

Produktionsbegleitende Stoffwechseluntersuchungen in Milchkuhbeständen

Prof. Dr. N. Rossow

Betriebswirtschaftliches Management, Qualitätsmanagement und Tierärztliche Bestandsbetreuung arbeiten auf ein gleiches Ziel hin: Die **ökonomisch effiziente Produktion von Rohmilch hoher Qualität und hygienischer Unbedenklichkeit mit gesunden Tieren.**

Fütterungscontrolling und Stoffwechselüberwachung sind wesentliche Bestandteile des betrieblichen und Qualitätsmanagements in leistungsstarken Milchviehbeständen. Sie gewährleisten maßgeblich ein hohes Fütterungsniveau, die Vermeidung von Fütterungsfehlern und die vorbeugende Sicherung der Stoffwechselfgesundheit als entscheidende Voraussetzung für Leistung, Fruchtbarkeit und lange Nutzungsdauer.

Elemente dieses Systems sind:

- Fütterungskontrolle und Rationsbewertung
- Körperkonditionsbewertung der Einzeltiere und der Herde
- Bestandsvisiten
- Kontrolle der Milchinhaltsstoffe und der Milchmengenleistung bei allen laktierenden Tieren im Rahmen der Milchleistungsprüfung (MLP)
- **Biochemische und hämatologische Stoffwechseluntersuchungen**
- Pro- und metaphylaktischer Einsatz von Futterzusatzstoffen



Abb. 1: Maßnahmen des Fütterungscontrollings und der Stoffwechselüberwachung in Milchviehbeständen.

Die richtige Beurteilung der Nährstoffversorgung setzt voraus, dass zwischen berechneter, angebotener und tatsächlich verzehrter Ration sowie den resorbierten Nährstoffen eine möglichst hohe Übereinstimmung besteht. Dies ist aber unter Praxisbedingungen vielfach keineswegs der Fall. Das Fütterungscontrolling bemüht sich deshalb darum, die Differenzen gering zu halten und bedient sich dabei zunehmend solcher Verfahren, die es gestatten, vom Tier selbst Informationen über die Nährstoffversorgung zu erlangen. Hierzu zählen:

- Kontrolle der Kotbeschaffenheit
- Kontrolle des Wiederkauverhaltens
- Kontrolle der Milchinhaltstoffe
- Körperkonditionsbewertung
- Ermittlung der Krankheitshäufigkeit
- Bestimmung von Stoffwechselfparametern

Der vorliegende Beitrag behandelt Grundlagen der Stoffwechselüberwachung durch den Einsatz produktionsbegleitender Stoffwechseluntersuchungen.

Organisatorische Voraussetzungen und Bedingungen

Gesundheit, Leistung und Fruchtbarkeit hängen in nicht geringem Maße davon ab, wie es gelingt, Stoffwechselstörungen und Ernährungsschäden frühzeitig zu diagnostizieren. Ein geeignetes Hilfsmittel sind **Laboranalysen** von Blut, Milch, Harn, Speichel, Pansensaft, Deckhaar und Biopsiematerial (Leber, Knochen). Blutuntersuchungen wurden bereits Anfang der siebziger Jahre in GB von PAYNE in Form des „Compton Metabolic Profile Test“ (CMPT) durchgeführt und fanden seit dem in unterschiedlicher Variation weite Verbreitung. PAYNE ging von der Annahme aus, dass Differenzen zwischen Futteraufnahme (Input) und Milchleistung (Output) sich in Veränderungen bestimmter Blutbestandteile widerspiegeln. Es zeigte sich bald, dass diese Annahme keineswegs für jeden Parameter zutrifft. Einer anfänglichen Euphorie folgte alsbald die Ernüchterung, denn die Interpretation der labordiagnostischen Befunde erwies sich in vielen Fällen als schwierig oder unmöglich. Weit entwickelt ist die PC-gestützte Stoffwechselüberwachung in GB. In Deutschland benutzt man nicht nur Blutproben sondern auch Harn- und Milchproben bzw. Biopsiematerial, denn nur ein Substrat, das eine hohe diagnostische Aussagekraft besitzt, ist für Stoffwechseluntersuchungen geeignet. Zu bevorzugen sind Parameter, die den vom Organismus betriebenen Regelaufwand als Messgröße nutzen. So erweist sich z. B. die Bestimmung der Na-Konzentration im Blutplasma als ungeeignet, einen Na-Mangel zu diagnostizieren, da der Organismus bestrebt ist, die Konzentration durch hormonelle Regelmechanismen konstant zu halten. Brauchbar ist hingegen die Na-Bestimmung im Harn, die infolge der renalen Rückresorption stark zurückgeht. Ähnliches gilt für den Säuren-Basen-Haushalt. Hier ist der Organismus bestrebt, den pH-Wert des Blutes konstant zu halten. Dagegen gibt die Bestimmung des renalen Regelaufwandes durch die NSBA im Harn wertvolle diagnostische Hinweise. Diese Beispiele verdeutlichen, dass es bei der Stoffwechseluntersuchung unzweckmäßig ist, sich nur auf ein Substrat (Blut) zu beschränken. Immer sollten solche Substrate benutzt werden, die den höchsten Informationsgehalt besitzen.

Charakteristisch für produktionsbegleitende Stoffwechseluntersuchungen ist die Entnahme von Stichproben (in den meisten Fällen genügen 10 Tiere) und die Bestimmung des Stichprobenmittelwertes, der mit einem Referenzwert verglichen wird.

Tab. 1: Systematische Stoffwechseluntersuchungen sind in Milchviehbetrieben unter folgenden Aspekten angezeigt:

- **Überwachung des Bestandes in Perioden besonderer metabolischer Belastungen (z. B. in Herden mit hohen Leistungen). Das Ziel besteht in der Früherkennung von Normabweichungen, um rechtzeitig mit entsprechenden Maßnahmen reagieren zu können.**
- **Erkennung einer Fehlfütterung (z. B. Mengenelemente, Spurenelemente, Vitamine) oder von tiergesundheitlichen Risiken (z. B. Einsatz konzentratreicher, strukturarmer Rationen)**
- **Nachweis von Belastungen mit Schadstoffen (z. B. Nitrat/Nitrit, Mykotoxine)**
- **Abklärung fütterungsbedingter Ursachen für Leistungsdepressionen, Fruchtbarkeitsmängel, Qualitätsmängel der Rohmilch oder gehäuft auftretende peripartale Erkrankungen.**

Für Stoffwechseluntersuchungen steht ein umfangreiches Methodenspektrum zur Verfügung. Aus Kostengründen sollte es zielgerichtet (selektiv) eingesetzt werden. Zu unterscheiden ist zwischen Methoden der Vorfelddiagnostik und einer zentralisierten automatisierten Analytik.

Vorfelddiagnostik wird mit Teststreifen, Testtabletten und anderen leicht zu handhabenden Techniken auf gewöhnlich trockenchemischer Basis betrieben. Sie liefert in kurzer Zeit und auf einfache Weise qualitative oder semiquantitative Aussagen. Mit ihrer Hilfe kann die Differenzierung einer Herde bzw. eines Einzeltieres in die Kategorie „gesund“ oder „krank“ erfolgen, oder es kann eine gezielte Suche nach einem bestimmten Merkmal vorgenommen werden. Der Vorteil von Schnelltesten liegt in der einfachen und kostengünstigen Durchführung. Sie erlauben die Eingrenzung eines Problems und verkürzen die Zeitspanne bis zur Entscheidungsfindung. Von Nachteil ist die oft nicht ausreichende Spezifität und Sensitivität.

Beispiele:

- Bestimmung von β -Hydroxybutyrat (BHB) in der Milch oder von Aceton im Harn
- Mg-Bestimmungen im Harn
- Ca-Bestimmungen im Blut
- Nitratbestimmung im Blut

Die **in speziellen Untersuchungseinrichtungen stationierte moderne Labortechnik** arbeitet zumeist mit computergestützten automatisierten Analysensystemen, die in der Lage sind, mit geringem Personalaufwand bei hohem Probendurchsatz quantitative Aussagen von hoher Spezifität und Sensitivität zu erbringen. Die Methoden unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, so dass Fehlerquellen minimiert werden können.

Die **Interpretation** von Stoffwechselbefunden erfordert Kenntnisse in Pathobiochemie, Pathophysiologie, Tierernährung und Fütterung. Ansonsten kann es zu erheblichen Fehlinterpretationen kommen. Die Auswertung sollte deshalb von Fachleuten erfolgen, die diese Fachgebiete hinreichend beherrschen.

Blutproben werden am häufigsten zur Untersuchung eingeschickt. Die Untersuchungsinstitute senden die Proberöhrchen auf Anforderung zu. Dabei handelt es sich um sogenannte Vacutainer, die mit Gerinnungshemmern versetzt sind. Heparinisierte Röhrchen werden für fast alle üblichen Tests benötigt. Ausnahmen bilden Untersuchungen der Glucose- und P-Konzentration. Hier ist NaF als Gerinnungshemmer erforderlich. Hämatologische Untersuchungen (Blutbild) werden im Vollblut durchgeführt, das mit EDTA ungerinnbar gemacht wird. Das Parameterspektrum umfasst Mengen- und Spurenelemente, Vitamine, Enzyme, Metabolite des Kohlenhydrat-Fettstoffwechsels, des Eiweißstoffwechsels und den Blutstatus.

Tab. 2: Antikoagulanzen bei der Untersuchung von Blutproben:

	Nachweismaterial	Antikoagulanz
Überwiegend Glucose, P _a Hämatolog. Tests Blutgasanalysen	Plasma Plasma Vollblut Vollblut	Heparin NaF EDTA Heparin (Blutgasspritzen)

Harnproben (möglichst Katheterharn) werden entnommen für Untersuchungen auf verschiedene Mengenelemente (Na, K, Ca, P, Mg), Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes (NSBA, pH-Wert) und Ketonkörpern. Sie sind besonders geeignet, eine latente azidotische Belastung festzustellen, ein Gebärpareserisiko zu erkennen und den Einsatz saurer Salze zu optimieren.

Milchproben sind nur für ein begrenztes Parameterspektrum geeignet:

- Milchfettgehalt
- Milchproteingehalt
- Fett-Protein-Quotient
- Lactosegehalt
- Harnstoffgehalt
- Acetongehalt, β -Hydroxybutyratgehalt

Sie liefern im Rahmen der MLP wertvolle Hinweise auf Fütterungsfehler und den Gesundheitsstatus der laktierenden Kühe.

Pansensaftproben können Auskunft über gestörte Verdauungsabläufe im Pansen geben (z. B. Pansenazidose, Pansenalkalose, Ammoniakvergiftung, abomasales Refluxsyndrom u. a.). Wichtig ist, dass die Entnahme aus der ventralen flüssigen Schicht erfolgt und nicht aus oberflächlichen mit Speichel versetzten Schichten. Pansensaftentnahme mit einer Gummisonde ist daher nicht empfehlenswert. Zuverlässige Resultate erhält man mit speziellen Pansensaftentnahmegeräten, deren Metallkopf in die tieferen Schichten absinken kann. In den USA ist die Pansensaftentnahme durch Pansenpunktion (ventrale Bauchwand) gebräuchlich.

Leberbiopate sind geeignet, Leberverfettung, Cu-Mangel, Cu-Intoxikation und histologische Veränderungen zu diagnostizieren. Die Biopsie ist einfach und routinemäßig unter Praxisbedingungen durchführbar.

Knochenbiopate aus dem Hüfthöcker (Tuber coxae) erlauben, eine Demineralisierung des Skeletts zu erkennen. Dabei wird der Aschegehalt in der fettfreien Trockensubstanz und in der Volumeneinheit Frischknochen bestimmt.

Probenentnahme, -lagerung und -transport sind zu standardisieren, diesbezügliche Hinweise der Untersuchungseinrichtung strikt einzuhalten. Die Mehrzahl der Stoffwechselfparameter unterliegt einer postprandialen Dynamik. Die Probenentnahme sollte daher einheitlich 2 bis 3 Stunden nach der Morgenfütterung erfolgen. Bei TMR-Fütterung ist die postprandiale Dynamik von untergeordneter Bedeutung. Zu beachten ist, dass die Tiere bei der Probenentnahme nicht zu stark beunruhigt werden. Auch die Reihenfolge der Probenentnahme ist wichtig (stets Blut vor Harn bzw. Pansensaft oder Biopateentnahme). Das Blut ist einheitlich aus der Jugularvene oder der Schwanzvene zu entnehmen. Blut aus der V. subcutanea abdominis (Bauchvene) kann andere Metabolitkonzentrationen aufweisen. Zu vermeiden ist eine zu lange Venenstauung (> 30 sec). Hämolytisches Plasma ist für viele Parameter ungeeignet und wird daher zumeist verworfen. Alle Proben sind gekühlt zu lagern und unverzüglich in das Untersuchungslabor zu transportieren. Auf die exakte Kennzeichnung und ein korrekt ausgefülltes Begleitschreiben mit Vorbericht ist größter Wert zu legen.

Auswahl der Probanden

Für produktionsbegleitende Stoffwechseluntersuchungen werden jeweils 10 zufällig ausgewählte Milchkühe aus drei Gruppen herangezogen:

Tab. 3: Probanden für produktionsbegleitende Stoffwechseluntersuchungen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiere, die sich in den letzten 3 Wochen der Trockenstehperiode befinden (Gruppe 1) ▪ Frischabkalber in den ersten 6 Wochen p.p. (Gruppe 2) ▪ Tiere, die sich am Ende der Früh-laktation befinden (80. bis 100. Laktationstag) (Gruppe 3)

Unter Umständen kann auf die letzte Gruppe zugunsten der Trockensteher (ab 7.Tag nach dem Trockenstellen bis 3 Wochen vor dem Kalben) verzichtet werden, wenn der Schwerpunkt z. B. bei der Ermittlung des Gebärpareserisikos liegt.

Kosten können durch Untersuchung von **Poolproben** gesenkt werden. Der gemessene Wert repräsentiert eine Gruppe von Einzeltieren, von denen 50 % oberhalb und 50 % unterhalb dieses Wertes liegen. Der Mittelwert der Poolprobe sollte möglichst nahe am Mittelwert der einer Referenzpopulation gesunder Individuen liegen. Nachteilig ist der Verlust der Aussage über die Variation. Parameter mit relativ niedriger Variabilität haben bei Poolproben den höchsten diagnostischen Wert, solche mit hoher (Leberenzyme, Creatinkinase) sind von geringerer diagnostischer Aussagekraft. Der Vorteil liegt darin, dass man anstelle von 30 Einzelproben nur 3 Poolproben zu untersuchen braucht.

Die **Anzahl der zu untersuchenden Probanden (Stichprobenumfang)** steht in Abhängigkeit von der Größe der gewählten Risiken für Fehlentscheidungen 1. und 2. Art. Sie ist nicht abhängig von der Herdengröße! Ein **Risiko 1. Art von 10 %** bedeutet: In 10 % der Fälle wiederholter Stichprobenentnahmen besteht falscher Alarm oder wird ein **falsch-positives Ergebnis** angezeigt. Ein Risiko in dieser Größenordnung ist im allgemeinen tolerabel. Anders dagegen beim Risiko 2. Art, das wesentlich niedriger zu halten ist. Ein **Risiko 2. Art von 5 %** bedeutet: In 5 % wiederholter Stichprobenentnahmen wird eine wesentliche (signifikante) Abweichung des Stichprobenmittelwertes nicht erkannt, d. h. es wird ein **falsch-negatives Ergebnis** angezeigt. Bei Wahl dieser Risiken kommt man für die überwiegende Mehrzahl der Parameter mit einem Stichprobenumfang von $n = 10$ Tieren aus.

Die **Bewertung des Stichprobenmittelwertes** erfolgt anhand der für jeden Parameter vorgegebenen unteren oder oberen Signifikanz- oder Kontroll- sowie Toleranzgrenzen. Die Abweichung des Stichprobenmittelwertes vom Mittelwert der Grundgesamtheit (Referenzpopulation) ist signifikant, wenn sie außerhalb der Signifikanzgrenzen liegt. Außerhalb der Toleranzgrenzen liegende Stichprobenmittelwerte sind als pathologisch anzusehen. (Einzelheiten zur Stichprobenplanung s. bei WILLER, 1982).

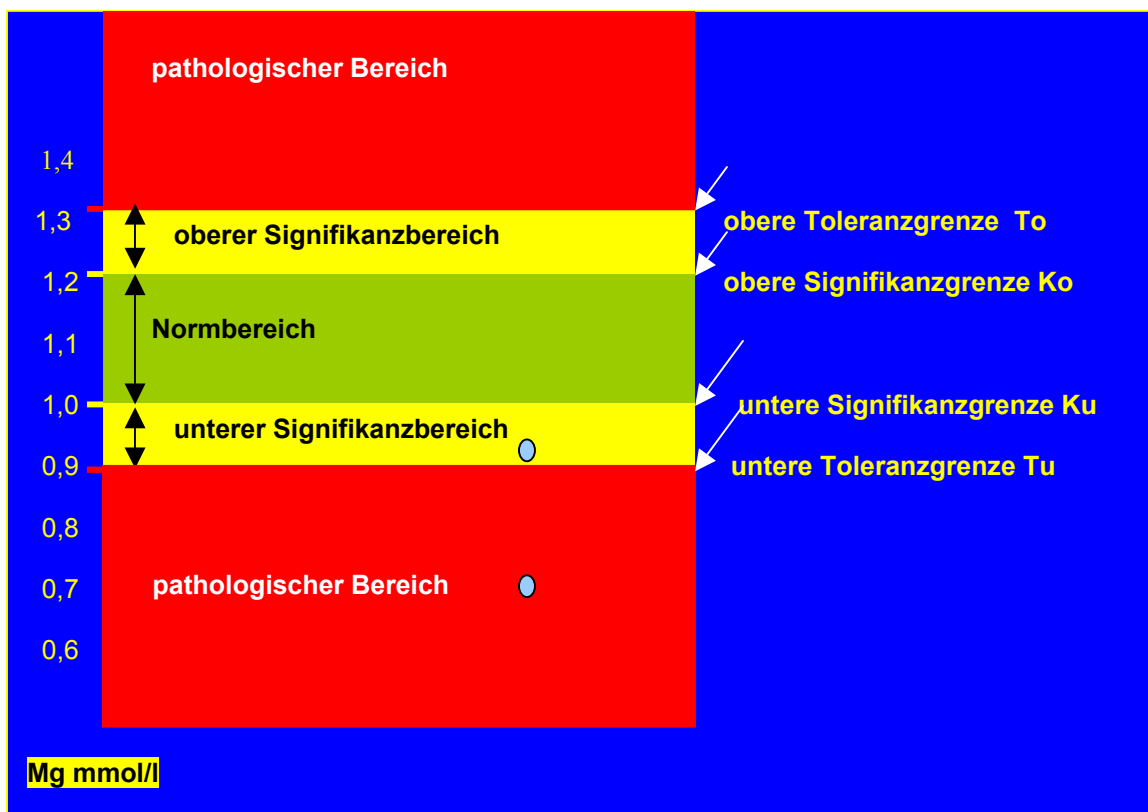


Abb. 2: Obere und untere Toleranzgrenzen (To, Tu) und Signifikanzgrenzen (Ko, Ku) der Mg-Konzentration im Blutplasma von Milchkühen. Liegt der Stichprobenmittelwert zwischen Ku und Tu, ist die Abweichung vom Mittelwert der Referenzpopulation signifikant (Warnhinweis auf eine subklinische Hypomagnesämie). Liegt sie unterhalb Tu, ist sie eindeutig pathologisch (Gefahr des klinischen Ausbruchs einer Tetanie).

Bei Poolproben kann der ermittelte Wert anhand dieser Signifikanzgrenzen beurteilt werden. Eine signifikante Abweichung vom Mittelwert der Grundgesamtheit würde z. B. vorliegen, wenn die Mg-Konzentration des Poolwertes < 0,99 mmol/l ist.

Tab. 4: Signifikanzgrenzen einiger ausgewählter Parameter				
Parameter	Signifikanzgrenzen		Maßeinheit	Substrat
	Ku	Ko		
Ca um die Geburt	2,12 – 2,45		mmol/l	Plasma
Ca außerhalb der Geburt	2,45 – 2,72		mmol/l	Plasma
P anorg. um die Geburt	1,45 – 1,94		mmol/l	Plasma
P anorg. außerhalb der Geburt	1,71 – 2,13		mmol/l	Plasma
Mg	0,99 – 1,23		mmol/l	Plasma
Glucose um die Geburt	2,78		mmol/l	Plasma
Glucose außerhalb der Geburt	2,61		mmol/l	Plasma
Harnstoff	3,3 – 4,0		mmol/l	Plasma
Hämoglobin	98		g/l	Vollblut
Hämatokrit	0,32		l/l	Vollblut
Gesamteiweiß	72 – 79		g/l	Serum
Albumine	24,5 – 34		g/l	Serum
Ketonkörper (BHB)	0,98		mmol/l	Plasma
Gesamtbilirubin	6,8		umol/l	Serum
Direktbilirubin	3,42		umol/l	Serum
Kreatinin	143		umol/l	Serum
NSBA	107 – 193		mmol/l	Harn

Häufigkeit der Untersuchungen:

Wie häufig Stoffwechseluntersuchungen durchgeführt werden, richtet sich nach der Zielstellung. Produktionsbegleitende prophylaktische Stoffwechseluntersuchungen sollten ein- bis zweimal jährlich oder bei größeren Umstellungen der Fütterung durchgeführt werden. In Problemherden sind Verlaufsuntersuchungen angezeigt.

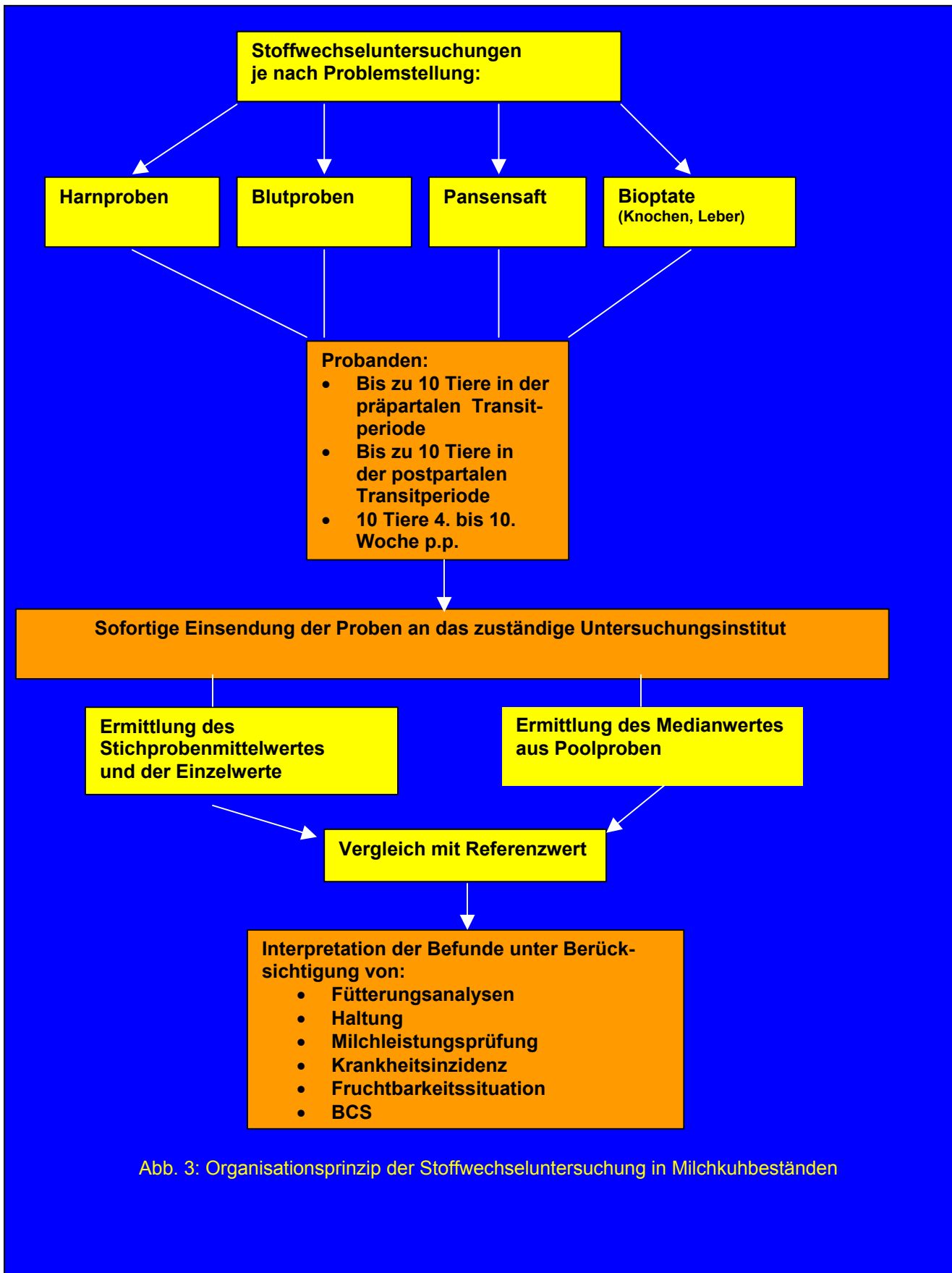


Abb. 3: Organisationsprinzip der Stoffwechseluntersuchung in Milchkuhbeständen

Stoffwechselprofile

Beurteilung der Energiebilanz

Die Einschätzung der Energiebilanz ist für die Beurteilung der Stoffwechselsituation der Herde von enormer Wichtigkeit. Das betrifft vor allem den Zeitraum des Übergangs von der Trächtigkeit zur Laktation und der ersten 6 Laktationswochen. Zur Verfügung steht eine ganze Anzahl geeigneter Parameter. Erkennbar wird, ob es in der präpartalen Transitperiode bereits zu einer überhöhten Lipolysereaktion kommt, welche die Energiebilanz verschlechtert, und die Entstehung eines Fettmobilisationssyndroms mit all seinen Sekundärfolgen droht. Bei den Frischabkalbern kann beurteilt werden, ob sich infolge zu geringer T-Aufnahme eine subklinische Ketose entwickelt oder nicht. Zu beachten ist, dass eine erhöhte BHB-Konzentration auch fütterungsbedingt sein kann (buttersäurehaltige Silagen!). Deshalb empfiehlt sich, eine Tankmilchprobe zu ziehen und in dieser den BHB-Gehalt bestimmen zu lassen. Die NEFA sind mit der Energiebilanz eng korreliert und ihre Konzentration reflektiert direkt die Stärke der Lipolysereaktion. Das Gesamtcholesterol spiegelt das Bemühen der Leber wider, die ihr zugeströmten NEFA in Form der VLDL wieder auszuschleusen. Bei einer Schädigung des Organs geht die Cholesterolkonzentration allerdings wieder zurück. Mit Hilfe der NSBA im Harn kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob eine azidotische Belastung durch die sogenannte Fresh-Cow-Acidosis oder die latente azidotische Belastung vorliegt. Beide Zustände führen zu einer verminderten Futteraufnahme (off feed) und verschärfen dadurch die negative Energiebilanz. Die Stoffwechseluntersuchungen können eng mit der sonografischen RFD-Messung koordiniert werden. Vor allem die Höhe der RFD-Abnahme in der 1. Laktationswoche gibt wichtige Hinweise auf ein Fettmobilisationssyndrom. Messungen der RFD während der Trockenstehperiode erlauben eine Einschätzung der Energieversorgung in diesem kritischen Zeitabschnitt.

Tab. 5: Parameter zur Beurteilung des Energiestatus der Milchkuh			
Parameter	Normbereich	Probanden	Aussage
Glucose (B)	2,2 – 3,0 mmol/l	Gruppe 2	gering, da streng reguliert
BHB (B)	< 0,95 mmol/l	Gruppe 1 + 2	gut
BHB (M)	Teststreifen	Gruppe 2	nicht empfindlich genug im subklin. Bereich
Aceton (M)	< 200 umol/l	Gruppe 2	brauchbar
Fett/Prot. Quot.(M)	1,2 – 1,4	Gruppe 2	brauchbar
NEFA (B)	< 0,4 mmol/l	Gruppe 1	sehr gut
	< 0,6 mmol/l	Gruppe 2	gut
Ges.Cholesterol (B)	< 1,94 mmol/l	Gruppe 1	Signalisiert VLDL -Anstieg
	< 2,58 mmol/l	Gruppe 2	Signalisiert VLDL-Anstieg
Fettgehalt (L)	< 60 g/kg Frischmass	Gruppe 1 + 2	sehr gut
NSBA (H)	100 – 200 mmol/l	Gruppe 1 + 2	azidotische Belastung

Beurteilung des Proteinstatus der Herde

Leider steht kein Parameter zur Verfügung, der den Proteinstatus direkt reflektiert. Deshalb muss eine Kombination indirekter Parameter zur Anwendung kommen. Es sind dies:

Tab. 6: Parameter zur Beurteilung des Proteinstatus der Milchkuh

- Harnstoff im Blut 3,3 bis 4,0 mmol/l
- Harnstoff in der Milch 2,5 bis 5,0 mmol/l
- Creatinin im Blut bis 143 µmol/l
- Gesamteiweiß im Blut 72 bis 79 g/l
- Albumingehalt im Blut 24,5 bis 34 g/l
- Creatinkinase (CK) im Blutplasma bis 40 U/l

Die **Harnstoffkonzentration** wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst: Proteinversorgung im Verhältnis zum Energieangebot und zum Bedarf, Leber- und Nierenfunktion, kataboler Abbau von Muskelprotein, Angebot an leicht verdaulichen Kohlenhydraten. Die Harnstoffkonzentrationen im Blut und in der Milch sind eng miteinander korreliert und dadurch austauschbar.

Die **Creatininbestimmung** soll den Einfluss von Nierenerkrankungen auf die Harnstoffkonzentration des Blutes ausschließen.

Gesamteiweiß- und Albumingehalt des Blutes reagieren auf ein Proteindefizit relativ langsam und sprechen erst auf eine Mangelsituation an, die bereits 1 bis 2 Monate besteht.

Erhöhte Aktivität der **Creatinkinase (CK)** spricht für einen schnellen Abbau von Muskelproteinen durch eine katabole Stoffwechsellage oder für eine Muskelschädigung bei Festliegern.

Beurteilung des Leberstatus

Die Beurteilung des Leberstatus kann anhand folgender Kriterien vorgenommen werden:

Tab. 7: Parameter zur Beurteilung des Leberstatus der Milchkuh

- Gesamtbilirubin (B): bis 6,8 µmol/l
- Bilirubin direkt (B): bis 3,42 µmol/l
- Bromsulphthalein (BSP)- Halbwertszeit: bis 5 min
- Glutamat-Dehydrogenase (B): bis 25 U/l
- Gesamtcholesterol (B): bis 2,0 mmol/l Gruppe 1; bis 2,6 mmol/l Gruppe 2
- Leberfettgehalt in der Frischmasse (L): < 60 g/kg
- Triglyzeridgehalt in der Leberfrischmasse (L): < 50 g/kg

Die erhöhte **Bilirubinkonzentration** ist weniger geeignet, einen Leberparenchymschaden aufzudecken. Sie kennzeichnet vielmehr eine erhöhte Konzentration an NEFA, mit denen sie positiv korreliert ist.

Der **BSP-Test** spricht auch auf einen erhöhten Fettgehalt an, der keineswegs Ausdruck eines pathologischen Geschehens sein muss. Stark verlängerte Halbwertszeiten sprechen jedoch für einen klinisch relevanten Leberschaden.

Die Aktivität der **GLDH** hat sich von den enzymatischen Testmethoden als am besten geeignet erwiesen, eine Leberzellschädigung nachzuweisen. ASAT und ALAT erbringen keine ausreichende diagnostische Sicherheit und können deshalb vernachlässigt werden.

Erniedrigte Werte des **Gesamtcholesterols** widerspiegeln das Unvermögen der geschädigten Leber, ausreichend Transportlipide (VLDL) zu synthetisieren, um die Lipide aus der Leberzelle auszuschleusen. Erhöhte Werte charakterisieren dagegen, dass vermehrt VLDL von der Leberzelle sezerniert werden.

Als ein sehr zuverlässiger Parameter für die Beurteilung des Verfettungsgrades der Leber gilt die **Leberfettbestimmung im Leberbiopat**. Schnellinformationen liefert bereits eine einfache Leberschwimmprobe. Leider wird von dieser Methode wenig Gebrauch gemacht, da man ein eventuelles Risiko des Eingriffs scheut. Dieses Risiko ist jedoch bei richtiger Durchführung so gering, dass es vernachlässigt werden kann.

Feststellung eines erhöhten Gebärpareserisikos

Die peripartale Hypocalcämie und Hypophosphatämie ist Ausdruck einer akuten Regulationsstörung mit Einsetzen der Laktation, sie spiegelt nicht den Versorgungsstatus mit diesen Mengenelementen wider. Gebärpause ist als klinisch manifeste Form der Regulationsstörung aufzufassen. Die subklinische Verlaufsform ist von weitaus größerer Relevanz, denn sie fördert das Auftreten einiger peripartaler Erkrankungen wie verzögerte Involution des Uterus mit nachfolgender Lochiometra und Metritis, verminderte Pansenmotorik und eingeschränkte Futteraufnahme, ungenügender Verschluss des Zitzensphinkters und nachfolgende Infektion des Euters, abgeschwächte Labmagenmotorik und nachfolgende Labmagenverlagerung.

Die Regulationsstörung wird verursacht durch eine Ca-exzessive Fütterung während der Trockenstehperiode und durch eine DCAD im Futter der Trockensteherration von > 200 mmol/kg T. Hauptursache des überhöhten Kationengehaltes in der Ration ist die exzessive Aufnahme von Kalium.

Inwieweit ein erhöhtes Risiko vorliegt, sollte durch die Ermittlung der Kationen-Anionen-Differenz (DCAD) und die Beurteilung des Säure-Basen-Status im Harn von Trockenstehern überprüft werden. Letztere Methode ist aussagekräftiger und einfacher. Geeignet sind Bestimmungen der Kaliumkonzentration und der NSBA im Harn von Trockenstehern (Trockenstehperiode-1).

Ein erhöhtes Risiko besteht, wenn der Mittelwert bei den untersuchten Kühen eine Kaliumkonzentration über 300 mmol/l und eine NSBA > 250 mmol/l ergibt.

Tab. 8: Erkennung der Gefährdung einer Herde bezüglich Gebärpause

- **Kationen-Anionen-Differenz: DCAD > 200 mmol/kg T**
- **Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) im Harn > 250 mmol/l**
- **Kaliumkonzentration im Harn > 300 mmol/l**
- **pH-Wert im Harn $> 8,4$**

Um festzustellen, ob die Verabreichung saurer Salze auf optimale Weise erfolgt, ist eine ständige Kontrolle bei Kühen zu empfehlen, die sich in der Trockenstehperiode-2 (präpartale Transitperiode) befinden. Infrage kommt die Bestimmung der **NSBA sowie der Ca-Konzentration im Harn**.

Optimal ist der Einsatz saurer Salze, wenn die NSBA sich bei den Probanden im Bereich von 0 bis 50 mmol/l bewegt. Bei Werten unter 0 ist Vorsicht geboten, sie deuten auf eine fütterungsbedingte azidotische Stoffwechsellage hin. Zusätzliche Informationen erhält man durch die Bestimmung der Ca-Konzentration im Harn. Sie sollte im Mittel zwischen 2 bis 10 mmol/l liegen. Werte über 10 mmol/l sind ein Hinweis auf eine übermäßig stark ausgeprägte azidotische Belastung, die in der antepartalen Transitperiode unbedingt zu vermeiden ist, da sie den Futtermittelverzehr reduziert.

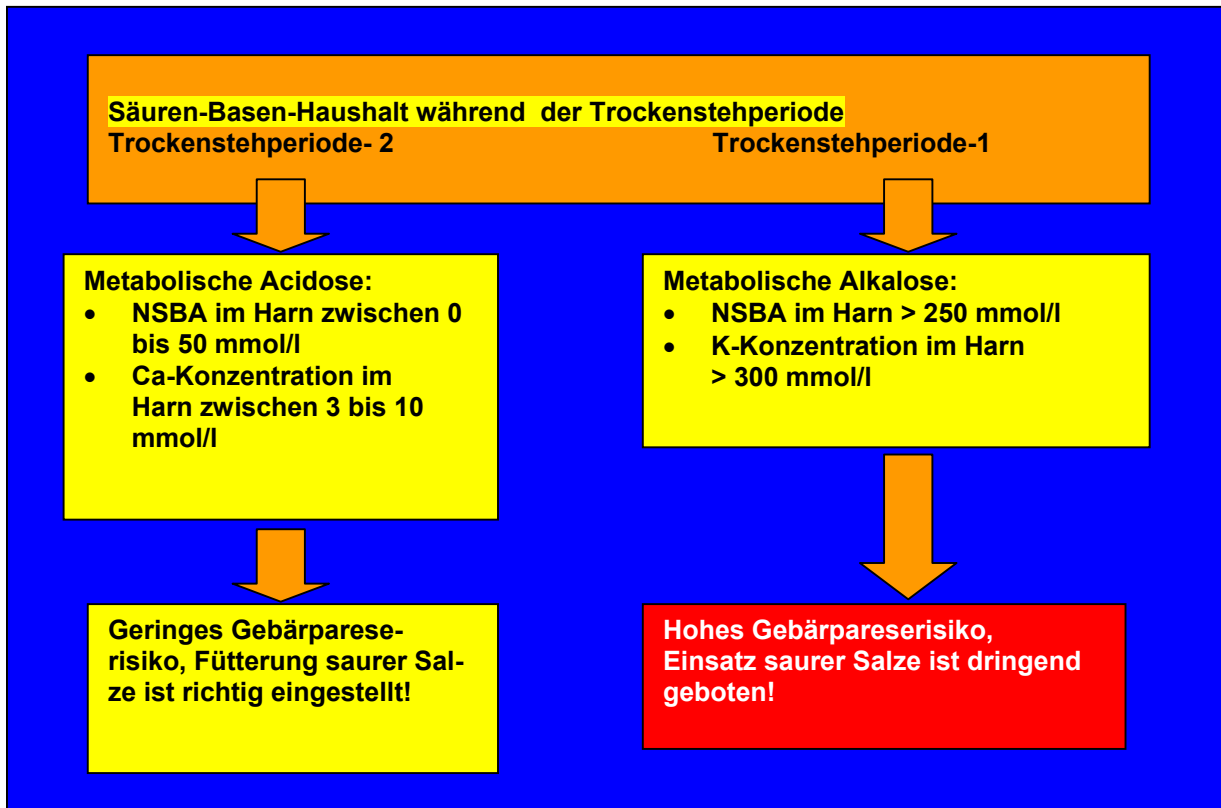


Abb. 5: Überwachung der Trockensteher mit Hilfe der Harnuntersuchung (NSBA, Ca- und K-Konzentration)

Die Ergebnisse erlauben die Einschätzung eines Gebärparese- und die Beurteilung des Einsatzes saurer Salze (nach STAUFENBIEL, 2001).

Feststellung des Versorgungsgrades mit Mineralstoffen und Vitaminen

Imbalancen der Mineralstoff- und Vitaminversorgung sind relativ häufig, wenngleich sie selten in klinisch manifester Form auftreten. Ausnahmen bilden akute Regulationsstörungen.

Die Beurteilung durch Blutuntersuchungen erweist sich zumeist als äußerst problematisch. Dies hängt mit der Tatsache zusammen, dass sich Spurenelemente und Vitamine auf drei unterschiedliche Pools verteilen:

- Speicherpool (bestimmtes Organ)
- Transportpool (Blut)
- funktioneller biochemischer Pool (Zellstoffwechsel)

Kurzzeitige Defizite haben keine Auswirkungen auf die biochemische Funktion, da der Nachschub über den Speicherpool erfolgen kann. Nur wenn die Speicherkapazität erschöpft ist, lassen sich auch Veränderungen im Transportpool erkennen und diagnostisch verwerten. Erst mit der Beeinträchtigung des Transportpools treten dann auch klinische Mangelsymptome auf. Zuvor verläuft der Mangelzustand subklinisch oder asymptomatisch. Am besten geeignet für die Beurteilung des Versorgungsgrades dürfte der Speicherpool sein, jedoch ist die Probenentnahme aus Gewebeproben über eine Biopsie nur begrenzt möglich. Am ehesten eignet sich dafür die Leber- und die Knochenbiopsie. Man kann sich auch der Untersuchung von Organproben von Schlachttieren bedienen. Ein weiterer erschwerender Umstand ist, dass Blutserumkonzentrationen mancher Mengenelemente streng reguliert werden, so dass aus Blutuntersuchungen keine Rückschlüsse auf die Versorgungslage gezogen werden können. Eine solche Möglichkeit bietet dann schon eher die Bestimmung der Konzentration im Harn.

Imbalanzen der Mineralstoffversorgung können asymptomatisch, subklinisch oder klinisch manifest verlaufen. **Asymptomatische Formen** betreffen zumeist die Mineralstoffspeicher und beeinträchtigen daher weder Leistung noch Fruchtbarkeit. **Subklinische Formen** sind gewöhnlich mit Leistungseinbußen und Fruchtbarkeitsdepressionen verbunden, jedoch schwer zu diagnostizieren, da zahlreiche andere Ursachen ausgeschlossen werden müssen (mangelnde Futterqualität, Parasitenbefall, chronische Infektionen u.a.). Neben der Untersuchung von Blut, Harn, Haaren oder Gewebsbiopaten müssen oft auch Futter- und Bodenproben analysiert werden, um zu einer klaren Einschätzung zu gelangen. Der einfachste und kostengünstigste Weg zur Diagnosestellung ist hier das Ausschlussverfahren. Man verabreicht eine Mineralfuttermischung guter Qualität und beobachtet, ob es zu einer Verbesserung der Situation kommt. Bei **klinisch manifesten Formen** einer fehlerhaften Mineralstoffversorgung erleichtern charakteristische Symptome die Diagnosestellung oder zumindest den begründeten Verdacht.

Im Allgemeinen sind Spurenelementmangelgebiete gut kartographiert und dem Landwirt bekannt, so dass er sich mit Düngungsmaßnahmen oder Einsatz von Mineralstoffgemischen darauf einstellen kann. In der Tat beschränkt sich die Überwachung des Spurenelementstatus beim Milchrind nur auf einige wenige Elemente, nämlich vor allem Cu, Se und Jod. Beim Kalb kommt noch Fe hinzu.

Beurteilung des Versorgungsgrades mit Mengenelementen

Am besten geeignet sind **Harnuntersuchungen** zur

- Bestimmung der Versorgungslage mit Mg
- Bestimmung der Versorgungslage mit Na
- Feststellung eines Überangebotes an K
- Feststellung einer Calciurie bei azidotischer Belastung
- Feststellung einer Phosphaturie bei azidotischer Belastung

Tab. 9: Grenzwerte für Mengenelemente in Harnproben (STAUFBIBEL, 2001)	
Element	Grenzwert (mmol/l)
Mg	3,7 bis 16,5
Na	> 8,7
K	140 bis 320
Ca	< 1,5
P	< 5,7

Beurteilung des Versorgungsgrades mit Spurenelementen

Tab. 10: Beurteilung der Spurenelementversorgung bei der Milchkuh		
Test	erniedrigte Werte	erhöhte Werte
Fe (Blut)	Fe-Mangelanämie	Hämolytische Anämie
Cu (Blut)	Cu-Mangel wenn Speicherpool leer	Hämolytisches Stadium der Cu-Intoxikation
Cu (Leber)	Chron.Cu-Mangel	Frühstadium der Cu-vergiftung
Glutathion-Peroxidase (GPx) (Blut)	Se-Mangel	Se-Intoxikation
Anorg. freies Jod (Plasma)	Jodmangel	verfälscht durch jodhaltige Desinfektionslösung?
Jod (Milch)	Jodmangel	verfälscht durch jodhaltige Desinfektionslösung?
Thyroxin (Plasma)	Jodmangel	

Tab. 11: Beurteilung des Versorgungsgrades mit fettlöslichen Vitaminen		
Vitamin	Substrat	unterer Grenzwert
Vitamin A	Leber	50 IE/g Frischsubstanz
Beta-Carotin	Blutplasma	2000 ug/l
Vitamin D	Blutplasma	5 ng/ml
Vitamin E:	Blutplasma	3 ug/ml

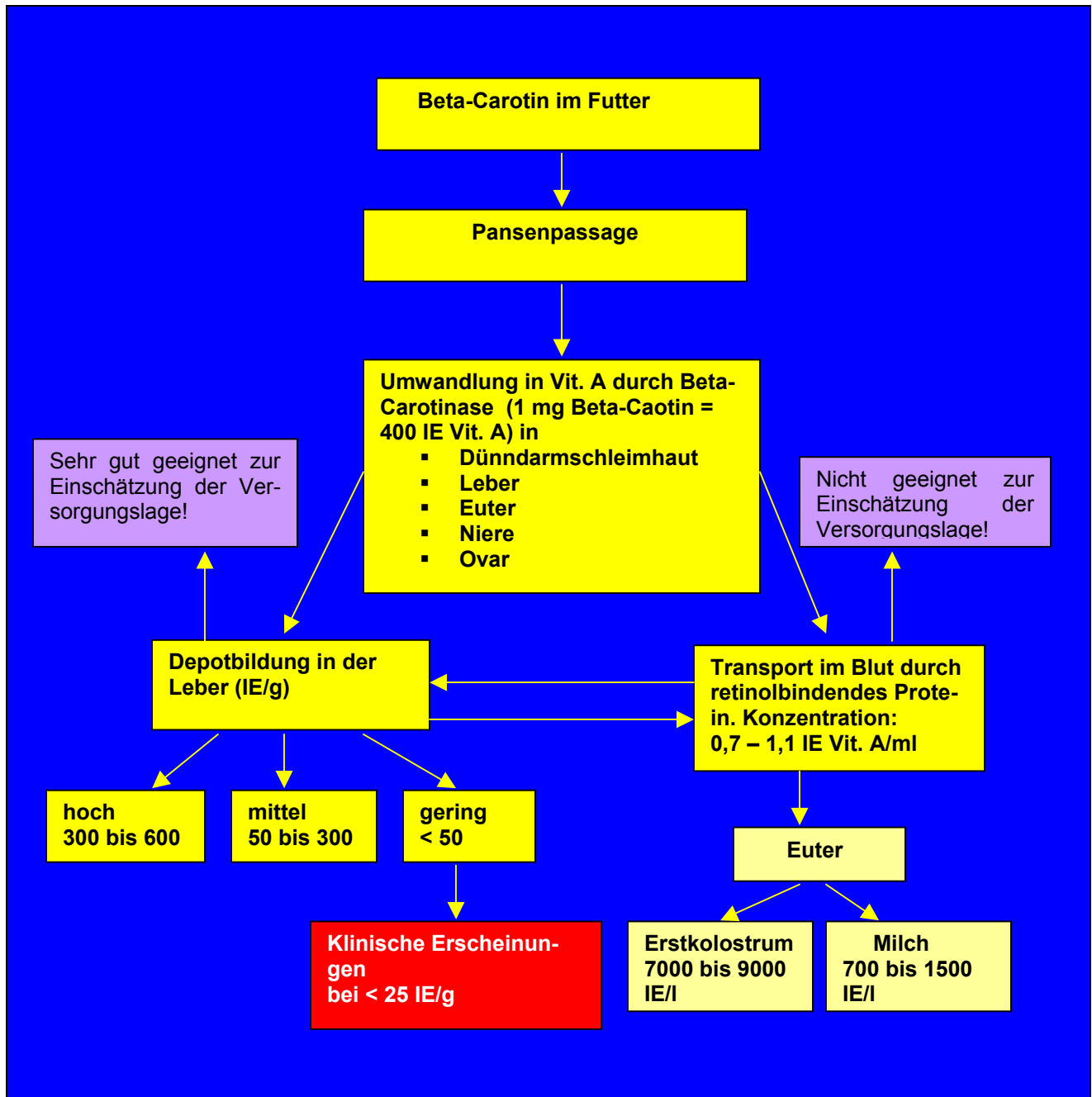


Abb. 6: Regulation des Vitamin-A-Haushaltes beim Rind

Die Blutplasmakonzentration von Vit. A ist wegen der strengen homöostatischen Regulation für die Einschätzung der Versorgungslage ungeeignet.

Sehr gut geeignet ist dagegen der Nachweis im Leberbiopstat. Im Erstkolostrum ist die Vitamin-A-Konzentration besonders hoch. Sie lässt sich durch präpartale Gaben von Vit. A beträchtlich steigern.

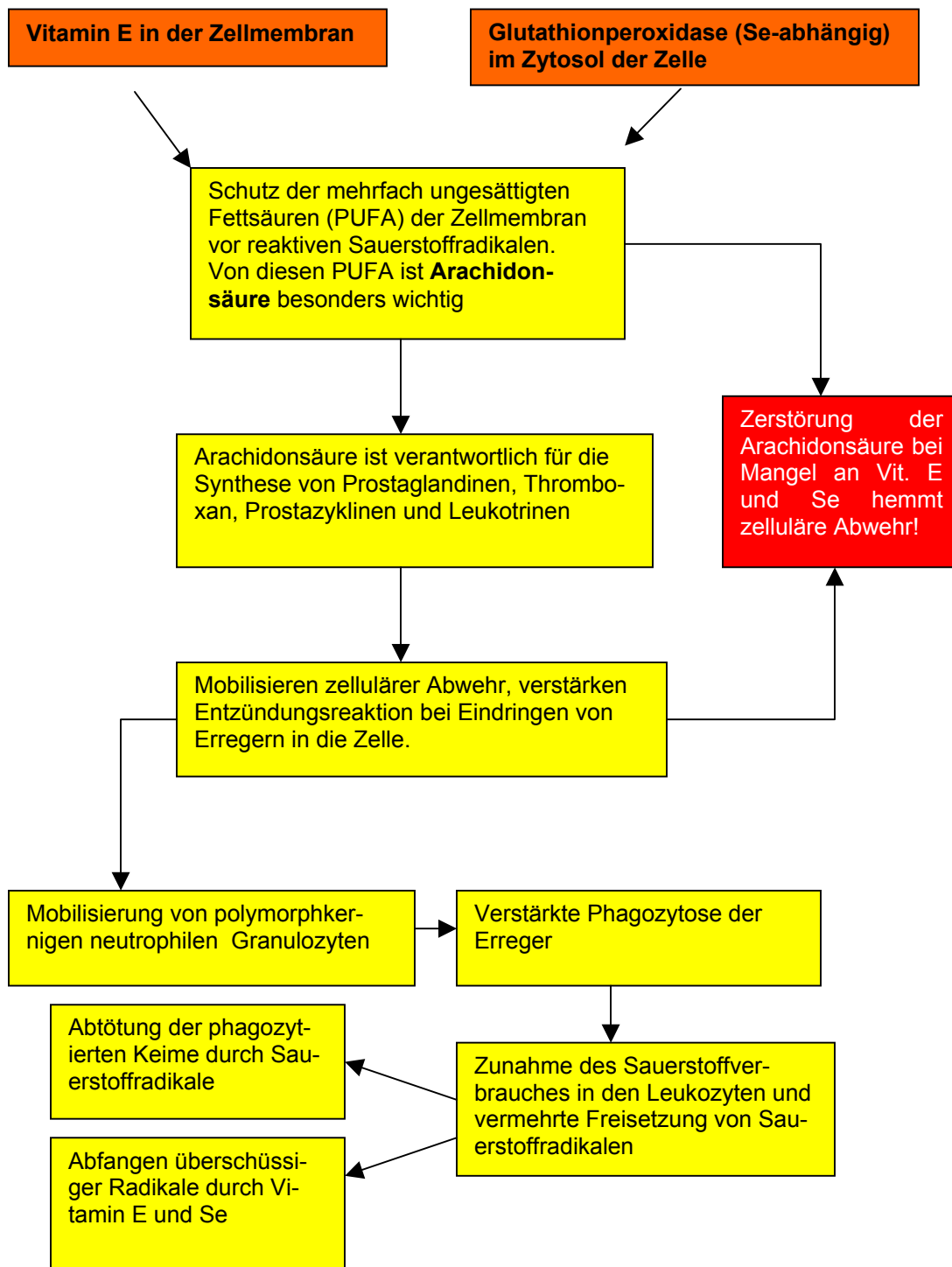


Abb. 7: Rolle von Vitamin E und Se bei der Infektabwehr. Der Mangel an Vitamin E im peripartalen Zeitraum erhöht auf die dargestellte Weise die Erkrankungsrate an Mastitiden und Endometritiden. Durch Injektion von 3000 bis 5000 IE Vitamin E kurz vor dem Kalben kann der Abfall der Tocopherolkonzentration im Blutplasma vermieden und die Erkrankungshäufigkeit reduziert werden.

Literatur

Adams, R. S.; Stout, W. L.; Kradel, D. C. et al. (1978)

Use and limitations of profiles in assessing health or nutritional status of dairy herds
J. Dairy Sci 61:1671

BLUM, J. W. (2001)

Stoffwechsel bei laktierenden Tieren: Grundlagen, Probleme
Script Neues Curriculum, 2.-3. Jahr, Block Stoffwechsel und Endokrinologie
Wintersemester 2001 –2002

BLUM, J. W.

Fettmobilisations-Syndrome s.o.

BLUM, J. W.

Ketosen beim Wiederkäuer s.o.

Bogin, E. Y.; Avidar, M.; Davidson et al. (1982)

Effect of nutrition on fertility and blood composition in the milk cow
J Dairy Res 49:13-23

KOLB, E.

Die Bedeutung der Vitamine für das Immunsystem
Broschüre der Hoffmann La Roche AG
Vitamine und Feinchemikalien

Kolb, E.

Die Bedeutung des Vitamin A für das Immunsystem
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 108 (1995) 385-390

Kolb, E.; Elze, K.

Durch Energiemangel beim Rind ausgelöste Fortpflanzungsstörungen
Prakt. Tierarzt 76 (1995) 623-626

Kolb, E.; Grün, E.

Die Bedeutung des Vitamins E und des Selens für das Immunsystem des Rindes, insbesondere für die
Eutergesundheit
Prakt. Tierarzt 76 (1995) 749-756

OVERTON, T.R. (2000)

Milk ketone tests for monitoring subclinical ketosis
Total Dairy Nutrition, Vol. 2, Nr. 3, März 2000

Payne, J. M.; Dew, S. M.; Manston, R. et al. (1970)

The use of a metabolic profile test in dairy herds. Vet Rec 87:150

Schröder, U. (2000)

Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als
Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden
Vet. Diss. FU Berlin 2000

Staufenbiel, R. (1993)

Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Messung der Rücken-
fettdicke und der Untersuchung von Fettgewebe
Habil. Schrift FU Berlin

Staufenbiel, R.; Gelfert, C. C. (2001)
Erste Ergebnisse der Stoffwechselüberwachung von deutschen Hochleistungsherden aus Sicht zweier
Forschungsaufenthalte in den USA und Kanada
Vortrag 5. Internat. Symposium zur Fütterung der Hochleistungskuh
Neuruppin, 10.01.2001

Staufenbiel, R.
Sind unsere Hochleistungskühe noch gesund? Eine kritische Betrachtung am Beispiel der Ketose
Milchpraxis Heft 2, 2001, 46-49

Staufenbiel, R. (2001)
Pansenazidose als Störfaktor der Tiergesundheit
<http://www.vetmed.fu-berlin.de/klauentierklinik/PDF/USATeil3.pdf>

Staufenbiel, R.
Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit
<http://www.vetmed.fu-berlin.de/klauentierklinik/PDF/Stoffwechsel%Fcberwachung.pdf>

Suttle, N. F. (1986)
Problems in the diagnosis and anticipation of trace element deficiencies in grazing livestock
Vet Rec 119:148-152

Tornquist, S. J. and Van Saun, R. J. (1999)
Comparison of biochemical parameters in individual and pooled bovine sera
Veterinary Pathology 36(5):487

Van Saun, R.J.; Wustenberg, M.(1997)
Metabolic profiling to evaluate nutritional and disease status
Bovine Practitioner, 1997:1,2:37-42