

Aus dem Institut für Tierernährung  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

und dem

Institut für Anatomie, Physiologie und Hygiene der Haustiere  
der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

**Untersuchungen zur Selenversorgung von  
Vollblutstuten und deren Fohlen während  
Trächtigkeit, Laktation und Aufzucht**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
**Silke Schönthaler**  
Tierärztin aus Stuttgart  
Berlin 1998

Journal-Nr. 2170

Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereiches Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. D. Schneider  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. H. Sommer

Tag der Promotion: 14. August 1998

Meinen Eltern

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2. Literaturübersicht</b>	<b>10</b>
2.1. Geschichtliches	10
2.2. Selen im Organismus	10
2.2.1. Aufnahme	10
2.2.2. Transport, Verteilung in Organsystemen und Bioverfügbarkeit	12
2.2.3. Ausscheidung	16
2.2.4. Biochemische Funktionen	17
2.3. Selen in Pflanzen und Futtermitteln	21
2.3.1. Vorkommen im Boden	21
2.3.2. Selen in Pflanzen	21
2.3.3. Selengehalt einzelner Futtermittel	23
2.4. Bedeutung des Spurenelements Selen für das Pferd	24
2.4.1. Selenbedarf des Pferdes	24
2.4.1.1. Richtwerte zum Selenbedarf des Pferdes	24
2.4.1.2. Beeinflussung des Selenbedarfs	25
2.4.2. Beurteilung der Selenversorgung	26
2.4.2.1. Selengehalt in Vollblut, Plasma und Serum	26
2.4.2.2. Selengehalt in Stutenmilch	30
2.4.2.3. Selengehalt in Haar und in Horn	32
2.4.2.4. Bestimmung der GSH-Px-Aktivität in Vollblut, Plasma und Erythrozyten	33
2.4.2.5. Einflußfaktoren auf den Selengehalt des Körpers	36

---

2.5.	Gesundheitsstatus des Pferdes in Abhängigkeit von der Selenversorgung	37
2.5.1.	Symptome des Selenmangels beim Fohlen	38
2.5.2.	Selen und die Immunabwehr	41
2.5.3.	"Selenium-associated / responsive disease"	42
2.5.4.	Bedeutung des Selens für die Reproduktion	43
2.6.	Präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Selenmangel bei Pferden	44
 <b>Eigene Untersuchungen</b>		
<b>3.</b>	<b>Arbeitsplan</b>	46
3.1.	Bestandsuntersuchung in vier Gestüten	46
3.2.	Verlaufsuntersuchung in Betrieb 1	46
3.3.	Fragestellung	46
<b>4.</b>	<b>Material und Methode</b>	48
4.1.	Untersuchungsmaterial	48
4.1.1.	Betriebe und Tiere	48
4.1.2.	Ermittlung der Vorberichte und Angaben zur Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere	51
4.1.3.	Verlaufsuntersuchung während Trächtigkeit und Aufzucht	53
4.1.4.	Haltung der untersuchten Stuten und Fohlen	55
4.1.5.	Fütterungsverfahren	55
4.1.5.1.	Bestandsuntersuchung: Fütterung der Stuten in den Betrieben 1-4	55
4.1.5.2.	Verlaufsuntersuchung: Fütterung der Stuten und Fohlen in Betrieb 1 von Juni 1995 bis Mai 1996	58

---

4.1.5.2.1. Niedertragende Stuten (1.-7. Trächtigsmonat)	58
4.1.5.2.2. Hochtragende Stuten (8.-12. Trächtigsmonat)	58
4.1.5.2.3. abgesetzte Fohlen	59
4.2. Probengewinnung und Aufbewahrung	60
4.2.1. Blutproben	60
4.2.2. Futterproben	60
4.3. Selenbestimmung durch Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)-Hydridtechnik	61
4.4. Photometrische Analyse der Glutathionperoxidaseaktivität	63
4.5. Statistische Methoden	65
<b>5. Ergebnisse</b>	<b>67</b>
5.1. Selengehalt der Futtermittel	67
5.2. Selenversorgung der Pferde	68
5.2.1. Selenaufnahme von Stuten der vier untersuchten Betriebe (Bestandsuntersuchung)	68
5.2.2. Selenaufnahme von Stuten und Fohlen in Betrieb 1 während der Verlaufsuntersuchung	71
5.3. Plasmaselengehalt von Stuten und Fohlen der vier Gestüte (Bestandsuntersuchung)	72
5.3.1. Plasmaselengehalt von tragenden Stuten	73
5.3.2. Plasmaselengehalt von laktierenden Stuten	75
5.3.3. Plasmaselengehalt von Fohlen	76
5.3.4. Plasmaselengehalt von Stuten während Trächtigkeit und Laktation	78

---

5.3.5.	Einfluß von Trächtigkeitswoche, Laktationswoche und Alter des Fohlens auf den Plasmaselengehalt	79
5.3.6.	Beziehung zwischen Plasmaselengehalt von Stute und Saugfohlen	81
5.4.	Plasmaselengehalt von Stuten und Fohlen in Beziehung zu deren Gesundheit und Fruchtbarkeit	84
5.5.	Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei tragenden Stuten und Fohlen	86
5.5.1.	Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei tragenden Stuten	86
5.5.2.	Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei Fohlen während der Aufzucht	92
5.6.	Selengehalt im Vollblut tragender Stuten und abgesetzter Fohlen	94
5.6.1.	Selengehalt im Vollblut tragender Stuten	95
5.6.2.	Selengehalt im Vollblut abgesetzter Fohlen	97
5.6.3.	Beziehung zwischen Selengehalt in Vollblut und Plasma	98
5.7.	GSH-Px-Aktivität im Plasma tragender Stuten und abgesetzter Fohlen	99
5.7.1.	GSH-Px-Aktivität im Plasma tragender Stuten	99
5.7.2.	GSH-Px-Aktivität im Plasma abgesetzter Fohlen	104
5.7.3.	Beziehung zwischen GSH-Px-Aktivität und Selengehalt im Plasma	105
5.8.	Selengehalt in Stutenmilch	106
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>108</b>
6.1.	Zur Selenversorgung von Zuchtstuten und Fohlen	108
6.1.1.	Selenversorgung von Zuchtstuten über Grund- und Kraftfutter	108
6.1.2.	Selenversorgung von Saugfohlen	110

---

6.2.	Zum Plasmaselengehalt von Stuten und Saugfohlen aus den Bestandsuntersuchungen	111
6.2.1.	Beziehung des Plasmaselengehalts zwischen Stute und Fohlen	113
6.3.	Zum Einfluß von Trächtigkeit und Wachstum auf Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma	114
6.3.1.	Plasmaselengehalt bei Stuten im Verlauf der Trächtigkeit	114
6.3.2.	GSH-Px-Aktivität im Plasma bei Stuten im Verlauf der Trächtigkeit	116
6.3.3.	Plasmaselengehalt im Verlauf der Aufzucht von Saugfohlen bis nach dem Absetzen	116
6.4.	Beziehung zwischen Plasmaselengehalt und Gesundheitsstatus der Pferde	117
6.5.	Wertung von Blutparametern zur Beurteilung der Selenversorgung	118
6.5.1.	Beurteilung des Selenstatus mittels des Plasmaselengehalts	118
6.5.2.	Beurteilung des Selenstatus mittels des Selengehalts im Vollblut	119
6.5.3.	Beurteilung des Selenstatus mittels der GSH-Px-Aktivität im Plasma	120
6.6.	Schlußfolgerung	120
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>122</b>
7.1.	Summary	124
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>126</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	<b>144</b>



## verwendete Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
Abb.	Abbildung /-en
ad lib.	ad libitum
AST	Aspartat-Amino-Transferase
bds.	beidseits
cGSH-Px	cytosolische Glutathionperoxidase
CK	Creatin-Kinase
d	Tag
DMS <sub>Se</sub>	Dimethylselenid
evt.	eventuell
Fa.	Firma
g	Gramm
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere
giGSH-Px	gastrointestinale Glutathionperoxidase
GS-Se-GS	intermediäre Selenverbindung
GS-SG	Glutathiondisulfid
GSH	Glutathion
GSH-Px	Glutathionperoxidase
h	Stunde
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Schwefelsäure
ha	Hektar
Hb	Haemoglobin
HCl	Salzsäure
HClO <sub>4</sub>	Perchlorsäure
HNO <sub>3</sub>	Salpetersäure
ID	Jodthyronin Dejodinasen
IU	international Unit (Enzymeinheit)
k.A.	keine Angabe
kg	Kilogramm
km	Kilometer
l	Liter
LDH	Laktatdehydrogenase
LM	Lebendmasse
M	Molare
Max	Maximalwert
MCS	Mitochondrienkapsel-Selenoprotein
mg	Milligramm
Min	Minimalwert
mRNA	messenger Ribonukleinsäure

$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	Natriumselenit
$\text{NaBH}_4$	Natriumborhydrid
NADPH	Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid-Phosphat, reduziert
NaOH	Natronlauge
NMD	nutritive Muskeldegeneration
Nr.	Nummer
NRC	National Research Council
o. b. B.	ohne besonderen Befund
PGSH-Px	Phospholipidhydroperoxid Glutathionperoxidase
pIGSH-Px	extrazelluläre oder plasmatische Glutathionperoxidase
PP	Plasmaprotein
r	Korrelationskoeffizient
R-OH	Alkoholverbindung
R-OOH	Peroxidverbindung
$r_s$	Korrelationskoeffizient nach Spearman
s	Standardabweichung
$S_{(x/y)}$	Standardfehler
Se	Selen
Se-EMP	selenite-exchangable-metabolic-pool
Se-G	Selenoprotein G
Se-P	Selenoprotein P
$\text{SH}_2$	Selenhydrid
$\text{T}_3$	3,3'5-Triiodthyronin
$\text{T}_4$	Thyroxin
Tab.	Tabelle
Tabb.	Tabellen
TMSe	Trimethylselenonium Ion
TS	Trockensubstanz
U	Unit (Enzymeinheit)
uS	ursprüngliche Substanz
UV	Umfangsvermehrung
WMD	White Muscle Disease
$X_{(0,25)}$	1. Quartil
$X_{(0,75)}$	3. Quartil
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel
$\tilde{x}$	Median
$\mu\text{g}$	Mikrogramm
$\mu\text{mol}$	Mikromol



## 1. Einleitung

In Deutschland wurde in den letzten Jahren wiederholt über Selenmangel in Pferdebeständen berichtet (MEYER, et al., 1995; HEIKENS, 1992; ZENTEK, 1991). Unzureichende Selenversorgung hat beim Pferd vor allem auf Reproduktion und Aufzucht negative Auswirkungen (NOHL, 1984). Den Nachweis 'im Stall' am lebenden Tier zu führen ist schwierig, da im allgemeinen eine akute Symptomatik fehlt, oder nur unspezifische Symptome vorliegen (WINTZER, 1997; MEYER et al., 1995). Angaben über laboranalytische Parameter, die eine ausreichende Selenversorgung anzeigen, sind uneinheitlich.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, Erkenntnisse zur Selenversorgung von Pferden in vier Vollblutgestüten aus verschiedenen Regionen zu gewinnen. Unterschiede im Plasmaselengehalt der Stuten während Hochträchtigkeit und Laktation, wie auch bei deren Fohlen sollen ermittelt und der Plasmaselengehalt klinisch gesunder Tiere dargelegt werden.

Weiterhin soll in einer Verlaufsuntersuchung geklärt werden, wie sich der Plasmaselengehalt während der Trächtigkeit bei gleichbleibender Versorgung mit Selen verhält. Zusätzlich soll untersucht werden, ob der Selengehalt in Vollblut und die Aktivität der selenabhängigen Glutathionperoxidase (GSH-Px) im Plasma vergleichbar zuverlässige Aussagen zum Versorgungsstatus des Pferdes, wie der Selengehalt im Plasma erlauben.

## **2. Literaturübersicht**

### **2.1. Geschichtliches**

Das Element Selen wurde 1817 im schwedischen Gripsholm durch den Schwefelsäurefabrikanten BERZELIUS als Bestandteil von Eisenkies entdeckt. Er benannte es nach der griechischen Mondgöttin Selene (griech.: selene = Mond), um die nahe Verwandtschaft zu dem einige Jahre vorher entdeckten Tellur (griech.: tellus = Erde) anzudeuten (RÖMPP, 1992).

Im Jahr 1935 wurden von FRANKE und PAINTER die Symptome der Erkrankungen "Alkali Disease" und "Blind Staggers" beim Tier erstmals als Selenvergiftungserscheinungen erkannt. Daraufhin berichtete der Historiker WILCOX im Jahr 1944 retrospektiv, daß die Pferde der von General G. A. CUSTER im Juni 1876 zur Schlacht gegen die Sioux-Indianer am Little Bighorn River in Montana geführten US-Kavallerie Symptome gezeigt hatten, die dem Bild der Selenintoxikation entsprochen hätten. Tatsächlich gilt Montana als selenreiches Gebiet (HINTZ, 1993).

Bis in die 50er Jahre dieses Jahrhunderts waren nur die toxischen Eigenschaften von Selen bekannt. Mit der Entdeckung von SCHWARZ und FOLTZ (1957), daß Selen Ratten vor Lebernekrosen schützt, wurde auch die Bedeutung als Spurenelement erkannt. Selenunterversorgung wird mittlerweile in Zusammenhang mit einer Reihe von Erkrankungen und Gesundheitsstörungen bei Mensch und Tier gebracht.

### **2.2. Selen im Organismus**

#### **2.2.1. Aufnahme**

Die Aufnahme und Verteilung von Selen im Organismus, sowie die Bioverfügbarkeit und Ausscheidung hängen vornehmlich von der Tierart, von der Art der Selenapplikation (oral oder parenteral), von der chemischen Bindungsform des Selen im Futter und von möglichen mit Selen interferierenden Substanzen (z.B. Schwermetalle) ab (LEVANDER, 1983; COMBS und COMBS, 1986; ULLREY, 1987; WHANGER und BUTLER, 1988; BEHNE et al., 1996). Über genaue

Absorptionsmechanismen und Stoffwechselfvorgänge beim Pferd liegen keine gesicherten Daten vor.

Oral zugeführtes Selen wird hauptsächlich im Dünndarm absorbiert. Magen und Dickdarm monogastrischer Säugetiere scheinen keine bzw. nur eine unbedeutende Rolle bei der Absorption zu spielen (WRIGHT und BELL, 1966; WHANGER et al. 1976, WOLFFRAM und SCHARRER, 1988). Monogastrier haben eine höhere Absorptionsrate (80-95%) als Wiederkäuer (~35%), wobei als Grund eine Umwandlung des oral aufgenommenen Selens in eine nicht bzw. schwer resorbierbare Verbindung durch Pansenmikroben vermutet wird (WRIGHT und BELL, 1966).

Der tierische Organismus kann sowohl anorganisches Selen (Selenit, Selenat), als auch Selenoaminosäuren (Selenocystein, Selenomethionin) verwerten, wobei letztere besser absorbiert werden. Elementares Selen wird kaum aufgenommen (WIESNER et al., 1974; COMBS und COMBS; 1986; TRAN, 1980). Der Transport von *Selenat* durch die intestinale Bürstensaummembran erfolgt zum einen über einen  $\text{Na}^+$ /Selenat-Cotransport, zum anderen über einen Sulfat/ $\text{OH}^-$ -Austauschmechanismus. Durch chemisch-physikalisch verwandte anorganische Anionen wie Sulfat, Thiosulfat, Chromat und Molybdat, sowie durch bestimmte zweiwertige organische Anionen wie Oxalat wird die Selenaufnahme kompetitiv gehemmt. (ARDÜSER et al., 1985; WOLFFRAM und SCHARRER, 1988; WOLFFRAM, 1995). *Selenit* wird weitgehend über passive Diffusion absorbiert. *Selenoaminosäuren* werden in Konkurrenz zu den analogen schwefelhaltigen Aminosäuren aufgenommen (WOLFFRAM und SCHARRER, 1988; WOLFFRAM, 1995). Der Selenstatus des Organismus scheint keinen Einfluß auf die Absorptionsrate zu haben (BROWN et al., 1972). OSTER und SIEVERS (1995) geben an, daß mit erhöhter oraler Aufnahme die intestinale Absorptionsrate beim Menschen sinkt. Über eine mögliche intraepitheliale Metabolisierung und die Mechanismen des basolateralen Abtransports liegen keine Untersuchungen vor (WOLFFRAM, 1995).

Der sich entwickelnde Foetus erhält Selen diaplazentar, möglicherweise als Selenomethionin (TRAN, 1980; BOSTEDT und SCHRAMMEL, 1981). Es überwinden jedoch beim Pferd nur geringe Selenmengen die Plazentaschranke (MAYLIN et al., 1980; PULS, 1994).

### 2.2.2. Transport, Verteilung in Organsystemen und Bioverfügbarkeit

Selen ist im Blut sowohl im Plasma als auch in den zellulären Bestandteilen vorhanden.

Im Plasma liegt Selen in verschiedenen Formen vor. Der größte Anteil ist an Proteine gebunden. Die einzigen im Plasma bekannten Selenoproteine sind Selenoprotein P und die extrazelluläre GSH-Px (HILL et al., 1996). Es wird vermutet, daß Selenoprotein P am Selentransport von der Leber zu den Organen, in denen das Spurenelement gebraucht wird, beteiligt ist (MOTSENBOCKER und TAPPEL, 1982; HILL und BURK, 1994). KATO et al. (1992) entdeckten eine kleine Molekülform des Selen, das sie als A-Selen bezeichneten. Es umfaßt <1% der im Plasma vorkommenden Selenmenge. Die Autoren vermuten, daß A-Selen Funktionen im Selentransport zwischen den Organen, insbesondere von den Enterozyten zur Leber, ausübt. A-Selen kann aus resorbiertem Selenit und Selenocystein gebildet werden.

Die Selenkonzentration in den Erythrozyten ist höher als im Plasma (SCHMIDT und BAYER, 1988). Im Experiment an isolierten Erythrozyten erfolgte die Aufnahme von Selenit, Selenat und Selenomethionin per Diffusion rasch, wobei Selenit in größerem Ausmaß von den roten Blutkörperchen aufgenommen wurde als die beiden anderen genannten Selenverbindungen. In vitro wurden radioaktiv markierte Verbindungen nach kurzer Zeit extrazellulär wiedergefunden. Es wird eine Veränderung der Bindungsform von Selen im Erythrozyten und die Bereitstellung dieses Selenmetaboliten für andere Zellen angenommen. Das Stoffwechselgeschehen im roten Blutkörperchen ist jedoch noch unklar (COMBS und COMBS, 1986). Unter den Blutzellen weisen die Thrombozyten den höchsten Selengehalt und eine hohe GSH-Px-Aktivität auf (KIEM, 1987).

Nach der Entdeckung eines die Inkorporation von Selen in Form von Selenocystein in spezifische Proteine steuernden Codons wurde erkannt, daß Selen das einzige Spurenelement ist, dessen Stoffwechsel und Gewebsverteilung direkt genetisch kontrolliert wird (BEHNE und KYRIAKOPOULOS, 1997; DREHER et al., 1997, WEISS et al., 1997). BEHNE und KYRIAKOPOULOS (1997) beschreiben Untersuchungen aus denen hervorgeht, daß bei Mangelernährung von Ratten über mehrere Generationen eine fast vollständige Entleerung der Selenpools in Blut-

plasma, Erythrozyten, Leber, Skelettmuskel und Herzmuskel stattfindet. Dagegen war der Gehalt in Schilddrüse, Hypophyse und Gehirn nur auf ca. die Hälfte abgesunken. Substituierte man den Tieren kleine Selenmengen, wurden sie überwiegend in die Selenpools mit den geringsten Verlusten eingelagert. Auch Untersuchungen von BUCK et al. (1981) und BEHNE et al. (1988) zeigten eine bevorzugte Einlagerung von Selen in Gehirn, Fortpflanzungsorgane und Gewebe mit endokriner Funktion (Hypophyse, Nebenniere, Schilddrüse).

Vergleicht man die Selenkonzentration der einzelnen Gewebe bezogen auf die Trockensubstanz, so nimmt diese - bei allen Spezies ähnlich - in folgender Reihenfolge ab: Niere > Leber > Pankreas, Herz > Skelettmuskel (COMBS und COMBS, 1986). Die Skelettmuskulatur beinhaltet ungefähr 40%, die Leber ungefähr 30% und jedes der restlichen Organe weniger als 10% des Gesamtkörperselens (BEHNE und WOLTERS, 1983). In einer Untersuchung bei Ratten wurde im Hoden die höchste Selenkonzentration bezogen auf die Trockensubstanz gefunden. Dabei liegt weniger als 1% des Selens in den Testes an GSH-Px gebunden vor (BEHNE und WOLTERS, 1983).

Nach FOX et al. (1981) ist die Bioverfügbarkeit definiert als "Maß der Verwertung eines Nährstoffs zur Unterstützung der 'normalen' Struktur und der physiologischen Prozesse eines Organismus unter festgelegten Bedingungen", wobei sich der Begriff "Verwertung" nicht nur auf die Absorption beschränkt, sondern auch metabolische Vorgänge beinhaltet, die den Nährstoff in seine biologisch wirksame Form überführen. Für die Bioverfügbarkeit von Selen ist zunächst die Bindungsform, in der es in den Futtermitteln vorliegt, wichtig. Aus pflanzlichen Futtermitteln wird Selen hauptsächlich in Form von Aminosäuren wie Selenocystein und Selenomethionin aufgenommen (COMBS und COMBS, 1986). Details über die Bindungsform von Selen in natürlichen Futtermitteln sind noch nicht ausreichend bekannt (WOLFFRAM, 1995). Experimentelle Untersuchungen werden meist mit Selenzusätzen wie Selenit und Selenomethionin durchgeführt (IP und GANTHER, 1994).

DEAGEN et al. (1987) sowie WHANGER und BUTLER (1988) beschreiben eine bessere Utilisation von Selenomethionin in Geweben und Gewebsproteinen im Vergleich zu Selenit, Selenat oder Selenocystein. Dies wird vor allem bei einem höheren Selengehalt im Futter deutlich. Selenocystein wird scheinbar ähnlich wie



Selenit metabolisiert. Außerdem fanden diese Forschungsgruppen, daß bei Versuchen an Ratten zwar die Selenkonzentration in der Skelettmuskulatur nach der Fütterung von Selenomethionin deutlich höher lag als bei Selenitfütterung, die Aktivität der GSH-Px jedoch keinen Anstieg zeigte. Über ähnliche Beobachtungen berichten NORHEIM und MOKSNES (1985) in einer Untersuchung an Hühnern.

Wird überwiegend mit anorganischem Selen supplementiert, so erreicht der Plasmaselenspiegel beim Mensch schnell ein Plateau. Bei Supplementierung mit organischem Selen verläuft der Anstieg des Plasmaselenspiegels flacher, steigt jedoch auf ein höheres Niveau als bei anorganischem Selen an (LEVANDER et al., 1983; LOMBECK und MENZEL, 1994; HILL et al., 1996).

Zur Erläuterung der Stoffwechselforgänge von Selen und der oben beschriebenen unterschiedlichen Utilisation der aufgenommenen Selenverbindungen machten JANGHORBANI et al. (1990) den Vorschlag eines Zwei-Speicher-Konzepts (Abb. 2.1.).



Proteine eingebaut werden kann. Dies geschieht vor allem, wenn gleichzeitig die Methioninaufnahme gering ist. Damit steht es zunächst nicht als metabolisch aktives Selen zur Verfügung. Anorganisches Selen kann jedoch nicht in Selenomethionin eingebaut werden (LEVANDER et al., 1983) und somit nicht in Pool 2 eingelagert werden.

Plasma als mögliches Untersuchungsmaterial beinhaltet Anteile aus beiden beschriebenen Selenpools. In Abb. 2.1. ist Plasma zum besseren Verständnis als zusätzlicher Pool eingezeichnet. JANGHORBANI et al. (1990) beschreiben eine Möglichkeit zur Bestimmung der Größe von Se-EMP und somit zur genauen Ermittlung der Menge des stoffwechselaktiven Selens. Sie verabreichten den Testpersonen radioaktiv markiertes Selenit ( $^{74}\text{SeO}_3^{2-}$ ). Dieses wird nur in Pool 1 (Se-EMP) eingebaut und reichert sich somit in seinen Komponenten an. Über die Menge des über Faeces und Urin ausgeschiedenen Selenisotops läßt sich die Größe des Se-EMP berechnen.

### **2.2.3. Ausscheidung**

Resorbiertes Selen kann über Harn, Milch, Kot und Atemluft ausgeschieden werden (WIESNER et al., 1974). Beim Monogastrier erfolgt die Exkretion hauptsächlich renal als Trimethylselenonium Ion. Über den Kot soll laut NAHAPETIAN et al. (1983) und COMBS und COMBS (1986) überwiegend intestinal nicht absorbiertes Selen ausgeschieden werden. Es wird jedoch auch eine enterohepatische Reabsorption des Selens zum Bilanzausgleich, ähnlich der des Kupfers, vermutet (COMBS und COMBS, 1986; OSTER und SIEVERS, 1995). Bei steigender Aufnahme wird zunehmend mehr Selen ausgeschieden. Dies geschieht zunächst nur renal. Werden deutlich von der Norm abweichende Mengen aufgenommen (z. B. bei Intoxikation), kann eine Abgabe in Form von Dimethylselenit über die Expirationsluft erfolgen. Dieser Metabolit hat einen knoblauchartigen Geruch, der auf eine Selenintoxikation hinweisen kann (BURK et al., 1972, COMBS und COMBS, 1986).

#### 2.2.4. Biochemische Funktionen

Die am besten erforschte und am längsten bekannte Funktion des Selen ist seine Rolle als Bestandteil des Enzyms Glutathionperoxidase (GSH-Px) (ROTRUCK et al., 1973; FLOHÉ et al., 1973). Sie schützt in Kooperation mit Vitamin E die Körperzellen vor Schädigung durch freie Radikale. Diese Funktion wurde lange Jahre als die Einzige angesehen. Neuere Untersuchungen ergaben, daß die antioxidative Wirkung nur einen sehr geringen Anteil der Aufgaben von Selen im Organismus darstellt (MACPHERSON, 1994). Es wurden weitere biologisch aktive Selenoproteine mit unterschiedlichen biochemischen Funktionen isoliert, von denen einige in Tab. 2.1. aufgelistet werden. ARTHUR und BECKETT (1994 a) mutmaßten, daß bis zu dreißig biologisch wichtige Selenoproteine im Säugetierorganismus vorhanden sind.

Die Aminosäure Selenocystein ist bisher als einzige *aktive* Form bekannt, in der Selen in Proteinen vorliegt. Auch Selenomethionin wird in Proteine eingebaut. Dies dient jedoch vorwiegend als Ersatzbaustein für Methionin mit sehr geringer Wirkung von Selen auf die Funktion des Proteins. Es werden noch andere Bindungsformen des Elements in Selenoproteinen vermutet, von denen noch keine identifiziert werden konnten (BURK, 1994).

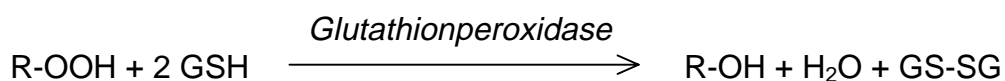
Tab. 2.1.: Spezifische Selenoproteine und Selenoenzyme;  
modifiziert nach BEHNE und KYRIAKOPOULOS (1997)

Name	Vorkommen	Funktion	Autor
<i>Glutathionperoxidasen (GSH-Px):</i>			
* cytosolische oder classical GSH-Px (EC 1.11.1.9)	Erythrozyten, diverse Gewebe	R-OOH → R-OH Selenspeicher?, Zellmembranschutz	1), 2)
* extrazelluläre oder plasmatische GSH-Px	Niere, Lunge, Milch, Plasma	Antioxidation?	3)
* gastrointestinale GSH-Px	Leber, Colon	Antioxidation?	4)
* Phospholipid Hydroperoxid GSH-Px	Hoden, diverse Gewebe	Zellmembranschutz, Regulation von Zellfunktionen	5)
<i>Jodthyronin Dejodinasen (ID):</i>			
* Typ I ID	Schilddrüse, Leber, Niere	T <sub>4</sub> → T <sub>3</sub>	6), 7), 8)
* Typ III ID			9)
<i>andere Selenoproteine:</i>			
* Mitochondrienkapsel-Selenoprotein (MCS)	Spermien	Strukturbaustein?	10)
* Plasma Selenoprotein P	Plasma	Selentransport?, Antioxidation?	11)
* Selenoprotein W	Skelettmuskel, u.a.?	?	12)

1) ROTRUCK et al. (1973), 2) FLOHÉ et al. (1973), 3) TAKAHASHI et al. (1987), 4) CHU et al. (1993), 5) URSINI et al. (1985), 6) BEHNE et al. (1990), 7) ARTHUR et al. (1990), 8) BERRY et al. (1991), 9) SALVATORE et al. (1995), 10) CALVIN und COOPER (1979), 11) READ et al. (1990), 12) VENDELAND et al. (1993)

Die mittlerweile vier bekannten Glutathionperoxidasen unterscheiden sich in ihrer Struktur und Funktion, wie auch in ihrer Bindung als Antigene (COHEN und AVISSAR, 1994).

Bei der als erstes entdeckten Glutathionperoxidase handelt es sich um die in der Zelle vorkommende *cytosolische GSH-Px* (cGSH-Px), die die Zellmembran vor dem Abbau durch Wasserstoff- und Hydroperoxiden schützt. Letztere werden endogen im Fettsäuremetabolismus gebildet, können aber auch aufgrund exogener Faktoren, z.B. Strahlung, entstehen. Die Glutathionperoxidase katalysiert die Reduktion der Peroxide, wobei das spezifische Substrat Glutathion oxidiert wird.



Die cytosolische GSH-Px wurde hauptsächlich in Erythrozyten, Phagozyten, Thrombozyten, Hepatozyten und im Auge gefunden. Zellen, die phagozytieren, haben einen besonders hohen Sauerstoffbedarf und somit eine gesteigerte Peroxidproduktion. Es scheint, daß Selen bei geringer Zufuhr in der cytosolischen GSH-Px für andere Selenoproteine gespeichert wird und die antioxidative Schutzfunktion für dieses Enzym nur eine Nebenrolle spielt (BURK, 1989; SUNDE, 1994, ARTHUR und BECKETT, 1994 a). Andererseits sprechen gegen diese Vermutung der Energieaufwand für die Bildung des Enzyms und der als Speicher vergleichsweise geringe Nutzen für den Organismus (ARTHUR und BECKETT, 1994 a).

Im Jahr 1988 stellten COHEN et al. Unterschiede zwischen der GSH-Px im Plasma und in den Erythrozyten fest. Die seither genauer charakterisierte *extrazelluläre* oder *plasmatische Glutathionperoxidase* (pIGSH-Px) wurde außer im Plasma auch in Brustdrüsensekret, in Bronchiallavage und in Nierentubuli gefunden. Ihr wird ebenfalls eine antioxidative Aufgabe zugesprochen. Da der Gehalt an dem spezifischen Substrat Glutathion im Plasma sehr gering ist, werden als hauptsächliche Wirkorte dieses Enzyms die Lunge und der Extrazellularraum der Niere vermutet. Ob die in Gallenflüssigkeit, Speichel, Sperma und Cerebrospinalflüssigkeit gefundene GSH-Px der pIGSH-Px zugerechnet werden kann, ist noch unklar (COHEN und AVISSAR, 1994).

CHU et al. (1993) entdeckten eine Glutathionperoxidase, die in ihrer Struktur der cGSH-Px und der pIGSH-Px gleich, jedoch abweichende antigene Eigenschaften besaß. Eine mRNA für die *gastrointestinale Glutathionperoxidase* (giGSH-Px) wurde in menschlichen Organen (z. B. Leber und Colon) gefunden. Ihre Funktion ist noch unklar, aufgrund der Lokalisation wird eine Rolle im Schutz gegen oral aufgenommene Hydroperoxide vermutet (CHU et al., 1993).

Die *Phospholipidhydroperoxid Glutathionperoxidase* (PGSH-Px) ist im Gegensatz zu den drei anderen Glutathionperoxidasen ein Monomer. Sie ist eng an intrazelluläre Membranen geknüpft und benötigt nicht ausschließlich Glutathion als reduzierendes Substrat. Bei Selenmangel bleibt die PGSH-Px am längsten aktiv, woraus auf eine größere antioxidative Bedeutung für den Membranerhalt geschlossen wird. PGSH-Px besitzt zudem die Fähigkeit zur Phosphorylierung

und könnte somit die Aktivität von Enzymen regulieren. Sie kommt reichlich in den Testes vor (ARTHUR und BECKETT, 1994 a; KLEENE, 1994). Ein Einfluß auf den Arachidonsäurestoffwechsel, z.B. in Leukozyten, wird vermutet (CAO et al., 1992).

Als Bestandteil der *Typ I Jodthyronin 5'-Dejodinase* ist Selen neben Jod am Schilddrüsenhormonmetabolismus beteiligt (ARTHUR und BECKETT, 1994 b). Bereits 1988 stellten ARTHUR und BECKETT fest, daß bei Selenmangel der Plasmagehalt von 3,3',5-Triiodthyronin ( $T_3$ ) abfällt und die Plasmathyroxinkonzentration ( $T_4$ ) ansteigt. Erst 1990 bewiesen BEHNE et al. die Zugehörigkeit der Typ I Jodthyronin 5'-Dejodinase zu den Selenoproteinen.

Das *Mitochondrienkapsel-Selenoprotein* ist ein Baustein der Mitochondrienmembran von Säugetiersamenzellen. Seine genaue Funktion und die Lokalisation von Selen im Protein sind noch unklar. Eine bei selenmangelversorgten Ratten beobachtete abnorme Spermienentwicklung wird dem Strukturverlust dieses Proteins zugeschrieben (KLEENE, 1994).

*Selenoprotein P* und pIGSH-Px sind, soweit bis heute bekannt, die einzigen im Plasma vorkommenden Selenoproteine (HILL et al., 1996), wobei Selenoprotein P bei Ratte und Mensch einen größeren Anteil des Plasmaselens bindet als die pIGSH-Px (ÅKESSON et al., 1994). Nach ARTHUR und BECKETT (1994 a) sind 60-80% des Plasmaselens an Selenoprotein P gebunden. Die genaue Funktion dieses Selenoproteins ist noch unbekannt. Zunächst wurde eine vornehmliche Rolle als Transportprotein von Selen im Blut vermutet, eine antioxidative Funktion ist ebenso denkbar (HILL und BURK, 1994). Gegen die primäre Aufgabe als Transportprotein spricht, wie bei der cGSH-Px, der hohe Energieaufwand zur Synthese des Moleküls (ARTHUR und BECKETT, 1994 a).

## **2.3. Selen in Pflanzen und Futtermitteln**

### **2.3.1. Vorkommen im Boden**

Selen routiert durch den Boden-Pflanze-Tier-Zyklus (ALLAWAY, 1973). Als reines Mineral, z. B. Berzelinit ( $\text{Cu}_2\text{Se}$ ), kommt Selen in der Natur selten vor, aufgrund seiner chemischen Ähnlichkeit mit Schwefel findet man es meistens vergesellschaftet mit Sulfiden, z. B. als Eisenkies, Kupferkies oder Zinkblende (WIESNER et al., 1974). Im Boden kann Selen als elementares Selen, Selenid, Selenit, Selenat und organisches Selen vorliegen. Der Selengehalt des Bodens ist regional stark unterschiedlich und hängt ab von der jeweiligen Geologie, aber auch von industrieller Einwirkung wie Bergbau und Hüttenindustrie. In alkalischen Böden liegt Selen hauptsächlich als Selenat vor. Saure Böden begünstigen die Bildung von reduzierten Formen wie elementarem Selen und Seleniden (BAHNERS, 1987). Der selbe Autor gibt eine Übersicht über den Selengehalt verschiedener Böden in Deutschland. In seinen Untersuchungen wurden in Grünlandböden Werte zwischen 0,035 und 0,652 mg Se/kg lufttrockenem Boden gefunden. Ein deutliches Nord-Süd-Gefälle war zu verzeichnen, welches jedoch keinen Einfluß auf den Selengehalt des Grases zeigte. Regionen, in denen der Gehalt unter 0,2 mg Se/kg TS liegt, können als Selenmangelgebiete bezeichnet werden (LEVESQUE, 1974).

### **2.3.2. Selen in Pflanzen**

Die Selenaufnahme der Pflanzen wird von Selengehalt und Sulfatkonzentration, sowie dem pH-Wert des Bodens, Selenverbindung und der Pflanzenart bestimmt (ROSENFELD und BEATH, 1964; NRC, 1989; RICHTER und BERGMANN, 1994). Die Konzentration im Boden ist daher kein guter Indikator für den Selengehalt der darauf wachsenden Pflanzen, bzw. für die Selenversorgung der dort weidenden Tiere (BAHNERS, 1987).



Selenat kann aufgrund seiner höheren Wasserlöslichkeit von Pflanzen besser aufgenommen werden als elementares Selen, Selenid und Selenit (RICHTER und BERGMANN, 1994; WIESNER et al., 1974). Nach ROSENFELD und BEATH (1964) werden drei Pflanzengruppen bezüglich ihrer Selenspeicherfähigkeit unterschieden:

1. *stark selenspeichernde Pflanzen* (Astragalus, Haplopappus, Machaeranthera und Stanleya); "Indikatorpflanzen"; bis zu 20.000-30.000 mg Se/kg TS
2. *moderat selenspeichernde Pflanzen* (Aster, Atriplex und Grindelia); "sekundäre Indikatorpflanzen" oder "Absorbierer"; bis zu 100 mg Se/kg TS, nur bei hohen Selenkonzentrationen im Boden
3. *Pflanzen ohne besondere Affinität zu Selen* (Getreidearten und andere Gräser); <30 mg Se/kg TS

In Mitteleuropa kommen Astragalus (Tragant)-, Aster (Aster)- und Atriplex (Melde)-Arten vor.

Ist Selen von der Pflanze aufgenommen, wird es in diverse organische Verbindungen verstoffwechselt. Es liegt eine teilweise Analogie zur Metabolisierung von Schwefelverbindungen vor. Der überwiegende Teil des Pflanzenselens liegt in Form von Selenoaminosäuren, wie Selenocystein und Selenomethionin vor (COMBS und COMBS, 1986). Pflanzen mit höherem Proteingehalt können mehr Selen aufnehmen als solche mit niedrigem (MORRIS und LEVANDER, 1970; WOLLGIEN, 1983).

### 2.3.3. Selengehalt einzelner Futtermittel

Der Selengehalt in Gras, Grassilage und Wiesenheu zeigt innerhalb Deutschlands regional erhebliche Unterschiede (SPIEKERS et al., 1990; BAHNERS, 1987). BAHNERS (1987) untersuchte insgesamt 304 Grasproben aus sieben Bundesländern. Sie zeigten eine Spannweite von 0,011-0,123 mg Se/kg TS. Dabei differiert der Selengehalt der Proben auch innerhalb der einzelnen Bundesländer erheblich.

In Tab. 2.2. ist der Selengehalt einiger Einzelfuttermittel für Pferde nach Angabe verschiedener deutscher Autoren aufgelistet.

Tab. 2.2.: Selengehalt in Futtermitteln für Pferde (mg Se/kg TS); Angaben deutscher Autoren

Autor	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)
Weidegras	0,04	0,007- 0,114	-	-	-	-	0,16- 0,32	0,14- 0,26	0,03- 0,21
Wiesenheu	0,10	0,014- 0,082	0,01- 0,03	0,039- 0,041	0,028- 0,029	0,08	0,04- 0,25	0,04- 0,25	0,03- 0,21
Luzerneheu	0,06	-	-	-	-	0,10	0,13- 0,56	0,13- 0,56	0,06
Grassilage	-	0,010- 0,095	0,01- 0,03	0,062- 0,064	-	-	0,07- 0,16	0,08- 0,19	-
Trocken- schnittel, melassiert	0,05	-	-	-	0,067	-	-	-	0,17
Hafer	0,08	0,006- 0,119	-	0,036- 0,092	0,030	0,16	0,02- 0,42	-	-
Sojaextraktions- schrot	0,2- 0,4	-	-	0,161- 0,770	-	-	0,30- 0,52	-	0,06- 0,38
Mais	-	-	-	0,025- 0,112	0,038	-	0,05- 0,53	-	-
Bierhefe, getrocknet	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11

1) MEYER (1995); 2) HEIKENS (1992) 3) SPIEKERS et al. (1990); 4) SCHULTE (1988);  
5) SCHÄFER und WOLLGIEN (1986); 6) WILSDORF et al. (1976); 7) WIESNER et al. (1974);  
8) MENZEL (1974); 9) OELSCHLÄGER und MENKE (1969)

## 2.4. Bedeutung des Spurenelements Selen für das Pferd

### 2.4.1. Selenbedarf des Pferdes

#### 2.4.1.1 Richtwerte zum Selenbedarf des Pferdes

Die Spanne zwischen optimaler Versorgung und der Schwelle zur Toxizität ist für Selen relativ eng. Tab. 2.3. faßt die Empfehlungen einzelner Autoren zum Selengehalt in Futterrationen für Pferde und Angaben zur Toxizitätsschwelle zusammen.

Tab. 2.3.: Empfehlungen zum Selengehalt in Futterrationen für Pferde (mg Se/kg TS)

Leistungsstand	empfohlener Selengehalt	mögliche Mangelerscheinungen	Toxizitätsschwelle	Autor
k.A. <sup>o</sup>	0,3-2,0	0,01-0,10	5-40	PULS (1994)
Z	0,15-0,20		2 (chronisch)	GfE <sup>1)</sup> (1994)
R	0,15			
E/F/L/T/R	0,1		2	NRC <sup>2)</sup> (1989)
F/Z/R	0,1-0,2		3-4	SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979)

<sup>o</sup> k.A. = keine Angabe, Z = Zuchtstute, R = Reitpferd, E = Erhaltung, F = Fohlen, L = Laktation, T = Trächtigkeit

<sup>1)</sup> Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, <sup>2)</sup> National Research Council

Die in der Tabelle aufgelisteten Bedarfsangaben reichen von 0,1-2,0 mg Se/kg TS der Futtration. Zu beachten ist, daß der von PULS angegebenen Gehalt von bis zu 2,0 mg Se/kg TS von der GfE und dem NRC schon als Schwellenwert zur chronischen Toxizität beurteilt wird. Der NRC (1989) gibt für das Pferd eine LD<sub>50</sub> von 3,3 mg/kg LM (Lebendmasse) an.

SHELLOW et al. (1985) halten eine Supplementierung adulter Pferde mit 0,1 mg Se/kg TS für ausreichend, da nach ihrer Untersuchung kein Unterschied in der Höhe des Plasmaselengehalts zwischen einer mit 0,1 mg Se/kg TS und einer mit 0,2 mg Se/kg TS gefütterten Testgruppe bestand.

Bezogen auf die Körpermasse empfiehlt MEYER (1995) eine tägliche Selenzufuhr von 2,5 µg Se/kg LM zur Deckung des Erhaltungbedarfs und des Bedarfs von Reitpferden (für 500 kg LM: 1,25 mg Se/d). Für Zuchtpferde und Fohlen rät er zu einer täglichen Versorgung mit 3,0 µg Se/kg LM (für 500 kg LM: 1,5 mg Se/d; für 100 kg LM: 0,3 mg Se/d). STOWE (1967) und PULS (1994) halten ebenso eine tägliche Zufuhr von 2,4 µg Se/kg LM für ausreichend.

Die Deckung des täglichen Bedarfs an Selen ist in Selenmangelgebieten bei alleiniger Fütterung wirtschaftseigener Futtermittel nicht möglich (CARMEL et al. 1990; HEIKENS, 1992).

Um einen niedrigen Selengehalt der Grundfuttermittel und Getreide auszugleichen empfehlen SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979) einen "Sicherheitszuschlag" von 0,05 - 0,1 mg Se/kg TS der Gesamtration.

#### 2.4.1.2 Beeinflussung des Selenbedarfs

Der tägliche Bedarf an Selen ist von mehreren Faktoren abhängig. *Nutritive Einflußfaktoren* sind der Vitamin-E-Gehalt, die Fettsäurezusammensetzung und der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1979). Im einzelnen bedeutet dies, daß ein höherer Vitamin-E-Gehalt des Futters den Bedarf an Selen senken kann (OELSCHLÄGER et al., 1969). Ein höherer Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, wie z.B. in jungem Grünfutter im Frühjahr und Frühsommer (MCMURRAY und RICE, 1982), Weidegras im Herbst (WINTZER, 1997) oder in der Muttermilch (NOHL, 1984) erhöht den Bedarf an Selen und Vitamin E. Auch die Aufnahme größerer Eiweiß- und Sulfatmengen steigert den Bedarf an Selen (OELSCHLÄGER et al., 1969; MEYER, 1995). Weiter stellen die Konzentrationen an Eisen, Kupfer, Mangan, Vitamin C und Vitamin A in der Ration Einflußgrößen für den Selenbedarf dar (NOHL, 1984). Die in Kapitel 2.1.2. beschriebene Bioverfügbarkeit ist bei der Ermittlung des Selenbedarfs ebenfalls zu berücksichtigen.

Ebenso bestimmt der *Leistungszustand* (Trächtigkeit, Laktation, Wachstum) den täglichen Bedarf am Spurenelement Selen (MEYER, 1995). BOSTEDT (1977) gibt an, daß häufig nur Einzeltiere im Bestand klinisch erkranken und vermutet individuelle Einflußfaktoren auf die Verwertung des im Futter angebotenen Selen.

### **2.4.2. Beurteilung der Selenversorgung**

Zur Beurteilung der Selenversorgung des Pferdes kann neben Futtermittelanalysen der Selengehalt in Vollblut, Plasma oder Serum, sowie in Milch, Hufhornsubstanz oder Schweifhaaren gemessen werden (PULS, 1994). Die Bestimmung des Selengehalts einer Skelettmuskel- oder Leberbiopsie ist ebenfalls möglich (STOWE und HERDT, 1992; MEYER et al., 1995; ZENTEK et al., 1996). Alternativ zur direkten Messung des Selens kann über die Aktivitätsmessung der selenabhängigen GSH-Px in Vollblut, Erythrozyten oder Plasma auf die Selenversorgung des Tieres geschlossen werden (HEIKENS, 1992). Neuere Untersuchungen erwägen die Selenoprotein-P-Konzentration im Plasma als ebenso guten Indikator für den Selenstatus bei der Ratte (YANG et al., 1989) und beim Menschen (HILL et al., 1996). Dagegen eignet sich Selenomethionin im Plasma nicht als zuverlässiger Parameter zur Bestimmung des Selenstatus (HILL et al., 1996).

Die Bestimmung des Selengehalts in einzelnen Körpergeweben und -flüssigkeiten wie Blut, Milch oder Haarsubstanz läßt keinen genauen Rückschluß auf den aktuellen Selengehalt anderer Kompartments zu. In Kapitel 2.2.2. ist die Verteilung des Elements auf die unterschiedlichen Organe beschrieben, ebenso die unterschiedliche Präferenz in der Selenversorgung der einzelnen Gewebe während einer Selenmangelperiode. Bei der Ratte ist der Vollblutselengehalt kennzeichnend für den Selenstatus der Leber und die Selenkonzentration der Nägel für den des gesamten Körpers, der Skelettmuskulatur und des Herzens (BEHNE et al., 1996).

Im Folgenden wird auf die am häufigsten analysierten Parameter näher eingegangen.

#### **2.4.2.1 Selengehalt in Vollblut, Plasma und Serum**

Zahlreiche Untersuchungen bei Pferden haben eine positive Korrelation zwischen der Selenkonzentration im Futter und dem Selengehalt im Blut beschrieben (STOWE, 1967; BERGSTEN et al., 1970; MAYLIN et al., 1980; RONEUS, 1982; HEIKENS, 1992; GREIWE-CRANDELL et al., 1992). Vollblut und Plasma werden als einfach zugängliche, verlässliche und vergleichbare Untersuchungsmedien für die Selenversorgung des Organismus bewertet. Der Selengehalt in kapillarem Blut

erscheint ebenso als aussagekräftiger Parameter. VANDAEL et al. (1994) verglichen bei Kindern den Selengehalt in kapillarem Blut mit dem in venösem Blut und fanden keine signifikanten Unterschiede.

In Tab. 2.4. sind Angaben verschiedener Autoren zur Beurteilung der Selenversorgung von Pferden anhand des Selengehalts in Vollblut, Plasma und Serum aufgelistet. Der Selengehalt in Plasma und in Serum wird als vergleichbar gewertet (NEVÉ, 1991).

Tab. 2.4.: Beurteilung der Selenversorgung des Pferdes anhand des Selengehalts in Vollblut, Plasma und Serum

Probe	Meß- verfahren	Status	Beurteilung	Selengehalt (µg/l)	Autor
Vollblut	LINDBERG (1968)	Stute	ausreichend:	$\bar{x} = 26,1$ $s = 12,7$	BERGSTEN et. al. (1970)
Vollblut		Mutterstute eines Fohlens mit WMD: ohne Angabe:		8 19-220	GABBEDY und RICHARDS (1970)
Vollblut	fluorometr.	Mutterstute eines Fohlens mit WMD:		19 <sup>o</sup>	CAPLE et al. (1978)
Vollblut		adult	ausreichend:	150-350	HAYES et. al. (1987)
Vollblut		adult	Mangel: ausreichend:	<100 >100	CARMEL et.al. (1990)
Vollblut	fluorometr.	adult	Mangel: ausreichend:	90-100 >150-170	HEIKENS (1992)
Vollblut		adult	Mangel: ausreichend:	96-160 170-250	PULS (1994)
Vollblut		Saug- fohlen	ausreichend:	60-100	
Serum	fluorometr.	adult	normal:	140-160	STOWE (1967)
Serum	fluorometr.	Fohlen	Mangel: normal:	21-29 24-71	SCHOUGAARD et al. (1972)
Plasma		adult	Mangel:	<65	ANDERSON et al. (1978)
Serum/ Vollblut		adult	zu niedrig:	<50	SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979)
Plasma /Serum		adult	ausreichend:	80-120	ULLREY (1987)
Plasma		adult	marginal: normal: überhöht:	<60 80-120 >140	MEYER (1990)
		Fohlen	marginal: normal:	>40 60-80	
Plasma	fluorometr. /AAS	adult	Mangel: ausreichend:	<53 >140	HEIKENS (1992)
Serum	fluorometr.	adult	normal:	130-160	STOWE und HERDT (1992)
		Fohlen	normal:	70-90	
Plasma		adult	Mangel: marginal: ausreichend: hoch:	8-53 53-120 140-250 >350	PULS (1994)
Plasma		adult	marginal: überhöht:	<70 >300	MEYER (1995)
		Fohlen:	marginal:	<50	

<sup>o</sup> Literaturangabe war in µmol/l angegeben und wurde mit einem Faktor von 78,96 in µg/l umgerechnet (ROBBERECHT und DEELSTRA, 1994); s = Standardabweichung des Mittelwertes ( $\bar{X}$ )

Die Angaben des Selengehalts im Blut als Referenzwert für eine ausreichende Selenversorgung des Pferdes sind recht unterschiedlich. Für adulte Pferde wurde ein Selengehalt im Vollblut von mindestens 100-170 µg/l angegeben. Bei Saugfohlen zeigt ein Selengehalt von über 60 µg/l im Vollblut eine ausreichende Selenversorgung an (PULS, 1994). Bei einem Plasmaselengehalt von mindestens 80-140 µg/l wurde das adulte Pferd als normal oder ausreichend mit Selen versorgt bewertet. Für Fohlen schwanken die Angaben für eine ausreichende Selenversorgung zwischen 24-70 µg/l Plasmaselengehalt.

Im Plasma sind ungefähr 7-8% des Selengehalts des Organismus zu finden (BEHNE und WOLTERS, 1983). Das Verhältnis der Selenkonzentration in Vollblut und Serum beträgt ungefähr 1,5:1 (ULLREY, 1987; STOWE und HERDT, 1992). BERGSTEN et al. (1970) dagegen konnten beim Pferd keine bzw. nur sehr geringe Unterschiede zwischen der Selenkonzentration im Vollblut und im Plasma feststellen. Bei der Beurteilung ist zu beachten, daß der Plasma- und Serumselengehalt kurzfristige Änderungen im Selenstatus widerspiegelt. Dagegen können in Erythrozyten oder Vollblut gemessene Selenkonzentrationen aufgrund der Lebensdauer der roten Blutkörperchen (140-150 Tage beim Pferd, CORNELIUS et al., 1960) für eine längerfristige Beurteilung der Selenversorgung des Organismus verwendet werden (beim Pferd: 2-3 Monate), da Selen nur während der Erythropoese in die Zelle eingebaut wird (BEHNE et al., 1996; ROBBERECHT und DEELSTRA, 1994; ULLREY, 1987; HEIKENS, 1992; SHELOW et al., 1985). Bei hohen Proteinverlusten kann die Analyse von Selen in Plasma aufgrund der hohen Proteinbindung des Elements zu falschen Ergebnissen führen (ÅKESSON, 1987). Die Verteilung von Selen auf Vollblut, Plasma, Serum und Blutkörperchen ist noch weitgehend unerforscht. RÜCKGAUER et al. (1994) fanden in Untersuchungen beim Menschen ein um den Faktor  $10^3$  höheren Selengehalt in mononukleären Zellen und Granulozyten als in Erythrozyten und Thrombozyten.

In Fütterungsversuchen mit Selensupplementierung erreichte der Selengehalt ein Plateau bei Werten von 160-210 µg/l in Vollblut und 100-160 µg/l in Plasma oder Serum, um dann bei weiterer Selenzufuhr langsam weiter anzusteigen. Bei einem gemessenen Selengehalt in dieser Höhe wird somit eine Deckung des Bedarfs angenommen (MAYLIN et al., 1980; STOWE, 1967; SHELOW et al., 1985).



Der Vergleich des Selengehalts im Blut, ermittelt durch unterschiedliche Meßverfahren, ist nur bedingt möglich. HEIKENS (1992) fand eine gute Korrelation zwischen dem durch Fluorometrie und dem durch Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) ermittelten Selengehalt. Dabei war der mit dem fluorometrischen Verfahren gemessene Selenwert im Durchschnitt ca. 14% niedriger als der mittels AAS erhobene Wert.

#### 2.4.2.2 Selengehalt in Stutenmilch

Die Messung des Selengehalts in der Milch zur Ermittlung der Selenversorgung ist beim Pferd in der Routinediagnostik eher unüblich. Eine Korrelation des Milchselengehalts zur Selenkonzentration im verabreichten Futter ist nur im Bereich mangelhafter bis ausreichender Selenversorgung gegeben (ULLREY, 1987). In Tab. 2.5. sind von verschiedenen Autoren Meßwerte des Selengehalts in Stutenmilch festgehalten. Bei einigen Autoren wurde der entsprechende Blutselengehalt zusätzlich angegeben.

Tab. 2.5.: Meßwerte des Selengehalts in Stutenmilch verschiedener Autoren

n	Meß- verfahren	Laktations- stadium	Milch ( $\mu\text{g/l}$ )	Blut ( $\mu\text{g/l}$ )	Autor	
8	Lindberg (1968)		2-12	Vollblut	Stute: 15-92; Fohlen: 22-69	BERGSTEN et al. (1970)
	Fluorometr.		32	Vollblut	192	MAYLIN et al. (1980)
	Fluorometr.		9			MAYLIN et al. (1980)
11	k.A.		3,7-15,6 $\bar{x} = 9,04$			SARUDI et al. (1994)
12	AAS	Kolostrum sofort post partum	$\bar{x} = 29,8$ $s = 4,39$	Plasma	Stute: $\bar{x} = 66,3$ $s = 5,42$ ; Fohlen: $\bar{x} = 39,9$ $s = 1,94$	HOSPES et al. (1996)
12	AAS	12h post partum	<20			HOSPES et al. (1996)
27	AAS	1. Woche	$\bar{x} = 111,6$ $s = 78,0$			SONNTAG et al. (1996)
27	AAS	4. Woche	$\bar{x} = 79,1$ $s = 41,6$			SONNTAG et al. (1996)
27	AAS	8. Woche	$\bar{x} = 76,4$ $s = 37,2$			SONNTAG et al. (1996)

n = Anzahl der untersuchten Tiere, k.A. = keine Angabe, s = Standardabweichung des Mittelwertes ( $\bar{X}$ )

BERGSTEN et al. (1970) beschreiben bei acht untersuchten Stuten eine positive Korrelation des Selengehalts der Milch zu dem in Vollblut, sowie zur Selenaufnahme über das Futter. WIESNER et al. (1974) geben für Kühe eine positive Korrelation ( $r = 66$ ) zwischen Selengehalt des Futters und dem der Milch an. SONNTAG et al. (1996) fanden in ihrer Untersuchung keinen direkten Einfluß der Fütterung auf den Selengehalt der Stutenmilch.

PULS (1994) gibt für die Selenversorgung der Stuten folgende Referenzwerte in der Milch an: 5-9  $\mu\text{g/l}$  = mangelhafte Selenversorgung; 8-15  $\mu\text{g/l}$  = marginale Selenversorgung; 15-40  $\mu\text{g/l}$  = ausreichende Selenversorgung.

Bei der Betrachtung des Selengehalts in der Stutenmilch ist zu beachten, daß sich die Selenkonzentration während der Laktation im Vergleich zu der des Kolostrums um mindestens 25% verringert (LEE et al., 1995; HOSPES et al., 1995).

Der Milchselengehalt scheint aufgrund der niedrigen Werte eine eher nebensächliche Rolle in der Selenversorgung der Saugfohlen zu spielen (LEE et al., 1995; HOSPES et al., 1996). Im Gegensatz dazu fanden SONNTAG et al. (1996) einen Selengehalt in Stutenmilch, der den Bedarf 3,8-5fach überschritt. Die Meßwerte sind in Tab. 2.5. angegeben.

#### 2.4.2.3 Selengehalt in Haar und in Horn

Haar ist beim Pferd ein sehr einfach zugängliches Untersuchungsmaterial und kann die Selenversorgung über einen längeren Zeitabschnitt reflektieren (WIESNER et al., 1974; OWEN et al., 1977; SCHLEGEL, 1992; PULS, 1994). Nach PULS (1994) spricht ein Selengehalt im Haar von  $<0,5 \mu\text{g/g TS}$  für eine mangelhafte Selenversorgung des Pferdes. Ein Selengehalt im Haar zwischen  $1,0\text{-}3,0 \mu\text{g/g TS}$  deutet auf eine ausreichende Selenversorgung hin. Selenwerte im Haar über  $7,0 \mu\text{g/g TS}$  sprechen für eine chronische Vergiftung des Tieres. WAHLSTROM et al. (1984) fanden in einer Untersuchung bei Schweinen mit Selenintoxikation Unterschiede des Selengehalts im Haar, die mit der Haarfarbe korrelierten und nicht mit dem über das Futter aufgenommenen Selen. In schwarzem Haar wurden höhere Selenkonzentrationen gefunden als in weißem oder rotem Haar.

Der Selengehalt von Zehennägeln des Menschen repräsentiert retrospektiv die Selenaufnahme der letzten 6-12 Monate (NÈVE, 1991; LONGNECKER et al., 1993). Für das Pferd gibt PULS (1994) Referenzwerte zur Beurteilung des Selengehalts im Huf an. Ein Selengehalt zwischen  $0,60\text{-}1,2 \mu\text{g/g uS}$  im Hufhorn zeigt eine ausreichende Selenversorgung des Pferdes an. Selenwerte zwischen  $5,0\text{-}20,0 \mu\text{g/g uS}$  im Hufhorn deuten auf eine chronische Vergiftung des Tieres hin.

Bei der Beurteilung des Selengehalts in Haar oder Hornsubstanz ist die individuelle Wachstumsgeschwindigkeit dieser Hautanhangsgebilde zu berücksichtigen (BEHNE et al., 1996).

#### 2.4.2.4 Bestimmung der GSH-Px-Aktivität in Vollblut, Plasma und Erythrozyten

Eine positive Korrelation zwischen Selenaufnahme der Pferde und der GSH-Px-Aktivität in Vollblut, Erythrozyten oder Plasma wurde in verschiedenen Untersuchungen gefunden (CAPLE et al., 1978; RONÉUS und LINDHOLM, 1983; HEIKENS, 1992; MEYER et al., 1995). Auch die GSH-Px-Aktivität in Thrombozyten liefert beim Menschen gute Aussagen über den Grad der Selenversorgung (LEVANDER et al., 1983; PFANNHAUSER, 1994). In Tab. 2.6. ist von verschiedenen Autoren die ermittelte Korrelation zwischen Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Blut festgehalten.

Tab. 2.6.: Korrelation zwischen Selenkonzentration und GSH-Px-Aktivität in Vollblut, Plasma und Erythrozyten beim Pferd

Selen- gehalt/ GSH-Px Aktivität	n	Meß- verfahren zur Selen- analyse	Spannweite des Se- Gehalts (µg/l)	Einheit der GSH-Px- Aktivität	Korrelations- koeffizient (r)	Autor
Vollblut/ Vollblut	15	fluorom.	19,0- 216,4 <sup>°</sup>	U/g Hb*	r = 0,98	CAPLE et al. (1978)
Vollblut/ Erythr.	42			U/ml Erythr.	r = 0,83	ANDERSON et al. (1978)
Vollblut/ Vollblut		fluorom.		U/g Hb	r = 0,94 (linear)	MAYLIN et al. (1980)
Vollblut/ Erythr.	84	AAS	23,7- 229,0 <sup>°</sup>	U/ml Erythr.	r = 0,88 (quadratisch) r = 0,84 (linear)	BLACKMORE et al. (1982)
Serum/ Erythr.	86	AAS	31,6- 221,1 <sup>°</sup>	U/ml Erythr.	r = 0,94 (quadratisch) r = 0,92 (linear)	BLACKMORE et al. (1982)
Vollblut/ Vollblut	30	LINDBERG (1968)	8-165	µkat/l	r = 0,97 (linear)	RONÉUS (1982)
Serum/ Vollblut	64	fluorom.	14-144	E.U.	r = 0,81	HIGUCHI et al. (1989)
Vollblut/ Vollblut	15	fluorom.		U/g Hb	r = 0,79	KNIGHT und TYZNIK (1990)
Plasma/ Vollblut	36	AAS	10,5-163	U/g Hb	r = 0,75 (linear)	HEIKENS (1992)
Plasma/ Vollblut	40				r = 0,84	MIHAIOVIC et al. (1996)

\* U = Unit (Enzymeinheit) = 1 µmolNADPH oxid./min.; <sup>°</sup> Literaturangabe war in µmol/l angegeben und wurde mit einem Faktor von 78,96 in µg/l umgerechnet (ROBBERECHT und DEELSTRA, 1994)

In Tab. 2.6. sind hohe Korrelationen zwischen GSH-Px-Aktivität und Selengehalt in Blut beim Pferd angegeben. PFANNHAUSER (1994) hält die GSH-Px-Aktivität der Erythrozyten nur bei geringer Versorgung für gut korreliert mit dem Selenspiegel im Blut. Dagegen fanden SHELOW et al. (1985) beim Pferd keine signifikanten Veränderungen der GSH-Px-Aktivität im Plasma in Abhängigkeit von der Selenzufuhr und halten somit diesen Parameter nicht zur Überprüfung der Selenversorgung geeignet.

Die GSH-Px-Aktivität im Vollblut steigt bei Supplementierung von Selen nur nach einem vorangegangenen Selendefizit an. Höhere Werte sind erst nach 3-6 Wochen zu messen. Dies hängt, wie bereits in Kapitel 2.4.2.1. erwähnt, mit der Syntheserate der Erythrozyten zusammen. Die Applikationsform (oral oder parenteral) hat dabei keinen Einfluß auf die Zeitdauer bis zum Anstieg der Enzymaktivität (RONÉUS und LINDHOLM, 1983; MAYLIN et al. 1980; CAPLE et al., 1978). Die Aussagekraft eines Einzelwertes der GSH-Px-Aktivität im Vollblut bezüglich der Selenversorgung des Pferdes ist daher mit Vorsicht zu bewerten. Eine niedrige GSH-Px-Aktivität im Blut ist nicht immer direkt mit einer niedrigen Selenaufnahme korreliert (MAYLIN et al., 1980).

Ebenso wie für den Selengehalt in Vollblut oder Plasma wird für die GSH-Px-Aktivität in Plasma und Vollblut bzw. Erythrozyten ab einer gewissen Selenaufnahme eine Plateaubildung beschrieben (LOMBECK und MENZEL, 1994). Nach PULS (1994) erreicht die GSH-Px-Aktivität der Erythrozyten ein Plateau bei einem Serumselengehalt von 120 µg/l.

Die GSH-Px-Aktivitätsangaben sind aufgrund unterschiedlicher Referenzwerte in den einzelnen Untersuchungslabors sehr schwer vergleichbar (RONÉUS, 1982; ULLREY, 1987; STOWE und HERDT, 1992). HEIKENS (1992) gibt dennoch Richtwerte für die Beurteilung der Selenversorgung des Pferdes aufgrund der GSH-Px-Aktivität im Vollblut an. Bei einer GSH-Px-Aktivität von unter 50 U/g Hb spricht die Autorin von einer Mangelsituation, eine Enzymaktivität von über 100 U/g Hb wird als ausreichender Selenversorgungsstatus gewertet. Nach PULS (1994) kann bei einer GSH-Px-Aktivität zwischen 30,0-150,0 U/mg Hb 25°C von einer ausreichenden Selenversorgung des Pferdes gesprochen werden. Für die GSH-Px-Aktivität im Plasma nennt derselbe Autor als Referenzwert einer adäquaten Selenversorgung 0,64-0,75 U/ml 25°C.

#### 2.4.2.5 Einflußfaktoren auf den Selengehalt des Körpers

Für den Selengehalt im Körper wurden, unabhängig von der Fütterung, unterschiedliche Abhängigkeiten von *Geschlecht*, *Alter* und *Rasse*, sowie *Leistung* beschrieben. So fanden CRISMAN et al. (1994) einen höheren Vollblutselengehalt bei Hengsten als bei Wallachen und Stuten. Saugfohlen haben einen niedrigeren Selengehalt im Blut als die Mutterstute (STOWE, 1967; BERGSTEN et al.; 1970; MAYLIN et al.; 1980; HOSPES et al., 1996). Hatten in den Untersuchungen von BERGSTEN et al. (1970) sowie von MAYLIN et al. (1980) die Mutterstuten einen Selengehalt im Vollblut von weniger als 48 µg/l, so war der Selengehalt im Vollblut der Fohlen höher als derjenige ihrer Mütter. GREIWE-CRANDELL et al. (1992) fanden auch bei Absatzfohlen bis zum Alter von einem Jahr einen niedrigeren Selengehalt im Vollblut als bei den Mutterstuten. CARMEL et al. (1990) sowie GALLAGHER und STOWE (1980) konnten beim Pferd keine Abhängigkeit des Vollblut- bzw. Serumselengehalts von Alter (1-32 Jahre, bzw. 2-10 Jahre) und Geschlecht nachweisen. HAYES et al. (1987) ermittelten, trotz einer höheren Selenkonzentration des an Vollblutpferde verabreichten Futters, einen niedrigeren Selengehalt im Blut dieser Tiere als bei Warmblutpferden. Auch STOWE fand 1967 einen niedrigeren Durchschnittswert des Serumselengehalts bei Vollblutpferden (Zucht- und Jungtiere) als bei Warmblutpferden. Er führte dies jedoch auf unterschiedliche Einstreu ('Tabakstroh') zurück. Die Reaktion der GSH-Px-Aktivität und des Selengehalts im Blut auf Arbeitsleistung wird widersprüchlich beschrieben. Einen signifikanten Anstieg des Serumselengehalts (von 138 µg/l auf 151 µg/l) und der GSH-Px-Aktivität in Erythrozyten (von 17,33 IU/mg Hb auf 17,83 IU/mg Hb) nach leichter Arbeit (4-6 km Trab) registrierten GALLAGHER und STOWE (1980) bei 45 Trabrennpferden. Dagegen wiesen ONO et al. (1990) bei elf Vollblutpferden ein leichtes Absinken der GSH-Px-Aktivität nach 1000m Trainingsgalopp von 69 IU/g Hb auf 65 IU/g Hb nach. Ein ähnliches Resultat fanden BRADY et al. (1978) bei sechs Rennquarterhorses. Die GSH-Px-Aktivität betrug nach einer Rennleistung von 2,2 km in 10 Minuten nur noch 20,8 U/mg Hb, ausgehend von einem Basiswert von 22,1 U/mg Hb.

Zum Verhalten des Selengehalts bzw. der GSH-Px-Aktivität im Blut des Pferdes während Laktation und Trächtigkeit liegen noch keine eingehenden Untersuchungen vor.

## **2.5. Gesundheitsstatus des Pferdes in Abhängigkeit von der Selenversorgung**

Sowohl eine Unter- als auch eine Überversorgung mit Selen kann beim Pferd zu Gesundheitsstörungen führen. Im Folgenden wird nur auf die mit Selenmangel einhergehenden gesundheitlichen Probleme eingegangen.

Die beim Pferd durch eine Selenunterversorgung vornehmlich betroffenen Organe und Gewebe sind die Skelettmuskulatur, die Leber und die Fortpflanzungsorgane (NOHL, 1984; MAYLIN et al., 1980; BLACKMORE et al., 1979). Häufig verläuft ein bestehender Selenmangel subklinisch (ohne äußere Krankheitshinweise) (WINTZER, 1997). Dies ist vor allem bei adulten Pferden der Fall. Über akute Fälle durch Selenmangel ausgelöster Myopathien beim erwachsenen Pferd wird nur vereinzelt berichtet (STEP et al., 1991; ZENTEK, 1991; OWEN et al., 1977). Beim Fohlen treten häufiger klinisch sichtbare Krankheitssymptome auf.



### 2.5.1. Symptome des Selenmangels beim Fohlen

Beim Fohlen zeigen sich klinische Symptome eines Selenmangels in Form der **Nutritiven Muskeldegeneration** (NMD). Es existieren unterschiedliche Bezeichnungen für diese Erkrankung (Abb. 2.2.). Die klinische Symptomatik beim Fohlen zeigt Parallelen zu dem Erscheinungsbild der NMD bei Kälbern oder Lämmern. Am häufigsten sind Pferde im Alter von wenigen Tagen ("Frühform") oder von zwei bis zwölf Monaten ("Spätform") betroffen (BOSTEDT, 1977; BOSTEDT, 1979).

In der Neugeborenenphase verläuft die "Frühform" der Erkrankung meist perakut und endet in den ersten Tagen tödlich

(BOSTEDT, 1979). Sie entwickelt sich bereits intrauterin aufgrund eines Selenmangels der Mutterstute während der Hochträchtigkeit. Dies bleibt jedoch in der Regel unerkannt. Trächtigkeits- und Geburtsverlauf sind in der Regel ohne besonderen Befund. Beim Fohlen zeigt sich meist ein undifferenziertes Krankheitsbild, das differentialdiagnostisch von Infektionskrankheiten (Pneumonie, Bronchopneumonie, Pleuritis sicca, Septikämie), einem allgemeinen Fehlanpassungssyndrom, angeborenen Herzfehlern oder einer metabolischen Azidose nur schwer abgrenzbar ist (BOSTEDT, 1977; WINTZER, 1997). Häufig konsultiert der/die Besitzer(-in) des Pferdes die tierärztliche Praxis wegen vermeintlichen Milchmangels der Stute (BOSTEDT, 1979). Die in Tab. 2.7. zusammengefaßte Symptomatik wurde häufig bei an NMD erkrankten Fohlen beobachtet.

Abb. 2.2: Synonyme für NMD

- \* *Weißmuskelkrankheit* (BOSTEDT, 1977)
- \* *Weißfleischigkeit*
- \* *White Muscle Disease* (WMD) (GABBEDEY und RICHARDS, 1970)
- \* *Maladie des muscles blanc* (GERBER, 1994)
- \* *Nutritional Muscular Dystrophie NMD* (BOSTEDT, 1977)
- \* *alimentäre bzw. ernährungsbedingte Muskeldystrophie* (SCHOUGAARD et al., 1972; BOSTEDT, 1979; GERBER, 1994)
- \* *enzootische Polymyositis* (BOSTEDT, 1977)
- \* *enzootische Myoglobinurie* (HANSEN, 1970)

Tab. 2.7.: Klinische Symptomatik der NMD des Fohlens in den ersten Lebensstagen

Symptom	erkrankte Muskelgruppe	Autoren
* Mattigkeit	unspezifisch	1); 3); 6); 7); 9)
* erhöhte Atemfrequenz, abdominale Atemtätigkeit	Zwerchfell-, Pektoral-, und Interkostalmuskulatur	4); 5); 6); 7); 10)
* Herzgeräusche, Herzarrhythmie	Herzmuskel	3); 4)
* Unfähigkeit ohne Hilfe aufzu- stehen, mangelnde Stehfähigkeit	lokomotorische Muskulatur	1); 2); 3); 4); 5); 6); 7); 9); 10)
* Stehen mit abgesehenem Kopf und Rücken	lokomotorische Muskulatur	6)
* Fohlen steht bockbeinig und steif	lokomotorische Muskulatur	4); 5); 10)
* Ataxie	lokomotorische Muskulatur	5); 8)
* stelzender, steifer, schmerzhafter Gang	lokomotorische Muskulatur	1); 7)
* Trinkprobleme, Unfähigkeit den Hals zu drehen, Schmerzen beim Saugen mit vorhandener Sauglust	lokomotorische Muskulatur	1); 3); 4); 7); 8)
* Schluckprobleme (Dysphagie), Milch läuft aus den Mundwinkeln und tlw. den Nüstern heraus, Regurgitieren	Muskulatur des oberen Verdauungstraktes (Maxillar-, Lingual- und Oesophagusmuskulatur)	3); 4); 6); 7)
* schmerzhaft verdickte und harte Muskulatur, evt. warm (Becken- gürtel, Lende, Hinterschenkel, Stamm, M. longissimus dorsi, Hals)	lokomotorische Muskulatur	3); 4); 5); 6); 7)

1) GABBEDY UND RICHARDS, 1970; 2) WILSON et al., 1976; 3) BOSTEDT, 1977; 4) BOSTEDT, 1979;  
5) RONÉUS UND JÖNSSON, 1984; 6) BOSTEDT UND THEIN, 1990; 7) DILL UND REBHUN, 1985;  
8) WINTZER, 1997; 9) HAMIR, 1982; 10) HIGUCHI et al., 1989;

In den meisten Fällen verenden die Fohlen innerhalb weniger Tage, wobei nicht selten Verschluckpneumonien, Infektionen aufgrund gestörter Immunitätslage (Kolostrumaufnahme) und Herz-Kreislauf-Insuffizienzen die Todesursache darstellen (BOSTEDT, 1979; RONÉUS UND JÖNSSON, 1984).

Bei der "Spätform" der Weißmuskelkrankheit zeigen sich ebenfalls die in Tab. 2.7. beschriebenen Symptome. Meist beschränkt sich die Erkrankung jedoch auf einzelne Muskelgruppen und die daraus resultierende Symptomatik. Zusätzlich ist

kaffeebraun verfärbter Harn oder Harnverhaltung festzustellen. Diese Verfärbung entsteht aufgrund einer durch massive Zerstörung von Muskelzellgewebe eintretenden Myoglobinurie. Der Krankheitsverlauf ist verzögert und wird durch Festliegen und Kachexie begleitet. (BOSTEDT, 1979; DILL und REBHUN, 1985; WINTZER, 1997).

Zur Diagnosesicherung ist eine Blutuntersuchung im Labor unerlässlich (GERBER, 1994). Dabei sind wertvolle Parameter die Aktivität muskelspezifischer Enzyme, wie der Creatin-Kinase (CK), der Aspartat-Aminotransferase (AST, früher GOT) und der Laktatdehydrogenase (LDH). Die Bestimmung der GSH-Px-Aktivität und des Selengehalts in Plasma oder Vollblut, sowie die Bestimmung des Vitamin-E-Gehalts im Plasma liefern weitere Hinweise auf die Erkrankung an NMD (BOSTEDT, 1979; RONÉUS und JÖNSSON, 1984; DILL und REBHUN, 1985; HIGUCHI et al., 1989; BOSTEDT und THEIN, 1990). Empfohlen wird ebenso, den Selengehalt im Blut der Mutterstute zu bestimmen (GERBER, 1994). Vor allem bei der "Spätform" der NMD sind eine erhöhte Muskelenzymaktivität und ein niedriger Plasmaselengehalt bereits vor dem Auftreten klinischer Symptome in der Früherkennung wegweisend (BOSTEDT, 1979).

Aufgrund der sehr eindeutigen pathologisch-anatomischen Veränderungen läßt sich post mortem die Diagnose klar stellen. Zunächst fallen subkutane Ödeme auf. Die Tiere zeigen symmetrisch helle, blasse, von grau-weißen Streifen durchzogene Partien der Skelett- und teilweise der Herzmuskulatur (→ *Weißmuskelerkrankung*). Bei subakut verstorbenen Neugeborenen können in seltenen Fällen makroskopisch erkennbare Veränderungen der Muskulatur fehlen. In manchen Fällen ist eine Kalzifizierung der Muskulatur zu finden (GABBEDEY und RICHARDS, 1970; WILSON et al., 1976; BOSTEDT, 1979; HAMIR, 1982; RONEUS und JÖNSSON, 1984; BOSTEDT und THEIN, 1990). Histopathologisch zeigt sich eine hyalin-schollige Muskeldegeneration (ZENKERSche Degeneration). Die Muskelfasern können, je nach Dauer des Krankheitsprozesses, bereits durch Bindegewebe ersetzt sein (WILSON et al., 1976; BOSTEDT, 1977; BOSTEDT, 1979; BOSTEDT und THEIN, 1990).

Der Selengehalt in Leber- und Nierenbiopsie ist bei an NMD erkrankten Fohlen unterschiedlich. GABBEDEY und RICHARDS (1970) fanden bei einem Fohlen in der Leber 0,16 mg Se/kg TS und in der Niere 0,56 mg Se/kg TS. Dagegen ermittelten HIGUCHI et al. (1989) in den Lebern von drei an NMD verstorbenen Fohlen einen Selengehalt mit  $\bar{x} = 0,6$  mg Se/kg TS,  $s = 0,03$  mg Se/kg TS (TS auf 20% geschätzt). Diese Werte sind vergleichbar dem Durchschnittsgehalts der Untersuchungen von MEYER et al. (1995) und ZENTEK et al. (1996) bei abortierten Foeten und neugeborenen Fohlen ohne NMD.

Die Therapie der NMD erfolgt zum einen mit adäquaten Vitamin-E-Selen-Kombinationspräparaten ad inj. (750-900 mg Vitamin E; 2,5-3,0 mg Se), zum anderen symptomatisch je nach Schwere des Krankheitsbildes mit nichtsteroidalen Antiphlogistika zur Schmerzlinderung, Antibiotika bei Gefahr einer Verschluckpneumonie und Infusionen zur Diurese und zum Basenausgleich. Die Tiere sollten sich möglichst wenig bewegen, um weitere Muskelschäden zu vermeiden. Eine weiche Aufstallung ist wichtig. Bei veränderter Futteraufnahme sollte die Fütterung per Nasenschlundsonde vorgenommen werden (BOSTEDT, 1979; DILL und REBHUN, 1985). Bei rechtzeitiger Behandlung und gutem Ansprechen auf die Therapie, erholen sich die Fohlen innerhalb einer Woche (DILL und REBHUN, 1985).

Ein Selenmangel ist nicht immer der alleinige Auslöser für NMD. Es müssen noch andere Faktoren eine Rolle spielen, da Fohlen mit niedriger GSH-Px-Aktivität im Blut nicht immer klinisch erkranken (RONÉUS, 1982; CAPLE et al., 1978). Andere Einflußfaktoren auf die Erkrankung an NMD könnten Vitamin-E-Mangel, Streß und erhöhte Muskelaktivität (WILSON et al., 1976), sowie Fütterungsfaktoren wie der Gehalt an Vitamin C, hochungesättigten Fettsäuren, Übergangsmetallen (z. B. Fe, Zn, Cd) oder Thioaminosäuren sein (NOHL, 1984) (vgl. Kapitel 2.4.1.2.).

### **2.5.2. Selen und die Immunabwehr**

Das Immunsystem benötigt zur optimalen Funktion einen ausreichend hohen Selengehalt im Organismus. Das Spurenelement unterstützt sowohl die humorale, als auch die zelluläre Immunabwehr (KOLLER und EXON, 1986; SCHROTEN, 1997). Untersuchungen zum Einfluß von Selenmangel auf die Immunabwehr des Pferdes liegen nicht vor.

KNIGHT und TYZNIK (1990) beschreiben beim Pferd einen positiven Effekt der Selensupplementierung auf die Immunantwort, gemessen an der IgG-Konzentration im Serum. MOKSNES et al. (1988) fanden höhere Antikörpertiter gegen Tetanus Toxoid bei mit Selenomethionin bzw. Natriumselenit supplementierten Schafen im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Untersuchungen von BAALSRUD und ØVERNES (1986) zeigten die Gruppen der mit Selen und Vitamin E, bzw. nur mit Vitamin E, supplementierten Pferde eine bessere Immunantwort auf unbekannte Antigene (Tetanus Toxoid und Equines Influenzavirus). Der Antikörpertiter blieb während der Phasen der primären und sekundären Immunantwort auf einem höheren Level. Wurde nur Selen supplementiert, so zeigte sich keine signifikante Verbesserung der humoralen Immunantwort gegenüber der Kontrollgruppe. BEDNAREK et al. (1994) konnten bei 3-8 Wochen alten Kälbern keinen signifikanten Anstieg der IgG-Konzentrationen im Serum nach Selen/Vitamin-E-Injektion erkennen.

### **2.5.3. "Selenium-associated / responsive disease"**

Neben der als Selenmangelerkrankung bekannten NMD werden Krankheitsbilder als "*Selenium-associated* bzw. *responsive disease*" oder "*Selenium responsive unthriftiness*" beschrieben, d. h. Erkrankungen, die auf eine Therapie mit Selen ansprechen. Ein positiver Effekt prophylaktischer oder therapeutischer Selengaben auf diese oftmals unklaren Symptomenkomplexe, wie Muskelschwäche der Neugeborenen, Kümern, reduzierte Gewichtszunahme, Durchfall, Totgeburt, Abort und Fertilitätsstörungen, wird geschildert (KOLLER und EXON, 1986; RADOSTITS et al., 1994).

Es ist anzunehmen, daß die stimulierende Wirkung von Selen auf die humorale und die zelluläre Immunantwort zur positiven Beeinflussung dieses Krankheitsgeschehens beiträgt.

#### **2.5.4. Bedeutung des Selens für die Reproduktion**

Selen stellt ein wichtiges Element in der Fortpflanzung dar. In den letzten Jahren wurden neue Selenoproteine in den weiblichen Fortpflanzungsorganen und in den Hoden entdeckt (BEHNE et al., 1988). Bei einigen Stuten mit Fortpflanzungsstörungen, wie z. B. eitrige Gebärmutterentzündung, wiederholtes Umrossen, embryonaler FrühTod, Abort und bei plötzlichem Fohlentod, wurde ein niedriger Selengehalt im Blut gefunden (MAYLIN et al., 1980). PULS (1994) nennt zusätzlich Agalaktie, verlängerte Tragzeit und perinatale Sterblichkeit aufgrund fehlenden Durchtritts des Fohlens durch die Plazenta während des Geburtablaufs als möglicherweise durch Selenmangel induziert. WEINANDY (1985) bringt den symptomlosen Abort im achten Trächtigenmonat zweier Stuten aus einem Betrieb in Zusammenhang mit mangelhafter Selenversorgung der Tiere.

Für den Menschen und verschiedene Tierarten wurde in mehreren Untersuchungen der negative Einfluß von Selenmangel, sowie der positive Einfluß von Selensupplementierung auf die weibliche und männliche Fertilität beschrieben (MACPHERSON, 1994; PHILLIPPO, 1983). Dennoch wird die Verantwortlichkeit von Selen bezüglich Fortpflanzungsstörungen widersprüchlich ausgelegt (RADOSTITS et al., 1994). Selenmangel wird in Zusammenhang mit Nachgeburtshaltung beim Rind gebracht (BOSTEDT und SCHRAMMEL, 1981). Eine Injektion eines Vitamin-E-Selen-Kombinationspräparates drei Wochen vor dem erwarteten Kalbedatum erhöhte die Fertilität von Kühen mit und ohne Plazentaretention (ARÉCHIGA et al., 1994). Andere Autoren konnten keinen Einfluß präpartaler Seleninjektionen auf Nachgeburtshaltung und Fruchtbarkeit beim Rind finden (HIDIROGLOU et al., 1987). Es gibt ebenso Berichte über die negative Auswirkung eines hohen Serum-selengehalts (>170 µg/l) auf die Fruchtbarkeit von Rind und Mensch (MACPHERSON, 1994).

Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Selenversorgung und Fruchtbarkeitsstörungen des weiblichen und männlichen Organismus warten noch auf vollständige Aufklärung (RADOSTITS et al., 1994).

## 2.6. Präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Selenmangel bei Pferden

Zur Vermeidung von Selenmangelsituationen beim Pferd, im Speziellen bei Stute und Fohlen in Gebieten mit selenarmen Böden sind unterschiedliche Vorgehensweisen denkbar.

### \* *Bodendüngung:*

Zur Anreicherung wirtschaftseigener Futtermittel mit Selen wird Bodendüngung mit Natriumselenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) in einer Menge von 10-20 g Se/ha empfohlen (MEYER, 1995). Dabei ist vor allem der pH-Wert zu beachten. Alkalisch wirkender N-Dünger begünstigt die Selenaufnahme in die Futterpflanze (BAHNERS, 1987; CULLETON et al., 1993). Geeignet ist ebenfalls die Kopfdüngung der Pflanzen im Sprühverfahren (BERSCHNEIDER et al., 1977).

### \* *Supplementierte Kraftfuttermittel oder Mineralfuttermittel mit Selenzusatz:*

Um konstante Aufnahmen von Selen zu erreichen, ist die Supplementierung von Selen über das Ergänzungsfutter oder ein geeignetes Mineralfutter sinnvoll. In Mineralfuttermitteln sollte der Selengehalt 1,5 mg Se/100g nicht überschreiten (MEYER, 1995). Den meisten handelsüblichen Ergänzungsfuttermitteln für Pferde ist Selen zugesetzt. Es handelt sich in der Regel um anorganisches Selen in Form von Na-selenit. Der Selengehalt in Mischfuttermitteln muß nicht deklariert werden. Für Weidetiere ist die Bereitstellung selenhaltiger Lecksteine, die bis zu 2,4 mg Se/100g enthalten können, empfehlenswert (MEYER et al., 1995).

### \* *Selensupplementierung über das Trinkwasser:*

Zur kontinuierlichen Selensupplementierung sind (in Großbritannien) Präparate zur oralen Verabreichung über das Trinkwasser erhältlich (ANDERSON, 1983).

### \* *Parenterale Selensupplementierung durch Injektion:*

Zur Behebung eines Selenmangels, vor allem in der Hochträchtigkeit und in der Neugeborenenphase, sind Injektionspräparate (Natriumselenit) meist in Kombination mit Vitamin E im Handel. MEYER und STADERMANN (1991) empfehlen für hochtragende Stuten, die keinerlei Selensupplementierung über das Futter erhalten haben, die einmalige parenterale Gabe von 2,5 mg Selen (in Form von

Natriumselenit) in Kombination mit 500 mg Vitamin E für ein 500 kg schweres Pferd. MEYER (1995) empfiehlt diese Dosierung einmalig oder bis max. viermal im Abstand von 2-4 Wochen zu applizieren. DILL und REBHUN (1985) schlagen die gleiche Dosis wöchentlich sechs bis acht Wochen ante partum vor. Eine Überdosierung ist zu vermeiden, da dies zur Schädigung der Frucht führen kann. BOSTEDT und THEIN (1990) empfehlen bei Verdacht auf Selenunterversorgung der Mutterstute, dem neugeborenen Fohlen eine einmalige Injektion von 2-2,5 mg Se und 500-1500 mg Vitamin E zu applizieren. Eine Wiederholung sollte frühestens nach 2-3 Wochen erfolgen.

\* *Orale Selensupplementierung mit Selenkonzentrat:*

Für das Pferd sind verschiedene Selenkonzentrate zur längerfristigen oralen Supplementierung im Handel. Diese werden meist ebenfalls in Kombination mit Vitamin E angeboten. Auch bei diesen Präparaten ist auf eine korrekte Dosierung und Abstimmung auf die Futtermittelration zu achten.



## **Eigene Untersuchungen**

### **3. Arbeitsplan**

#### **3.1. Bestandsuntersuchung in vier Gestüten**

Für die Untersuchungen standen vier Vollblutgestüte unterschiedlicher Bestandsgröße zur Verfügung. Ziel war es, je eine Blutprobe von allen tragenden Stuten vor dem Abfohlen (Probe 'A') und ca. zwei Wochen nach dem Abfohlen in der Laktation (Probe 'B'), sowie von deren Fohlen (Probe 'C') zu nehmen und diese auf ihren Selengehalt zu untersuchen. Anhand eines Fragebogens sollten die Vorberichte der Stuten, der Geburtsverlauf sowie der Verlauf der erneuten Konzeption und die Gesundheit der Fohlen dokumentiert werden.

Zur Darstellung der aktuellen Versorgung waren Futteranalysen notwendig.

Als Untersuchungszeitraum wurde Frühjahr 1995 bis Frühjahr 1996 festgelegt.

#### **3.2. Verlaufsuntersuchung in Betrieb 1**

Weiterhin wurde geplant, bei dreizehn Stuten im Verlauf der Trächtigkeit an sieben Zeitpunkten Blutproben zu entnehmen (Probe '1'-'7'), um deren Selengehalt in Plasma und Vollblut, sowie die GSH-Px-Aktivität im Plasma zu bestimmen.

Bei dreizehn Fohlen sollten im Verlauf der ersten zehn Lebensmonate zwei weitere Blutproben zur Selenbestimmung entnommen werden (Probe '2a' und '3a').

#### **3.3. Fragestellung**

- ad 3.1.
- Unterschiede zwischen den einzelnen Herden in Bezug auf Selenversorgung und Selengehalt im Plasma der Pferde
  - Individuelle Unterschiede zwischen den Selengehalten der Einzeltiere innerhalb der Herden
  - Beziehung zwischen Selengehalt in Plasma von Mutterstute und deren Fohlen

- Plasmaselengehalt klinisch unauffälliger Stuten und ihrer Fohlen
- ad 3.2.
- Selengehalt in Plasma und Vollblut im Verlauf der Trächtigkeit
  - Selengehalt in Plasma und Vollblut von Absatzfohlen
  - Beziehung zwischen Selengehalt in Plasma und Vollblut
  - Beziehung zwischen Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma

## 4. Material und Methode

### 4.1. Untersuchungsmaterial

#### 4.1.1. Betriebe und Tiere

Für die Untersuchungen standen in vier Gestüten insgesamt 123 Stuten zur Verfügung. Die Gestüte sind langjährige Zuchtbetriebe für Englische Vollblutpferde. Die Lage der einzelnen Betriebe und die Betriebsgröße ist Tab. 4.1. zu entnehmen.

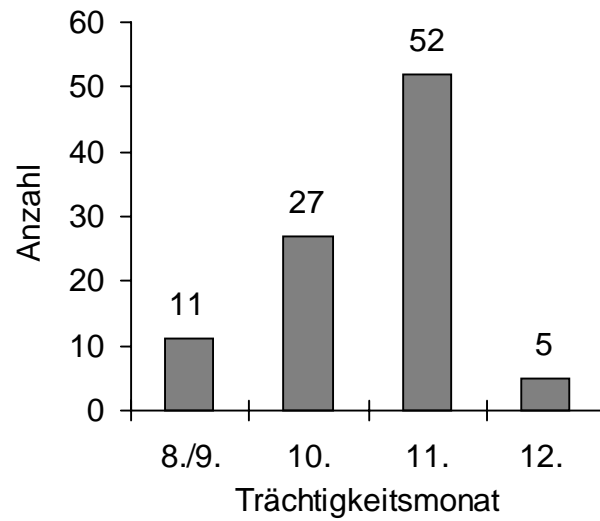
Tab. 4.1.: Geographische Lage und Betriebsgröße der untersuchten Gestüte

	geographische Lage	Anzahl der Stuten
Betrieb 1	Odenwald	49
Betrieb 2	Rheingau	45
Betrieb 3	Neckar-Odenwald	9
Betrieb 4	Rheinland	21

Es wurde von allen Vollblutstuten, die sich zum Zeitpunkt der ersten Probenentnahme auf den Gestüten befanden, eine Blutprobe genommen. Einige Tiere hatten bereits gefohlt, so daß nur die Proben 'B' und 'C' genommen werden konnten.

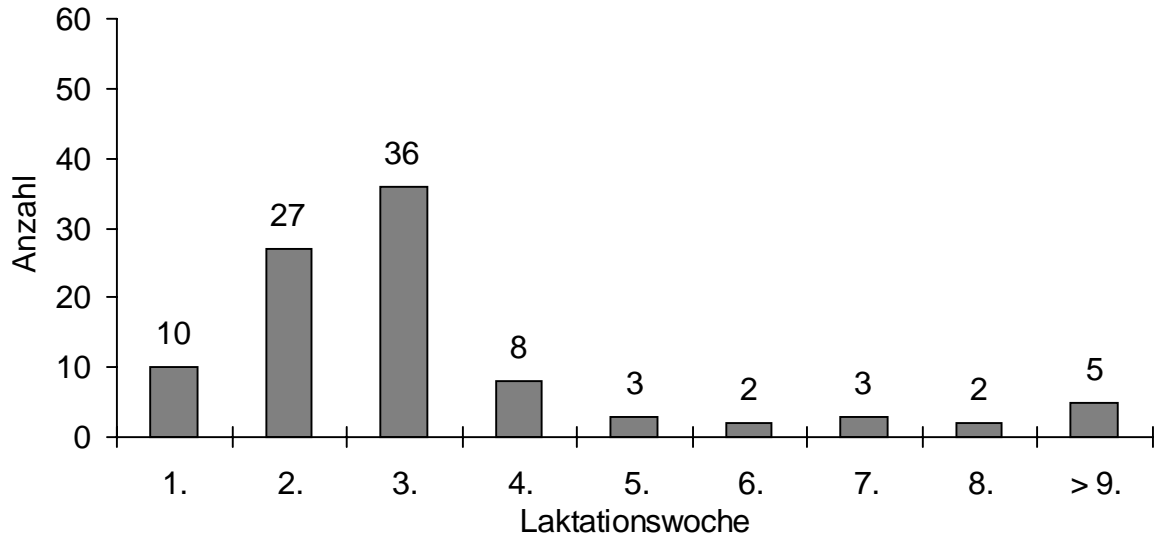
Die Blutprobe der hochtragenden Stuten (Probe 'A') wurde im Mittel am 310. Tag der Trächtigkeit entnommen. Die Abb. 4.1. zeigt eine Übersicht über das jeweilige Trächtigkeitsstadium der Tiere zum Zeitpunkt der Blutprobenentnahme.

Abb. 4.1.: Anzahl der Tiere je Trächtigkeitsmonat (n = 95)



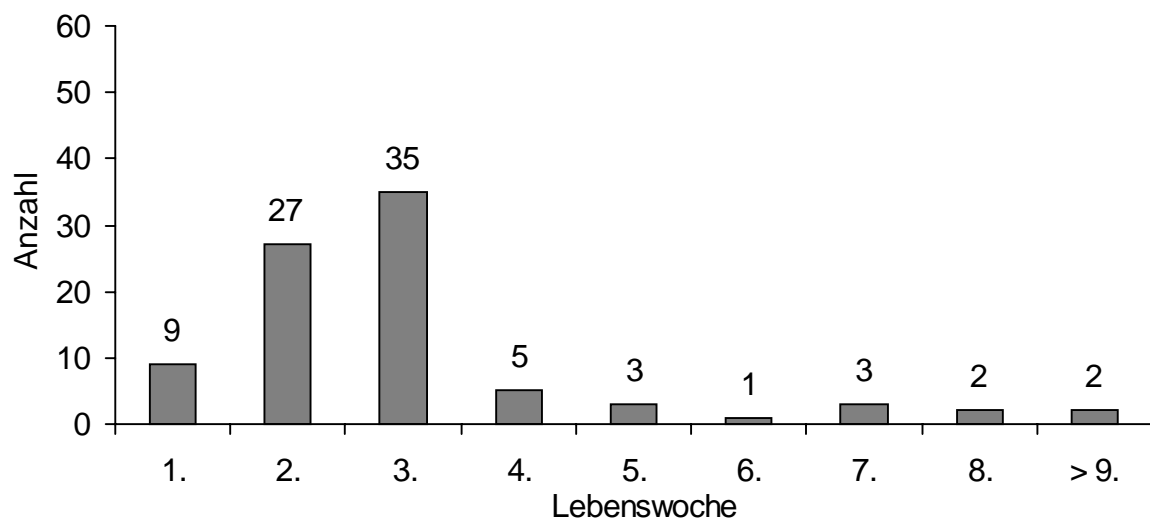
Probe 'B' wurde in folgenden Laktationsstadien der Stuten genommen (Abb. 4.2.). Im Mittel ergab sich der 22. Laktationstag als Tag der Blutentnahme.

Abb. 4.2.: Anzahl der Tiere je Laktationswoche (n = 96)



Die Blutentnahme bei den Fohlen (Probe 'C') erfolgte am selben Tag wie die Entnahme bei der Mutterstute (Probe 'B'). In Betrieb 4 wurden keine Blutproben von Fohlen untersucht. Bei zwei Totgeburten (Tier Nr. 34 und 245) und zwei gestorbenen Fohlen (Tier Nr. 18 und 59) entfiel die Blutentnahme. In einem Fall konnte nur die Probe des Fohlens genommen werden (Tier Nr. 28). Es ergab sich folgende Verteilung für das Alter der Fohlen zum Zeitpunkt der Blutentnahme (Abb.4.3). Im Mittel erfolgte sie am 19. Lebenstag.

Abb. 4.3.: Anzahl der Fohlen je Alter (n = 87)



#### 4.1.2. Ermittlung der Vorberichte und Angaben zur Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere

Die Vorberichte und weitere Angaben zum gesundheitlichen Status sowie Verlauf der nachfolgenden Decksaison der Stuten wurden anhand folgender Fragebögen erhoben.

Abb. 4.4.: Fragebogen zur Erhebung der individuellen Daten der Einzeltiere

<b>Stute:</b>		
Name:		
Alter:		
Deckdatum:		
<b>Vorbericht:</b>		
Anzahl der Fohlen:	davon mit Komplikationen (Bsp. Schweregeburt, Fohlen tot oder gestorben, Abort,)	
wieviele Jahre ist die Stute trotz Bedeckung güst geblieben/resorbiert?		
vorletztes Jahr güst?	Ja <input type="radio"/>	Nein <input type="radio"/>
seit wann ist die Stute auf dem Gestüt?		
<b><u>klinische Beurteilung ante partum:</u></b>		
<u>Futterzustand:</u>	sehr gut <input type="radio"/>	gut <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/>
<u>Allgemeinbefinden:</u>	gut <input type="radio"/>	schlecht <input type="radio"/>
<u>Besonderheiten/</u>		
<u>Erkrankungen:</u>		
<b><u>Geburtsverlauf:</u></b>		
ohne Komplikation <input type="radio"/>	unter einfacher Zughilfe <input type="radio"/>	Schweregeburt <input type="radio"/>
Datum:	evt. Behandlungen:	
<b><u>Neubelegung:</u></b> keine Bedeckung auf dem Gestüt <input type="radio"/>		
<b><u>Bedeckung auf dem Gestüt:</u></b>		
<u>klinischer Verlauf des Puerperiums:</u>	ohne Komplikation <input type="radio"/>	Endometritis <input type="radio"/>
andere Erkrankungen <input type="radio"/>	Datum:	Behandlung:
in der Fohlenrosse gedeckt <input type="radio"/>	umgerosst <input type="radio"/>	
<u>Anzahl der Rossen mit Bedeckung:</u>		
<b><u>Ultraschall untersucht, tragend am:</u></b>		
<b><u>extragenitale Erkrankungen:</u></b>	Datum	Behandlung:

**Fohlen:**

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Geschlecht:

Stute Hengst 

Name: \_\_\_\_\_

Vitalität des Fohlens in den ersten 5 min. nach der Geburt:Totgeburt 

Schema modifiziert nach Apgar:

	<i>Herz- u. Pulsfrequenz</i>	<i>Atemfrequenz</i>	<i>Muskeltonus</i>	<i>Nasale Stimulation (mit Strohalm)</i>
<input type="radio"/> - 0 -	nicht fühlbar	nicht erkennbar	Seitenlage, schlaff	ohne Reaktion
<input type="radio"/> - 1 -	< 60 Schläge/min.	langsam, unregelmäßig	Seitenlage, ge- ringer Muskeltonus vorhanden	Grimasse mit wenig Zurückziehen
<input type="radio"/> - 2 -	> 60 Schläge/min.	60 Züge/min, regelmäßig	kann Bauchbrust- lage beibehalten	Husten oder Niesen

 Mißbildungen: \_\_\_\_\_Verlauf bei "Problemkindern":weitere Erkrankungen des Fohlens:

	Datum:	Behandlung:
Nabelentzündung <input type="radio"/>		
Diarrhöe <input type="radio"/>		
Atemwegserkrankung <input type="radio"/>		
andere <input type="radio"/>		

weitere Entwicklung und Wachstum innerhalb der nächsten vier Monate:

altersentsprechend     leichte Wachstumseinbußen     stark im Wachstum  
zurückgeblieben

Das Alter der Stuten lag durchschnittlich bei 9,9 Jahren, die Jüngste war 3 Jahre, die Älteste 21 Jahre alt. Die Stuten erwarteten ihr erstes bis elftes Fohlen ( $\bar{x} = 3,1$ . Trächtigkeit) (Einzeldata siehe Anhang Tab. 9.1.).

Bis auf neun Stuten befanden sich die Tiere länger als drei Monate auf dem jeweiligen Gestüt.

#### **4.1.3. Verlaufsuntersuchung während Trächtigkeit und Aufzucht**

Für die Verlaufsstudie über den Zeitraum der Trächtigkeit wurden in Betrieb 1 dreizehn Tiere gewählt, die bei Entnahme der ersten Blutprobe am 05.06.1995 bzw. 20.07.1995 als mindestens 25 Tage tragend untersucht waren und für die im Untersuchungszeitraum kein Standortwechsel zu erwarten war. Die Tiere waren zwischen fünf und zehn Jahre alt ( $\bar{x} = 7,8$  Jahre) und zum zweiten bis siebten Mal tragend ( $\bar{x} = 3,5$ . Trächtigkeit) (Einzeldata siehe Anhang Tab. 9.7.).

Der im folgenden beschriebene chronologische Ablauf der Probenentnahme und die Bezeichnung der einzelnen Proben sind in Tab. 4.2. in einer Übersicht zusammengefasst. In der Tabelle wird auf den Anhang verwiesen, wenn die Probenentnahme nicht am selben Tag erfolgte.

Die erste Probe (Probe '1') wurde bei sechs Tieren (Tiernummern: 12, 19, 27, 31, 36, 48) am 05.06.1995, bei sieben Tieren (Tiernummern: 2, 8, 33, 37, 39, 46, 62) am 20.07.1995 genommen. Die Proben Nr. 2-7 (Probe '2'-'7') wurden jeweils am 05.09.1995, 31.10.1995, 05.12.1995, 16.01.1996, 10.02.1996 und 13.03.1996 genommen. Von den Fohlen des Jahrgangs 1995 wurde jeweils eine 11-43 Tage nach der Geburt im Rahmen der Bestandsuntersuchung genommene Blutprobe (hier: Probe '0') in die Verlaufsuntersuchung miteinbezogen. Eine zweite Blutprobe wurde im dritten bis fünften Lebensmonat entnommen. Dies erfolgte bei sechs Tieren (Tiernummer: 12c, 19c, 27c, 31c, 36c, 48c) am 05.06.1995 und bei sieben Tieren (Tiernummer: 2c, 8c, 33c, 37c, 39c, 46c, 62c) am 20.07.1995 (Probe '1a'). Am 05.12.1995 wurde eine dritte Blutprobe genommen (Probe '2a'). Die Fohlen waren zu diesem Zeitpunkt im achten bis zehnten Lebensmonat (Einzeldata siehe Anhang Tab. 9.8.). Weiterhin konnte je eine Kolostrumprobe von zwei Stuten (Probe 'M<sub>1</sub>'), sowie je eine Milchprobe von zehn Stuten zwischen der 1.-7.



Laktationswoche genommen werden (Probe 'M<sub>2</sub>'). Zur Veranschaulichung des chronologischen Ablaufs der Probenentnahmen dient Tab. 4.2..

Tab. 4.2.: Chronologischer Ablauf der Probenentnahme während der Verlaufsuntersuchung

(s. Anhang = siehe Anhang Tab. 9.7., die Probenentnahme erfolgte an unterschiedlichen Tagen)

Stutennr. Datum	2	8	12	19	27	31	33	36	37	39	46	48	62
s. Anhang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.06.1995	-	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-	1	-
dito	-	-	1a	1a	1a	1a	-	1a	-	-	-	1a	-
20.07.1995	1	1	-	-	-	-	1	-	1	1	1	-	1
dito	1a	1a	-	-	-	-	1a	-	1a	1a	1a	-	1a
05.09.1995	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31.10.1995	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
05.12.1995	4	4	4	4	4	4	-	4	4	4	4	4	4
dito	2a	2a	2a	2a	2a	2a	-	2a	2a	2a	2a	2a	2a
16.01.1996	5	5	5	5	5	-	-	5	5	5	5	5	5
10.02.1996	6	6	6	6	6	-	-	6	6	6	6	6	6
13.03.1996	7	7	-	-	-	-	-	7	7	7	7	7	7
s. Anhang	-	M1	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s. Anhang	-	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	-	M <sub>2</sub>	-	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>

#### 4.1.4. Haltung der untersuchten Stuten und Fohlen

Die Stuten wurden in allen vier Betrieben ante partum in Einzelboxen mit Stroheinstreu gehalten. Sie hatten täglich mehrere Stunden freien Auslauf in Gruppen. Tab. 4.3. orientiert über die Haltung der untersuchten Pferde während des Untersuchungszeitraumes.

Tab. 4.3.: Weide- und Paddockauslauf der tragenden Stuten bzw. laktierenden Stuten mit Fohlen bei Fuß in den einzelnen Betrieben

		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Paddock	mehrere Stunden am Tag	bis 15. April			bis Mitte April
Weide	mehrere Stunden am Tag		bis Mitte April		ab Mitte April
	gesamter Tag	ab 15. April	ab Mitte April	bis Mitte April	
	gesamte Nacht		bei großer Hitze ab Mai		ab Ende Mai/Anfang Juni
	Tag und Nacht	ab 25. Mai		ab Mitte April	

#### 4.1.5. Fütterungsverfahren

##### 4.1.5.1. Bestandsuntersuchung: Fütterung der Stuten in den Betrieben 1-4

Die Stuten hatten freien Zugang zu Wasser über Selbsttränken. Krafffutter wurde zweimal täglich gefüttert. Die Mengen der jeweiligen Futtermittel in den einzelnen Betrieben ist für die tragenden Stuten der Tab. 4.4., für die laktierenden Stuten der Tab. 4.5. zu entnehmen. Dabei wurde jeweils die in Tab. 4.3. angegebene Haltungsform für tragende Stuten 'bis Mitte April' und für die laktierenden Stuten 'ab Mitte April' angenommen. Gestüt 3 machte keine genauen Angaben über die Mengenzusammensetzung der täglichen Futterrations und konnte somit nicht in die Berechnung der täglichen Selenaufnahme der Stuten eingehen. In Gestüt 4 wurde Mineralfutter für Sauen gefüttert, da laut Gestütsleitung kein Unterschied zu dem Mineralfutter für Pferde der selben Firma bestand.

Tab. 4.4.: Fütterung der tragenden Stuten (kg uS)

	Futtermittel	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Grundfutter	Gras		Weide	Weide	
	Grassilage		3-4		
	Wiesenheu	ad lib.		k.A. <sup>7)</sup>	ad lib.
	Luzerneheu <sup>1)</sup>		ad lib.		
Krafftutter	Krafftutter <sup>2)</sup>	4-5	3	k.A.	
	Hafer		3	k.A.	4-5
	Sojaschrot				0,3
	Bierhefe <sup>3)</sup>				0,6
	Mais			k.A.	
	Trockenschnitzel <sup>4)</sup>			k.A.	
Mineralfutter	Mineralfutter 1 <sup>5)</sup>				0,15
	Mineralfutter 2 <sup>6)</sup>			k.A.	

1) sehr gräserhaltig, 2) pelletiertes Krafftutter für Pferde, 3) getrocknet, 4) melassiert,  
5) für Sauen (BioS, Höveler), 6) für Pferde, 7) keine Angabe

Tab. 4.5.: Fütterung der laktierenden Stuten (in kg uS)

	Futtermittel	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Grundfutter	Gras	Weide	Weide	Weide	Weide
	Grassilage				
	Wiesenheu				ad lib.
	Luzerneheu <sup>1)</sup>		ad lib.		
Krafftutter	Krafftutter <sup>2)</sup>	5-6 (bis Ende Mai)	2-3	k.A. <sup>7)</sup>	
	Hafer		2-3	k.A.	6-7
	Sojaschrot				0,3
	Bierhefe <sup>3)</sup>				0,6
	Mais			k.A.	
	Trockenschnitzel <sup>4)</sup>			k.A.	
Mineralfutter	Mineralfutter 1 <sup>5)</sup>				0,15
	Mineralfutter 2 <sup>6)</sup>			k.A.	

1) sehr gräserhaltig, 2) pelletiertes Krafftutter für Pferde, 3) getrocknet, 4) melassiert,  
5) für Sauen (BioS, Höveler), 6) für Pferde, 7) keine Angabe

Bei Stuten und Fohlen kann die Trockensubstanzaufnahme bei ganztägigem Weidegang unter günstigen Witterungsbedingungen bis zu 3% der Lebendmasse betragen (MEYER, 1995). Bei einem Körpergewicht von 500 kg ergibt sich eine Trockensubstanzaufnahme von bis zu 15 kg. (d. h. bei 18% TS bis zu 83 kg Weidegras). Laktierende Stuten nehmen mindestens 10-12 kg Futtertrockensubstanz auf. Für die vorliegende Untersuchung wurde eine Trockensubstanzaufnahme von 10 kg für alle hochtragenden Stuten und 12 kg für alle laktierenden und/oder niedertragenden Stuten angenommen. Die Fohlen der Bestandsuntersuchung waren ausschließlich Saugfohlen.

Die Tabellen 4.6. und 4.7. listen die Trockensubstanzaufnahme der einzelnen Futtermittel auf. Die angegebenen Werte wurden mittels der in den Tab. 4.4. und 4.5. aufgelisteten Angaben geschätzt.

Tab. 4.6.: Geschätzte Futteraufnahme der tragenden Stuten (in kg TS)

	Futtermittel	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Grundfutter	Gras		0,5	k.A. <sup>7)</sup>	
	Grassilage		2,5		
	Wiesenheu	6		k.A.	5
	Luzerneheu <sup>1)</sup>		2		
Krafftutter	Krafftutter <sup>2)</sup>	4	2,5	k.A.	
	Hafer		2,5	k.A.	4,0
	Sojaschrot				0,3
	Bierhefe <sup>3)</sup>				0,5
	Mais			k.A.	
	Trockenschnitzel <sup>4)</sup>			k.A.	
Mineralfutter	Mineralfutter 1 <sup>5)</sup>				0,15
	Mineralfutter 2 <sup>6)</sup>			k.A.	

<sup>1)</sup> sehr gräserhaltig, <sup>2)</sup> pelletiertes Krafftutter für Pferde, <sup>3)</sup> getrocknet, <sup>4)</sup> melassiert, <sup>5)</sup> für Sauen (BioS, Höveler), <sup>6)</sup> für Pferde, <sup>7)</sup> keine Angabe

Tab. 4.7.: Geschätzte Futterraufnahme der laktierenden Stuten (in kg TS)

	Futtermittel	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Grundfutter	Gras	5,0	5,0	k.A. <sup>7)</sup>	3,0
	Grassilage				
	Wiesenheu	2,0			2,0
	Luzerneheu <sup>1)</sup>		2,0		
Krafftutter	Krafftutter <sup>2)</sup>	5,0	2,5	k.A.	
	Hafer		2,5	k.A.	6,0
	Sojaschrot				0,3
	Bierhefe <sup>3)</sup>				0,5
	Mais			k.A.	
	Trockenschnitzel <sup>4)</sup>			k.A.	
Mineralfutter	Mineralfutter 1 <sup>5)</sup>				0,15
	Mineralfutter 2 <sup>6)</sup>			k.A.	

<sup>1)</sup> sehr gräserhaltig, <sup>2)</sup> pelletiertes Krafftutter für Pferde, <sup>3)</sup> getrocknet, <sup>4)</sup> melassiert, <sup>5)</sup> für Sauen (BioS, Höveler), <sup>6)</sup> für Pferde, <sup>7)</sup> keine Angabe

#### 4.1.5.2. Verlaufsuntersuchung: Fütterung der Stuten und Fohlen in Betrieb 1 von Juni 1995 bis Mai 1996

##### 4.1.5.2.1. Niedertragende Stuten (1.-7. Trächtigkeitsmonat)

Die niedertragenden Stuten wurden von Juni bis November ausschließlich auf der Weide gehalten und erhielten kein Mineral- oder Krafftutter. Es wurde eine Grasaufnahme von 12 kg TS angenommen (nach MEYER, 1995).

##### 4.1.5.2.2. Hochtragende Stuten (8.-12. Trächtigkeitsmonat)

Von November bis zum Abfohlen waren die Stuten im Stall und hatten täglich Paddockauslauf in Gruppen. Im Stall wurden die Pferde zweimal täglich mit Krafftutter versorgt. Als Grundfutter wurde Wiesenheu und Grassilage angeboten. Ausgehend von einer Trockensubstanzaufnahme von 10 kg zeigt Tab.4.8. die genaueren Futtermengen.

Tab. 4.8.: Fütterung der hochtragenden Stuten (Angaben in kg)

Futtermittel		in uS	in TS
Grundfutter	Wiesenheu	4-5	4,2
	Grassilage	4	1,6
Krafftutter	Pelletiertes Krafftutter für Zuchtstuten	4-5	4,0

## 4.1.5.2.3. abgesetzte Fohlen

Die Zufütterung der Fohlen mit pelletiertem Krafftutter für Pferde ('Fohlenstarter') wurde im Alter von ca. zwei Monaten begonnen. Die Akzeptanz war sehr unterschiedlich. Es wurden ca. 0,5-1 kg aufgenommen. Im Stall erfolgte die Zufütterung über einen Fohlentrog, auf der Weide wurde ein gemeinsamer Futterplatz für die Fohlen eingerichtet. Beides war den Stuten nicht zugänglich. Die Fohlen waren mit den Mutterstuten bis Juni zum Teil nur tagsüber auf der Weide. Ab Juni hatten Stute und Fohlen Tag und Nacht Koppelgang. Die Fohlen wurden im Alter von ca. sechs Monaten abgesetzt. Direkt nach dem Absetzen (ca. 200 kg LM) wurde eine Trockensubstanzaufnahme von ca. 5,0 kg, im Alter von 8-10 Monaten (ca. 250 kg LM) von ca. 6,2 kg angenommen (MEYER, 1995). Die Mengenangaben der einzelnen Futtermittel zeigt Tab. 4.9. für die Weideperiode und Tab. 4.10. für die Stallperiode.

Tab. 4.9.: Fütterung der Fohlen nach dem Absetzen auf der Weide (Angaben in kg)

Futtermittel		in uS	in TS, geschätzt
Grundfutter	Gras	ad lib.	2,4
Krafftutter	Pelletiertes Krafftutter für Fohlen	ca. 1,5	1,3
	Hafer	ca. 1,5	1,3

Tab. 4.10.: Fütterung der Fohlen im Stall (Angaben in kg)

Futtermittel		in uS	in TS, geschätzt
Grundfutter	Wiesenheu	ad lib.	2,6
Krafftfutter	Pelletiertes Krafftfutter für Fohlen	ca. 2	1,8
	Hafer	ca. 2	1,8

## 4.2. Probengewinnung und Aufbewahrung

### 4.2.1. Blutproben

Die Entnahme der Blutproben erfolgte aus der Vena jugularis externa. Es wurden 10-30 ml Blut gewonnen. Bei den Mutterstuten genügte ein einfaches Festhalten an Halfter und Strick. Bei den Fohlen mußten meist Zwangsmaßnahmen, wie 'Fohlenbremse' (nach dorsal Stellen des Schweifes) und Feststellen an einer Wand angewendet werden. Verwendet wurden Einmalkanülen (0,9 x 38 mm) und heparinisierte Vacuumröhrchen des Vacutainer®-Systems (Fa. Becton Dickinson & Comp.).

Die Proben wurden zunächst in einer elektrischen Auto-Kühlbox (Car cool®, Fa. Innotec) transportiert und sofort im Praxislabor bei 3000 Umdreh./min für 10 Minuten zentrifugiert. Mit Plastikeinmalpipetten wurde das Plasma in 2-ml-Eppendorfgefäße pipettiert und bei -20 °C tiefgefroren. Die Selenbestimmungen wurden im Labor des Instituts für Tierernährung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin durchgeführt. Hierfür wurden die tiefgefrorenen Plasmaproben nach Berlin transportiert und dort bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt. Das Plasma zur Bestimmung der GSH-Px wurde am Entnahmetag nach Berlin geschickt und dort bis zur Analyse bei -20 °C gelagert. Die Vollblutproben wurden ebenso behandelt.

### 4.2.2. Futterproben

Die Entnahme der Futterproben (Gras, Grassilage, Wiesenheu, Luzerneheu, pelletiertes Krafftfutter, Hafer, Sojaschrot, getrocknete Bierhefe, Mais, melassierte Trockenschnitzel, Mineralfutter) erfolgte gemäß der Anweisungen über die Probenentnahme von Futtermitteln (MEYER et al. 1989). Gras und Grassilage

wurden zunächst bei -20 °C tiefgefroren, dann bei 40 °C im Muffelofen für 12h getrocknet.

Die Futterproben wurden zunächst mit einer Gartenschere grob zerkleinert und dann mit der Zentrifugalmühle (Fa. Retsch KG, Haan) feingemahlen. Die hierfür geeignete Porengröße der Siebe lag bei einem Durchmesser von 1,0 mm bzw. 0,5 mm. Die gemahlene Futtermittel wurden zur Aufbewahrung in Schraubgläser gefüllt. Vor der Analyse erfolgte durch Schütteln der Gläser und Verrühren des Inhalts mit einem Porzellanlöffel eine gründliche Durchmischung.

### **4.3. Selenbestimmung durch Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)-Hydridtechnik**

Die quantitative Selenbestimmung in der hier angewandten Technik gliedert sich in zwei Abschnitte. Zunächst muß das im Probenmaterial enthaltene organisch gebundene Selen aufgeschlossen werden. Die eigentliche Selenbestimmung erfolgt dann in der Aufschlußlösung im zweiten Abschnitt mit der AAS-Hydridtechnik.

Die Plasma- und Futtermittelproben wurden zunächst mit einem offenen Naßaufschluß (modifiziert nach SCHÄFER u. BEHNE, 1987) mineralisiert. Dazu wurden 0,5 ml Plasma bzw. 0,2-1,0 g Futter, je nach zu erwartendem Selengehalt, direkt in die Aufschlußgläser (40-ml-Quarzgläser, Fa. Kürner Analysetechnik, Rosenheim) eingewogen. Um eine zu starke Schaumbildung und durch Überlaufen entstehende Verluste zu vermeiden, wurden die Futtermittel bereits 12 Stunden vor dem Erhitzen mit 3 ml Salpetersäure (65% suprapur) versetzt und in den mit Parafilm verschlossenen Aufschlußgläsern stengelassen. Der Aufschluß erfolgte in einem temperaturgesteuerten Aluminiumheizblock (Fa. Tecator GmbH, Hamburg) mit 16 Aufschlußplätzen. Der Ablauf der Naßveraschung bezüglich der zugesetzten Säuremengen, der eingesetzten Temperaturen und der Zeit geht aus Tab. 4.11. hervor. Verwendet wurden Salpetersäure 65% suprapur, Schwefelsäure 96% suprapur, Perchlorsäure 70% suprapur (jeweils Fa. Merck, Darmstadt) und Salzsäure 30% suprapur (Fa. Riedel de Haën).



Tab. 4.11.: Aufschlußbedingungen für die Mineralisierung der Proben im offenen System. (modifiziert nach SCHÄFER u. BEHNE, 1987)

	Säuremenge (ml)	Temperatur (°C)	Zeit (Minuten)
<b>Aufschluß</b>			
HNO <sub>3</sub>	3,00	140	30
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / HClO <sub>4</sub>	1,00 / 0,5	140	15
(jeweils suprapur)		210	15
		250	15
		300	20
<b>Reduktion</b>			
6 M HCl	20	100	30

Anschließend wurden die Aufschlußgläser bis zur 40-ml-Markierung mit deionisiertem Reinstwasser aufgefüllt. Die Probenflüssigkeit wurde in beschriftete Plastikflaschen umgefüllt. Adsorptionsverluste traten während einer 2-wöchigen Lagerdauer nicht auf.

Für die atomabsorptionsspektrometrische Selenbestimmung mit der Hydridtechnik wurde das Atomabsorptionsspektrometer 1100 mit dem Hydridsystem und dem Fließinjektionsanalysensystem FIAS 200 der Fa. Bodenseewerk Perkin Elmer GmbH, Überlingen, verwendet. Neben der Aufschlußlösung wurde in festgelegten Mengen Reduktionslösung (NaBH<sub>4</sub> 0,2% in 0,05%iger NaOH) und Salzsäure (3%) in die Mischeinheit des FIAS dosiert. Das Reduktionsmittel Natriumborhydrid (NaBH<sub>4</sub>, Fa. Merck) überführte das aufgeschlossene Selen quantitativ in Selenhydrid, SH<sub>2</sub>. Um das gasförmige Selenhydrid thermisch zu zersetzen, wurde es mit Argon in eine auf 850 °C geheizte Quarzküvette transportiert. Diese befand sich im Strahlengang einer elektrodenlosen Entladungslampe. Dort wurde die Lichtabsorption durch das entstandene elementare Selen bei 196 nm gemessen sowie die Höhe des Absorptionspeaks registriert. Um die Reproduzierbarkeit des Bestimmungsverfahrens zu überprüfen, wurde eine zu Beginn jeder Meßreihe und nach jeder zehnten Messung ermittelte Eichkurve verwendet. Die bei Futtermitteln eventuell auftretende Signaldepression wurde durch die Anwendung der Standardadditionsmethode kontrolliert. Hierzu wurden Messungen unter Zusatz von 1 ppb bzw. 2 ppb Selen-Standard-Lösung durchgeführt. Der korrigierte Wert

errechnet sich über die Gleichung der Regressionsanalyse (SACHS, 1992). Bei Plasmaproben trat in keiner der kontrollierten Proben eine Signaldepression auf.

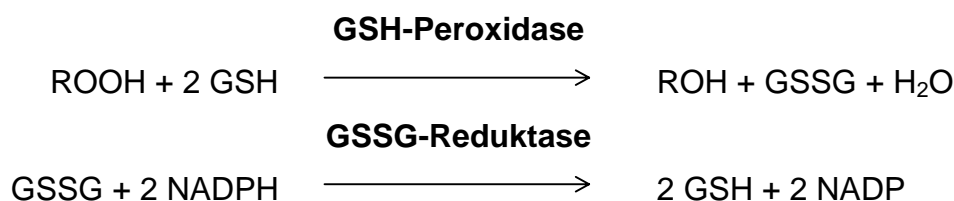
Zur Absicherung der Analyseergebnisse wurden Standardplasmaproben analysiert. Diese wurden aus verschiedenen Pferdeplasmaproben gemischt. An fünfzehn Meßtagen wurden Werte mit einem Variationskoeffizienten von 13,89% gemessen.

Für die Verlaufsstudie wurde, um Tagesschwankungen zu eliminieren, der ermittelte Selengehalt der Einzelproben auf einen Wert des Referenzplasmas korrigiert. Dieses wurde an jedem Meßtag erneut analysiert.

#### 4.4. Photometrische Analyse der Glutathionperoxidaseaktivität

Die Bestimmung der Aktivität der Glutathionperoxidase erfolgte nach dem Prinzip von PAGLIA und VALENTINE (1967), modifiziert nach GÜNZLER et al. (1974). Dabei wird indirekt über den Verbrauch von NADPH (Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid-Phosphat, reduziert) die Bildung von GSH (Glutathion) gemessen (FLOHÉ und GÜNZLER, 1984). Die genauen Testanweisungen sind bei NEUMANN (1987) nachzulesen. Zur Untersuchung des Plasmas wurde  $\text{H}_2\text{O}_2$  als Substrat eingesetzt.

Abb. 4.5.: Reaktionsgleichung zur Bestimmung der selenabhängigen GSH-Px-Aktivität



Der photometrische Test wurde bei 37 °C in Halbmikroküvetten bei 366 nm durchgeführt. Ein nichtlinearer NADPH-Verbrauch während der ersten Minute wurde vernachlässigt. Es wurden die Geschwindigkeiten der Extinktionsabnahme pro Minute vor Wasserstoffperoxidzusatz ( $\Delta E_0/\text{min}$ ) von den Steigungen der Gesamtreaktionen abgezogen. ( $\Delta E_g/\text{min}$ ):

$$\Delta E_g/\text{min} - \Delta E_0/\text{min} = \Delta E_{\text{Probe}}/\text{min}$$

Die korrigierte Steigung  $\Delta E_s/\text{min}$  (spontan) der Spontanreaktion (Puffer statt Plasmaprobe eingesetzt) wurde von der korrigierten Steigungen der Probenansätze ( $\Delta E_{\text{Probe}}/\text{min}$ ) abgezogen:

$$\Delta E_{\text{Probe}}/\text{min} - \Delta E_s/\text{min}(\text{spontan}) = \Delta E/\text{min}$$

$\Delta E/\text{min}$  als Maß für die Aktivität von GSH-Px kann in definierte Enzymeinheiten überführt werden:

$$U_{37} = 0,868 \times \Delta (\text{NADPH})/(\text{GSH})_0 \times \text{min (Fakt korr)}$$

Unter den Ansatzbedingungen dieser Untersuchung lautet die Gleichung:

$$U_{37}/\text{ml Plasma} = 0,264 \times \Delta E/\text{min} \times \text{Verd.Faktor}$$

$$(\text{Verd.Faktor} = 20 \text{ bei Einsatz von } 50 \mu\text{l Plasma})$$

Um eventuelle Schwankungen des Plasmaproteins und damit einhergehende Enzymdepressionen miteinzubeziehen, wurde in der vorliegenden Untersuchung das Maß für die Aktivität der GSH-Px im Plasma auf den Plasmaproteingehalt (PP) bezogen und die Einheit

#### **$U_{37}/\text{g Protein}$**

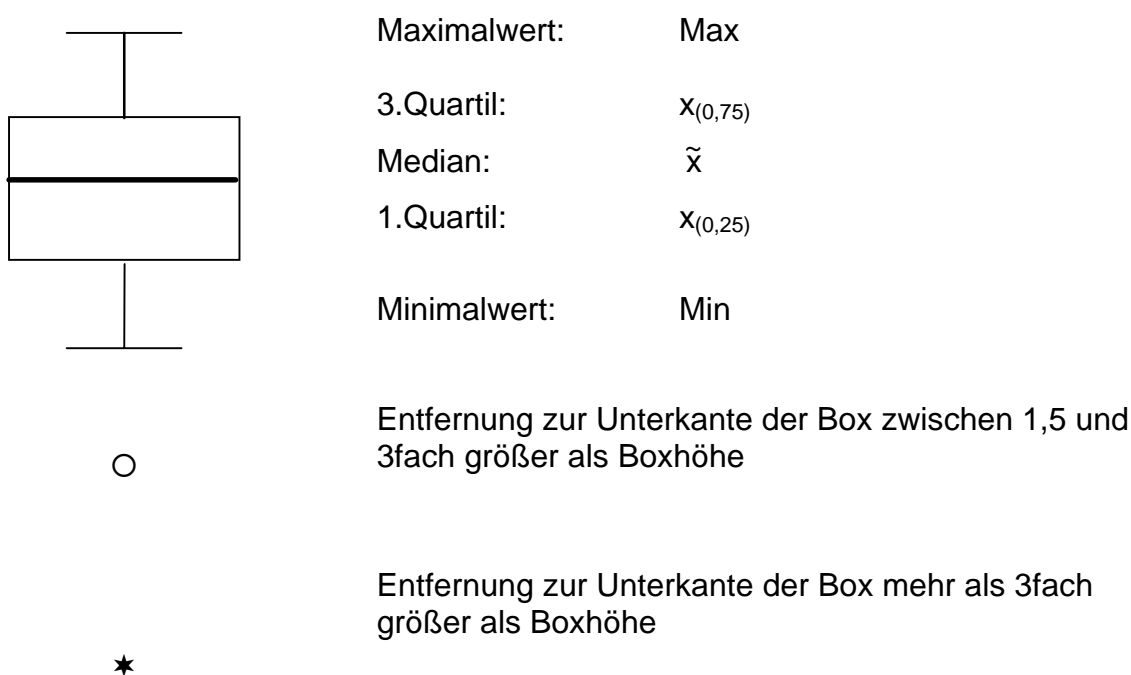
angegeben.

Die Messung des Plasmaproteingehaltes erfolgte durch die Biuret-Methode mit einem Bestimmungskit der Fa. Boehringer. Als Maßeinheit wurde g/dl verwendet.

## 4.5. Statistische Methoden

Das Datenmaterial wurde zunächst graphisch dargestellt. Es dienen Box- und Whisker-Plots (Abb. 4.6.) zum Gruppenvergleich, Punkt-Diagramme zur Darstellung von Beziehungen zwischen zwei Meßwerten unterschiedlicher Proben oder Parameter und Kurven-Diagramme zur Veranschaulichung chronologischer Verläufe (LORENZ, 1996).

Abb. 4.6.: Beschreibung eines Box- und Whisker-Plots



Die Box beschreibt den 50%-Bereich, 50% aller Meßwerte liegen in diesem Bereich zwischen 1. und 3. Quartil. Minimal- und Maximalwerte sind durch die "Whiskers" dargestellt. Bei einer Entfernung von der Boxkante ( $x_{(0,25)}$  bzw.  $x_{(0,75)}$ ), die mehr als 1,5fach die Boxhöhe beträgt, sind die Werte als "O", bei mehr als 3facher Boxhöhe als "★", eingezeichnet.

Um Kriterien für eine Beurteilung der Meßwerte zu gewinnen und Unterschiede darzustellen, wurden neben der beschreibenden Statistik Verfahren aus der schließenden Statistik angewendet, die hier im Sinne einer explorativen Statistik zu interpretieren sind, d.h. die Ergebnisse lassen sich nicht ohne weiteres verallgemeinern.

Bei Mehrfachmessungen wurden die arithmetischen Mittel angegeben. Bei nicht normalverteiltem Datenmaterial wurden, um Gruppen bzw. Werte zu den einzelnen Meßzeitpunkten vergleichen zu können, die Quartile (25% ( $x_{(0,25)}$ ), Median ( $\tilde{x}$ ), 75% ( $x_{(0,75)}$ )), Minimumwerte und Maximumwerte verwendet. Um die Ergebnisse mit denen anderer Untersuchungen vergleichen zu können, wurde in einzelnen Fällen zusätzlich das arithmetische Mittel ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichung ( $s$ ) errechnet.

Bei den statistischen Analysen galten Unterschiede bei  $p < 0,05$  als signifikant.

Für den KRUSKAL-WALLIS-Test mit multiplen Vergleichen nach DUNN und anschließender  $\alpha$ -Korrektur nach HOLM (KRUSKAL und WALLIS, 1952; DUNN, 1964; HOLM, 1979) zum Vergleich nicht normalverteilter Daten wurden die signifikanten Unterschiede mit '\*' in Tabellen dargestellt. Gleiches gilt für das Ergebnis des paarweisen Vergleichs nicht normalverteilter Daten mit Hilfe des WILCOXON-MANN-WHITNEY-Test (SACHS, 1992). Abb. 4.7. gibt ein Beispiel für diese Darstellungsform.

Abb. 4.7.: Beispiel für die Darstellung der Ergebnisse des KRUSKAL-WALLIS-Tests mit multiplen Vergleichen nach DUNN und  $\alpha$ -Korrektur nach HOLM und des WILCOXON-MANN-WHITNEY-Tests

	1	2	3	4
1				
2	*			
3				
4				

Unterschiede bestehen in diesem Fall zwischen Gruppe 1 und 2.

Zum Vergleich abhängiger Variablen diente der WILCOXON-Test (LORENZ, 1996).

Um Beziehungen zwischen zwei Meßwerten zu ermitteln, wurde der Spearman' Korrelationskoeffizient ( $r_s$ ) ermittelt.

Wenn aus sachlichen Gründen nichts gegen die Annahme einer linearen Beziehung sprach und auch das Streudiagramm keine auffälligen Nichtlinearitäten zeigte, wurde eine Regressionsanalyse (SACHS, 1992) durchgeführt und der Korrelationskoeffizient ( $r$ ), sowie die Geradengleichung mit ihrem Standardfehler ( $s_{(y/x)}$ ) angegeben.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Selengehalt der Futtermittel

Die während des Zeitraumes der Untersuchung an die Stuten und Fohlen gefütterten Grund- und Krafftuttermittel wurden auf ihren Selengehalt analysiert. Die ermittelten Werte sind in Tab. 5.1. aufgeführt.

Tab. 5.1. Selengehalt der Futtermittel (mg Se/kg TS, Mineralfutter: mg Se/kg uS)

		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
Grundfutter	Gras	0,03	0,10	0,02	0,03
	Grassilage	0,02	0,01		
	Wiesenheu	0,02		0,01	0,03
	Luzerneheu <sup>1)</sup>	0,03	0,01		
	Stroh	0,01			0,02
Krafftutter	Krafftutter 1 <sup>2)</sup>	0,56 *	0,48	0,42	
		0,43 ✕			
	Krafftutter 2 <sup>3)</sup>	0,62			
	Hafer	0,02	0,03	0,01	0,02
	Sojaschrot				0,15
	Bierhefe <sup>4)</sup>	0,04			0,13
	Mais			0,01	
Trockenschnitzel <sup>5)</sup>			0,03		
Mineralfutter	Mineralfutter 1 <sup>6)</sup>				4,6
	Mineralfutter 2 <sup>7)</sup>			3,8	

<sup>1)</sup> sehr gräserhaltig, <sup>2)</sup> pelletiert, für Stuten, <sup>3)</sup> pelletiert, für Fohlen, <sup>4)</sup> getrocknet, <sup>5)</sup> melassiert, <sup>6)</sup> für Sauen (BioS, Höveler), <sup>7)</sup> für Pferde - Hersteller unbekannt, \* Bestandsuntersuchung, ✕ Verlaufsuntersuchung

In den Grundfuttermitteln lag der Selengehalt zwischen 0,01 und 0,1 mg Se/kg TS. Die Krafftuttermittel zeigten Werte zwischen 0,01 und 0,62 mg Se/kg TS, wobei die als Ergänzungsfuttermittel eingesetzten pelletierten Krafftutter aufgrund ihres anorganischen Selenzusatzes (nach Angaben der Hersteller) die höchsten Werte aufwiesen. In den Mineralfuttermitteln wurden Werte zwischen 3,8 und 4,6 mg Se/kg uS ermittelt.

Der Gehalt an Trockensubstanz, Rohasche, Rohprotein, Natrium, Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium, Kupfer und Zink sind der Tab. 9.6. im Anhang zu entnehmen. Diese Analysen wurden gemäß der *Weender Futtermittelanalyse* nach Methodenbuch Band III (NAUMANN und BASSLER, 1976) durchgeführt.

## 5.2. Selenversorgung der Pferde

Aus den gemessenen Selenwerten der Futtermittel und den geschätzten aufgenommenen Trockensubstanzmengen der einzelnen Futtermittelanteile wurde die Selenversorgung der Tiere errechnet.

### 5.2.1. Selenaufnahme von Stuten der vier untersuchten Betriebe (Bestandsuntersuchung)

Die Stuten wurden in allen vier Betrieben jeweils mit Grund- und Kraftfutter, in Betrieb 3 und Betrieb 4 zusätzlich mit einem Mineralfutter gefüttert. Von Gestüt 3 war keine genaue Auskunft über die mengenanteilige Rationszusammensetzung des Stutenfutters zu erlangen. Daher können keine Angaben für die Selenaufnahme der Stuten dieses Betriebes gemacht werden. Gleiches gilt für die Saugfohlen, da die über die Stutenmilch aufgenommene Selenmenge nicht erfaßt wurde. Für die Selenversorgung der Stuten in Hochträchtigkeit und Laktation errechneten sich aus den geschätzten Trockensubstanzaufnahmen (Tabb. 4.6. und 4.7.) und dem gemessenen Selengehalt der Futtermittel (Tab. 5.1.) die in Tab. 5.2. angegebenen Werte.

Tab. 5.2.: Selengehalt der Futterrationen für tragende und laktierende Stuten (mg Se/kg TS) während des Untersuchungszeitraumes von Februar '95 bis Mai '95

	<i>Bedarf*</i>	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4
tragende Stuten	0,15-0,2	0,24	0,14	k.A. <sup>1)</sup>	0,10
laktierende Stuten	0,15-0,2	0,25	0,15	k.A.	0,09

\* von Zuchtstuten (GFE:, 1994), <sup>1)</sup> keine Angabe

Vergleicht man den Selengehalt der Futterrationen für Stuten mit den Bedarfsangaben der GfE (GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE DER HAUSTIERE, 1994), so ist zu erkennen, daß in Betrieb 1 tragende und laktierende Stuten leicht über den Bedarf hinaus mit Selen versorgt waren. In Betrieb 2 lag der Selengehalt der Ration der tragenden Stuten gering unter den angegebenen Bedarfswerten. Bei den laktierenden Stuten wurde in Betrieb 2 der Bedarf gedeckt. In Betrieb 4 beinhaltete sowohl die Ration für tragende, als auch die für laktierende Stuten einen Selengehalt, der die Bedarfsempfehlungen nicht erreichte.

Um die gesamte Tagesaufnahme je Tier zu ermitteln, wurde der Selengehalt der Futterration (mg Se/kg TS) mit der geschätzten Trockensubstanzaufnahme pro Tag (kg) multipliziert. Die errechneten Werte und die Anteile der eingesetzten Futtermittel an der Selenversorgung der Stuten stellt Tab. 5.3. dar.

Tab. 5.3.: Selenaufnahme der Stuten pro Tag (mg/d) mit den eingesetzten Futtermitteln (*tr.St.*: tragende Stute, *lak.St.*: laktierende Stute) und tägliche Selenaufnahme je kg LM ( $\mu\text{g}/\text{kg LM}$ )

	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3		Betrieb 4	
	<i>tr.St.</i>	<i>lak.St.</i>	<i>tr.St.</i>	<i>lak.St.</i>	<i>tr.St.</i>	<i>lak.St.</i>	<i>tr.St.</i>	<i>lak.St.</i>
Grundfutter	0,12	0,19	0,10	0,52	k.A. <sup>1)</sup>		0,15	0,15
Krafftfutter	2,24	2,80	1,27	1,28	k.A.		0,19	0,23
Mineralfutter	-	-	-	-	k.A.		0,69	0,69
Selenaufnahme pro Tag	2,36	2,99	1,37	1,80			1,03	1,07
tägliche Selenaufnahme je kg LM <sup>2)</sup>	4,72	5,98	2,74	3,60			2,06	2,14

<sup>1)</sup> keine Angabe, <sup>2)</sup> bei 500 kg LM

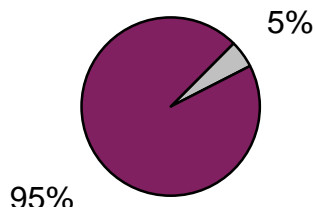
Abb. 5.1. zeigt die prozentualen Anteile der Futtermittelgruppen an der Selenversorgung der Stuten.



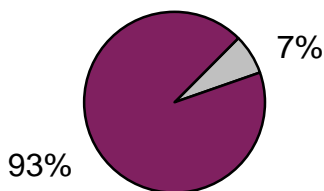
Abb. 5.1.: prozentualer Anteil der Futtermittelgruppen an der Selenversorgung der tragenden und laktierenden Stuten in den Betrieben 1, 2, 4

### tragende Stuten

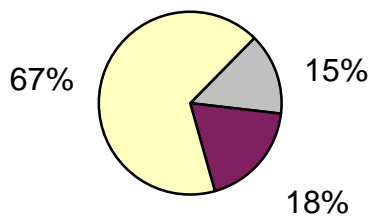
Betrieb 1  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter



Betrieb 2  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter

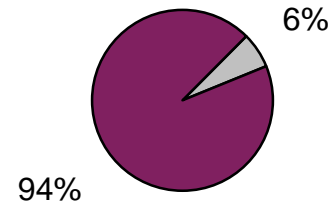


Betrieb 4  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter  
 □ Mineralfutter

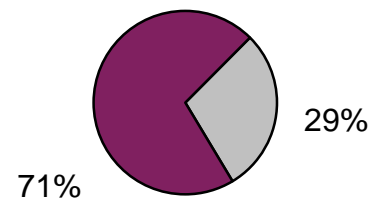


### laktierende Stuten

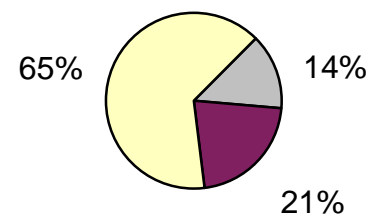
Betrieb 1  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter



Betrieb 2  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter



Betrieb 4  
 □ Grundfutter ■ Krafftutter  
 □ Mineralfutter



Die Anteile der einzelnen Futtermittel an der Selenversorgung zeigen, daß mindestens 71% des aufgenommenen Selens aus Kraft- und Mineralfutter stammt. Dabei handelt es sich überwiegend um Selen aus Na-selenit. Der Anteil an organischen Selenverbindungen in den Rationen stammt vorwiegend aus den Grundfuttermitteln und ist somit niedriger als der an anorganischen Selenverbindungen.

### 5.2.2. Selenaufnahme von Stuten und Fohlen in Betrieb 1 während der Verlaufsuntersuchung

Die Stuten und Fohlen aus Betrieb 1, die für die Verlaufsuntersuchung zur Verfügung standen, wurden bis Anfang November ausschließlich auf der Weide gehalten. Die Stuten erhielten in dieser Zeit kein Ergänzungsfutter. Erst mit Beginn der Stallhaltung, Anfang November, wurde die Grundfutterration mit einem pelletierten Kraftfutter ergänzt. Für die Selenversorgung der tragenden Stuten während der Verlaufsuntersuchung ergaben sich aus der geschätzten Menge aufgenommener Trockensubstanz (Tab. 4.8.) und dem gemessenen Selengehalt der Futtermittel (Tab. 5.1.) die in Tab. 5.4. aufgelisteten Werte.

Tab. 5.4.: Selengehalt der Futtration für tragende Stuten (mg Se/kg TS) in Betrieb 1 während des Untersuchungszeitraumes von Juni '95 bis März '96

	<i>Bedarf*</i>	Betrieb 1
auf der Weide	0,15-0,2	0,03
im Stall	0,15-0,2	0,19

\* von Zuchtstuten (GfE: GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE DER HAUSTIERE, 1994)

Vergleicht man den Selengehalt der Futtrationen der Stuten mit den Empfehlungen der GfE zur Selenversorgung von Zuchtstuten, so zeigt sich, daß der Selenbedarf der Stuten auf der Weide bei alleiniger Grasaufnahme nicht gedeckt wurde. Durch die Kraftfutterzufütterung im Stall wurde eine bedarfsdeckende Selenzufuhr erreicht. Um die Tagesaufnahme von Selen je Tier zu ermitteln, wurde der Selengehalt der Futtration (mg Se/kg TS) mit der geschätzten täglichen Trockensubstanzaufnahme (kg) multipliziert. Für die Weideperiode wurde eine tägliche Selenaufnahme von 0,36 mg je Tier (0,72 µg/kg LM), für die Stallperiode von 1,84 mg je Tier (3,86 µg/kg LM) errechnet.

Die Saugfohlen erhielten ab einem Alter von 2 Monaten Kraftfutter (je zur Hälfte pelletiertes Ergänzungsfutter für Fohlen und Hafer). Dieses wurde mit unterschiedlicher Akzeptanz aufgenommen. Angaben für die Selenversorgung der Fohlen sind erst nach dem Absetzen (ca. 6 Monate) zu machen, da die über die Stutenmilch aufgenommene Selenmenge in dieser Untersuchung nicht gemessen wurde. In der Weideperiode wurde für die abgesetzten Fohlen eine durchschnittliche Trockensubstanzaufnahme von zunächst 5,0 kg/d angenommen. Da mit

dem Wachstum auch die Trockensubstanzaufnahme steigt, wurde für die Stallperiode während des Untersuchungszeitraumes eine tägliche Trockensubstanzaufnahme von 6,2 kg angenommen. In Tab. 4.9. sind die Anteile der Grund- und Kraftfuttermittel in der Fohlenfütterung aufgelistet. Aus diesen und dem ermittelten Selengehalt der Futtermittel (Tab.5.1.) errechnete sich die in Tab. 5.5. angegebene Selenkonzentration der Futtermittel für Fohlen.

Tab. 5.5.: Selengehalt der Futtermittel für Fohlen (mg Se/kg TS) in Betrieb 1 nach dem Absetzen von der Mutterstute

	<i>Bedarf*</i>	Betrieb 1
auf der Weide	0,1-0,2	0,18
im Stall	0,1-0,2	0,19

\* von Fohlen (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1979)

Da von der GFE keine Bedarfsangaben für die Selenversorgung von Fohlen zur Verfügung stehen, wurden die Werte von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979) zum Vergleich herangezogen. Die Selenaufnahme der Fohlen kann demnach sowohl während der Weidehaltung als auch während der Stallhaltung als bedarfsdeckend bezeichnet werden. Um die Tagesaufnahme von Selen je Tier zu ermitteln, wurde die Selenkonzentration der Futtermittel (mg Se/kg TS) mit der geschätzten täglichen Trockensubstanzaufnahme (kg) multipliziert. Für die Weideperiode wurde eine tägliche Selenaufnahme von 0,90 mg je Tier (4,52 µg/kg LM), für die Stallperiode von 1,20 mg je Tier (4,82 µg/kg LM) errechnet.

### 5.3. Plasmaselengehalt von Stuten und Fohlen der vier Gestüte (Bestandsuntersuchung)

Zur Beurteilung des Versorgungsstatus der adulten Pferde anhand des Plasmaselengehalts wurden von PULS (1994) angegebene Grenzwerte verwendet (siehe Kapitel 2.4.2.1., Tab. 2.4.). In den folgenden Graphiken sind die Grenzwerte für 'mangelhafte Selenversorgung' (<60 µg/l) und 'ausreichende Selenversorgung' (≥140 µg/l) eingezeichnet. Der Plasmaselengehalt zwischen 60 µg/l und 139 µg/l wird als 'marginale Versorgung' gewertet. Für die Beurteilung des Versorgungsstatus beim Fohlen wurde nach STOWE und HERDT (1992) ein Plasmaselengehalt von 70 µg/l und mehr als ausreichende Selenversorgung gewertet und dies in den entsprechenden Graphiken eingetragen.

Der individuelle Selengehalt im Plasma der tragenden Stuten (Probe 'A') und der laktierenden Stuten (Probe 'B') ist in Tab. 9.4. im Anhang, und der der Fohlen (Probe 'C') in Tab. 9.5. aufgelistet. Um die einzelnen Betriebe untereinander zu vergleichen, wurden der Median ( $\tilde{x}$ ), die Quartile ( $x_{(0,25)}$ ,  $x_{(0,75)}$ ), sowie die Minimal- und Maximalwerte (Min, Max) des Plasmaselengehalts der Pferde ermittelt.

### 5.3.1. Plasmaselengehalt von tragenden Stuten

Aus Tab. 5.6. sind Median, Quartile, Minimal- und Maximalwerte des Plasmaselengehalts von tragenden Stuten der einzelnen Betrieben zu entnehmen.

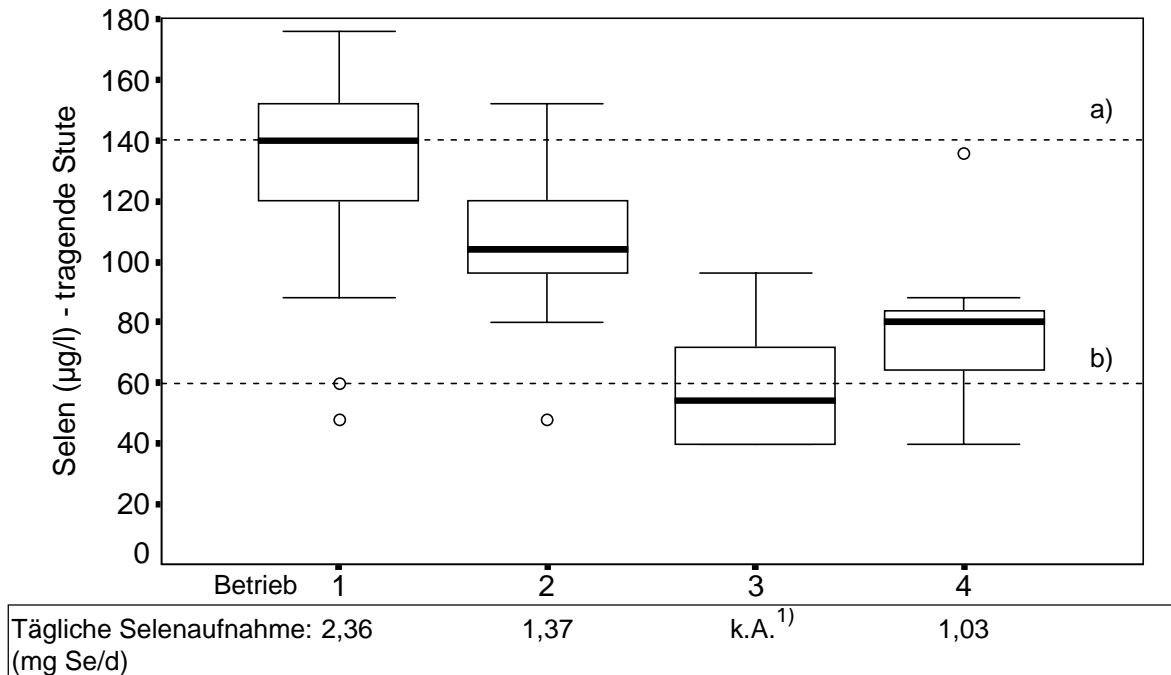
Tab. 5.6.: Plasmaselengehalt der tragenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) in den einzelnen Betrieben

Betrieb	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max		1	2	3	4
1	46	120	<b>140</b>	152	48	176	1				
2	28	96	<b>104</b>	120	48	152	2	*			
3	6	40	<b>54</b>	78	40	96	3	*	*		
4	15	64	<b>80</b>	88	40	136	4	*	*		

Signifikante Unterschiede im Plasmaselengehalt der tragenden Stuten bestanden zwischen den Betrieben 1 und 2, 1 und 3, 1 und 4, 2 und 3, sowie 2 und 4.

In Abb. 5.2. sind die erhobenen Daten graphisch dargestellt.

Abb. 5.2.: Vergleich des Plasmaselengehalts der tragenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) in den einzelnen Betrieben



a)  $\geq 140 \mu\text{g/l}$  - ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60 \mu\text{g/l}$  - mangelhafte Selenversorgung,  $60\text{-}139 \mu\text{g/l}$  - marginale Selenversorgung, <sup>1)</sup> keine Angabe

In Betrieb 1 lagen 50% der Werte im Bereich ausreichender Selenversorgung ( $\geq 140 \mu\text{g/l}$ ). Die andere Hälfte der Stuten hatte, bis auf ein Tier, einen Plasmaselengehalt, der eine marginale Selenversorgung kennzeichnete. Ein Wert lag im Bereich mangelhafter Versorgung. Auch in Betrieb 2 lag nur der Plasmaselenwert einer Stute im Bereich mangelhafter Selenversorgung. Der 50%-Bereich ( $x_{(0,25)} - x_{(0,75)}$ ) der Plasmaselengehalte tragender Stuten in Betrieb 2 deutete auf marginale Versorgung hin. Ebenso zeigte der 50%-Bereich des Plasmaselengehalts der Tiere aus Betrieb 4 eine marginale Selenversorgung an. Die Werte lagen jedoch insgesamt niedriger als in Betrieb 2. In Betrieb 3 wiesen mehr als 50% der gemessenen Selenwerte auf eine mangelhafte Versorgung mit dem Spurenelement hin. Betrachtet man den Plasmaselengehalt in Bezug zur Selenaufnahme der Pferde, so ist ein Zusammenhang zwischen Selenaufnahme und Plasmaselengehalt zu erkennen. Bei einer täglichen Selenaufnahme von 2,36 mg (Betrieb 1) lag der Median der Plasmaselengehalte jeweils höher als bei einer Selenaufnahme von 1,37 mg (Betrieb 2) und von 1,03 mg (Betrieb 4).

### 5.3.2. Plasmaselengehalt von laktierenden Stuten

In Tab. 5.7. sind Median, Quartile, Minimal- und Maximalwerte des Plasmaselengehalts von laktierenden Stuten aufgelistet.

Tab. 5.7.: Plasmaselengehalt der laktierenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) in den einzelnen Betrieben

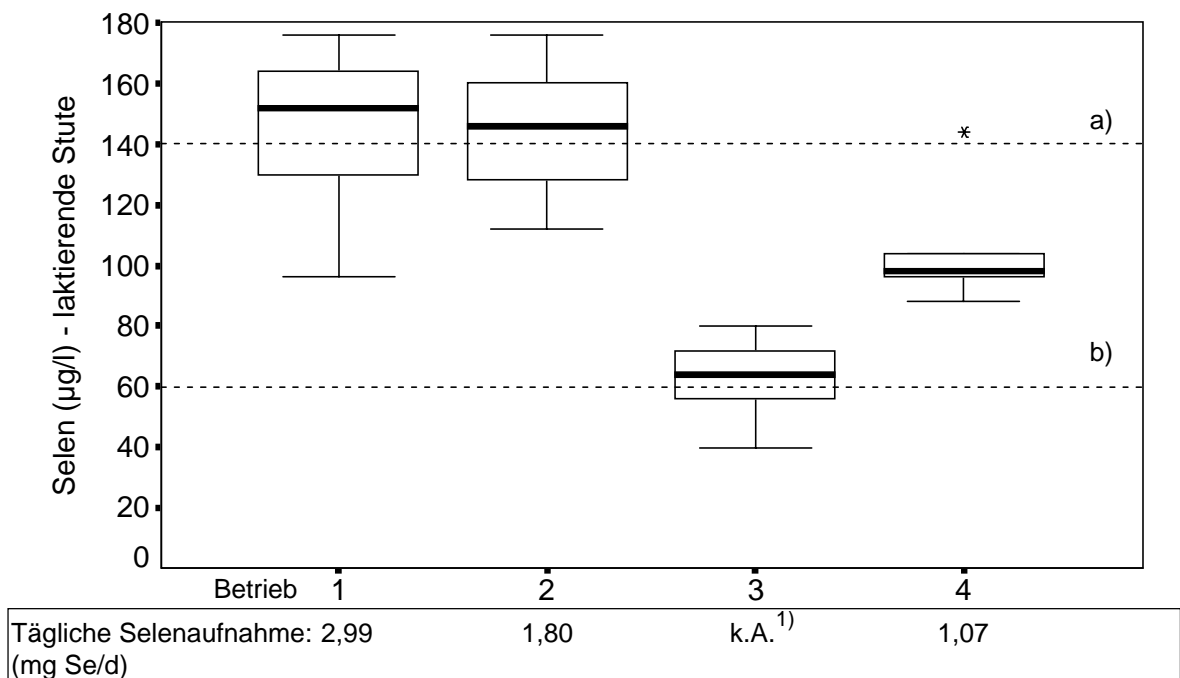
Betrieb	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
1	43	130	<b>152</b>	164	96	176
2	38	130	<b>146</b>	160	112	176
3	9	56	<b>64</b>	72	40	80
4	6	96	<b>98</b>	103	88	144

	1	2	3	4
1				
2				
3	*	*		
4	*	*		

Es wurden signifikante Unterschiede des Plasmaselengehalts der laktierenden Stuten zwischen den Betrieben 1 und 3, 1 und 4, 2 und 3, sowie 2 und 4 gefunden.

In Abb. 5.3. sind die ermittelten Werte graphisch dargestellt.

Abb. 5.3.: Vergleich des Plasmaselengehalts der laktierenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) in den einzelnen Betrieben



a)  $\geq 140 \mu\text{g/l}$  - ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60 \mu\text{g/l}$  - mangelhafte Selenversorgung, 60-139  $\mu\text{g/l}$  - marginale Selenversorgung, <sup>1)</sup> keine Angabe

In den Betrieben 1 und 2 lag die Selenkonzentration im Plasma bei jeweils mehr als 50% der laktierenden Stuten im Bereich ausreichender Selenversorgung. Der Plasmaselengehalt der laktierenden Stuten in Betrieb 3 erreichte Werte zwischen 40 und 80 µg/l, die in den Bereich mangelhafter und marginaler Selenversorgung einzuordnen sind. In Betrieb 4 wiesen fünf Stuten einen Plasmaselengehalt im Bereich marginaler und ein Tier im Bereich ausreichender Selenversorgung auf. Die Spannweiten des Plasmaselengehalts der laktierenden Stuten in den einzelnen Betrieben sind enger als die während der Trächtigkeit gemessenen Werte.

Die Beziehung zwischen Plasmaselengehalt und Selenaufnahme ist bei den laktierenden Stuten nicht so eindeutig wie bei den tragenden Stuten. Die ermittelte tägliche Selenaufnahme in Betrieb 1 und Betrieb 2 zeigten mit 2,99 mg Se/d und 1,80 mg Se/d unterschiedliche Werte, hingegen differierte der Median des Plasmaselengehalts zwischen den beiden Gestüten nur gering (Betrieb 1: 152 µg/l; Betrieb 2: 146 µg/l). Betrieb 4 wies mit 1,07 mg Se/d täglicher Selenaufnahme der laktierenden Stuten eine erheblich niedrigere Selenversorgung als Betrieb 1 auf. Dies zeigte auch der niedrigere Median des Plasmaselengehalts der Stuten von 98 µg/l.

### 5.3.3. Plasmaselengehalt von Fohlen

In Tab. 5.8. sind Median, Quartile, Minimal- und Maximalwerte des Plasmaselengehalts von Saugfohlen aus den Betrieben 1, 2 und 3 aufgelistet. In Betrieb 4 konnten keine Plasmaproben von Fohlen gewonnen werden.

Tab. 5.8.: Plasmaselengehalt der Fohlen (µg/l) in den einzelnen Betrieben

Betrieb	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
1	41	56	<b>64</b>	72	48	144
2	37	56	<b>64</b>	72	32	92
3	9	32	<b>40</b>	48	32	72

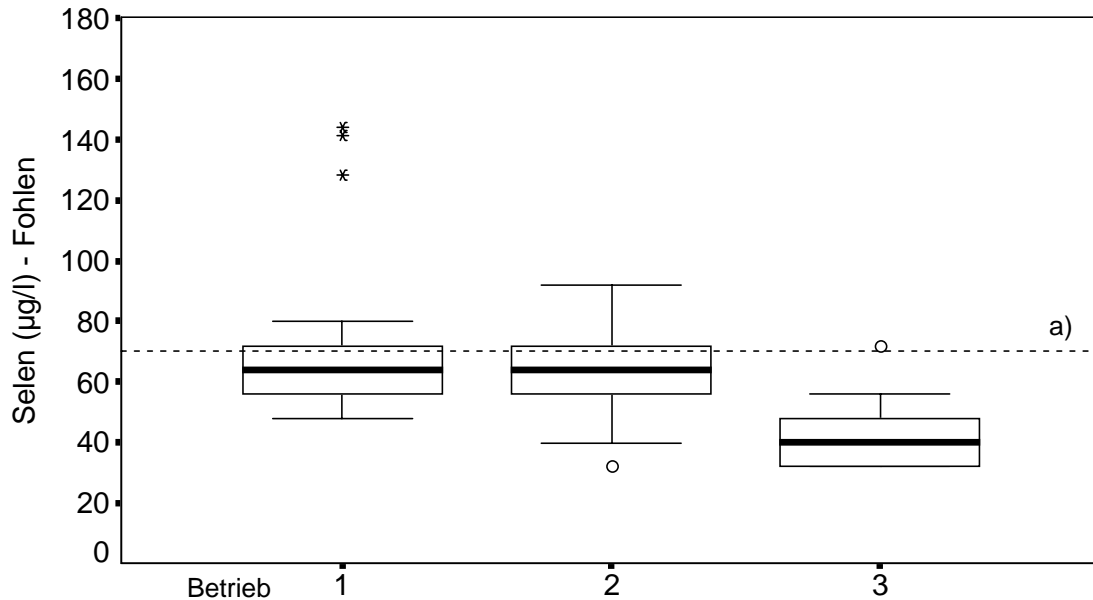
  

	1	2	3
1			
2			
3	*	*	

Der Plasmaselengehalt der Fohlen unterschied sich signifikant zwischen den Betrieben 1 und 3, sowie 2 und 3.

Abb. 5.4. zeigt die graphische Darstellung der ermittelten Werte.

Abb. 5.4.: Vergleich des Plasmaselengehalts der Fohlen ( $\mu\text{g/l}$ ) in den einzelnen Betrieben



a)  $\geq 70 \mu\text{g/l}$  ausreichende Selenversorgung

Der 50%-Bereich ( $x_{(0,25)}-x_{(0,75)}$ ) des Plasmaselengehalts der Fohlen je Betrieb wies bei alle untersuchten Betrieben nur eine Spannweite von  $16 \mu\text{g/l}$  auf. In den Betrieben 1 und 2 lagen nahezu 75% der Werte des Plasmaselengehalts der Saugfohlen unterhalb des Bereichs ausreichender Selenversorgung. In Betrieb 3 deuteten alle bis auf ein Wert des Plasmaselengehalts der Fohlen auf eine mangelhafte Selenversorgung hin. Zu beachten sind die drei hohen Extremwerte des Plasmaselengehalts in Betrieb 1 (Tier-Nr. 42, 68, 49). Die Ursache für die Höhe dieser Werte ist nicht endgültig zu klären. Eine Verunreinigung der Probe mit anderen Elementen kann ausgeschlossen werden, da keine Signaldepression bei Kontrollmessungen auftrat. Ebenso wurde ein Meßfehler durch eine Wiederholung der Analyse ausgeschlossen. Die drei Fohlen waren jünger als 14 Tage so daß eine Krafftuteraufnahme in Mengen, die zu Werten dieser Höhe führen könnte, ausgeschlossen werden kann. Möglich wäre noch eine höhere Übertragung des Elements im Endstadium der Trächtigkeit von der Stute auf das Fohlen. Die Mutterstuten dieser Fohlen wiesen in der Hochträchtigkeit einen ähnlich hohen Selengehalt auf.

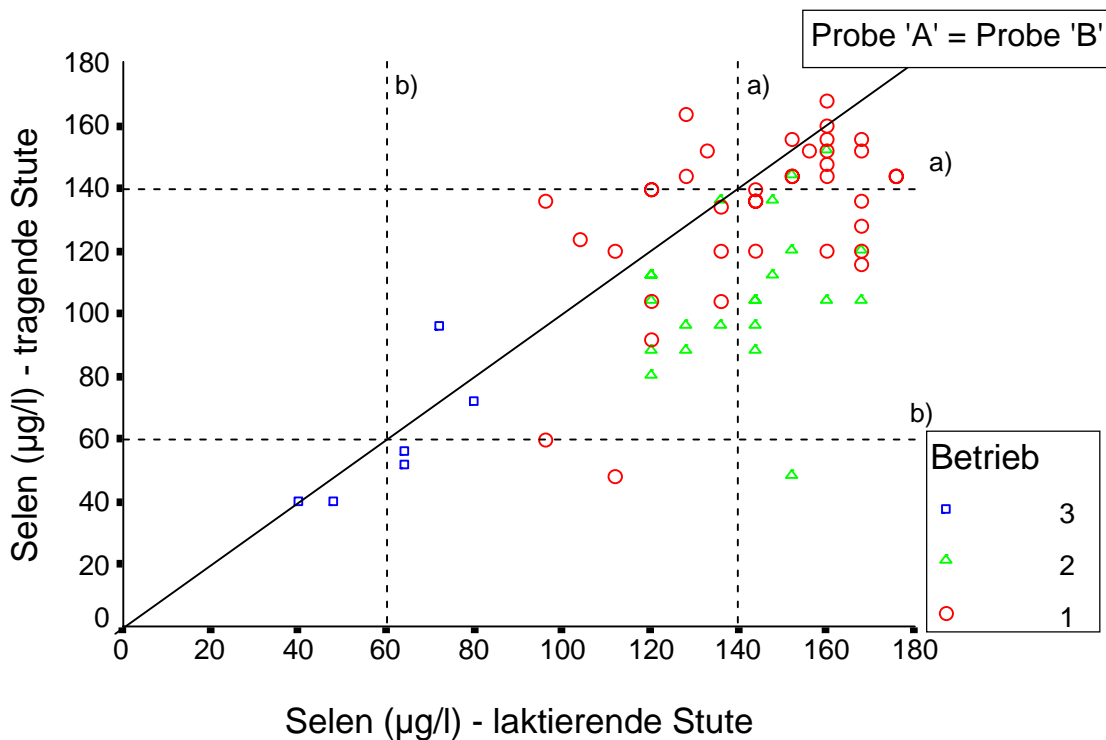


Da der Selengehalt der Stutenmilch der untersuchten Pferde nicht ermittelt wurde, kann keine Aussage über die Selenaufnahme der Saugfohlen gemacht werden.

#### 5.3.4. Plasmaselengehalt von Stuten während Trächtigkeit und Laktation

Wurde bei derselben Stute sowohl während der Trächtigkeit, als auch während der Laktation der Plasmaselengehalt bestimmt, konnten die beiden Werte miteinander verglichen werden. Dies war bei 68 Tieren aus den Betrieben 1, 2 und 3 der Fall. In Abb. 5.5. ist zu erkennen, daß die Mehrzahl der Werte unterhalb der fiktiven Geraden (Probe 'A' = Probe 'B') liegen. Ein durchgeführter WILCOXON-Test zeigte, daß der Plasmaselengehalt in der Laktation signifikant höher lag als während der Trächtigkeit.

Abb. 5.5.: Vergleich des Plasmaselengehalts der tragenden Stute und der laktierenden Stute



a)  $\geq 140 \mu\text{g/l}$  ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60 \mu\text{g/l}$  mangelhafte Selenversorgung,  
 60-139  $\mu\text{g/l}$  marginale Selenversorgung

### 5.3.5. Einfluß von Trächtigkeitswoche, Laktationswoche und Alter des Fohlens auf den Plasmaselengehalt

Um bei Stuten den Einfluß von Trächtigkeitswoche und Laktationswoche, sowie bei Fohlen den des Alters auf den Plasmaselengehalt zu ermitteln, wurden die Tiere zunächst je nach Stadium der Trächtigkeit bzw. Laktation und je nach Alter in Gruppen eingeteilt. Die Einteilung und die Gruppengrößen sind in Kapitel 4.1.1. beschrieben. Die genauen Angaben zum jeweiligen Status der Stute und dem Alter des Fohlens zum Zeitpunkt der Blutprobenentnahme sind im Anhang den Tab. 9.4. und 9.5. zu entnehmen. In Tab. 5.9. sind die statistischen Kenngrößen des Plasmaselengehalts der Stuten der jeweiligen Trächtigkeitsstadien, in Tab. 5.10. der jeweiligen Laktationsstadien und in Tab. 5.11. des Plasmaselengehalts der Fohlen des jeweiligen Alters angegeben.

Tab. 5.9.: Plasmaselengehalt von tragenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) der einzelnen Trächtigkeitsstadien

1)	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
1	11	92	<b>124</b>	148	40	156
2	27	80	<b>104</b>	135	40	168
3	52	88	<b>114</b>	140	40	168
4	5	120	<b>144</b>	152	120	176

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

1) Trächtigkeitsstadium der Stuten: 1 = 8./9. Monat; 2 = 10. Monat; 3 = 11. Monat; 4 = 12. Monat

Für den Plasmaselengehalt der tragenden Stuten bestanden zwischen den Trächtigkeitsstadien 8./9. Monat, 10. Monat, 11. Monat und 12. Monat keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 5.10.: Plasmaselenengehalt von laktierenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) der einzelnen Laktationsstadien

1)	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max		1	2	3	4	5	6
1	10	77	<b>132</b>	156	40	168	1						
2	27	144	<b>148</b>	161,5	56	176	2						
3	36	120	<b>136</b>	152	72	176	3						
4	8	96	<b>134</b>	162	56	168	4						
5	10	136	<b>158</b>	160	96	168	5						
6	5	88	<b>100</b>	104	64	120	6		*				

1) Laktationsstadium der Stuten: 1 = 1. Woche; 2 = 2. Woche; 3 = 3. Woche; 4 = 4. Woche; 5 = 2. Monat; 6 = 3./4. Monat

Der Plasmaselenengehalt der Stuten in der 2. Laktationswoche war signifikant höher als derjenige der Stuten, die sich im 3./4. Laktationsmonat befanden. Für die restlichen Laktationsstadien (1. Woche, 3. Woche, 4. Woche, 1./2. Monat) konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tab. 5.11.: Plasmaselenengehalt von Fohlen ( $\mu\text{g/l}$ ) der einzelnen Altersstadien

1)	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max		1	2	3	4	5	6
1	9	32	<b>48</b>	56	32	144	1						
2	27	56	<b>64</b>	70	32	141	2						
3	35	56	<b>64</b>	68	40	92	3						
4	5	64	<b>64</b>	72	56	84	4						
5	9	68	<b>72</b>	80	56	80	5	*					
6	2	64	<b>68</b>	72	64	72	6						

1) Alter der Fohlen: 1 = 1. Woche; 2 = 2. Woche; 3 = 3. Woche; 4 = 4. Woche; 5 = 2. Monat; 6 = 3./4. Monat

Bei den Saugfohlen wurden lediglich signifikant niedrigere Werte in der 1. Lebenswoche als im 2. Lebensmonat gemessen.

### 5.3.6. Beziehung zwischen Plasmaselengehalt von Stute und Saugfohlen

Um zu prüfen, ob zwischen dem Plasmaselengehalt des Saugfohlens und dem seiner jeweiligen Mutterstute eine Beziehung besteht, wurden die Stuten nach ihrem Plasmaselengehalt in die Gruppen "mangelhaft selenversorgt", "marginal selenversorgt" und "ausreichend selenversorgt" eingeteilt. War die Blutprobenentnahme beim Fohlen bis zum Alter von 14 Tagen erfolgt, wurde der Plasmaselengehalt des Fohlens mit dem der tragenden Mutterstute in Bezug gesetzt. Der Plasmaselengehalt von über 14 Tage alten Fohlen wurde dem entsprechenden Wert der laktierenden Mutterstute zugeordnet. Die Tabellen 5.12. und 5.13. zeigen die statistischen Kenngrößen des Plasmaselengehalts der Fohlen je nach Versorgungsstatus der Mutterstute.

Tab. 5.12.: Plasmaselengehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) der bis 14 Tage alten Saugfohlen in Abhängigkeit des Versorgungsstatus der **tragenden** Stute

1)	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max		1	2	3
1	3	32	<b>32</b>	32	32	32	1			
2	15	48	<b>64</b>	64	32	144	2			
3	11	64	<b>64</b>	80	48	141	3	*		

1) Versorgungsstatus der Mutterstute: 1 = mangelhafte Selenversorgung (<60  $\mu\text{g/l}$ ); 2 = marginale Selenversorgung (60-139  $\mu\text{g/l}$ ); 3 = ausreichende Selenversorgung ( $\geq 140$   $\mu\text{g/l}$ )

Bei den bis zu 14 Tage alten Saugfohlen waren nur drei Fohlen von Stuten, deren Plasmaselengehalt während der Trächtigkeit einen mangelhaften Selenstatus zeigte. Diese drei Fohlen hatten jeweils einen Plasmaselengehalt von 32  $\mu\text{g/l}$ . Die Mediane des Plasmaselengehalts der Fohlen von marginal und von ausreichend selenversorgten Muttertieren lagen jeweils bei 64  $\mu\text{g/l}$ . Im statistischen Vergleich der drei Gruppen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen dem Plasmaselengehalt der Fohlen der mangelhaft selenversorgten Stuten und denen der ausreichend selenversorgten Stuten. Die Gruppe der Fohlen von marginal selenversorgten Stuten unterschied sich statistisch signifikant weder von der Gruppe der Fohlen von Stuten mit ausreichender, noch von der mit mangelhafter Selenversorgung.

Tab. 5.13.: Plasmaselenengehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) der über 14 Tage alten Saugfohlen in Abhängigkeit des Versorgungsstatus der **laktierenden** Stute

1)	n	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max		1	2	3
1	0	-	-	-	-	-	1			
2	24	53	<b>56</b>	67	40	80	2			
3	27	64	<b>72</b>	78	56	92	3		*	

<sup>1)</sup> Versorgungsstatus der Mutterstute: 1 = mangelhafte Selenversorgung ( $<60 \mu\text{g/l}$ ); 2 = marginale Selenversorgung ( $60\text{-}139 \mu\text{g/l}$ ); 3 = ausreichende Selenversorgung ( $\geq 140 \mu\text{g/l}$ )

Unter den über 14 Tage alten Fohlen stammte keines von einer Stute, deren Plasmaselenengehalt während der Laktation auf eine mangelhafte Versorgung hinwies. Die Fohlen der marginal selenversorgten Stuten zeigten einen signifikant niedrigeren Plasmaselenengehalt als die Fohlen der ausreichend selenversorgten Stuten.

Die Abb. 5.6. zeigt die Beziehung zwischen Plasmaselenengehalt der tragenden Stute und dem ihres bis 14 Tage alten Fohlens. Der Spearman' Korrelationskoeffizient betrug  $r_s = 0,52$  ( $p = 0,004$ ). Abbildung und Korrelationskoeffizient weisen auf eine positive Beziehung zwischen diesen beiden Parametern hin.

In Abb. 5.7. ist der Plasmaselenengehalt der laktierenden Stuten in Bezug zu dem ihres über 14 Tage alten Fohlens dargestellt. Der Spearman' Korrelationskoeffizient betrug  $r_s = 0,47$  ( $p = 0,001$ ). Auch hier weisen Graphik und Korrelationskoeffizient auf eine positive Beziehung hin.

Abb. 5.6.: Beziehung des Plasmaselengehalts der hochtragenden Stute zu dem ihres Fohlens ( $\leq 14$  Tage alt)

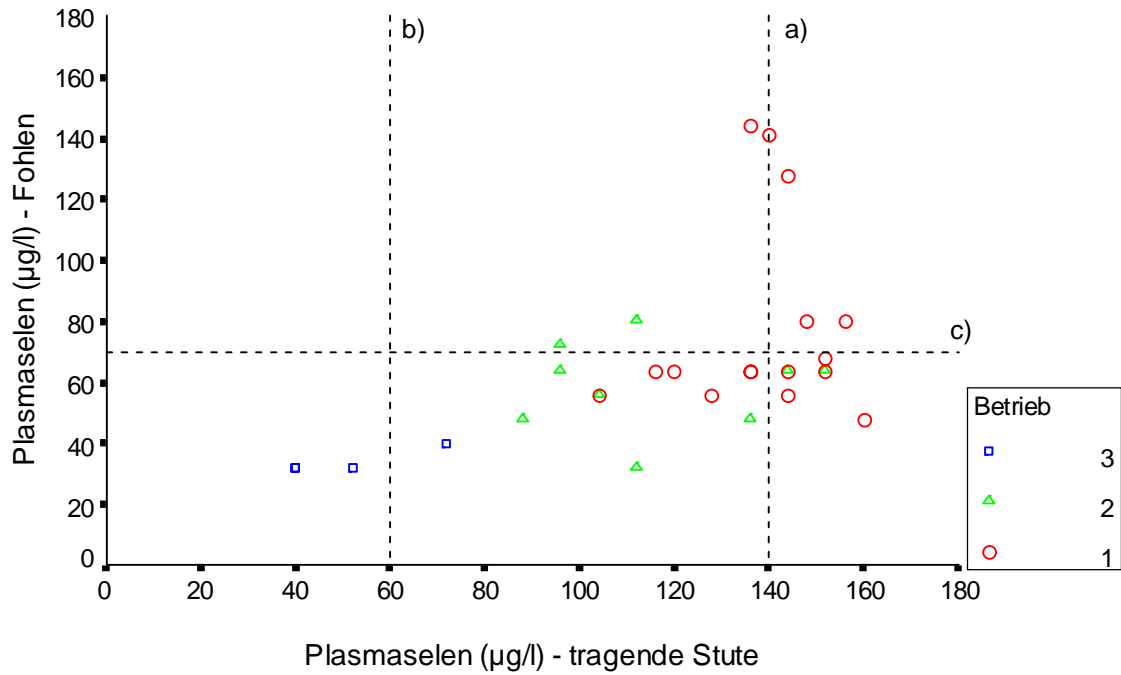
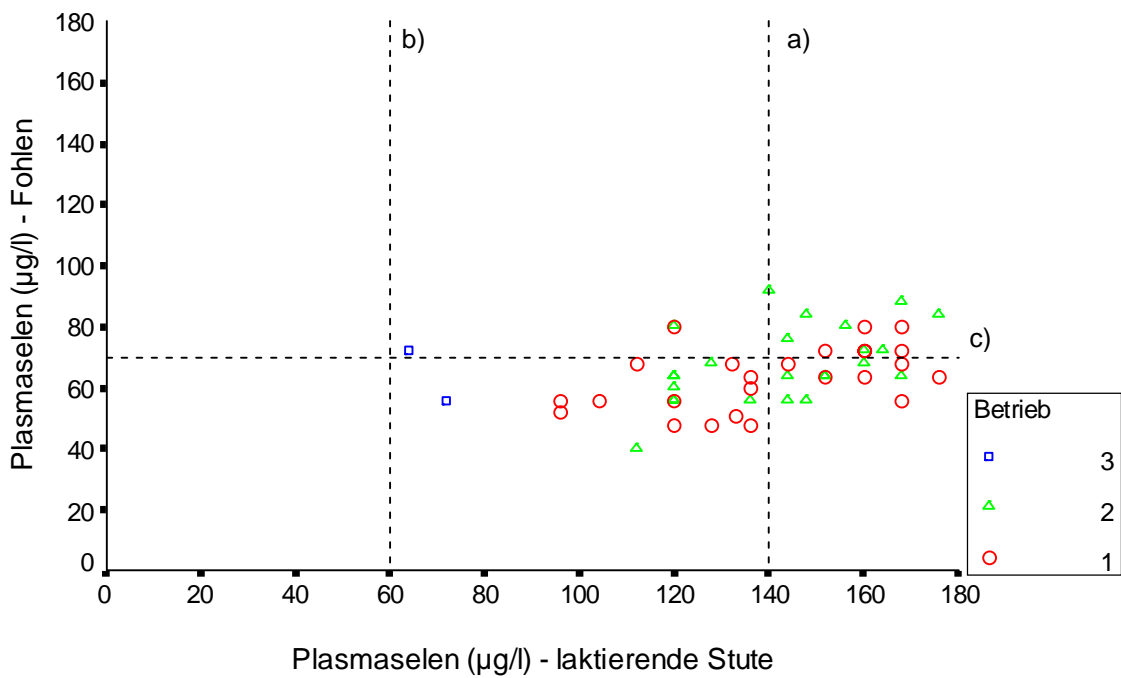


Abb. 5.7.: Beziehung des Plasmaselengehalts der laktierenden Stute zu dem ihres Fohlens ( $>14$  Tage alt)



a)  $\geq 140$  µg/l - ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60$  µg/l - mangelhafte Selenversorgung,  $60-139$  µg/l - marginale Selenversorgung, c)  $> 70$  µg/l - ausreichende Selenversorgung (Fohlen)

#### 5.4. Plasmaselenengehalt von Stuten und Fohlen in Beziehung zu deren Gesundheit und Fruchtbarkeit

Um Angaben über den Plasmaselenengehalt klinisch gesunder Stuten und ihrer Fohlen zu bekommen, wurden von den untersuchten Tieren diejenigen ausgewählt, für die folgende Kriterien erfaßt waren:

- \* Verlauf der Geburt '95 ohne oder unter leichter Zughilfe, Fohlen vital
- \* Verlauf des Puerperiums ohne Komplikationen
- \* erneut tragend '95 und lebendes Fohlen '96
- \* keine Erkrankungen während des Untersuchungszeitraumes
- \* Fohlen '95 ohne Erkrankungen und nach ca. vier Monaten dem Alter entsprechend entwickelt

Die Angaben wurden über die Fragebögen aufgenommen. Die detaillierten Fragebogenergebnisse bezüglich der Gesundheit und Fruchtbarkeit sind im Anhang den Tab. 9.1., 9.2. und 9.3. zu entnehmen.

Die arithmetischen Mittel ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichungen (s) - da beide häufig in der Literatur angegeben -, sowie die Quartile ( $x_{(0,25)}$ ,  $\tilde{x}$ ,  $x_{(0,75)}$ ), Minimal- und Maximalwerte (Min, Max) des Plasmaselenengehalts der Tiere, auf die diese Kriterien zutrafen, sind in Tab. 5.14. aufgelistet.

In Tab. 5.15. sind Median, Quartile, Minimal- und Maximalwerte des Plasmaselenengehalts von 37 Stuten und 25 Fohlen, für die wenigstens eine der folgenden Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen bekannt wurde, aufgelistet.

Stuten: Kolik ante oder post partum, Kreislaufschwäche, Atemwegserkrankung, Totgeburt, Nachgeburtswen, Nachgeburtserhaltung, Endometritis, Laktationsanöstrie, "güst geblieben"

Fohlen: Mekoniumverhaltung mit Kolik, Nabelentzündung, Durchfall mit oder ohne Fieber, Durchfall mit Kolik, Atemwegserkrankung mit oder ohne Fieber, Fohlenlähme, Fieber oder Kolik ohne erkennbare Ursache

Zum Vergleich sind in Tab. 5.16. die statistischen Kenngrößen des Plasmaselenengehalts aller untersuchten Pferde zusammengefaßt.

Tab. 5.14.: Plasmaselengehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) von klinisch gesunden Stuten und Fohlen

	n	$\bar{x}$	s	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
tragende Stuten	17	<b>110</b>	35,9	92	<b>104</b>	140	40	152
laktierende Stuten	21	<b>127</b>	31,6	120	<b>136</b>	144	40	176
Fohlen	21	<b>63</b>	22,8	56	<b>64</b>	68	32	141

Tab. 5.15.: Plasmaselengehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) von erkrankten Stuten und Fohlen

	n	$\bar{x}$	s	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
tragende Stuten	36	<b>120</b>	33,7	102	<b>131</b>	144	40	176
laktierende Stuten	37	<b>138</b>	33,3	120	<b>144</b>	164	48	176
Fohlen	25	<b>64</b>	11,3	56	<b>64</b>	68	40	88

Tab. 5.16.: Plasmaselengehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) aller untersuchten Stuten und Fohlen

	n	$\bar{x}$	s	$x_{(0,25)}$	$\tilde{x}$	$x_{(0,75)}$	Min	Max
tragende Stuten	95	<b>112</b>	34,9	88	<b>120</b>	144	40	176
laktierende Stuten	96	<b>135</b>	32,3	120	<b>144</b>	160	40	176
Fohlen	87	<b>65</b>	19,3	56	<b>64</b>	72	32	144

Vergleicht man die arithmetischen Mittel und Mediane des Plasmaselengehalts der klinisch unauffälligen Stuten und Fohlen mit denen aller in dieser Untersuchung gemessenen Plasmaselenkonzentrationen von Stuten und Fohlen, so sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Der Plasmaselengehalt der erkrankten Stuten und Fohlen lag im Mittel sogar höher als der aller und der klinisch unauffälligen Tiere. Eine Beziehung zwischen Plasmaselengehalt und Gesundheit und Fruchtbarkeit der untersuchten Pferde ist nicht nachweisbar.



## 5.5. Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei tragenden Stuten und Fohlen

Bei dreizehn Stuten wurde der Plasmaselengehalt zu sieben und bei deren Fohlen zu drei Zeitpunkten bestimmt, um den Verlauf des Plasmaselengehalts während der Trächtigkeit bzw. während der Aufzucht zu ermitteln.

### 5.5.1. Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei tragenden Stuten

Über das Trächtigkeitsstadium der Stuten zu den Zeitpunkten der Probenentnahmen orientiert Tab. 5.17.. Dabei wurde die Trächtigkeit bis einschließlich des 7. Monats (31. Woche) in "niedertragend", und vom 8. Monat (32. Woche) bis zum Abfohlen in "hochtragend" eingeteilt. Während der ersten beiden Probenentnahmen befanden sich die Stuten zudem noch in Laktation.

Tab. 5.17.: Haltung und Trächtigkeitsstadium der Stuten zu den Probeentnahmen

Probe	Haltung	n	Trächtigkeits- woche	Trächtigkeits- stadien	Bemerkungen
'1'	Weide	13	4.-16.	niedertragend + laktierend	
'2'	Weide	13	13.-29.	niedertragend + laktierend	
'3'	Weide	13	21.-37.	nieder- /hochtragend	
'4'	Stall	12	26.-42.	nieder- /hochtragend	(Stute Nr. 33: Stallwechsel)
'5'	Stall	11	32.-44.	hochtragend	(Stute Nr. 31 gefohlt)
'6'	Stall	11	35.-47.	hochtragend	(Stute Nr. 31 gefohlt)
'7'	Stall	8	40.-48.	hochtragend	(Stuten Nr. 12, 19, 27, 31 gefohlt)

Bei Probe '4' hatte Tier Nr. 33 den Betrieb verlassen. Bei den restlichen fehlenden Werten hatten die Stuten Nr. 12, 19, 27 und 31 bereits gefohlt. Es wurden Median, Quartile, Minimal- und Maximalwert des Plasmaselengehalts zu den einzelnen Probeentnahmen berechnet (Tab. 5.18.).

Tab. 5.18.: Plasmaselengehalt der Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) während der Trächtigkeit zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten und tägliche Selenaufnahme ( $\text{mg Se/d}$ )

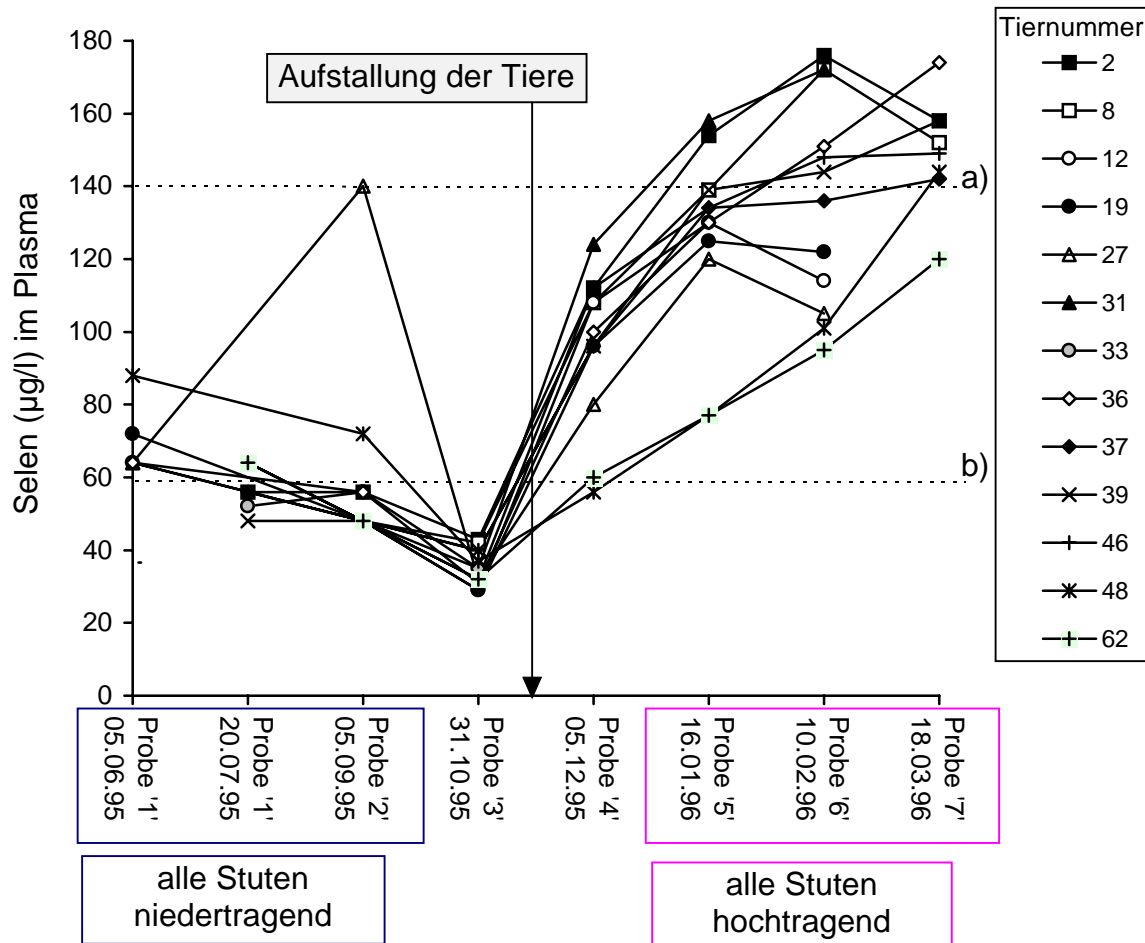
	*)Probe '1'	Probe '2'	Probe '3'	Probe '4'	Probe '5'	Probe '6'	Probe '7'
Fütterung	Weide	Weide	Weide	Stall	Stall	Stall	Stall
Selen- aufnahme	0,36	0,36	0,36	0,84	0,84	0,84	0,84
Woche <sup>1)</sup>	4.-16.	13.-29.	21.-37.	26.-42.	32.-44.	35.-47.	40.-48.
Stadium	niedertr. <sup>2)</sup> + lakt. <sup>3)</sup>	niedertr. + lakt.	nieder- /hochtr. <sup>4)</sup>	nieder- /hochtr.	hochtr.	hochtr.	hochtr.
n	13	13	13	12	11	11	8
$\tilde{x}$	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>98</b>	<b>130</b>	<b>136</b>	<b>150,5</b>
X <sub>(0,25)</sub>	56	48	31,5	84	120	105	142,5
X <sub>(0,75)</sub>	64	56	40	111	139	151	158
Min	48	48	29	56	77	95	120
Max	88	140	43	124	154	176	174

\*) Die Proben '1' wurden an zwei unterschiedlichen Tagen genommen, 1) Trächtigkeitswoche, 2) niedertragend, 3) laktierend, 4) hochtragend

Während der Weidesaison (Proben '1'-'3') lagen der Median, die Quartile, Minimal- und Maximalwert des Plasmaselengehalts der Stuten niedriger als während der Stallhaltung (Proben '4'-'7'). Wie in Kapitel 5.2.2. erläutert, wurde während der Weideperiode mit 0,36 mg Se/d weniger Selen aufgenommen, als während der Stallhaltung (0,84 mg Se/d). Während der Weidehaltung sank der Median des Plasmaselengehalts von 64  $\mu\text{g/l}$  bei der ersten Probenentnahme (Weidehaltung) über 48  $\mu\text{g/l}$  bei der zweiten Probenentnahme auf 35  $\mu\text{g/l}$  zum Ende der Weidesaison. Nach dem Aufställen und der damit erfolgten Umstellung der Fütterung auf Grundfutter und Ergänzungsfutter für Stuten stiegen die Quartile und der Maximalwert des Plasmaselengehalts jeweils um mehr als das Doppelte an. Der Median zeigte von Probe '4' bis zur letzten Probenentnahme eine kontinuierliche Erhöhung.

Der Verlauf des Plasmaselengehalts der Einzeltiere während des Untersuchungszeitraumes ist in Abb. 5.8. dargestellt.

Abb. 5.8.: Chronologische Darstellung des Plasmaselengehalts der Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) im Verlauf der Trächtigkeit



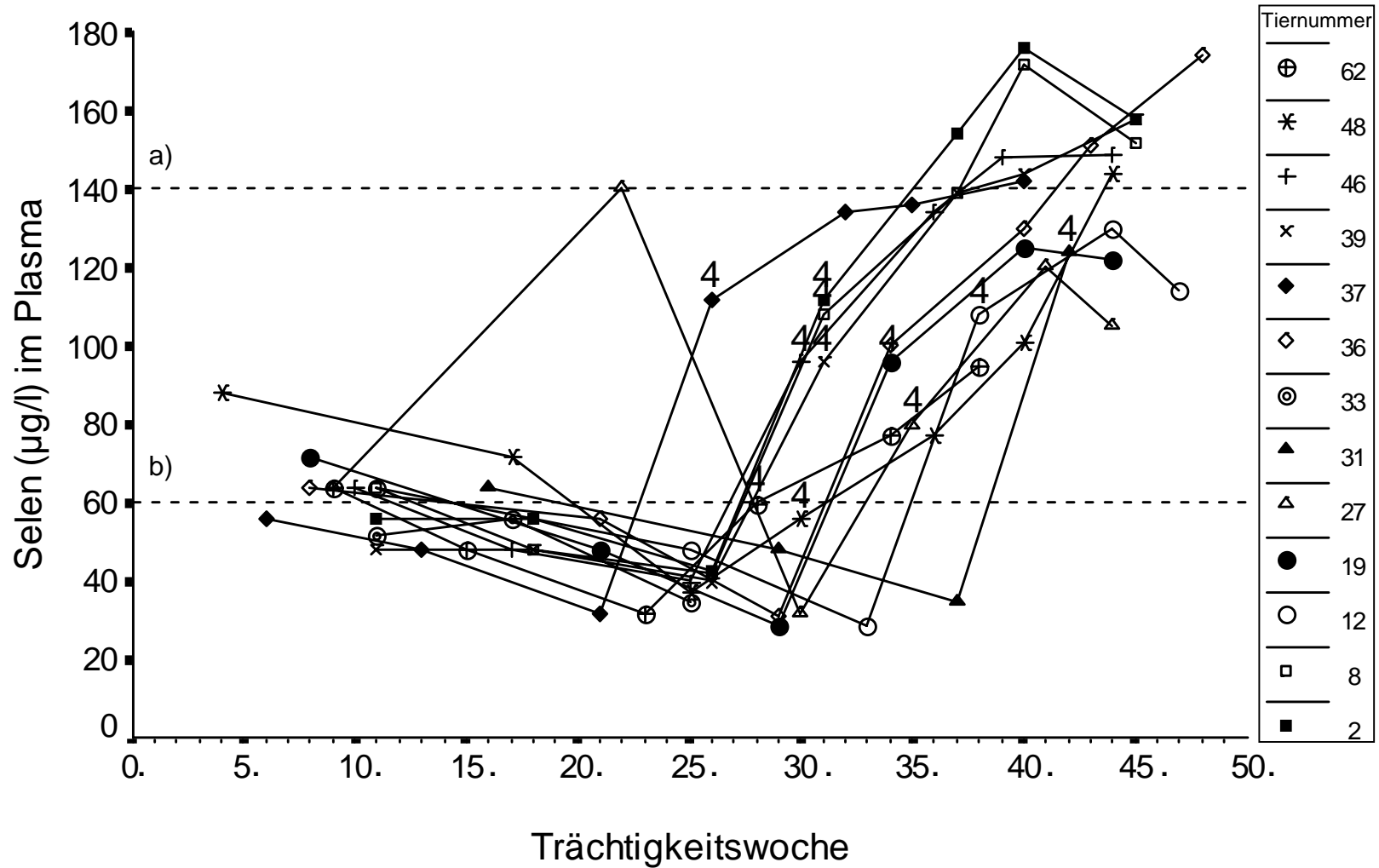
a)  $\geq 140 \mu\text{g/l}$  - ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60 \mu\text{g/l}$  - mangelhafte Selenversorgung,  
 60-139  $\mu\text{g/l}$  - marginale Selenversorgung

Zum Zeitpunkt der ersten Probenentnahme bei den auf der Weide gehaltenen Stuten befand sich der Plasmaselengehalt noch bei neun Tieren im Bereich marginaler Selenversorgung und bei vier Tieren unterhalb dieses Bereichs. Bei der zweiten Probenentnahme war der Plasmaselengehalt von elf Stuten bereits im Bereich mangelhafter und nur noch von zwei im Bereich marginaler Selenversorgung zu finden. Zur dritten Probenentnahme auf der Weide, die nach fünfmonatiger Selenunterversorgung erfolgte, lagen alle gemessenen Selenwerte im Plasma der Stuten im Bereich mangelhafter Selenversorgung. Die vierte Probenentnahme im Verlauf der Trächtigkeit erfolgte nach der Aufstallung im November. In der Einzeltierbetrachtung stieg der Wert bei allen Stuten zwischen Probe '3' (Weide) und Probe '5' (seit 2 Monaten im Stall) an. Einen Monat später (Probe '6') war der

Selengehalt im Plasma von drei Tieren wieder abgefallen (Differenz: 3-16 µg/l). Diese drei Stuten befanden sich zum Zeitpunkt der Probenentnahme '6' in der 44.-47. Trächtigungswoche und waren damit, im Vergleich zu den anderen acht Stuten, am weitesten in der Trächtigkeit fortgeschritten. Zur letzten Probenentnahme (Probe '7'), wiederum nach einem Monat, waren nur noch acht Stuten tragend. Unabhängig von der Trächtigungswoche war bei zwei Tieren der Plasmaselengehalt erneut gefallen (Differenz: 18-20 µg/l), bei den restlichen sechs Tieren dagegen weiter angestiegen (Differenz: 1-43 µg/l). Alle im Stall ermittelten Werte des Plasmaselengehalts der Stuten, mit Ausnahme eines Wertes, zeigten eine ausreichende Selenversorgung an.

In Abb. 5.9. ist der Selengehalt des Pferdeplasmas im Verlauf der Trächtigkeit bezüglich der jeweiligen Trächtigungswoche dargestellt. Die Zahl '4' kennzeichnet in der Abbildung die vierte Probenentnahme und damit die erste Bestimmung des Plasmaselengehalts nach der Aufstallung der Stuten.

Abb. 5.9.: Verlauf des Plasmaselengehalts der Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) während der Trächtigkeit



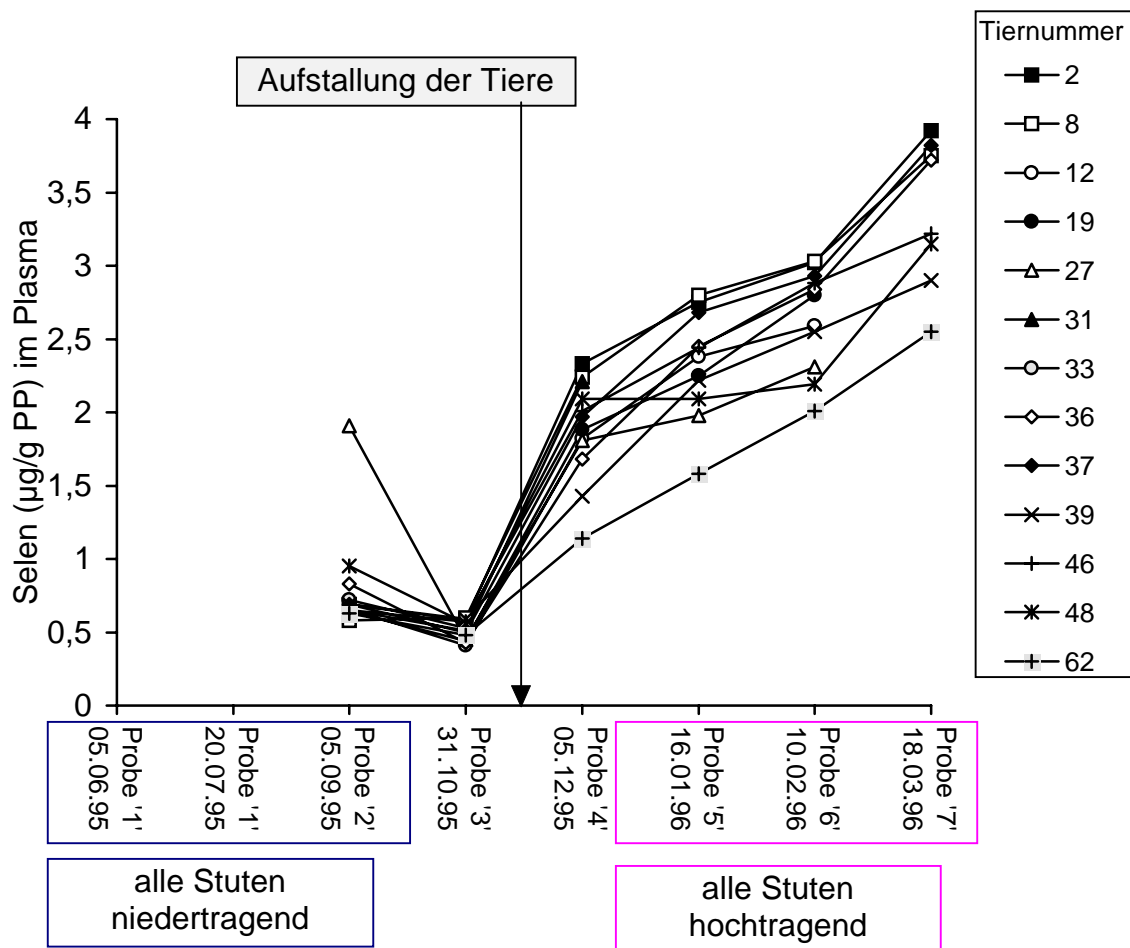
a)  $\geq 140 \mu\text{g/l}$  - ausreichende Selenversorgung, b)  $< 60 \mu\text{g/l}$  - mangelhafte Selenversorgung,  $60-139 \mu\text{g/l}$  - marginale Selenversorgung, Probe 4 - erste Probeentnahme bei Stallfütterung

Bei der Betrachtung von Abb. 5.9. fällt auf, daß die Plasmaselenkonzentration der Stuten, mit Ausnahme von Tier Nr. 27, bis zur letzten Probenentnahme auf der Weide auf Werte zwischen 20-60 µg/l sank. Zu diesem Zeitpunkt waren die Stuten in der 21.-37. Trächtigkeitswoche. Der Plasmaselengehalt von 140 µg/l bei Tier Nr. 27 in der 22. Trächtigkeitswoche ist nicht erklärbar. Aufgrund des Übergangs zur Stallfütterung zeigten alle Tiere von der 27. bis zur 40. Trächtigkeitswoche einen Anstieg des Plasmaselenpiegels. Zwischen der 40. und 45. Trächtigkeitswoche fiel bei vier Tieren der Plasmaselengehalt um 3-20 µg/l ab. Eine Stute zeigte erst zwischen der 44. und 47. Trächtigkeitswoche eine Absenkung ihres Plasmaselengehalts.

Aufgrund der unterschiedlichen Aufnahme von Selen während Weide- und Stallfütterung und der daraus resultierenden Differenzen im Plasmaselengehalt der Stuten im niedertragenden und hochtragenden Stadium wurden jeweils Diagramme für die Weide- und die Stallfütterung erstellt (Abb. 5.16., S.103). Auffällig ist der sinkende Verlauf des Plasmaselengehalts bei nicht bedarfsdeckender Selenversorgung im ersten Trächtigungsabschnitt der Stuten. Nach der Aufstallung der Stuten stieg der Plasmaselengehalt unter der bedarfsdeckenden Selen-supplementierung wieder an und verhielt sich gegen Ende der Trächtigkeit wie auf S. 89 beschrieben.

In Abb. 5.10. ist der Plasmaselengehalt in Abhängigkeit des Plasmaproteingehalts im Verlauf der Trächtigkeit dargestellt.

Abb. 5.10.: Verlauf des Plasmaselengehalts der Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) während der Trächtigkeit in Abhängigkeit des Plasmaproteingehalts



Der Plasmaselengehalt in Abhängigkeit des Plasmaproteingehalts zeigte bei allen Stuten nach Umstellung auf Stallhaltung und damit hohem Selenversorgungsniveau einen kontinuierlichen Anstieg. In der Hochträchtigkeit wies keine Stute einen Abfall des Plasmaselengehalts in Abhängigkeit des Plasmaproteingehalts auf. Dieses Ergebnis läßt die Abhängigkeit des Plasmaselengehalts in der Hochträchtigkeit vom Plasmaproteingehalt vermuten.

### 5.5.2. Verlaufsuntersuchung zum Plasmaselengehalt bei Fohlen während der Aufzucht

Bei dreizehn Fohlen wurden während der ersten zehn Lebensmonate jeweils drei Blutproben genommen. Die in der Verlaufsuntersuchung als Probe '0' bezeichneten Werte wurden im Rahmen der Bestandsuntersuchung bestimmt.

Über das Alter, die Haltung und Fütterung der Fohlen zu den einzelnen Probenentnahmetermi-  
nen informiert Tab. 5.19..

Tab. 5.19.: Haltung und Alter der Fohlen zu den Probenentnahmen

Probe	Haltung	Fütterung	n	Alter (Monat)	Alter (Tage)
'0'	Weide	Muttermilch	13	1.-2.	11-43
'1a'	Weide	Muttermilch + Krafffutter	13	3.-5.	82-149
'2a'	Stall	Grundfutter + Krafffutter	12	8.-10.	245-302

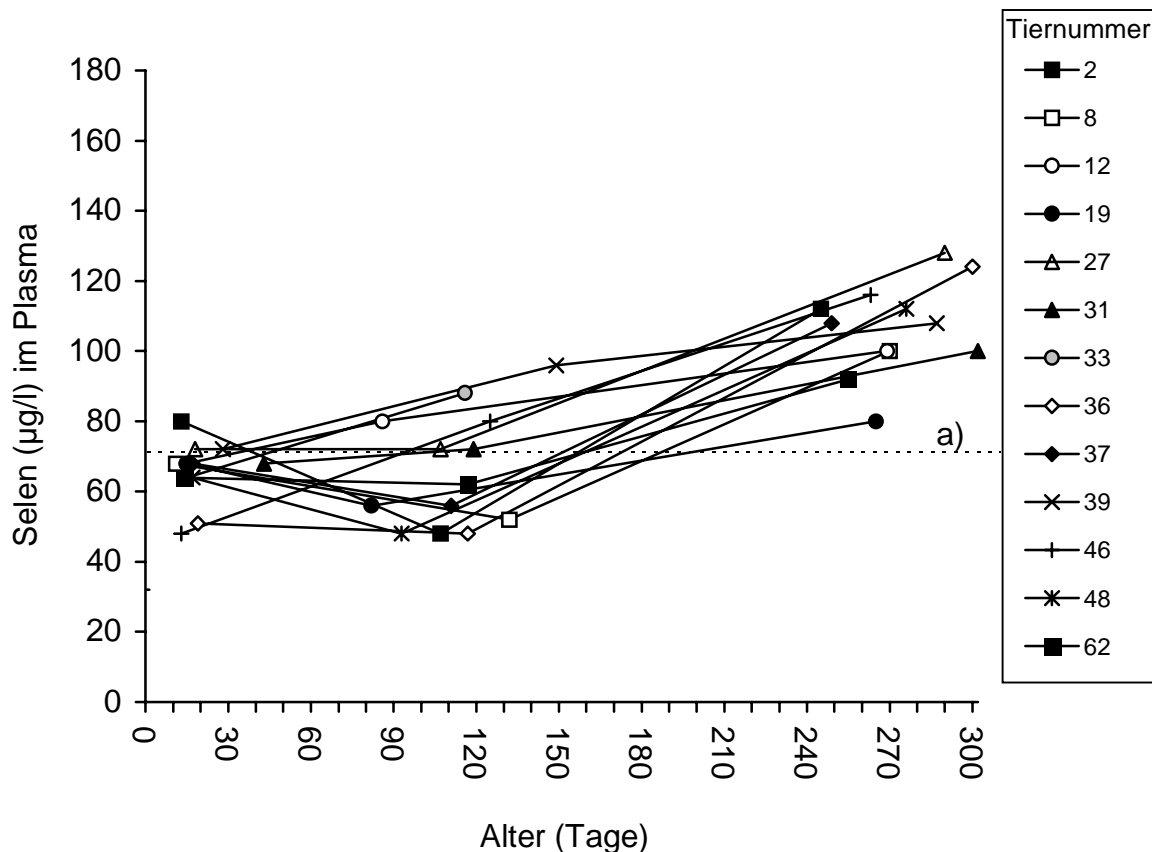
Die statistischen Kenngrößen des Plasmaselengehalts der Fohlen sind der  
Tab. 5.20. zu entnehmen. Tier Nr.33 hatte das Gestüt zum Zeitpunkt der dritten  
Probenentnahme verlassen. Abb. 5.11. zeigt eine graphische Darstellung des  
gemessenen Plasmaselengehalts der Fohlen in Bezug zu deren Alter.

Tab. 5.20.: Plasmaselengehalt der Fohlen ( $\mu\text{g/l}$ ) zu den einzelnen  
Entnahmezeitpunkten und tägliche Selenaufnahme ( $\text{mg Se/d}$ )

	Probe '0'	Probe '1a'	Probe '2a'
Fütterung	Muttermilch	Muttermilch + Weide + Krafffutter	Grundfutter + Krafffutter
Selenaufnahme	nicht erfaßt	nicht erfaßt	1,2
Alter	1.-2. Monat	3.-5. Monat	8.-10. Monat
Status	Saugfohlen	Saugfohlen	Absatzfohlen
n	13	13	12
$\tilde{x}$	<b>68</b>	<b>62</b>	<b>108</b>
$x_{(0,25)}$	64	50	100
$x_{(0,75)}$	70	80	115
Min	48	48	80
Max	80	96	128



Abb. 5.11.: Verlauf des Plasmaselengehalts von Fohlen ( $\mu\text{g/l}$ ) während der ersten zehn Lebensmonate



a)  $\geq 70 \mu\text{g/l}$  -ausreichende Selenversorgung

Der Median des Selengehalts im Plasma der Saugfohlen fiel von  $68 \mu\text{g/l}$  im 1./2. Lebensmonat auf  $62 \mu\text{g/l}$  im 3.-5. Lebensmonat ab, um bis zum 8.-10. Lebensmonat wieder auf einen Wert von  $108 \mu\text{g/l}$  anzusteigen. Die Absatzfohlen im 8.-10. Lebensmonat zeigten einen signifikant höheren Plasmaselengehalt als im 1.-2. Lebensmonat und als im 3.-5. Lebensmonat. Nach dem Absetzen im Alter von ca. 6 Monaten wurde auf der Weide eine Selenaufnahme von  $0,96 \text{ mg Se/d}$  ( $4,8 \mu\text{g/kg LM}$ ) errechnet. Im 8.-10. Lebensmonat nahmen die Fohlen bei Stallfütterung ca.  $1,20 \text{ mg Se/d}$  ( $4,8 \mu\text{g/kg LM}$ ) auf.

## 5.6. Selengehalt im Vollblut tragender Stuten und abgesetzter Fohlen

Der Selengehalt im Vollblut wurde bei vier Probenentnahmen der tragenden Stuten und bei einer Probenentnahme der abgesetzten Fohlen gemessen, um diesen mit dem Plasmaselengehalt zu vergleichen.

### 5.6.1. Selengehalt im Vollblut tragender Stuten

An vier Entnahmezeitpunkten wurden die Blutproben der tragenden Stuten (6.-12. Trächtigkeitsmonat) auf den Selengehalt im Vollblut untersucht. Die Tiere befanden sich zu diesen Zeitpunkten im Stall. Tab. 5.21. listet den Selengehalt im Vollblut zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten auf. Tier Nr. 33 stand nicht mehr zur Verfügung. Bei Probe '5' hatte Tier Nr. 31 bereits gefoht. Bei Probe '7' hatten die Tiere Nr. 12, 19 und 27 ebenfalls gefoht.

Tab. 5.21.: Selengehalt im Vollblut der Stuten ( $\mu\text{g/l}$ ) zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten

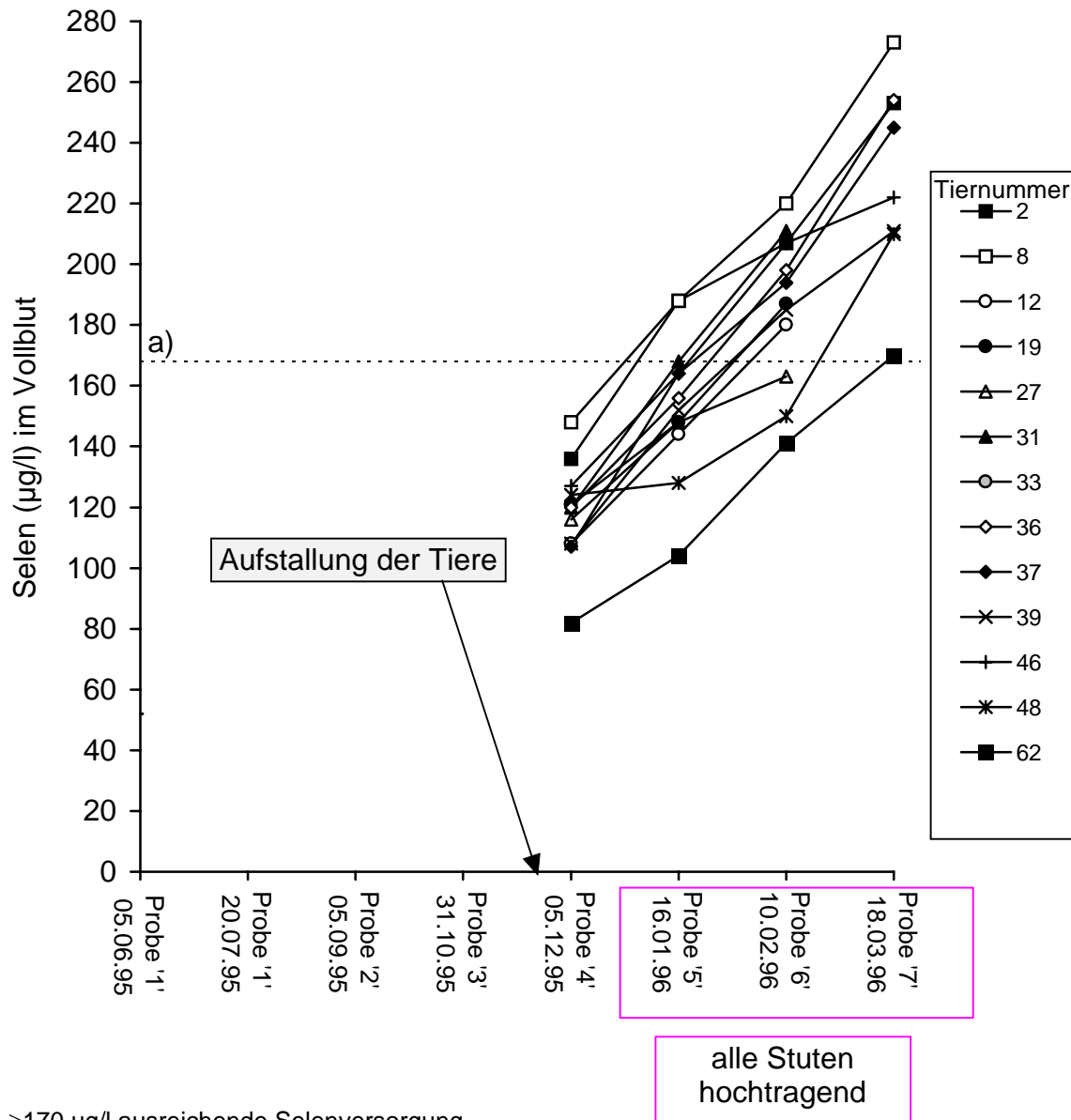
	Probe '4'	Probe '5'	Probe '6'	Probe '7'
Fütterung	Stall	Stall	Stall	Stall
Woche <sup>1)</sup>	26.-42.	32.-44.	35.-47.	40.-48.
Status	nieder-/hochtr. <sup>2)</sup>	hochtr. <sup>3)</sup>	hochtr.	hochtr.
n	12	11	11	8
$\bar{x}$	<b>120</b>	<b>152</b>	<b>187</b>	<b>233,5</b>
$x_{(0,25)}$	108	144	163	210,25
$x_{(0,75)}$	126,25	164	207	253,75
Min	82	104	141	170
Max	148	188	220	273

1) Trächtigkeitswoche, 2) nieder-/hochtragend, 3) hochtragend

Der Median und die Quartile, sowie Minimal- und Maximalwerte des Selengehalts im Vollblut der tragenden Stuten zeigten während der Stallhaltung bei gleichbleibender Selenversorgung einen kontinuierlichen Anstieg.

In Abb. 5.12. ist der chronologische Verlauf des Selengehalts im Vollblut eingezeichnet. Die gestrichelte Linie zeigt den von PULS (1994) angegebenen Selengehalt im Vollblut, ab dem von einer ausreichenden Selenversorgung der Pferde ausgegangen wird ( $\geq 170 \mu\text{g/l}$ ).

Abb. 5.12.: chronologischer Verlauf des Vollblutselengehalts der tragenden Stuten ( $\mu\text{g/l}$ )



a)  $\geq 170 \mu\text{g/l}$  ausreichende Selenversorgung

Bei den während der Stallperiode entnommenen Blutproben zeigte sich bei allen Tieren ein kontinuierlicher Anstieg des Selengehalts im Vollblut. Bei der ersten Analyse nach der Aufstallung lag bei alle Stuten die Selenkonzentration im Vollblut unter dem eine ausreichende Selenversorgung kennzeichnenden Grenzwert. Drei Monate später hatte der Selenwert im Vollblut aller Tiere diese Grenze über-

schritten. Im Gegensatz zum Verlauf des Plasmaselengehalts derselben Stuten konnte bei keinem Tier ein Abfall der Selenkonzentrationen im Vollblut während der Hochträchtigkeit verzeichnet werden.

### 5.6.2. Selengehalt im Vollblut abgesetzter Fohlen

Bei den abgesetzten Fohlen wurde in den Blutproben der Probe '2a' der Selengehalt im Vollblut bestimmt. Tier Nr. 33 hatte zu diesem Zeitpunkt das Gestüt verlassen und konnte nicht in die Untersuchung eingehen. Tab. 5.22. zeigt Median, Quartile, Minimal- und Maximalwert des ermittelten Selengehalts im Vollblut der Fohlen im Vergleich zu denen im Plasma.

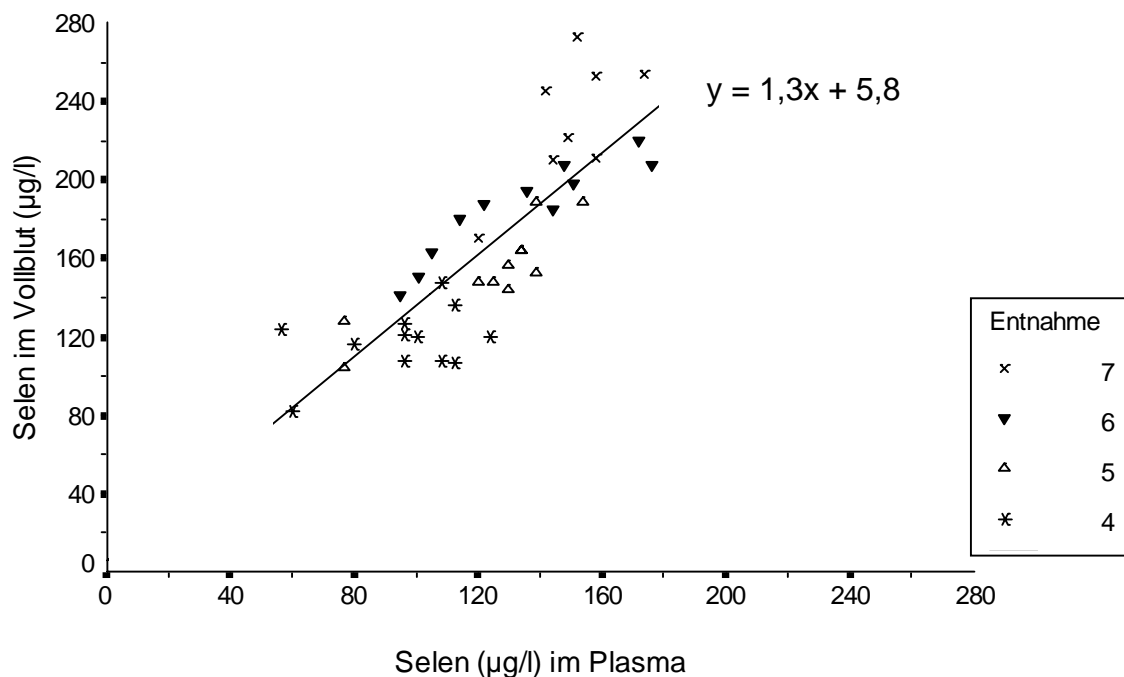
Tab. 5.22.: Selengehalt in Vollblut und Plasma der abgesetzten Fohlen ( $\mu\text{g/l}$ )

	Vollblut	Plasma
Fütterung	Grundfutter + Krafftutter	
Alter	8.-10. Monat	
Status	Absatzfohlen	
n	12	12
$\tilde{x}$	<b>202</b>	<b>108</b>
$x_{(0,25)}$	178,5	100
$x_{(0,75)}$	212,5	115
Min	108	80
Max	244	128

### 5.6.3. Beziehung zwischen Selengehalt in Vollblut und Plasma

In Abb. 5.13. ist die Beziehung zwischen Selengehalt in Plasma und Vollblut der tragenden Stuten dargestellt. Der Standardfehler um die eingezeichnete Regressionsgerade wies eine Höhe von  $s_{(y/x)} = 26,10 \mu\text{g/l}$  auf. Der Korrelationskoeffizient betrug  $r = 0,83$  ( $p < 0,0001$ ). Daraus lässt sich eine positive Beziehung zwischen Selengehalt im Plasma und im Vollblut ableiten.

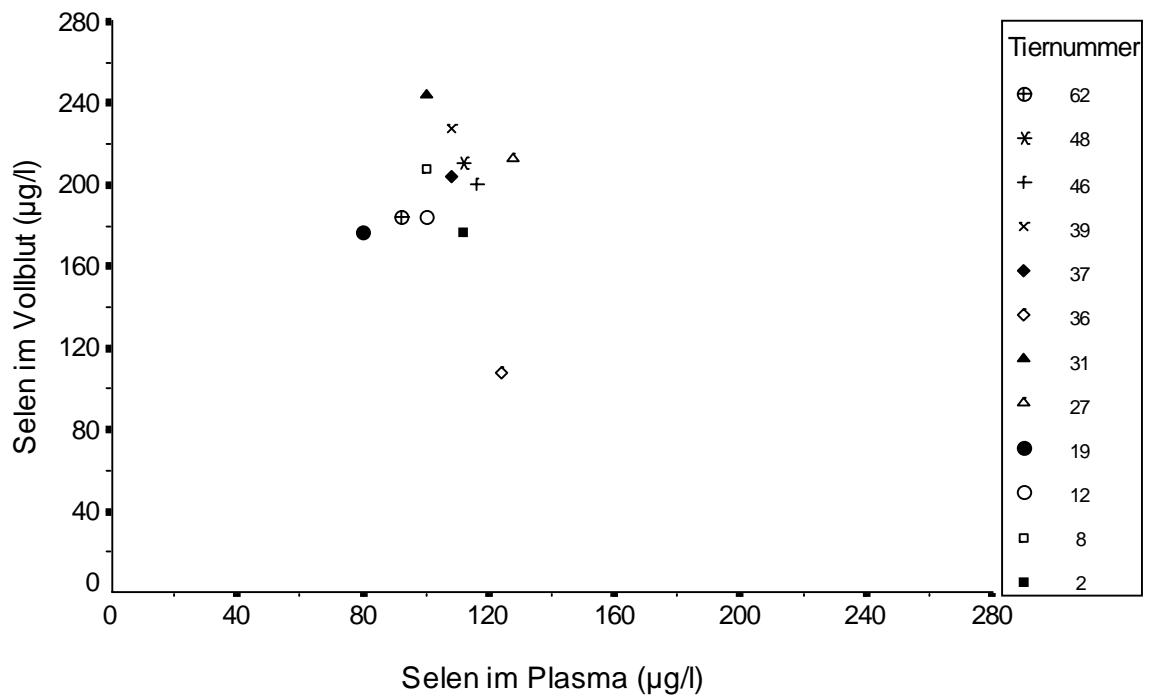
Abb. 5.13.: Beziehung zwischen dem Selengehalt in Plasma und Vollblut ( $\mu\text{g/l}$ ) von tragenden Stuten



In 39 Proben wurde ein höherer Selengehalt im Vollblut als im Plasma gemessen. Drei Proben wiesen einen niedrigeren Wert im Vollblut als im Plasma auf. Das Verhältnis des Selengehalts im Vollblut zu dem im Plasma betrug im Mittel 1,4 : 1.

Die Beziehung der Selenkonzentrationen im Vollblut zum entsprechenden Plasmaselengehalt der abgesetzten Fohlen ist in Abb. 5.14 abgebildet.

Abb. 5.14.: Beziehung zwischen Selengehalt in Plasma und Vollblut ( $\mu\text{g/l}$ ) von Absatzfohlen



Es konnte keine statistisch absicherbare Korrelation gefunden werden, wobei die geringe Anzahl der Werte und die enge Spannweite zu berücksichtigen sind.

Der gemessene Vollblutselengehalt war in 11 Proben höher, in einer Probe niedriger als im Plasma. Das Verhältnis des Selengehalts im Vollblut zu dem im Plasma betrug im Mittel 1,9 : 1.

## 5.7. GSH-Px-Aktivität im Plasma tragender Stuten und abgesetzter Fohlen

Bei sechs Probenentnahmen der tragenden Stuten und bei einer Probenentnahme der abgesetzten Fohlen wurde eine Bestimmung der GSH-Px-Aktivität im Plasma durchgeführt, um die Korrelation dieser mit dem Plasmaselengehalt zu ermitteln.

### 5.7.1. GSH-Px-Aktivität im Plasma tragender Stuten

Bei den Probenentnahmen '2'-'7' der tragenden Stuten wurde die GSH-Px-Aktivität im Plasma bestimmt und auf den Plasmaproteingehalt (PP) bezogen. Probe '2' von Tier-Nr. 8 lag für diese Untersuchung nicht vor. Für die anderen fehlenden

Werte sind die Gründe in Kapitel 5.5.1. beschrieben. Die ermittelte GSH-Px-Aktivität im Plasma der einzelnen Probenentnahmen sind Tab. 5.23. zu entnehmen.

Tab. 5.23.: GSH-Px-Aktivität im Plasma der tragenden Stuten ( $U_{37}/g$  PP) zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten und tägliche Selenaufnahme ( $mg$  Se/d)

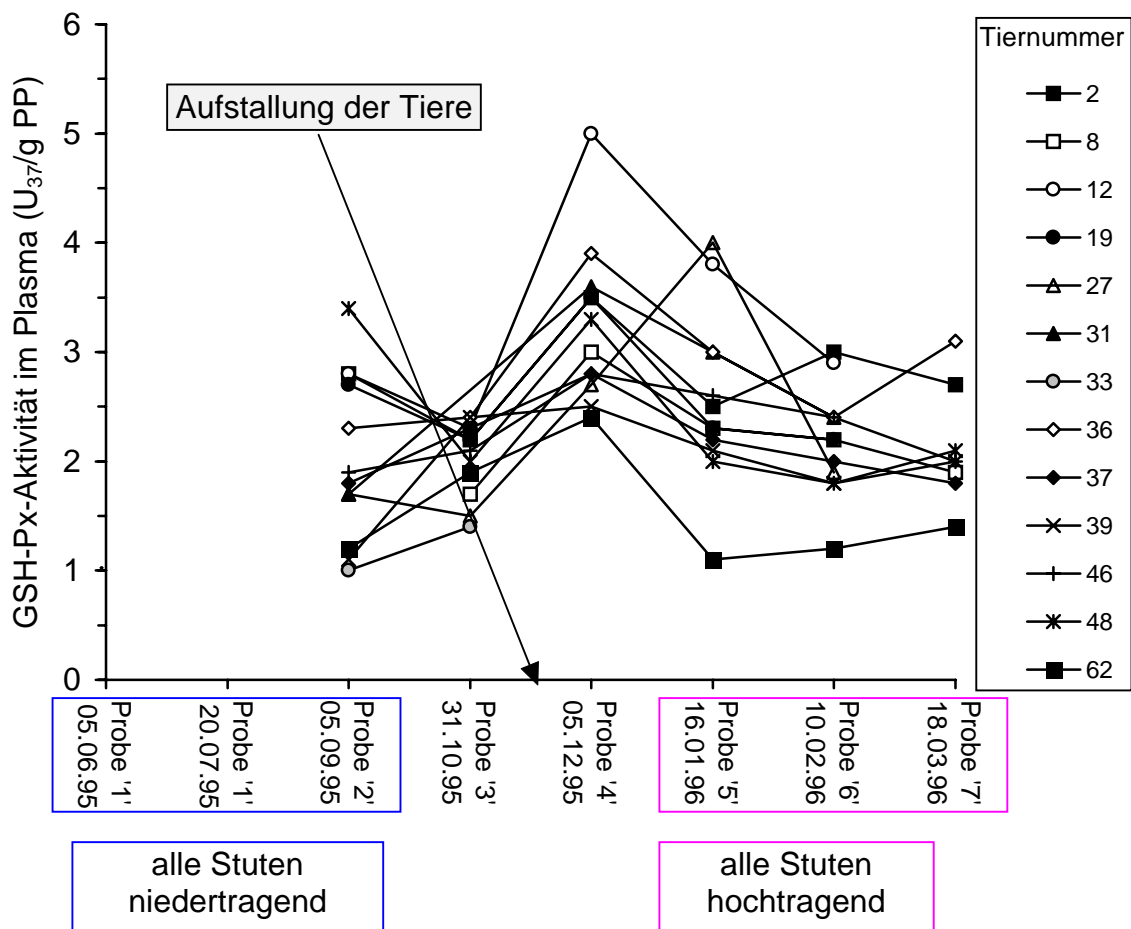
	Probe '2'	Probe '3'	Probe '4'	Probe '5'	Probe '6'	Probe '7'
Fütterung	Weide	Weide	Stall	Stall	Stall	Stall
Selenaufnahme	0,36	0,36	0,84	0,84	0,84	0,84
Woche <sup>1)</sup>	13.-29.	21.-37.	26.-42.	32.-44.	35.-47.	40.-48.
Status	niedertr. <sup>2)</sup> + lakt. <sup>3)</sup>	nieder- /hochtr. <sup>4)</sup>	nieder- /hochtr.	hochtr.	hochtr.	hochtr.
n	12	13	12	11	11	8
$\tilde{x}$	<b>1,85</b>	<b>2,1</b>	<b>3,15</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>
$x_{(0,25)}$	1,3	1,8	2,7	2,1	1,8	1,8
$x_{(0,75)}$	2,8	2,3	3,6	3,0	2,4	2,6
Min	1,0	1,4	2,4	1,1	1,2	1,4
Max	3,4	2,4	5,0	4,0	3,0	3,1

1) Trächtigkeitswoche, 2) niedertragend, 3) laktierend, 4) hochtragend

Die erste Messung der GSH-Px-Aktivität im Plasma der Stuten auf der Weide (Probe '2') zeigte eine Spannweite von 1,0-3,4  $U_{37}/g$  PP und einen Median von 1,85  $U_{37}/g$  PP. Sieben Wochen später (Probe '3') lag der Median etwas höher (2,1  $U_{37}/g$  PP) bei einer kleineren Variationsbreite (1,4-2,4  $U_{37}/g$  PP). Nach der Futterumstellung zeigte sich bei Probe '4' ein Anstieg von Median, Quartilen und Minimal- und Maximalwert. Trotz ausreichender Selenversorgung waren Median, Quartile und Minimal- und Maximalwert nach fünf Wochen (Probe '5') erneut abgesunken. Betrachtet man die Mediane der Proben '5'-'7', so zeigte sich ein stetiger Abfall der GSH-Px-Aktivität im Plasma über diesen Zeitraum.

In Abb. 5.15. ist der chronologische Verlauf der GSH-Px-Aktivität im Plasma der Einzeltiere während des Untersuchungszeitraumes dargestellt.

Abb. 5.15.: Chronologische Darstellung der GSH-Px-Aktivität im Plasma der Stuten ( $U_{37}/g$  PP) im Verlauf der Trächtigkeit



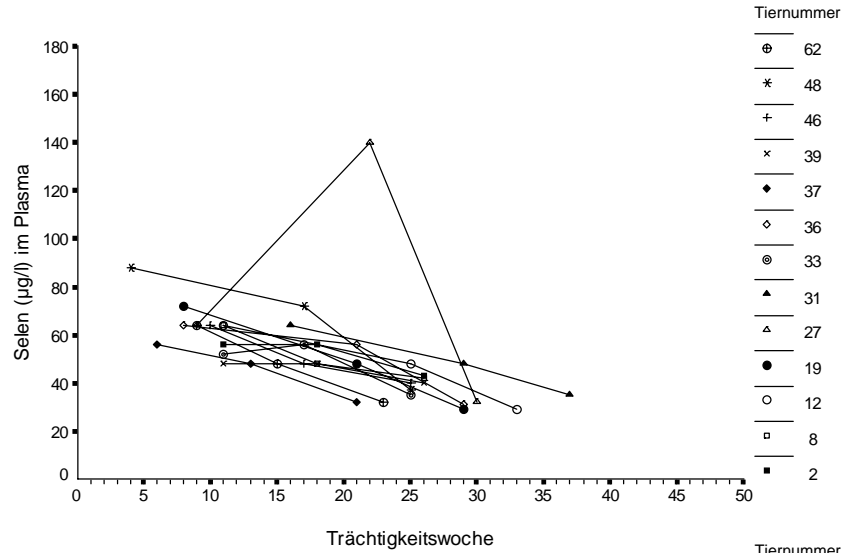
Das Verhalten der GSH-Px-Aktivität während der Weidehaltung war bei den Einzeltieren sehr unterschiedlich. Bei sieben Stuten stieg die GSH-Px-Aktivität im Plasma von Probe '2' auf Probe '3', bei fünf fiel diese im gleichen Zeitabschnitt. Nach dem Aufstallen der Tiere stieg die Aktivität der GSH-Px im Plasma aller Stuten zunächst an (Probe '4'), um zum nächsten Entnahmezeitpunkt (Probe '5') mit Ausnahme des Tieres Nr. 27 wieder abzufallen. Bei Tier Nr. 27 zeigte die Aktivität der GSH-Px im Plasma einen weiteren Anstieg auf 4,0  $U_{37}/g$  PP. Vier Wochen später (Probe '6') zeigten neun Tiere einen niedrigeren Wert als bei Probe '5', die Tiere Nr. 2 und 62 zeigten einen Anstieg der Aktivität der GSH-Px im Plasma. Zur letzten Probenentnahme einen Monat später war die GSH-Px-Aktivität im Plasma von vier Stuten abgefallen, bei vier Stuten war sie angestiegen. Ein einheitlicher Verlauf ist nur beim Anstieg aller Werte der GSH-Px-Aktivität im Plasma der tragenden Stuten nach der Aufstallung und höheren Selenaufnahme zu erkennen.



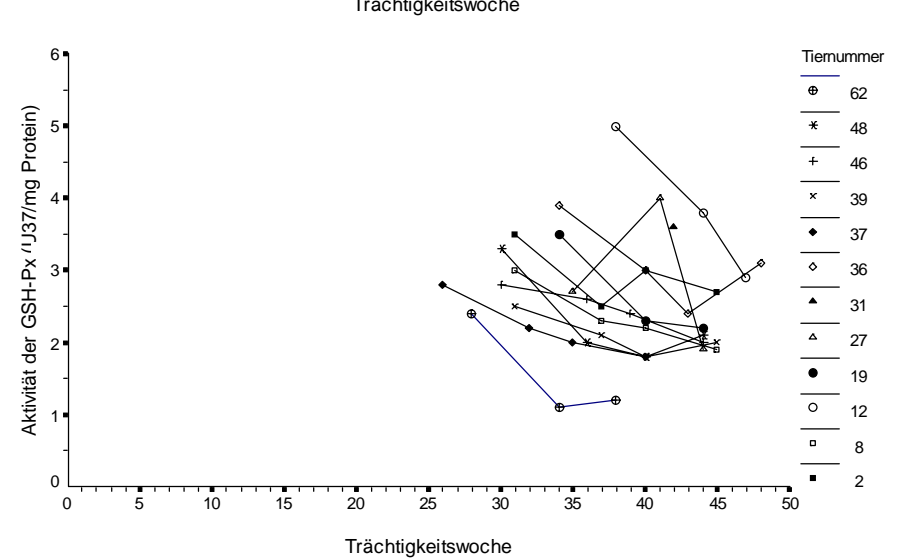
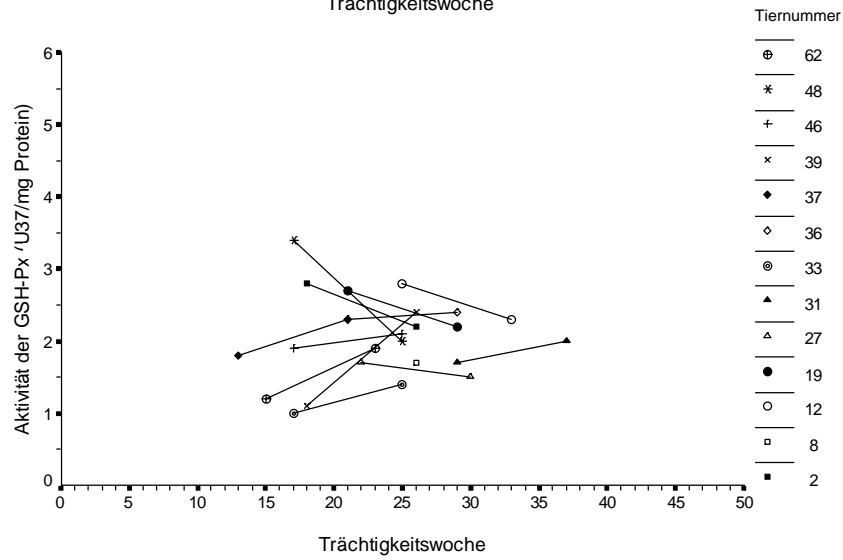
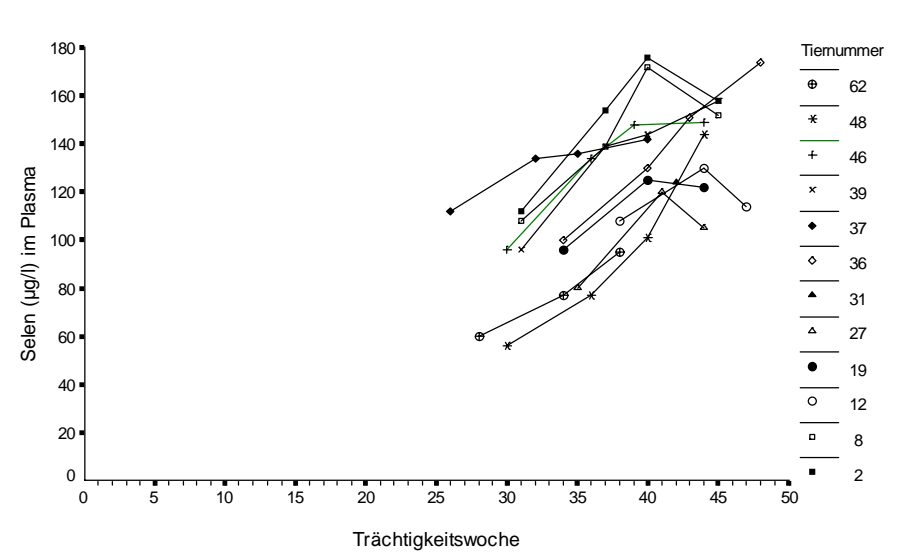
In Abb. 5.16. sind die GSH-Px-Aktivität und der Selengehalt im Plasma der Stuten im Verlauf der Trächtigkeit bezüglich der jeweiligen Trächtigungswoche jeweils für den Zeitraum der Weide- und der Stallhaltung in einzelnen Diagrammen dargestellt. Auffällig war der uneinheitliche Verlauf der GSH-Px-Aktivität in der Frühträchtigkeit während einer nicht den Bedarf deckenden Selenversorgung bei Weidehaltung. Betrachtet man den Verlauf der GSH-Px-Aktivität während der Stallhaltung, so zeigte sich eine abfallende Tendenz mit zunehmender Trächtigkeitsdauer, die durch die Mediane (Tab. 5.19.) bestätigt wird. Dies steht bis zur 40. Trächtigungswoche im Gegensatz zum Verlauf des steigenden Plasmaselengehalts. Nach der 40. Trächtigungswoche verhielt sich die Aktivität der GSH-Px im Plasma uneinheitlich; bei drei Stuten stieg sie an, bei sechs fiel sie ab.

Abb. 5.16.: Verlauf des Selengehalts und der GSH-Px-Aktivität im Plasma der Stuten während der Trächtigkeit bei Weidehaltung und bei Stallhaltung

### Weidehaltung



### Stallhaltung



### 5.7.2. GSH-Px-Aktivität im Plasma abgesetzter Fohlen

Bei den abgesetzten Fohlen wurde in den Blutproben der Probe '2a' die GSH-Px-Aktivität im Plasma bestimmt. Tier Nr. 33 hatte zu diesem Zeitpunkt das Gestüt verlassen und konnte nicht in die Untersuchung eingehen. Tab. 5.24. zeigt Median, Quartile, Minimal- und Maximalwert der ermittelten GSH-Px-Aktivität im Plasma von abgesetzten Fohlen.

Tab. 5.24.: GSH-Px-Aktivität im Plasma von Absatzfohlen ( $U_{37}/g$  PP) bei Stallfütterung

	Probe '2a'
n	12
$\tilde{x}$	4,0
$x_{(0,25)}$	2,9
$x_{(0,75)}$	4,9
Min	2,6
Max	5,6

Die Median, Minimal- und Maximalwerte der GSH-Px-Aktivität im Plasma der Fohlen im Alter von 8 bis 10 Monaten liegen geringfügig höher als die ihrer Mutterstuten, die am selben Tag genommen wurden (Probe '4').

### 5.7.3. Beziehung zwischen GSH-Px-Aktivität und Selengehalt im Plasma

Die Beziehung zwischen der GSH-Px-Aktivität und dem Selengehalt im Plasma tragender Stuten veranschaulicht Abb. 5.17..

Abb. 5.17.: Beziehung zwischen Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma von tragenden Stuten

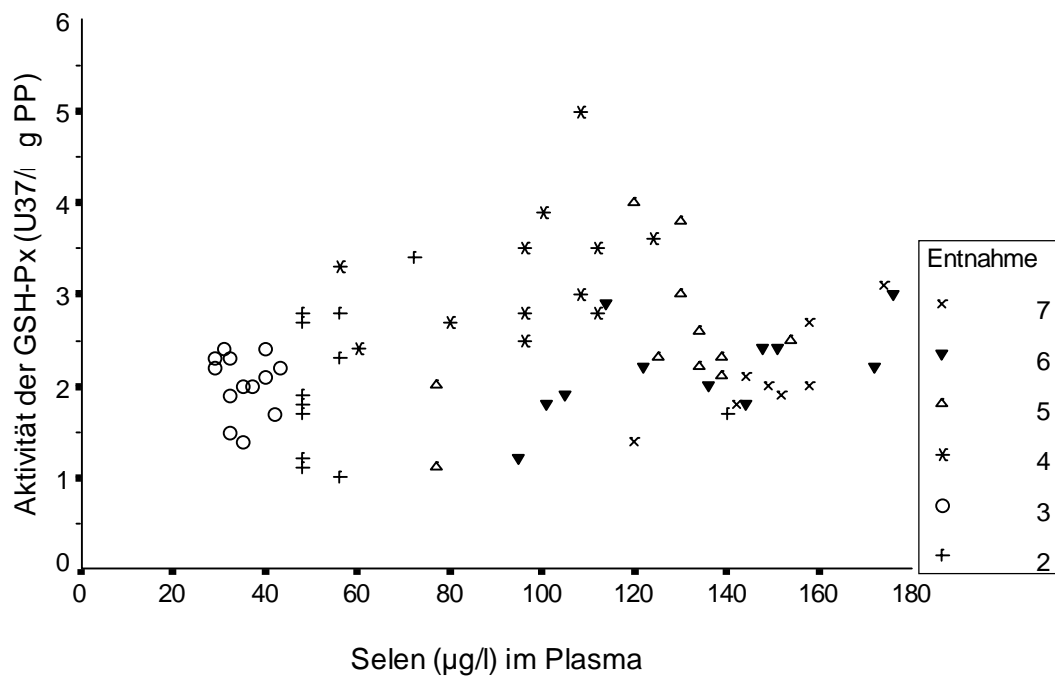
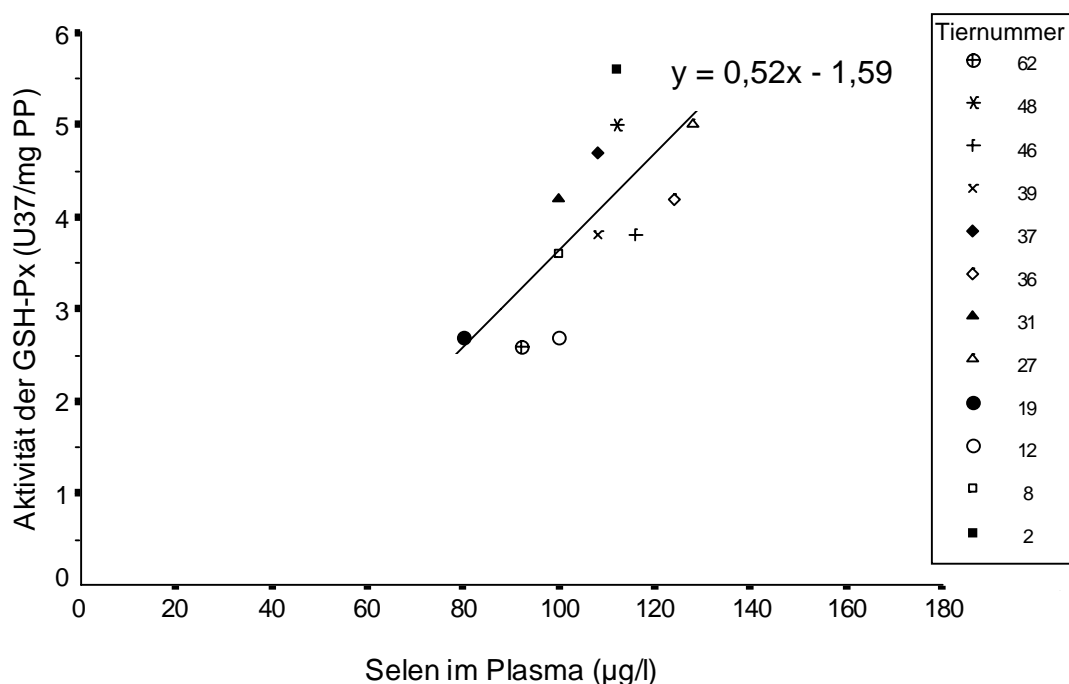


Abb. 5.18 stellt die Beziehung zwischen GSH-Px-Aktivität und Selengehalt im Plasma von Absatzfohlen dar. Der Standardfehler um die Regressionsgerade weist eine Höhe von  $s_{(y/x)} = 0,73 \text{ U}_{37}/\text{g PP}$  auf. Der Korrelationskoeffizient  $r = 0,71$  ( $p = 0,01$ ) kennzeichnet eine positive Beziehung. Das Verhalten der GSH-Px-Aktivität zum Selengehalt im Plasma der Fohlen steht im Gegensatz zu dem bei adulten Stuten ermittelten Ergebnis.

Abb. 5.18.: Beziehung zwischen Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma von Absatzfohlen ( $\text{U}_{37}/\text{g PP}$ )



## 5.8. Selengehalt in Stutenmilch

Bei zwei Stuten aus der Verlaufsuntersuchung wurde der Selengehalt im Kolostrum gemessen. Von zehn weitere Stuten wurden Milchproben im Verlauf der Laktation auf ihren Selengehalt untersucht. Den ermittelten Selengehalt der Stutenmilch des jeweiligen Laktationstags zeigt Tab. 5.25..

Tab. 5.25.: Selengehalt der untersuchten Stutenmilch ( $\mu\text{g/l}$ ) der 1.-8. Laktationswoche

Tier-Nr.	Laktations tag	Probe 'M <sub>1</sub> '	Laktations tag	Laktations woche	Probe 'M <sub>2</sub> '
19			5.	1.	15
62			10.	2.	10
46			13.	2.	7
39			14.	2.	11
8	1.	68	16.	3.	7
48			17.	3.	6
36			17.	3.	8
31			31.	5.	16
12	1.	159	49.	7.	12
27			54.	8.	11
	Kolostrum		1.-3. Woche <sup>1)</sup>		5.-8. Woche
n	2		7		3
$\bar{x}$	113,5		<b>8</b>		<b>12</b>
Min	68		6		11
Max	159		15		16

<sup>1)</sup> Laktationswoche

Auffällig ist der sehr hohe Selengehalt des Kolostrums im Vergleich zu dem Selengehalt der Milch in der späteren Laktation.

Die in der ersten bis dritten Laktationswoche entnommenen sieben Milchproben wiesen einen Selengehalt zwischen 6 und 15  $\mu\text{g/l}$  auf. Drei Milchproben, die zwischen der 5.-8. Laktationswoche genommen wurden, enthielten eine Selenkonzentration von 11-16  $\mu\text{g/l}$ . Dabei war ein Selengehalt über 10  $\mu\text{g/l}$  sowohl in den ersten beiden Laktationswochen, als auch in der weiter fortgeschrittenen Laktation (5.-8. Laktationswoche) zu verzeichnen. Der Median des Selengehalts in den Milchproben lag bei 11  $\mu\text{g/l}$ . Die zu geringe Probenzahl lässt keine Aussage über das Verhalten des Selengehalts in der Milch im Verlauf der Laktation zu.

## **6. Diskussion**

### **6.1. Zur Selenversorgung von Zuchtstuten und Fohlen**

In Deutschland ist eine ausreichende Selenversorgung der Pferde nicht immer gegeben (MEYER, et. al., 1995; HEIKENS, 1992; ZENTEK, 1991). Mögliche Folgen sind Reproduktionsstörungen, sowie Myopathien bei Fohlen (NMD) und adulten Pferden. Um Befunde zum Selenstatus des Pferdes zu erhalten, kann neben Futtermittelanalysen, der Selengehalt in Vollblut, Plasma oder Serum, sowie in Milch, Hufhornsubstanz oder Schweifhaaren bestimmt werden (PULS, 1994). Uneinheitlich sind angegebene Grenzwerte der Selenkonzentration in den einzelnen Körpersubstanzen für eine mangelhafte, marginale und ausreichende Versorgung mit dem Spurenelement Selen.

#### **6.1.1. Selenversorgung von Zuchtstuten über Grund- und Krafffutter**

Für den Selenbedarf von Zuchtstuten und Fohlen wird zur optimalen täglichen Versorgung eine Selenkonzentration zwischen 0,1 und 2,0 mg Se/kg TS in der Futterration empfohlen (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1979; NRC, 1989; GfE, 1994; PULS, 1994). Aufgrund dieser großen Spannweite der vorgeschlagenen Richtwerte für die Bedarfsdeckung sind weitere Studien über den Selenbedarf von Zuchtstuten und Fohlen zu fordern. Dies steht in Übereinstimmung mit DONOGHUE et al. (1990). Entscheidend ist die Definition des Bedarfs an Spurenelementen: Wird mit optimaler Versorgung lediglich die "Erhaltung des status quo" und damit die "Verhütung von Mangelkrankheiten" (z. B. NMD) gefordert, oder kann durch sehr hohe Aufnahmen am Rand der oberen Toleranzschwelle (siehe die Bedarfsangaben von PULS, 1994) eine "Verbesserung der Gesundheit" und Leistungsfähigkeit erreicht werden (MERTZ, 1997).

Die Aufnahme von Selen über das Futter ist abhängig vom Selengehalt der Grund- und Krafffuttermittel, sowie von deren Mengenanteil in der Ration. In vielen Regionen Deutschlands ist selbst die niedrigste empfohlene Selenkonzentration im Futter für Zuchtstuten und Fohlen (0,1 mg Se/kg TS, NRC, 1989) in den Grundfuttermitteln nicht vorhanden (BAHNERS, 1987; SPIEKERS et al., 1990; HEIKENS, 1992). In der vorliegenden Arbeit wurde in den Grundfuttermitteln Gras, Grassilage, Luzerneheu, Wiesenheu und Stroh ein Selengehalt von 0,01-0,1 mg

Se/kg TS gemessen. Bei ausschließlicher Fütterung der Pferde mit Grundfutter war eine Deckung des Selenbedarfs nicht zu erreichen. In wirtschaftseigenen Kraftfuttermitteln (Hafer, Mais) lag der Selengehalt mit 0,01-0,03 mg Se/kg TS ebenfalls weit unter den Bedarfsempfehlungen. Zugekaufte Einzelfuttermittel wie Sojaschrot, melassierte Trockenschnitzel und Bierhefe beinhalteten eine Selenkonzentration zwischen 0,03-0,15 mg Se/kg TS. Für alle in dieser Untersuchung analysierten Einzelfuttermittel ist der Selengehalt als ergänzungsbedürftig einzustufen. Einen höheren Selenwert wiesen industrielle Mischfuttermittel (0,42-0,56 mg Se/kg TS) und Mineralfuttermittel (3,8-4,6 mg Se/kg uS) auf, denen das Spurenelement Selen zugesetzt wurde. Mit 71-95% bildeten die Kraft- und Mineralfuttermittel den Hauptanteil der Selenversorgung der Pferde in den untersuchten Betrieben (Abb. 5.1.).

Als Richtwert für eine bedarfsdeckende Selenversorgung wurde der von der GfE (1994) empfohlene Selengehalt der Ration von 0,15-0,2 mg Se/kg TS verwendet. In drei Gestüten (Betrieb 1, 2, 4) wurde die Selenkonzentration der Futtermittel mittels der durch die Gestütsleitungen zur Verfügung gestellten Angaben über die verabreichten Futtermengen berechnet. In Betrieb 1 und 2 wurde die zur Bedarfsdeckung notwendige Selenkonzentration in der Ration für tragende und laktierende Stuten zum Zeitpunkt der Probenentnahme weitestgehend erfüllt. Alle Stuten erhielten in Betrieb 1 eine Ration mit höherem Selengehalt als die im entsprechenden Leistungsstand befindlichen Tiere aus Betrieb 2 und 4. Dabei lag der Anteil an Selen aus Kraftfuttermitteln mit 94% bzw. 95% in Betrieb 1 am höchsten. In Betrieb 2 wurde bei den tragenden Stuten 93% der Selenversorgung durch Kraftfuttermittel abgedeckt. Der Rest verteilte sich auf Gras, Grassilage und Luzerneheu. Bei den laktierenden Stuten in Betrieb 2 konnte mit einem Anteil an Selen aus dem Grundfutter von 29% eine ausreichende Selenversorgung erreicht werden. Dies war durch den relativ hohen Selengehalt des Weidegrases von 0,10 mg Se/kg TS möglich. In Betrieb 4 wurden die Bedarfsangaben zur Selenversorgung nicht bzw. nur marginal erfüllt. Dabei stellte das eingesetzte Mineralfuttermittel jeweils 67% bzw. 65% des Anteils der Selenmenge in der Ration bereit. Der Meßwert von 4,6 mg Se/kg uS im Mineralfutter aus Betrieb 4 unterschied sich erheblich von der mit 10,0 mg Se/kg uS angegebenen Menge des Herstellers. Als möglicher Grund für diese Differenz ist eine Entmischung der Mineralfuttermischung anzunehmen. Den Problemen der Entmischung und der



nicht immer vollständigen Aufnahme von pulverförmigen Futtermitteln ist mit einem pelletierten Ergänzungsfuttermittel, wie in den Betrieben 1 und 2 eingesetzt, zu begegnen. Von Betrieb 3 war keine Mengenangabe zu den täglich verabreichten Futtermitteln zu erhalten. Dennoch läßt der Selengehalt der eingesetzten Rationskomponenten auf eine niedrige Selenversorgung schließen. Es wurde zum einen ein nicht bedarfsdeckender Selengehalt des Grundfutters gemessen, zum anderen konnte auch mit der Vielzahl der eingesetzten Kraftfuttermittel (pelletiertes Kraftfutter, Hafer, Mais, Trockenschnitzel) und Supplementierung durch ein Mineralfuttermittel mit niedrigem Selengehalt das Defizit nicht ausgeglichen werden.

Im Rahmen der Verlaufsuntersuchung bei tragenden Stuten wurde der Selengehalt der Futterration unter unterschiedlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen überprüft. Die tragenden und in den ersten Monaten der Trächtigkeit noch laktierenden Stuten wurden während des Sommers bis Mitte November ausschließlich auf der Weide gehalten und erhielten kein Ergänzungsfuttermittel. Der Selengehalt im Gras lag bei 0,03 mg Se/kg TS. Bei einer Futteraufnahme von 12 kg TS ergab sich eine deutlich zu niedrige Selenaufnahme von 0,36 mg Se/d (Bedarf für Zuchtstuten mit 500 kg LM nach MEYER, 1995: 1,5 mg Se/d). Nach dem Aufstallen Mitte November und der Umstellung der Fütterung auf Heu, Grassilage und pelletiertes Kraftfutter (0,19 mg Se/kg TS in der Ration) stieg die tägliche Selenaufnahme auf 1,84 mg Se an und deckte somit den Bedarf an dem Spurenelement ausreichend.

### **6.1.2. Selenversorgung von Saugfohlen**

Die Selenaufnahme über die Milch wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfaßt. Nach BERGSTEN et al. (1970) besteht beim Pferd eine positive Beziehung zwischen dem Selengehalt im Blut und in der Milch, so daß der Versorgungsstatus der Mutterstute, ermittelt über den Plasmaselengehalt, die Selenversorgung des Fohlens reflektiert. In der vorliegenden Untersuchung lag der Plasmaselengehalt von Fohlen (>14 Tage alt) ausreichend versorgter Mutterstuten höher als der von Fohlen marginal versorgter Stuten. Der Milchselengehalt scheint gemäß LEE et al. (1995) und HOSPES et al. (1996) aufgrund eines niedrigen Wertes eine eher nebensächliche Rolle in der Selenversorgung der Saugfohlen zu spielen. Dies

stellte auch SCHOLZ (1991) für die Versorgung des Kalbes fest, insbesondere bei einer marginalen Selenversorgung des Muttertieres. Diese Aussage kann durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden. Von zehn Stuten, die während der Hochträchtigkeit eine ausreichende Selenaufnahme über das Futter aufwiesen, wurden im Rahmen der Verlaufsuntersuchung Milchproben entnommen und analysiert. Der ermittelte Selengehalt sicherte eine nur marginale Versorgung der Fohlen. Dagegen fanden SONNTAG et al. (1996), daß der Selengehalt der von ihnen untersuchten Stutenmilch, eine 3,8-5,0fache Deckung des Selenbedarfs von ca. drei Monate alten Fohlen gewährleistete.

## **6.2. Zum Plasmaselengehalt von Stuten und Saugfohlen aus den Bestandsuntersuchungen**

In vier Betrieben wurde der Plasmaselengehalt von 123 verschiedenen Zuchtstuten der Rasse "Englisches Vollblut" und 87 Saugfohlen bestimmt. Der Selengehalt im Plasma der Stuten dokumentierte mit Werten von 29-176 µg/l eine große Spannweite. Bei den Saugfohlen wurden Werte von 32-144 µg/l gemessen.

Der Plasmaselengehalt der Stuten und Fohlen eines Gestütes wies bei gleicher Fütterung eine erhebliche Variationsbreite auf. Die größte Variationsbreite zeigte der Plasmaselengehalt der 46 tragenden Stuten in Betrieb 1. Bei ausreichender Selenaufnahme über das Futter enthielt deren Plasma zwischen 48-176 µg/l Selen. In Betrieb 4 wurde bei 15 tragenden Stuten, deren Selenaufnahme den Bedarf nur marginal erfüllte, ein Plasmaselengehalt zwischen 40-136 µg/l gemessen. Nach ULLREY (1987) und MEYER (1990) ist bei einem Plasmaselengehalt von 80-120 µg/l und nach HEIKENS (1992), STOWE und HERDT (1992) und PULS (1994) bei 130-140 µg/l von einer ausreichenden Selenversorgung auszugehen. Betrachtet man die Mediane des Plasmaselengehalts der tragenden und laktierenden Stuten der einzelnen Gestüte bezüglich des aufgenommenen Selens, läßt sich bei unterschiedlichem Versorgungsstatus eine Übereinstimmung mit den von PULS angegebenen Richtwerten für mangelhafte (<53 µg/l), marginale (53-140 µg/l) und ausreichende (>140 µg/l) Selenversorgung feststellen (Abb. 5.2., Abb. 5.3.). Es zeigte sich, daß bei alleiniger Betrachtung von Meßdaten einzelner Tiere aufgrund der hohen Variationsbreite in der Herde Fehleinschätzungen bezüglich der Selenversorgung über das Futter möglich sind.

Über genetische Unterschiede des Selengehalts und der GSH-Px-Aktivität im Blut wurde bei Schwein (STOWE und MILLER, 1985), Rind und Schaf (WIENER und WOOLLIAMS, 1983) berichtet. Für das Pferd sind Rassenunterschiede bezüglich des Selengehalts im Blut bei vergleichbarer Fütterung bekannt (STOWE, 1967; HAYES et al., 1987). In einzelnen Fällen kann eine Maldigestion oder Malabsorption von Proteinen trotz ausreichender Selenversorgung zu einem niedrigen Selengehalt im Plasma führen (OSTER und SIEVERS, 1995). Worauf die teilweise beträchtlichen Unterschiede im Plasmaselengehalt der Einzeltiere beruhen, wurde in dieser Untersuchung nicht geklärt. Es ist aufgrund der Ergebnisse zu empfehlen, bei Verdacht auf Selenmangel immer mehrere Tiere eines Bestandes in die Ermittlung des Plasmaselengehalts miteinzubeziehen.

Mehrere Autoren haben den Plasmaselengehalt von Pferden diverser Betriebe und unterschiedlicher Regionen beschrieben und Differenzen festgestellt. Diese sind in der Regel durch eine variierende Selenkonzentration der Futtermittelration zu erklären (HEIKENS, 1992; MAYLIN et al., 1980; STOWE, 1967). Die in Kapitel 6.1. aufgeführten betrieblichen Unterschiede in der Selenaufnahme über das Futter spiegeln sich auch im signifikanten Unterschied des Plasmaselengehalts der Stuten wider (Abb. 5.2., 5.3. und Tab. 5.6, 5.7.). Dabei zeigten die tragenden und die laktierenden Stuten aus Betrieb 3 und 4, beide mit einer niedrigen bzw. nicht ausreichenden Selenversorgung über das Futter, jeweils signifikant niedrigere Plasmaselenwerte als die Stuten aus Betrieb 1 und 2. Lediglich die laktierenden Stuten aus den Betrieben 1 und 2 zeigten trotz unterschiedlichen Selengehalts der Futtermittelration keinen signifikanten Unterschied des Plasmaselengehalts. Da die Selenversorgung in den Futtermittelrationen dieser beiden Gruppen den Bedarf jeweils geringfügig überschritt, ist dies mit einer Plateaubildung des Plasmaselengehalts bei bedarfsdeckender Selenzufuhr zu erklären (SHELLOW et al., 1985; MAYLIN et al., 1980; STOWE, 1967).

### 6.2.1. Beziehung des Plasmaselengehalts zwischen Stute und Fohlen

In der vorliegenden Untersuchung war der Selengehalt im Plasma von Saugfohlen bis zum Alter von vier Monaten niedriger als der ihrer Mutterstuten. Das Verhältnis des Plasmaselengehalts zwischen Stute und Fohlen lag ungefähr bei 2 : 1, wobei das Verhältnis enger wurde, je niedriger der Wert im Plasma der Stuten lag. Auch STOWE (1967), BERGSTEN et al. (1970), MAYLIN et al. (1980) und HOSPES et al. (1996) fanden einen niedrigeren Selengehalt im Plasma des Saugfohlens im Vergleich zu dem der Mutterstute. MAYLIN et al. (1980) und HOSPES et al. (1996) beschreiben ebenfalls ein Verhältnis von ca. 2 : 1. KOLLER et al. (1984) geben an, daß das Kalb in der Lage ist, bei niedriger Selenversorgung der Kuh Selen gegen einen Konzentrationsgradienten anzusammeln. BOSTEDT und SCHRAMMEL (1983) vermuten für Selen einen aktiven Transport von der mütterlichen zur fetalen Seite. Diese Aussagen könnten eine Erklärung für das enger werdende Verhältnis des Plasmaselengehalts zwischen Stute und Fohlen bei niedrigerem Wert der Stute geben.

Drei Stuten-Fohlen-Paare bildeten eine Ausnahme, wobei zweimal der Plasmaselengehalt des Fohlens etwas über dem der Mutterstute lag, bei einem Paar wurde der gleiche Wert gemessen. Diese Ausnahmen waren jedoch nicht nur bei niedrigem Plasmaselengehalt der Mutterstute, wie bei MAYLIN et al. (1980), zu finden. BERGSTEN et al. (1970) beschrieben bei einem Vollblutselengehalt der Stute von  $<40 \mu\text{g/l}$  sogar einen höheren Selengehalt im Vollblut des Fohlens.

Bei 29 Fohlen ( $\leq 14$  Tage alt) wurde der Plasmaselengehalt in Bezug zu dem der tragenden Mutterstute ( $r_s = 0,52$ ;  $p = 0,004$ ) und bei 51 Fohlen ( $>14$  Tage alt) der Plasmaselengehalt in Bezug zu dem der laktierenden Mutterstute ( $r_s = 0,47$ ;  $p = 0,001$ ) gesetzt. Es lag eine positive Korrelation des Selengehalts im Plasma der Saugfohlen zum Plasmaselengehalt der jeweiligen Mutterstute vor, wenn auch die Korrelationskoeffizienten keine sehr enge Beziehung beschreiben. Letztendlich ist eine verlässliche Aussage über die Abhängigkeit des Plasmaselengehalts des Fohlens von dem der Mutterstute nur mit Einschränkung möglich.

### **6.3. Zum Einfluß von Trächtigkeit und Wachstum auf Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma**

#### **6.3.1. Plasmaselengehalt bei Stuten im Verlauf der Trächtigkeit**

Bei dreizehn Stuten eines Gestütes wurde der Plasmaselengehalt während der Trächtigkeit (4.-48. Trächtigkeitswoche) verfolgt. Die Selenaufnahme wurde über die Selenkonzentration der Futtermittel ermittelt. Während der Sommermonate (Juni - Oktober) wurden die Stuten ausschließlich auf der Weide gehalten und bekamen kein Ergänzungsfutter. Wie in Kapitel 5.2.2. beschrieben, betrug die tägliche Selenaufnahme der niedertragenden Stuten 0,36 mg Se/d. Bei Stallhaltung wurde eine tägliche Selenaufnahme 1,84 mg Se/d aus dem Selengehalt von Wiesenheu, Grassilage und pelletiertem Ergänzungsfutter berechnet. Aufgrund unterschiedlicher Haltungs- und Fütterungsweisen in Sommer und Winter waren die gewonnenen Ergebnisse bezüglich des Verlaufs des Plasmaselengehalts der Stuten während der Trächtigkeit nur bedingt bewertbar. Erschwerend kamen die uneinheitlichen Deckdaten der Stuten und somit unterschiedliche Trächtigkeitsstadien zu den Probenentnahmetermen hinzu. Einheitlich war der sinkende Verlauf des Plasmaselengehalts bei nicht bedarfsdeckender Selenversorgung (Weidehaltung) im ersten Trächtigungsabschnitt der Stuten (4.-37. Trächtigungswoche). Nach fünfmonatigem Weideaufenthalt zeigten die dreizehn tragenden Stuten einen Plasmaselengehalt von 29 - 43 µg/l ( $\bar{x}$  = 35 µg/l). Diese Werte lagen alle im Bereich mangelhafter Selenversorgung (<60 µg/l) (ANDERSON et al., 1978; SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1979; MEYER, 1990; HEIKENS, 1992; STOWE und HERDT, 1992; PULS, 1994; MEYER, 1995). Von einer Untersuchung in Virginia und Maryland (USA) berichteten CRISMAN et al. (1994), daß Pferde, die mehr als 50% der Zeit auf der Weide verbrachten, einen signifikant niedrigeren Selengehalt im Blut aufwiesen ( $\bar{x}$  = 124 µg/l, s = 0,002 µg/l) als Tiere, die weniger als 50% der Zeit auf der Weide waren ( $\bar{x}$  = 144 µg/l, s = 0,005 µg/l). Der ermittelte Plasmaselengehalt der Pferde (n = 346) dieser Untersuchung lag jeweils im marginalen bis ausreichend versorgten Bereich.

Nach der Futterumstellung auf bedarfsdeckende Selenkonzentration in der Ration der tragenden Stuten der Verlaufsuntersuchung stieg der Plasmaselengehalt bei allen Tieren um 16-89 µg/l auf 77-154 µg/l ( $\bar{x}$  = 130 µg/l) an. Die Pferde waren

zum Zeitpunkt der ersten Probenentnahme im Stall (Probe '4') in der 27.-40. Woche tragend. Bemerkenswert ist der sinkende Plasmaselengehalt zwischen der 40.-45. Trächtigkeitswoche bei vier Stuten um 3-20 µg/l. Eine Stute zeigte erst zwischen der 44.-47. Trächtigkeitswoche einen Abfall des Plasmaselengehalts um 16 µg/l. Bei zwei Stuten stieg der Plasmaselengehalt zwischen der 40.-48. Trächtigkeitswoche um 43-44 µg/l an, ein Tier zeigte keine Änderung (Abb. 5.9. und 5.16.). Über einen kontinuierlichen Abfall des Plasmaselengehalts während der Trächtigkeit wird bei Sauen (EINBERGER und KIRGESSNER, 1990) und Ratten (SMITH und PICCIANO, 1986) berichtet. Der maternale Selenpool wird in der Hochträchtigkeit zur Versorgung des schnell wachsenden Foetus und zur Produktion des Kolostrums benötigt (MACPHERSON, 1994). Dies könnte zu einem Abfall des mütterlichen Plasmaselengehalts bei nicht ausreichend gefülltem Selenspeicher des Organismus führen. MACPHERSON (1994) erwähnt vier Untersuchungen, die einen Abfall des Plasmaselengehalts im Verlauf der Schwangerschaft beim Menschen bis zur Entbindung beschreiben. Zwei weitere Untersuchungen in selenreichen Gegenden (Süd-Dakota; Japan) konnten dies nicht bestätigen. Es ist zu vermuten, daß bei gefülltem Selenspeicher im Organismus dieser ausreicht, um den Bedarf des Foetus zu decken, ohne den Selengehalt im Blut der Mutter zu verändern (MACPHERSON, 1994). Diese Aussage könnte den Abfall bzw. Anstieg des Plasmaselengehalts der hochtragenden Stuten in der Untersuchung erklären. Da Selen im Plasma größtenteils proteingebunden vorliegt (ÅKESSON, 1987), könnte jedoch auch ein abnehmender Plasmaproteingehalt diesen Verlauf induzieren. In Anlehnung an das Ergebnis der Untersuchung von EINBERGER und KIRCHGESSNER (1990) beim Schwein wurde der Plasmaselengehalt der tragenden Stuten im Verhältnis zum Plasmaproteingehalt untersucht. Unter Einbeziehung dieser Größe trat kein Abfall des Plasmaselengehalts in der Hochträchtigkeit auf (Abb. 5.10.).

### **6.3.2. GSH-Px-Aktivität im Plasma bei Stuten im Verlauf der Trächtigkeit**

Aus den Plasmaproben von Stuten im Verlauf der Trächtigkeit wurde auch die Aktivität der GSH-Px bestimmt. Nach der Aufstallung im November und damit erhöhter Selenkonzentration der Futterration lag die GSH-Px-Aktivität im Plasma bei allen Stuten um 0,1-2,7 U<sub>37</sub>/g PP höher als bei der letzten Probenentnahme auf der Weide. Betrachtet man die Mediane der Werte nach erfolgter Aufstallung in der 27.-40. Trächtigungswoche bis zum Ende der Untersuchung, so fällt im Gegensatz zum kontinuierlichen Anstieg des Plasmaselengehalts ein kontinuierlicher Abfall der GSH-Px-Aktivität im Plasma auf. Nach der 40.-43. Trächtigungswoche verhielten sich die Werte unheitlich, bei drei Stuten stiegen sie erneut an, bei sechs Tieren fielen sie weiter ab (Abb. 5.16.). Einen Abfall der GSH-Px-Aktivität in der Hochträchtigkeit beobachteten NEUMANN (1987), sowie EINBERGER und KIRCHGESSNER (1990) beim Schwein. Sie führten diesen Abfall der GSH-Px-Aktivität im Plasma, ebenso wie MACPHERSON (1994), auf einen gesteigerten transplazentaren Übergang von Selen während der Hochträchtigkeit zurück.

### **6.3.3. Plasmaselengehalt im Verlauf der Aufzucht von Saugfohlen bis nach dem Absetzen**

Der Plasmaselengehalt von Fohlen zeigte in den ersten fünf Lebensmonaten kaum eine Veränderung. Es kann davon ausgegangen werden, daß mit dem Absetzen im Alter von ca. sechs Monaten durch die veränderte Futteraufnahme eine erhöhte Selenzufuhr erfolgte. Der Median des Plasmaselengehalts stieg von 62 µg/l bei Fohlen im 3.-5. Lebensmonat auf 108 µg/l im 8.-10. Lebensmonat. MAYLIN et al. (1980) verfolgten den Selengehalt im Vollblut von Fohlen während der ersten 10 Lebenswochen. Ohne zusätzliche Selenverabreichung an Stute und Fohlen blieb der Selengehalt im Vollblut der Tiere auf dem gleichen Niveau. Bei Selensupplementierung von Stute und Fohlen zeigte der Selengehalt im Vollblut des Fohlens einen kontinuierlichen Anstieg. STOWE (1967) fand bei Absatzfohlen einen Selengehalt im Serum in Höhe des Gehalts bei adulten Pferden. Dies konnte in dieser Untersuchung bestätigt werden.

#### 6.4. **Beziehung zwischen Plasmaselengehalt und Gesundheitsstatus der Pferde**

Im Rahmen der Bestandsuntersuchung wurden von den Gestütsleitern Fragebögen ausgefüllt, um den gesundheitlichen Status der untersuchten Pferde beurteilen zu können (Abb. 4.4.). Für einige Tiere konnten keine vollständigen Angaben gemacht werden, da diese den Betrieb verlassen hatten. Als klinisch gesund wurden die Stuten-Fohlen-Paare bezeichnet, für die alle der folgenden Parameter zutrafen:

- \* Verlauf der Geburt '95 ohne oder unter leichter Zughilfe, Fohlen vital
- \* Verlauf des Puerperiums ohne Komplikationen
- \* erneut tragend '95 und lebendes Fohlen '96
- \* keine Erkrankungen während des Untersuchungszeitraumes
- \* Fohlen '95 ohne Erkrankungen und nach ca. vier Monaten dem Alter entsprechend entwickelt

Als erkrankt wurden die Pferde bezeichnet, für die mindestens eine der in Kapitel 5.4. aufgelisteten Gesundheitsstörungen bekannt wurde. Zwischen Plasmaselengehalt und klinischer Gesundheit der Stuten und Fohlen konnte in dieser Untersuchung keine Beziehung gefunden werden. Im Vergleich des Plasmaselengehalts klinisch gesunder Pferde mit dem klinisch erkrankter Pferde ließen sich keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Tendenziell wiesen die erkrankten Tiere mit einem durchschnittlichen Plasmaselengehalt von 110 µg/l (tragende Stuten), 127 µg/l (laktierende Stuten) und 63 µg/l (Fohlen) eher einen gering höheren Plasmaselengehalt als die Gesunden mit 120 µg/l (tragende Stuten), 138 µg/l (laktierende Stuten) und 64 µg/l (Fohlen) auf (Tab. 5.14.-5.16.). Nutritive Muskeldystrophie (NMD) trat im Zeitraum der vorliegenden Untersuchungen in den vier Betrieben nicht auf und wurde auch in den Vorberichten nicht erwähnt. Auch in der Untersuchung von HEIKENS (1992) wurden trotz niedrigem Selenversorgungsstatus der Tiere im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt selenbedingte Erkrankungen beobachtet. WINTZER (1997) erläutert, daß besonders beim adulten Pferd Auswirkungen eines Selenmangels auf die Gesundheit meist nur subklinisch auftreten.



Nach MEYER (1995) sind bei einer Versorgung unter 0,025 mg Se/kg TS mit sehr großer Wahrscheinlichkeit Störungen bei Föten und Neugeborenen zu erwarten. In der vorliegenden Verlaufsuntersuchung an dreizehn Stuten war während der Trächtigkeit eine Selenunterversorgung (0,03 mg Se/kg TS) bei Weidehaltung im niedertragenden Stadium der Stuten gegeben. Zwölf dieser Stuten konnten weiterverfolgt werden und brachten gesunde Fohlen zur Welt. Bei diesen waren auch während der Aufzucht (bis zum Alter von einem Jahr) keine negativen Einflüsse auf den Gesundheitsstatus zu verzeichnen. In diesem Fall hatte somit eine Selenmangelversorgung der Stuten in den ersten Monaten der Trächtigkeit keine erkennbaren gesundheitlichen Nachteile für die Fohlen zur Folge. Dabei ist zu beachten, daß alle Stuten während der Stallperiode in der Hochträchtigkeit sowohl in der Zeit vor der Untersuchung, als auch im Verlauf der Untersuchung ausreichend mit Selen versorgt waren.

## **6.5. Wertung von Blutparametern zur Beurteilung der Selenversorgung**

### **6.5.1. Beurteilung des Selenstatus mittels des Plasmaselengehalts**

Der Selengehalt in Plasma und Serum wird direkt von der Höhe des aufgenommenen Selens (oral oder parenteral) beeinflusst (STOWE, 1967; BERGSTEN et al., 1970; HEIKENS, 1992; GREIWE-CRANDELL et al., 1992). Dies konnte auch in dieser Studie bestätigt werden. Die Beurteilung sollte jedoch aufgrund der hohen individuellen Schwankungen bei gleicher Selenversorgung möglichst nicht auf Messungen am Einzeltier beruhen, sondern stets mehrere Tiere eines Bestandes miteinbeziehen. Wird Selen über den optimalen Bedarf hinaus supplementiert, so erreicht der Plasmaselengehalt ein Plateau (100-160 µg/l) und steigt gewöhnlicherweise langsam weiter an (MAYLIN et al., 1980; STOWE, 1967; SHELLLOW et al., 1985; ULLREY, 1987). LOMBECK und MENZEL (1994) fanden beim Menschen diese Plateaubildung nur bei Supplementierung mit Natriumselenit. Wurde Selenomethionin zugeführt, stieg der Selengehalt im Plasma weiter an. Die meisten Fütterungsversuche wurden mit Natriumselenit durchgeführt. WHANGER und BUTLER (1988) weisen jedoch darauf hin, daß bei einer Fütterung von Selenomethionin der Blutselengehalt keineswegs stellvertretend für den verfügbaren Selengehalt des Organismus interpretiert werden darf, da es Anstelle

der schwefelhaltigen Aminosäure in Proteine eingebaut werden kann und damit zunächst nicht dem metaboisch aktiven Selenpool zur Verfügung steht (WOLFFRAM, 1995; JANGHORBANI et al., 1990). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kann keine Aussage über den Verlauf des Plasmaselengehalts bei den Bedarf erheblich übersteigenden Selenkonzentrationen im Futter gemacht werden.

Bei der Beurteilung des Plasmaselengehalts ist zu beachten, daß nur ca. 7-8% des Selengehalts des Organismus im Plasma zu finden sind (BEHNE und WOLTERS, 1983) und keine zuverlässige Aussage über den Selenstatus anderer Gewebe anhand alleiniger Messung des Plasmaselengehalts möglich ist. Es ist daher empfehlenswert, die Selenkonzentration eines weiteren Gewebes, z. B. der Erythrozyten, zu erfassen (HAAS, 1994). Aufgrund der hohen Proteinbindung von Selen im Plasma sollte bei einer Beurteilung des Plasmaselengehalts der Plasmaproteingehalt miteinbezogen werden (ÅKESSON, 1987).

#### **6.5.2. Beurteilung des Selenstatus mittels des Selengehalts im Vollblut**

Der Selengehalt im Vollblut der tragenden Stuten dieser Untersuchung zeigte eine positive Korrelation zum Selengehalt im Plasma und ist somit auch als Parameter zur Ermittlung des Versorgungsstatus des Pferdes geeignet. Dies steht im Einklang mit den Aussagen von RONEUS (1982) und MAYLIN et al. (1980). Zu beachten ist die verzögerte Reaktion des Selengehalts im Vollblut auf Änderungen der Selensupplementierung. Da der größere Selenanteil im Blut in den Blutzellen inkorporiert vorliegt, steigt die Selenkonzentration aufgrund der Lebensdauer der roten Blutkörperchen (140-150 Tage beim Pferd, CORNELIUS et al., 1960) erst verzögert an und kann somit nur für eine längerfristige Beurteilung der Selenversorgung des Organismus verwendet werden (ULLREY, 1987; HEIKENS, 1992; SHELLLOW et al., 1985). Da während der Verlaufsuntersuchung nur bei ausreichender Selenkonzentration im Futter der Selengehalt im Vollblut bestimmt wurde, ist eine verlässliche Aussage über die Zeitdauer bis zur Änderung der Werte nicht möglich. Die erste Blutentnahme erfolgte zwei Wochen nach Futterumstellung. Der Selengehalt im Vollblut der Stuten lag zu diesem Zeitpunkt mit 82-148 µg/l im Bereich mangelhafter Selenversorgung. Sechs Wochen später war ein mittlerer Anstieg um 32 µg/l, weitere vier Wochen später um 35 µg/l erfolgt. Diese Werte

beschreiben einen flacheren Anstieg des Selengehalts im Vollblut als im Plasma nach Erhöhung der Selenkonzentration der Futtermittel, dies spiegelt eine verzögerte Reaktion auf die erfolgte Selensupplementierung wider.

### **6.5.3. Beurteilung des Selenstatus mittels der GSH-Px-Aktivität im Plasma**

Der GSH-Px-Aktivitätsmessung in Vollblut, Erythrozyten oder Plasma wird eine Bedeutung in der Diagnostik des Selenstatus des Pferdes zugesprochen (CAPLE et al., 1978; RONÉUS und LINDHOLM, 1983; HEIKENS, 1992; MEYER et al., 1995). In Übereinstimmung mit SHELLOW et al. (1985) ( $r = 0,28$ ) wurde ein Korrelationskoeffizient von  $r_s = 0,24$  ( $p = 0,05$ ) für die Beziehung Selengehalt und GSH-Px-Aktivität im Plasma beim adulten Pferd ermittelt. In der Beurteilung des Parameters besteht zusätzlich die Schwierigkeit der Verwendung unterschiedlicher Einheiten in den Labors (STOWE und HERDT, 1992; ULLREY, 1987; RONÉUS, 1982). Ein Testkit (Ransel; Randox Laboratories) zur Analyse der GSH-Px-Aktivität in Erythrozyten brachte gute Ergebnisse in Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Untersuchung von Rinderblutproben (RICE und BLANCHFLOWER, 1986). Durch einen standardisierten Testkit könnte die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zur selenabhängigen GSH-Px-Aktivität unterschiedlicher Untersuchungslabors sicher erleichtert werden.

## **6.6. Schlußfolgerung**

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

- Für die Beurteilung der Selenversorgung von Zuchtstuten und Fohlen ist der Plasmaselengehalt ein geeigneter Parameter, insbesondere wenn Blutproben mehrerer Tiere als Stichprobe eines Bestandes zum selben Zeitpunkt von einem Labor analysiert werden. Da der Plasmaselengehalt eine enge Beziehung zum Selengehalt der Futtermittel aufweist, wird ein ebenso gutes Ergebnis erzielt wie bei der Untersuchung der Futtermittel.

- Der aktuelle Versorgungsstatus der Tiere wird durch den Plasmaselengehalt dokumentiert. Der Selengehalt im Vollblut kann zur längerfristigen Beurteilung der Futterration der letzten zwei bis drei Monate herangezogen werden.
- Die Messung der GSH-Px-Aktivität im Plasma ist kein geeigneter Parameter zur Ermittlung des Versorgungsstatus, da zuverlässige Referenzparameter fehlen und eine niedrige Korrelation zum Plasmaselengehalt festgestellt wurde.
- Ein Zusammenhang zwischen Plasmaselengehalt und Gesundheitsstatus konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden.
- Für eine ausreichende Selenversorgung von graviden und laktierenden Vollblutstuten ist eine Aufnahme von mindestens 1,5 mg Se/d (500 kg LM) zu empfehlen.
- Weitere Untersuchungen zum Verhalten des Selengehalts in Plasma und Vollblut, sowie der GSH-Px-Aktivität im Verlauf der Reproduktion des Pferdes unter kontrollierten Versuchsbedingungen sind wünschenswert.

## 7. Zusammenfassung

In vier Vollblutgestüten in den Regionen Neckar-Odenwald, Odenwald, Rheingau und Rheinland wurde von insgesamt 123 Stuten und 87 Saugfohlen bei Bestandsuntersuchungen der Status der Selenversorgung während Trächtigkeit, Laktation und Aufzucht bestimmt. Der Selengehalt in Futter, Blutplasma und Vollblut wurde analysiert, sowie die Aktivität der selenabhängigen Glutathionperoxidase (GSH-Px) im Plasma ermittelt. Angaben über die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Stuten und Fohlen wurden mittels Fragebögen erhoben. In einem Betrieb wurde bei Verlaufsuntersuchungen der Selenstatus von dreizehn Stuten im Verlauf der Trächtigkeit (sieben Probenentnahmen) und bei dreizehn Fohlen während des Wachstums in den ersten zehn Lebensmonaten (drei Probenentnahmen) verfolgt.

Die Selenversorgung in den Gestüten unterschied sich deutlich und reichte von marginal (0,09 mg Se/kg TS) bis bedarfsdeckend (0,25 mg Se/kg TS).

Der Median des Plasmaselengehalts der Stuten spiegelte den Versorgungsstatus in den einzelnen Gestüten wider. Innerhalb der einzelnen Herden wies der Plasmaselenspiegel bei jeweils einheitlichem Versorgungsniveau große individuelle Unterschiede auf. Aufgrund dessen empfiehlt es sich, zur Ermittlung des Versorgungsstatus mehrere Tiere in die Untersuchung miteinzubeziehen.

Der Selengehalt im Plasma von Saugfohlen bis zum Alter von vier Monaten lag signifikant niedriger als bei den jeweiligen Muttertieren. Das Verhältnis im Selengehalt des Plasmas von Stute zu Fohlen betrug ungefähr 2 : 1.

Der Plasmaselengehalt klinisch gesunder Stuten und Fohlen unterschied sich nicht von dem erkrankter oder in ihrer Fruchtbarkeit gestörter Tiere.

In den Verlaufsuntersuchungen konnte tendenziell ein Abfall des Selenspiegels im Plasma hochtragender Stuten (40.-48. Trächtigkeitswoche) beobachtet werden. Bei den Fohlen änderte sich der Selengehalt im Plasma bis zum fünften Lebensmonat nur geringfügig. Nach dem Absetzen stieg der Selenwert im Plasma deutlich an.

Ein Vergleich der Beurteilungskriterien des Selenstatus bei Pferden zeigte eine signifikant positive Korrelation zwischen Selengehalt in Plasma und Vollblut. Das

Verhältnis der Selenspiegel Vollblut zu Plasma betrug 1,4 : 1. Beide Methoden sind zur Ermittlung des Selenversorgungsstatus von Vollblutstuten und Fohlen gut geeignet, jedoch ist keine zuverlässige Aussage über den Selenstatus anderer Gewebe anhand alleiniger Messung des Plasmaselengehalts möglich. Bei der Verwendung von Vollblut ist die verzögerte Reaktion des Selengehalts im Vollblut auf Änderungen der Selensupplementierung aufgrund der Lebensdauer der Erythrozyten (120 Tage) zu beachten.

Die ermittelte GSH-Px-Aktivität im Plasma zeigte keine signifikante Beziehung zu den Selenwerten im Plasma. Eine Beurteilung der Selenversorgung mittels GSH-Px-Aktivitätsbestimmung im Plasma ist nur sehr eingeschränkt möglich.

## 7.1. Summary

### INVESTIGATIONS ON SELENIUM SUPPLY OF THOROUGHBRED MARES AND THEIR FOALS DURING PREGNANCY, LACTATION AND REARING

The status of selenium supplementation of 123 mares and 87 foals during pregnancy, lactation and rearing was investigated at four Thoroughbred breeding farms in different regions in the southwest of Germany. Feed, blood plasma and whole blood was analysed for selenium content. The plasma glutathione peroxidase activity was determined. General health and reproductive performance data of the mares and foals were recorded by questionnaires. At one farm the selenium status of thirteen pregnant mares and foals was investigated over a period of ten months.

The selenium supply of the four herds showed differences from marginal (0,09 ppm) to adequate (0,25 ppm).

The mean value of plasma selenium concentration in the different flocks related to selenium intake. However, within the herds with equal selenium intake, the plasma selenium concentration showed great individual differences.

The plasma selenium concentration of unweaned foals up to four months of age was significantly lower than the one of their mares. The ratio between plasma selenium concentration of mare and foal was roughly 2 : 1.

No significant difference was found between the plasma selenium concentration of sound mares and foals compared to sick horses and those with reproductive disorders.

The follow-up studies revealed a decrease of plasma selenium concentration in mares that were in an advanced state of pregnancy (week 40-48). The suckling foals plasma selenium concentration showed little changes. After weaning the plasma selenium concentration increased significantly.

Selenium concentration in plasma and whole blood correlated closely, the ratio of the two being roughly 1,4 : 1. Both methods of analysis are equally sufficient to determine the selenium status of Thoroughbred mares and foals. However, the

plasma selenium concentration does not yield reliable information on the selenium status of other tissues. As selenium is harvested partly in Erythrocytes, and changes in selenium intake will cause delayed alterations in whole blood selenium concentration (mean RBC life span 120 days), this has to be kept in mind, if whole blood is used to estimate the selenium status of horses.

There was no significant relation between glutathione peroxidase activity in plasma and plasma selenium concentration. Glutathione peroxidase activity in plasma is no reliable parameter for information of selenium supply.

Because of the great variability of plasma selenium concentration within the herds it is advisable to draw blood samples from different animals to ascertain the selenium status of the herd.



## 8. Literaturverzeichnis

- ÅKESSON, B. (1987):  
Plasma selenium in patients with abnormal plasma protein patterns.  
Trace Elem. Med., 4, 77-79
- ÅKESSON, B., T. BELLEW U. R. F. BURK (1994):  
Purification of selenoprotein P from human plasma.  
Biochim. Biophys. Acta, 1204, 243-249
- ALLAWAY, W. H. (1973):  
Selenium in the food chain.  
Cornell Vet., 63, 151-170
- ANDERSON, P. H. (1983):  
Selenium deficiency in farm life stock in Brittain.  
Tr. Ele. in An. Prod. and Vet. Pract.  
Occ. Publ. Nr. 7, Br. Soc. of Anim. Prod.
- ANDERSON, P. H., D. S. P. PATTERSON U. S. BERRETT (1978):  
Selenium deficiency.  
Vet. Rec., 103, 145-146
- ARDÜSER, F., S. WOLFRAM U. E. SCHARRER (1985):  
Active absorption of selenate by rat ileum.  
J. Nutr., 115, 1203-1208
- ARÉCHIGA, C. F., O. ORTÍZ U. P. J. HANSEN (1994):  
Effect of prepartum injection of vitamin E and selenium on postpartum reproductive function of dairy cattle.  
Theriogenology, 41 (6), 1251-1258
- ARTHUR, J. R. U. G. J. BECKETT (1988):  
The effect of selenium on plasma thyroid hormone concentrations and on hepatic triiodothyronine production.  
in: HURLEY L. S., C. L. KEEN, B. LÖNNARDAL U. R. B. RÜCKER [eds.], Trace elements in man and animals-6, New York - London, Plenum Press, S. 59-60
- ARTHUR, J. R. U. G. J. BECKETT (1994 a):  
New metabolic roles for selenium.  
Proceedings of the nutrition society, 53, 615-624
- ARTHUR, J. R. U. G. J. BECKETT (1994 b):  
Roles of selenium in type I iodothyronine 5´deiodinase and in thyroid hormone and iodine metabolism.  
in: BURK, R. F.[ed.] Selenium in Biology and Human Health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 93-115

- ARTHUR, J. R., F. NICOL U. G. J. BECKETT (1990):  
Hepatic iodothyronine 5'-deiodinase: The role of selenium.  
*Biochem. J.*, 272, 537-540
- BAALSRUD, K. J. U. G. ØVERNES (1986):  
Influence of vitamin E and selenium supplement on antibody production in horses.  
*Equi. Vet. J.*, 18, 6, 472-474
- BAHNERS, N. (1987):  
Selengehalte von Böden und deren Grasaufwuchs in der Bundesrepublik sowie Möglichkeiten der Selenanreicherung durch verschiedene Selendüngungen.  
Bonn, Univ., Landwirtsch. Fak., Diss.
- BEDNAREK, D., M. KONRACKI, D. BIK (1994):  
The influence of selenium and vitamin E on carotene, vitamin A and gammaglobulin concentrations in calf serum.  
in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.], Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelementen in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 109-115
- BEHNE, D., H. GESSNER, H. HILMERT U. S. SCHEID (1988):  
Selenium and selenoproteins in tissues with endocrine functions.  
in: L. S. HURLEY, C. L. KEEN, B. LÖNNERDAL U. R. B. RÜCKER [eds.], Trace elements in man and animals-6., New York - London, Plenum Press, S. 55-57
- BEHNE, D., H. GESSNER U. A. KYRIAKOPOULOS (1996):  
Information on the selenium status of several body compartments of rats from the selenium concentrations in blood fractions, hair and nails.  
*J. Trace Elements Med. Biol.*, 10, 174-179
- BEHNE, D., T. HÖFER, R. V. BERSWORDT-WALLRABE U. W. ELGER (1982):  
Selenium in the testis of the rat: studies on its regulation and its importance for the organism.  
*J. Nutr.*, 112, 1682-1687
- BEHNE, D., A. KYRIAKOPOULOS, H. MEINHOLD U. J. KÖHRLE (1990):  
Identifikation of type I iodothyronine 5'-deiodinase as a selenoenzyme.  
*Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 173, 1143-1149
- BEHNE, D. U. A. KYRIAKOPOULOS (1997):  
Neue Selenoproteine: Verteilung, Funktionen und Selenbedarf.  
in: LOMBECK I. [Hrsg.], Spurenelemente: Bedarf, Vergiftungen, Wechselwirkungen und neuere Meßmethoden, Stuttgart, Wiss. Verlagsges. mbH, S. 73-77

- BEHNE, D. U. W. WOLTERS (1983):  
Distribution of selenium and glutathione peroxidase in the rat.  
J. Nutr., 113, 456
- BERGSTEN, G., R. HOLMBACK U. P. LINDBERG (1970):  
Blood selenium in naturally fed horses and the effect of selenium  
administration.  
Acta Vet. Scand., 11, 571-576
- BERRY, M. J., L. BANU U. P. R. LARSEN (1991):  
Type I iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-enzyme.  
Nature, 349, 438-440
- BERSCHNEIDER, F., M. HESS, K. NEUFTER U. S. WILLER (1977):  
Untersuchungen über die Verträglichkeit und Toxizität von  
Luzernegrünmehl-Pellets nach Selendüngung.  
Arch. Tierernähr., 27, 737-744
- BLACKMORE, D. J., C. CAMPBELL, C. DANT, J. E. HOLDEN U. J. E. KENT (1982):  
Selenium status of Thoroughbreds in the United Kingdom.  
Equi. Vet. J., 14, 139-143
- BLACKMORE, D. J., K. WILLETT U. D. AGNESS (1979):  
Selenium and gamma-glutamyl transferase activity in the serum of  
Thoroughbreds.  
Res. Vet. Sci. 26, 76-80
- BOSTEDT, H. (1977):  
Zur Klinik der ernährungsbedingten Muskeldegeneration bei Fohlen.  
Dtsch. tierärztl. Wochenschr., 8, 293-332
- BOSTEDT, H. (1979):  
Über die ernährungsbedingte Muskeldystrophie bei Jungtieren in den  
ersten Lebenstagen und -wochen.  
Prakt. Tierarzt, coll. vet., 61, 45-50
- BOSTEDT, H. U. P. SCHRAMEL (1981):  
Vergleichende Untersuchungen über die Selenkonzentration im  
Blutserum, in der Plazenta, im Myometrium und in der Milch von Kühen  
mit oder ohne Retentio secundinarum.  
Zbl. Vet. Med. A., 28, 529-537
- BOSTEDT, H U. P. THEIN (1990):  
Fohlenkrankheiten.  
in: WALSER, K. U. H. BOSTEDT, Neugeborenen und Säuglingskunde der  
Tiere, Stuttgart, Ferdinand Enke, S. 251-254
- BRADY, P. S., P. K. KU U. D. E. ULLREY (1978):  
Lack of effect of selenium supplementation on the response of the equine  
erythrocyte glutathione system and plasma enzymes to exercise.  
J. Anim. Sci., 47, 492-496

- BROWN, D. G., R. F. BURK, R. J. SEELY U. K. W. KIKER (1972):  
Effect of dietary selenium on the gastrointestinal absorption of  $^{75}\text{SeO}_3^{2-}$  in the rat.  
Internat. J. Vit. Nutr. Res., 42, 588-591
- BUCK, E. L., J. A. SCHMITZ U. L. V. SWANSON (1981):  
Incorporation of  $^{75}\text{Se}$  into endocrine glands and reproductive tissues of parturient ewe and fetus.  
in: SPALLHOLZ, J. E., J. L. MARTIN, H. E. GANTHER [eds.] Selenium in biology and medicine-2, Westport, AVI Publ., S. 514-520
- BURK, R. F. (1989):  
Recent developments in trace element metabolism and function: Newer roles of selenium in nutrition.  
J. Nutr., 119, 1051-1054
- BURK, R. F. (1994):  
Introduction.  
in: R. F. BURK [ed.], Selenium in biology and human health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 1-7
- BURK, R. F., D. G. BROWN, R. J. SEELY U. C. C. SCAIEF (1972):  
Influence of dietary and injected selenium on whole body retention, route of excretion and tissue retention of  $^{75}\text{SeO}_3^{2-}$  in the rat.  
J. Nutr., 102, 1049
- CALVIN, H. I. U. G. W. COOPER (1979):  
A specific selenopolypeptide associated with the outer membrane of rat sperm mitochondria.  
in: FAWCETT, D. W. U. J. M. BEDFORD [ed.], The spermatozoon, Baltimore - Munich, Urban and Schwarzenberg, S. 135-140
- CAO, J. Z., J. F. MADDOX, A. M. MASTRO, R. W. SCHOLZ, G. HILDENBRADT U. R. W. REDDY (1992):  
Selenium deficiency alters the lipoxygenase pathway and mitogenic response in bovine lymphocytes.  
J. Nutr., 122, 2121-2127
- CAPLE, I. W., S. J. A. EDWARDS, W. M. FORSYTH, P. WHITELEY, R. H. SELTH U. L. J. FULTON (1978):  
Blood glutathione peroxidase activity in horses in relation to muscular dystrophy and selenium nutrition.  
Aust. Vet. J., 54, 57-60
- CARMEL, D. K., M. V. CRISMAN, W. B. LEY, M. H. IRBY U. G. H. EDWARDS (1990):  
A survey of whole blood selenium concentrations of horses in Maryland.  
Cornell Vet., 88, 3, 251-258

- CHU, F. F., J. H. DOROSHOW U. R. S. ESWORTHY (1993):  
Expression, characterisation and tissue distribution of a new cellular selenium dependent glutathione peroxidase, GSHPx-GI.  
J. of Biol. Chem., 268, 2571-2576
- COHEN, H. J. U. N. AVISSAR (1994):  
Extracellular glutathione peroxydase: A distinct selenoprotein.  
in: R. F. BURK [ed.], Selenium in Biology and Human Health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 79-91
- COHEN, H., N. AVISSAR, K. TAKAHASHI U. P. ALLEN (1988):  
Erythrocyte and plasma glutathione peroxidase: Two distinct selenium containing proteins.  
in: L. S. HURLEY, C. L. KEEN, B. LÖNNERDAL U. R. B. RÜCKER [eds.], Trace elements in man and animals-6, New York - London, Plenum Press, S. 345-346
- COMBS, G. T. U. S. B. COMBS (1986):  
The role of selenium in nutrition.  
Academic Press, Orlando, S. 179-204
- CORNELIUS, C. E., J. J. KANEKO, D. C. BENSON U. J. D. WHEAT (1960):  
Erythrocyte survival studies in the horse, using glycine-2-C<sup>14</sup>.  
Am. J. Vet. Res., 21, 1123-1124.
- CRISMAN, M. V., D. K. CARMEL, P. LESSARD U. W. B. LEY (1994):  
A survey of whole blood selenium concentrations of horses in Virginia and Maryland.  
J. Equi. Vet. Sci., 14, 5, 256-261
- DEAGEN, J. T., J. A. BUTLER, M. A. BEILSTEIN U. P. D. WHANGER (1987):  
Effects of dietary selenite, selenocystine and selenomethionine on selenocysteine lyase and glutathione peroxidase activities and on selenium levels in rat tissues.  
J. Nutr., 117, 91-98
- DILL, S. G. U. W. C. REBHUN (1985):  
White muscle disease in foals.  
Comp. Cont. Ed. Pract. Vet., 7, 11, 627-632
- DONOGHUE, S., T. N. MEACHAM U. D. S. KRONFELD (1990):  
A conceptual approach to optimal nutrition of brood mares.  
Vet. Clinics of North America: Equi. Pract., 6, 2, 373-391
- DREHER, I. C. SCHMUTZLER, F. JAKOB U. J. KÖHRLE (1997):  
Expression von Selenoproteinen in Geweben und Zelllinien.  
in: LOMBECK, I. [Hrsg.], Spurenelemente: Bedarf, Vergiftungen, Wechselwirkungen und neuere Meßmethoden, Stuttgart, wissenschaftl. Verlagsges. mbH, S 156-158

- DUNN, O.J. (1964):  
Multiple comparisons using rank sums  
Technometrics, 6, 241-252
- EINBERGER, A. L. U. M. KIRCHGESSNER (1990):  
Trächtigkeits- und Laktationseinfluß auf Plasmaselenkonzentration und  
Glutathion-Peroxidase-Aktivität in Plasma, Erythrozyten und  
Thrombozyten von Sauen bei variiertem Selenversorgungsgrad.  
Agribiol. Res., 43, 1, 10-25
- FLOHÉ, L. U. W. GÜNZLER (1984):  
Assays of glutathione peroxidase.  
Methods in Enzymology, 105, 114-121
- FLOHÉ, L., W. A. GÜNZLER, H. U. H. SCHOCK (1973):  
Glutathione peroxidase: A selenoenzyme.  
FEBS. Lett., 32, 132
- FOX, M. R. S., R. M. JACOBS, A. O. L. JONES, B. E. FRY, M. RAKOWSKA, R. P.  
HAMILTON, B. F. HARLAND, C. L. STONE U. S.-H. TAO (1981):  
Animal models for assessing bioavailability of essential and toxic  
elements.  
Cereal Chem., 58, 6-11
- FRANKE, K. W. U. E. P. PAINTER (1935):  
Selenium in protein from toxic food.  
J. Nutr., 10, 598
- GABBEDY, B. J. U. R. B. RICHARDS (1970):  
White muscle disease in a foal.  
Aust. Vet. J., 46, 111-112
- GALLAGHER, K. U. H. D. STOWE (1980):  
Influence of exercise on serum selenium and peroxide reduction system of  
racing Standardbreds.  
Am. J. Vet. Res., 41, 1333-1335
- GERBER, H. (1994):  
Pferdekrankheiten - Band 1: Innere Medizin einschl. Dermatologie.  
Stuttgart, Eugen Ulmer, S. 271 und S. 290
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE DER HAUSTIERE (1994):  
Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Pferde.  
Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 2.,  
Frankfurt/M., DLG-Verlag, S. 48-53
- GREIWE-CRANDELL, K. M., G. A. MORROW U. D. S. KRONFELD (1992):  
Phosphorus and selenium depletion in Thoroughbred mares and  
weanlings.  
Pferdeheilkunde, Sonderausgabe, 96-98

- GÜNZLER, W., H. KREMERS U. L. FLOHÉ (1974):  
An improved coupled test procedure for glutathione peroxidase (EC I.II.1.9) in blood.  
Z. Klin. Chem. Klin. Biochem., 12, 444-448
- HAAS, H. J. (1994):  
Selenversorgung: ausreichend?  
in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.], Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelementen in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 146-163
- HAMIR, A. N. (1982):  
White muscle disease in a foal.  
Aust. Vet. J., 59, 57-58
- HANSEN, M. A. (1970):  
Plasma transaminase activity in myopathies of horses.  
Nord. Vet. Med., 22, 617-630
- HAYES, J. W., C. G. STINER, M. J. HOLMES U. S. A. MACKENZIE (1987):  
Comparison of selenium blood levels and dietary selenium in three breeds of horses.  
Equine Pract., 9, 9, 25-29
- HEIKENS, A. (1992):  
Untersuchungen zum Selengehalt in wirtschaftseigenen Futtermitteln und zur Selenversorgung von Pferden und Wiederkäuern in Ostfriesland.  
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- HIDIROGLOU, M., A. J. McALLISTER U. C. J. WILLIAMS (1987):  
Prepartum supplementation of selenium and vitamin E to dairy cows: assessment of selenium status and reproductive performance.  
J. Dairy Sci., 70, 6, 1281-1288
- HIGUCHI, T., S. ICHIJO, S. OSAME U. H. OHISHI (1989):  
Studies on serum selenium and tocopherol in white muscle disease of foal.  
Jpn. J. Vet. Sci., 51, 52-59
- HILL, K. E. U. R. F. BURK (1994):  
Selenoprotein P - An extracellular protein containing multiple selenocysteines.  
in: BURK, R. F.[ed.], Selenium in Biology and Human Health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 117-131
- HILL, K. G., Y. XIA, B. ÅKESSON, M. E. BOEGLIN U. R. F. BURK (1996):  
Selenoprotein P concentration in plasma is an index of selenium status in selenium-deficient and selenium-supplemented chinese subjects.  
J. Nutr., 126, 138-145

- HINTZ, H. F. (1993):  
Implausible associations and outrageous conclusions.  
Equine Pract., 15, 5, 6-8
- HOLM, S. (1979):  
A simple sequentially rejective multiple test procedure.  
Scand. J. Stat., 6, 65-70
- HOSPES, R., K. HERFEN U. H. BOSTEDT (1996):  
Die Korrelationen zwischen Stute und Fohlen bezüglich der Selen- und Vitamin E-Versorgung im perinatalen Zeitraum.  
Pferdeheilkunde, 12, 3, 194-196
- IP, C. U. H. E. GANTHER (1994):  
Novel strategies in selenium cancer chemoprevention research.  
in: BURK, R. F. [ed.], Selenium in biology and human health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 171-179
- JANGHORBANI, M., R. F. MARTIN, L. J. KASPER, X. F. SUN U. V. R. YOUNG (1990):  
The selenite-exchangeable metabolic pool in humans: a new concept for the assessment of selenium status.  
Am. J. Clin. Nutr., 51, 670-677
- KATO, T., R. READ, J. ROZGA U. R. F. BURK (1992):  
Evidence for intestinal release of absorbed selenium in a form with high hepatic extraction.  
Am. J. Physiol., 262, G854-G858
- KIEM, J. (1987):  
Selen und Thrombozyten.  
Vita-Min-Spur 2, 14-27
- KIRCHGESSNER, M. (1987):  
Tierernährung.  
7. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt/Main, S. 153-183
- KLEENE, K. C.(1994):  
The mitochondrial capsule selenoprotein - A structural protein in the mitochondrial capsule of mammalian sperm.  
in: BURK, R. F. [ed.], Selenium in biology and human health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 135-149
- KNIGHT, D. A. U. W. J. TYZNIK (1990):  
The effect of dietary selenium on humoral immunocompetence of ponies.  
J. Anim. Sci., 68, 1311-1317



- KOLLER, L. D. U. J. H. EXON (1986):  
The two faces of selenium - deficiency and toxicity - are similar in animals and man.  
Can. J. Vet. Res., 50, 297-306
- KOLLER, L. D., G. A. WHITEBECK U. P. J. SOUTH (1984):  
Transplacental transfer and colostral concentrations of selenium in beef cattle.  
Am J. Vet. Res., 45, 2507-2510
- KRUSKAL, W. H. U. W. A. WALLIS (1952):  
Use of ranks in one-criterion variance analysis  
Amer. Stat. Ass., 47, 583-621
- LEE, J., E. S. McALLISTER U. R. W. SCHOLZ (1995):  
Assessment of selenium status in mares and foals under practical management conditions.  
J. Equi. Vet. Sci., 15, 240-245
- LEVANDER, O. A. (1983):  
Considerations in the design of selenium bioavailability studies.  
Fed. Proc., 42, 1721-1725
- LEVANDER, O. A., G. ALFTHAN, H. ARVILOMMI, C. G. GREF, J. K. HUTTUNEN, M. KATAJA, P. KOIVISTOINEN U. J. PIKKARAINEN (1983):  
Bioavailability of selenium to Finnish men as assessed by platelet glutathione peroxidase activity and other blood parameters.  
Am. J. Clin. Nutr., 37, 887-897
- LEVESQUE, M. (1974):  
Selenium distribution in Canadian soil profiles.  
Can. J. Soil Sci., 54, 63
- LINDBERG, P. (1968):  
Selenium determination in plant and animal material and in water - A methodological study.  
Acta Vet. Scand., 9, Suppl., 23
- LOMBECK, I. U. H. MENZEL (1994):  
Biochemical changes due to a low selenium state.  
in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.]: Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelementen in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 95-108
- LONGNECKER, M. P., M. J. STAMPFER, J. S. MORRIS, V. SPATE, C. BASKETT, M. MASON U. W. C. WILLETT (1993):  
A 1-y trial of the effect of high-selenium bread on selenium concentrations in blood and toenails.  
Am. J. Clin. Nutr., 57, 408-413

- LORENZ, R. J. (1996):  
Grundbegriffe der Biometrie.  
4. Aufl., Stuttgart, Gustav Fischer
- MACPHERSON, A. (1994):  
Selenium, vitamin E and biological oxidation.  
in: GARNSWORTH, P. C. u. D. J. A. COLE, [eds.], Recent Advances in  
Animal Nutrition, Nottingham, University Press
- MAYLIN, G. A., D. S. RUPIN u. D. H. LEIN (1980):  
Selenium and vitamin E in horses.  
Cornell Vet., 70, 272.
- MCMURRAY, C. H. u. D. A. RICE (1982):  
Vit. E. and selenium deficiency diseases.  
Irish Vet. J., 36, 57-67
- MENZEL, M. (1974):  
Zum Vorkommen von Selen in den Futtermitteln der DDR.  
Berlin, Humboldt-Universität, Biowissenschaftl. Fakultät des wissenschaftl.  
Rates, Diss.
- MERTZ, W. (1997):  
Bedarf von Spurenelementen: Begriffsdefinition.  
in: LOMBECK I. [Hrsg.], Spurenelemente: Bedarf, Vergiftungen,  
Wechselwirkungen und neuere Meßmethoden, Stuttgart,  
wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, S. 67-72
- MEYER, H. (1990):  
Aktuelles aus der Pferdeernährung.  
Lohmann Information, Nov./Dez., 9-14
- MEYER, H. (1995):  
Pferdefütterung.  
3. Aufl., Berlin, Blackwell, S. 60-69
- MEYER, H., K. BRONSCH u. J. LEIBETSEDER (1989):  
Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.  
7. Aufl., Alsfeld - Hannover Schaper, S. 11-12
- MEYER, H. u. B. STADERMANN (1991):  
Energie- und Nährstoffbedarf hochtragender Stuten.  
Pferdeheilkunde, 7, 1, 11-20
- MEYER, H., J. ZENTEK, A. HEIKENS u. S. STRUCK (1995):  
Untersuchungen zur Selenversorgung von Pferden in Norddeutschland.  
Pferdeheilkunde, 11, 5, 313-321
- MIHAILOVIC, M., V. ILIC u. P. LINDBERG (1996):  
Blood glutathione peroxidase activity, selenium and vitamin E-  
concentrations of race horses in Serbia.  
Act. Vet. Beograd, 46, 1, 27-32

- MOKSNES, K., H. J. LARSEN U. G. ØVERNES (1988):  
Immune responses as parameters for selenium tolerance determination in sheep.  
in: HURLEY, L. S., C. L. KEEN, B. LÖNNERDAL U. R. B. RÜCKER [eds.], Trace Elements in Man and Animals-6, New York - London, Plenum Press, S. 91-93
- MORRIS, V. C. U. O. A. LEVANDER (1970):  
Selenium content of foods.  
J. Nutr., 100, 1383-1388
- MOTSENBOCKER, M. A. U. A. L. TAPPEL (1982):  
Selenocysteine-containing selenium-transport protein in rat plasma  
Biochim. Biophys. Acta, 719, 147
- NAHAPETIAN, A. T., M. JANGHORBANI U. V. R. YOUNG (1983):  
Urinary trimethylselenonium excretion by the rat: effect of level and source of selenium -75.  
J. Nutr., 113, 401-411
- NAUMANN, K. U. R. BASSLER (1976):  
Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.  
Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch) Band III, 3. Auflage, Melsungen - Berlin - Basel - Wien, J. Neumann-Neudamm
- NÈVE, J.(1991):  
Methods in determination of selenium states.  
J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis., 5, 1-17
- NEUMANN, U. F. (1987):  
Untersuchungen zum Verhalten der Glutathionperoxidaseaktivität bei Sauen in Abhängigkeit von der Selenversorgung.  
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- NOHL, H. (1984):  
Biochemische Grundlagen Vitamin-E- und Selen-Mangel-bedingter Erkrankungen.  
Wien. tierärztl. Monatsschrift, 71, 217-223
- NORHEIM, G. U. K. MOKSNES (1985):  
Distribution and elimination of selenium and glutathione peroxidase (GSH-Px) in chickens after supplementation with sodium selenite or selenomethionine.  
in: MILLS, C.F., I. BRENNER U. J. K. CERESTERS [eds.], Trace Elements in Man and Animals TEMA-5, Commonwealth Agricultural Bureaux, S. 493-495
- NRC (1989):  
Mineral Tolerance of Domestic Animals.  
Nutrient Requirements of Horses, Fifth rev. ed., Washington, D. C, National Academy Press

- OELSCHLÄGER, W. U. K. H. MENKE (1969):  
Über Selengehalte pflanzlicher, tierischer und anderer Stoffe,  
1. Mitteilung: Selengehalte in Futtermitteln  
in: LANG, K. [Hrsg.], Zeitschrift für Ernährungswissenschaft, 9, 208-222
- ONO, K., K. INUI, T. HASEGAWA, N. MATSUKI, H. WATANABE, S. TAKAGI, A.  
HASEGAWA U. I. TOMODA (1990):  
The changes of antioxidative enzyme activities in equine erythrocytes  
following exercise.  
Jpn. J. Vet. Sci., 52, 4, 759-765
- OSTER, O. U. E. SIEVERS (1995):  
Renale und fäkale Verluste von Spurenelementen.  
in: HAAS, H. J [Hrsg.], Mechanismen des Transports von Mineralstoffen  
und Spurenelementen, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft  
mbH, S. 41-50
- OWEN, R. R., J. N. MOORE, J. B. HOPKINS U. D. ARTHUR (1977):  
Dystrophic myodegeneration in adult horses.  
J. Amer. Vet. Med. Ass., 171, 343-349
- PAGLIA, D. E. U. W. N. VALENTINE (1967):  
Studies on the quantitative and qualitative characterisation of erythrocyte  
glutathione peroxidase.  
J. Lab. Clin. Med., 70, 158-169
- PFANNHAUSER, W. (1994):  
Selenaufnahme in Europa.  
in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G.  
FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W.  
MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.]: Defizite und Überschüsse an  
Mengen- und Spurenelemente in der Ernährung, Leipzig, Harald  
Schubert, S. 79-94
- PHILLIPPO, M. (1983):  
The role of dose-response trials in predicting trace elements deficiency  
disorders.  
Tr. Ele. in Animal Prod. and Vet. Pract., Occ. Publ. Nr. 7, Br. Soc. Of An.  
Prod.
- PULS, R. (1994):  
Mineral levels in animal health.  
Diagnostic DATA, Clearbook U2T, British Columbia 4\*2, Canada,  
2<sup>nd</sup> ed., 238-239
- RADOSTITS, O. M., D. C. BLOOD U. C. C. GAY (1994):  
Veterinary Medicine - A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs,  
goats and horses.  
8th ed., London, W. B. Saunders

- READ, R., T. BELLEW, J. G. YANG, K. E. HILL, I. S. PALMER U. R. F. BURK (1990):  
Selenium and amino acid composition of selenoprotein P, the major selenoprotein in rat serum.  
J. Biol. Chem., 265, 17899-17905
- RICE D. A. U. W. J. BLANCHFLOWER (1986):  
Evaluation of a new test kit for measuring whole blood glutathione peroxidase using cattle blood.  
Vet. Rec., 118, 479-480
- RICHTER, D. U. H. BERGMANN (1994):  
Eintritt von Selen in die Nahrungskette: Selenaufnahme der Pflanzen aus dem Boden. in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.], Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelemente in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 164-170
- ROBBERECHT, H. U. H. DEELSTRA (1994):  
Factors influencing blood selenium concentration values: A literature review.  
J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis., 8, 129-143
- RÖMPP (1992):  
Chemie Lexikon  
9. Aufl. Bd. 5, Stuttgart, Georg Thieme, S. 4105-4107
- RONEUS, B. (1982):  
Glutathione peroxidase and selenium in the blood of healthy horses and foals affected by muscular dystrophy.  
Nord. Vet. Med., 34, 350-353
- RONEUS, B. U. L. JÖNSSON (1984):  
Muscular dystrophy in foals.  
Zbl. Vet. Med. A., 31, 441-453
- RONEUS, B. U. A. LINDHOLM (1983):  
Glutathione peroxidase activity in the blood of healthy horses given different selenium supplementation.  
Nord. Vet.-Med., 35, 337-345
- ROSENFELD, I. U. O. A. BEATH (1964):  
Selenium - Geobotany, biochemistry, toxicity and nutrition.  
New York - London, Academic Press
- ROTRUCK, J. T., A. L. POPE, H. E. GANTHER, A. B. SWANSO, D. G. HAFEMANN U. W. G. HOEKSTRA (1973):  
Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase.  
Science, 179, 588

RÜKGAUER, M., J. D. KRUSE-JARRES, Y. SCHMITT, P. BECK, G. STREIT U. A. ZEYFANG (1994):

Methodenentwicklung zur Isolierung von Zellfraktionen: Bestimmung von Selen in den Bestandteilen des Bluts.

in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.], Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelemente in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 129-136

SACHS, L. (1992):

Angewandte Statistik.

7. Aufl., New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer

SALVATORE, D., S. C. LOW, M. BERRY, A. L. MAIN, J. W. HARNEY, W. CROTEAU, D. L. ST. GERMAIN U. P. R. LARSEN (1995):

Type iodothyronine deiodinase: Cloning in vitro expression and functional analysis of the placental selenoenzyme.

J. Clin. Invest., 96, 2421-2430

SARUDI, I., Z. LASSU-MERÉNYI, I. NAGY U. J. KELEMEN (1994):

Selenium contents of milk originating from various species, milk powders and milk protein concentrates in Hungary.

in: ANKE, M., D. MEISSNER, H. BERGMANN, H. BÜSCH, W. DORN, G. FLACHOWSKY, B. GROPPPEL, H. GÜRTLER, I. LOMBECK, B. LUCKAS, W. MERBACH U. H. J. SCHNEIDER [Hrsg.], Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelementen in der Ernährung, Leipzig, Harald Schubert, S. 116-118

SCHÄFER, K. U. D. BEHNE (1987):

Selenbestimmung in biologischen Proben mit Hydrid-AAS nach Nassaufschluß. Vergleich mit der Neutronenaktivierungsanalyse.

4. Colloquium Atomspektrometrische Spurenanalytik. Konstanz, Perkin Elmer, S. 375-384

SCHÄFER, K. U. D. WOLLGIEN (1986):

Selengehalte in Einzelfuttermitteln.

Landwirtsch. Forschung, 39, 128-132

SCHLEGEL, H. (1992):

Selenversorgung von Pferden.

Swiss Vet., 9, 3, 7-14

SCHMIDT, K. U. W. BAYER (1988):

Selen - aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisstand.

Vit. Min. Spur., I 3, 1-20

SCHOLZ, H. (1991):

Selen - Vitamin E: Bedeutung und Versorgung beim Kalb.

Tierärztl. Umschau 46, 194-202

- SCHOUGAARD, H., A. BASSE, G. GISSEL-NIELSEN U. M. G. SIMESSEN (1972):  
Nutritional muscular disease (NMD) in foals  
Ernaeringsmaessig betinget muskeldystrofi (NMD) hos føl.  
Nord. Vet. Med., 24, 67-84
- SCHROTEN, H. (1997):  
Spurenelemente und Immunologie.  
in: LOMBECK, I. [Hrsg.], Spurenelemente: Bedarf, Vergiftungen,  
Wechselwirkungen und neuere Meßmethoden, Stuttgart, wissenschaftl.  
Verlagsges. mbH S. 134-137
- SCHULTE, W. (1988):  
Untersuchungen zum Selengehalt von Futter- und Nahrungsmitteln in der  
Bundesrepublik Deutschland.  
Bonn, Univ., landwirtschaftl. Fak., Diss.
- SCHWARTZ, K. U. C. M.. FOLTZ (1957):  
Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver  
degeneration.  
J. Am. Chem. Soc., 79, 3292-3293
- SCHWARZ, F. J. U. M. KIRCHGESSNER (1979):  
Spurenelementbedarf und -versorgung in der Pferdefütterung.  
Übers. Tierernährung, 7, 257-278
- SHELLOW J. S., S. G. JACKSON, J. P. BAKER U. A. H. CANTOR (1985):  
The influence of dietary selenium levels on blood levels of selenium and  
glutathione peroxidase activity in the horse.  
J. Anim. Sci., 61, 590-594
- SMITH, A. M. U. M. F. PICCIANO (1986):  
Evidence for increased selenium requirement for the rat during pregnancy  
and lactation.  
J. Nutr., 116, 1068-1079
- SONNTAG, A. C., H. ENBERGS, L. AHLWEDE U. K. ELZE (1996):  
Inhaltsstoffe in der Stutenmilch in Abhängigkeit vom Laktationsstadium  
und verschiedenen Umweltfaktoren.  
Pferdeheilkunde, 12, 3, 220-222
- SPIEKERS, H., G. JANKNECHT, W. ZÜPPING U. V. POTTHAST (1990):  
Wann sind Spurenelemente zu ergänzen ?  
Der Tierzüchter, 42, 491-493
- STEP, D. L., T. J. DIVERS, B. COOPER, F. A. KALLFELZ, L. F. KARCHER U. W. C.  
REBUHN (1991):  
Severe masseter myonecrosis in a horse.  
J. Am. Vet. Med. Ass., 198, 117-119

- STOWE, H. D. (1967):  
Serum selenium and related parameters of naturally and experimentally fed horses.  
J. Nutr., 93, 60-64
- STOWE, H. D. U. T. H. HERDT (1992):  
Clinical assessment of selenium status of livestock.  
J. Anim. Sci., 70, 3928-3933
- STOWE, H. D. U. R. E. MILLER (1985):  
Genetic predisposition of pigs to hypo- and hyperselenemia.  
J. Anim. Sci., 60, 200-211
- SUNDE, R. A. (1994):  
Intracellular glutathione peroxidase - structure, regulation and function.  
in: BURK, R. F.[ed.], Selenium in Biology and Human Health, New York - Berlin - Heidelberg - London - Paris - Tokio - Hongkong - Barcelona - Budapest, Springer, S. 45-77
- TAKAHASHI, K. N., J. AVISSAR, H. WHITIN U. H. COHEN (1987):  
Purification and characterisation of human glutathione peroxidase: A selenoglycoprotein distinct from the known cellular enzyme.  
Arch. Biochem. Biophys., 256, 677-686
- TRAN, T. D. (1980):  
Selen in der Tierernährung.  
Krafftutter, 12, 586-592
- ULLREY, D. E. (1987):  
Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals.  
J. Anim. Sci., 65, 1712-1726
- URSINI, F., M. MAIORINO, C. GREGOLIN (1985):  
The selenoenzyme phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase.  
Biochim. Biophys. Acta, 839, 62-70
- VAN DAEL, P., A. DESCHUYTERE, H. ROBBERECHT, M. VAN CAILLIE-BERTRAND, M. LAMAND U. H. DEELSTRA (1994):  
Capillary whole blood selenium determination in assessing selenium status of children.  
J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis., 8, 225-228
- VENDELAND, S. C., M. A. BEILSTEIN, C. L. CHEN, O. N. JENSEN, E. BAROFSKY U. P. D. WHANGER (1993):  
Purification and properties of selenoprotein-W from rat muscle.  
J. Biol. Chem., 268, 17103-17107
- WAHLSTROM, R. C., T. B. GOEHRING, D. D. JOHNSON, G. W. LIBAL, O. E. OLSON, I. S. PALMER, R. C. THALER (1984):  
The relationship of hair and selenosis in swine.  
Nutr. Rep. Int., 29, 143



- WEINANDY, D. (1985):  
Abortion possibly related to dietary imbalance in 2 mares.  
Mod. Vet. Pract., 66, 11, 895-897
- WEISS, S. L., J. K. EVENSON, K. M. THOMPSON U. R. A. SUNDE (1997):  
Dietary selenium regulation glutathione peroxidase mRNA and other selenium-dependent parameters in male rats.  
J. Nutr. Biochem., 8, 85-91
- WHANGER, P. D. U. J. A. BUTLER (1988):  
Effects of various dietary levels of selenium as selenite of selenomethionine on tissue selenium levels and glutathione peroxidase activity in rats.  
J. Nutr., 118, 846-852
- WHANGER P. D., N. D. PEDERSEN, J. HATFIELD U. P. H. WESWIG (1976):  
Absorption of selenite and selenomethionine from ligated digestive tract segments in rats.  
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 153, 295-297
- WIENER, G. U. J. A. WOOLLIAMS (1983):  
Genetic variation in trace element metabolism.  
in: SUTTLE, N. F., R. G. GUNN, W. M. ALLEN, K. A. LINKLATER U. G. WIENER [eds.], Tr. Elem. in Anim. Prod. and Vet. Pract. Occ. Publ. No. 7-Brit. Soc. of Anim. Prod., S. 27-35
- WIESNER, E., F. BERSCHNEIDER, K. NEUFFER U. C. LUDEWIG (1982):  
Selenwerte in Futtermitteln, 2. Mitteilung: Einflüsse einiger geologischer Bodenfaktoren und der Niederschlagshöhe während der Vegetationsperiode auf den Selengehalt von Pflanzen.  
Arch. Tierernährung, 32, 685-692
- WIESNER, E., F. BERSCHNEIDER, K. NEUFFER U. M. MENZEL (1974):  
Selenwerte in Futtermitteln 1. Mitteilung Methodik und Normalwerte.  
Arch. Tierernährung 24, 601-609
- WILCOX, E. V. (1944):  
Selenium versus General Custer.  
Agr. Hist., 18, 105-108
- WILSDORF, G., F. BERSCHNEIDER U. J. MILL (1976):  
Orientierende Enzymaktivitätsbestimmung bei Sportpferden und Untersuchung zum Selengehalt ihres Futters.  
Monatsh. Veterinärmed., 31, 741-746
- WILSON, T. M., H. A. MORRISON, N. C. PALMER, G. G. FINLEY U. A. A. VAN DREUMEL (1976):  
Myodegeneration and suspected selenium/vitamin E deficiency in horses.  
J. Am. Vet. Med. Ass., 169, 213-217

- WINTZER, H. J. (1997):  
Krankheiten des Pferdes.  
2. Auflage, Berlin-Hamburg, Paul Parey, S. 450-452
- WOLFFRAM, S. (1995):  
Intestinale Absorption und Bioverfügbarkeit des Spurenelements Selen.  
in: HAAS, H. J [Hrsg.], Mechanismen des Transports von Mineralstoffen  
und Spurenelementen, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft  
mbH, S. 83-93
- WOLFFRAM, S. U. E. SCHARRER (1988):  
Bioverfügbarkeit und intestinale Absorption des Spurenelements Selen.  
Übers. Tierernährung, 16, 247-264
- WOLLGIEN, D.(1983):  
Untersuchung zur Selenversorgung von Junghennen.  
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- WRIGHT, P. L. U. M. C. BELL (1966):  
Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine.  
Am. J. Physiol., 211, 6-10
- YANG, J. G., K. E. HILL U. R. F. BURK (1989):  
Dietary selenium controls rat plasma selenoprotein P concentration.  
J. Nutr., 119, 1010-1012
- ZENTEK, J. (1991):  
Myopathien in einem Reitpferdebestand.  
Tierärztl. Prax., 19, 167-169
- ZENTEK, J., D. HEBELER, W. TIEGS U. H. MEYER (1996):  
Se-gehalte in Leber, Niere und Muskulatur von Föten und neugeborenen  
Fohlen.  
Pferdeheilkunde, 12, 184-188

## 9. Anhang

Tab. 9.1.: Daten der Fragebogenerhebung:1) Stuten

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	Betrieb 1: 1-67 Betrieb 2: 201-249 Betrieb 3: 301-309 Betrieb 4: 401-423
<i>Betrieb</i>	b	
<i>Alter der Stute</i>	alt	Jahre
<i>Deckdatum</i>	deckdat	
<i>Abfohldatum</i>	abfohldat	
<i>Verlauf der Geburt</i>	geb	0 = ohne Komplikation, 1 = unter geringer Zughilfe 2 = Schweregeburt
<i>Verlauf des Puerperiums</i>	pp	0 = ohne Komplikation 1 = Endometritis 2 = entfällt (da verstorben)
<i>Bedeckung in der Fohlenrosse</i>	fr	0 = entfällt 1 = ja 2 = nein
<i>nach Bedeckung in der Fohlenrosse umgerost</i>	umr	0 = entfällt, da nicht gedeckt 1 = ja 2 = nein
<i>Anzahl der Rossen mit Bedeckung</i>	anz	
<i>Trächtigkeit '95 diagnostiziert</i>	tr	0 = entfällt, da nicht gedeckt 1 = ja 2 = nein
<i>lebendes Fohlen '96</i>	fo	0 = entfällt, da nicht gedeckt 1 = ja 2 = nein

k.A. = keine Angabe

nr.	b	alt	deckdat	abfohldat	geb	pp	fr	umr	anz	tr	fo
1	1	9	03.06.94	12.05.95	0	0	1	1	2	2	2
2	1	5	28.04.94	04.04.95	0	0	2	0	1	1	1
3	1	15	16.06.94	15.05.95	0	1	1	2	1	2	2
4	1	10	12.06.94	24.05.95	0	0	1	2	1	1	1
5	1	7	03.05.94	12.04.95	0	0	2	0	1	1	1
6	1	14	05.06.94	17.05.95	0	0	1	1	2	2	2
7	1	7	06.06.94	04.05.95	0	0	2	0	2	1	1
8	1	12	10.04.94	10.03.95	0	0	2	0	2	1	1
9	1	11	17.06.94	25.05.95	0	0	1	2	1	2	2
10	1	7	17.07.94	29.06.95	0	0	0	0	0	0	0
12	1	6	10.04.94	11.03.95	0	0	1	2	1	1	1
14	1	18	02.06.94	06.05.95	0	0	2	0	2	1	1
16	1	12	06.06.94	06.05.95	0	0	2	0	1	2	2
18	1	4	04.06.94	30.04.95	0	0	2	0	2	2	2
19	1	10	19.04.94	15.03.95	0	k.A.	2	0	1	1	1
20	1	6	15.03.94	12.02.95	0	k.A.	2	0	1	1	1
21	1	9	09.04.94	01.04.95	0	k.A.	2	0	1	1	2
24	1	8	13.05.94	16.04.95	0	0	2	0	1	1	1
25	1	5	21.04.94	16.03.95	0	0	2	0	k.A.	1	1
27	1	5	22.03.94	18.02.95	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	1	1

Fortsetzung Tab. 9.1.:

nr.	b	alt	deckdat	abfohldat	geb	pp	fr	umr	anz	tr	fo
28	1	9	07.04.94	12.03.95	2	1	2	0	1	2	2
29	1	13	24.04.94	21.03.95	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
30	1	8	12.04.94	19.03.95	0	0	1	1	3	2	2
31	1	8	06.03.94	06.02.95	0		1	2	1	1	1
33	1	7	13.04.94	26.03.95	0	0	2	0	2	1	1
34	1	8	25.02.94	27.02.95	0	0	2	0	k.A.	1	1
35	1	9	25.05.94	01.05.95	0	0	2	0	1	1	2
36	1	7	28.02.94	08.02.95	1	0	1	1	3	1	1
37	1	9	05.05.94	31.03.95	0	0	2	0	2	1	1
39	1	8	25.03.94	21.02.95	0	0	2	0	2	1	1
41	1	14	09.06.94	27.05.95	0	1	0	0	0	0	0
43	1	7	20.04.94	23.03.95	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
44	1	12	25.04.94	22.03.95	0	0	2	0	3	1	1
46	1	10	14.04.94	17.03.95	0	0	2	0	1	1	1
47	1	16	09.06.94	20.05.95	0	1	2	0	3	2	2
48	1	7	21.03.94	04.03.95	0	0	2	0	2	1	1
49	1	9	24.06.94	28.05.95	0	2	0	0	0	0	0
52	1	7	07.05.94	14.04.95	0	0	2	0	1	1	1
54	1	11	18.05.94	29.04.95	0	0	2	0	0	0	0
57	1	8	03.05.94	14.04.95	0	0	2	0	2	1	1
58	1	10	13.06.94	15.05.95	0	0	0	0	0	0	0
59	1	10	05.05.94	14.04.95	0	0	2	0	1	1	1
61		6	01.03.94	30.01.95	1	0	1	1	3	1	1
62	1	7	19.04.94	25.03.95	0	0	1	1	2	1	1
63	1	3	17.04.94	26.03.95	0	0	1	2	1	1	1
64	1	9	19.04.94	22.03.95	0	0	2	0	1	1	1
65	1	8	30.04.94	08.04.95	0	0	1	2	1	1	1
66	1	14	07.05.94	23.04.95	1	0	1	1	3	1	1
67	1	13	11.05.94	12.04.95	0	0	2	0	2	2	2
201	2	11	k.A.	25.01.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
202	2	12	k.A.	29.01.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
203	2	18	k.A.	12.02.95	1	0	2	0	4	1	1
204	2	9	k.A.	14.02.95	0	0	1	1	2	1	1
205	2	11	k.A.	16.02.95	0	0	1	2	1	1	1
206	2	5	k.A.	14.02.95	0	0	2	0	1	1	1
207	2	17	k.A.	23.02.95	1	0	1	1	3	1	1
208	2	8	k.A.	23.02.95	0	0	2	0	3	1	1
209	2	12	k.A.	23.02.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
210	2	18	k.A.	25.02.95	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
211	2	11	k.A.	01.03.95	0	0	2	0	4	2	2
213	2	14	k.A.	05.03.95	1	0	1	1	2	1	1
214	2	13	k.A.	05.03.95	0	0	1	1	2	2	2
216	2	9	27.04.94	09.04.95	1	0	1	2	1	1	2
217	2	12	22.04.94	28.03.95	1	0	2	0	1	1	1
218	2	7	05.05.94	04.04.95	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	2
219	2	8	19.04.94	17.03.95	0	0	1	2	1	1	1
220	2	7	22.04.94	30.03.95	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
221	2	13	30.03.94	07.03.95	0	0	1	2	1	1	1
222	2	9	29.04.94	13.04.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	0
223	2	10	08.05.94	13.04.95	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Fortsetzung Tab. 9.1.:

nr.	b	alt	deckdat	abfohldat	geb	pp	fr	umr	anz	tr	fo
224	2	11	08.06.94	08.05.95	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
225	2	5	07.04.94	08.03.95	0	0	1	1	3	1	1
226	2	16	21.04.94	23.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
227	2	16	20.04.94	28.03.95	0	0	2	0	1	2	2
228	2	7	25.04.94	25.03.95	0	0	1	2	1	1	1
229	2	8	14.04.94	29.03.95	0	0	2	0	1	1	1
230	2	4	23.05.94	30.04.95	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
231	2	13	26.04.94	10.04.95	0	0	2	0	3	1	1
232	2	13	16.05.94	21.04.95	0		0	0	0	0	0
233	2	7	03.04.94	19.03.95	1	0	2	0	2	1	1
234	2	14	11.04.94	23.03.95	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
236	2	16	01.06.94	09.05.95	1	0	1	1	2	1	1
237	2	13	06.04.94	26.03.95	0	0	2	0	1	1	1
238	2	21	05.04.94	20.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
239	2	11	06.05.94	08.04.95	0	0	1	2	1	1	1
242	2	15	16.04.94	24.03.95	1	0	2	0	4	2	2
243	2	10	20.04.94	15.03.95	0	0	k.A.	1	3	1	1
244	2	16	28.04.94	27.03.95	1	0	1	2	1	1	1
245	2	4	03.05.94	13.04.95	2	1	0	0	0	0	0
246	2	7	10.05.94	24.04.95	1	0	1	1	2	1	1
247	2	15	08.06.94	23.05.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	2
248	2	8	28.04.94	11.04.95	0	k.A.	2	0	1	1	1
249	2	7	24.05.94	02.05.95	0	0	2	0	1	1	1
301	3	9	30.05.94	28.04.95	0	k.A.	0	0	0	0	0
302	3	7	14.04.94	07.03.95	0	k.A.	0	0	0	0	0
303	3	5	06.04.94	19.03.95	0	0	2	0	1	1	1
304	3	6	03.04.94	06.03.95	0	0	2	0	2	1	1
305	3	9	04.05.94	30.03.95	0	2	0	0	0	0	0
306	3	5	23.04.94	25.03.95	0	0	2	0	1	1	1
307	3	15	11.05.94	10.04.95	0	1	2	0	1	1	1
308	3	7	01.06.94	01.05.95	0	0	2	0	1	1	1
309	3	7	18.05.94	20.04.95	0	1	2	0	1	1	1
401	4	12	16.05.94	02.05.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
402	4	8	19.04.94	23.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
403	4	9	13.05.94	23.04.95	0	0	2	0	1	1	1
404	4	7	04.03.94	30.01.95	0	0	2	0	1	1	1
405	4	8	15.04.94	22.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
406	4	7	17.05.94	09.04.95	0	0	1	1	2	1	1
408	4	9	03.06.94	08.05.95	0	0	2	0	1	1	1
409	4	9	07.03.94	14.02.95	0	0	1	2	1	1	1
410	4	19	09.05.94	22.04.95	0	0	2	0	2	2	2
411	4	11	27.04.94	24.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
413	4	8	20.03.94	14.02.95	0	0	1	1	3	1	1
414	4	11	26.04.94	12.04.95	0	0	1	1	2	1	1
415	4	7	10.03.94	20.02.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	2
416	4	19	16.03.94	05.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
417	4	12	27.04.94	24.03.95	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1	1
418	4	7	25.05.94	02.05.95	0	0	1	1	2	1	1

Fortsetzung Tab. 9.1.:

nr.	b	alt	deckdat	abfohldat	geb	pp	fr	umr	anz	tr	fo
419	4	11	10.06.94	17.05.95	0	0	1	1	2	2	2
420	4	8	07.06.94	04.05.95	0	0	2	0	1	1	1
421	4	18	01.05.94	13.04.95	0	k.A.	2	0	k.A.	1	2
422	4	9	03.03.94	19.02.95	0	0	2	0	4	1	1
423	4	6	20.04.94	28.03.95	0	0	1	1	2	1	1

Tab. 9.2.: Daten der Fragebogenerhebung: 2) Stuten

## Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Behandlungen im Rahmen der Geburt</i>	beh-geb	
<i>Genitalerkrankung</i>	genitalerkr.	
<i>Behandlung der Genitalerkrankung</i>	beh-genitalerkr.	AB = antibiotische Behandlung
<i>Extragenitale Erkrankung</i>	extragen-erkr.	
<i>Behandlung der extragenitalen Erkrankung</i>	beh-extragen.	

k.A.=keine Angabe

entf.=entfällt, da Stute gestorben

nr.	beh-geb	datum genitalerkr.	beh-genitalerkr.	datum extragen-erkr.	beh-extragen.
1	-	21.05.- Endometritis 23.05. 09.06.- 12.06.	lokal: Spülung, AB lokal: Spülung	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	Endometritis	lokal: AB	Sommer	allg. Befinden schlecht, Atemwegser- krankung
4	-	21.06. Zwillinge	Zwillingsre- duktion, von rektal	-	-
5	-	-	-	14.07.	Ulcus corneae lokal nach Ver- letzung
6	-	09.06.- TP: $\beta$ -Stc 13.06.	lokal: Spülung, AB	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	Ret. sec., Oxytocin- Infusion, lokal: Spü- lung, AB	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
14	-	Urovagina	Caslick, AB, Progesteron als tragend	23.05.	spastische Kolik Spasmolytika
16	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tab. 9.2.:

nr.	beh-geb	datum	genitalerkr.	beh-genitalerkr.	datum	extragen-erkr.	beh-extragen.
18	-	25.05.	TP: $\beta$ -Stc	lokal: AB	05.05.	Mastitis nach Tod des Fohlens	lokal
19	-	-	-	-	-	-	-
20	-	22.03.	Endometritis, bis Ende Mai zunächst $\beta$ -Stc, dann E.coli häm.	lokal: AB	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-
28	1l Glucose iv direkt post partum	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-
30	-	26.05.	tragend: Zwillinge, bald darauf resorbiert	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-
34	Totgeburt ohne Komplikationen	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-
36	-	-	Urovagina	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-
41	-	entf.	entf.	entf.	-	-	-
43	-	-	-	-	-	-	-
44	-	15.06.	TP: $\beta$ -Stc	lokal: AB	-	-	-
46	-	-	-	-	-	-	-
47	-	25.05.	Urovagina, Endometritis	lokal: AB	-	-	-
48	-	11.04.	Endometritis	systemisch: AB	-	-	-
49	-	entf.	entf.	entf.	30.06.	Kolik, gestorben	k.A.
52	-	15.05.	Endometritis	lokal: AB	-	-	-
54	-	entf.	entf.	entf.	-	-	-
57	spastische Kolik ante partum; Spasmodolytika	-	-	-	-	-	-
58	-	entf.	entf.	entf.	-	-	-
59	-	-	-	-	-	-	-
61	-	-	-	-	-	-	-
62	-	05.05. 24.05.	Endometritis	lokal: AB lokal: AB	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tab. 9.2.:

nr.	beh-geb	datum	genitalerkr.	beh- genitalerkr.	datum	extragen- erkr.	beh-extragen.
65	-	-	-	-	-	-	-
66	Ret. sec., lokal: Spü- lung, AB (Wehen- schwäche)	-	-	-	-	-	-
67	Scheiden- verletzung: lokal	28.04.	Urovagina, Endometritis	lokal: AB, Spülung	-	-	-
201	-	-	-	-	-	-	-
202	-	-	-	-	-	-	-
203	-	-	-	-	-	-	-
204	-	-	-	-	-	-	-
205	-	-	-	-	-	-	-
206	-	-	-	-	-	-	-
207	starke Nachge- burtswehen - Novalgin	-	-	-	-	-	-
208	-	-	-	-	-	-	-
209	-	-	-	-	-	-	-
210	Strophantin iv	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
211	-	-	-	-	-	-	-
213	-	-	-	-	-	-	-
214	-	-	-	-	-	-	-
216	-	-	-	-	-	-	-
217	Scheiden- verletzung: lokal	k.A.	k.A.	k.A.	-	-	-
218	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
219	Ret. sec. (5h)	-	-	-	-	-	-
220	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
221	-	-	-	-	-	-	-
222	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
223	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
224	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
225	-	-	-	-	-	-	-
226	-	-	-	-	-	-	-
227	-	-	-	-	-	-	-
228	-	-	-	-	-	-	-
229	-	-	-	-	-	-	-
230	-	k.A.	k.A.	k.A.	22.06.	spastische Kolik	Spasmolytika
231	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
232	entf.	entf.	entf.	entf.	entf.	entf.	entf.
233	-		Laktations- anöstrie	Progesteron	-	-	-
234	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
236	-	-	-	-	-	-	-
237	-	-	-	-	-	-	-
238	-	-	-	-	-	-	-
239	-	-	-	-	-	-	-





Tab. 9.3.: Daten der Fragebogenerhebung: 3) Fohlen

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Geschlecht</i>	sex	1 = männlich 2 = weiblich
<i>Vitalität des Fohlens nach der Geburt</i>	vital	0 = Tot 1 = leicht herabgesetzt 2 = o.b.B.
<i>Entwicklung des Fohlens in den ersten vier Lebensmonaten</i>	entwick	0 = entfällt 1 = leichte Wachstumseinbußen 2 = altersentsprechend 3 = gestorben
<i>Erkrankungen des Fohlens in den ersten vier Lebensmonaten</i>	erkrankung	UV = Umfangsvermehrung FR = Fohlenrosse
<i>Behandlung der Erkrankungen des Fohlens</i>	behandlung	AB = antibiotische Behandlung NSS = Nasenschlundsonde

k.A. = keine Angabe  
entf. = entfällt, da Fohlen tot/gestorben

nr.	sex	vital	entwick	datum	erkrankung	behandlung
1	1	2	2	-	-	-
2	1	2	2	-	-	-
3	2	2	2	-	-	-
4	1	2	2	24.5.	Entropium rechts	lokal
5	1	2	2	Aug. '95 Sept. '95	UV Fessel Atemwegserkrankung mit Fieber	homöop. Therapie
6	1	2	2	-	-	-
7	1	2	3	05.05. 06.05. 10.06.	Fohlenlähme?	Vit E / Selen / Baypamun Euthanasie
8	1	2	2	-	Diarrhoe	Diaproof
9	1	2	2	-	-	-
10	1	2	2	29.06. Aug.	Mekoniumverhalten mit Kolik Dermatomykose	lokal: Spültherapie lokal: Antimykotikum
12	2	2	2	23.-25.3.	Diarrhoe (FR)	Diaproof, Kaoprompt
14	1	2	2	-	-	-
16	2	2	2	1.6.-8.6.	Kolik, Diarrhoe	homöop. Therapie
18	1	1	3	5.5.	Rippenfraktur	gestorben
19	1	2	2	30.3.	Kolik, Diarrhoe	Diaproof per NSS, Spasmolytikum
20	1	2	2	-	-	-
21	1	2	2	15.4.	Diarrhoe, danach leichtes Kümmern (FR)	
24	2	2	2	-	-	-
25	2	2	1	23.-26.3.	Diarrhoe (FR)	keine
27	2	2	2	-	-	-

Fortsetzung Tab. 9.3.:

nr.	sex	vital	entwick	datum	erkrankung	behandlung
28	2	1	3	20.3.	Entropium bds. Fohlenlähme	Klinik: Euthanasie
29	1	2	2	-	-	-
30	1	2	2	-	-	-
31	2	2	2	-	-	-
33	2	2	1	-	-	-
34		0	3	entf.	entf.	entf.
35	1	2	1	-	-	-
36	2	2	2	-	-	-
37	1	2	2	11.4.	Diarrhoe	keine
39	1	2	2	3.3.	Diarrhoe (FR)	keine
41	1	2	2	-	-	-
43	2	1	3	25.3.	Herzmißbildung	Euthanasie
44	2	2	2	-	-	-
46	1	2	2	22.3.	Nabelentzündung	Klinik: OP
47	2	2	1	-	-	-
48	2	2	2	20.-23.3. Juni	Diarrhoe (FR) Atemwegserkrankung	Diaproof, Kaoprompt lokal: Inhalation
49	1	2	2	ab Juli	Flaschenkind	
52	2	2	3	ab Juni Sept.	Atemwegserkrankung mit Fieber	AB, homöop. Therapie, Euthanasie
54	2	2	2	-	-	-
57	2	2	3	ab Juni Sept.	Atemwegserkrankung mit Fieber	AB, homöop. Therapie Euthanasie
58	2	2	2	-	-	-
59	1	2	3	15.4.	Fohlenlähme, gestorben	
61	1	2	2	15.-18.3.	Diarrhoe (FR)	Diaproof, Kaoprompt
62	1	2	2	23.-25.4.	Diarrhoe	Diaproof, Kaoprompt per NSS
63	2	2	2	-	-	-
64	1	2	2	-	-	-
65	1	2	2	-	-	-
66	2	2	2	-	-	-
67	1	2	1	-	-	-
201	2			k.A.	k.A.	k.A.
202	2			k.A.	k.A.	k.A.
203	2	2	2	-	-	-
204	1	2	2	21.2.	Diarrhoe (FR)	keine
205	1	2	1	24.2.	Diarrhoe (FR)	Stullmisan
206	1	2	2	-	-	-
207	1	2	2	-	-	-
208	2	2	2	23.5.	Diarrhoe	AB
209	1			k.A.	k.A.	k.A.
210	2	2		k.A.	k.A.	k.A.

Fortsetzung Tab. 9.3.:

nr.	sex	vital	entwick	datum	erkrankung	behandlung
211	2	2	2	23.5.	Diarrhoe	AB
213	2	2	2	19.5.	Abszeß (Hals)	homöop. Therapie
				23.5.	Diarrhoe	Stullmisan
214	1	2	2	10.5.	Atemwegserkrankung	homöop. Therapie
216	1	1		9.-11.4.	trinkt nicht, schlapp	ohne
				18.-19.4.	Diarrhoe (FR)	Stullmisan
217	2	2	2	5.-8.4.	Diarrhoe (FR)	Stullmisan
218	1	2		k.A.	k.A.	k.A.
219	1	2	2	2.4.	Atemwegserkrankung	homöop. Therapie
220	1	1		k.A.	k.A.	k.A.
221	2	2	2	15.-16.3.	Diarrhoe	Stullmisan
				15.-23.5.	Diarrhoe mit Fieber	AB, homöop. Therapie
222	1			entf.	entf.	entf.
223	2	2		23.-24.4.	Diarrhoe (FR)	Stullmisan
224	1			k.A.	k.A.	k.A.
225	2	2	2	8.3.	Entropium	lokal
226	1			k.A.	k.A.	k.A.
227	1	2	2	3.-5.5.	Kolik mit Salivation	Spasmolytika, AB, Infusion
228	1	1	3	26.3.	Enteritis, gestorben	Infusion, etc.
229	1	2	2	-	-	-
230	2	2		6.6.	Atemwegserkrankung mit Fieber	AB
231	2	2		k.A.	k.A.	k.A.
232	2	0	3	entf.	entf.	entf.
233	1	2	2	23.5.	Fieber	AB
234	2	2	2	-	-	-
236	1	2	2	-	-	-
237	1	2	2	-	-	-
238	1			k.A.	k.A.	k.A.
239	2	2	3	April	Fohlenlähme	Klinik: Euthanasie
242	2	2	2	5.5.	Diarrhoe	Stullmisan
243	1	2	2	22.3.-2.4.	Fohlenlähme	AB
244	2	2	2	-	-	-
245	1	0	3	entf.	entf.	entf.
246	1	2	2	3.5.	Diarrhoe (FR)	Stullmisan
247	1			k.A.	k.A.	k.A.
248	2	2	2	11.4.	Entropium	lokal
				15.4.	Abszeß	lokal
249	2	2	2	-	-	-
301	2	2	2	-	-	-
302	1	2	2	-	-	-
303	2	2	2	-	-	-
304	2	2	2	10.4.	Atemwegserkr.	AB
305	1	2	2	-	-	-

Fortsetzung Tab. 9.3.:

nr.	sex	vital	entwick	datum	erkrankung	behandlung
306	2	2	2	-	-	-
307	2	2	2	-	-	-
308	2	2	2	10.6.	Verletzung am Unterkiefer	lokal
309	2	2	2	-	-	-
401	1	2	2	-	-	-
402	2	2	2	-	-	-
403	2	2	2	k.A.	Diarrhoe	k.A.
404	2	2	2	-	-	-
405	1	2	2	-	-	-
406	1	2	2	15.4.	Nabelentzündung	lokal
408	2	2	2	10.5.	Nabelentzündung	k.A.
409	2	2	2	-	-	-
410	1	2	2	12.6.	Diarrhoe	Covilac
411	2	2	2	-	-	-
413	2	2	2	5.6.	Diarrhoe	Covilac, Arcol
414	2	2	2	-	-	-
415	1	2	2	-	-	-
416	1	2	2	-	-	-
417	2	2	2	-	-	-
418	1	2	2	-	-	-
419	2	2	2	-	-	-
420	1	2	2	15.5.	Diarrhoe (FR)	Covilac, AB, Bactisel
421	2	2	2	-	-	-
422	1	2	2	-	-	-
423	1	2	2	-	-	-

Tab. 9.4.: Plasmaselengehalt der Stuten (Bestandsuntersuchung), sowie deren Trächtigkeits- und Laktationsstadium zum Zeitpunkt der Probenentnahme

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Datum der Probenentnahme während der Trächtigkeit</i>	datum1	
<i>Trächtigkeitstag</i>	trtag	
<i>Trächtigkeitswoche</i>	trwoche	
<i>Trächtigkeitsstadium</i>	trstadium	0 = 8./9. Trächtigkeitsmonat 1 = 10. Trächtigkeitsmonat 2 = 11. Trächtigkeitsmonat 3 = 12. Trächtigkeitsmonat
<i>Plasmaselengehalt während der Trächtigkeit</i>	se_1	µg/l
<i>Datum der Probenentnahme während der Laktation</i>	datum2	
<i>Laktationstag</i>	lakttag	
<i>Laktationswoche</i>	laktwoch	
<i>Laktationsstadium</i>	laktstad	
<i>Plasmaselengehalt während der Laktation</i>	se_2	µg/l

bei den Tieren ohne Angabe erfolgte zu diesem Zeitpunkt keine Blutprobenentnahme

nr.	datum1	trtag	trwoche	trstadiu	se_1	datum2	lakttag	laktwoch	laktstad	se_2
1	15.03.95	285	41	1	134	28.05.95	16	3	3	136
2	28.02.95	306	44	1	148	28.02.95	13	2	2	160
3	15.03.95	272	39	0	120	28.05.95	13	2	2	144
4	15.03.95	276	40	0	136	05.06.95	12	2	2	144
5	15.03.95	316	46	2	144	28.04.95	16	3	3	176
6	09.04.95	308	44	1	88					
7	15.03.95	282	41	1	152					
8	28.02.95	324	47	2	152	21.03.95	11	2	2	156
9	15.03.95	271	39	0	156	05.06.95	11	2	2	160
10	15.03.95	241	35	0	144	20.07.95	21	3	3	128
12	03.03.95	327	47	2	136	26.03.95	15	3	3	144
14	15.03.95	286	41	1	136	18.05.95	12	2	2	144
16	15.03.95	282	41	1	144	18.05.95	12	2	2	176
18	08.04.95	308	44	1	48	18.05.95	18	3	3	112
19	08.02.95	295	43	1	120	30.03.95	15	3	3	112
20	08.02.95	330	48	2	152	21.03.95	37	6	5	160
21	03.03.95	328	47	2	120	17.04.95	16	3	3	168
24	15.03.95	306	44	1	144	15.03.95	12	2	2	152
25	15.03.95	328	47	2	168					
27	08.02.95	323	47	2	144	08.03.95	18	3	3	152
28	08.03.95	335	48	2	152					
29	28.02.95	310	45	2	104	30.03.95	9	2	2	120
30	15.03.95	337	49	3	176					
31						21.03.95	43	7	5	132
33	15.03.95	336	48	2	156	10.04.95	15	3	3	152
34						21.03.95	22	4	4	168
35	15.03.95	294	42	1	168	18.05.95	17	3	3	160
36	08.02.95	345	50	3	152	27.02.95	19	3	3	133
37	15.03.95	314	45	2	136	17.04.95	17	3	3	168
39	08.02.95	320	46	2	144	21.03.95	28	4	4	160

Fortsetzung Tab. 9.4.:

nr.	datum1	trtag	trwoche	trstadiu	se_1	datum2	lakttag	laktwoch	laktstad	se_2
41	15.03.95	279	40	0	152					
43	15.03.95	329	47	2	136	26.03.95	3	1	1	168
44	15.03.95	324	47	2	140	08.04.95	17	3	3	120
46	28.02.95	320	46	2	160	30.03.95	13	2	2	160
47	15.03.95	279	40	0	156	05.06.95	16	3	3	168
48	28.02.95	344	50	3	120	21.03.95	17	3	3	160
49	09.04.95	289	42	1	144	05.06.95	8	2	2	176
52	15.03.95	312	45	2	136	08.05.95	24	4	4	96
54	08.04.95	325	47	2	60	18.05.95	19	3	3	96
57	15.03.95	316	46	2	128	28.04.95	14	2	2	168
58	15.03.95	275	40	0	124	05.06.95	21	3	3	104
59	15.03.95	314	45	2	164	28.04.95	14	2	2	128
61						21.03.95	50	8	5	168
62	15.03.95	330	48	2	116	08.04.95	14	2	2	168
63	15.03.95	332	48	2	104	10.04.95	15	3	3	136
64	15.03.95	330	48	2	92	08.04.95	17	3	3	120
65	15.03.95	319	46	2	140	23.04.95	15	3	3	120
66	15.03.95	312	45	2	140	07.05.95	14	2	2	144
67	15.03.95	308	44	1	120	28.04.95	16	3	3	136
201						15.03.95	49	7	5	164
202						15.03.95	45	7	5	160
203						15.03.95	31	5	5	160
204						15.03.95	29	5	5	148
205						15.03.95	27	4	4	148
206						15.03.95	29	5	5	156
207						15.03.95	20	3	3	176
208						15.03.95	20	3	3	144
209						15.03.95	20	3	3	120
210						15.03.95	18	3	3	140
211						15.03.95	14	2	2	176
213						15.03.95	10	2	2	163
214						15.03.95	10	2	2	176
216	06.03.95	313	45	2	96	27.04.95	18	3	3	128
217	06.03.95	318	46	2	88	03.04.95	6	1	1	128
218	06.03.95	305	44	1	112	27.04.95	23	4	4	120
219	06.03.95	321	46	2	136	29.03.95	12	2	2	148
220	06.03.95	318	46	2	80	07.06.95	69	10	6	120
221	06.03.95	341	49	3	120	29.03.95	22	4	4	168
222	06.03.95	311	45	2	96	27.04.95	14	2	2	144
223	06.03.95	302	44	1	96					
224	06.03.95	271	39	0	88					
225	06.03.95	333	48	2	48	29.03.95	21	3	3	152
226	06.03.95	319	46	2	112	03.04.95	11	2	2	120
227	06.03.95	320	46	2	152	03.04.95	6	1	1	160
228	06.03.95	315	45	2	120					
229	06.03.95	326	47	2	104	03.04.95	5	1	1	144
230	06.03.95	287	41	1	88	19.05.95	19	3	3	144
231	06.03.95	314	45	2	104					
232	06.03.95	294	42	1	120					
233	06.03.95	337	49	3	144	29.03.95	10	2	2	152
234	06.03.95	329	47	2	136	13.04.95	21	3	3	136

Fortsetzung Tab. 9.4.:

nr.	datum1	trtag	trwoche	trstadiu	se_1	datum2	lakttag	laktwoch	laktstad	se_2
236	06.03.95	278	40	0	96	19.05.95	10	2	2	136
237	06.03.95	334	48	2	104	13.04.95	18	3	3	120
238	06.03.95	335	48	2	96					
239	06.03.95	304	44	1	104	26.04.95	18	3	3	168
242	06.03.95	324	47	2	104	13.04.95	20	3	3	144
243	06.03.95	320	46	2	112	29.03.95	14	2	2	148
244	06.03.95	312	45	2	88	19.05.95	53	8	5	120
245	06.03.95	307	44	1	104	17.04.95	4	1	1	160
246						27.04.95	3	1	1	136
247	27.04.95	323	47	2	144	07.06.95	15	3	3	152
248						27.04.95	16	3	3	112
249						19.05.95	17	3	3	120
301	20.03.95	294	42	1	72	05.05.95	7	1	1	80
302						20.03.95	13	2	2	56
303						20.03.95	1	1	1	76
304						03.04.95	28	4	4	56
305	20.03.95	320	46	2	40	03.04.95	4	1	1	48
306	20.03.95	331	48	2	52	03.04.95	9	2	2	64
307	20.03.95	313	45	2	56	18.07.95	99	15	6	64
308	20.03.95	292	42	1	40	05.05.95	4	1	1	40
309	20.03.95	306	44	1	96	05.05.95	15	3	3	72
401	13.03.95	301	43	1	80					
402	13.03.95	328	47	2	88					
403	13.03.95	304	44	1	64					
404						13.03.95	42	6	5	96
405	13.03.95	332	48	2	80					
406	13.03.95	300	43	1	88					
408	13.03.95	283	41	1	40					
409						31.05.95	106	16	6	104
410	13.03.95	308	44	1	80					
411	13.03.95	320	46	2	88					
413						13.03.95	27	4	4	96
414	13.03.95	321	46	2	64					
415						31.05.95	100	15	6	88
416						13.03.95	8	2	2	144
417	13.03.95	320	46	2	80					
418	13.03.95	292	42	1	64					
419	13.03.95	276	40	0	72					
420	13.03.95	279	40	0	40					
421	13.03.95	316	46	2	136					
422						31.05.95	101	15	6	100
423	06.03.95	320	46	2	64					



Tab. 9.5.: Plasmaselengehalt der Fohlen (Bestandsuntersuchung), sowie deren Alter zum Zeitpunkt der Probenentnahme

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Datum der Probenentnahme beim Fohlen</i>	datum3	
<i>Alter des Fohlens in Tagen</i>	foalter	
<i>Alter des Fohlens in Wochen</i>	woalter	
<i>Alter des Fohlens in Stadien eingeteilt</i>	altstad	0 = 1. Lebenswoche 1 = 2. Lebenswoche 2 = 3. Lebenswoche 3 = 4. Lebenswoche 4 = 2. Lebensmonat 5 = 3./4. Lebensmonat
<i>Plasmaselengehalt des Fohlens</i>	se_3	µg/l

bei den Fohlen ohne Angabe erfolgte keine Blutprobenentnahme

nr.	datum3	foalter	woalter	altstad	se 3
1	28.05.95	16	3	3	60
2	17.04.95	13	2	2	80
3	28.05.95	13	2	2	64
4	05.06.95	12	2	2	64
5	28.04.95	16	3	3	64
6					
7					
8	21.03.95	11	2	2	68
9	05.06.95	11	2	2	80
10	20.07.95	21	3	3	48
12	26.03.95	15	3	3	68
14	18.05.95	12	2	2	64
16	18.05.95	12	2	2	56
18					
19	30.03.95	15	3	3	68
20	21.03.95	37	6	5	80
21	17.04.95	16	3	3	56
24	28.04.95	12	2	2	64
25					
27	08.03.95	18	3	3	72
28	20.03.95	8	2	2	64
29	30.03.95	9	2	2	56
30					
31	21.03.95	43	7	5	68
33	10.04.95	15	3	3	64
34					
35	18.05.95	17	3	3	72
36	27.02.95	19	3	3	51
37	17.04.95	17	3	3	68
39	21.03.95	28	4	4	72
41					
43	26.03.95	3	1	1	144

Fortsetzung Tab. 9.5.:

nr.	datum3	foalter	woalter	altstad	se 3
44	08.04.95	17	3	3	80
46	30.03.95	13	2	2	48
47	05.06.95	16	3	3	80
48	21.03.95	17	3	3	64
49	05.06.95	8	2	2	128
52	08.05.95	24	4	4	56
54	18.05.95	19	3	3	52
57	28.04.95	14	2	2	56
58	05.06.95	21	3	3	56
59					
61	21.03.95	50	8	5	72
62	08.04.95	14	2	2	64
63	10.04.95	15	3	3	64
64	08.04.95	17	3	3	48
65	23.04.95	15	3	3	56
66	07.05.95	14	2	2	141
67	28.04.95	16	3	3	48
201	15.03.95	49	7	5	72
202	15.03.95	45	7	5	72
203	15.03.95	31	5	5	68
204	15.03.95	29	5	5	56
205	15.03.95	27	4	4	84
206	15.03.95	29	5	5	80
207	15.03.95	20	3	3	84
208	15.03.95	20	3	3	76
209	15.03.95	20	3	3	60
210	15.03.95	18	3	3	92
211	15.03.95	14	2	2	68
213	15.03.95	10	2	2	88

Fortsetzung Tab. 9.5.:

nr.	datum3	foalter	woalter	altstad	se 3
211	15.03.95	14	2	2	68
213	15.03.95	10	2	2	88
214	15.03.95	10	2	2	64
216	27.04.95	18	3	3	68
217	03.04.95	6	1	1	48
218	27.04.95	23	4	4	64
219	29.03.95	12	2	2	48
220	07.06.95	69	10	6	64
221	29.03.95	22	4	4	64
222	27.04.95	14	2	2	72
223					
224					
225	29.03.95	21	3	3	64
226	03.04.95	11	2	2	32
227	03.04.95	6	1	1	64
228		.	.	.	
229	03.04.95	5	1	1	56
230	19.05.95	19	3	3	56
231					
232					
233	29.03.95	10	2	2	64
234	13.04.95	21	3	3	56
236	19.05.95	10	2	2	64
237	13.04.95	18	3	3	56
238					
239	26.04.95	18	3	3	88
242	13.04.95	20	3	3	64
243	29.03.95	14	2	2	80
244	19.05.95	53	8	5	80
245					
246	27.04.95	3	1	1	48
247	07.06.95	15	3	3	64
248	27.04.95	16	3	3	40
249	19.05.95	17	3	3	56

Fortsetzung Tab. 9.5.:

nr.	datum3	foalter	woalter	altstad	se 3
301	05.05.95	7	1	1	40
302	20.03.95	13	2	2	48
303	20.03.95	1	1	1	32
304	20.03.95	14	2	2	40
305	03.04.95	4	1	1	32
306	03.04.95	9	2	2	32
307	18.07.95	99	15	6	72
308	05.05.95	4	1	1	32
309	05.05.95	15	3	3	56
401					
402					
403					
404					
405					
406					
408					
409					
410					
411					
413					
414					
415					
416					
417					
418					
419					
420					
421					
422					
423					

Tab. 9.6.: Ergebnisse der Futtermittelanalysen

<u>Legende:</u>		<u>Einheit:</u>
<i>Futterart</i>		
<i>Nummer der Futterprobe</i>	Nr.	
<i>Trockensubstanz</i>	TS	%
<i>Rohasche</i>	Rohasche	g/kg uS (ursprüngliche Substanz)
<i>Rohprotein</i>	Rohprotein	g/kg uS
<i>Natrium</i>	Na	g/kg uS
<i>Kalium</i>	K	g/kg uS
<i>Calcium</i>	Ca	g/kg uS
<i>Phosphor</i>	P	g/kg uS
<i>Magnesium</i>	Mg	g/kg uS
<i>Kupfer</i>	Cu	mg/kg uS
<i>Zink</i>	Zn	mg/kg uS
<i>Selen</i>	Se	mg/kg uS

**Betrieb 1:**

Futterart	Nr.	TS	Roh- asche	Roh- protein	Na	K	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se
Wiesenheu	4	92	64,60	68,56	0,41	20,5	5,00	2,67		3	24	0,02
Pellets	12	90	82,52	111,45	4,62	12,5	8,80	5,10		38	147	0,50
Grassilage	14	35	73,55	27,45	0,33	29,8	1,97	2,94		4	9	0,01
Stroh	16	93	62,57	34,48	0,38	25,8	3,27	0,75		5	6	0,01
Gras	20	17	160,74	21,15	0,67	33,4	0,89	3,25		1	5	0,01
Gras	28	21	123,86	49,59	0,369	10,5	0,97	4,73		3	11	0,01
Gras	29	18	111,36	36,46	0,295	11,2	1,1	4,99		2	7	0,00
Grassilage	30	59	50,43		0,363		3,325		1,24	7	23	0,01
Bierhefe	31	93	45,06		0,267		0,799		2,84	8	61	0,04
Luzerneheu	32	94	65,54		0,355		9,263		1,34	7	15	0,03
Fohlenpellets	33	90	85,25		6,933		10,224		4,77	21	136	0,56
Stutenpellets	34	90	98,53		4,953		20,598		2,70	23	120	0,39

**Betrieb 2:**

Futterart	Nr.	TS	Roh- asche	Roh- protein	Na	K	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se
Luzerneheu	1	92	65,68	57,21	0,33	26,5	7,94	0,96		9	13	0,01
Hafer	3	90	103,08	30,62	0,20	6,3	1,53	3,55		3	21	0,03
Pellets 80A	10	90	115,69	77,21	6,63	13,2	10,70	3,49		24	130	0,26
Pellets 80	11	92	160,33	73,47	3,45	12,6	12,24	6,42		32	440	0,44
Grassilage	13	72	37,23	70,68	0,714	22,7	2,05	2,19		4	8	0,01
Gras	19	22	27,01	72,12	0,606	25,9	1,08	3,393		3	4	0,02

**Betrieb 3:**

Futterart	Nr.	TS	Roh- asche	Roh- protein	Na	K	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se
Wiesenheu	2	92	60,34	50,67	0,35	19,1	4,00	2,17		2	17	0,02
schwarzer Hafer	5	90	112,72	30,91	0,11	6,5	1,04	4,00		2	26	0,01
weißer Hafer	6	90	113,45	21,81	0,10	4,8	0,46	3,88		1	15	0,01
Trockensch.	7	91	101,22	70,14	2,54	17,8	5,04	0,83		3	21	0,03
Pellets	8	90	99,81	85,15	3,55	12,8	10,24	4,70		17	131	0,38
Mais	9	88	82,8	13,69	0,16	3,5	0,62	3,16		5	205	0,01
Gras	21	17	31,43	101,83	0,491	36,6	0,85	3,54		2	5	0,00

**Betrieb 4:**

Futterart	Nr.	TS	Roh- asche	Roh- protein	Na	K	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se
Wiesenheu	15	92	53,73	53,81	0,32	26,3	2,60	2,11		11	33	0,02
Gras	17	33	22,74	156,43	0,51	13,65	0,74	2,06		3	10	0,02
Wiesenheu	18	92	86,39	52,13	0,53	22,92	5,33	2,66		9	19	0,01
Wiesenheu	22	92	94,66	60,78	0,49	19,19	4,93	2,69		10	25	0,04
Stroh	23	92	35,7	58,34	0,68	29,05	2,50	1,18		8	23	0,02
Sojaschrot	24	88	423,96	59,81	0,472	27,70	2,54	6,70		13	48	0,13
Bierhefe	25	91	286,22	81,69	0,687	15,66	16,23	8,00		21	58	0,12
Hafer	26	90	116,6	25,06	0,236	5,52	0,87	3,61		7	29	0,02
Mineralfutter	27											4,6

Tab. 9.7.: Selengehalt in Plasma und Vollblut der Stuten (Verlaufsuntersuchung) sowie Trächtigkeitsstadium der Stuten zum Zeitpunkt der Probenentnahme

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Datum der Probenentnahme</i>	datum	
<i>Trächtigkeitstag</i>	trtag	
<i>Trächtigkeitswoche</i>	trwoche	
<i>Trächtigkeitsstadium</i>	trstadiu	
<i>Plasmaselengehalt</i>	selen	µg/l
<i>Vollblutselengehalt</i>	vbsele	µg/l
<i>Plasmaproteingehalt</i>	prot	g/dl
<i>Aktivität der GSH-PX je l Plasma</i>	u37	U37/l
<i>Aktivität der GSH-PX je g Protein</i>	u37prot	U37/g
<i>Aktivität der GSH-PX je l Plasma</i>	gshpx	NADPH oxid/min/l
<i>Aktivität der GSH-PX je g Protein</i>	gshprot	NADPH oxid/min/g

## Entnahme 1

nr.	datum	trtag	trwoche	trstadiu	selen	vbsele	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	05.06.95	77	11	0	64						
19	05.06.95	55	8	0	72						
27	05.06.95	58	9	0	64						
31	05.06.95	107	16	0	64						
36	05.06.95	50	8	0	64						
48	05.06.95	24	4	0	88						
2	20.07.95	73	11	0	56						
8	20.07.95	73	11	0	64						
33	20.07.95	72	11	0	52						
37	20.07.95	38	6	0	56						
39	20.07.95	75	11	0	48						
46	20.07.95	67	10	0	64						
62	20.07.95	58	9	0	64						

## Entnahme 2

nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbsele	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	05.09.95	169	25	0	48		7,22	0,20	2,8	217,14	3,01
19	05.09.95	147	21	0	48		7,54	0,20	2,7	217,14	2,88
27	05.09.95	150	22	0	140		7,32	0,12	1,7	131,43	1,80
31	05.09.95	199	29	0	48		7,41	0,13	1,7	140,00	1,89
36	05.09.95	142	21	0	56		6,75	0,16	2,3	171,43	2,54
48	05.09.95	116	17	0	72		7,56	0,25	3,4	274,29	3,63
2	05.09.95	120	18	0	56		8,06	0,22	2,8	240,00	2,98
8	05.09.95	120	18	0	48		8,23				
33	05.09.95	119	17	0	56		7,83	0,07	1,0	80,00	1,02
37	05.09.95	85	13	0	48		6,99	0,13	1,8	137,14	1,96
39	05.09.95	122	18	0	48		6,94	0,08	1,1	82,86	1,19
46	05.09.95	114	17	0	48		7,39	0,14	1,9	148,57	2,01
62	05.09.95	105	15	0	48		7,56	0,09	1,2	94,29	1,25

## Entnahme 3:

Nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbsele	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	31.10.95	225	33	1	29		7,11	0,16	2,3	177,14	2,49
19	31.10.95	203	29	0	29		6,61	0,14	2,2	154,29	2,33
27	31.10.95	206	30	0	32		7,18	0,11	1,5	117,14	1,63
31	31.10.95	255	37	1	35		6,85	0,14	2	152,38	2,22
36	31.10.95	198	29	0	31		7,22	0,17	2,4	188,57	2,61
48	31.10.95	172	25	0	37		6,56	0,13	2	142,86	2,18
2	31.10.95	176	26	0	43		7,39	0,16	2,2	177,14	2,40
8	31.10.95	176	26	0	42		7,03	0,12	1,7	125,71	1,79
33	31.10.95	175	25	0	35		6,61	0,10	1,4	102,86	1,56
37	31.10.95	141	21	0	32		6,37	0,14	2,3	154,29	2,42
39	31.10.95	178	26	0	40		6,80	0,17	2,4	180,00	2,65
46	31.10.95	170	25	0	40		7,05	0,15	2,1	162,86	2,31
62	31.10.95	161	23	0	32		6,69	0,13	1,9	137,14	2,05

## Entnahme 4:

Nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbsele	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	05.12.95	260	38	1	108	108	5,93	0,30	5,0	320,00	5,40
19	05.12.95	238	34	1	96	121	6,44	0,23	3,5	245,71	3,82
27	05.12.95	241	35	1	80	116	6,40	0,17	2,7	188,57	2,95
31	05.12.95	290	42	1	124	120	5,42	0,20	3,6	211,43	3,90
36	05.12.95	233	34	1	100	120	7,14	0,28	3,9	297,14	4,16
48	05.12.95	207	30	0	56	124	5,93	0,20	3,3	211,43	3,57
2	05.12.95	211	31		112	136	5,83	0,20	3,5	217,14	3,73
8	05.12.95	211	31	1	108	148	6,61	0,20	3,0	211,43	3,20
33	05.12.95										
37	05.12.95	176	26	0	112	107	5,42	0,15	2,8	165,71	3,06
39	05.12.95	213	31	1	96	108	7,54	0,19	2,5	200,00	2,65
46	05.12.95	205	30	0	96	127	6,33	0,74	2,8	188,57	2,98
62	05.12.95	196	28	0	60	82	7,18	0,17	2,4	185,71	2,59

## Entnahme 5:

Nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbselen	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	16.01.96	302	44	1	130	144	6,04	0,23	3,8	245,71	4,07
19	16.01.96	280	40	1	125	148	6,57	0,15	2,3	165,71	2,52
27	16.01.96	283	41	1	120	148	7,49	0,30	4,0	320,00	4,27
31	16.01.96										
36	16.01.96	275	40	1	130	156	6,37	0,19	3,0	205,71	3,23
48	16.01.96	249	36	1	77	128	6,12	0,12	2,0	131,43	2,15
2	16.01.96	253	37	1	154	188	6,84	0,17	2,5	188,57	2,76
8	16.01.96	253	37	1	139	188	6,71	0,15	2,3	165,71	2,47
33	16.01.96										
37	16.01.96	218	32	1	134	164	6,12	0,13	2,2	142,86	2,33
39	16.01.96	255	37	1	139	152	6,86	0,14	2,1	154,29	2,25
46	16.01.96	247	36	1	134	164	6,73	0,17	2,6	185,71	2,76
62	16.01.96	238	34	1	77	104	6,59	0,07	1,1	80,00	1,21

## Entnahme 6:

Nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbselen	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	10.02.96	327	47	1	114	180	6,94	0,20	2,9	217,14	3,13
19	10.02.96	305	44	1	122	187	6,69	0,15	2,2	160,00	2,39
27	10.02.96	308	44	1	105	163	7,07	0,14	1,9	148,57	2,10
31											
36	10.02.96	300	43	1	151	198	6,97	0,16	2,4	177,14	2,54
48	10.02.96	274	40	1	101	150	6,84	0,12	1,8	131,43	1,92
2	10.02.96	278	40	1	176	207	6,86	0,21	3,0	222,86	3,25
8	10.02.96	278	40	1	172	220	7,26	0,16	2,2	171,43	2,36
33	10.02.96										
37	10.02.96	243	35	1	136	194	6,61	0,13	2,0	142,86	2,16
39	10.02.96	280	40	1	144	185	7,26	0,13	1,8	142,86	1,97
46	10.02.96	272	39	1	148	207	7,20	0,17	2,4	185,71	2,58
62	10.02.96	263	38	1	95	141	7,01	0,09	1,2	94,29	1,35

## Entnahme 7:

Nr.	datum	trtage	trwoche	trstadiu	selen	vbselen	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	13.03.96										
19	13.03.96										
27	13.03.96										
31											
36	13.03.96	332	48	1	174	254	6,82	0,21	3,1	228,57	3,35
48	13.03.96	306	44	1	144	210	6,67	0,14	2,1	154,29	2,31
2	13.03.96	310	45	1	158	253	6,46	0,17	2,7	188,57	2,92
8	13.03.96	310	45	1	152	273	7,28	0,14	1,9	145,71	2,00
33	13.03.96										
37	13.03.96	275	40	1	142	245	6,42	0,12	1,8	125,71	1,96
39	13.03.96	312	45	1	158	211	7,28	0,15	2,0	160,00	2,20
46	13.03.96	304	44	1	149	222	6,9	0,14	2,0	148,57	2,15
62	13.03.96	295	43	1	120	170	6,67	0,10	1,4	102,86	1,54

Tab. 9.8.: Selengehalt in Plasma und Vollblut der Fohlen  
(Verlaufsuntersuchung), Alter der Fohlen zum Zeitpunkt der  
Probenentnahme

Legende:

<i>Tiernummer</i>	nr	
<i>Datum der Probenentnahme</i>	datum	
<i>Alter in Tagen</i>	alter	
<i>Alter in Monaten</i>	monat	
<i>Plasmaselengehalt</i>	selen	µg/l
<i>Vollblutselengehalt</i>	vbsele	µg/l
<i>Plasmaproteingehalt</i>	prot	g/dl
<i>Aktivität der GSH-PX je l Plasma</i>	u37	U37l
<i>Aktivität der GSH-PX je g Protein</i>	u37prot	U37/g
<i>Aktivität der GSH-PX je l Plasma</i>	gshpx	NADPH oxid/min/l
<i>Aktivität der GSH-PX je g Protein</i>	gshprot	NADPH oxid/min/g

## Entnahme 1:

nr.	datum	alter	monat	selen
12	26.03.95	15	0	68
19	30.03.95	15	0	68
27	08.03.95	18	1	72
31	21.03.95	43	2	68
36	27.02.95	19	1	51
48	21.03.95	17	1	64
2	17.04.95	13	0	80
8	21.03.95	11	0	68
33	10.04.95	15	1	64
37	17.04.95	17	1	68
39	21.03.95	28	1	72
46	30.03.95	13	0	48
62	08.04.95	14	0	64

## Entnahme 2:

nr.	datum	alter	monat	selen
12	05.06.95	86	3	80
19	05.06.95	82	3	56
27	05.06.95	107	4	72
31	05.06.95	119	4	72
36	05.06.95	117	4	48
48	05.06.95	93	3	48
2	20.07.95	107	4	48
8	20.07.95	132	5	52
33	20.07.95	116	4	88
37	20.07.95	111	4	56
39	20.07.95	149	5	96
46	20.07.95	125	5	80
62	20.07.95	117	4	62

## Entnahme 3:

nr.	datum	alter	monat	selen	vbsele	prot	u37	u37prot	gshpx	gshprot
12	05.12.95	269	9	100	184	6,02	0,16	2,7	174,29	2,90
19	05.12.95	265	9	80	177	5,26	0,14	2,7	151,43	2,88
27	05.12.95	290	10	128	213	4,77	0,24	5	257,14	5,39
31	05.12.95	302	10	100	244	5,11	0,21	4,2	231,43	4,43
36	05.12.95	300	10	124	108	5,23	0,22	4,2	234,29	4,48
48	05.12.95	276	9	112	211	5,17	0,26	5	277,14	5,36
2	05.12.95	245	8	112	177	5,59	0,31	5,6	337,14	6,03
8	05.12.95	270	9	100	208	6,31	0,23	3,6	245,71	3,89
33	05.12.95									
37	05.12.95	249	9	108	204	5,02	0,24	4,7	257,14	5,12
39	05.12.95	287	10	108	228	5,53	0,21	3,8	228,57	4,13
46	05.12.95	263	9	116	200	6,59	0,25	3,8	274,29	4,16
62	05.12.95	255	9	92	184	6,12	0,16	2,6	171,43	2,80

Tab. 9.9.: Selengehalt in Milch der Stuten (Verlaufsuntersuchung) sowie Laktationsstadium der Stuten zum Zeitpunkt der Probenentnahme

Legende:

*Tiernummer*

nr

*Datum der Probenentnahme*

datum

*Laktationstag*

laktag

*Selengehalt der Milch*

selen

µg/l

Entnahme 1 (Kolostrum):

nr.	datum	laktag	selen
12	10.03.96	1	159
19			
27			
31			
36			
48			
2			
8	12.04.96	1	68
33			
37			
39			
46			
62			

Entnahme 2:

nr.	datum	laktag	selen
12	28.04.96	49	12
19	13.03.96	95	15
27	28.04.96	54	11
31	10.02.96	31	16
36	28.04.96	17	8
48	28.04.96	17	6
2			
8	28.04.96	16	7
33			
37			
39	28.04.96	14	11
46	28.04.96	13	7
62	28.04.96	10	10



## Danksagung

Ich möchte allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. D. Schneider danke ich herzlich für die gute Betreuung der Arbeit, sowie seine Anregungen zu weiterführenden Untersuchungen und die stets gewährte zuvorkommende Unterstützung bei auftretenden Fragen.

Herrn Prof. Dr. H. Sommer danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die Anregungen zur Durchführung der Untersuchungen.

Bei Herrn Dr. K. Schäfer möchte ich mich besonders für die stets freundlich gewährte Gesprächsbereitschaft und Hilfe bedanken. Weiterhin bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Tierernährung.

Frau Dr. Gisela Arndt aus dem Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung danke ich herzlich für den engagierten Beistand bei der statistischen Bearbeitung der Ergebnisse.

Frau Friederike Axt danke ich für ihren Einsatz zu Beginn der Untersuchungen. Weiterhin bedanke ich mich bei den Gestütsleitern für die Ermöglichung der Probenentnahmen.

Außerdem danke ich Rolf für seine unermüdliche Unterstützung und Dési für ihre hilfsbereite Initiative.

## Lebenslauf

Name: Silke Schönthaler  
Geburtsdatum: 04.07.1969  
Geburtsort: Stuttgart  
Eltern: Bärbel Schönthaler, geb. Tasler  
Theo Schönthaler  
Familienstand: verheiratet

### Ausbildung und Beruf:

1975-1979 Österfeldgrundschule in Stuttgart-Vaihingen  
1979-1988 Fanny-Leicht-Gymnasium in Stuttgart-Vaihingen  
Abitur im Mai 1988  
1988-1994 Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin  
Approbation im Oktober 1994  
1995-1996 Assistentin in der Praxis D. Oster,  
64756 Mossautal  
1995-1997 Promotion am Institut für Tierernährung,  
FB Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin  
1997 Assistentin in der Praxis Dr. C. A. Bingold,  
64747 Breuberg  
1997-1998 Praxisvertretungen