für Samen als auch für Eizellen und Embryonen werden kommerziell Medien angeboten, die unter Berücksichtigung der Spezies gute Ergebnisse erbringen.

Die Samenverdünner basieren meist auf der Verwendung von Glycerin oder DMSO mit/ohne Eidotter- oder Milchpulverzugabe. Nach Verdünnung und Portionierung in Straws werden die Samen über Kühlraumtemperatur (zwischen 4 und 6 °C) und über dem Dampf von flüssigem Stickstoff (-120 bis -150 °C) direkt in flüssigem Stickstoff entgelagert.

Für Embryonen wird meist Glycerin oder Äthylenglykolzusatz verwendet. Bei ca. -6°C wird in dem die Embryonen umgebenden Medium eine Kristallbildung (*Seeding*) induziert. Die Embryonen werden dann mit einer Abkühlrate von ca. 0,5 °C/min auf minus 35 °C gekühlt, von wo aus sie direkt in flüssigen Stickstoff (Plunging) überführt werden. Die Tiefgefrierkonservierung mit Glycerin erfordert das schrittweise Ausverdünnen von Embryonen, bevor sie auf ein Empfängertier transferiert werden können. Da die Verwendung von Äthylenglykol den Direkttransfer von Embryonen ohne Ausverdünnung erlaubt, wird dieser Methode der Vorzug gegeben. Obwohl die Vitrifikation stellenweise die besseren Ergebnisse liefert, wird sie nicht als Standardmethode für die Praxis anerkannt.

Meist liegen die Trächtigkeitsergebnisse kaum oder nur geringgradig unter den Ergebnissen nach Transfer ohne Kryokonservierung. Die relativ einfache Möglichkeit, Keimzellen und Embryonen auf nahezu unbestimmte zu lagern (Genombank), zu transportieren und wiederzuverwenden hat dieser Technik einen mittlerweile unverzichtbaren Stellenwert eingeräumt.



#### Geschlechtsbestimmung

Der Wunsch der Menschheit, das Geschlecht der Nachkommen unserer Haustiere bestimmen zu können, reicht weit in die Geschichte zurück. Dennoch wurden die Möglichkeiten dazu erst in der Gegenwart geschaffen. Generell ist bei der Geschlechtsbestimmung zwischen zwei Methoden zu unterscheiden:

- 1) Bestimmung nach der Implantation: Amniozentese, Ultraschall
- 2) Bestimmung vor der Implantation: Embryo Sexing, Semen Sorting

Die *Amniozentese* oder Fruchtwasserpunktion gehört zur pränatalen Diagnostik. Es wird eine Flüssigkeit meist aus der Ammnionshöhle gewonnen und deren Zellen einer zytogenetischen Analyse zur Geschlechtsbestimmung unterzogen. Die Genauigkeit dieser Methode wird mit über 96 % beschrieben. Die offensichtliche Gefahr eines Abortes, die Vermengung von maternalen und fötalen Zellen und die bestehenden Alternativen sind als Gründe zu werten, dass dieser Methode keine weitere Bedeutung zukam.

Die *Ultraschalluntersuchung* erlaubt die Geschlechtsbestimmung der Frucht in einem Zeitintervall vom ca. 55. bis zum 85. Tag der Trächtigkeit, da die Größe und Lage der Frucht spätere Untersuchungen erschweren.

Aus züchterischer Sicht ist nur die Geschlechtsbestimmung vor der Einnistung relevant, um die Nutzungsdauer der Kühe möglichst optimal umsetzten zu können. Dazu bietet sich sowohl das s.g. "Embryo sexing" als auch die Trennung von Samen an.

Den aus Superovulation gewonnenen Embryonen im Morula- und Blastozystenstadium werden wenige (3 – 10) Zellen entnommen und über die PCR-Technik molekulargenetisch (polymerasechain-reaction, Nachweis von Genen oder repetetiven Sequenzen) auf das Geschlecht hin untersucht. Bis auf wenige Fälle, die aus technischen Gründen kein Ergebnis liefern, liegt die Genauigkeit bei > 99 %. Als Nachteil der Methode ist zu werten, dass nur die Hälfte der gewonnenen Embryonen zum Einsatz kommen, die Embryonen technisch manipuliert wurden und weitere Kosten mit dieser Methode verbunden sind.

Das s.g. "Semen Sorting" ist bis dato das einzige effiziente und praktikable Verfahren zur Trennung von Spermien in zwei Faktionen, die sich hinsichtlich der X- und Y-Chromosomen (X- und Y-Spermien) unterscheiden. Rinderspermien, die das X-Chromosom tragen, haben einen um 3,8 % höheren DNA-Gehalt als die Y-Spermien. Diese Eigenschaft wird genutzt, in dem die DNA mit einem Farbstoff gefärbt und die Spermien in einem Durchflußzytometer über Laser entsprechend erkannt werden. Die Spermien werden in Flüssigkeitströpfehen verpackt, je nach Erkennung positiv oder negativ geladen und über ein elektrisches Feld (Kondensatorplatten) abgelenkt. Die Trenngenauigkeit liegt bei > 90 %. Die Geschwindigkeit der Samentrennung liegt bei ca. 5000 gesorteten X- und Y-Spermien pro Sekunde, d.h. in einer Stunde bei ungefähr 20 Mio Spermien, wobei die Trenngeschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Trennschärfe hat. Weitere Verbesserungen dieser Technik versprechen eine noch höhere Anzahl von getrennten Spermien pro Zeiteinheit. Die Portionierung der Spermien erfolgt in einer Größenordnung von 2 – 2,5 Mio Spermien pro Straw. Die erwartete Trächtigkeitsrate liegt jedoch deutlich unter der einer Besamung mit ungesortetem Samen. Die geringere Samenmenge pro Besamung und die eingeschränkte Vitalität erfordern eine sehr genaue Einschätzung des optimalen Besamungszeitpunktes, da die qualitativen und quantitativen Kompensationsmechanismen auf ein Minimum reduziert sind. Der Einsatz von gesortetem Samen zur Gewinnung von Embryonen aus Superovulation stellt eine weitere Herausforderung dar, da sich die hormonellen Veränderungen auch auf die Spermienmotilität im weiblichen Genitaltrakt auswirken. Es ist zu berücksichtigen, dass dieses Verfahren patentiert und mit Lizenzkosten verbunden ist. Für die Durchführung wird speziell ausgebildetes Personal und apparative Investitionskosten benötigt. In Ergänzung zu dieser Methode bietet sich die in vitro-Fertilisation



von Eizellen an, die sich durch höhere Effizienzen bezüglich des Sameneinsatzes und der Anzahl von Eizellen auszeichnet.

#### Klonierung (Splitting, SCNT)

Unter Klonierung wird die ungeschlechtliche, aus einem Mutterorganismus entstandene erbgleiche Nachkommenschaft verstanden. Auch in der Pflanzenkunde, Zell- und Mikrobiologie sowie in der Gentechnik bezieht sich dieser Begriff unter Berücksichtigung weiterer Definitionen auf die Kopie von einzelnen DNA-Abschnitten, Genen oder des Genoms. Als Methoden zur Erstellung eines identischen Genotyps sind zu nennen:

- 1) Teilung von Embryonen
  - -Embryo splitting
  - -Kombination asynchron entwickelter frühembryonaler Zellen (Chimärenbildung)
- 2) Klonierung durch Kerntransfer

Beim "Embryo splitting" werden Embryonen im Morula- und Blastozystenstadium mit Hilfe eines Mikromessers in zwei gleiche Teile geteilt. Bei Blastozysten ist darauf zu achten, dass die Innere Zellmasse ebenfalls gleichmäßig halbiert wird. Werden die Embryonen vor dem Transfer getrennt und auf 2 Rezipienten übertragen, dann führt diese Technik zu einer insgesamt höheren Anzahl an geborenen Kälbern als der Transfer ungeteilter Embryonen. Ungefähr 25% der geborenen Kälber sind Zwillinge, d.h. beide Embryohälften haben überlebt.

Bei der *Chimärenklonierung* werden Zellen eines "jüngeren" Embryos mit denen eines weiterentwickelten Embryos kombiniert. Aus den älteren Embryonalzellen wird sich der Fötus entwickeln, während die jüngeren Stadien die Eihäute bilden. Bislang kam aber nur das Embryo splitting züchterisch zum Einsatz.

Demgegenüber steht die Klonierung (SCNT) durch Kerntransfer. Beim Kerntransfer werden Eizellen im Metaphasenstadium der 2. Reifeteilung (Metaphase II) bereitgestellt, die meist über in vitro-Reifung gewonnen wurden. Diese Eizellen werden von ihrer DNA befreit (Polkörperchen, Metaphasenplatte), mit einer diploiden Zelle fusioniert (Injektion sind auch möglich), aktiviert und bis zu einem transfertauglichen Stadium kultiviert. Je nach verwendeter Donorzelle unterscheidet man zwischen Embryonalklonierung, Fötalklonierung Adultklonierung. Mit der aufsehenerregenden Meldung der Geburt des Schafes Dolly wurde die lange Zeit bestehende Meinung über die Reprogrammierung von differenzierten Zellen widerlegt. Bei Dolly wurden Euterepithelzellen als Spenderzellen eingesetzt. Bald darauf erfolgten zahlreiche Meldungen, die von geklonten Rindern unter Verwendung von Cumuluszellen, Eileiterzellen, Granulosazellen, Uteruszellen, Muskelzellen, Fibroblasten, Euterzellen etc. berichteten. Insgesamt ist jedoch zu beachten, dass sich der Genotyp eines Individuums aus der Kern-DNA und mitochondrialer DNA zusammensetzt. Da bei jeder Eizelle zwar die Kern-DNA entfernt wird, die mitochondriale DNA im Plasma verbleibt, weisen Klontiere aus Kerntransfer unterschiedliche mt-DNA Genotypen auf. Da sich mit jeder Eizelle eine unterschiedliche zytoplasmatische, mit jedem Transfer eine unterschiedliche uterine und nach jeder Geburt eine unterschiedliche postnatale Umgebung ergibt, ist es offensichtlich, dass die Tiere von Beginn an durch einen unterschiedlichen Phänotyp gekennzeichnet sind. Ingesamt wird die Erstellung von Nachkommen durch Kerntransfer von zahlreichen Problemen begleitet die pränatal (wie z.B. niedrige Trächtigkeitsrate, 50% Verlust um den Zeitpunkt der Implantation, > 40 % Verlust nach dem 90. Trächtigkeitstag, fötale Anomalien, Anomalien der Eihäute/Plazenta, etc.) oder postnatal (verlängerte Trächtigkeit, erhöhtes Geburtsgewicht, neonataler Tod, Nierenversagen, vaskuläre und respiratorische Anomalien, etc.) in Erscheinung treten. Das züchterische Interesse der Klonierung richtet sich auf die intensive züchterische Nutzung (Tiererhalt, Genotyp-Umwelt-Studien) von genetisch bedeutsamen Zuchttieren. Bei



insgesamt geringen Effizienzen, die von zahlreichen Faktoren wie beispielweise von den Donorzell-Linien beeinflusst werden, hat diese Technik jedoch kaum Anwendung auf züchterischer Ebene gefunden. Eine deutlich größere Aufmerksamkeit wird dieser Technik in wissenschaftlichen Bereichen gewidmet, um mittels genetisch identischer Nachkommen die Wirkung verschiedener exogener Einflüsse beurteilen zu können bzw. um transgene Nachkommen zu erhalten.

#### Transgentechnologie

Die Erzeugung von transgenen landwirtschaftlichen Nutztieren stellt weltweit eine große Herausforderung dar, deren Anwendung sich auf Gebiete der Grundlagenforschung (Tiermodelle, Studium der Funktion von Genen), auf klassische Bereiche der Zucht und auf die Gewinnung rekombinanter Proteine richtet. Neben der Möglichkeit, ein "fremdes", in vitro rekombiniertes Gen (s.g. Transgen) über somatische Zellen in den Organismus zu verbringen (somatischer Gentansfer) wird vor allem die stabile Integration in die Keimbahn (Keimbahn-Gentansfer) angestrebt. Für den Keimbahngentransfer ist es jedoch notwendig, dass dem Embryo im Zygotenstadium bereits das Gen übertragen wird, um dessen Integration bestmöglich in allen Zellen, auch den Keimzellen, zu erreichen. Die Techniken, die bislang zum Gentransfer eingesetzt wurden, reichen von der klassischen Mikroinjektion in die Vorkerne, dem Spermienvermittelten Gentransfer, dem Virus-assoziierten Gentransfer bis hin zur Klonierung. Unter Beteiligung der Klonierung ist es möglich, Vorarbeiten zur Erstellung transgener Tiere weitestgehend im Labor mit transgenen Zelllinien durchzuführen, bevor die Klonierung den Einstieg in den tierischen Organismus eröffnet. In Österreich wurden bis heute keine transgenen Rinder erstellt. Dennoch konnte anhand einzelner Arbeiten (beispielsweise die Gewinnung von bi-spezifischen Antikörpern gegen Melanokarzinomzellen des Menschen) in Nachbarländer gezeigt werden, dass dieses Arbeitsgebiet vielseitige Optionen mit entscheidender Bedeutung aufzuweisen hat. Es ist jedoch mit Nachdruck festzuhalten, dass solche Techniken zahlreiche biotechnische Errungenschaften miteinander kombinieren, deren Aufwand und Überführen ins Tier sehr hoch sind und sich zeitlich über sehr weite Strecken ziehen. Ein breites reproduktionsphysiologisches Verständnis gepaart mit einer allseitigen Diskussionsbereitschaft sind zu leistende Vorarbeiten, bevor ein zukünftiger potentieller Nutzen erwartet werden darf.

#### **Ausblick**

Neue Reproduktionstechniken beim Rind bieten neben den klassischen Methoden zusätzliche attraktive Ansätze in der Tierzucht, deren Ziel auf einer mehr konkreten und frühzeitigen Entscheidungsvielfalt basiert. Als besonders wertvoll erscheint der Einsatz von Reproduktionstechnologien, wenn die Grenzen der Selektion bei Merkmalen mit niedriger Heritabilität durch die vermehrte Nutzung molekulargenetischer Methoden überwunden werden können. Darüber hinaus wird mit Hilfe von Reproduktionstechniken durch die Darstellung elementarer Fruchtbarkeitsabläufe in Kombination mit exogenen Einflüssen das züchterische Verständnis in einen erweiterten nutzbaren Kontext gestellt.



#### Literatur

- Bazer FW., Spencer TE. (2005): Reproductive biology in the era of genomics biology. Theriogenology, 64,442–456.
- Betteridge KJ. (2000): Reflections on the golden anniversary of the first embryo transfer to produce a calf. Theriogenology, 53,3-10.
- Betteridge KJ. (2003): A history of farm animal embryo transfer and some associated techniques. Animal Reproduction Science, 79 (2003) 203–244.
- Edwards JL., Schrick FN., McCracken MD., van Amstel SR., Hopkins FM., Welborn MG., Davies CJ. (2003): Cloning adult farm animals: a review of the possibilities and problems associated with somatic cell nuclear transfer. American Journal of Reproductive Immunology, 50,113–123.
- Foote RH. (2002): The history of artificial insemination: Selected notes and notables. Animal Science, 1-10.
- Thibier M. (2005): Significant increases in transfers of both in vivo derived and in vitro produced embryos in cattle and contrasted trends in other species in 2004. IETS-Embryo Transfer Newsletter, 23(4), 11-17.
- Thibier M. (2005): The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. Reproduction Nutrition and Development, 45,235–242.
- Vajta G., Gjerris M. (2006): Science and technology of farm animal cloning: State of the art. Animal Reproduction Science, in press.
- Vishwanath R. (2003): Artificial insemination: the state of the art. Theriogenology, 59,571-584.





## Fruchtbarkeitsmanagement

#### Rolf Dehning

In vielen Betrieben verschlechtert sich scheinbar mit steigender Milchleistung die Fruchtbarkeit der Kühe. Nach einer Auswertung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Rinderzüchter (ADR) aus dem Jahre 2004 sind Zwischenkalbezeiten über 400 Tage keine Seltenheit mehr. So kalben bei den Holsteinkühen 27,3 % erst wieder nach 430 Tagen, während bei den Fleckviehtieren der Anteil bei 22,1 % liegt. Die Abgänge wegen Unfruchtbarkeit haben sich dagegen in den letzten 10-15 Jahren von über 30 % auf 21,5 % im Jahr 2004 verringert, wobei dieser Anteil immer noch zu hoch ist. Dies alles führt zu einem erhöhten Kostendruck und belastet die finanzielle Situation der Milchrinder haltenden Betriebe.

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken ist es notwendig die kritischen Bereiche im Verlauf der Laktation zu kennen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Die wichtigen Abschnitte sind:

- 1. Die Trockenstehperiode und die Vorbereitungsphase zum Kalben (Transitperiode)
- 2. Die Kalbephase
- 3. Die Frischlaktationsperiode
- 4. Die Reproduktionsperiode

#### Trockenstehperiode (Tabelle 1)

Am Ende der Laktation oder gleich zu Beginn der Trockenstehzeit sollten alle Tiere einer funktionellen Klauenpflege unterzogen werden. Hierdurch werden Lahmheiten während der neuen Laktation sicher vorgebeugt. Tiere mit gesunden Klauen können sich ohne Probleme bewegen, häufig den Futtertisch und auch die Transponderstation besuchen und auch deutliche Brunstaktivität zeigen.

Nur eutergesunde Tiere sollten ca. 6-8 Wochen vor der Kalbung trockengestellt werden. Das Euter muss augenscheinlich unverändert und die Milchbeschaffenheit ohne Flocken sein. Subklinische Euterentzündungen können sicher durch den Schalmtest diagnostiziert werden. Es werden nur Tiere mit erhöhten Zellzahlen antibiotisch trockengestellt. Bei gesunden Eutern kann auf eine antibiotische Trockenstellung verzichtet werden (Ausnahme: Problemherden mit Staph. aureus: Hier sollten alle Tiere antibiotisch versorgt werden).

In den letzten 14 Tagen ist die Umstallung in die Transitgruppe und der Beginn der Vorbereitungsfütterung außerordentlich wichtig. Während in den ersten Wochen der Trockenperiode die Futterration den Bedarf für Erhaltung und ca. 5 – 8 kg Milch decken soll (hierdurch kann der Körperkonditionsindex gut zwischen 3,25 – 3,75 gehalten werden), muss jetzt die Nährstoffdichte der Ration gesteigert werden, damit das gesamte mikrobielle Pansenmilieu sich auf die nach dem Kalben hochkonzentrierte Leistungsration einstellen kann. In Betrieben mit einem erhöhten Prozentsatz (> 10 %) an Milchfieber sollte über den Einsatz von sog. "sauren Salzen" nachgedacht werden. In der gesamten Trockenperiode dürfen die Tiere nicht verfetten. Sind die Tiere bereits am Ende der Laktation verfettet, dürfen sie jetzt nicht auf "Diät" gesetzt und "schlank gehungert" werden. Hierdurch werden bereits vor dem Kalben subklinische Ketosen erzeugt, die sich nach dem Kalben weiter verstärken können.



#### Kalbeperiode (Tabelle 1)

Die Tiere sollen in einem trockenen, sauberen und ruhigen Abkalbebereich unter regelmäßiger Überwachung abkalben können. Jedes Geburtstier hat ein Anrecht auf größtmöglichste Hygiene während der Kalbung und bei einer evtl. Geburtshilfe. Häufig wird aus Zeitmangel (oder Unwissenheit?) zu früh in den normalen Geburtsablauf eingegriffen, wodurch Schwergeburten provoziert werden. Eine geburtshilfliche Maßnahme ist bei Kühen erst nach 2 – 3 Stunden und bei Rindern erst nach ca. 6 Stunden nach dem Sprung der Fruchtblasen erforderlich. Bei einer Auszugshilfe sollte mit angemessener Kraft und nur in den aktiven Wehen gezogen werden. Der übermäßige Einsatz von mechanischen Geburtshelfern (und anderen Auszugsgeräten) kann in einzelnen Fällen den Tatbestand der Tierquälerei erfüllen.

An die Geburt des Kalbes schließt sich die Nachgeburtsphase an. Ein physiologischer Nachgeburtsabgang ist nach ca. 12 Stunden abgeschlossen. Bei Tieren, die nur schwache Nachgeburtswehen zeigen, kann die Wehentätigkeit durch Kalzium- oder Oxytocingaben verbessert werden. Die Nachgeburten sollten immer auf Vollständigkeit überprüft und ordnungsgemäß entsorgt werden. In der Einstreu verbleibende Nachgeburten sind ein idealer Keinnährboden und können bei den anderen kalbenden Tieren hinterher zu einem verstärkten Auftreten von Genitalkatarrhen führen.

#### Frischlaktationsperiode (Tabelle 2)

Die Frischlaktationsperiode umfasst die ersten 4 – 6 Wochen nach dem Kalben. Wenn die Eihäute nicht innerhalb der ersten 12 – 24 Stunden abgegangen sind, erkrankt die Kuh an einer Nachgeburtsverhaltung. Therapeutisch werden heute drei unterschiedliche Strategien angewandt: A) in 1-3 tägigen Abständen Abnahmeversuch und anschließende antibiotische Versorgung bis zum vollständigen Abgang, B) 3 – 5 tägige Injektion eines Antibiotikums mit 0 Tagen Wartezeit für Milch oder C) "Runtergammeln" der Nachgeburt ohne jegliche Medikation und "Reinigungsspritze" ab 14 – 21 Tage nach der Kalbung, die dann nach Bedarf mehrmals 14 tägig wiederholt wird. In allen Fällen muss aber in den ersten 10 Tagen nach dem Kalben 2x täglich Fieber gemessen werden. Tiere mit erhöhter Körpertemperatur müssen umgehend dem Tierarzt vorgestellt und behandelt werden. Ab ca. 12 – 14 Tage nach dem Kalben erfolgt bei allen Tieren mit Nachgeburtsverhaltung und Schwergeburten eine Kontrolle des Uterus und der Geburtswege, gegebenenfalls auch eine weiterführende Behandlung. Die Tiere werden ab der 3. - 4. Wochen nach dem Kalben in die Brunstbeobachtung aufgenommen. Dieses ist wichtig, damit der Zyklusbeginn nach dem Kalben erfasst und der weitere Zyklusverlauf verfolgt werden kann. Eine Besamung ist zu dieser Zeit aber noch viel zu früh. Alle Tiere sollten unbedingt in der 4. – 6. Woche einer ersten Fruchtbarkeitskontrolle unterzogen werden. Zu dieser Zeit festgestellte krankhafte Veränderungen der Reproduktionsorgane (z. B. Azyklie, Zysten, Genitalkatarrhe etc.) können jetzt noch rechtzeitig behandelt werden ohne dass es zu einer Verlängerung der freiwilligen Wartezeit und auch der Rastzeit kommt. Am Ende der Freiwilligen Wartezeit (sie sollte 60 Tage nicht unterschreiten) müssen die Tiere gesunde Reproduktionsorgane aufweisen, damit sie nach Möglichkeit mit der ersten Belegung tragend werden können.



Tab. 1: Managementprogramm zur Verbesserung der Fruchtbarkeit und Langlebigkeit (1)

Vor dem Kalben

Massnahme	Zeitpunkt	Ziel	<b>Folgen</b> (wenn Massnahmen nicht durchgeführt werden)	
Klauenpflege	Spätlaktation	gesunde, tragfähige Klauen	Lahmheit, schlechte Futteraufnahme nach dem Kalben, mangelhafte Aktivität bei Brunst in der folgenden Laktation	
Trockenstellen mit Euterkontrolle, Blutanalytik	6 - 8 Wochen vor dem Kalben	gesunde Euter, bedarfsgerechte Fütterung während der Trockenperiode, intakter Stoffwechsel	Mastitis gleich zu Beginn der neuen Laktation, Festliegen, Leberschäden, Ketosen, hohe tierärztliche Behandlungskosten, evtl. auch Totalverluste	
Evtl. Muttertierschutzimpfung	je nach Herstellerangabe	Kälberverluste unter 5 % im ersten Lebensmonat	Kälberdurchfall, hohe tierärztliche Behandlungskosten, evtl. auch Totalverluste,	
Vorbereitungsfütterung (Umstallung in Transitfütterungsgruppe), Blutanalytik, evtl. Einsatz von "sauren Salzen"	ab 2 Wochen vor dem Kalben	Pansenstimulation, Trimmen auf Höchstleistung, Milchfieberrate unter 5 %	verminderte Futteraufnahme nach dem Kalben, Ketosen, deutlicher BCS-Verlust, erhöhte Milchfieberrate, Leberschäden, hohe tierärztliche Behandlungskosten, evtl. auch Totalverluste	
Umstallung in die Geburtsabteilung	ab 24 Std. vor der Geburt	Saubere Umgebung, tritt- und standfester Untergrund, Ruhe	mangelhafte Hygiene bei der Geburt, evtl. Geburtsverletzungen (Muskel[faser]risse), Uterusentzündungen in den ersten Tagen nach der Geburt	

## Beim Kalben

Massnahme	Zeitpunkt	Ziel	<b>Folgen</b> (wenn Massnahmen nicht durchgeführt werden)
Geburtsüberwachung, Geburtshilfe	nur bei echten Geburtsproblemen, erst 2 - 4 Std. nach Blasensprung oder wenn innerhalb von 1 - 2 Std. kein Fortgang beobachtet wurde	größtmögliche Hygiene, Ruhe und Umsichtigkeit, keine Gewaltanwendung	verschleppte Geburten, tote Kälber, Geburtsverletzungen (Muttertier: z.B. äußere und innere Scheidenrisse, Muskel[faser]risse, beim Kalb: Knochenverletzungen an den Extremitäten), Nachgeburtsverhaltung, Uterusentzündungen in den ersten Tagen nach der Geburt, Tierquälerei

## Tab. 2: Managementprogramm zur Verbesserung der Fruchtbarkeit und Langlebigkeit (2) Nach dem Kalben

Massnahme Zeitpunkt		Ziel	<b>Folgen</b> (wenn Massnahmen nicht durchgeführt werden)	
Nachgeburtsabgang kontrollieren, evtl. Kalzium- und/oder Oxytocingabe	ab 12 Std. nach dem Kalben	Kompletter Abgang der Nachgeburt, keine Festlieger	Uterusentzündungen gleich nach der Geburt, Allgemeinerkrankungen, latentes Milchfieber, u.U. dauernde Sterilität	
Bei Nachgeburtsverhaltung: regelmäßige antibiotische Behandlung	ab 24 Std. bis zum vollständigen Abgang	Verhinderung von bakterieller Besiedlung und Toxinbildung, keine Streuung in den gesamten Organismus	massive Uterusentzündungen, schwere Leberschäden, bakterielle Besiedlung auch anderer Organsysteme (z.B. Euter, Lunge, Gelenke), spätere Leistungseinbußen	
Tägliche Temperaturkontrolle	Bis 10 Tage nach dem Kalben	bei Fieber (> 39-39,5 °C) kann sofort therapeutisch eingegriffen werden	unerkannte Mastitiden, Uterusentzündungen, Stoffwechselstörungen, Leistungseinbußen	
Nachkontrolle aller Tiere mit Nachgeburtsverhaltung und Schwergeburten, Kontrolle der Fütterung, evtl. Blutanalytik	ca. 12 Tage nach dem Kalben	Abschluß der Reinigungs- und Rückbildungsphase, leistungsorientierte Fütterung, intakter Stoffwechsel	verzögerte Uterusrückbildung, Uterusentzündungen, verzögerter Zyklusbeginn, Stoffwechselstörungen, Leistungseinbußen	
Brunstbeobachtung	ab 25.Tag nach der Kalbung	Erfassung des Zyklusbeginns Kontrolle des weiteren Zyklusverlaufes	erhöhte Stillbrünstigkeitsrate, verlängerte Rastzeit	
Fruchtbarkeitskontrolle, Kontrolle der Fütterung, Blutanalytik, evtl. hormonelle Behandlung	ca. 4 - 6 Woche nach dem Kalben	gesunde Reproduktionsorgane am Ende der freiwilligen Wartezeit, leistungsorientierte Fütterung, intakter Stoffwechsel	unerkannte Uterus- und Ovarerkrankungen, die die Rastzeit verlängern, Stoffwechselstörungen, Leistungseinbußen	
Intensive Brunstbeobachtung, Besamung, evtl. 2. Fruchtbarkeitskontrolle, evtl. hormonelle Behandlung	ab. 60. Tag nach dem Kalben	hohe Besamungsrate in den ersten drei Wochen nach Ende der freiwilligen Wartezeit	verlängerte Rastzeit, verlängerte Zwischenkalbezeit, geringe Brunsterkennungsrate, schlechte Brunstnutzungsrate	
Untersuchung auf "Nichtträchtigkeit"	so früh wie möglich (manuell ab dem 35. Tag p. ins., Ultraschall ab dem 28. Tag p. ins.)	nicht "tragende Tiere" frühzeitig einer erneuten Besamung zuführen	verlängerte Güstzeit und Zwischenkalbezeit, Verfettung von spät tragend gewordenen Tieren, hohe Abgangs- und Remontierungsrate, Verlust von hochwertiger Genetik, hoher finanzieller Verlust	
Kontrolle der Fütterung, Einteilung in Leistungsgruppen, Blutanalytik (bes.bei Altmelkern)	nach jeder Milchleistungskontrolle	Leistungsorientierte Fütterung, optimaler BCS in allen Leistungsstadien, intakter Stoffwechsel, kostengünstige Fütterung	Unterversorgung der hochleistenden Tiere, Überversorgung der Altmelkenden, Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsprobleme in der folgenden Laktation, hohe Futterkosten	

#### Reproduktionsperiode (Tabelle 2)

Ca. 6 Wochen nach dem Kalben ist bei den meisten Kühen die sog. biologische Rastzeit abgeschlossen. Der Uterus hat sich auf seine ursprüngliche Größe zurückgebildet und die Uterusschleimhaut ist jetzt in der Lage eine befruchtete Eizelle aufzunehmen. Bei Tieren mit Problemgeburten, Nachgeburtsverhaltung oder Genitalkatarrhen kann sich diese Zeit um 2 – 3 Wochen verzögern. Es ist deshalb sinnvoll den Tieren eine freiwillige Wartezeit von ca. 60 Tagen zu gewähren, bevor sie wieder erneut belegt werden. Am Ende der Freiwilligen Wartezeit muss eine intensive Brunstbeobachtung durchgeführt werden, damit in den darauffolgenden drei Wochen möglichst viele Tiere besamt werden können. Hier wird eine Brunsterkennungsrate von mindestens 70% gefordert. Während in der freiwilligen Wartezeit keine Tiere belegt werden sollten, müssen in den 60 – 100 Tagen nach dem Kalben 80 – 85 % der Erstbelegungen durchgeführt werden. Nach dieser Zeit durchgeführte Belegungen führen zwangsläufig zu einer Verlängerung der Rastzeit (= Zeitraum zwischen Abkalbung und erster Belegung)und somit auch der Zwischenkalbezeit. Belegte Tiere müssen nach drei Wochen durch intensive Brunstbeobachtung auf "Umrindern" kontrolliert werden. Für die umrindernden Tiere schließt sich jetzt die sog. Verzögerungszeit (= Zeitraum zwischen erster und zur Trächtigkeit führender Belegung) an. Die Ursachen der Verzögerungszeit und ihrer Länge sind sehr vielgestaltig und können ihren Ursprung sowohl beim Personal (z.B. Besamungsmanagement, Brunstmanagement, Haltung und Umwelt) als auch beim Tier (z.B. embryonaler Fruchttod, nicht erkannte Erkrankungen der Reproduktionsorgane, Stoffwechselerkrankungen etc.) haben.

Belegte Tiere müssen so früh wie möglich auf "Nichtträchtigkeit" kontrolliert werden. Diese Tiere müssen dann eingehend gynäkologisch untersucht und evtl. auch tierärztlich behandelt werden, damit sie möglichst schnell einer erneuten Belegung zugeführt werden können. Hierdurch kann die Verzögerungszeit und auch insgesamt die Zwischenkalbezeit deutlich verkürzt werden. Zu spät durchgeführte Kontrollen auf "Nichtträchtigkeit" sind bei vielen Tieren das Todesurteil, da sie inzwischen unwirtschaftlich geworden sind. Untersuchungen auf "Nichtträchtigkeit" können bei Holsteinkühen manuell ab der 35. Tag und per Ultraschall ab dem 28. Tag erfolgreich durchgeführt werden.

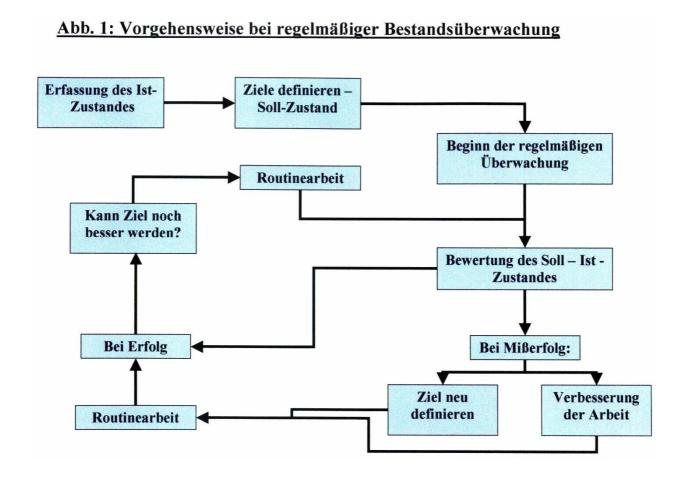
Mit Einsetzen der Laktation beginnt für die Hochleistungskuh eine Phase der energetischen Gratwanderung, in der neben der Milchproduktion die Rückbildung der Gebärmutter und die Wiederaufnahme der Eierstocksaktivität um eine ausreichende Nährstoffversorgung konkurrieren. Bei den Erstkalbinnen kommt noch zusätzlich das noch nicht abgeschlossene Körperwachstum und eine geringere Gesamtfutteraufnahme erschwerend hinzu. Zu dieser Zeit muss eine in allen Bereichen (Energie, Eiweiß, Rohfaser, Mineralstoffe und Spurenelemente, Qualität der Futtermittel) an die Hochleistung angepasste und wiederkäuergerechte Futterration vorgelegt werden. Dabei sollten die Futterrationen an Hand von betriebseigenen Futteranalysen (incl. Mineralstoffanalyse) kalkuliert und die Aufnahme auch durch kontrollierende Wägungen überprüft werden. Weitere Überprüfungsmöglichkeiten sind die Ergebnisse der monatlichen Milchkontrolle und auch begleitende Blutserumuntersuchungen, in denen sich die Versorgungssituation, Stoffwechselentgleisungen metabolische und Veränderungen widerspiegeln. Diese Untersuchungen sollen in regelmäßigen Abständen, besonders nach größeren Futterumstellungen durchgeführt werden.

## Fruchtbarkeitsprogramme (Abb. 1)

Das beschriebene Fruchtbarkeitsmanagement durch den Betriebsleiter kann durch ein systematisches Fruchtbarkeitsprogramm sinnvoll ergänzt und optimiert werden. Systematische



Fruchtbarkeitsprogramme werden mit dem Ziel eingeführt, Güstzeiten und Abgangsraten zu reduzieren und dadurch den betriebswirtschaftlichen Gewinn zu vermehren. Sie funktionieren jedoch nur, wenn das Haltungs- und Fütterungsmanagement vorab überprüft und optimiert wurde. Voraussetzung für den Beginn eines derartigen Programms und für die regelmäßige Bestandsüberwachung ist die Feststellung des Fruchtbarkeitsstatus (=Ist-Zustand). Hierzu sind Daten aus den Besamungsunterlagen und der Milchkontrolle wichtig und notwendig (z.B. Rastzeit, Verzögerungszeit, Zwischenkalbezeit, Besamungsindex, Trächtigkeitsrate nach erster Belegung, Abgänge wegen Unfruchtbarkeit etc.). Danach erfolgt die Festlegung von Zielpunkten und die Strategie, mit welcher diese Ziele die in Zukunft erreicht werden sollen (Soll-Zustand). In regelmäßigen Zeitabständen (z.B. 6 Monate, 12 Monate etc.) muss eine Bewertung des Sollund Ist-Zustandes erfolgen. Waren die Strategien erfolgreich und wurde das Ziel erreicht, ist zu überlegen, ob es noch verbessert werden kann oder ob statt dessen andere Bereiche der Fruchtbarkeit und Gesundheit bearbeitet werden sollen. Bei einem nur Teil- oder sogar Misserfolg müssen die Fragen geklärt werden, ob die Strategie richtig gewählt und auch systematisch verfolgt worden oder ob nicht evtl. das Ziel zu hoch und utopisch gesteckt worden ist.



Im Vortrag wird das Serviceprogramm der NORDRIND vorgestellt (Abb. 4), in dem sowohl der Landwirt als auch der Besamer und der Hoftierarzt eingebunden sind. Außerdem werden Ergebnisse einer mehrjährigen Bestandsbetreuung dargestellt. Bereits im ersten Jahr konnte der Trächtigkeitsindex (= Anzahl Besamungen / tragender Kuh) bei den Kühen von 2,54 Besamungen auf 1,38 Besamungen reduziert werden und blieb in den darauffolgenden 2 Jahren auf diesem Niveau. Das Erstbesamungsergebnis (= Prozentsatz der Tiere, die bei der ersten Besamung tragend wurden) verdoppelte sich nahezu (38,5% zu 71,8%). Im Untersuchungszeitraum erhöhte sich die Milchleistung von 6280 kg zu Beginn bis auf 8083 kg im dritten Jahr.



#### Fruchtbarkeitsservice (Abb. 2)

#### Abb. 2: Untersuchungsgang im Rahmen der Betriebsanalyse bei Herdensterilität der Rinder und Milchkühe

#### **Erhebung des Vorberichtes**

bisher beobachtete Fruchtbarkeitsstörungen bisher durchgeführte Sterilitätsbehandlungen Andere gehäuft auftretende Erkrankungen im Bestand

#### **Untersuchungen am Tier**

Klinisch-gynäkologische Untersuchung (rektal: Gebärmutter und Eierstöcke, vaginal: Scheidenvorhof und Scheidengewölbe)

dabei auch Beurteilung der Allgemeingesundheit, des Ernährungs- und Pflegezustandes, der Euter- und Gliedmaßengesundheit, der Haltungsbedingungen

#### Probensammlung zur weiterführenden Diagnostik

Blutproben: Klinische Chemie, ggf. Progesterontest, ggf. Hämatologie

(= Blutbilder), ggf. Antikörper bzw. Virusnachweis

Speichelproben: Natrium- und Kaliumbestimmung

Scheidenskretproben: Bakteriologischer Keimgehalt; Antibiogrammerstellung

sonstige Proben: (z.B. Milch, Kot)

Futterproben: wenn noch keine Futtermittelanalysen vorliegen

#### Gespräch mit dem Landwirt (Tierarzt, Besamungsbeauftragter, Berater)

- ⇒Zusammenfassung der erhobenen klinischen Befunde
- ⇒Kontrolle der Fruchtbarkeitsdaten (z.B.Rastzeit, Verzögerungszeit
- [=Besamungsintervalle], Güstzeit, Non-Return-Rate, Besamungsindex, Trächtigkeitsindex)
- ⇒Geburtshilfe, Brunstbeobachtungs- und Besamungsmanagement
- ⇒Milchkontrolldaten (Herden-, Gruppen-, Einzeltierdaten)
- ⇒Fütterung und Fütterungsmanagement (aktuelle und vorhergehende Rationen)
- ⇒Boden und Düngungsverhältnisse
- ⇒sonstige innerbetriebliche Besonderheiten und Probleme (z.B. weitere

Betriebszweige, Generationenwechsel, etc.)

- ⇒Beurteilung der Gesamtsituation
- ⇒Einzuleitende Sofortmaßnahmen

## Schriftlicher Bericht nach Vorliegen aller Probenergebnisse

Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse

Empfehlung weiterer einzuleitender Maßnahmen

Evtl. kurze Wiederholung der im Gespräch empfohlenen Maßnahmen

(Empfänger: Besitzer, Hoftierarzt; ggf. Besamungsbeauftrager, Berater, etc. (je nachdem, von wem die Betriebsanalyse eingeleitet wurde)



Die Abteilung "Fruchtbarkeitsservice" der NORDRIND möchte Betrieben im Rahmen ihres Fruchtbarkeitsmanagements, besonders wenn Probleme auftreten, bei der Aufdeckung und Beseitigung dieser beratend und handelnd zur Seite stehen. Die Betriebe melden sich entweder direkt oder werden über den Besamer (Tierzuchttechniker/Tierarzt) gemeldet. Es wird dann mit dem Betriebsleiter ein Besuchstermin vereinbart. Bei der Sterilitätsdiagnostik auf Herdenebene wird nach einem Strategieplan vorgegangen. Neben der äußeren Beurteilung des Tieres und der inneren Untersuchung der Genitalien werden für die weiterführende Diagnostik verschiedene Probenmaterialien (Blut, Speichel, Scheidensekret, Futter) gesammelt. Die mit Hilfe moderner Laboruntersuchungsmethoden gewonnenen Ergebnisse geben wertvolle Hinweise für die unfruchtbarkeitsauslösenden Ursachen. Im Gespräch mit dem Landwirt werden außerdem die Bereiche der Geburtshilfe, des Besamungsmanagements, der Haltung, der Futterproduktion und Fütterung, der Düngung sowie sonstige innerbetriebliche Besonderheiten und Probleme diskutiert und Lösungsvorschläge aufgezeigt. Eine Auswertung der Betriebsergebnisse im Folgejahr der Besuche erbrachte folgende Ergebnisse:

Für alle untersuchten Fruchtbarkeitsmerkmale (ZKZ, GZ, RZ, VZ, TI) zeigen sich Verbesserungen, die für die ZKZ und GZ hochsignifikant sowie für die RZ und VZ signifikant abzusichern sind.

Die Ergebnisse belegen, dass die Verbesserung der Fruchtbarkeitsleistung in Herdbuchbetrieben und in Betrieben mit überdurchschnittlicher Milchleistung deutlicher ausfallen, obwohl hier die Ergebnisse im Vorjahr bereits günstiger waren als in Nichtherdbuchbetrieben bzw. bei unterdurchschnittlicher Herdenleistung. (Motivierte Betriebsleiter, Wissensvertiefung, Prophylaxe).

Gute Herdenfruchtbarkeit und hohe Herdenmilchleistung müssen sich nicht ausschließen. Der Gegensatz zwischen beiden Leistungsbereichen muss stärker in den Verantwortungsbereich des Herdenmanagements (Betriebsleiters) gerückt werden.

## Blutserumuntersuchungen im Rahmen des Fruchtbarkeitsmanagements (Abb. 3)

Klinisch-chemische Blutserumuntersuchungen werden angewandt zur

- Zur Erarbeitung einer exakten Diagnose bei offensichtlich kranken Tieren
- Zur Kontrolle der Wirkung einer angesetzten Therapie
- Zur Feststellung der endgültigen Ausheilung
- Zur Gesundheitskontrolle und Frühdiagnose vorwiegend nicht infektiöser Erkrankungen
- Zur Überwachung und Kontrolle der Fütterung

Im Rahmen der Herdensterilitätsuntersuchungen und auch im Rahmen integrierter Herdenbetreuungsprogramme kommt den beiden letztgenannten Punkten ganz besondere Bedeutung zu, da sich herausgestellt hat, dass sich Gesundheits- und Fruchtbarkeitsschäden schon längere Zeit vor dem Auftreten in Veränderungen des Substrat-, Elektrolyt- und Enzymmusters im Serum bemerkbar macht. So findet man häufig bei noch klinisch gesunden Tieren von der Norm abweichende Serumparameter, die einen Hinweis auf später ablaufende Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen geben. Desgleichen können mit diesen Untersuchungsmethoden Fütterungsschäden und Fütterungsmängel nachgewiesen werden, die sie ebenfalls nachteilig auf Gesundheit und Fruchtbarkeit auswirken können. Auch eine ständige Kontrolle und Überprüfung der Fütterung ist möglich, so dass Fehlversorgungen frühzeitig erkannt und eher abgestellt werden können. Die Möglichkeit, eine Fehlversorgung durch Überprüfung direkt vom Tier stammender Substrate erkennen zu können, hat den Vorteil, dass oftmals schwierige, langwierige und auch teilweise unsichere Rationskontrollen umgangen



werden können. Die Feststellung des Versorgungsstatus am Tier ist deshalb häufig aussagekräftiger, Befunde Tier bereits die Futteraufnahme, da die am Resorptionsverhältnisse, die Ausscheidung und auch falsche Fütterungstechniken beinhalten. Im Standardprogramm werden folgende Parameter untersucht und beurteilt: Phosphor, Kalzium, Selen, Harnstoff, Glukose, ß-Hydoxybuttersäure, die auf Leberfunktionsstörungen hinweisenden Enzyme Aspartat-Aminotransferase (AST) und Glutamat-Dehydrogenase (GlDH) sowie β-Carotin. Natürlich können bei speziellen Fragestellungen auch noch andere Parameter herangezogen werden.

## Abb. 3: Blutserumuntersuchungen im Rahmen der Herdendiagnostik u. Fütterungsüberwachung

- 1. Hochtragende Tiere (ab 6-8 Wochen a.p. und besonders Transitgruppe)
- 2. Frischgekalbte Tiere (2-4 Wochen p.p.)
- 3. Tiere in den ersten 100 Melktagen (ca. 40-100 Tage p.p.)
- 4. Altmelkende Tiere (6-2 Wochen vor dem Trockenstellen) (nicht nur Problemtiere nehmen, sondern auch [noch] gesunde Tiere)

#### Wichtige Angaben:

Identität/LOM/Stallnr.

Alter oder Angabe Rd, Erstkalbin, Mehrkalbskuh

Abkalbedatum od. Tage n.d. Kalben (evtl. bei Trockenstehenden auch Belegungdatum)

Aktuelle Milchleistungsdaten (Milch kg, Fett%, Eiweiß%, Harnstoffgehalt)

Beobachtete Erkrankungen (z.B. Schwergeburt, NG-Verhaltung, GK, Zysten, Festliegen, Acetonämie etc.)

Aktuelle und vorhergehende Futterration der einzelnen Gruppen (wenn möglich Rationsberechnung mit betriebseigenen Futteranalysen und gewogenen Mengen; geschätzte Rationen sind immer falsch!!)

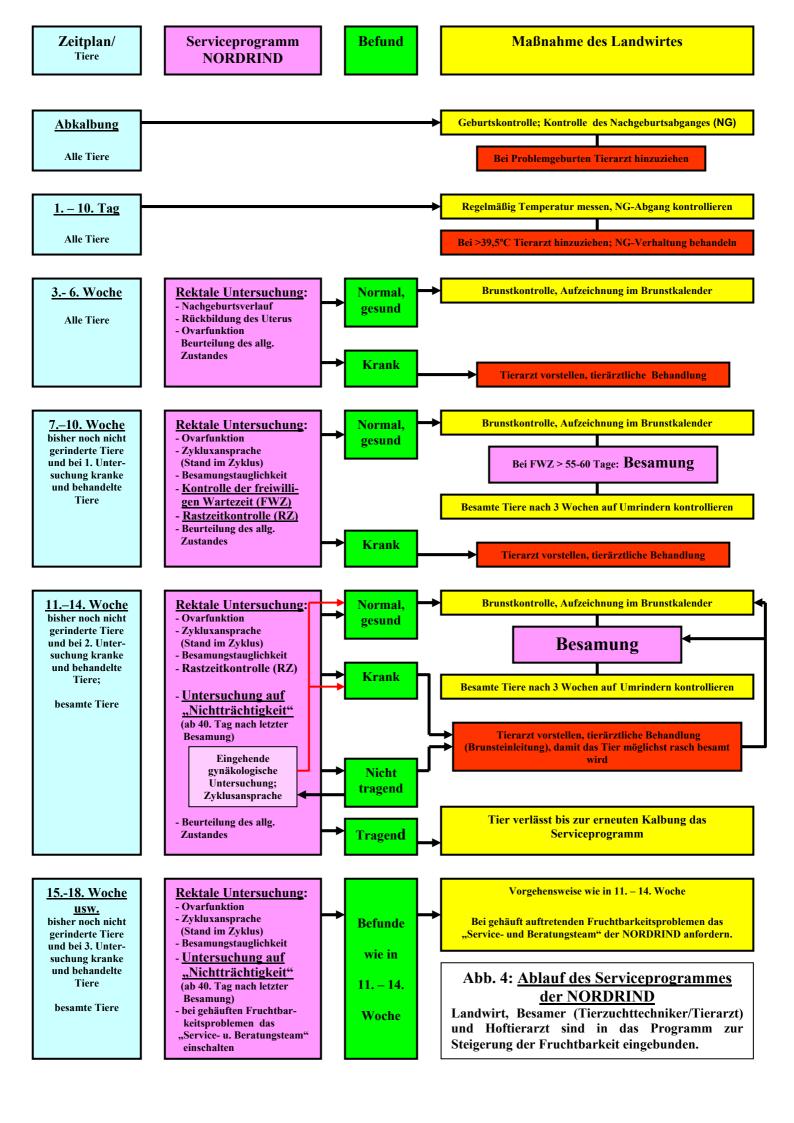
#### Probenanzahl:

Die Probenanzahl innerhalb der jeweiligen Gruppe richtet sich nach der Gruppen-/Herdengröße und dem bestehenden Bestandsproblem (bei einer Herdengröße bis 60 Tiere sollten insgesamt 10 – 12 (-15) Proben, von 70 – 100 Tiere 15 - 18 Proben und bei > 100 Tieren mindestens 18 Proben entnommen werden [keine gepoolten Proben!!]

Bestandsproblem (z.B.)	Gruppe 1 (N Tiere)	Gruppe 2 (N Tiere)	Gruppe 3 (N Tiere)	Gruppe 4 (N Tiere)
Fruchtbarkeitsstörungen	3 - 5	3 - 5	4 - 6	2 - 3
Festliegen / Milchfieber	4 - 6 (auch hochtr. Rd)	3 - 5		
Geringe Milchleistung p.p.	3 – 5	3 - 5	3 - 5	2 - 3
Fütterungskontrolle	3 - 5	3 - 5	3 - 5	3-5
Fruchtbarkeit Rinder	3 -5 (12-1	5 Mon. alt);	3-5 (17-2	20 Mon. alt)

Die Blutserumuntersuchungen haben gegenüber den Untersuchungen in der Milch (Fett-, Eiweiß- und Harnstoff) den Vorteil, dass sie zu jeder Zeit und bei allen Tiergruppen (noch nicht laktierende Rinder und Trockenstehende, Melkende) durchgeführt werden können. Die schriftlich niedergelegten Untersuchungsergebnisse lassen sich als gute Beratungsunterlage nutzen. Sie geben in der Rückschau Hinweise auf die Versorgungssituation und aktuell auf Stoffwechselprobleme. Im Vortrag werden einige Untersuchungsergebnisse und Interpretationsmöglichkeiten vorgestellt.





## Züchterische Aspekte der Fruchtbarkeit

Christian Fürst und Birgit Gredler

### 1. Einleitung

Fruchtbarkeitsprobleme zählen seit Jahren zu den häufigsten Abgangsursachen unserer Milchviehherden. Beim österreichischen Fleckvieh waren im Jahr 2005 23,8% aller Abgänge auf Unfruchtbarkeit zurückzuführen, beim Braunvieh waren es 24,6% (ZuchtData, 2006). Auch in Deutschland stellt unzureichende Fruchtbarkeit mit 21,5% den Hauptgrund für die Merzung der Milchkühe dar (ADR, 2005). Eine schlechte Herdenfruchtbarkeit zeigt sich unter anderem in zusätzlichen Kosten für Besamungen und Behandlungen durch den Tierarzt. Die Zwischenkalbezeit wird als wirtschaftlich bedeutendstes Fruchtbarkeitsmerkmal angesehen (Platen, 2003). Bei erhöhten Zwischenkalbezeiten ist einerseits mit verlängerten Laktationen mit oft reduzierter Milchleistung und andererseits mit Problemen in der Remontierung der weiblichen Nachzucht zu rechnen. Aus diesem Grund ist eine züchterische Verbesserung der Fruchtbarkeit, trotz niedriger Heritabilitäten der Fruchtbarkeitsmerkmale als sinnvoll zu erachten, da sie durch Kostenreduktion entscheidend zum wirtschaftlichen Erfolg der Rinderzucht beitragen kann.

#### 2. Grundlagen

#### 2.1 Merkmale

Unter Fruchtbarkeit wird im Allgemeinen die Fähigkeit, Nachkommen zu erzeugen und so zur Erhaltung der Art beizutragen, verstanden. Beim männlichen Tier bedeutet dies die ausreichende Produktion lebender Spermien und die Fähigkeit zur Bedeckung. In der Rinderzucht beinhaltet männliche Fruchtbarkeit im Zeitalter der künstlichen Besamung vor allem auch die Akzeptanz der künstlichen Vagina. Auf der weiblichen Seite gilt für eine fruchtbare, laktierende Kuh, dass sie regelmäßig eine gut sichtbare Brunst ausbildet und nach der ersten Besamung trächtig wird (De Jong, 1998).

Grundsätzlich können zwei Arten von Fruchtbarkeitsmerkmalen unterschieden werden: welche Zeitintervalle beschreiben und SO genannte Intervallmerkmale stehen vor allem dann im Vordergrund, wenn man von der Annahme ausgeht, dass die Kuh nach der Abkalbung so bald wie möglich wieder trächtig werden soll. Häufig werden das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Besamungen, die Rastzeit (Abkalbung bis 1. Besamung), Verzögerungszeit (1. bis letzte Besamung), Serviceperiode (Abkalbung bis letzte Besamung) und die Zwischenkalbezeit als Fruchtbarkeitsmerkmale in der Zuchtwertschätzung verwendet. Intervallmerkmale haben den Vorteil, dass sie eine kontinuierliche Verteilung aufweisen und in direktem Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit stehen. Als nachteilig ist allerdings der hohe Managemententscheidungen, wie z.B. die Wahl des Besamungszeitpunkts zu sehen. In Abbildung 1 ist der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Intervallmerkmalen dargestellt. Zu den wichtigsten Erfolgsmerkmalen gehören die Non-Return-Rate (meist NRR 56 oder NRR 90) und die Konzeptionsrate nach der ersten Belegung sowie die Anzahl an Belegungen (Besamungsindex). Die NRR gibt den Anteil der Kühe an, für die bis zum 56. bzw. 90. Tag nach der ersten Belegung keine weitere Belegung gemeldet wurde. Es wird somit eine erfolgreiche



Erstbesamung angenommen. Der große Vorteil von Erfolgsmerkmalen liegt in der relativ raschen Verfügbarkeit der Information, sowohl für Kalbinnen als auch für Kühe. Allerdings weisen Erfolgsmerkmale eine diskontinuierliche Verteilung auf, daher müssen bei der Auswertung fortgeschrittene Analysenmethoden angewendet werden. Durch vorzeitige Abgänge und Einsatz von Natursprungstieren entstehen weitere Probleme, da nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, ob die erste Belegung wirklich erfolgreich war.

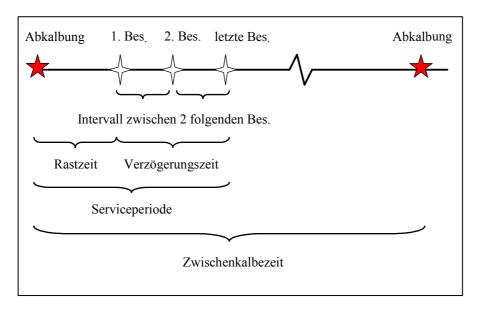


Abbildung 1: Zusammenhang verschiedener Fruchtbarkeitsmerkmale.

In Tabelle 1 sind die Durchschnittswerte einiger Fruchtbarkeitskennzahlen bei den verschiedenen Rassen angegeben. Bei den angegebenen Unterschieden handelt es sich überwiegend um Rassenunterschiede, teilweise aber auch um regionale Unterschiede in der Erfassung.

Tabelle 1: Durchschnittliche Fruchtbarkeitskennzahlen in Österreich 2005 (ZuchtData, 2006).

	Fleckvieh	Braunvieh	Holstein	Pinzgauer	Grauvieh
Besamungsindex	1,64	1,76	1,85	1,55	1,51
NRR 90	62,4	59,5	57,6	64,5	65,1
Zwischenkalbezeit	391	412	413	399	401

#### 2.2 Wirtschaftliche Bedeutung

Eine verminderte Fruchtbarkeitsleistung durch häufiges Umrindern verursacht vielfältige Kosten: Sterilitätsbehandlungen, Spermakosten, höheres Erstkalbealter, weniger Kälber, verringerte Selektionsmöglichkeit, teilweise geringere Milchleistung bis zum Abgang aufgrund von Sterilität. Die Verluste durch Fruchtbarkeitsstörungen werden Deutschland weit auf 500.000 Euro geschätzt (Lotthammer und Wittkowski, 1994).

Nach Platen (2002) kann man grundsätzlich von € 3,75 Mehrkosten je Tag bei einer Serviceperiode über 85 ausgehen. Diese ergeben sich hauptsächlich aus der geringeren relativen Milchleistung durch die verlängerte Laktation. In einer Untersuchung an Milchviehbetrieben in Mecklenburg-Vorpommern zeigte sich, dass je Tag verlängerter Zwischenkalbezeit über 365 Tage hinaus, die Leistung um 0 bis 0,66 kg Milch/Tag in Abhängigkeit vom Leistungsniveau sinkt (Jahnke, 2002). Einerseits ist das Leistungspotential durch eine zeitige Wiederbelegung auszuschöpfen, andererseits wird jedoch eine Hochleistungskuh durch eine zu kurze Rastzeit



überfordert und ihre Laktation zu früh abgeschnitten. Nach Jahnke (2002) resultiert bei hoher Milchleistung eine längere Serviceperiode in einer höheren Persistenz und damit in einer höheren 305-Tage-Leistung. In den Untersuchungen hatten Kühe mit einer Zwischenkalbezeit von 365 Tagen eine um ca. 120 kg niedrigere 305-Tage-Leistung (bei gleicher 100-Tage-Leistung) im Vergleich zu Kühen mit einer um 20 Tage verlängerten Zwischenkalbezeit.

Nach Jahnke (2002) sollte bei etwa 6.500 kg Milch eine Zwischenkalbezeit von 385 Tagen nicht überschritten werden. Je Tag verlängerter Zwischenkalbezeit darüber hinaus wurde ein niedrigerer Reinertrag von € 0,48 ermittelt. Bei 7.700 kg Milch sollte die Zwischenkalbezeit 385-405 Tage nicht übersteigen, da sich ansonsten ein verringerter Reinertrag von € 0,30 pro Tag errechnet. Bei Hochleistungskühen mit 9.000 bis 10.000 kg Milch kann davon ausgegangen werden, dass Zwischenkalbezeiten im Bereich 405 bis 425 Tage keine negativen Auswirkungen auf das betriebswirtschaftliche Ergebnis haben.

In einer Modellkalkulation unter österreichischen Rahmenbedingungen wurde bei Verkürzung der Laktationsdauer auf 267 bzw. 288 Tage bei Leistungen von 5.000, 7.000 und 9.000 kg Milch in der Standardlaktation eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit festgestellt (Greimel und Steinwidder, 1998). Eine gezielt durchgeführte Verlängerung der Laktationsdauer bei guten Management- und Fruchtbarkeitsbedingungen verbessert hingegen die Gewinnsituation eines Betriebes deutlich. Dieser Gewinnzuwachs ist im höheren Leistungsniveau stärker ausgeprägt als im niedrigen. Wenn eine Verlängerung der Laktationsdauer aufgrund schlechter Fruchtbarkeits- und Managementbedingungen zustande kommt, verringert sich jedoch die Wirtschaftlichkeit stark (Greimel und Steinwidder, 1998).

Aus den Literaturergebnissen kann man folgern, dass die Forderung ,jedes Jahr ein Kalb' nicht allgemein gültig sein muss.

#### 2.3 Genetische Grundlagen

#### 2.3.1 Heritabilitäten und genetische Korrelationen

Im Allgemeinen weisen Fruchtbarkeitsmerkmale niedrige Heritabilitäten auf, was vor allem auf die Komplexität des Merkmals zurückzuführen ist (Thaller, 1997). Heritabilitäten für Non-Return-Raten und Konzeptionsraten sind in der Regel sehr niedrig und liegen im Bereich von 0,01 bis 0,05 (z.B. Weigel und Rekaya, 2000; Wall et al., 2003). Für die Anzahl an Besamungen wurden bei Roxström et al. (2001) und Wall et al. (2003) Werte von 0,02 und 0,03 geschätzt. Für die Rastzeit sind in der Literatur Heritabilitäten zwischen 0,03 und 0,04 zu finden (z.B. Dechow et al., 2001; Roxström et al., 2001; Wall et al., 2003). Nach einer Literaturrecherche bei Andersen-Ranberg (2005) liegen die Heritabilitäten für die Serviceperiode zwischen 0,02 und 0,07 und jene für die Zwischenkalbezeit variieren zwischen 0,02 und 0,04.

Die genetischen Korrelationen zwischen der Zwischenkalbezeit und den restlichen Intervallmerkmalen sind meist hoch und günstig. Andersen-Ranberg (2005) gibt in einer Literaturübersicht Werte zwischen 0,55 und 0,92 an. Die genetische Korrelation zwischen Non-Return-Raten und der Zwischenkalbezeit sind ebenfalls meist günstig. Bei Wall et al. (2003) wurde eine Korrelation von -0,45 zwischen der NRR 56 und der Zwischenkalbezeit gefunden. Zwischen Merkmalen der Fruchtbarkeit und Produktionsmerkmalen liegt wie bei den meisten funktionalen Merkmalen eine antagonistische Beziehung vor (z.B. Mark et al., 2005).

#### 2.3.2 Nicht-additive Genwirkungen

Bei den statistischen Ansätzen zur Heritabilitäts- und Zuchtwertschätzung wird üblicherweise unterstellt, dass das jeweilige Merkmal von einer sehr großen Anzahl von Genen mit jeweils dem gleichen vernachlässigbar kleinen Beitrag und sogenannter additiver Wirkung bestimmt wird. Additive Genwirkung bedeutet, dass sich bei den Nachkommen genau der Mittelwert der Genwirkungen von Vater und Mutter ergibt. Aus einer Genwirkung von 20 kg Milch an einem Genort beim Vater und 10 kg bei der Mutter würden sich also genau 15 kg beim Nachkommen



ergeben. Wechselwirkungen von Genen innerhalb eines Genortes (Dominanz) oder zwischen Genorten (Epistasie) werden in der Regel nicht berücksichtigt.

In einer Untersuchung an österreichischen Daten (Fürst, 1994; Fuerst und Sölkner, 1994) wurden diese nicht-additiv genetischen Varianzkomponenten für verschiedene Merkmale geschätzt. Bei der Zwischenkalbezeit waren Dominanz- (0,04) und Epistasievarianz (0,06) deutlich höher als die rein additiv genetische Varianz (0,02). Die nicht-additiv genetischen Effekte werden bei der Heritabilitätsschätzung aufgrund von rechentechnischen Problemen üblicherweise nicht berücksichtigt. Ein gewisser Genauigkeitsverlust wird dabei in Kauf genommen. Eine optimale Ausnutzung von Dominanz- und Epistasieeffekten würde allerdings spezieller Zuchtsysteme bedürfen (z.B. Kreuzungszucht, Linienzucht).

Wenn Kreuzungsnachkommen durch Dominanzeffekte in ihren Leistungen vom Mittel der Elternpopulationen abweichen, spricht man von Heterosis. Üblicherweise geht man von Heterosiseffekten im Bereich von 2 bis 5% bei Leistungs- und etwa 3 bis 10% bei Fitnessmerkmalen aus. Untersuchungen von Egger-Danner und Fürst (2005) am österreichischen Fleckvieh, das teilweise mit Red Holstein gekreuzt wird (durchschnittlicher Holsteingenanteil 6,5%) ergaben für die Non-Return-Rate 90 jedoch einen Heterosiseffekt von nur knapp unter 1%.

#### 2.3.3 Zytoplasmatische Effekte

Eine andere Besonderheit der Vererbung ist die sogenannte zytoplasmatische Vererbung. Darunter versteht man die Weitergabe von Erbanlagen, die sich außerhalb des Zellkerns befinden. Diese Weitergabe kann allerdings nur von der Mutter an die Nachkommen erfolgen. Zytoplasmatische Effekte beim Rind wurden bisher nur bei bestimmten Linien oder Rassen in unterschiedlichen Merkmalen festgestellt, wobei der relative Anteil an der phänotypischen Varianz zwischen 0 und 8% schwankt (Raaber und Essl, 1996; Essl und Schnitzenlehner, 1999). Ein statistisch gut abgesicherter Einfluss zytoplasmatischer Effekte konnte für die funktionalen Merkmale Persistenz (3-4%) und Serviceperiode (2-3%) sowie die Nutzungsdauer (4-6%) gefunden werden. Die zytoplasmatische Vererbung kann einen kleinen Teil der sogenannten "Kuhfamilien" erklären. Das Problem ist aber, dass die zytoplasmatischen Erbanlagen über Söhne aus solchen "Linien" nicht genutzt werden können, weil die Weitergabe immer nur von der Mutter auf die Nachkommen erfolgt!

## 3. Zuchtwertschätzung und Gesamtzuchtwert

#### 3.1 Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit

Die Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit existiert in Österreich seit 1995 und in Deutschland seit 1994. Die gemeinsame Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit für Deutschland und Österreich wird 4-mal jährlich von der ZuchtData GmbH in Wien durchgeführt (Fuerst und Egger-Danner, 2002). Die Holstein-Zuchtwertschätzung wird vom VIT Verden einmal pro Jahr durchgeführt (www.vit.de).

#### **3.1.1 Daten**

Alle künstlichen Besamungen seit 1990 werden in der gemeinsamen Zuchtwertschätzung verwendet. Aus Österreich werden zusätzlich auch Natursprung-Belegungen herangezogen. Daten von Kühen mit einer Rastzeit unter 20 bzw. über 200 Tagen werden ebenso wie Daten von Kalbinnen mit einem Erstbelegalter unter 360 oder über 960 Tagen ausgeschlossen. Besamungen innerhalb von 5 Tagen werden als Doppelbesamungen erfasst und nicht verwendet.

Als **Merkmal** für die Zuchtwertschätzung auf Fruchtbarkeit wird die NRR 90 verwendet. Auf die weiteren Besamungen innerhalb einer Zwischenkalbezeit wurde verzichtet, weil sonst durch



Selektion und Sonderbehandlung von bestimmten Kühen Verzerrungen in den geschätzten Zuchtwerten auftreten könnten.

Beim Fleckvieh gehen insgesamt ca. 19 Millionen NRR 90 von über 7 Millionen Kühen in die gemeinsame Zuchtwertschätzung ein.

#### 3.1.2 Einflussfaktoren

Für die gemeinsame Zuchtwertschätzung wird das Programmpaket MiX99 von Lidauer et al. (2000) verwendet. Die Zuchtwertschätzung beruht auf einem BLUP-Tiermodell. Die NRR 90 in verschiedenen Laktationen wird als wiederholte Ausprägung ein und desselben Merkmals aufgefasst (Wiederholbarkeitsmodell).

Bei der Wahl des genetischen Modells wurde berücksichtigt, dass bei der Konzeption verschiedene genetische Effekte von Bedeutung sind. Dies wird durch eine Trennung in eine paternale und eine maternale Komponente erreicht. Durch diese Trennung in zwei genetische Effekte wird bei der Zuchtwertschätzung der paternalen Fruchtbarkeit eines Stieres simultan der maternale Zuchtwert der besamten Kühe berücksichtigt. Dies entspricht der Berücksichtigung des Anpaarungsniveaus in der Zuchtwertschätzung für Milchleistungsmerkmale und hat sehr große Bedeutung für gut befruchtende Besamungsstiere, die oft auf Kühe eingesetzt werden, bei denen Fruchtbarkeitsprobleme erwartet werden.

Die Heritabilitäten liegen bei jeweils 2% für die paternale und maternale Fruchtbarkeit. Die Wiederholbarkeit beträgt 3% und es wurde keine Korrelation zw. paternaler und maternaler Fruchtbarkeit unterstellt.

NRR 90 = Region \* Jahr \* Monat + Betrieb \* Jahr + Besamungsart \* Besamer \* Jahr + Laktation \* Erstbesamungsalter bzw. Rastzeitklasse + Belegstier (paternaler Effekt) + Kuh (maternaler Effekt) + permanenter Umwelteffekt + Resteffekt

Bei den Laktationen wird zwischen der 7. und höheren Laktationen nicht mehr unterschieden. Beim Erstbesamungsalter werden 16 und bei der Rastzeit 11 Klassen gebildet.

Um der länderübergreifenden Zuchtwertschätzung Rechnung zu tragen, wurde ein Regionseffekt entsprechend unterschiedlicher Datenerhebung bzw. Klimabedingungen eingeführt. Daraus ergaben sich 8 Regionen für Österreich und 19 für Deutschland. Die Einbeziehung des Besamers ins Modell hat nur sehr geringe Auswirkungen. Als Besamungsart ist die Unterscheidung zwischen künstlicher Besamung und Natursprung zu verstehen.

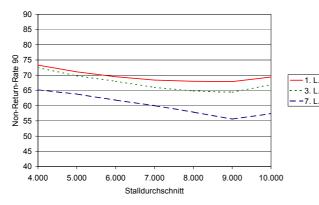
Neben den beiden genetischen Einflussfaktoren ist im Zuchtwertschätzmodell der **permanente maternale Umwelteffekt** enthalten. Dieser Effekt (z.B. Eierstockentzündung, Beckenverletzung) ist von Bedeutung, weil Beobachtungen aus verschiedenen Laktationen einer Kuh in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt werden.

Der weitaus wichtigste Einflussfaktor auf die Fruchtbarkeit ist der **Betrieb**. Daher werden in der Auswertung alle Tiere, die im Laufe eines Jahres in einer Herde besamt wurden bzw. abkalbten, als Vergleichstiere verwendet (Herdenjahreseffekt). Mit diesem Herdenjahreseffekt werden alle betriebsspezifischen Faktoren erfasst. Aus Abbildung 2 kann man erkennen, dass die NRR 90 mit steigendem Stalldurchschnitt zurückgeht. Allerdings kann in den Betrieben mit den höchsten Stalldurchschnitten und damit wohl auch dem besten Management dieser Trend gestoppt bzw. sogar leicht umgedreht werden. Bei der Betriebsgröße zeigt sich ein ähnliches Bild (Abb. 3).

Der Einfluss des **Besamungsmonates** auf die NRR 90 ist anhand von Daten beim österreichischen Fleckvieh in Abbildung 4 dargestellt. Die Fruchtbarkeitssituation wechselt im Laufe des Jahres. Sie ist im Sommer etwas besser als in den Wintermonaten, bei gleitenden Übergängen im Frühjahr und im Herbst.

Bei einem **Erstbesamungsalter** zwischen 15 und 22 Monaten steigt die NRR 90 mit zunehmendem Alter an, während ab 22 Monaten kaum Vorteile in der Fruchtbarkeit durch längeres Zuwarten mehr zu beobachten sind (Abbildung 5).

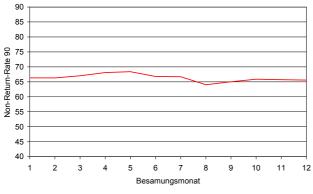




5 10 15 20 25 30 35 40 Kuhzahl

Abb. 2: Zusammenhang zwischen Stalldurchschnitt (Milch) und NRR 90 (Fleckvieh).

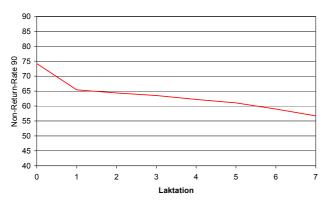
Abb. 3: Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und NRR 90 (Fleckvieh).



14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 Erstbesamungsalter (Monate)

Abb. 4: Zusammenhang zwischen Besamungsmonat und NRR 90 (Fleckvieh).

Abb. 5: Zusammenhang zwischen Erstbesamungsalter und NRR 90 (Fleckvieh).



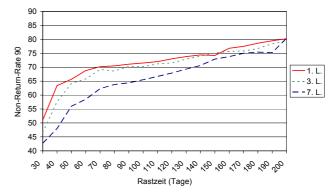


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Laktation und NRR 90 (Fleckvieh).

Abb. 7: Zusammenhang zwischen Rastzeit und NRR 90 (Fleckvieh).

Abbildung 6 zeigt den Einfluss der **Laktation** auf die NRR 90. Bei der Besamung als Jungtier ergibt sich dabei ein wesentlich höherer Wert. Hier ist wohl eine gewisse Überschätzung gegeben, weil einige Tiere nach einer nicht erfolgreichen Erstbesamung zum Schlachten verkauft werden oder aus anderen Gründen nicht zur Nachbesamung gemeldet werden. In den folgenden Laktationen nimmt die NRR 90 von Laktation zu Laktation leicht ab.

Der Effekt der **Rastzeit** ist in Abbildung 7 dargestellt. Zwischen dem 30. und dem 60. Tag steigt die Non-Return-Rate deutlich an. Ab dem 60. Tag wirkt sich eine Verlängerung der Rastzeit weniger stark positiv auf die Fruchtbarkeitssituation aus. Die Rangierung innerhalb der einzelnen Laktationen ist etwas unterschiedlich. In der ersten Laktation ist eine Rastzeit



zwischen 30 und 60 Tagen etwas günstiger, als in den höheren Laktationen. Dies kann unter Umständen mit der höheren Milchleistung in den späteren Laktationen begründet werden.

#### 3.1.3 Darstellung und Interpretation der Zuchtwerte

Die Zuchtwerte werden wie gewohnt als Relativzuchtwerte mit einem Mittel von 100 und einer wahren genetischen Streuung von 12 Punkten veröffentlicht. Die Basispopulation stellen wie bei den anderen Merkmalen die 3 aktuellen Stier-Geburtsjahrgänge dar.

Der **paternale Zuchtwert** gibt Auskunft über die "eigene" Fruchtbarkeit (Befruchtungsfähigkeit) eines Stieres, die vor allem von der Samenqualität abhängig ist. Detaillierte Analysen zur Samenqualität sind bei Fürst-Waltl und Gredler (2006) zu finden. Der **maternale Zuchtwert** gibt Auskunft über die Fruchtbarkeit der Töchter eines Stieres.

Die Sicherheit wird approximativ berechnet. Die Fruchtbarkeitszuchtwerte von Stieren werden auf jeden Fall bei Vorliegen offizieller Milch-Zuchtwerte unabhängig von ihrer Sicherheit veröffentlicht. Sie können bei einer Sicherheit von 30% aber auch bereits vorher veröffentlicht werden. Die Kuh-Zuchtwerte gehen in die Berechnung des Gesamtzuchtwertes ein.

Der **genetische Trend** ist in den Abbildungen 8 (Fleckvieh) und 9 (Braunvieh) dargestellt. Bei der maternalen Fruchtbarkeit ist durch den negativen Zusammenhang zur Milchleistung eine leicht negative genetische Entwicklung festzustellen.

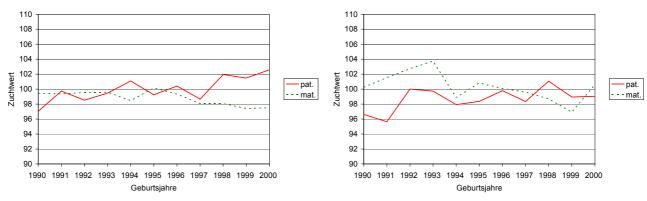


Abb. 8: Genetischer Trend für Fruchtbarkeit (Fleckvieh-Stiere).

Abb. 9: Genetischer Trend für Fruchtbarkeit (Braunvieh-Stiere).

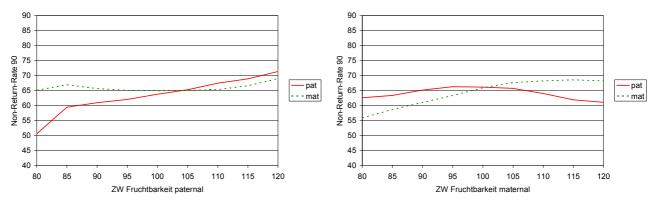


Abb. 10: Zusammenhang zwischen ZW Fruchtbarkeit paternal und NRR 90 (Fleckvieh).

Abb. 11: Zusammenhang zwischen ZW Fruchtbarkeit maternal und NRR 90 (Fleckvieh).

Aus den Abbildungen 10 und 11 lässt sich der Zusammenhang zwischen Fruchtbarkeitszuchtwerten und den Non-Return-Raten erkennen. Bei Besamung mit Stieren mit einem paternalen Fruchtbarkeitszuchtwert von 80 liegt die Non-Return-Rate 90 bei nur knapp über 50%, wogegen bei Stieren mit einem paternalen Fruchtbarkeitszuchtwert von 120 über 70%



beim ersten Mal trächtig werden. Zur Non-Return-Rate der Töchter (maternal) ist erwartungsgemäß kein Zusammenhang zu erkennen. Steigt der maternale Zuchtwert von 80 auf 120 erhöht sich die Non-Return-Rate der Töchter von ca. 55% auf fast 70% (Abbildung 11). In diesem Fall besteht ebenfalls kein nennenswerter Zusammenhang zur paternalen Komponente, was der genetischen Korrelation von 0 zwischen paternaler und maternaler Fruchtbarkeit entspricht. Aus einer weiteren Analyse zeigt sich, dass 28,0% der Töchter von Stieren mit einem maternalen Fruchtbarkeitszuchtwert von 80 aufgrund von Unfruchtbarkeit abgehen, wogegen es bei Stieren mit einem Zuchtwert von 120 mit 14,0% nur halb so viele sind. Daraus lässt sich die praktische Bedeutung vor allem der maternalen Fruchtbarkeitszuchtwerte erkennen.

#### 3.2 Fruchtbarkeit in der Zuchtwertschätzung Milch

In der Testtagsmodell-Zuchtwertschätzung werden die einzelnen Probemelkergebnisse auf den Trächtigkeitstag korrigiert. Wie Untersuchungen gezeigt haben, wird der Trächtigkeitseinfluss auf diese Weise am besten berücksichtigt. 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 fast 8 kg am Tag betragen. 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 Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit und die Kombination der Zuchtwerte im Gesamtzuchtwert erreicht

Eine genaue Beschreibung der Milch-Zuchtwertschätzung mit dem Testtagsmodell findet sich bei Fürst et al. (2005).

#### 3.3 Gesamtzuchtwert

Jahrzehntelang beschränkte sich die Selektion in der Rinderzucht weltweit weitgehend auf Produktionsmerkmale wie Milch und Fleisch. Mit der Sättigung der Märkte und teils beträchtlichen Preisrückgängen für Milch und Fleisch ist die Bedeutung der Kosten senkenden Merkmale deutlich gestiegen. Die Grundlagen für den ökonomischen Gesamtzuchtwert (GZW) in Österreich wurden von Miesenberger (1997) und Miesenberger et al. (1998) erarbeitet und beschrieben. Der ökonomische GZW zielt auf die Maximierung des wirtschaftlichen Gesamtnutzens ab. Werden mehrere Merkmale im Zuchtziel berücksichtigt, gilt die Überlegenheit der Indexselektion gegenüber allen anderen Selektionsmethoden als erwiesen. Der GZW ist ein Selektionsindex und stellt die mathematische Definition des Zuchtzieles dar. Mit der Berechnung eines ökonomischen Gesamtzuchtwertes können alle wirtschaftlich wichtigen Merkmale in einer Zahl kombiniert werden, nach welcher die Tiere objektiv gereiht werden können

Seit 1998 wird der GZW von der ZuchtData GmbH für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer und Grauvieh errechnet und veröffentlicht (Fürst et al., 2005). Seit 2002 gilt dieser GZW (mit leichten Anpassungen) nicht nur in Österreich sondern auch in Deutschland. Der GZW stellt das primäre Selektionskriterium bei Stieren und Kühen dar.

Die aktuellen wirtschaftlichen Gewichte zur Berechnung des Gesamtzuchtwerts sind in Tabelle 2 angegeben. Bei der Rasse Holstein geht die Fruchtbarkeit als Summe der paternalen und maternalen Fruchtbarkeit nur mit 1,3% in den Gesamtzuchtwert ein (www.vit.de). Bei den anderen Rassen liegt das relative Gewicht zwischen 7,5 und 9,8% (Tabelle 2).



Tabelle 2: Relative wirtschaftliche Gewichte im Gesamtzuchtwert (pro genetischer Standardabweichung) in Österreich und Deutschland.

	Milch	Fleisch	Fitness	Exterieur	Fruchtbarkeit pat.+mat.
Fleckvieh	39,3	16,4	44,3	0,0	8,9
Braunvieh	48,0	5,0	47,0	0,0	9,8
Holstein	50,0	0,0	35,0	15,0	1,3
Pinzgauer	36,0	14,3	49,6	0,0	7,5
Grauvieh	36,1	16,3	47,7	0,0	8,2

#### 3.4 Weiterentwicklung der Zuchtwertschätzung

Im November 2004 wurde die Universität für Bodenkultur Wien vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit der ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH mit der Bearbeitung des Projektes "Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Merkmale der Fruchtbarkeit beim Rind" beauftragt. Vorrangiges Ziel des Projektes ist durch eine verbesserte Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit die Wirtschaftlichkeit der Rinderzucht zu erhöhen und eine langfristige genetische Verbesserung der Fruchtbarkeit zu erreichen.

International wird für die Zuchtwertschätzung ein Fruchtbarkeitsindex, in dem mindestens zwei oder mehr Merkmale gemäß ihrer wirtschaftlichen und züchterischen Bedeutung kombiniert werden, empfohlen (z.B. De Jong, 1998; Groen et al., 1998; Coffey et al., 2001). In einigen Ländern, wie z.B. England, Schweden und den Niederlanden wurde bereits ein Fruchtbarkeitsindex ausgearbeitet und erfolgreich umgesetzt. So werden in Schweden zum Beispiel die Brunstintensität, Anzahl an Besamungen, die Rastzeit und die Anzahl an tierärztlichen Behandlungen von Fruchtbarkeitsstörungen in den Index miteinbezogen (Roxström, 2001).

In diesem Projekt werden als mögliche Indexmerkmale die Rastzeit, Verzögerungszeit, Anzahl an Besamungen, NRR 56, Serviceperiode, Zwischenkalbezeit und die Hilfsmerkmale Body Condition Score, Harnstoffgehalt der Milch und Fett-Eiweiß-Verhältnis untersucht. Es werden für alle Merkmale Heritabilitäten und die genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh geschätzt werden. Nach Roxström et al. (2001) sollen aufgrund der mittleren genetischen Korrelationen Fruchtbarkeitsleistungen von Kalbinnen und die Fruchtbarkeit in der ersten und folgenden Laktationen als genetisch unterschiedliche Merkmale betrachtet werden. Daher wird im Projekt auch die Notwendigkeit geprüft, zwischen Fruchtbarkeitsmerkmalen in verschiedenen Altersstufen zu unterscheiden. Ebenfalls wird der Einfluss der Milchleistung auf das Merkmal Anzahl an Besamungen untersucht. Es ist anzunehmen, dass Kühe, die mit ihrer Milchleistung deutlich über dem Betriebsdurchschnitt liegen, öfter besamt werden.

Hinsichtlich einer Weiterentwicklung der Methodik der Zuchtwertschätzung soll für die Intervallmerkmale auch die Lebensdaueranalyse (Survival Analyse) untersucht werden. Untersuchungen in anderen Populationen lassen damit höhere Sicherheiten erwarten (Schneider et al., 2005).

Im Oktober 2007 sollen die Arbeiten zum Projekt abgeschlossen sein. Die verbesserte Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit soll in der gemeinsamen Routinezuchtwertschätzung für Deutschland und Österreich für Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer und Grauvieh eingeführt werden.



## 4. Zusammenhang zu anderen Merkmalen

#### 4.1 Milch, Fleisch und Fitness

Grundsätzlich muss man bei jeder künstlichen Selektion, die nicht direkt auf Fitnesskriterien ausgerichtet ist, mit einem Verlust an Vitalität und Fruchtbarkeit der Tiere rechnen (Essl, 1999). Um Zusammenhänge der Fruchtbarkeit zu anderen Merkmalen zu erkennen, wurden die Korrelationen zwischen den Fruchtbarkeitszuchtwerten und allen anderen Zuchtwerten geschätzt. Ausgewählte Ergebnisse dazu sind für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh in Tabelle 3 angegeben. Die Zuchtwert-Korrelationen zeigen ein relativ einheitliches Bild bei beiden Rassen. Die Korrelationen der paternalen Fruchtbarkeit sind zu den meisten Merkmalen sehr nahe Null. Ein leicht positiver Zusammenhang besteht zum Fitnesswert, zur Milchmenge und damit auch zum Milchwert und Gesamtzuchtwert.

Tabelle 3: Korrelationen zwischen Fruchtbarkeits-Zuchtwerten und anderen Merkmalen von Fleckvieh- und Braunvieh-Stieren (Stand Februar 2006).

	Fruchtbark	eit paternal	Fruchtbarkeit maternal		
	Fleckvieh	Braunvieh	Fleckvieh	Braunvieh	
Gesamtzuchtwert	0,16	0,23	0,09	0,01	
Milchwert	0,10	0,18	-0,06	-0,17	
Fleischwert	0,01	0,01	-0,01	0,09	
Fitness	0,17	0,13	0,37	0,34	
Milchmenge	0,10	0,15	-0,08	-0,20	
Eiweißgehalt	-0,04	0,02	0,08	0,10	
Nutzungsdauer	0,04	-0,05	0,20	0,17	
Persistenz	-0,03	0,01	0,09	-0,02	
Kalbeverlauf maternal	0,01	-0,01	0,10	0,19	
Totgeburten maternal	0,02	0,01	0,10	0,12	
Zellzahl	-0,01	-0,01	0,02	0,07	

Bei der maternalen Fruchtbarkeit (Fruchtbarkeit der Töchter eines Stieres) zeigt sich eine negative Korrelation zu Milchmenge bzw. Milchwert von etwa -0,10 bis -0,20, was umgerechnet auf eine genetische Korrelation ca. -0,30 ergibt. Oltenacu et al. (1991) schätzten für Rotbunte in Schweden eine genetische Korrelation zwischen Trächtigkeitsrate und FCM von -0,14. Bei Schwarzbunten ergab sich in der selben Untersuchung eine deutlich negativere Beziehung von -0,41, was mit dem Einfluss von US-Holstein-Friesian-Genen begründet wurde. Boichard und Manfredi (1994) schätzten für französische Holsteins zwischen Konzeptionsrate und der 100-Tage-Leistung eine genetische Korrelation von -0,62. Hoekstra et al. (1994) kamen in einer holländischen Studie an Holsteinkühen zu einer genetischen Korrelation zwischen Non-Return-Rate und Milchmenge von -0,24. Damit bestätigen die gefundenen Korrelationen den Antagonismus zwischen Milchmenge und Fruchtbarkeit, der auf höherem Milchleistungsniveau stärker ausgeprägt sein dürfte. Zwischen dem Fett- und Eiweißgehalt und der maternalen Fruchtbarkeit besteht ein neutraler bis leicht positiver Zusammenhang.

Nennenswerte positive Korrelationen bestehen zwischen der maternalen Fruchtbarkeit und der leistungsunabhängigen Nutzungsdauer und den maternalen Zuchtwerten für Kalbeverlauf und Totgeburtenrate. Zusammen mit den relativ hohen wirtschaftlichen Gewichten ergibt sich damit insgesamt eine deutlich positive Korrelation zum Fitnesswert. Da der Stoffwechsel der Kühe mit flacher Laktationskurve zum Zeitpunkt der Besamung etwas weniger belastet ist, wäre ein leicht positiver Zusammenhang zur Persistenz zu erwarten. Es konnte jedoch nur beim Fleckvieh eine positive Tendenz gefunden werden. Fruchtbarere Kühe zeigen tendenziell auch weniger



Kalbeprobleme, was sich in Summe auch in einer längeren Nutzungsdauer widerspiegelt. Der Zusammenhang zwischen Kalbeverlauf und Fruchtbarkeit ist in den Abbildungen 12 und 13 dargestellt. Kühe mit einer Schwergeburt oder Operation haben je nach Laktation eine um ca. 6 bis 7% niedrigere NRR 90 als Kühe mit einer Leicht- oder Normalgeburt. Die Rastzeit verlängert sich nach einer Schwergeburt um 1 bis 3 Tage (Abbildung 13).

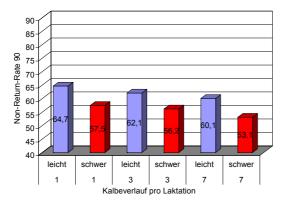


Abb. 12: Zusammenhang zwischen Kalbeverlauf und NRR 90 (Fleckvieh).

Abb. 13: Zusammenhang zwischen Kalbeverlauf und Rastzeit (Fleckvieh).

#### 4.2 Exterieur

Abgesehen von Liebhaberzucht lässt sich die Zucht auf Exterieur nur mit einem Zusammenhang zur Wirtschaftlichkeit begründen. Die Beziehung von Exterieurmerkmalen zur Fruchtbarkeit wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft in Zollikofen untersucht (Bühler und Maurer, 2004). Insgesamt wurden Daten von 46.972 Kühen der Rassen Braunvieh, Holstein, Red Holstein, Fleckvieh, Simmental und Original-Braunvieh untersucht. Als Merkmale wurden die Oberlinie, Beckenlage und die Lage der Labien (Scham) erhoben. Es zeigte sich, dass Kühe mit ansteigendem Becken eine deutlich schlechtere Non-Return-Rate aufweisen als solche mit geradem oder abgezogenem Becken. Mit abgezogenem Becken lag die NRR 75 bei 65,9%, bei ansteigendem Becken bei 62,2%. Eine leicht gesenkte obere Linie zeigte eine leicht negative Auswirkung auf die NRR 75 im Vergleich zu einer geraden Oberlinie. Nach der Korrektur des Einflusses der übrigen Effekte ist der Einfluss der Labienlage (senkrecht bis eingefallen) nur noch gering, wobei bei einem eingefallenem Mastdarm eine schlechtere Fruchtbarkeit zu erwarten ist. Es zeigte sich, dass Brown-Swiss-Kühe am häufigsten von einem eingefallenem Mastdarm betroffen sind. Die milchbetonten Rassen neigen eher zu ansteigendem Becken, leicht bis stark gesenktem Rücken und eingefallenem Mastdarm als die kombinierten Rassen (Bühler und Maurer, 2004).

Mithilfe einer einfachen Datenanalyse wurden die österreichischen Exterieurdaten bezüglich des Zusammenhangs zur Fruchtbarkeit analysiert. Bei der Beckenneigung (Abbildungen 14 und 15) zeigte sich ebenfalls, dass Kühe mit ansteigendem Becken eine deutlich schlechtere Fruchtbarkeit aufweisen, wobei die geringe Datenzahl in diesem Extrem zu beachten ist. Auch bei der Oberlinie bestätigt sich das Ergebnis der Untersuchung aus der Schweiz (Abbildungen 16 und 17). Beim Braunvieh ist eine deutlich bessere Fruchtbarkeit bei geradem bzw. erhöhtem Rücken festzustellen. Beim Fleckvieh wird der Senkrücken als Besonderheit erfasst. Ein leicht (1) bzw. stark ausgeprägter (2) Senkrücken zeigt jedoch nur eine geringfügig schlechtere NRR 90. Ein ähnliches Ergebnis ist beim abgedachten Becken beim Fleckvieh festzustellen (Abbildung 18). Eine Senkscheide, die einem eingefallenen Mastdarm entspricht, wirkt sich nennenswert negativ auf die Fruchtbarkeit aus (Abbildung 19).

Somit scheint ein Zusammenhang der Beckenneigung, der Oberlinie und eines eingefallenen Mastdarms zur Fruchtbarkeit zu bestehen, die somit als Hilfsmerkmale angesehen werden könnten.



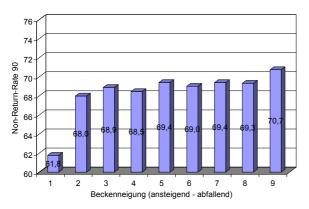


Abb. 14: Zusammenhang zwischen Beckenneigung und NRR 90 (Fleckvieh).

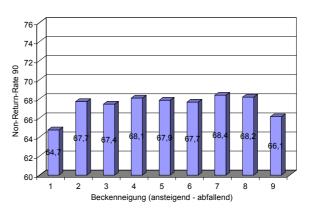


Abb. 15: Zusammenhang zwischen Beckenneigung und NRR 90 (Braunvieh).

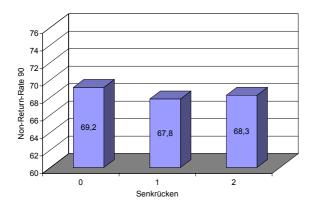


Abb. 16: Zusammenhang zwischen Senkrücken und NRR 90 (Fleckvieh).

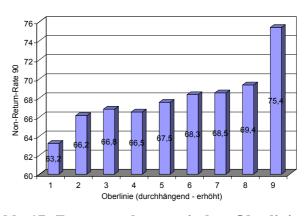


Abb. 17: Zusammenhang zwischen Oberlinie und NRR 90 (Braunvieh).

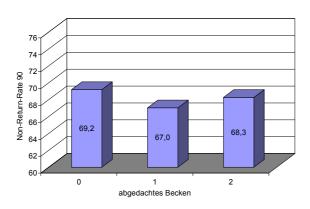


Abb. 18: Zusammenhang zwischen abgedachtem Becken und NRR 90 (Fleckvieh).

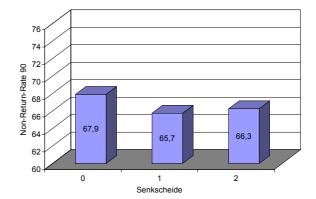


Abb. 19: Zusammenhang zwischen Senkscheide und NRR 90 (Braunvieh).

## 5. Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Fruchtbarkeit

Hauptproblem bei der züchterischen Verbesserung der Fruchtbarkeit ist die sehr niedrige Heritabilität. Trotzdem ist eine ausreichend große genetische Varianz vorhanden, um einen Zuchtfortschritt zu ermöglichen. Krogmeier (2001) präsentierte einen umfangreichen Überblick über die Möglichkeiten zur Verbesserung von Fitnessmerkmalen. Die folgenden Ausführungen in diesem Kapitel beziehen sich weitgehend auf die genannte Arbeit.



#### 5.1 Verbesserung der Zuchtwertschätzung für funktionale Merkmale

#### 5.1.1 Genauere Merkmalserfassung

Die Erfassung der Fruchtbarkeitsdaten ist in Österreich etwas unterschiedlich organisiert. Teilweise werden die Besamungen direkt von den Besamungsstationen in die zentrale Datenbank (Rinderdatenverbund RDV) gemeldet, teilweise werden diese im Rahmen der Milchleistungskontrolle erfasst. Hier besteht mit Sicherheit noch Verbesserungspotential. Exakter erhobene Daten führen auch zu höheren Heritabilitäten und damit zu höheren Sicherheiten. Eine deutliche Verbesserung kann man sich auch durch die direkte Erhebung von Krankheitsdiagnosedaten erwarten. Dieser Weg, der in Skandinavien schon seit Jahrzehnten beschritten wird, wird derzeit auch in Österreich geplant.

#### **5.1.2** Verwendung von Hilfsmerkmalen

Zusätzlich zu direkten Fruchtbarkeitsmerkmalen werden auch immer mehr physiologische Hilfsmerkmale, welche Hinweise auf den Fruchtbarkeitsstatus des Tieres geben, zur Verbesserung der Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit eingesetzt. So lassen z.B. der Progesterongehalt der Milch, die Bewegungsaktivität oder die Körpertemperatur Aussagen über die Brunst des Tieres zu (Mark et al., 2005). Auch können Milchinhaltsstoffe, wie der Eiweißgehalt, das Fett-Eiweiß-Verhältnis oder der Milchharnstoffgehalt als Indikatoren für weibliche Fruchtbarkeit verwendet werden (Rensing et al., 2005; Gredler und Fürst, 2006). Das Merkmal Body Condition Score (BCS) enthält ebenfalls Informationen über die Fruchtbarkeit und kann zusätzlich noch Hilfestellung bei Managemententscheidungen bieten. Es wird dabei der Futterzustand bzw. die Körperkondition eines Tieres von einer Skala von 1 bis 5 (oder auch 1 bis 9) bewertet (Gredler und Fürst, 2006).

#### 5.1.3 Verbesserung der Zuchtwertschätzmethodik

An der Verbesserung der Methodik der Zuchtwertschätzung wird derzeit im unter Punkt 3.4 angesprochenen Forschungsprojekt gearbeitet. Durch die Verwendung zusätzlicher Fruchtbarkeitsmerkmale, die Berücksichtigung von Hilfsmerkmalen und die Verfeinerung der Methodik kann man höhere Sicherheiten für die Zuchtwerte erwarten.

### 5.2 Stärkere Gewichtung im Gesamtzuchtwert

Die Fruchtbarkeit ist in Deutschland und Österreich je nach Rasse zwischen 1,3 und 9,8% im Gesamtzuchtwert gewichtet. Die wirtschaftlichen Gewichte zur Berechnung des Gesamtzuchtwertes dürfen allerdings auf keinen Fall mit den zu erwartenden Zuchtfortschritten bei Selektion nach dem GZW verwechselt werden. Für den Zuchtfortschritt sind nicht nur die wirtschaftlichen Gewichte, sondern auch die Heritabilitäten und Sicherheiten und die genetischen Beziehungen der einzelnen Merkmale entscheidend. Daraus ergibt sich, dass der mit Abstand größte Selektionserfolg bei der Milch zu erwarten ist (beim Fleckvieh ca. 80%). In den Bereichen Fleisch und Fitness kann man jeweils ca. 10% erwarten. Somit ist im Fitnessbereich trotz der hohen Gewichtung durch die niedrigen Heritabilitäten aber nur wenig züchterischer Erfolg zu erwarten.

Modellrechnungen können die Möglichkeiten des Gesamtzuchtwerts zeigen. In einer Analyse von Fürst (2006) wurden die wirtschaftlichen Gewichte innerhalb des Gesamtzuchtwerts beim Fleckvieh speziell im Hinblick auf die Verbesserung der Fitness mehr oder weniger willkürlich verschoben, um Auswirkungen auf den Zuchtfortschritt abschätzen zu können. Bei theoretisch ausschließlicher Selektion nach dem aktuellen GZW kann man einen Zuchtfortschritt von 403 kg Milch pro Generation erwarten, das entspricht bei einem Generationsintervall von ca. 6 Jahren 67 kg pro Jahr. Bei den Fleischmerkmalen ist mit einer nennenswerten Verschlechterung des Fleischanteils zu rechnen. Im Fitnessbereich liegen vor allem Fruchtbarkeit, Kalbeverlauf und



Zellzahl trotz hoher wirtschaftlicher Gewichte im kritischen Bereich. Bei einer Erhöhung der Gewichte der Fitnessmerkmale um z.B. 50% wäre durch die niedrige Heritabilität und die ungünstigen genetischen Beziehungen zu anderen Merkmalen bei Fruchtbarkeit und Kalbeverlauf nach wie vor von einer leichten Verschlechterung auszugehen. Erst bei einer Verdoppelung der Gewichte für die Fitnessmerkmale wäre auch für die maternale Fruchtbarkeit eine positive Entwicklung zu erwarten. Die alleinige Berücksichtigung der Milch als Selektionskriterium würde zu einer teils drastischen Verschlechterung im Fleisch- und Fitnessbereich führen. Besonders die Fruchtbarkeit würde bei einseitiger Selektion auf Milchleistung genetisch deutlich verlieren (Fürst, 2006).

Die Bedeutung des GZW lässt sich aus den Modellrechnungen erkennen. Die beschriebene Situation am Beispiel des Fleckviehs lässt sich auf die anderen Rassen sinngemäß voll übertragen. Der GZW spielt für alle Rassen eine große Rolle um züchterische Fehlentwicklungen möglichst zu vermeiden.

#### 5.3 Erhöhung der Töchterzahlen

Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Sicherheit geschätzter Zuchtwerte vor allem bei Merkmalen mit niedriger Heritabilität ist die Erhöhung der Nachkommenzahl von Teststieren. Dies kann durch eine Erhöhung des Testanteils erfolgen oder indem mehr Töchter von weniger Teststieren geprüft werden. Im Jahr 2005 lag der Testanteil beim Fleckvieh in Österreich bei 20,0% und beim Braunvieh bei 22,2% (ZuchtData, 2006). Die Anzahl Töchter pro getesteten Stier liegt bei etwa 60 bis 80. In Skandinavien liegt die Töchterzahl meist deutlich über 100 (z.B. Svendsen, 1999). Der Zusammenhang zwischen der Nachkommenanzahl und der Sicherheit der geschätzten Zuchtwerte in Abhängigkeit von der Heritabilität ist in Abbildung 20 ersichtlich. Bei ausschließlicher Berücksichtigung der Nachkommen (ohne sonstige Verwandtschaftsinformation) ergibt sich bei 100 Nachkommen und 2% Heritabilität (wie sie bei der Fruchtbarkeits-Zuchtwertschätzung verwendet wird) eine Sicherheit von nur 33%. Bei 5% Heritabilität würde sie immerhin schon bei 56% liegen. Vor allem bei niedriger Heritabilität steigt die Sicherheit sehr deutlich mit steigender Töchterzahl.

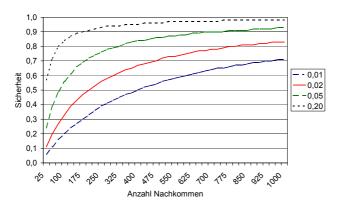


Abb. 20: Zusammenhang zwischen Anzahl Nachkommen und Sicherheit der Zuchtwerte bei unterschiedlicher Heritabilität (0,01, 0,02, 0,05 und 0,20).

#### 5.4 Einschränkung der Inzucht und Nutzung von Kreuzungseffekten

Die Inzuchtdepression ist im Allgemeinen bei Merkmalen mit niedriger Heritabilität am höchsten. Untersuchungen an österreichischen Rinderpopulationen haben ergeben, dass je Prozent Inzuchtsteigerung die Zwischenkalbezeit jedoch nur um bis zu 0,25 Tage steigt (Fürst,



1994). Der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient liegt in Österreich für den Geburtsjahrgang 2005 beim Fleckvieh bei nur 1,3% und reicht bis zu ca. 3,5% für Grauvieh, Holstein und Braunvieh. Auf der anderen Seite kann durch Kreuzungszucht über die Ausnutzung von Heterosiseffekten die Fruchtbarkeit verbessert werden (siehe 2.3.2, Egger-Danner und Fürst, 2005).

#### 5.5 Markergestützte Selektion

Fitnessmerkmale bieten sich als Merkmale mit niedriger Heritabilität für eine markergestützte Selektion an. Die Suche nach QTLs hat sich bisher allerdings überwiegend auf Leistungsmerkmale konzentriert. Auch die Auffindung von QTLs setzt voraus, dass die jeweiligen Merkmale exakt erfasst werden. Die Erfolgsaussichten der markergestützten Selektion in der Praxis lassen sich derzeit schwer einschätzen. Eine Kosten-Nutzen-Rechnung darf dabei ebenfalls nicht außer Acht gelassen werden.

## 6. Schlussbetrachtungen

Fruchtbarkeitsprobleme verursachen großen wirtschaftlichen Schaden und zählen zu den häufigsten Abgangsursachen. Die genetische Verbesserung der Fruchtbarkeit ist aufgrund der niedrigen Heritabilität schwierig. Umso wichtiger ist es, die züchterischen Maßnahmen zu optimieren. Im Rahmen eines Forschungsprojektes erfolgt eine genaue Analyse der Einflussfaktoren auf die Fruchtbarkeit. Mit Hilfe von Hilfsmerkmalen (z.B. Harnstoff, Fett-Eiweiß-Quotient) und optimierter Zuchtwertschätzmodelle soll die Sicherheit der Zuchtwerte verbessert werden. Zusammen mit einer möglichst vollständigen Besamungsmeldung und einer entsprechenden Berücksichtigung im Zuchtziel sollte die Fruchtbarkeit trotz steigender Leistungen stabil gehalten werden können.

#### 7. Literatur

- ADR, 2005: Rinderproduktion in Deutschland 2004. Polykopie, Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn.
- Andersen-Ranberg, I.M., 2005: Genetics of dairy cow fertility. Dissertation, Norwegian University of Life Sciences.
- Boichard, D. und E. Manfredi, 1994: Genetic analysis of conception rate in French Holstein cattle. Acta Agric. Scand. 44: 138-145.
- Bühler, A. und R. Maurer, 2004: Einfluss ausgewählter Exterieurmerkmale auf die Fruchtbarkeit beim Milchvieh. Diplomarbeit, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen.
- Coffey, M.P., S. Brotherstone, A. Stott, E. Wall, G. Simm, J. Woolliams, A. Flint und M. Royal, 2001: Developing a UK fertility index. In: Recording und Evaluation of Fertility Traits in UK Dairy Cattle. Proceedings, Edinburgh.
- De Jong, G, 1998: Index for daughters' fertility in the Netherlands. Interbull Bulletin 18: 102-105.
- Dechow, C.D., G.W. Rogers, L. Klei, T.J. Lawlor, und P.M. VanRaden, 2001: Body condition scores and dairy form evaluations as indicators of days open in US Holsteins. J. Dairy Sci. 87: 3534-3541.
- Egger-Danner, C. und C. Fürst, 2005: Analyse von Heterosiseffekten in österreichischen Rinderpopulationen. In: Kreuzungszucht und Heterosis. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (Hrsg.): 11-17.
- Essl, A., 1999: Grundsatzfragen zum Zuchtziel beim Rind. In: Zuchtziele beim Rind, Seminar des genetischen Ausschusses der ZAR, 3-9.



- Essl, A. und S. Schnitzenlehner, 1999: Field data analysis of cytoplasmatic inheritance of dairy and fitness-related traits in cattle. Anim. Sci. 68: 459-466.
- Fürst, C., 1994: Schätzung und züchterische Bedeutung nicht-additiv genetischer Varianzkomponenten in der Rinderzucht. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Fürst, C., 2006: Züchterische Strategien für die Bio-Rinderzucht. Österr. Fachtagung für biologische Landwirtschaft, Gumpenstein.
- Fuerst, C. und C. Egger-Danner, 2002: Joint genetic evaluation for fertility in Austria and Germany. Interbull Bulletin 73-76.
- Fuerst, C. und J. Sölkner, 1994: Additive and nonadditive genetic variances for milk yield, fertility, and lifetime performance traits of dairy cattle. J. Dairy Sci. 77: 1114-1125.
- Fürst, C., R. Emmerling, D. Krogmeier, J. Dodenhoff und E. Niebel, 2005: Zuchtwertschätzung beim Rind Beschreibung der Grundlagen, Methoden und Modelle. Polykopie ZuchtData, Wien.
- Fürst-Waltl, B. und B. Gredler, 2006: Bedeutung der Samenqualität für die Fruchtbarkeit. In: Fruchtbarkeit und Reproduktion beim Rind. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (Hrsg.).
- Gredler, B. und C. Fürst, 2006: BCS und Fruchtbarkeit. In: Fruchtbarkeit und Reproduktion beim Rind. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (Hrsg.).
- Greimel, M. und A. Steinwidder, 1998: Ökonomisch optimale Laktationsdauer bei unterschiedlichem Milchleistungsniveau auf Basis einer Modellkalulation. Die Bodenkultur 49, 119-132.
- Groen, A.F., J. Sölkner, J. Aumann, V. Ducrocq, N. Gengler and E. Strandberg, 1998: EU Concerted Action 'Genetic Improvement of Functional Traits in dairy cattle' (GIFT) Annual report 1997. Interbull Bulletin 19: 9-20.
- Hoekstra, J., A.W. van der Lugt, J.H.J van der Werf und W. Ouweltjes, 1994: Genetic and phenotypic parameters for milk production and fertility traits in upgraded dairy cattle. Livest. Prod. Sci. 40: 225-232.
- Jahnke, B., 2002: Sicherung einer guten Fruchtbarkeit in Hochleistungsherden.
  Forschungsbericht, Landesforschungsanstalt f
  ür Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- Krogmeier, D., 2001: Züchterische Strategien zur Verbesserung der Gesundheit und Fitness beim Rind. Züchtungskunde 73: 442-453.
- Lidauer, M., I. Stranden und E. Mäntysaari, 2000: MiX99 Mixed Model Equations Solver. Manual.
- Lotthammer, K.H. und G. Wittkowski, 1994: Fruchtbarkeit und Gesundheit der Rinder. Verlag Eugen Ulmer.
- Mark, T., J.H. Jakobsen, H. Jorjani, W.F. Fikse und J. Philipsson, 2005: International trends in recording and genetic evaluation of functional traits in dairy cattle. 56<sup>th</sup> Annual meeting of the European Association for Animal Production, 5-8 June, 2005, Uppsala, Sweden.
- Miesenberger, J., 1997: Zuchtzieldefinition und Indexselektion für die österreichische Rinderzucht. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien.
- Miesenberger, J., J. Sölkner und A. Essl, 1998: Economic weights for fertility and reproduction traits relative to other traits and effects of including functional traits into a total merit index. Interbull Bulletin 18: 78-84.
- Oltenacu, P.A., A. Frick und B. Lindhe, 1991: Relationship of fertility to milk yield in Swedish cattle. J. Dairy Sci. 74: 264-268.
- Platen M., 2002: zitiert nach Feuker, W., 2003: Bewertung von Kennziffern der Besamung, Fruchtbarkeit und Reproduktion beim Rind. http://www.portal-rind.de/portal/artikel/detail.php?artikel=39&sp=55
- Platen, M., 2003: Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Reproduktion als Kostenfaktoren in Milchviehherden. DGfZ-Schriftenreihe 32: 33-57.



- Raaber, S. und Essl, A., 1996: Schätzung zytoplasmatischer Effekte für Milch-, Fleisch- und Reproduktionsmerkmale beim Rind aufgrund von Stationsdaten. Züchtungskunde 68: 178-192.
- Rensing, S., J. Jaitner und W. Brade, 2005: Erste Ergebnisse zu Beziehungen zwischen Milchharnstoffgehalt und Besamungserfolg. Vortragstagung der DGfZ und GfT, 21-22. September 2005, Berlin.
- Roxström, A., 2001: Genetic aspects of fertility and longevity in dairy cattle. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Roxström, A., E. Strandberg, B. Berglund, U. Emanuelson und J. Philipsson, 2001: Genetic and environmental correlations among female fertility traits and milk production in different parities of Swedish Red and White dairy cattle. Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci. 51: 7-14
- Schnitzenlehner, S., A. Essl und J. Sölkner, 1998: Retained placenta: estimation of non-genetic effects, heritability and correlations to important traits in cattle. J. Anim. Breed. Genet. 115: 467-478.
- Schneider, M. del P., E. Strandberg, V. Ducrocq und A. Roth, 2005: Survival analysis applied for female fertility in dairy cattle. J. Dairy Sci. 88: 2253-2259.
- Svendsen, M., 1999: A retrospective study of selection against clinical mastitis in the Norwegian dairy cow population. Interbull Bulletin 23: 99-106.
- Thaller, G., 1997: Genetics and breeding for fertility. Interbull Bulletin 18: 55-61.
- Wall, E., S. Brotherstone, J.A. Wooliams, G. Banos, und M.P. Coffey, 2003: Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. J. Dairy Sci. 86: 4093-4102.
- Weigel, K.A., und R. Rekaya, 2000: Genetic parameters for reproductive traits in Holsteins cattle in California and Minnesota. J. Dairy Sci. 83: 1072-1080.
- ZuchtData, 2006: Leistungsprüfung und Zuchtprogramm. Jahresbericht, Polykopie ZuchtData, Wien.





# Bedeutung der Samenqualität für die Fruchtbarkeit

Birgit Fürst-Waltl und Birgit Gredler

## 1. Einleitung

In der Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit wird sowohl die weibliche als auch die männliche Fruchtbarkeit auf Grund der Non-Return-Rate 90 berücksichtigt (Fuerst and Egger-Danner, 2002; Fürst und Gredler, 2006). Der maternale Fruchtbarkeitszuchtwert drückt dabei aus, wie fruchtbar die Töchter von Stieren sind, während der paternale Fruchtbarkeitszuchtwert die Befruchtungsfähigkeit des Stieres beschreibt, die in großem Maße von der Samenqualität abhängt. In unseren modernen Rinderzuchtprogrammen spielt die künstliche Besamung eine sehr große Rolle. Dementsprechend ist das Interesse sowohl seitens der Zuchtverantwortlichen als auch der Besamungsstationen groß, ausreichende Mengen an Samen in guter Qualität von interessanten Stieren anbieten zu können. Eine laufende Kontrolle der Samenqualität in den Besamungsstationen ist Routine. Die Ergebnisse aus dieser Kontrolle werden für die Entscheidung der Wahl des Verdünnungsfaktors herangezogen, aber auch dazu, um Samenchargen mit unzureichender Qualität zu verwerfen oder sogar Stiere vom Zuchteinsatz auszuschließen. In der Zuchtwertschätzung werden Samenqualitätsmerkmale derzeit nicht berücksichtigt (Fuerst and Egger-Danner, 2002). Grundlage für eine eventuelle Verwendung dieser Merkmale ist die Kenntnis der Einflüsse von Umwelt und Genetik.

Im Folgenden werden kurz die im Routinebetrieb erhobenen Samenqualitätsmerkmale erläutert. Weiters werden Einflussfaktoren auf diese Merkmale sowie deren Heritabilitäten und genetische Korrelationen beschrieben. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Beziehung zu den Zuchtwerten für paternale Fruchtbarkeit, d.h. inwieweit Spermaqualitätsmerkmale Aussagekraft für die zu erwartenden Non-Return Raten der belegten Kühe haben

## 2. Samenqualitätsmerkmale

Die folgenden Merkmale, die in den Besamungsstationen Oberösterreichische Besamungsstation GmbH in Hohenzell und NÖ Genetik Rinderbesamungs GmbH in Wieselburg beim Fleckvieh ermittelt wurden (Fuerst-Waltl et al., 2006, Gredler et al., 2005), können zur Beschreibung der Samenqualität herangezogen werden. Die angegebenen Durchschnittswerte beziehen sich jeweils auf die erste Absamung am Absamungstag.

*Ejakulatvolumen in ml:* Das Volumen des gewonnenen Spermas vermittelt zunächst einmal einen ersten quantitativen Eindruck über die reproduktive Leistung des Tieres und kann entweder an einer Auffangeprouvette direkt abgelesen oder aus dem Gewicht des Ejakulats berechnet werden. Nach Bearden und Fuquay (2000) liegt die mittlere Ejakulationsmenge eines Stieres bei Milchrassen bei etwa 6 ml. Dies entspricht auch etwa den durchschnittlichen Werten, die in beiden Stationen beobachtet wurden.

*Konzentration:* Die Ermittlung der Konzentration erfolgt in beiden Stationen mittels eines Spektrophotometers. Nach Weitze und Müller (1991) liegt die Konzentration des Ejakulates eines Besamungsstieres im Mittel bei 1,2 Mrd Spermien pro ml. In Übereinstimmung mit diesen Autoren lagen die mittleren Konzentrationen zwischen 1,1 und 1,3 Mrd Spermien pro ml.

*Gesamtanzahl der Spermien im Ejakulat:* Die Gesamtanzahl Spermien pro Ejakulat errechnet sich aus dem Produkt von Ejakulatvolumen und Konzentration und liegt daher bei etwa 7 Mrd Spermien pro Ejakulat.



Anteil lebender Spermien in Prozent: Dieses Merkmal, das mit Hilfe eines Mikroskops beurteilt wird, beschreibt den Anteil vorwärtsbeweglicher Spermien und entspricht damit der sog. progressiven Motilität (Bearden und Fuquay, 2000). Im Schnitt lag sie bei beiden Stationen bei etwa 65%.

*Motilität:* Die Motilitätsnote wird mit Hilfe eines Mikroskops beurteilt wobei in Hohenzell für die Bewegungsaktivität (Massen- und Vorwärtsbewegung) Noten von 1 (schlecht) bis 5 (sehr gut) vergeben werden, während in Wieselburg für die Massenbewegung Noten von 1 (schlecht) bis 4 (sehr gut) vergeben werden. Im Schnitt lagen die Motilitätsnoten knapp bei 3.

## 3. Einflüsse auf Merkmale der Samenqualität

Grundlage für eine eventuelle züchterische Berücksichtigung von Merkmalen der Samenqualität ist die Kenntnis aller umweltbedingten und genetischen Einflussfaktoren und darauf aufbauend die Schätzung genetischer Parameter.

#### 3.1 Umwelteinflüsse

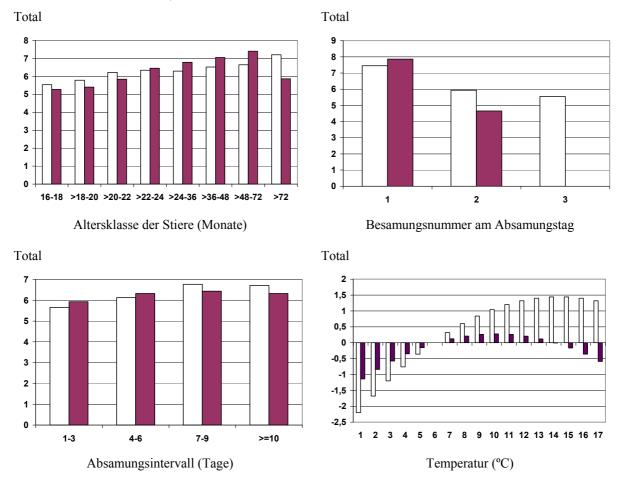
Da Rinder in den verschiedensten klimatischen Zonen gehalten werden, wurde der Einfluss von Klimafaktoren in vielen Ländern und bei unterschiedlichen Rassen untersucht. Vielfach wurden saisonale Effekte berücksichtigt, diese umfassen den Einfluss der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Tageslänge, Fütterung bzw. Futterzusammensetzung aber auch des Managements. Die Ergebnisse unterschiedlicher Studien weichen daher zum Teil deutlich voneinander ab. Stålhammar et al. (1989) beobachteten die höchste Konzentration und Gesamtanzahl von Spermien im Sommer, während Mathevon et al. (1998) von höheren Werten im Frühling und Winter berichteten. Hinsichtlich der Temperatur ist nicht nur ein Einfluss am Tag der Absamung, sondern während des gesamten Zeitraumes der Spermatogenese (Spermienbildung) und der Nebenhodenreifung gegeben, ein Gesamtzeitraum von etwa 2 Monaten (Dorst, 1991). Als optimaler Temperaturbereich für die Spermaproduktion werden etwa 15-20°C (Taylor et al., 1985; Parkinson, 1987) angegeben, wobei höhere Temperaturen eher problematisch sind als niedrigere. Allerdings wurde hinsichtlich der Hitzetoleranz von großen individuellen Unterschieden der Stiere berichtet. Zu anderen bedeutenden Einflussfaktoren zählen das Absamungsteam (z.B. Mathevon et al., 1998), das Absamungsintervall, also der Zeitraum zwischen Absamungen in Tagen (Everett und Bean, 1982; Mathevon et al., 1998) und der Anzahl Absamungen an einem Tag (Everett und Bean, 1982). Schließlich hat auch das Alter des Stiers einen bedeutenden Einfluss auf die Samenqualität. Im Allgemeinen wurde von einem Anstieg der Samenqualität mit dem Alter des Stieres berichtet (z.B. Stålhammar et al., 1989; Mathevon et al., 1998). Diese Ergebnisse könnten allerdings durch Sonderbehandlung älterer, besonders gefragter Stiere verzerrt sein.

Auch in Österreich wurden für eine Diplomarbeit (Perner, 2005; Fuerst-Waltl et al., 2006) und anschließend im Rahmen des Projektes "Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Merkmale der Fruchtbarkeit beim Rind" (Gredler et al., 2005) umweltbedingte und genetische Einflüsse auf die Samenqualität untersucht. Für diesen Zweck wurden von den Besamungsstationen Hohenzell und Wieselburg Samenproduktionsdaten von Fleckviehstieren aus dem Routinebetrieb zur Verfügung gestellt. Die analysierten Qualitätsmerkmale waren die vorher beschriebenen Merkmale Ejakulatvolumen, Konzentration, Gesamtanzahl der Spermien im Ejakulat, Anteil lebender Spermien in Prozent und Motilität. In der ersten Untersuchung von jeweils etwa 3600 Samenqualitätsdatensätzen der Jahre 2000 und 2001 wurden in beiden Stationen in Übereinstimmung mit der Literatur hochsignifikante Einflüsse des Alters der Stiere, des Besamungsteams, des Absamungsintervalls und der Absamungsnummer (Perner, 2005; Fuerst-



Waltl et al. 2006) ermittelt (Abbildung 1). Die geringste Übereinstimmung der beiden Stationen ergab sich hinsichtlich des Merkmals Motilität und des Temperatureinflusses. In der Beurteilung der Motilität bestanden allerdings Unterschiede in der Erhebung (s.o.) und der Einfluss der Außentemperatur könnte durch unterschiedliche regionale Klimaverhältnisse aber auch durch verschiedene Stallklimabedingungen entstanden sein. Hinsichtlich der Temperatur lag das Optimum in den meisten Fällen zwischen 5 und 15°C.

**Abbildung 1:** Einfluss von Altersklasse des Stieres, Besamungsnummer am Absamungstag, Absamungsintervall und Temperatur (Abweichung vom Mittel während der Spermatogenese, 12-65 Tage vor der Absamung) auf die Gesamtanzahl Spermien im Ejakulat (Total, in Mrd Spermien/Ejakulat) in den Besamungsstationen Hohenzell (hell) und Wieselburg (dunkel; Fuerst-Waltl et al., 2006)



In einer Folgeuntersuchung mit einem größeren Datensatz (etwa 12.700 Datensätze) der Besamungsstation in Hohenzell der Jahre 2000 bis 2004 (Gredler et al., 2005) wurden die Ergebnisse der ersten Untersuchung bestätigt. Statt des Temperatureffektes wurden Jahres- und Monatseffekte berücksichtigt, die sich, wie alle übrigen Effekte, auf alle Qualitätsmerkmale signifikant auswirkten.

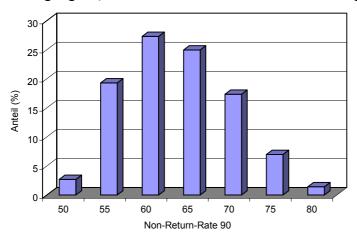
## 3.2 Genetische Einflüsse und Beziehungen zur Non-Return-Rate 90

Die Grundvoraussetzung, um ein Merkmal züchterisch bearbeiten zu können, ist eine entsprechende Varianz, d.h. dass sich Tiere in diesem Merkmal unterscheiden, und dass ein Teil dieser Varianz genetisch bedingt ist, was in der Heritabiliät ausgedrückt wird. Die Varianz hinsichtlich der Non-Return-Rate 90 der belegten Kühe ist für Fleckvieh-Stiere mit mehr als 1000 Besamungen in Abbildung 2 dargestellt. Der Großteil der Stiere liegt zwar zwischen 60



und 70%, es gibt aber auch durchaus Stiere mit durchschnittlichen Werten unter 50 und über 80%, die durchschnittlichen Non-Return-Raten 90 reichen von 37 bis 86%. Auch wenn bei Fitnessmerkmalen und damit auch bei Fruchtbarkeitsmerkmalen Heritabilitäten üblicherweise gering sind, lässt sich bei diesem Merkmal bei entsprechender züchterischer Bearbeitung Zuchtfortschritt erwarten. Allerdings sind bei nieder heritablen Merkmalen die Genauigkeiten der Teststiere häufig problematisch. Da eine Ausweitung des Testumfangs unrealistisch ist, wäre eine Mitberücksichtigung von Samenqualitätsmerkmalen in der Zuchtwertschätzung denkbar, um die Genauigkeit der paternalen Fruchtbarkeitszuchtwerte zu verbessern. Dazu ist es aber im Vorfeld nötig, genetische Parameter, d.h. Heritabilitäten und genetische Korrelationen für diese Merkmale zu schätzen.

**Abbildung 2:** Durchschnittliche Non-Return-Raten 90 von Fleckvieh-Stieren mit mindestens 1000 Belegungen (Werte ≤ 50 und ≥80 wurden zusammengefasst)



In der zuletzt genannten Untersuchung von Gredler et al. (2005) wurden für alle Samenmerkmale Heritabilitäten und genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen geschätzt. Die Heritabilitäten lagen zwischen 0,04 (Motilität) und 0,22 (Gesamtanzahl Spermien), die genetischen Korrelationen zwischen diesen Merkmalen waren durchwegs positiv und lagen zwischen 0,06 (Volumen und Konzentration) und 0,90 (% lebende und Motilität; Tabelle 1).

**Tabelle 1**: Heritabilitäten und Standardabweichungen (Diagonale), genetische Korrelationen mit Standardabweichungen (oberhalb der Diagonale), phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonale), und Wiederholbarkeit für Ejakulatvolumen (Volumen), Spermakonzentration (Konzentration), Anteil lebender Spermien in % (% lebend), Gesamtanzahl Spermien im Ejakulat (Total) and Motilität (Gredler et al., 2005)

	Volumen	Konzentration	% lebend	Total	Motilität
1. Volumen	<b>0,18</b> ±0,02	$0,06\pm0,13$	$0,31\pm0,15$	$0,83\pm0,13$	$0,21\pm0,17$
2. Konzentration	-0,17	<b>0,14</b> ±0,04	$0,41\pm0,17$	$0,60\pm0,07$	$0,48\pm0,17$
3. % lebend	-0,13	0,27	<b>0,10</b> ±0,03	$0,54\pm0,11$	$0,90\pm0,05$
4. Total	0,70	0,52	0,07	<b>0,22</b> ±0,02	$0,50\pm0,13$
5. Motilität	-0,12	0,23	0,55	0,06	<b>0,04</b> ±0,01
Wiederholbarkeit	0,29	0,35	0,21	0,24	0,08

Makulska et al. (1993) berichteten für Schweizer Simmental mit 0,19 und 0,20 ähnliche Heritbilitäten für Volumen und Gesamtanzahl Spermien, während die übrigen von ihnen geschätzten Heritabilitäten höher waren als die in der österreichischen Studie. Einige Autoren, z.B. Stålhammar et al. (1989) berichten ebenfalls von Heritabilitäten in diesem Bereich,



wogegen beispielsweise Mathevon et al. (1998) bei Holstein bzw. Ducrocq and Humblot (1995, 1998) bei der Rasse Normande deutlich höhere Heritabilitäten schätzten. Die großen Unterschiede in den veröffentlichten Heritabilitätsschätzwerten können u.a. durch unterschiedliche Rassen, Altersstruktur und zugrunde liegenden Modelle vermutet werden.

Samenqualitätsmerkmale haben also im Verhältnis zu den meisten anderen Fitnessmerkmalen relativ hohe Heritabilitäten. Dennoch wurde in einigen Untersuchungen festgestellt, dass sie nur bedingt für die Vorhersage der paternalen Fruchtbarkeit verwendbar sind (z.B. Christensen et al., 1999; Stålhammar et al., 1994). Einer der Gründe dafür ist die Tatsache, dass einige Samenqalitätsmerkmale "kompensierbar" sind (z.B. Caraviello, 2004; Saacke et al., 2000). Dazu zählt zum Beispiel die Motilität: solange die Anzahl an Spermien in der Paillette entsprechend erhöht werden kann, hat sie keine gravierenden Auswirkungen auf die Befruchtungsfähigkeit. Gerade diese kompensatorischen Merkmale werden aber üblicherweise routinemäßig bestimmt und auch anschließend als Grundlage für die Verdünnung verwendet. Ein gewisser Ausgleich schlechterer Ausgangssamenqualität kann also durch geringere Verdünnung in den Besamungsstationen erfolgen. Das bedeutet, dass die Varianz einiger Samenqualitätsmerkmale in den Pailletten reduziert ist. Da die Verdünnung jedoch normalerweise nicht bekannt ist, sind Rückschlüsse von Ausgangs-Samenqualitätsparametern auf die schlussendlich resultierende Non-Return-Rate der Töchter schwierig. Daneben existieren aber auch nicht kompensierbare morphologische Mängel, die die Vorwärtsbeweglichkeit nicht Merkmale, wie z.B. beeinträchtigen, die trotz Verdünnung in direktem Zusammenhang den Befruchtungsergebnissen stehen. Allerdings stehen diese üblicherweise nicht routinemäßig zur Verfügung.

Um die Beziehung zwischen paternalen Fruchtbarkeitszuchtwerten und Samenqualitätsmerkmalen im Ejakulat vor der Verdünnung abschätzen zu können, wurde für den Datensatz der Besamungsstation Hohenzell eine Zuchtwertschätzung mit dem BLUP-Tiermodell für alle Samenmerkmale durchgeführt und die Korrelationen zwischen Zuchtwerten der Samenmerkmale und der paternalen Fruchtbarkeit ermittelt. Die Korrelationen zwischen den Zuchtwerten waren allerdings niedrig und reichten von nur 0,08 (Volumen) bis 0,16 (% lebende und Konzentration). Die Samenqualitätsdaten aus der Routinekontrolle scheinen also keine optimalen Merkmale zu sein, um die Qualität der paternalen Fruchtbarkeitszuchtwerte zu verbessern. Allerdings muss in diesem Zusammenhang angemerkt werden, dass die genetischen Korrelationen höher sein könnten als die angeführten Zuchtwertkorrelationen. Es sind daher weitere Untersuchungen notwendig, um die Verwendbarkeit der Samenqualität für die Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit abzuklären. Als nächster Schritt wurde daher versucht, die Samencharge, das heißt, die Pailletten, die an einem Produktionstag aus einem Ejakulat produziert wurden, in der Auswertung mit zu berücksichtigen.

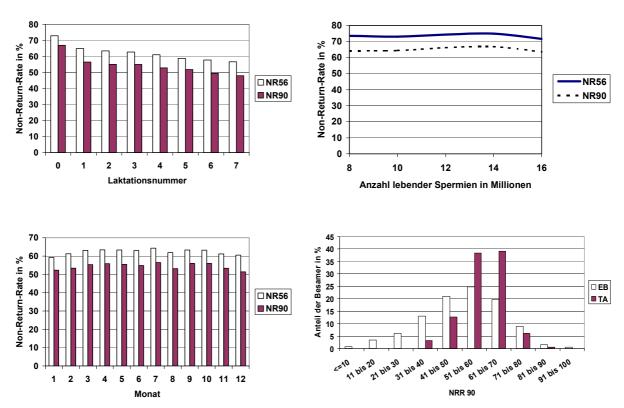
# 4. Berücksichtigung der Samencharge

Um den Einfluss der Samencharge auf die männliche Fruchtbarkeit und den Informationsgehalt für die Zuchtwertschätzung beurteilen zu können, wurde in Niederösterreich seit 1.1.2004 bei fast jeder durchgeführten Belegung die entsprechende Chargennummer (Produktionsdatum) der Samenportion erfasst und an die NÖ. Genetik Rinderbesamungs GmbH in Wieselburg gemeldet. Somit war es möglich, jede Belegung mit den entsprechenden Samenproduktionsdaten der Rinderbesamungsstation Wieselburg zu verknüpfen und den Einfluss verschiedenster Samenqualitätsmerkmale auf die Non-Return-Rate 90 und Non-Return-Rate 56 zu untersuchen. Insgesamt wurden etwa 50.000 Belegungen ausgewertet (Stiere mit mindestens 100 Belegungen). Für jede Samencharge standen folgende Informationen der Samenqualität zur Verfügung: Ejakulatvolumen, Samenkonzentration, Motilität, Anteil lebender Spermien vor dem



Auftauen im Ejakulat und in der Charge, Anteil lebender Spermien nach dem Tiefgefrieren in der Charge, Verdünnungsstufe und abgefüllte Portionen. Die Anzahl lebender Spermien in der Samenpaillette wurde aus dem Produkt von Verdünnungsstufe und Anteil lebender Spermien nach dem Tiefgefrieren berechnet. Nach ersten Ergebnissen zeigt sich die Non-Return-Rate 56 und 90 deutlich von Laktation, Besamungsmonat und Besamer beeinflusst (Abbildung 3). Mit steigender Laktationsnummer nimmt die durchschnittliche Non-Return-Rate 90 ab. Bei den Besamern ist eine relativ große Varianz, vor allem bei den Eigenbestandsbesamern zu beobachten. Anzumerken ist, dass jeder Besamer, unabhängig davon ob Eigenbestandsbesamer oder Tierarzt, mindestens 15 Belegungen aufwies.

**Abbildung 3:** Einfluss der Laktationsnummer, der Anzahl lebenden Spermien und des Besamungsmonats auf die Non-Return-Raten 56 und 90 sowie Einfluss des Besamers auf die Non-Return-Rate 90 (EB = Eigenbestandsbesamer, TA = Tierarzt)



Die Information der Samencharge wurde insoferne genutzt, als der Effekt der Anzahl lebender Spermien im Modell berücksichtigt wurde. Dieser war je nach Dateneinschränkung bis zum kubischen Glied signifikant bzw. knapp an der Signifikanzgrenze. Der Kurvenverlauf wirkt auf den ersten Blick etwas unerwartet. Eine mögliche Erklärung dafür, dass die niedrigste Anzahl an lebenden Spermien nicht die niedrigsten Non-Return-Raten 90 zur Folge haben bzw. die Non-Return-Raten im obersten Bereich wieder absinken, könnte im Verdünnungsregime liegen. Die Chargen mit der ursprünglich besten Qualität können am stärksten verdünnt werden bzw. die mit der schlechtesten am wenigsten. Da die Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist, werden genauere Ergebnisse noch folgen.

Es kann aber aus den Ergebnissen gefolgert werden, dass möglicherweise ein multivariater Ansatz mit der Anzahl der lebenden Spermien in der Paillette geeignet wäre, um ein Merkmal der Samenqualität in einer Fruchtbarkeits-Zuchtwertschätzung zu berücksichtigen.



## 5. Schlussfolgerungen und nächste Schritte

Aus den bisherigen Ergebnissen der Literatur aber auch auf Grund österreichischer Daten ging wünschenswert wäre, die dass zwar Genauigkeit Fruchtbarkeitszuchtwerte durch Berücksichtigung der Samenqualitätsmerkmale zu erhöhen, dies aber meist nur in sehr begrenztem Ausmaß gelingt. Die Zuchtwertkorrelationen zu den Merkmalen, die routinemäßig an den Besamungsstationen erhoben werden, sind relativ niedrig. Der Hauptgrund liegt am Fehlen der Chargeninformation; d.h. es ist nicht bekannt, welches Ejakulat in welcher Verdünnung zu einem bestimmten Belegergebnis geführt hat. Die Erfassung der Charge, wie sie speziell für das derzeit laufende Forschungsprojekt erhoben wurde, ermöglicht eine korrekte Zuweisung. Mit Hilfe dieser Zusatzinformation könnten Fruchtbarkeitszuchtwerte früher eine ansprechende Genauigkeit haben. Allerdings müsste dazu die Erhebung der Charge routinemäßig möglichst kostensparend erfolgen können.

Als nächster Schritt wird versucht werden, für die um die Chargeninformation erweiterten Samenqualitätsdaten Heritabilitäten und Zuchtwertkorrelationen bzw. genetische Korrelationen zur paternalen Fruchtbarkeit zu schätzen.

## 6. Danksagung

Wir danken Dr. Friedrich Führer von der NÖ Genetik Rinderbesamungs GmbH in Wieselburg und Dr. Josef Miesenberger von der Oberösterreichischen Besamungsstation GmbH in Hohenzell sehr herzlich für die Bereitstellung der Daten.

#### 7. Literatur

- Bearden H.J., Fuquay J.W., 2000. Applied Animal Reproduction. Verlag Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Caraviello, D.Z., 2004. Fertility issues in high producing cows. Dairy updates, Reproduction and Genetics No. 611, The Babcock Institute, University of Wisconsin, USA.
- Christensen, P., Brockhoff, P.B., Lehn-Jensen, H., 1999. The Relationship between Semen Quality and the Nonreturn Rate of Bulls. Reprod. Dom. Anim. 23, 492-496.
- Dorst, J., 1991. Morphologie des Geschlechtssystems. In: Busch, W., Löhle, K., Peter, W. (Ed.), Künstliche Besamung bei Nutztieren. Gustav Fischer Jena, Stuttgart, pp. 169-208.
- Ducrocq, V., Humblot, P., 1995. Genetic characteristics and evolution of semen production of young Normande bulls. Livest. Prod. Sci. 41, 1-10.
- Ducrocq, V., Humblot, P., 1998. Is selection on semen characteristics needed? Interbull Bulletin 18, 68-73.
- Everett, R.W., Bean, B., 1982. Environmental influences on semen output. J. Dairy Sci. 65(7), 1303-1310.
- Fürst, C., Gredler, B., 2006. Züchterische Aspekte der Fruchtbarkeit. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 16. 3. 2006, Salzburg.
- Fuerst, C., Egger-Danner, C., 2002. Joint genetic evaluation for fertility in Austria and Germany. Interbull Bulletin 29, 73-76.
- Fuerst-Waltl, B., Schwarzenbacher, H., Perner, C., Sölkner, J., 2006. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. Animal Reproduction Science (in Druck).



- Gredler, B., Fuerst, C., Fuerst-Waltl, B., Schwarzenbacher H., Sölkner, J., 2005. Genetic and environmental effects on semen quality of Austrian Simmental bulls. 56th Annual meeting of the European Association for Animal Production, 5-8 June, 2005, Uppsala, Sweden.
- Makulska, J., Hagger, Ch., Künzi, N., Kupferschmied, H.U., 1993. Genetic and environmental influences on semen traits in A.I. Bulls. Reproduction in Domestic Animals, 28, 279-284.
- Mathevon, M., Buhr, M.M., Dekkers, J.C., 1998. Environmental, management, and genetic factors affecting semen production in Holstein bulls. J. Dairy Sci. 81(12), 3321-3330.
- Parkinson, T.J., 1987. Seasonal variations in semen quality of bulls: correlations with environmental temperature. Vet. Rec. 120(20), 479-482.
- Perner, C., 2005. Einflüsse auf die Spermaqualität von Besamungsstieren der Rasse Fleckvieh. Diplomarbeit, Institut für Nutzierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien.
- Saacke, R.G., Dalton, J.C., Nadir, S., Nebel, R.L., Bame, J.H., 2000. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. Anim. Reprod. Sci. 60-61, 663-677.
- Stålhammar, E.M., Janson, L., Philipsson, J., 1989. Genetic studies on fertility in A.I. bulls. I. Age, season and genetic effects on semen characteristics in young bulls. Animal Reproduction Science 19(1-2), 1-17.
- Stålhammar, E. M., Janson, L. and Philipsson, J., 1994a. Genetic studies on fertility in AI bulls. II. Environmental and genetic effects on non-return rates of young bulls. Anim. Reprod. Sci. 34: 193-207.
- Taylor, J.F., Bean, B., Marshall, C.E., Sullivan, J.J., 1985. Genetic and environmental components of semen production traits of artificial insemination Holstein bulls. J. Dairy Sci. 68, 2703-2722.
- Weitze, K.F., Müller, E., 1991. Prinzipien der Spermauntersuchung. In: Busch, W., Löhle, K., Peter, W. (Ed.), Künstliche Besamung bei Nutztieren. Gustav Fischer Jena, Stuttgart, pp. 269-310.



# Body Condition Score (BCS) und Fruchtbarkeit

Birgit Gredler und Christian Fürst

## 1. Einleitung

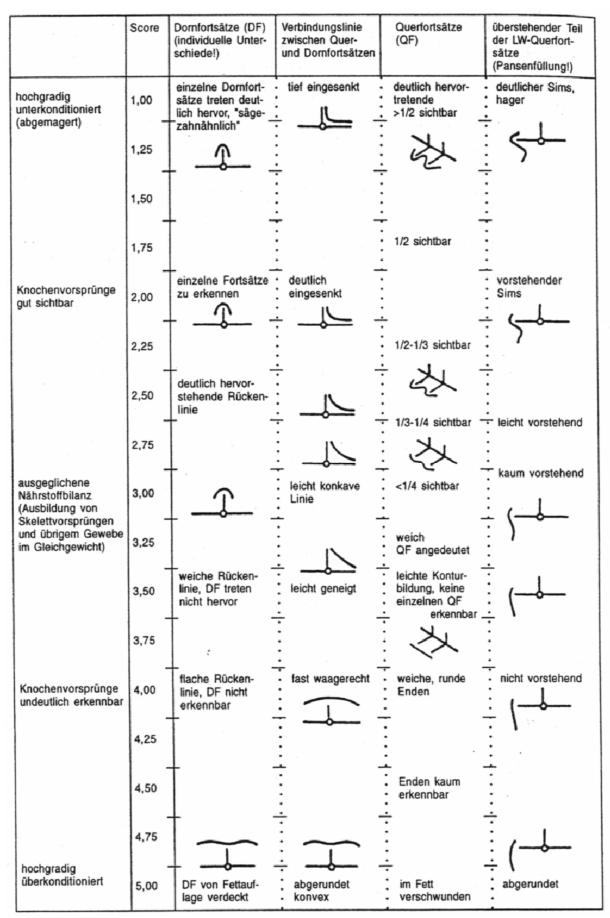
In vielen Ländern stellen Fruchtbarkeitsprobleme seit Jahren die häufigste Abgangsursache in unseren Milchviehherden dar. Fruchtbarkeitsstörungen können vielseitige Ursachen haben. Wenn Kühe gegen Ende der Laktation und in der Trockenstehphase stark verfetten, ist oft mit Schwergeburten und Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsproblemen in der nächsten Laktation zu rechnen. Eine bedarfsgerechte Fütterung der spätlaktierenden und trockenstehenden Kühe ist daher von größter Bedeutung, da in diesem Abschnitt die Bedingungen für eine gute Fruchtbarkeit in der nächsten Laktation geschaffen werden. Zur Kontrolle der Fütterung und Überwachung des Gesundheitszustandes und der Energiebilanzsituation der Kühe wurde in den USA für Holstein ein Schema, das vielfach auch schon bei anderen Rassen Anwendung findet, zur Körperkonditionsbeurteilung (auf Englisch body condition scoring - BCS) entwickelt. Die Körperkonditionsbewertung stellt eine einfache Möglichkeit dar, den Ernährungszustand bzw. die Körperfettreserven der Kuh im Laufe der Laktation zu beurteilen. Bereits in vielen Arbeiten wurde die Beziehung zwischen BCS und verschiedenen Fruchtbarkeitsmerkmalen untersucht und BCS als geeigneter Indikator und Hilfsmerkmal für die Fruchtbarkeit hervorgehoben (z.B. Banos et al., 2004; Pryce et al., 2001). In einigen Ländern wie z.B. England oder den Niederlanden wird BCS routinemäßig erhoben und als Hilfsmerkmal Fruchtbarkeitszuchtwertschätzung im Gesamtzuchtwert berücksichtigt (De Jong, 2005).

## 2. Wie wird die Körperkondition beurteilt?

Die Körperkondition wird festgestellt, indem die Fett- und Gewebeauflagen im Beckenbereich und der Rückenlinie der Kuh bewertet werden. In Abbildung 1 ist das BCS Beurteilungsschema nach Edmonson et al. (1989) dargestellt. Abbildung 2 zeigt die acht Körperbereiche, welche zur Beurteilung herangezogen werden. Die Bewertung sollte von rechts hinten durch Abtasten der acht Stellen erfolgen. Für jede der acht Körperbereiche können Noten von 1 bis 5 vergeben werden, wobei auch Viertelnoten möglich sind. Um zu berücksichtigen, dass Kühe nicht an allen Stellen gleichmäßig Fett ansetzen und mobilisieren, wird aus den acht Einzelnoten eine Durchschnittsnote gebildet.

Note 1 bedeutet, dass die Kühe hochgradig unterkonditioniert und abgemagert sind. Es ist keine Fettauflage mehr fühlbar. Dies ist allerdings bei Fleckvieh eher selten zu beobachten. Bei Note 2 sind die Dornfortsätze der Lendenwirbelsäule und die Rippen noch einzeln erkennbar. Ebenfalls stehen die Sitz- und Hüftbeinhöcker deutlich hervor und es sind keine Fetteinlagerungen in der Schwanzfalte ertastbar. Bei Note 3 sollte das Tier einen ausgewogenen Gesamteindruck vermitteln, dabei sind Hüft- und Sitzbeinhöcker durch Fettauflagen abgerundet und Fetteinlagerungen sichtbar. Bei Note 4 sind die Dornfortsätze nicht mehr erkennbar und es ist nur eine glatte ebene Fläche sichtbar. Eine Kuh mit Note 5 ist hochgradig überkonditioniert und verfettet. Die Dornfortsätze versinken im Rückenfett und der Bereich zwischen Hüft- und Sitzbein ist deutlich aufgewölbt.





**Abbildung 1:** BCS Beurteilungsschema nach Edmonson et al., 1989 (modifiziert nach Mansfeld)



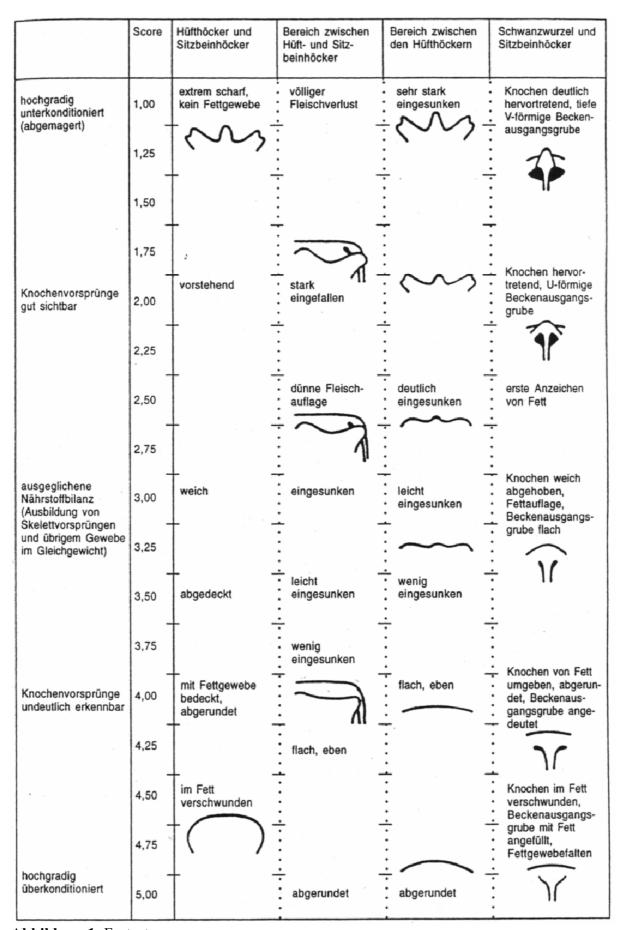
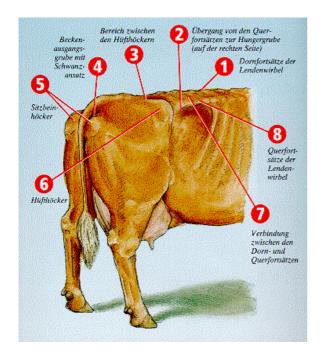


Abbildung 1: Fortsetzung





Acht Körperstellen werden im Rahmen des Body Condition Scorings beurteilt:

- 1. Dornfortsätze der Lendenwirbel
- 2. Übergang von den Querfortsätzen zur Hungergrube
- 3. Bereich zwischen den Hüfthöckern
- 4. Beckenausgangsgrube mit Schwanzansatz
- 5. Sitzbeinhöcker
- 6. Hüfthöcker
- 7. Verbindung zwischen den Dorn- und Ouerfortsätzen
- 8. Querfortsätze der Lendenwirbel

**Abbildung 2:** Körperstellen zur Beurteilung der Körperkondition (Quelle: Top Agrar 6/98, R12, Zeichnung: Huneke)

# 3. Zusammenhang zwischen BCS, Harnstoffgehalt der Milch und Fett:Eiweiß-Verhältnis und Fruchtbarkeitsmerkmalen

Nach Fietze (2004) kann mit Hilfe von BCS die Entwicklung des Ernährungszustandes und somit die Energiebilanz während des Reproduktionszyklus abgeschätzt werden. Da eine nicht bedarfsgerechte Fütterung und eine stark negative Energiebilanz zu Stoffwechsel-Fruchtbarkeitsproblemen führen können, kann BCS auch als Indikator den Fruchtbarkeitsstatus der Kuh angesehen werden. Zusätzliche Informationen über die Energieversorgung und Energiebilanz bieten Parameter aus der routinemäßigen Milchleistungskontrolle. So können auch der Harnstoffgehalt der Milch und das Fett:Eiweiß-Verhältnis (F:E) als Hilfsmerkmale für die Fruchtbarkeit dienen (Guo et al., 2004; Reist et al., 2002). Im Rahmen des Projektes "Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Merkmale der Fruchtbarkeit beim Rind" werden die Merkmale BCS, Milchharnstoffgehalt und das F:E als mögliche Hilfsmerkmale für die Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit untersucht. Erste Ergebnisse der Untersuchungen sollen hier kurz erläutert werden.

#### 3.1 Daten

Für Forschungszwecke wurde vom Niederösterreichischen Landeskontrollverband BCS seit Oktober 2004 in ausgewählten Betrieben während der routinemäßig durchgeführten Milchleistungskontrolle erhoben. Die BCS-Beurteilung erfolgte nach dem Beurteilungsschema nach Edmonson et al. (1989). Insgesamt stehen 57.000 BCS-Datensätze von 8.767 FV-Kühen für die Auswertungen zur Verfügung. In einer ersten Untersuchung wurde der Einfluss von BCS, Milchharnstoffgehalt und F:E auf die Fruchtbarkeitsmerkmale Rastzeit (Intervall Abkalbung – erste Besamung) und Serviceperiode (Intervall Abkalbung – letzte Besamung) untersucht. Für diesen Zweck wurde nur jene BCS-Bwertung bzw. jener Testtag verwendet, der im Intervall ± 20 Tage von der ersten Belegung und am nächsten zum Belegungsdatum lag.

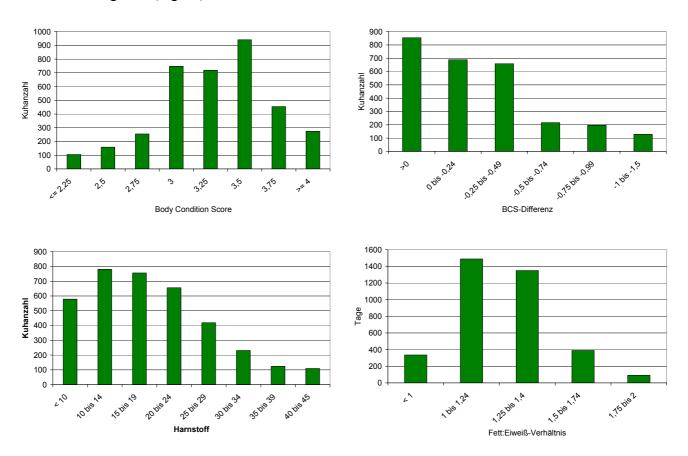


Ebenfalls wurde der Einfluss der Differenz zwischen dem BCS, erhoben im Intervall von ± 30 Tagen von der Abkalbung und dem BCS, welcher im Intervall von ± 30 Tagen von der ersten Belegung erhoben wurde, untersucht. In Tabelle 1 sind die Anzahl an Daten, arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum und Maximum für alle Merkmale dargestellt. Insgesamt wurden 3.653 Kühe stammend von 351 Betrieben in die Untersuchung einbezogen. Für die Rastzeit wurden nur jene Datensätze verwendet, die innerhalb des Intervalls von 20 bis 200 Tagen und für die Serviceperiode innerhalb des Intervalls von 20 bis 365 Tagen lagen. Abbildung 3 zeigt die Verteilungen für BCS, BCS-Differenz, Milchharnstoffgehalt und F:E. Im statistischen Modell wurden für die Rastzeit und Serviceperiode der Betrieb zum Zeitpunkt der Abkalbung, das Abkalbemonat, die Laktationszahl und jeweils der Effekt von BCS, BCS-Differenz-Klasse, Milchharnstoffklasse und F:E-Klasse als fixe Einflussfaktoren und die Kuh als zufälliger Effekt miteinbezogen.

Tabelle 1: Anzahl an Beobachtungen (N), arithmetische Mittelwerte, Standardabweichung (S) und Minimum (MIN) und Maximum (MAX) für die Merkmale Rastzeit, Serviceperiode, Body Condition Score (BCS), Milch-Kg, Harnstoffgehalt und Fett:Eiweiß-Verhältnis (F:E)

Merkmal	N	Mittelwert	S	MIN	MAX
Rastzeit	3653	70,6	29,06	20	200
Serviceperiode	3653	106,7	58,77	20	362
BCS	3653	3,28	0,44	1,2	5
Milch-Kg	3653	25,7	6,89	6,8	58,4
Harnstoff	3653	18,7	9,45	1	75
F:E	3653	1,26	0,22	0,62	1,99
BCS-Differenz	2743	-0,27	0,39	-1,5	1,2

**Abbildung 3**: Verteilungen für Body Condition Score (BCS), BCS-Differenz, Milchharnstoffgehalt (mg/ml) und Fett:Eiweiß-Verhältnis.

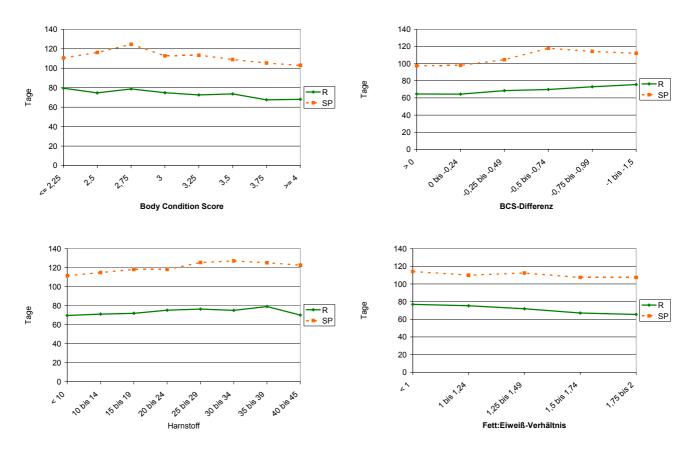




#### 3.2 Ergebnisse

Die Rastzeit und Serviceperiode zeigten sich von BCS, BCS-Differenz, Milchharnstoffgehalt und F:E hoch signifikant beeinflusst. In Abbildung 4 sind die einzelnen Effekte von BCS, BCS-Differenz, Milchharnstoffgehalt und F:E als Least-Squares-Means (um alle anderen Effekte im Modell korrigierte Mittelwerte) auf die Rastzeit und Serviceperiode dargestellt.

Abbildung 4: Einfluss von BCS, BCS-Differenz, Milchharnstoffgehalt (in mg/ml) und Fett:Eiweiß-Verhältnis auf die Rastzeit (R) und Serviceperiode (SP)



Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass Kühe mit stiegenden BCS-Noten etwas kürzere Rastzeiten zeigen. Derselbe Trend lässt sich auch für die Serviceperiode erkennen: Kühe, welche eine bessere Kondition und somit eine ausgeglichenere Energiebilanz aufweisen, zeigen kürzere Serviceperioden. Um Fruchtbarkeitsprobleme zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass Kühe in der ersten Phase der Laktation ausreichend Futter aufnehmen und eine gute Körperkondition aufweisen, um die schier unvermeidliche Energiebilanz abzuschwächen. Der Effekt der BCS-Abnahme von der Abkalbung bis zur ersten Belegung in Abbildung 4 zeigt, dass bereits ab einer BCS-Abnahme von 0,25 bis 0,5 Punkten mit verlängerten Rastzeiten und Serviceperioden zu rechnen ist. Ähnliche Ergebnisse konnten auch bei Gillund et al. (2001) und Syriyasathaporn et al. (1998) festgestellt werden. Der Milchharnstoffgehalt hatte ebenfalls einen hoch signifikanten Einfluss auf die Rastzeit und Serviceperiode. Mit zunehmendem Harnstoffgehalt steigt die Rastzeit und Serviceperiode leicht an. Rastzeit und Serviceperiode zeigen sich vom Fett:Eiweiß-Verhältnis ähnlich beeinflusst. Die höchste Rastzeit und Serviceperiode wird bei einem F:E von kleiner 1 beobachtet. Steigt das F:E an, so ist eine Verringerung der Rastzeit und der Serviceperiode zu erkennen.



#### 3.3 Heritabilitäten und genetische Korrelationen

Um die Eignung der Merkmale BCS, Milchharnstoffgehalt und F:E als Hilfsmerkmale für die Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit zu quantifizieren, wurden in einer ersten Untersuchung für alle Merkmale Heritabilitäten und genetische Korrelationen zueinander geschätzt. Es wurden jeweils das Fruchtbarkeitsmerkmal Serviceperiode, ein Hilfsmerkmal und das Merkmal Milch-Kg multivariat geschätzt, d.h. es wurden bei den Heritabilitätsschätzungen die genetischen Beziehungen zwischen den einzelnen Merkmalen berücksichtigt. Im Modell für die Heritabilitätsschätzungen wurden für die einzelnen Merkmale folgende Effekte berücksichtigt:

- **BCS**: fixe Effekte der Wechselwirkung von Betrieb\*Monat der Bewertung, der Laktationszahl, des Bewerters, kontinuierlicher Effekt der Tage in Milch (linear und quadratisch) und zufälliger Effekt der Kuh.
- **Serviceperiode**: fixe Effekte der Wechselwirkung von Betrieb\*Monat der Abkalbung und der Laktationszahl, kontinuierlicher Effekt des Abkalbealters in Monaten (linear) und zufälliger Effekt der Kuh.
- Milch-Kg, Milchharnstoffgehalt, F:E: fixe Effekte der Wechselwirkung von Betrieb\*Monat des Kontrolltages und der Laktationszahl, kontinuierlicher Effekt der Tage in Milch (linear und quadratisch) und zufälliger Effekt der Kuh.

In Tabelle 2 sind die Heritabilitäten und genetischen Korrelationen der Merkmale enthalten. Für die Serviceperiode wurde erwartungsgemäß eine niedrige Heritabilität von 6% geschätzt. Für BCS, Milch-Kg am jeweiligen Kontrolltag, Milchharnstoffgehalt und F:E konnten jeweils Heritabilitäten von 0,44, 0,15, 0,20 und 0,16 ermittelt werden. In anderen Arbeiten wurden für BCS etwas niedrigere Heritabilitäten im Bereich von 0,26 bis 0,29 geschätzt (Kadarmideen, 2004; Pryce et al., 2001). Für den Milchharnstoffgehalt konnte bei Mitchell et al. (2005) eine vergleichbare Heritabilität von 0,23 geschätzt werden. Wood et al. (2003) berichten allerdings von deutlich höheren Heritabilitäten von 0,44, 0,59 und 0,48 jeweils für die erste, zweite und dritte Laktation. Die genetische Korrelation zwischen BCS und Serviceperiode lag bei -0,12. Diese Korrelation ist als züchterisch günstig anzusehen und impliziert, dass Kühe mit höheren BCS-Noten eine kürzere Serviceperiode aufweisen. Unerwartet war die Korrelation zwischen Milchharnstoffgehalt und Serviceperiode von -0,31. Die Ursache dieser unerwarteten Korrelation liegt womöglich in der Natur des "Optimum-Merkmals" Milchharnstoffgehalt, welches ein Optimum im mittleren Bereich zwischen etwa 15 und 30 mg/ml aufweist. Zwischen F:E und Serviceperiode konnte in dieser Untersuchung nur eine Korrelation von -0,01 festgestellt werden.

Tabelle 2: Heritabilitäten mit Standardabweichungen (Diagonale) und genetische Korrelationen mit Standardabweichungen (oberhalb Diagonale) für die Merkmale Serviceperiode, BCS, Milch-Kg, Harnstoff und Fett:Eiweiβ-Verhältnis (F:E).

Merkmal	Serviceperiode	BCS	Milch-Kg	Harnstoff	F:E
Serviceperiode	$0,06\pm0,03$	-0,12±0,24	$0,74\pm0,15$	$-0,31\pm0,23$	$-0,01\pm0,22$
BCS		$0,44\pm0,05$	$-0,93\pm0,03$	$0,16\pm0,12$	$0,21\pm0,09$
Milch-Kg			$0,15\pm0,04$	$0,11\pm0,17$	$0,52\pm0,19$
Harnstoff				$0,20\pm0,04$	$0,25\pm0,16$
F:E					$0,16\pm0,05$



## 4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse aus den bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen ausreichende genetische Variation der Merkmale BCS, Milchharnstoffgehalt und F:E-Verhältnis. Die erhaltenen genetischen Korrelationen zur Fruchtbarkeit deuten darauf hin, dass BCS, Milchharnstoffgehalt und F:E in der Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeitsmerkmale als mögliche Hilfsmerkmale Verwendung finden könnten. Allerdings ist die genetische Beziehung der Merkmale noch genauer zu prüfen. In weiteren Analysen werden die Beziehungen zwischen BCS, Milchharnstoffgehalt und F:E-Verhältnis zu weiteren Fruchtbarkeitsmerkmalen, wie z.B. der Non-Return-Rate untersucht werden.

## 5. Danksagung

Das Projekt "Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Merkmale der Fruchtbarkeit beim Rind" wird mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) und der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR) durchgeführt.

Wir danken dem Landeskontrollverband Niederösterreich für die Erhebung der BCS-Daten.

#### 6. Literatur

- Banos, G., Brotherstone, S. and Coffey, M.P. (2004). Evaluation of body condition score measured throughout lactation as an indicator of fertility in dairy cattle. J. Dairy Sci. 87:2669-2676.
- Coffey, M.P., Brotherstone, S., Stott, A., Wall, E., Simm, G., Wooliams, J., Flint, A. and Royal, M., 2001. Developing a UK fertility index. In: Recording and Evaluation of Fertility Traits in UK Dairy Cattle. Proceedings, Edinburgh.
- DeJong, G., 2005. Usage of predictors for fertility in the genetic evaluation, application in the Netherlands. Interbull Bulletin 33.
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G., 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72:68-78.
- Fietze, S., 2004. Vergleich der unterschiedlichen Körperkonditionsbeurteilungsmethoden Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickenmessung (RFD) und deren Aussagefähigkeit in Bezug auf die Fruchtbarkeit von Holstein-Friesian (HF) Kühen. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Gillund, P., Reksen, O., Grohn, Y.T. and Karlberg, K., 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. J. Dairy Sci. 84:1390-1396.
- Guo, K., Russek-Cohen, E., Varner, M.A. and Kohn, R.A. 2004. Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows. J. Dairy Sci. 87: 1878-1885.
- Kadarmideen, H.N., 2004. Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows. J. Dairy Sci. 79:191-201.
- Mitchell, R.G., Rogers, G.W., Dechow, C.D., Vallimont, J.E., Cooper, J.B., Sander-Nielsen, U. and Clay, J.S., 2005. Milk urea nitrogen concentration: Heritability and Genetic Correlations with Reproductive Performance and Disease. J. Dairy Sci. 88:4434-4440.
- Pryce, J.E., Coffey, M.P. and Simm, G., 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. J. Dairy Sci. 84:1508-1515.



- Reist, M., Erdin, D., von Euw, D., Tschuemperlin, K., Leuenberger, H., Chilliard, Y., Hammon, H.M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, N. and Blum, J.W. 2002. Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. J. Dairy Sci. **85**: 3314–3327.
- Syriyasathaporn, W., Nielen, M., Dieleman, S.J., Brand, A., Noordhuizen-Stassen, E.N. and Schukken, Y.H., 1998. A Cox proportional-hazards model with time-dependent covariates to evaluate the relationship between body-condition score and the risks of first insemination and pregnancy in a high producing dairy herd. Prev. Vet. Med. 37: 159-172.
- Wood, G.M., Boettcher, P.J., Jamrozik, J., Jansen, G.B., and Kelton, D.F. (2003). Estimation of genetic parameters for concentrations of milk urea nitrogen. J. Dairy Sci. 86:2462-2469.



#### Seminar der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter



#### **Organisiert in Zusammenarbeit mit:**

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH Dresdner Straße 89/19, A-1200 Wien



Institut für Nutztierwissenschaften Universität für Bodenkultur Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien



#### Gefördert aus Mitteln des BMLFUW:



lebensministerium.at

Medieninhaber und Herausgeber:

Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR)

Dresdner Straße 89/19, 1200 Wien

im Rahmen des Ausschusses für Genetik (Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Johann Sölkner)

Für den Inhalt verantwortlich:

Die jeweiligen Autoren

Redaktion:

Dr. Christian Fürst und Dr. Christa Egger-Danner, ZuchtData

Druck: Börsedruck Ges.m.b.H., Liesinger Flur-Gasse 8, 1230 Wien