

(Thorp, 1995). Vitamin K1 sorgt also für eine Blutregulierung in beide Richtungen, nämlich Koagulation und Antikoagulation. Es schützt damit nicht nur vor Verblutungen, sondern auch vor Thrombozytenaggregation (Blackwell, 1985) und Thrombose (BASF, 1996). Für diese Funktionen ist u.a. auch die Kalzium-Homöostase des Blutes von Bedeutung. Diese wird durch Vitamin K1 nicht beeinträchtigt, jedoch durch Vitamin-K3-Zufuhr (Mehendale et al., 1985)

Neben der altbekannten Wirkung auf den Mechanismus der Blutregulierung hat Vitamin K1 noch eine enorm weite Wirkungspalette an gerinnungsneutralen Proteinen, wobei erst in den letzten Jahren eine intensiviertere Forschung zum Vitamin K1 festzustellen ist.

Vitamin-K-abhängige, aber gerinnungsneutrale Proteine wurden seit langem festgestellt in Leber, Pankreas, Nieren, Sehnen, Lunge und Milz sowie im Harn, zudem ist Vitamin K1 beteiligt an Enzymsystemen in den Testes; von besonderer Bedeutung ist es für die Kalzifikation von Knochen (Osteokalzin) und Dentin. Aber auch im Auge erfüllt es bedeutende Funktionen. Zudem hat sich erwiesen, dass Vitamin K im Bindegewebsstoffwechsel von Bedeutung ist (Monographie BfArM, 1994). Cham (1998) reiht Vitamin K1 in die Reihe der Antioxidantien ein. Seit einigen Jahren ist Vitamin K1 auch als bedeutendes Glied im Zellwachstum und der Zellkommunikation erkannt (Israels, 1995). Ferner hat Vitamin K1 Einfluss auf die Insulinproduktion der Bauchspeicheldrüse (Sakamoto, 1999) und bietet Schutz vor Arteriosklerose (Price, 1998). Grundsätzlich ist Vitamin K1 am Energiestoffwechsel beteiligt. Vitamin K1 überführt die für Stoffwechselschritte notwendigen Proteine in seine aktive Form. Ohne Vitamin K liegen diese Proteine als unwirksame Acarboxy-Vorstufen, früher PIVKA (Protein induced by Vitamin-K-absence or antagonist) genannt, vor. Der bisherige Bedarf an Vitamin K1 orientiert sich an der Ausrichtung der Blutgerinnung (Shuttie, 1992). Bei der Knochenmineralisation ist jedoch z. B. ein bedeutend höherer Gehalt an Vitamin K1 notwendig als für die Blutgerinnung (Ronden et al., 1997). Bässler (1999) spricht beim Menschen von einer bis zu über 40-fach höheren Vitamin-K1-Dosis.

Vitamin K1 hat bei der Verabreichung als Injektion in der Humanmedizin teilweise eine negative Wirkung gezeigt

(Bundesanzeiger, 1989). Es ist ungeklärt, ob dieses mit den Hilfsmitteln bei Präparaten zusammenhängt oder aufgrund der Überschwemmung des Gewebes (Blutes). Bei oraler Aufnahme stellte sich keine negative Wirkung ein, selbst bei extremer Überdosierung nicht. Bei der öfteren oder gar kontinuierlichen Verabreichung von Vitamin-K1-Präparaten ist auf die potentielle Toxizität der im Handel befindlichen Präparate zu achten. Zur Zeit ist unter den Emulsion- bzw. Mischmizellen-Präparaten nur eines ohne potentiell toxische Hilfsstoffe auf dem Markt. Alle anderen Präparate weisen unter Grundlegung des Handbuchs der pharmazeutischen Hilfsstoffe von Wade und Weller (1994) potentiell toxische Hilfsstoffe auf.

Bei der Verabreichung von Vitamin K1 erhöht sich primär der Serumspiegel, um nach Sättigung des Körpergewebes wieder abzusinken (Ronden, 1997). Bei intrakardialer Gabe wirkt Vitamin K1 sehr rasch, Menadion sehr langsam. Deshalb wird u.a. bei Gerinnungsstörungen in der Tiermedizin ausschließlich Vitamin K1 verwandt und nicht Menadion. Da Vitamin K1 eine antagonistische Wirkung gegen Cumarinderivate hat, ist auch sein Einfluss auf Schimmelpilztoxine auf Cumarinbasis anzunehmen. Schimmelpilzgifte auf Cumarinbasis sind zum Beispiel Aflatoxin B1, G1, B2, G2, M1 und Ochratoxin A (Gedek, 1980). Cumarinderivate unterbinden nicht nur eine Blutgerinnung, sondern wirken auch gegen die Proteine C und S sowie auf den Knochenstoffwechsel und können embryonale Schädigungen hervorrufen (Astedt, 1995). Durch Cumarintherapie im menschlichen Bereich sind Knochenanomalien aufgetreten. Cumarine ihrerseits stehen im Verdacht, über Metabolite eine Lebertoxizität hervorzurufen (Höhne, 1985). Vitamin K3 wirkt im Gegensatz zu Vitamin K1 nicht gegen Cumarinderivate (Römpp, 1991)!

Im praktischen Einsatz von Vitamin K1 unter Verzicht jeglicher menadionhaltiger Präparate stellten sich bei Papageien nachfolgende Parameter ein (von Lüttwitz und Schulz, 1999):

- dünnflüssiger Kot wird wieder fest (besonders effektiv in Kombination mit Lactobazillen)
- Antibiotika- und Sulfonamideinsatz werden hinfällig
- Aggressivität der Tiere geht zurück
- Leberschädigungen regenerieren

- Aspergilloseausbrüche kommen nicht mehr vor bzw. die Tiere arrangieren sich damit
- Federwerk wird straff
- Mauser verläuft kontinuierlich
- Schnabel- und Krallensubstanz verbessern sich
- Hautzustand normalisiert sich
- hämolytische Blutbilder verbessern sich
- Vitalität steigt an
- Rupfer (ohne »psychische« Schädigung) befiedern sich
- Fortpflanzungstrieb erwacht (bei Problempapageien)
- Kommunikation intensiviert sich
- Infektionsanfälligkeit geht immens zurück
- Pilzinfektionen reduzieren sich
- pilzbelastetes Futter wird besser verkraftet

#### • Vitamin K2

Vitamin K2 ist in seinen höherwertigen Formen für den Organismus wichtig, weil diese aktiver sind als Vitamin K1 (Friedrich, 1987). Aus Vitamin K1 können alle Formen der Menachinone gebildet werden, aus Vitamin K3 nur MK-4 (Kolb et al., 1999). Vitamin K2 seinerseits ist nicht in der Lage, Vitamin K1 zu ersetzen (Paiva et al., 1998). Vitamin K2 ist in seiner Wirkung noch relativ wenig erforscht. In Japan wird intensiv mit Vitamin K2 gearbeitet. Vitamin K2 verhinderte im Tierversuch eine Atherosklerose, wobei im Vergleich Vitamin K3 nicht wirkte (Seyama, 1999). In vitro übte Vitamin K2 eine zerstörende Wirkung auf frisch isolierte Leukämiezellen aus (Yaguchi, 1998). Bei Kaninchen mit erhöhtem Cholesterinspiegel senkte Vitamin K2 diesen und wirkte der Atherosklerose entgegen (Kawashima, 1997). In der Darmflora dient Vitamin K2 wie Ubichinone bei Echerichia coli in den Biosyntheseabläufen dem Elektronentransport (Lee, 1997).

#### • Vitamin K3

Das in der Natur nicht vorkommende Vitamin K3 ist chemisch betrachtet ein Fragment der natürlicherweise vorkommenden Vitamine K1 und K2. Aus Vitamin K3 kann der Organismus kein Vitamin K1 herstellen und von den Vitamin K2-Formen MK-1 bis MK-13 in geringen Mengen nur MK-4. In der Tierernährung hat Menadion lediglich die Bedeutung, Hämorrhagien zu unterbinden. Eine weitere Wirkungsweise ist von