

---

## 3. Bedarfsermittlung Mineralstoffe und Vitamine

Jürg Kessler

### 3.1 Mineralstoffe

Unter dem Begriff Mineralstoffe fasst man die bei der Verbrennung von tierischem oder pflanzlichem Material zurückbleibenden Bestandteile (= Asche) zusammen. Entsprechend dem mittleren Gehalt im Tierkörper werden die Mineralstoffe in Mengen- (über 50 mg / kg Körpermasse) und Spurenelemente (in der Regel unter 50 mg / kg Körpermasse) unterteilt. Über zwanzig Mengen- und Spurenelemente sind für das Schwein lebensnotwendig. Dabei gilt ein Mineralstoff als lebensnotwendig, wenn eine Verarmung (Depletion) des Körpers an diesem Element zu Stoffwechselstörungen führt, die nur durch Ergänzung des betreffenden Elementes verhindert oder beseitigt werden können. In den vorliegenden Fütterungsempfehlungen wird nur auf die lebensnotwendigen Mengen- und Spurenelemente näher eingegangen, bei welchen nach heutigem Kenntnisstand die Deckung des physiologischen Bedarfes über die Ration unter üblichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen nicht in allen Fällen gesichert ist.

#### 3.1.1 Mengen- elemente

Grundlage der im Kapitel 4 aufgeführten Fütterungsempfehlungen für Mengenelemente bildet der mittels der faktoriellen Methode und /oder anhand von Fütterungsversuchen (empirische Methode) geschätzte Netto- beziehungsweise Bruttobedarf.

Der Nettobedarf des Schweines an Mengenelementen setzt sich aus dem Nettobedarf für die Erhaltung und dem Nettobedarf für die Produktion zusammen. Der Nettobedarf für die Erhaltung umfasst die sogenannten unvermeidlichen Verluste über Kot, Harn und Haut. Diese bestehen aus den Mengenelementen, die selbst bei mineralstofffreier Ernährung aus dem Stoffwechsel freigesetzt und nicht mehr verwertet werden. Dazu zählen unter anderem die über Magen- und Darmsäfte, Zellabschürfungen und Schweissabsonderungen abgehenden Mengenelemente. Der Nettobedarf für die Produktion entspricht den im Ansatz (Wachstum, Trächtigkeit) enthaltenen und in der Milch ausgeschiedenen Mengenelementen.

Von den mit dem Futter aufgenommenen Mengenelementen wird jedoch in Abhängigkeit vom Tier und von der Mengenelementquelle nur ein variierender Anteil verwertet (d. h. steht dem Stoffwechsel zur Erfüllung seiner Aufgaben zur Verfügung; Abbildung 7). Der Bruttobedarf, das heisst die dem Schwein zur Bedarfsdeckung vorzulegende Menge an Mengenelementen errechnet sich somit aus dem Nettobedarf und der Gesamtverwertbarkeit entsprechend der nachfolgenden Formel (Kirchgessner 1997):

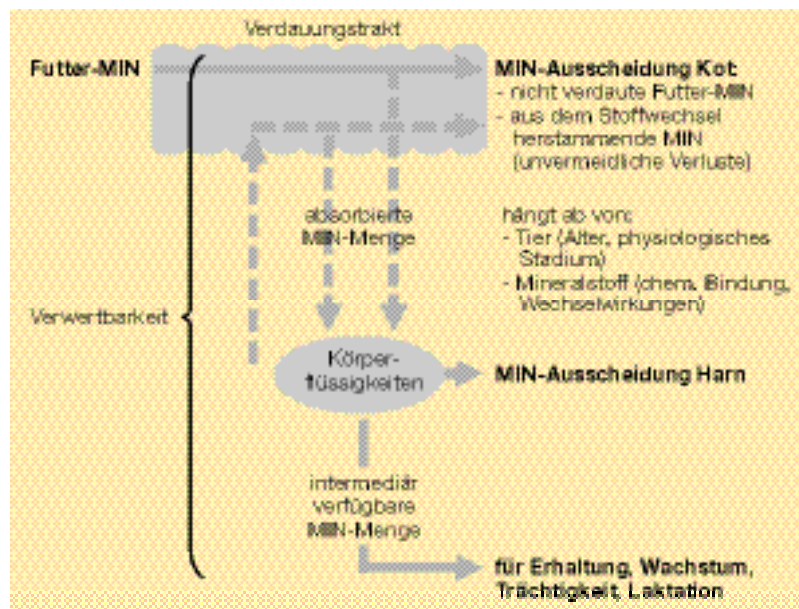
$$B = \frac{N_E + N_P}{V} \times 100 \quad (34)$$

B Bruttobedarf an Mengenelementen  
NE Nettobedarf Erhaltung  
NP Nettobedarf Produktion  
V Gesamtverwertbarkeit in %

Nach GfE (2001) kann die Gesamtverwertbarkeit vereinfacht in die gastrointestinale Verfügbarkeit, die Absorbierbarkeit und in die intermediäre Verwertbarkeit unterteilt werden (Abbildung 7).

Bei dem in den einzelnen Tabellen aufgeführten empfohlenen Angebot beziehungsweise bei der in den einzelnen Tabellen empfohlenen Zulage wird von einer mittleren Gesamtverwertbarkeit der vorgelegten Mengen- und Spurenelemente ausgegangen.

**Abbildung 7. Schematische Darstellung der Mineralstoff(MIN)verwertung.**



**Tabelle 7. Optimales Ca : P-Verhältnis.**

|                                      | <b>Ca : VDP</b> | <b>Ca : P</b> |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|
| Ferkel und Mastschweine bis 50 kg LG | 2.8 : 1         | 1.3 : 1       |
| Mastschweine ab 50 kg LG             | 3.0 : 1         | 1.3 : 1       |
| Muttersauen tragend / säugend        | 3.3 : 1         | 1.3 : 1       |

Das Ausmass, in welchem ein aufgenommener Mineralstoff in einer Form absorbiert wird, in welchem er vom Organismus verwertet werden kann, kann jedoch erheblich streuen. Für zusätzliche Informationen zu diesem Thema sei auf die Spezialliteratur verwiesen (Ammerman et al. 1995).

Im Folgenden werden die zur Bedarfsableitung verwendeten Grundlagen für die einzelnen Mengenelemente dargestellt.

*Kalzium (Ca):* Besonders bedingt durch die noch recht lückenhaften Kenntnisse über die Verdaulichkeit des Kalziums aus den verschiedenen Futtermitteln sind Bedarfsangaben in Form von verdaulichem Ca gegenwärtig nicht möglich. Somit wird der Bedarf des Schweines an Ca wie bis anhin als Gesamtkalzium (Bruttobedarf) angegeben.

Die Grundlagen zur Berechnung des Bruttobedarfes beziehungsweise des empfohlenen Angebotes an Ca (Tabellen 16, 19, 23 und 26) bilden das empfohlene Angebot an Phosphor sowie das in Tabelle 7 dargestellte optimale Ca : P-Verhältnis (GfE 1997, NRC 1998, Diepen van et al. 1999, Jongbloed et al. 1999). Der aus der faktoriellen Methode (ARC 1981, DLG 1987, Jongbloed 1987, INRA 1989, Boltshauser et. al. 1993) geschätzte Ca-Bruttobedarf dient als Kontrolle.

*Phosphor (P):* Übliche Schweinerationen weisen gemessen am Bedarf recht hohe Mengen an natürlichem P auf. Während Futtermittel tierischer Herkunft vorwiegend anorganischen Phosphor enthalten, sind die Samen und Körner von Getreide, Hülsen- und Ölfrüchten reich an organischem P, sogenanntem Phytinphosphor. Der Phytinphosphor kann jedoch vom Schwein nur schlecht verwertet werden (Abschnitt 8.1.3). Dabei bestehen zwischen den einzelnen pflanzlichen Futtermitteln recht grosse Differenzen.

Aufgrund der unterschiedlichen Verwertung der einzelnen P-Quellen wird der Bedarf beziehungsweise das empfohlene Angebot an Phosphor in Form des verdaulichen Phosphors (VDP) angegeben. Wie bis anhin bildet das holländische System (Jongbloed 1987, Jongbloed et al. 1999) Grundlage der vorliegenden Empfehlungen. Mitberücksichtigt werden aber auch die neuesten Ergebnisse aus Deutschland, wo 1997 ebenfalls ein VDP-System beim Schwein eingeführt wurde (GfE 1997). Nicht zuletzt wurden auch Ergebnisse aus ALP-eigenen Versuchen herangezogen.

Tabelle 8 fasst die Grundlagen zur Berechnung des empfohlenen Angebotes zusammen. Im Vergleich zur 2. Auflage der Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine wurden gewisse Werte gestützt auf neuere Ergebnisse (GfE 1997, Diepen van et al. 1999, Jongbloed et al. 1999) modifiziert.

Beim Gesamtphosphor wurde davon ausgegangen, dass der durch die gesetzlichen Vorschriften ausgelöste Austausch von tierischen durch handelsübliche P-Quellen die Verwertbarkeit nicht wesentlich beeinflusst. Im Hinblick auf eine korrekte P-Versorgung des Tieres und eine möglichst geringe Belastung der Umwelt mit Phosphor, sollten Futteroptimierungen soweit wie möglich auf der Grundlage des verdaulichen Phosphors erfolgen.

*Natrium (Na) und Chlor (Cl):* Über den Nettobedarf an Natrium für Erhaltung und Produktion liegen beim Schwein nur wenige Angaben vor (Aitken 1976). Deshalb wird bei dem in den Tabellen 16, 19, 23 und 26 aufgeführten empfohlenen Angebot an Na von Fütterungsversuchen und Beobachtungen in der Praxis ausgegangen.

Über den Bedarf des Schweines an Chlor liegen kaum Daten vor. Man nimmt an, dass der Cl-Bedarf etwa das 1.5-fache des Bedarfes an Natrium beträgt. Jongbloed et al. (1999) empfehlen für alle Kategorien von Schweinen ein Cl-Angebot von 1.5 g/kg Futter.

*Magnesium (Mg):* Die Literaturangaben zum Bedarf des Schweines an Magnesium streuen sehr stark. Dies ist unter anderem auf die recht lückenhaften Kenntnisse über den Nettobedarf des Schweines an Mg für Erhaltung und Produktion zurückzuführen. Zudem wird die Verwertbarkeit des zugeführten Mg je nach Autor unterschiedlich eingesetzt. Gemessen an den verschiedenen Empfehlungen zur Mg-Versorgung von 0.15 bis 0.80 g/kg Futter (ARC 1981, INRA 1989, NRC 1998, Jongbloed et al. 1999) ist der natürliche Gehalt von Ferkel-

**Tabelle 8. Ausgangswerte zur Ableitung des empfohlenen P-Angebotes.**

|                                                  |                      |
|--------------------------------------------------|----------------------|
| <i>Nettobedarf Erhaltung</i>                     | 10 mg /kg LG und Tag |
| <i>Nettobedarf Wachstum</i>                      |                      |
| 10 kg LG                                         | 5.05 g /kg Zuwachs   |
| 20 kg LG                                         | 5.10 g /kg Zuwachs   |
| 30 - 70 kg LG                                    | 5.15 g /kg Zuwachs   |
| 80 - 100 kg LG                                   | 5.10 g /kg Zuwachs   |
|                                                  |                      |
| <i>Nettobedarf Trächtigkeit<sup>2</sup></i>      |                      |
| niedertragende Jungsauen                         | 3.0 g /Tag           |
| niedertragende Altsauen                          | 2.0 g /Tag           |
| hochtragende Jungsauen                           | 5.5 g /Tag           |
| hochtragende Altsauen                            | 4.5 g /Tag           |
| <sup>2</sup> inklusive Ansatz Knochen Muttertier |                      |
|                                                  |                      |
| <i>Nettobedarf Laktation</i>                     | 1.5 g /kg Milch      |
|                                                  |                      |
| <i>Verwertbarkeit</i>                            |                      |
| 10 – 20 kg LG                                    | 55 %                 |
| alle übrigen LG und Kategorien                   | 50 %                 |

und Mastschweinerationen an Mg bedarfsdeckend. Dies dürfte auch mehrheitlich für die tragenden und laktierenden Muttersauen gelten. Hier liegen die Empfehlungen zwischen 0.4 (NRC 1998) und 1.7 g Mg/kg Futter (Jongbloed et al. 1999). Da über den natürlichen Mg-Gehalt der Ration der Mg-Bedarf des Schweines in der Regel gedeckt wird, wird auf ein Tabellieren des empfohlenen Mg-Angebotes verzichtet.

*Kalium (K):* Die Literaturangaben zum empfohlenen K-Angebot für alle Kategorien von Schweinen bewegen sich zwischen 1.7 (NRC 1998) und 4.1 g/kg Futter (ARC 1981). Da diese Werte deutlich unter dem K-Gehalt von üblichen Schweinerationen liegen, wurde das Kalium nicht in die Fütterungsempfehlungen aufgenommen.

**3.1.2 Spurenelemente** Bei den Spurenelementen erfolgt die Bedarfsableitung mittels der faktoriellen Methode, der Bilanzmethode sowie der Dosis-Wirkungs-Beziehung.

Bei der letzten Methode wird anhand von bestimmten, den einzelnen Spurenelementen spezifischen Kriterien wie Aktivitäten von Enzymen die für die Leistung und Gesundheit optimale Menge an Spurenelementen geschätzt.

Im Gegensatz zu früheren Auflagen der Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine (Boltshauser et al. 1993) ist in den Tabellen 29, 30 und 31 nicht mehr das empfohlene Angebot an Spurenelementen aufgeführt, sondern die unter üblichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen der Ration zuzusetzende Menge an Spurenelementen (im Folgenden als empfohlene Zulage bezeichnet). Damit soll den praktischen Bedürfnissen der Futterherstellung besser Rechnung getragen werden. Wie bis anhin erfolgen die Angaben in mg/kg Futter mit 88 % TS.

*Eisen (Fe):* Kritische Momente in der Fe-Versorgung des Schweines bilden die ersten Lebenswochen. Da weder die Fe-Versorgung der Föten beziehungsweise die Fe-Reserven des Neugeborenen noch die Fe-Konzentration der Sauenmilch durch eine über dem empfohlenen Angebot liegende Fe-Zufuhr beim Muttertier wesentlich erhöht werden können, ist eine gezielte, beim Ferkel einsetzende Fe-Ergänzung angezeigt. Diese kann beispielsweise in Form von Fe-Injektionen, Fe-Pasten und Fe-reicher Erde erfolgen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine allzu hohe orale Eisengabe die Infektionsanfälligkeit sowie das Risiko von Durchfall erhöhen kann.

*Iod (I):* Der I-Versorgung muss besonders bei der säugenden Muttersau Beachtung geschenkt werden. Im Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass verschiedene Futtermittel wie 00-Raps Stoffe (goitrogene Substanzen) enthalten, die den Iodbedarf erhöhen.

**Abbildung 8.** Im Gegensatz zu bisher erfolgen die Empfehlungen zur Spurenelementversorgung neu in Form der empfohlenen Zulage.



*Kupfer (Cu):* Das Spurenelement Cu ist im Hinblick auf die Umweltbelastung und Produktequalität nur noch in Mengen zu verfüttern, die dem physiologischen Bedarf entsprechen (Tabellen 29, 30 und 31). Unter anderem zeigen ALP-eigene Versuche (Kessler 2004), dass mit der in Tabelle 29 aufgeführten Cu-Zulage ein hohes Wachstum erzielt werden kann.

*Mangan (Mn):* Der Mn-Bedarf des Schweines wird bei der Verfütterung von vielseitig zusammengesetzten Rationen über den natürlichen Mn-Gehalt der einzelnen Futtermittel gedeckt. Bei Rationen mit hohen Anteilen an Mais, Gerste, Kartoffeln und Milchnebenprodukten kann eine Ergänzung angezeigt sein. Dies gilt besonders für die Zuchtsauen, da der Mn-Bedarf für die Fortpflanzung höher ist als derjenige für das Wachstum.

*Zink (Zn):* Verschiedene Futterinhaltsstoffe können die Verwertung des zugeführten Zn reduzieren. So vermindert eine Ca-Konzentration in der Ration von über 1,25 % die Zn-Verwertung. Im Weiteren kann das in pflanzlichen Futtermitteln vorkommende Phytin mit Zn unlösliche Salze bilden. Die Folge davon ist eine herabgesetzte Zn-Absorption.

**Kobalt (Co) und Molybdän (Mo):** Da für das Schwein quantitative Angaben zum Bedarf an Co und Mo weitgehend fehlen, können für diese beiden Elemente keine Fütterungsempfehlungen gemacht werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Co- und Mo-Bedarf des Schweines über den natürlichen Gehalt der Ration gedeckt wird. So liegen keine Daten über einen möglichen Co- und Mo-Mangel beim Schwein vor (Underwood and Suttle 1999).

**Selen (Se):** Zwischen dem Spurenelement Se und dem Vitamin E besteht eine enge Beziehung. Schützt das Vitamin E als Antioxydans den Organismus vor freien Radikalen, so «entgiftet» das Selen als Bestandteil des Enzyms Glutathion-Peroxidase bereits gebildete Radikale. Die meist geringen Se-Gehalte der Futtermittel, verbunden mit bedarfserhöhenden Faktoren wie den mehrfach ungesättigten Fettsäuren, machen eine generelle Se-Ergänzung von Schweinerationen notwendig. Ist bei Ferkeln der Selen-Vitamin-E-Bedarf nicht gedeckt, können bei Eiseninjektionen plötzliche Todesfälle auftreten. Beim Mastschwein sollen über den physiologischen Bedarf hinausgehende Se-Gaben den Se-Gehalt des Fleisches erhöhen und damit zu einer verbesserten Se-Versorgung des Menschen beitragen. In den vorliegenden Se-Empfehlungen wird diesem Sondereffekt nicht Rechnung getragen.

**Chrom (Cr):** Durch die Verfütterung von Cr soll das Fett-Fleischverhältnis beim Mastschwein zugunsten des Fleisches verbessert werden. Auch soll sich eine Cr-Ergänzung positiv auf die Fleischqualität auswirken. Im Weiteren soll das Chrom eine wachstumsfördernde Wirkung besitzen und bei der Muttersau die Fruchtbarkeit positiv beeinflussen. Besonders beim Mastschwein sind jedoch die Versuchsergebnisse recht variabel. Auch fehlen Angaben zum physiologischen Cr-Bedarf des Schweines noch weitgehend (NRC 1998). Nicht zuletzt ist die Frage nach der Langzeitwirkung einer Cr-Ergänzung auf die Umwelt noch kaum geklärt. Aus diesen Gründen wird auf Fütterungsempfehlungen verzichtet.

Das in den Tabellen 16, 19, 23 und 26 (Kapitel 4) sowie 29, 30 und 31 (Kapitel 5) aufgeführte empfohlene Angebot beziehungsweise die empfohlene Zulage soll zusammen mit dem natürlichen Gehalt der Futtermittel unter üblichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen den physiologischen Bedarf des Schweines an Mengen- und Spurenelementen abdecken. Eine deutlich über dem physiologischen Bedarf liegende Mineralstoffversorgung (Tabelle 9) kann die Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Schweines negativ beeinflussen (NRC 1980).

**Tabelle 9. Handikap-Schwelle für Mineralstoffe beim Schwein. Beim Überschreiten der Werte ist mit Veränderungen im Stoffwechsel zu rechnen.**

|                      | <b>Handikap-Schwelle</b><br>in % der Ration |
|----------------------|---------------------------------------------|
| Kalzium und Phosphor | 1) <sup>1)</sup>                            |
| Natrium              | 3.1 <sup>2)</sup>                           |
|                      | in mg/kg TS                                 |
| Eisen                | 3000                                        |
| Iod                  | 300                                         |
| Kupfer               | 250                                         |
| Mangan               | 400                                         |
| Zink                 | 1000                                        |
| Kobalt               | 10                                          |
| Molybdän             | 1000                                        |
| Selen                | 2                                           |

<sup>1)</sup> siehe Abschnitt 3.1 optimales Ca : P-Verhältnis

<sup>2)</sup> bei ad libitum-Wasservorlage

## 3.2 Vitamine

Der Bedarf des Schweines an Vitaminen wird mehrheitlich mittels der so genannten Dosis-Wirkungsbeziehung geschätzt. Bei dieser Methode werden an das Schwein unterschiedliche Mengen eines Vitamins verfüttert und deren Wirkung auf Grössen wie Verhinderung von Mangelsymptomen, Leistung, Fortpflanzung, Speicherung und Immunität gemessen. Das Ergebnis bildet eine Anzahl von Werten, aus welchen das empfohlene Vitaminangebot abgeleitet wird. Dass dabei grosse Differenzen auftreten können, ist unter anderem auf eine unterschiedliche Gewichtung von Versuchsergebnissen oder eine abweichende Definition von Begriffen wie volle Leistungsfähigkeit und Gesundheit zurückzuführen.

Die vorliegenden Empfehlungen zur Vitaminversorgung des Schweines sollen die volle Leistungsfähigkeit und Gesundheit des Schweines garantieren und je nach Vitamin eine gewisse Reservenbildung ermöglichen. Die Empfehlungen sind auf die spezifischen Verhältnisse der Schweiz ausgerichtet und beinhalten einen angemessenen Sicherheitszuschlag. Sie setzen eine artgerechte Fütterung und Haltung voraus. Grundlage der vorliegenden Empfehlungen bilden wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Vitamine sowie Empfehlungen von Wissenschaft, Industrie und Beratung zur Vitaminversorgung des Schweines (ARC 1981, INRA 1989, Jones 1995, Kirchgeßner 1997, NRC 1998, Reese et al. 2000, Roche 2001, BASF 2001, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries 2001).

Im Gegensatz zu früheren Auflagen der Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine (Boltshauser et al. 1993) ist in den Tabellen 29, 30 und 31 nicht mehr das empfohlene Angebot an Vitaminen aufgeführt, sondern die unter üblichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen der Ration zuzusetzende Menge an Vitaminen (im Folgenden als empfohlene Zulagen bezeichnet). Damit soll den praktischen Bedürfnissen der Futterherstellung besser Rechnung getragen werden.

Da die meisten Vitamine relativ günstig sind, werden dem Schweinefutter aufgrund eines übertriebenen Sicherheitsdenkens oder aus Gründen des Marketings oft deutlich mehr Vitamine zugesetzt als physiologisch notwendig. Obwohl wenig giftig (NRC 1987), ist eine über dem physiologischen Bedarf liegende Vitaminzufuhr unerwünscht. Sie kann das Gleichgewicht zwischen den einzel-

**Tabelle 10. Masseinheit für Vitamin A und E.**

| Vitamin   | Masseinheit                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------|
| Vitamin A | 1 Internationale Einheit (IE) = 0.3 µg Vitamin-A-Alkohol      |
|           | = 0.344 µg Vitamin-A-Acetat                                   |
|           | = 0.55 µg Vitamin-A-Palmitat                                  |
| Vitamin E | 1 Internationale Einheit (IE) = 1.00 mg dl-a-Tocopherylacetat |
|           | = 0.91 mg dl-a-Tocopherol                                     |
|           | = 0.67 mg d-a-Tocopherol                                      |

nen Vitaminen stören oder zu einer aus Sicht des Konsumenten unerwünschten Einlagerung von Vitaminen in essbaren Geweben führen.

Die Vitamine werden in zwei Hauptgruppen unterteilt, nämlich in fettlösliche und wasserlösliche Vitamine. Obwohl das Cholin nicht als eigentliches Vitamin betrachtet werden kann, soll es bei den Fütterungsempfehlungen der Einfachheit halber bei diesen eingereiht werden. Spricht man von Vitaminen, so gilt es sich bewusst zu sein, dass gewisse Vitamine als Gruppe von verwandten Stoffen mit qualitativ gleichen Wirkungen aufzufassen sind. Deshalb werden für diese Vitamine Masseinheiten (Tabelle 10) definiert.

### 3.2.1 Fettlösliche Vitamine

Zu den fettlöslichen Vitaminen zählen die Vitamine A (inklusive Provitamine A), D, E und K.

*Vitamin A:* Der Vitamin-A-Bedarf des Schweines kann sowohl über die Provitamine A (primär b-Carotin) als auch direkt über das Vitamin A gedeckt werden. Bei der Umwandlung von b-Carotin in Vitamin A geht man beim Schwein von einem Umwandlungsverhältnis von 9 bis 13 : 1 aus. Neben seiner Bedeutung als Vorstufe von Vitamin A besitzt das b-Carotin auch eine von Vitamin A unabhängige Funktion im Fruchtbarkeitsgeschehen der Muttersau. Eine b-Carotin-Zulage in der Größenordnung von 200 – 400 mg pro Tag im Zeitraum Absetzen bis zirka drei Wochen nach erfolgreicher Besamung soll sich positiv auf die Ferkelzahl auswirken. Da Vitamin A von wenigen Ausnahmen abgesehen in üblichen Futtermitteln für Schweine nicht vorkommt und der b-Carotin-Gehalt der in der Schweinefütterung verwendeten Futtermittel mehrheitlich gering ist, müssen Schweinegenerationen immer mit Vitamin A ergänzt werden. Dies obwohl das Schwein dank der üblicherweise in der Leber vorkommenden Vitamin-A-Reserven eine Periode mit knapper Vitamin-A-Zufuhr ohne Schaden zu überstehen vermag (NRC 1998).

*Vitamin D:* Wie Versuche aufzeigen, sind das aus der Pflanze stammende Vitamin D<sub>2</sub> und das in der Haut des Schweines durch die Wirkung von ultraviolettem Licht gebildete Vitamin D<sub>3</sub> beim Schwein praktisch gleich wirksam. Da im Allgemeinen die wichtigsten Futtermittel für Schweine wenig Vitamin D enthalten und sich zudem die meisten Schweine mehrheitlich im Stall aufhalten, sind deren Rationen immer mit Vitamin D zu ergänzen. Die in den Tabellen 29, 30 und 31 aufgeführte empfohlene Zulage setzt eine bedarfsgerechte Versorgung mit Ca und P voraus.

*Vitamin E:* Unter dem Begriff Vitamin E werden die sogenannten Tocopherole und Tocotrienole zusammengefasst. Innerhalb dieser verschiedenen Verbindungen besitzt das  $\alpha$ -Tocopherol dank seiner hohen biologischen Aktivität für das Schwein die grösste Bedeutung. Gehaltsvergleiche zwischen Futtermitteln sind auf dieser Stufe vorzunehmen. Getreide und Mühlennachprodukte enthalten nur geringe Mengen an Vitamin-E-wirksamen Tocopherolen und die Extraktionsschrote sind insgesamt arm an Vitamin E. Dies bedeutet, dass Schweineationen immer mit Vitamin E ergänzt werden müssen. Beim Mastschwein ist darauf zu achten, dass die in Tabelle 30 aufgeführte empfohlene Vitamin-E-Zulage dem Gehalt der Ration an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Polyensäuren, PUFA) und an zugesetztem Fett angepasst wird. Über diesen Wert hinausgehende Vitamin-E-Mengen beeinflussen unter üblichen Fütterungsbedingungen weder das Wachstum noch die Fleischqualität des Mastschweines positiv (Stoll 1998, Dufey 1998).

*Vitamin K:* Vereinfacht liegt das Vitamin K in drei Formen vor, nämlich als  $K_1$  in den Blättern von grünen Pflanzen, als durch Mikroorganismen aufgebautes  $K_2$  und als synthetisches  $K_3$ . Der Vitamin-K-Bedarf des Schweines wird mit Ausnahme des Ferkels durch die Eigensynthese der Darmflora gedeckt. Bei mit Schimmelpilzen verunreinigtem Futter oder bei Rationen mit einem deutlichen Ca-Überschuss kann eine Ergänzung in Form von Vitamin  $K_3$  notwendig sein. Das synthetische Vitamin  $K_3$  wird in der Regel als 50- oder 25 %-iges Menadion-Natrium-Bisulfit (2 g bzw. 4 g entsprechen 1 g Vitamin  $K_3$ ) angeboten.

#### 3.2.2 Wasserlösliche Vitamine

Zu den wasserlöslichen Vitaminen gehören die Vitamine  $B_1$  (Thiamin),  $B_2$  (Riboflavin), Nicotinsäure (Niacin, Vitamin PP), Pantothensäure,  $B_6$ ,  $B_{12}$ , Biotin (Vitamin H), C und Folacin (Folsäure).

Das Wissen über den Bedarf des Schweines an diesen Vitaminen und die Notwendigkeit einer Ergänzung ist immer noch recht lückenhaft. Dies erklärt auch die teilweise recht grossen Unterschiede bei den verschiedenen Fütterungsempfehlungen.

*Vitamin  $B_1$ :* Der Bedarf des Schweines an Vitamin  $B_1$  wird durch den natürlichen Gehalt der Futtermittel (Getreide, Mühlennachprodukte, Rückstände der Ölgewinnung) gedeckt. Eine Supplementierung ist im Allgemeinen nicht notwendig. Wird das Futter einer starken Hitze ausgesetzt, kann eine Ergänzung sinnvoll sein.

*Vitamin B<sub>2</sub>*: Eine Ergänzung der Ration mit Vitamin B<sub>2</sub> ist beim Ferkel und bei der Zuchtsau angezeigt, wenn die Ration zu einem erheblichen Anteil aus Getreide besteht. Werden grössere Mengen an Milchprodukten verfüttert, kann die Ergänzung entfallen. Beim Mastschwein wird eine B<sub>2</sub>-Zulage im Sinne eines Sicherheitszuschlages empfohlen.

*Niacin*: Das Schwein deckt seinen Bedarf an Niacin einerseits durch Eigensynthese aus überschüssigem Tryptophan, andererseits über das Futter. Die meisten Getreidearten, Mühlennachprodukte und Ölsaaten sind verhältnismässig reich an Niacin. Im Vergleich zu den Ölsaaten ist jedoch das Niacin aus Getreide weniger verfügbar. Da unter üblichen Fütterungsbedingungen ein Tryptophanüberschuss eher die Ausnahme bildet und über die Verfügbarkeit des nativen Niacin wenig Daten vorliegen, scheint eine Niacinergänzung in Form eines Sicherheitszuschlages angepasst.

*Pantothensäure*: In den meisten Rationen reicht der natürliche Gehalt der Futtermittel an Pantothensäure nicht aus, um den Bedarf des Schweines an diesem Vitamin zu decken. Zudem bestehen zwischen den einzelnen Futtermitteln in der Verfügbarkeit der nativen Pantothensäure grosse Unterschiede. Eine generelle Supplementierung von Schweinerationen ist deshalb sinnvoll.

*Vitamin B<sub>6</sub>*: Nach heutigem Wissensstand ist eine Vitamin-B<sub>6</sub>-Ergänzung von üblichen Getreide-Soja-Rationen nicht notwendig, da der natürliche Gehalt an Vitamin B<sub>6</sub> bedarfsdeckend ist. Dies dürfte auch für Rationen mit Milchnebenprodukten gelten. Dennoch wird den Schweinerationen im Sinne eines Sicherheitszuschlages Vitamin B<sub>6</sub> zugesetzt.

*Vitamin B<sub>12</sub>*: Da Vitamin B<sub>12</sub> nur in Futtermitteln tierischer Herkunft wie Fischmehl und Milchnebenprodukten vorkommt, müssen übliche Schweinerationen – besonders VEGI-Rationen – mit diesem Vitamin ergänzt werden, obwohl das Schwein einen Teil seines Vitamin-B<sub>12</sub>-Bedarfes über die Vitamin-B<sub>12</sub>-Synthese im Verdauungstrakt und die Aufnahme von Kot decken kann.

*Biotin*: Die meisten Futtermittel für Schweine enthalten natürlicherweise Biotin in bedarfsdeckender Menge, wobei dessen Verfügbarkeit von Futtermittel zu Futtermittel variiert. Daneben synthetisieren die im Verdauungstrakt des Schweines vorkommenden Bakterien Biotin. Beim Ferkel sowie bei der Muttersau, bei letzterer im Hinblick auf eine optimale Klauenqualität, wird im Allgemeinen eine Biotinergänzung empfohlen.

*Vitamin C:* Über den Vitamin-C-Bedarf des Schweines liegen wenige und häufig widersprüchliche Angaben vor (NRC 1998). Dies dürfte unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass im endogenen Stoffwechsel des Schweines erhebliche Mengen an Vitamin C gebildet werden. Eine Ergänzung der Ration mit Vitamin C wird teilweise beim Ferkel und bei der Zuchtsau in ausgesprochenen Stresssituationen empfohlen.

*Folsäure:* Im Allgemeinen wird angenommen, dass über den natürlichen Folsäure-Gehalt der Futtermittel sowie die bakterielle Synthese im Verdauungstrakt der Bedarf des Schweines an diesem Wirkstoff gedeckt wird. Inwieweit durch zusätzliche Folsäuregaben beispielsweise die Fruchtbarkeit der Mutter-sau positiv beeinflusst werden kann, ist umstritten und bedarf weiterer Abklärungen (Barkow et al. 1999). Besonders im Hinblick darauf, dass beim Folsäure-Stoffwechsel noch Kenntnislücken bestehen, wird den üblichen Schweine-rationen mehrheitlich Folsäure zugesetzt.

*Cholin:* Wichtigste Cholinquelle für das Schwein bildet das Futter. So enthalten Getreide und Ölsaaten bedarfsdeckende Mengen an diesem Wirkstoff. Im Weiteren besitzt das Schwein die Fähigkeit, Cholin aus im Überschuss zugeführtem Methionin aufzubauen. In seiner Funktion als Lieferant von Methylgruppen kann das Cholin durch Betain, einen Rübeninhaltsstoff, ersetzt werden.

*Carnitin:* Das vitaminähnliche Carnitin kommt zur Hauptsache in tierischen Produkten vor und wird zudem vom Schwein selbst aus Methionin und Lysin synthetisiert. L-Carnitin-Zulagen führten beim Ferkel zu erhöhten Tageszunahmen und weniger Abgängen. Bei der Zuchtsau soll sich der Wirkstoff bei einer Ergänzung in der Höhe von 50 mg/kg Futter positiv auf die Körperkondition, Fruchtbarkeit und Milchleistung auswirken. Nach neueren Untersuchungen soll auch durch eine L-Carnitin-Zulage der Anteil Sauen mit MMA-Syndrom (Metritis-Mastitis-Agalaktie) gesenkt werden. Eine erhöhte Spermaproduktion wird beim Eber bei einer täglichen L-Carnitin-Ergänzung von 500 mg beschrieben. Mast-schweine sollen bei hohem Tageszuwachs und guter Futterverwertung eine Car-nitin-Ergänzung in der Größenordnung von 40 mg/kg Futter benötigen. Den-noch, die heutigen Kenntnisse über das L-Carnitin reichen nicht aus, um verbindliche Angaben zur empfohlenen Zulage zu machen.

### 3.3 Literatur

*Aitken F. C., 1976.* Sodium and potassium in nutrition of mammals. CAB, Farnham Royal, Slough, 296 p.

*Ammerman C. B., Baker D. H., Lewis A. J., 1995.* Bioavailability of nutrients for animals. Amino acids, minerals, and vitamins. Academic Press San Diego, 441 p.

*ARC, 1981.* The nutrient requirements of pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, 307 p.

*BASF, 2001.* Recommendations for vitamin supplementation. Animal nutrition. Technical support. 4 p.

*Barkow B., Böhme H., Flachowsky G., 1999.* Einfluss von Folsäure auf die Produktionsleistung von Sauen. Übers. Tierernährg. 27, 165 – 190.

*Boltshauser M., Jost M., Kessler J., Stoll P., 1993.* Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine. LmZ, Zollikofen, 129 S.

*Diepen van Th. M., Jongbloed A. W., Kemme P. A., van der Weij-Jongbloed R., 1999.* CVB, Herziene verteerbaar fosfornormen voor varkens. CVB - documentatierapport nr 24, 55 p.

*DLG, 1987.* Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4: Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 153 S.

*Dufey P.-A., 1998.* Schweinefleisch: Einfluss einer zusätzlichen Vitamin-E-Zulage. Agrarforschung 5 (9), 417 – 424.

*GfE, 1997.* Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen mit Phosphor. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 193 – 200.

*GfE, 2001.* Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.

*INRA, 1989.* L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, Paris Cedex, 282 p.

*Jongbloed A. W., 1987.* Phosphorus in the feeding of pigs: Effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. Rapport I.V.V.O. nr. 179, Lelystad, 343 p.

*Jongbloed A. W., Everts H., Kemme P. A., Mroz Z., 1999.* Quantification of absorability and requirements of macroelements. In: Kyriazakis I. (Ed.), A quantitative biology of the pig. CAB International, 275 – 298.

*Jones R., 1995.* Practical swine feeding ideas. The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences, Cooperative Extension Service. 18 p.

*Kessler J., 2004.* Cu-Versorgung des Ferkels. Publikation in Vorbereitung.

*Kirchgessner M., 1997.* Tierernährung. Verlags Union Agrar, Frankfurt am Main. 582 S.

*Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, 2001.* Persönliche Mitteilung.

*NRC, 1980.* Mineral tolerance of domestic animals. NRC, Washington, 577 p.

*NRC, 1987.* Vitamin tolerance of animals. National Academy Press, Washington, D. C. 96 p.

*NRC, 1998.* Nutrient requirements of swine. National Academy Press, Washington, D. C., 189 p.

*Reese D.E., Thaler R.C., Brumm M.C., Lewis A.J., Miller P.S., Libal G. W., 2000.* Swine nutrition guide. Nebraska Cooperative Extension Service. 42 p.

*Roche, 2001.* Roche Vitamin Dosierungsempfehlungen für Haustiere – Update 2. Falttabelle.

*Stoll, P. 1998.* Schweinemast mit erhöhtem Vitamin-E-Gehalt in der Ration. Agrarforschung 5 (9), 413 – 416.

*Underwood E. J., Suttle N. F., 1999.* The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing, Wallingford, 614 p.