

## **2. Schrifttum**

### **2.1 Physiologische Grundlagen der Fortpflanzung und des Wachstums**

Fortpflanzung und Wachstum sind geschlechtsspezifisch determiniert und befinden sich bereits ab dem Zeitpunkt der embryonalen Geschlechtsdifferenzierung durch die enge Verknüpfung der Regelkreise „Geschlechtsfunktion“, „Stoffwechsel und Körperentwicklung“ in einer lebenslangen Wechselwirkung. Die biologischen Zusammenhänge sind weitgehend aufgeklärt. Diese Kenntnisse sind eine wichtige Voraussetzung für biotechnische oder chirurgische Eingriffe.

#### **2.1.1 Hormonale Regulation der Fortpflanzung**

Die Regulation der Fortpflanzung ist bei beiden Geschlechtern hierarchisch geordnet und erfolgt nach einem allgemeingültigen Grundprinzip. Dabei wird die Funktion der übergeordneten Reglerelemente über Rückkopplungsmechanismen stimuliert. Die stimulierende Funktion wird als positives Feedback, die hemmende Funktion als negatives Feedback bezeichnet. Ein „short-loop“-Feedback liegt vor, wenn nur die jeweils vorgeschaltete Regulationsebene beeinflusst wird. Wirkt die Rückkopplung auf verschiedenen Ebenen, so spricht man von „long-loop“ - Feedback. Mediatorenwirkungen auf gleicher Ebene werden als „Ultra-short-loop“-Feedback bezeichnet.

Nach Schallenberg (1993) besitzen konstante Hormonkonzentrationen keinen Informationsgehalt. Nur Konzentrationsänderungen können als Signal von einem „Sender“ (endokrine Drüse) auf einen „Empfänger“ (weitere endokrine Drüsen oder Erfolgsorgane) übertragen, mittels spezifischer Rezeptoren („Antennen“) aufgenommen und in zelluläre Antworten umgesetzt werden. Diese autoregulativen Vorgänge sichern die Homöostase. Hypothalamus und seine synaptischen Verbindungen zum Vorder- und Mittelhirn bilden das limbische System und sind als neurale Strukturen die Schaltstelle zwischen dem zentralen Nervensystem (neuraler Regulationsanteil) u. dem Hypophysen- Gonadensystem (endokriner Regulationsanteil), zu beachten.

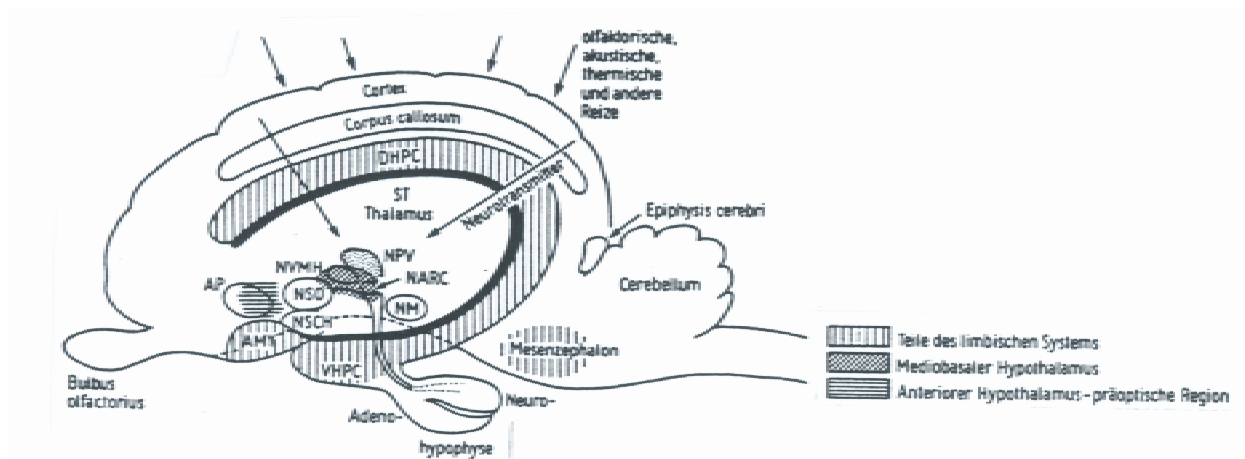


Abbildung 1: Schematische Darstellung des limbischen Systems und der zentralen Strukturen: Steuerung der Sexuallfunktionen (Parvici und Ellen-dorf, 1974. Entnommen Busch, Löhle und Peter, 1991)

Das nach kybernetischem Grundprinzip funktionierende System der neuroendokrinen Regulation der Fortpflanzung stellt Schallenberger (1993) in dem nachfolgenden Blockschaltbild dar.

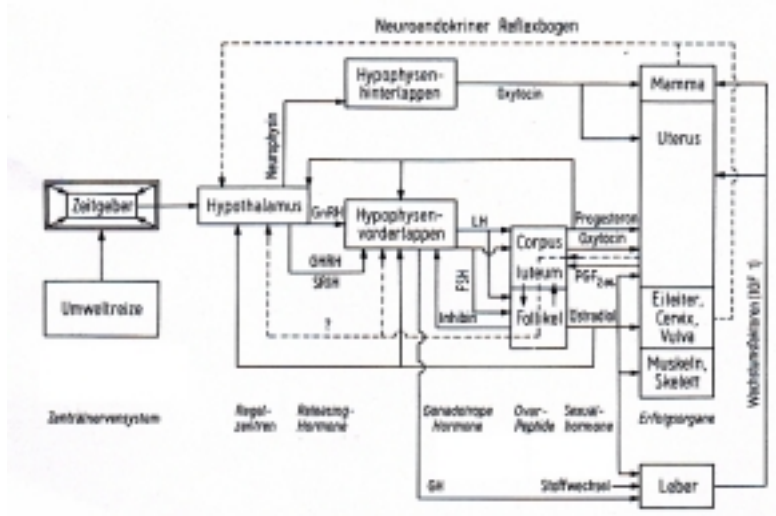


Abbildung 2: Schema zur hormonalen Regulation der weiblichen Fortpflanzungs-funktionen (Schallenberger, 1993)

Die nachfolgende Abbildung 3 beschreibt die Wirkung der Sexualhormone auf die einzelnen Wirkungsorte sowohl im Zentralnervensystem als auch auf die Gonaden, den Uterus und das Verhalten.

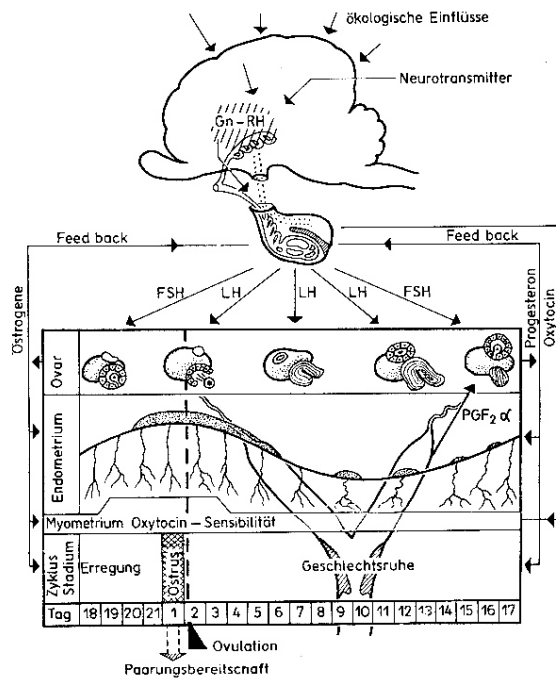


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Regulation der endokrinen Steuerung beim weiblichen Tier (Kudlac, 1991)

Da ausführliche, sich zumeist wiederholende verbale Abhandlungen über die neuroendokrine Regulation der weiblichen Sexualfunktion in einer Vielzahl vorliegen, darf auf die aktuellen Ausführungen von Schallenberger (1993) verwiesen werden. Im Gegensatz zu diesem detailliert hohen Wissensstand sind Kenntnisse über die Beziehungen der Geschlechtsfunktion zu Stoffwechsel und Wachstum vergleichsweise gering.

### **2.1.2 Klinische Aspekte im Sexualzyklus des weiblichen Rindes**

Nach Grunert und Berchtold (1982) sind Brunstzyklen Sexualperioden im Wechsel zwischen Paarungsbereitschaft und Ablehnung des Sexualpartners. Bei dem domestizierten, geschlechtsreifen, nichttragenden Rind der europäischen Nutzungsrasen kommt es mit mehr oder weniger konstanter Periodizität das ganze Jahr über zu einem Wechsel zwischen Paarungsbereitschaft und Ablehnung des Sexualpartners (ganzjährig polyöstrisch). Dieser Zyklus läuft mit weitgehend übereinstimmender Symptomatik ab. Der Sexualzyklus wird in seiner Zeitspanne begrenzt von der Pubertät und der Senilität.

Das Eintreten der Geschlechtsreife, d.h. die erste deutlich wahrnehmbare Brunst mit Ovulation, erfolgt bei ausreichend ernährten Jungrindern der europäischen Rassen in der Regel im Alter von 9 bis 12 Monaten. Nach Busch u. Zerobin (1995) erreichen Tiere der Milchrasen 1-2 Monate früher die Pubertät als Fleischrassen. Das Pubertätsalter läßt sich durch die Intensität der Fütterung beeinflussen. Die erste Brunst steht beim Rind in deutlicher Beziehung zur Fütterungs- und Aufzuchtintensität. Nach sehr intensiver Aufzucht kann bei Färsen bereits im Alter von 6 Monaten der Zyklus beginnen (Gewicht ca. 250kg), während bei sehr langsamer Entwicklung (Tageszunahmen 300-400g) die Brunst erst mit 18 bis 24 Monaten (im Gewicht von 250-300kg) eintritt, evtl. aber auch ganz ausbleibt. Verzögerungen des Pubertätseintrittes kann es bei extremer Eiweißunterversorgung und bei Weiderindern durch einen hohen Phosphormangel infolge der damit verbundenen geringeren Energieaufnahme geben.

Nach Grunert (1982) gehen häufig der ersten äußerlich sichtbaren Brunst ein bis zwei Zyklusperioden, die meist unregelmäßig verkürzt verlaufen, mit stiller Brunst voraus. Busch und Zerobin (1995) sprechen im Rahmen der Veränderungen am Follikelapparat von Follikelreifungswellen. Die Follikeldynamik unterliegt dabei bis zu vier verschiedenen Follikelreifungswellen. Bereits kurz nach der Ovulation (ca. 3.-5. Zyklustag) findet eine Follikelanbildung statt, danach folgt am 8. Zyklustag die zweite, am 10.-12. Zyklustag die dritte und ab 15.-17. Tag schließlich die vierte. Während die Follikel der ersten 3 Anbildungswellen atretisch werden, kommt der Follikel der ab dem 15.-17. Zyklustag sich anbildet zur Reifung und Ovulation mit begleitenden

Östrussympptomen. Die in den Follikeln gebildeten Östrogene helfen die Funktion des Uterus, insbesondere die des Endometriums und des Myometriums, zu steuern. Die ersten drei Follikelreifungswellen verlaufen ohne begleitende Östrussympptome. Sollte es doch zu Brunsterscheinungen kommen, ist das die Folge eines insuffizienten Corpus luteum. Die Brunstsymptome sind dann jedoch nur schwach ausgebildet und eine Ovulation kann aufgrund des vorhandenen Progesteronspiegels nicht erfolgen. Diese Ergebnisse entstammen histologischen Untersuchungen. Mittels Sonographie lassen sich 2 bis 3 Follikelreifungswellen je Zyklus ermitteln.

Das Sistieren des Zyklusgeschehens als Folge einer altersbedingten Afunktion der Ovarien, ein der Menopause der Frau vergleichbares Phänomen, wird bei Nutztieren wegen ihrer vorheriger Verwertung praktisch nicht erreicht. Am Ovar scheinen bei alten Kühen die zyklischen Veränderungen nicht plötzlich auszubleiben, da am senilen Eierstock noch Gelbkörper festzustellen sind.

Ein zeitlich befristetes Ausbleiben der zyklischen Erscheinungen wird Zyklusruhe genannt. Involutions- und Reparationsvorgänge am weiblichen Genitale sind von einer mehr oder weniger langen Zyklusruhe begleitet. Eine extrem lange postpartale Zyklusruhe gilt vorrangig als Folgeerscheinung von Mängeln in Ernährung und Haltung. Die erste, meist stillverlaufende Brunst kann bereits 14 bis 17 Tage post partum festgestellt werden. In der Tabelle 1 sind die 4 Phasen des Sexualzyklus niedergeschrieben.

Tabelle 1: Die vier Phasen des Sexualzyklus

Phase	Brunst (Östrus)	Nachbrunst (Metöstrus)	Zwischenbrunst (Interöstrus)	Vorbrunst (Proöstrus)
Dauer	24 -36 Stunden	2 – 3 Tage	≅ 14 - 16 Tage	≅ 2 Tage

Proöstrus, Östrus und Metöstrus werden auch als Gesamtöstrus bezeichnet. Näher, weil verbunden mit nachweislich vermehrter Aktivität des Tieres, soll hier noch einmal der Proöstrus sowie der Östrus besprochen werden.

*Proöstrus :*

Der *Proöstrus* ist eine zeitlich nicht genau abzugrenzende Periode, die vom Einsetzen der Verhaltensänderungen bis zu dem Zeitpunkt dauert, zu dem sich das Rind erstmalig begattungsbereit zeigt.

Erstes Anzeichen der Vorbrunst ist eine erhöhte Nervosität. Die Verhaltensabweichungen sind nicht immer deutlich ausgeprägt. Als kennzeichnendes und meist deutlich sichtbares Symptom des Proöstrus gilt das vermehrte Aufspringen auf andere Tiere der Herde. Busch und Zerobin (1995) sprechen von Imponierverhalten und Aufsprungverhalten. Ersteres wird auch als Attraktivverhalten bzw. Sexualmotivation bezeichnet. Auch eine auffällige Annäherung an andere Färsen und Kühe, zum Teil mit Beriechen und Flämen, wird oft gesehen. Bei der speziellen gynäkologischen äußeren und inneren Untersuchung kann besonders gegen Ende des *Proöstrus* eine leichte Vulvaschwellung, eine hyperämische und intensiv feuchte Scheidenschleimhaut sowie eine Ansammlung von Brunstschleim in der Vagina beobachtet werden. Die Schleimkonsistenz ändert sich während der Vorbrunst von zunächst mäßig viskös zu klar, transparent, fadenziehend. Die Zervix weist eine beginnende Erschlaffung auf. Die gesteigerte Erregbarkeit zeigt sich auch bei der rektalen Palpation, wobei der Uterus mit einer bereits mehr oder weniger stark ausgeprägten Kontraktionsbereitschaft reagiert. Die östrogenbedingte vermehrte Blutfülle führt zu einer leichten Vergrößerung des Uterus. An den Ovarien kann außer dem in Rückbildung befindlichen kleinen und derben Corpus luteum bereits ein Graafscher Follikel in der Anbil-

dungsphase palpiert werden.

Mit Ausnahme der zeitlich deutlich abzugrenzenden Brunst erfolgen die Übergänge der einzelnen Zyklusphasen allmählich. Dies ist nachweisbar an physikalisch-chemischen Veränderungen am Genitaltrakt. Individuelle Reaktionsmuster der Tiere überlagern diese relativ fließenden Übergänge. Das macht verständlich, warum die in der Literatur aufgeführten Angaben über die Dauer der einzelnen Zyklusphasen nicht immer übereinstimmen.

*Östrus* :

Als *Östrus* wird der Zeitraum bezeichnet, in dem das weibliche Tier die Begattung duldet. Während einer Brunst kommt es zu 2 bis 6 Paarungen, wenn Bullen frei in der Herde laufen (Leidl 1963).

Auch für das Paarungsverhalten ist weitgehend das neuroendokrine System verantwortlich, das Impulse erhält, die über das Gehirn durch sensorische, visuelle, akustische und olfaktorische Reize ausgelöst werden. Es zeigen brünstige Tiere in der Hochbrunst eine Vielzahl von Verhaltensmerkmalen. Es wird zwischen dem weiter ausgeprägtem Imponierverhalten (Attraktivverhalten bzw. Sexualmotivation) und dem Aufsprungverhalten (Endhandlung) unterschieden (Busch u. Zerobin, 1995). Das Imponierverhalten besteht aus deutlichem Ohrenspiel, erregtem Augenausdruck, erhöhter Schwanzhaltung, Kreuzdurchbiegen, Flemen, Wittern. In diesem Verhalten liegen Erkundung, Aggression, Bewegung, Suchen, Annäherung in Form von Aufsprungversuchen (Busch u. Zerobin, 1995). In der Endhandlung, dem Aufsprungverhalten, liegen Verfolgung und Stoßen mit dem Kopf „Hüten“, Reiben und Liebkoosen sowie Beriechen und Belecken der Anogenitalregion, Kinnauflegen, seitenverkehrtes Stehen, Duldung des Aufsprunges, Aufsprung mit Friktionsbewegungen. Die Kopulationsbereitschaft dauert beim Niederungsrind durchschnittlich etwa 18 Stunden. Brünstige Rinder zeigen eine hohe motorische Aktivität. In dieser Zeit kann ein brünstiges Rind innerhalb von 24 Stunden 100 mal andere Tiere bespringen oder selbst besprungen werden. In der Regel wird es genauso oft besprungen, wie es selbst aufspringt. Es ist auch festgestellt worden, daß mehr besprungene Kühe brünstig sind (90 %) als aufspringende Tiere (79 %). Die Häufigkeit des Duldungsverhaltens ist symmetrisch - mit einem Peak in der Hochbrunst - verteilt. Die

meisten Aktivitäten des Erkundungsverhaltens liegen 6 bis 12 Stunden vorher, d.h. in der Vorbrunst, jedoch persistiert dieses Verhalten noch zu Beginn des Metöstrus, wenn die Duldung nicht mehr besteht.

Brünstige Färsen fühlen sich besonders zu Kühen, unabhängig von deren Zyklusstadium, hingezogen und versuchen sexuelle Verhaltensspiele zu provozieren. Das intensive gegenseitige Stimulieren zwischen Rindern intensiviert das Brunstverhalten des Einzeltieres. Ist nur ein Einzeltier brünstig, so sind durchschnittlich 11,2, bei mehreren 56,6 Aufsprünge pro Brunst zu beobachten. Die sich bildenden Gruppen schließen sowohl Tiere der Vor- als auch der Hoch- und Nachbrunst ein (Busch u. Zerobin 1995).

Zur Wertung des eigentlichen Zyklusbeginns kommt der Tag 1 der Brunst in Frage. Zeitlich ist nur der Östrus durch die kontrollierte Paarungsbereitschaft einzugrenzen. Der Proöstrus fällt somit in das Ende des vorhergegangenen Zyklus. Fleisch- als auch Milchrinder, die im Winter zur Abkalbung kommen, haben ein längeres Intervall zwischen Abkalben und Auftreten der ersten Brunst post partum als solche, die im Sommer abkalben.

#### *Zykluslänge :*

Die *Dauer des Sexualzyklus* beträgt im Durchschnitt 21 (18 - 24) Tage. Bei Färsen wird eine durchschnittliche Dauer von nur 20 Tagen beobachtet. Streß soll bei Fleischrindern keinen Einfluß auf die Zyklusdauer haben. Ortsgebundene Faktoren sind vorrangig beeinflussend.

In Abhandlungen *über das Verhalten während der Brunst* sind häufig Hinweise auf eine verminderte bis zeitweise stark verminderte Futteraufnahme der brünstigen Rinder nicht erwähnt. Ferner lösen solche Tiere Unruhe in Ihrer Herde aus. Nicht selten kommt es in der Laufstallhaltung aber auch beim Weidegang durch gegenseitiges Bespringen zu folgenschweren Verletzungen. Hieraus resultiert sowohl bei dem brünstigen als auch bei den in Mitleidenschaft gezogenen Artgenossen eine nicht unerhebliche Beeinträchtigung der Körpergewichtszunahmen pro Tag. Auch wird in Weidegebieten durch sexuelle Ruhigstellung der weiblichen Rinder eine gemeinsame Weideführung mit Mastbullen angestrebt.



### 2.1.3 Hormonale Regulation des Wachstums

Zellvergrößerung (Hypertrophie) und Zellvermehrung (Hyperplasie) sind die elementaren Grundlagen des Wachstums. Mit Wachstum ist die irreversible Zunahme der lebenden Substanz definiert, die meist mit einer Vergrößerung und Teilung der Zelle einhergeht.

Nach Karg (1994) gehen beide Phänomene von der im Zellkern lokalisierten DNA aus, wobei die entsprechenden Vorgänge als Replikation der DNA für die mitotische Zellvermehrung mit identischer Weitergabe der genetischen Information von Generation zu Generation ermöglicht und als Transkription der DNA für die zur Zellvermehrung erforderlichen Syntheseleistungen bezeichnet wird. Abbildung 4 veranschaulicht den Vorgang.

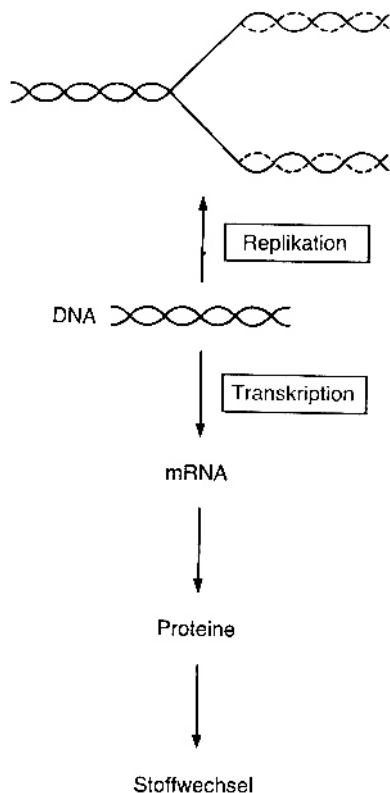


Abbildung 4: Biologische Grundlagen des Wachstums Replikation und Transkription (Karg, 1994)

Dabei durchläuft jede Zelle eine Generationszeit, welche mit der Entstehung einer Zelle als Ergebnis einer mitotischen Teilung beginnt und mit einer erneuten Zellteilung oder dem Tod der Zelle endet. Die Generationszeit ist ein Vorgang definierter Aktivitätsphasen (Karg, 1994). Nach Abschluß der mitotischen Teilung erreicht die Zelle die sog. G<sub>1</sub> - Phase. Diese Phase ist gekennzeichnet durch Zellwachstum und Zelldifferenzierung. Die Zelle erhält ihre charakteristische Größe, Form und Leistungsfähigkeit, d. h. die Vorgänge der Transkription und Translation können auf hohem Niveau ablaufen. Im Hinblick auf die Vorgänge der Zellteilung ist die Zelle im G<sub>1</sub>- Stadium jedoch in einem Ruhestadium. Dieses kann in Abhängigkeit von der Zellart von variierender Länge sein. Nach derzeitigen Überlegungen muß nun eine Zelle, um das G<sub>1</sub>- Stadium in Richtung Zellteilung überwinden zu können, „kompetent“ gemacht werden, d.h. Zellzyklus - Gene werden aktiviert. Für diese Aktivierung, die Grundvoraussetzung für den Vorgang der Replikation ist, werden bestimmte Initiatoren verantwortlich gemacht. Diese werden gängigerweise als Wachstumsfaktoren oder Growth Factors bezeichnet. Ihre Wirkung erfolgt über Zellmembranrezeptoren (Karg, 1994). Die Interaktion zwischen Wachstumsfaktor und Rezeptor bewirkt eine Aktivierung tyrosinspezifischer Proteinkinasen, welche ihrerseits die Phosphorylierung bestimmter Proteine an Tyrosin veranlaßt.

Allen bekannten Wachstumsfaktoren ist gemeinsam, daß sie ihre Wirkung über die Zellmembranrezeptoren ausüben und die Zelle zur Mitose stimulieren. Diese Genaktivierung und Zelltranskription / - translation wird durch Steroidhormone , Polypeptoid - und Peptidhormone gesteuert. Der Steuerung des Wachstums liegen primär genetische Kontrollmechanismen zugrunde. Sekundär- und damit exogen beeinflussbar spielen endokrine Regulationssysteme und die Verfügbarkeit an Nährstoffen eine essentielle Rolle. Somit ist Wachstum eine physiologische Stoffwechselleistung mit Anabolie. Dabei ist der Nährstoffbedarf der einzelnen Organe unterschiedlich und wird für das Fett- und Muskelgewebe dominant durch Hormone gesteuert.

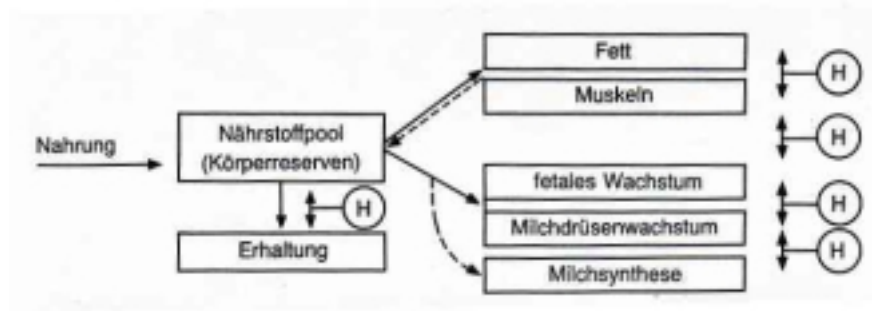


Abbildung 5: Nährstoffverteilung und Einfluß von Hormonen (H) (Karg,H. 1994)

Die multifaktorielle Regulation des Wachstums veranschaulichen die Übersichten Tabellen 2 und 3. Sie machen deutlich, daß einige Hormone ihre Wirkungsrichtung in Abhängigkeit von der Dosis ändern.

Tabelle 2: Hormonale Effekte auf das Knochenwachstum (nach Blum, 1987; zit Karg, 1994)

Hormone	Einstufung	Allgemeines Wachstum	Reifung	Endlänge
STH	Niedrig	-	-	-
	Hoch	+++	+ -	++
T <sub>3</sub> ; T <sub>4</sub>	Niedrig	-	-	-
	Hoch	+	+	±
Insulin	Niedrig	-	-	?
	Hoch	+	?	?
Androgene	Niedrig	±	-	+
	Hoch	++	++	-
Östrogene	Niedrig	±	-	+(?)
	Hoch	+	++	-
Glucocorticoide	Niedrig	±(?)	±(?)	?
	Hoch	-	-	-

Anmerkung zu Tab.2: (niedrig = subnormaler Bereich oder Mangel; hoch = normal oder stimuliert)

Tabelle 3: Multifaktorielle Hormonwirkung auf Wachstum, Protein- und Fettansatz  
(Karg, 1994)

Hormon	Hauptproduktionsorgan (Drüse)	Einfluß auf	
		Wachstum und Proteinansatz	Fettansatz
Insulin	Pankreas	+	+
Glucagon	Pankreas	(-)	(-)
Somatotropin (STH) = Wachstumshor- mon (GH)	Hypophysenvorderlappen	+	-
Somatomedine (IGF=I;IGF=II)	Leber	+	(+)
Adrenalin Noradrenalin	Nebennierenmark	+	-
Trijodthyroxin	Schilddrüse		
Thyroxin		+	(-)
Niedrig dosiert		-	-
hoch dosiert			
Glucocorticoide	Nebennierenrinde	(±)	(+)
niedrig dosiert			
hoch dosiert		-	±
Androgene	Gonaden	+	(-)
Östrogene	Gonaden, Plazenta	+	(-)

Anmerkung zu Tab.3: (+ überwiegend anabol bzw. antikatabol - überwiegend katabol bzw. antianabol)

Von den sowohl das Wachstum und den Proteinansatz als auch den Fettansatz regulierenden Hormonen kommt dem Insulin die dominierende Funktion zu. Es wird deshalb auch als das eigentlich anabol wirkende Hormon bezeichnet. Insulin erhöht den Glukose - und Aminosäuretransport in den Zellen aller Gewebe und befördert nach Karg (1994) bei den Wiederkäuern das Acetat. Insulin steigert die Glykogenbildung in der Muskulatur, bewirkt eine Erhöhung der renalen Glucosereabsorption, unterdrückt in der Leber die Glykogenolyse und Ketogenese, reguliert den Glucosegehalt des Blutes und die Sekretion gastrointestinaler Hormone. Analog ist die Wirkung der Insulin like growth factors I und II. Antagonist des Insulins ist Glucagon (gebildet von den  $\alpha$ - Zellen der Langerhansschen Inseln), indem es die Hyperglykämie durch Glykogenolyse in der Leber induziert und somit eine Insulin bedingte Hypoglykämie verhindert. Insulin fördert die Mitose und hat eine differenzierte Wirkungsintensität in der Rangordnung Fettgewebe, Muskulatur und Knochengewebe (Karg, 1994). Nicht näher erschlossen ist die Rolle des Insulins bei der Regulation der Rezeptorfunktion für andere Hormone. Die Rolle des Insulins für den Wachstumshormonrezeptor gilt jedoch als erwiesen. Eine Leistungsförderung durch Insulinapplikation ist wegen der schnellen hypoglykämischen Reaktion nicht möglich (Karg, 1994).

Das hypophysäre Wachstumshormon wird - analog den Gonadotropinen - durch das zugehörige Releasinghormon GHRH reguliert. GH reguliert mit seiner somatogenen Wirkung den IGF-I- Spiegel, die IGF- Bindungsproteine und die Konzentration der GH- Rezeptoren. Die Wachstumshormone entfalten ihre regulierende Wirkung besonders im postnatalen bis puberalen Lebensabschnitt. GH wird unter diesem Einfluß in zwei hypothalamischen Peptiden (Somatostatin und GHRH) episodisch freigesetzt. Die GH - Sekretion ist differenziert bei männlichen und weiblichen Individuen mit unterschiedlichen Wachstumsraten (Jansson et al., 1985), was sich jedoch bei den großen Haustieren nicht so deutlich präsentiert. Bei intakten Rindern konnte festgestellt werden, daß sich die GH - Sekretion von der bei Ochsen unterscheidet (Anfinson et al. 1975).

Plouzek u. Trenkle (1991) bestimmten erstmals das GH-Verhalten bei wachsenden

männlichen und weiblichen Rindern. Die Bestimmung der GH-Blutplasmakonzentration wurde über eine 12-h-Periode in 20 minütigem Intervall durchgeführt. Ferner wurde das Verhalten nach Infusion von GH und GHRH geprüft. Die Kastrationen erfolgten im Alter von 6 Monaten. Die Experimente wurden zeitgleich bei allen Probanden im Alter von 5, 8, 12 und 15 Monaten durchgeführt. Nachgewiesen werden konnte, daß mit zunehmendem Alter in allen Gruppen die GH-Plasmakonzentration abnimmt ( $P < 0,01$ ). Die Bullen hatten übereinstimmend eine höhere GH-Konzentration ( $P < 0,01$ ) als Ochsen, intakte Färsen und kastrierte Färsen. Die Bestimmung der metabolische Clearancerate (MCR) und der Sekretionsrate (SR) von GH ergab, daß bei intakten Färsen die MCR niedriger war als bei ovariectomierten Färsen. Bullen, Ochsen und kastrierte Färsen haben eine weitgehend gleiche MCR. Bullen haben eine höhere GH-Sekretion als die anderen Probanden und männliche eine höhere SR als weibliche Rinder. Die Differenzen der GH-Parameter in Beziehung zum Geschlecht erklären Plouzek u. Trenkle (1991) mit den Unterschieden im Vorkommen und Verhalten der Steroidhormone. Die Plasmakonzentration von Testosteron und Gesamtöstrogen sind bei Bullen höher. Kleine Differenzen wurden in der Östrogenkonzentration zwischen Ochsen, intakten und ovariectomierten Färsen festgestellt. In analoger Versuchsdurchführung untersuchten Plouzek u. Trenkle (1991) ferner das Verhalten von IGF-I anhand der quantitativen Plasmakonzentrationen von IGF-I, Testosteron, Östrogene, Thyroxin, Trijodthyronin und Insulin. Die IGF-I-Konzentration stieg altersabhängig (5.-12.Monat) in allen Gruppen von durchschnittlich 61,6 auf 158,6 ng/ml Plasma an ( $P > 0,01$ ). Bullen hatten in allen Altersabschnitten höhere IGF-I-Konzentrationen als Ochsen, Färsen und ovariectomierte Färsen ( $P < 0,01$ ). Die Bullen hatten ebenfalls höhere Konzentrationen von Testosteron ( $P > 0,01$ ) und von Gesamtöstrogenen ( $P > 0,01$ ) als Ochsen. Trijodthyronin war bei den kastrierten Färsen höher als bei Bullen ( $P > 0,01$ ) und Ochsen ( $P < 0,05$ ). Die Färsen beider Gruppen hatten höhere Thyroxinwerte als die männlichen Rinder ( $P > 0,01$ ). Die Konzentrationen von Trijodthyronin war in den Wintermonaten und zu Frühjahrsbeginn höher als im Sommer. Insulin und Glukose wurden durch das Geschlecht bzw. die Kastration nicht beeinträchtigt. Die Insulinkonzentration nahm jedoch mit zunehmendem Alter bei allen Tieren zu. Die ebenfalls mit zunehmendem Alter bei allen 4 Versuchsgruppen sich erhöhende IGF-I-Konzentration war mit einem Anstieg der Insulin-Plasmakonzentration verbunden. Die erhöhende IGF-I-Konzentration zeigte jedoch keine

geschlechtsabhängigen Unterschiede. Der deutlichste Anstieg von IGF-I wurde bei den Bullen in Korrespondenz mit einem Anstieg der Testosteron-Plasmakonzentration beobachtet. Die Autoren schlußfolgern, daß GH, die Geschlechtssteroidoide, Insulin und die Thyreoidhormone beim Rind in eine multifaktorielle Bildung von IGF-I eingeordnet sind. Fütterung und altersabhängige Veränderungen bewirken mehr oder weniger die Veränderungen in den Hormonkonzentrationen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß beim Rind dem IGF-I die Priorität in der Regulation der Wachstumsprozesse zukommt (Plouzek und Trenkle, 1991).

Die metabolische Wirkung von GH stellen Karg, Hoffmann u. Meyer (1989) sowie Etherton, (1989) in den Abbildungen 6 und 7 dar.

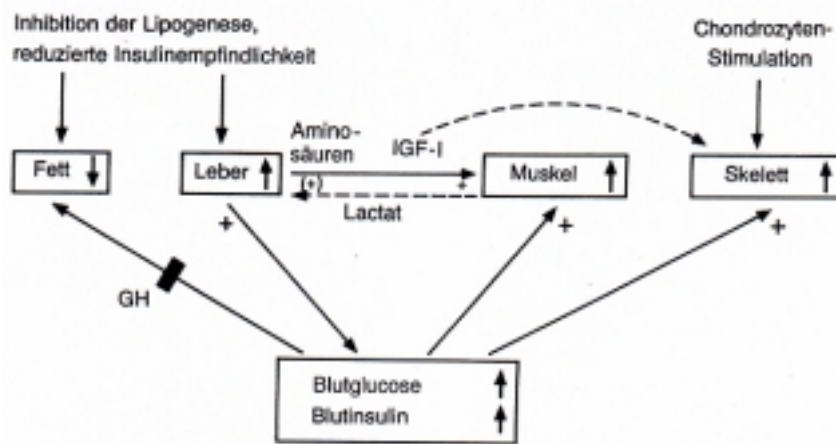


Abbildung 6: Synopsis der GH-Physiologie (Karg, Hoffmann und Meyer, 1989)

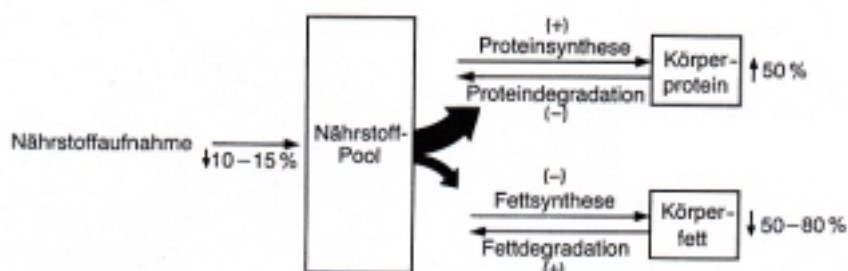


Abbildung 7: Nährstoffverteilungseffekt der pST-Anwendung bei Schweinen (Ether-ton, 1989)

Karg u. Meyer (1989) sowie Etherton (1989) veranschaulichen durch diese Abbildungen die initiale biochemische Reaktion der Nährstoffverteilung. Danach steht die reduzierte Glucoseverwertung im Fettgewebe im Vordergrund. Die Fettsäurensynthese





Ein positiver Short-loop-Feedback wird zwischen GH und Somatotropin vermutet. Glucose wirkt auf Somatostatin stimulierend, Arginin und Acetylcholin hemmend. Östrogene und wahrscheinlich auch Androgene stimulieren die Freisetzung von GH.

Die Wachstumsrezeptoren sind im Organismus weit verbreitet und wurden im Muskel, Fett, Herz, Leber, Niere, Ovarien, Fibroblasten und Lymphozyten nachgewiesen (Roupas u. Herington, 1989). Ein GH- Bindungsprotein wurde in der Zirkulation nachgewiesen, welches in seiner Struktur mit dem Extramembranteil des Rezeptors identisch ist (Baumann,1990; zit. Karg,1994). Die insulinähnlichen Wachstumsfaktoren IGF- I und II zirkulieren im Blut nicht frei, sondern sind an spezielle GH- abhängige Proteine gebunden. Endogene Proteasen entlassen IGF aus der Proteinbindung und führen es den Rezeptoren zu.

Die Schilddrüsenhormone Thyroxin (T4) und Trijodthyronin (T3) sind für das Wachstum, insbesondere des Nervensystems (Gehirn) und der Knochen (Stimulation der Epiphysen) essentiell. Dabei muß T4 zur Erzielung einer schnelleren Wirksamkeit in T3 transformiert werden. T3 optimiert die Somatotropinrezeptoren der Skelettmuskulatur und stimuliert gemeinsam mit T4 die Sauerstoffaufnahme und Umsatzrate durch Induktion in Enzymen der Atmungskette. Dies bewirkt kalorogene Effekte, welche bei T3 wesentlich stärker als bei T4 ausgeprägt sind. Auch bei der Wirkung auf den Muskel ist T3 bei der Differenzierung myogener Zellen dominierend. Eine wichtige Rolle im Wachstum und bei dessen exogener Beeinflussung spielen die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin des Nebennierenmarkes bzw. des sympathischen Nervensystems. Sie bewirken Glykogenolyse in Muskel und Leber. Hierdurch kommt es in den Muskeln zu einem Anstieg von Glucose-6-phosphat mit inhibierter Glucoseaufnahme und demzufolge zu einer Herabsetzung der metabolischen Umsatzrate, Depression der Insulinsekretion und schließlich Reduktion des Proteinkatabolismus. Die  $\beta$ -Rezeptoren der Muskeln lassen sich durch  $\beta$ -adrenerge Agonisten (Sympathikomimetika) aktivieren. Durch ihren starken hemmenden Effekt auf den Proteinkatabolismus stellen sie nach Karg (1987) den Prototyp für eine Nährstoffverteilung zugunsten von Magerfleisch dar. Die Rolle der Gonadotropine und Sexualsteroiden im Wachstumsprozeß ist besonders mit Eintritt der Pubertät sichtbar. Gleichmaßen ist sie auch durch eine Desexualisierung markant veranschaulicht. Androgene haben starke, Östrogene eine begrenzende anabole Eigenschaft. Im

Schrifttum sind nur vereinzelt experimentelle Arbeiten mit Erklärungen zu der Interaktion von Geschlechtsfunktion und Wachstum zu finden. Die Frequenz und das quantitative Verhalten der tonischen Gonadotropinsekretion bei ovariectomierten Milchkühen beschreiben erstmalig (Schallenberger und Peterson, 1982). Sie bestimmten radioimmunologisch LH und FSH bei 5 zyklischen und 5 post partum Kühen jeweils am 4. Tage vor und zu 5 Meßzeitpunkten innerhalb eines Monats sowie einmal am 108. bzw. 128. Tag nach der Kastration. Die Kastration erfolgte per Flankenschnittmethode. Die in Tabelle 4 zusammengefassten Ergebnisse veranschaulichen, daß bei den Zykluskühen die durchschnittlichen LH-Werte, die Sekretionsfrequenz und Konzentrationsamplitude innerhalb von 4 Tagen p. ovalect. um das etwa 3-fache ansteigen. Bei den post - partum - Kühen steigen die Werte etwa um das 2-fache an und waren somit signifikant niedriger als bei den zyklierenden Kühen. Die durchschnittlichen LH- Werte waren signifikant niedriger als bei den zyklierenden Kühen während der ersten 11 Tage nach der Kastration. Das Verhalten von FSH war dem des LH weitgehend ähnlich, lediglich die Amplitude war erniedrigt. Dies verdeutlicht Tabelle 4.

Tabelle 4: Charakteristika der Gonadotrophinsekretion von Kühen vor und nach einer Ovariectomie, ausgeführt am Tag 4 des Östruszyklus oder am Tag 4 nach dem Abkalben (Schallenberger und Peterson, 1982)

Tage vor und nach Ovariectomie	Anzahl der Kühe	LH (ng/ml)	FSH (ng/ml)	Puls des Intervalls	Amplitude LH ng/ml	Amplitude FSH (ng/ml)
Zyklierende Kühe						
-4	5	0,9±0,2	101±18	207±53	0,5±0,1	45,5±14,3
+1	5	1,4±0,2	181±35	96±6	0,9±0,1	67,2±13,6
+4	5	3,1±0,2	242±15	73±2	1,5±0,2	65,6±6,0
+11	5	3,0±0,1	263±15	73±5	1,5±0,1	57,8±11,3
+18	5	3,3±0,4	284±18	94±7	1,6±0,1	69,3±17,4

Fortsetzung Tabelle 4

+25	5	3,0+- 0,3	288+-30	98+-5	1,6+-0,2	75,6+-27,3
+108	4	3,8+- 0,5	357+-62	141+-18	2,8+-0,3	94,6+-45,0
Breite 96-123						
Kühe post partum						
-2	5	0,8+- 0,1	104+-28	231+-9	0,7+-0,1	52,8+-9,3
+1	5	1,1+- 0,2	125+-37	161+-6	0,8+-0,2	61,0+-14,0
+4	5	1,6+- 0,2	232+-45	113+-17	1,2+-0,2	80,7+-18,9
+11	5	2,4+- 0,3	270+-30	78+-8	1,3+-0,2	87,6+-20,3
+18	5	2,6+- 0,2	283+-44	78+-3	1,4+-0,1	108,0+-33,9
+25	5	2,9+- 0,3	299+-75	81+-3	1,5+-0,2	96,3+-16,2
+128	4	3,9+- 0,3	328+-73	121+-6	2,9+-0,4	114,8+-19,7
Breite 96-147						

Die Autoren schlußfolgern, daß die Hypothalamus- Hypophysen- Achse bei post partum Kühen nicht vollständig gegenüber einem negativen Feedback nach dem Entzug der ovariellen Steroide blockiert ist, jedoch eine geringere Ansprechbarkeit der pulsartigen RH-Freisetzung bei Kühen post partum vorliegt. Diese Befunde einer durch Ova- rektomie bei laktierenden Kühen mobilisierten Hypothalamus- Hypophysen- Funktion könnte im übertragenen Sinn auch die Stimulierung des anabolen Stoffwechsels und der Laktation nach Ova- rektomie erklären.