

Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser¹ für Lebensmittel liefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen

Josef Kamphues², Reinhard Böhm³, Gerhard Flachowsky⁴, Monika Lahrssen-Wiederholt⁵, Ulrich Meyer⁴ und Hans Schenkel⁶

Zusammenfassung

Die Bereitstellung ausreichender Wassermengen in geeigneter Qualität ist neben der Versorgung mit Energie und essentiellen Nährstoffen eine entscheidende Voraussetzung für die Gesundheit und Leistung Lebensmittel liefernder Tiere.

Ausgehend von den rechtlichen Rahmenbedingungen werden zunächst die Herkunft und Qualität des Tränkwassers näher charakterisiert, wobei sowohl biologische als auch physiko-chemische Kontaminanten als Kriterien Berücksichtigung finden. Des Weiteren werden Aspekte der Probenentnahme (für die Kontrolle unerlässlich) sowie der Bewertung verschiedener Qualitätsparameter näher erläutert. Schließlich sind in dem Beitrag übersichtsartig die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Wasseraufnahme zusammengefasst und Schätzggleichungen aufgeführt, mit denen die Wasseraufnahme von Nutztieren vorhergesagt werden kann.

Als wesentliche Schlussfolgerungen werden u.a. abgeleitet, dass Tränkwasser für Tiere ständig verfügbar sein muss, dass Schmackhaftigkeit, Verträglichkeit und Verwendbarkeit die wesentlichsten Kriterien für die Eignung des Tränkwassers sind und dass Tränkwasser nicht nur bei der Einspeisung ins Versorgungssystem, sondern auch noch zum Zeitpunkt der Aufnahme durch das Tier eine entsprechende Qualität aufweisen soll.

Den Ländern und der Wirtschaft in der Bundesrepublik wurde seitens des BMELV Anfang Juni 2007 ein auf vorliegender Ausarbeitung basierender Orientierungsrahmen zur Beurteilung der Tränkwasserqualität zur Verfügung gestellt.

Schlüsselwörter: Tränkwasser; rechtliche Rahmenbedingungen, hygienische Qualität, chemische und physiko-chemische Qualität, Wasseraufnahme, Wasserbehandlung

Summary

Recommendations for evaluating the hygienic quality of drinking water¹ for food producing animals in accordance with current regulatory framework

To provide drinking water in sufficient amounts and with appropriate quality is - in addition to an adequate supply of energy and essential nutrients by feed - a decisive precondition for maintaining animals' health and performance as well as food quality and safety.

Initially, based on regulatory framework, origin and quality of drinking water are specified, whereby a special emphasis is put on biological as well as physico-chemical contaminants. Further, aspects of sampling (necessary for the control) and the evaluation of quality parameters are laid down in detail. Finally mayor impacts on water intake of animals are summarized and equations to predict water consumption of food producing animals are listed.

The main conclusions taken here are: drinking water should be available for animals at all times, palatability of water is of major importance, the compromising of animals' health, technical equipment in barns as well as food quality in anyway by lacks in the quality of drinking water has to be avoided and finally drinking water should be of suitable quality not only when entering the watering system, but also at the time when consumed by animals.

In various tables, guidelines for values to evaluate drinking water quality are given.

At the beginning of June 2007, the German ministry of food, agriculture and consumers' protection (BMELV) made the current draft of relevant orientation guidelines to evaluate the quality of drinking water available to the federal states and businesses in the Federal Republic of Germany.

Keywords: Drinking water, food producing animals, feed legislation, hygienic quality, chemical and physico-chemical contaminants, water consumption, water treatment

¹ Diese Studie wurde im Auftrag des BMELV (Ref. 318) ausgearbeitet

² Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover/Deutschland; Email: josef.kamphues@tiho-hannover.de

³ Universität Hohenheim 460b, Institut für Umwelt- und Tierhygiene, 70593 Stuttgart/Deutschland

⁴ Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig/Deutschland

⁵ Bundesinstitut für Risikobewertung, Postfach 330013, 14191 Berlin/Deutschland

⁶ Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Emil-Wolff-Str. 14, 70593 Stuttgart/Deutschland

1 Einleitung

Neben der Versorgung mit Energie und essentiellen Nährstoffen ist die Bereitstellung ausreichender Wassermengen in geeigneter Qualität eine entscheidende Voraussetzung für Gesundheit und Leistung der Nutztiere. Wasser wird von verschiedenen Seiten auch als der bedeutendste Nährstoff oder das wichtigste Futtermittel angesehen (Kamphues und Schulz, 2002; NRC, 1974; 2001; Positivliste, 2006).

Wasser hat u.a. entscheidende Bedeutung für die Aufrechterhaltung des Zellturnovers, den Ablauf der Verdauungsprozesse, den Nährstofftransport, die Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen und die Thermoregulation der Tiere. Folgen ungenügender Wasserbereitstellung sind zunächst eine verminderte Futteraufnahme und daraus resultierend geringere Leistungen, erhöhte Krankheitsanfälligkeit, Aggressivität der Tiere u.a. (z.B. Kamphues und Schulz, 2002; Steiger Burgos et al., 2001; Schulze-Horsel, 1998). Auch ein Transfer unerwünschter Stoffe aus dem Tränkwasser in Lebensmittel tierischer Herkunft ist möglich. Dabei werden die Herkunft des Wassers und der Wasserbedarf als wesentliche Rahmenbedingungen mit berücksichtigt.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, die wichtigsten Kriterien für die hygienische Qualität von Tränkwasser zusammenzustellen und zu beschreiben.

Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Fassung versucht wurde, den gegenwärtigen Kenntnisstand zu berücksichtigen und daraus entsprechende Bewertungen abzuleiten. Daher ist es erforderlich, den Orientierungsrahmen bei Nutzung und Anwendung in der Praxis zu verfolgen und bei Vorliegen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder andere Erfahrungen der Praxis entsprechend anzupassen.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Rates vom 28. Januar 2002 (sog. Basisverordnung) zielt auf ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit des Menschen. Mit dem neuen europäischen Gesamtkonzept zur Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit schreibt die Verordnung auch neue Rahmenbedingungen für den Bereich der Futtermittel vor.

Futtermittel werden in der Basisverordnung als Stoffe oder Erzeugnisse, auch Zusatzstoffe, verarbeitet, teilweise verarbeitet oder unverarbeitet, die zur oralen Tierfütterung bestimmt sind, definiert. Damit ist Tränkwasser nach geltendem EG-Recht eindeutig ein Futtermittel. Diese Definition wurde in das Gesetz zur Neuordnung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts vom 1. September 2005 übernommen.

Zur Umsetzung der in der Basisverordnung niedergelegten Schutzziele wurde mit der Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 ein Regelwerk mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene geschaffen. Diese Verordnung zielt durch die Anforderungen an die Futtermittelsicherheit auf ein hohes Niveau des gesundheitlichen Verbraucherschutzes.

In der Futtermittelhygiene-VO, die seit dem 01.01.2006 anzuwenden ist, werden unter anderem die Pflichten für Landwirte festgeschrieben, die diese bei der Fütterung von zur Lebensmittelgewinnung bestimmter Tiere zu erfüllen haben. Landwirte müssen Maßnahmen ergreifen und Verfahren anwenden, mit denen das Risiko einer biologischen, chemischen und physikalischen Kontamination von Futtermitteln, Tieren und tierischen Erzeugnissen so niedrig wie vernünftigerweise vertretbar gehalten wird. Die entsprechenden Bestimmungen finden sich im Anhang III der Verordnung, im Abschnitt der „Guten Fütterungspraxis“. Danach muss „Tränkwasser und in der Aquakultur verwendetes Wasser“ so beschaffen sein, dass es für die betreffenden Tiere „geeignet“ ist. Diese Vorgabe deckt sich mit Anforderungen an eine „Gute Fütterungspraxis“, wie sie im Codex Alimentarius für Tränkwasser im Rahmen des „Code of Practice on Good Animal Feeding“ (2004) niedergelegt sind.

Um geeignete Konzepte entwickeln zu können, die gewährleisten, dass bei der Aufnahme von Tränkwasser die Anforderungen an die Futtermittelsicherheit erfüllt sind, besteht somit die Notwendigkeit, diejenigen Risiken, die mit einer biologischen, chemischen oder physikalischen Kontamination verbunden sind, zu identifizieren und einzuordnen. Bereits früher erarbeitete allgemeine Standards bzw. Sicherheitsanforderungen, die für einzelne Futtermittel(gruppen) definiert und/oder angewandt werden, können bei der Ausformung entsprechender Anforderungen an das Tränkwasser berücksichtigt werden.

Im Codex Alimentarius findet sich im Rahmen des „Code of Practice on Good Animal Feeding“ die Aufforderung: „Where there is reason to be concerned about contamination of animals from the water, measures should be taken to evaluate and minimize the hazards“. In diesem Sinne werden in den nachfolgenden Abschnitten Anforderungen an die Qualität des Tränkwassers aufgezeigt. Bei Orientierung an diesen Rahmenbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass das Tränkwasser im Sinne der Futtermittelhygiene-VO und des Codex Alimentarius *geeignet ist* und die Gesundheit der Tiere, die Leistung der Tiere sowie die Sicherheit der von ihnen gewonnenen Lebensmittel gewährleistet sind.

Der Geltungsbereich der deutschen „Trinkwasserverordnung“ (VO über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001) regelt *expressis verbis* nur die Qualität von Wasser für den menschlichen

Verbrauch (§ 2). Allerdings wird allgemein unterstellt, dass Trinkwasser nach den Vorschriften der Trinkwasser-VO grundsätzlich für Tiere geeignet und unbedenklich ist. Abweichungen von den in der Trinkwasser-VO festgelegten Kriterien führen jedoch nicht zwingend dazu, das Wasser als ungeeignet für Tiere einzustufen. Hierzu bedarf es einer Würdigung des Einzelfalles. Eine einfache Übertragung von Qualitätsansprüchen an das Trinkwasser auf das Tränkwasser ist jedenfalls nicht angemessen und wird den Bedingungen der Tierhaltung nicht gerecht (z.B. Wasserversorgung weidender Tiere bzw. auf Selbstversorgerbetrieben ohne Anschluss an das öffentliche Netz).

Insbesondere können die Anforderungen hinsichtlich biologischer und chemischer Parameter an Trinkwasser nicht einfach auf Tränkwasser übertragen werden, da eine Überschreitung von Höchstgehalten verschiedener Inhaltsstoffe aus der Trinkwasser-VO i. d. R. weder für das Tier noch für die von Tieren gewonnenen Lebensmittel nachteilige Effekte hat. So ist beispielsweise die Aufnahme von Nitrat mit dem Grünfütter bei Wiederkäuern häufig um ein Vielfaches höher als mit dem Tränkwasser, selbst wenn dieses den Grenzwert von 50 mg/l Wasser (= Wert der Trinkwasser-VO) um den Faktor 10 übertreffen würde. Ähnliches gilt auch für andere Inhaltsstoffe im Wasser (Ca, Mg, Fe, Mn usw.). Richtwerte für Organismen und Substanzen im Tränkwasser sind nur in den Fällen sinnvoll, in denen entweder die Leistung, die Tiergesundheit oder die Lebensmittelqualität nachteilig beeinflusst sein könnten. Hinweise auf die in diesem Zusammenhang zu berücksichtigenden Organismen gibt die Richtlinie 2003/99/EG (Zoonosen-Richtlinie) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. November 2003. Sind Risiken nicht gegeben, sollte zur Vermeidung unnötiger Kosten auf die Formulierung von Orientierungswerten verzichtet werden (vgl. Hartung und Kamphues, 2000), selbst wenn die Trinkwasser-VO für diesen fraglichen Stoff ggf. einen Grenzwert nennt.

3 Tränkwasserqualität

Während Trinkwasser für den Menschen grundsätzlich den Anforderungen der Trinkwasser-VO entsprechen soll, gibt es für Tränkwasser gegenwärtig keine vergleichbaren detaillierten rechtlichen Anforderungen. Der Gesetzgeber beschränkt sich in den einschlägigen Rechtsvorschriften (z. B. Basisverordnung, Futtermittelhygiene-VO, Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch) auf allgemein formulierte Sicherheitsanforderungen. Die in der Futtermittelhygiene-VO (183/2005, Anhang III) geforderte Eignung des Tränkwassers könnte durch die Anforderungen in Tabelle 1 charakterisiert werden.

Nach Tabelle 1 soll ein geeignetes Wasser nicht nur schmackhaft und verträglich sein, sondern es hat zur Gewährleistung einer sicheren Versorgung der Tiere auch

Anforderungen zu erfüllen, die sich aus den technischen Bedingungen in der Tierhaltung ergeben. Höhere Gehalte an Calcium oder Eisen und daraus entstehende Verbindungen sind beispielsweise eine Hauptursache für Verstopfungen im Tränkesystem, so dass bei unzureichender Wartung der Ausrüstung zur Wasserversorgung die Tiere nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden (Kamphues, 2000). Auch die Zusatzstoff-, Impfstoff- und Arzneimittelapplikation sind in ihrer Sicherheit/in ihrem Erfolg gefährdet, wenn das Tränkwasser z.B. bestimmte Konzentrationen an komplexierenden Inhaltsstoffen enthält (Kietzmann, 2000). Nicht zuletzt kann ein „saureres“ Tränkwasser die Oberflächenbeschaffenheit betonierter Grundflächen nachteilig verändern (raue/scharfkantige Oberflächen im Liegebereich), so dass entsprechende Läsionen an der Haut (z.B. bei Ferkeln in einstreulosen Sauenbuchten) entstehen können, wenn nicht entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Die zuletzt genannten Kriterien gehen allerdings über die Anforderungen zur Eignung im Sinne der Futtermittelhygiene-VO hinaus.

Tabelle 1

Charakterisierung eines für die Versorgung Lebensmittel liefernder Tiere „geeigneten“ Wassers (= Tränkwasser)

Anforderungen ¹⁾	Erläuterung
Schmackhaftigkeit	Voraussetzung für eine ausreichende Wasseraufnahme (= Voraussetzung für adäquate Trockensubstanz-Aufnahme)
Verträglichkeit	Inhaltsstoffe und/ oder unerwünschte Stoffe sowie Organismen nur in einer für die Tiere bzw. die von ihnen gewonnenen Lebensmittel nicht schädlichen bzw. nachteiligen Konzentration
Verwendbarkeit	Keine nachteiligen Effekte auf die bauliche Substanz (z.B. auf die Gebäude- und Tränketeknik) sowie bei Nutzung ²⁾ des Wassers zur Zubereitung des Futters

¹⁾ implizieren auch eine entsprechende sensorische Qualität (z.B. keine stärkere Trübung, frei von Fremdgeruch u.a.)
²⁾ z.B. auch bei Applikation von Arzneimitteln, bestimmten Futtermittelzusatzstoffen etc.

4 Herkunft des Tränkwassers

Das zur Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere verwendete Wasser unterscheidet sich nach Herkunft (und Qualität) ganz erheblich (Tabelle 2). Je nach Lage der landwirtschaftlichen Betriebe (z.B. Einzelgehöfte) besteht häufig gar nicht die Möglichkeit zur Nutzung des öffentlichen Wassernetzes, so dass in vielen Regionen Deutschlands und Europas die Nutztiere Tränkwasser aus einer betriebs-eigenen Versorgung erhalten. Nach EUROSTAT (2003) stammen in den verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten zwischen 50 und 80 % des in der Landwirtschaft verwendeten Wassers aus betriebseigenen Quellen. Überwiegend wird

Tabelle 2:

Herkunft des Tränkwassers in der Nutztierhaltung

Herkunft des Tränkwassers	Verbreitung	Mögliche Einträge
1. öffentliches Netz (kommunale Trinkwasserversorgung)	Betriebe mit Tierhaltung jeglicher Art	keine bzw. die für Trinkwasser bekannten Risiken
2. betriebseigene Wasserversorgung (auf Betrieb/Weidefläche) 2.1 Bohrloch 2.2 Brunnen 2.3 Wasserfässer (mit Trink-/Tränkwasser)	Einzelgehöfte/-betriebe im Außenbereich, die nicht an das öffentliche Netz angeschlossen sind bzw. bei Weidehaltung	Grundwasser je nach geologischer Formation, Eintrag von Oberflächenwasser, Algen/Kontamination (Exkrememente)
3. Oberflächenwasser 3.1 aus Fließgewässern (Bachläufe, Flüsse, Vorfluter) 3.2 aus stehendem Oberflächenwasser (Teiche, Seen)	Weidehaltung, Almwirtschaften, Deichbeweidung	Einträge von Keimen/Exkrementen u.a., Kontaminanten je nach Art und Herkunft der eingeleiteten Abwässer (Klärwerke) bzw. Verunreinigung durch Wild
4. Meerwasser	Beweidung meernaher Grünlandflächen, Polderwirtschaft	evtl. erhöhte Salzgehalte und Kontaminanten aus besonderen Einleitungen, Abwässern etc.
5. sonstige Wasserquellen (aufgefangenes Wasser, Regenwasser)	Hallig, häufig in kleinen Tierhaltungen	Regen (luftgetragene Emissionen), Kontamination durch Dachflächen, Sammelsysteme, Algen

das Wasser für Berechnungszwecke eingesetzt, der dabei auf die Tierhaltung entfallende Anteil kann bislang nicht näher geschätzt werden.

Werden die Tiere auf oder in unmittelbarer Nähe des Betriebes gehalten, so wird i.d.R. das Wasser, das die Menschen hier nutzen, auch den Tieren angeboten. In diesen Fällen ist davon auszugehen, dass das Tränkwasser die Anforderungen an Trinkwasser erfüllt. Ganz anders stellt sich die Wasserversorgung von Tieren dar, die teils weit entfernt vom eigentlichen Betrieb auf der Weide gehalten werden. Oberflächenwasser, Bohrlöcher oder Brunnen sind hierbei vielfach anzutreffen, auch Meerwasser führende Gräben u.a. werden unter diesen Bedingungen zur Wasserversorgung genutzt. Selbst bei Bereitstellung von geeignetem Tränkwasser auf der Weide ist nicht selten der Zugang der Tiere zu weniger geeignetem bzw. ungeeignetem Wasser möglich, da in verschiedenen Regionen Gräben oder andere Gewässer als natürliche Abgrenzung der Weideflächen dienen.

In besonderen Lagen (z.B. auf Inseln) oder Kleinhaltungen von Tieren ist zudem aufgefangenes Regenwasser eine nicht seltene Versorgungsmöglichkeit.

Je nach Herkunft, Gewinnung und Bevorratung ist das für Nutztiere vorgesehene Tränkwasser mit unterschiedlichen Risiken behaftet, was nicht zuletzt bei der Kontrolle seiner Qualität berücksichtigt werden muss.

5 Biologische Qualität des Tränkwassers

Aus Sicht der Hygiene verdient eine mögliche Belastung des Tränkwassers mit Organismen (Parasiten, Pilze, Bakterien und Viren) besondere Aufmerksamkeit, da unter diesen Bedingungen Risiken für die Gesundheit der Tiere

(z.B. Infektionen) sowie für die Qualität der von Tieren gewonnenen Lebensmittel erwachsen. Unstrittig ist somit die epidemiologische Bedeutung von Tränkwasser, das in der Tierhaltung zum Einsatz kommt, da prinzipiell Tiere und Menschen direkt oder indirekt gefährdet sind, wenn es sich bei den biotischen Kontaminanten um Krankheitserreger handelt, die gleichermaßen bei Tieren und Menschen Erkrankungen auslösen können (Zoonose-Erreger wie z.B. Salmonellen, bestimmte E. coli, Campylobacter, Shigellen, bestimmte Rota-Viren sowie Kryptosporidien).

Bei der biotischen Kontamination von Tränkwasser ist prinzipiell zu differenzieren zwischen:

1. der Qualität des in das Versorgungssystem eingespeisten Wassers und
2. der Qualität des tatsächlich aufgenommenen Wassers (d.h. an der Tränke).

Während die Qualität des eingespeisten Wassers im Wesentlichen von der Grundwasserqualität (betriebseigene Versorgung) abhängt bzw. eine übliche Trinkwasserqualität (Anschluss an das kommunale Netz) hat, ist die Qualität des schließlich von den Tieren aufgenommenen Wassers entscheidend durch die Versorgungstechnik bzw. durch die auf dem Weg des Wassers bestehenden Kontaminationsmöglichkeiten bestimmt.

Hierbei ist dann zwischen folgenden Situationen zu unterscheiden:

1. Kontamination mit nicht pathogenen Keimen von Tieren und aus der Tierumgebung (Stallstaub, Futterreste, saprophytäre Keime) sowie aus dem System

Tabelle 3:

Biotische Kontaminanten im Tränkwasser

Art der biotischen Kontaminanten	Besonders wichtige Vertreter	Auswirkungen (Tier bzw. Mensch)	Autoren
Parasiten Helminthen Protozoen	Strongyliden Ascariden, Taenia Kryptosporidien Giardia Toxoplasma	Helminthosen Durchfallerkrankungen Infektionen	DAUGSCHIES 2000 KARANIS 2000
Mikroorganismen Pilze/Hefen Bakterien	Zyanobakterien (Microcystis) Salmonella path. E.coli Campylobacter	Infektion, intestinale Dysbiose Intoxikation („Blaualgtoxine“) } Infektionen mit gastrointestinalen Störungen	STÖBER 2002 BÖHM 2000
Viren	Adeno-Viren Entero-Viren Rota-Viren	} Infektionen mit gastrointestinalen Störungen	BÖHM 2000

2. Kontamination wie bei 1., zusätzlich aber mit Krankheitserregern (durch Ausscheidungen der Tiere) aus dem Bestand selbst (Wasser wird zum Vektor)
3. Kontamination mit Krankheitserregern, die aus bestandsfernen Einträgen stammen können (z.B. aus Kläranlagen-Abwässern, Ausscheidungen bestandsfremder Tiere, Wild usw.).

Die unter 3. genannte Situation hat ihre besondere praktische Relevanz, wenn Oberflächenwasser (fließende oder auch stehende Gewässer) als Tränkwasser genutzt wird. Unter diesen Bedingungen ist die Qualität des „eingespeisten“ bzw. „aufgenommenen“ Wassers praktisch identisch und gleichermaßen kritisch zu prüfen.

Bei betriebseigener Wasserversorgung (Brunnen, Bohrloch) ist die Qualität des „eingespeisten“ Wassers (Grundwasser) im Wesentlichen abhängig von möglichen Eintragsquellen wie:

- Oberflächenwasser (kann z.B. bei Überflutung in das Grundwasser gelangen)
- undichte Abwassersysteme in Nähe der Wasserversorgung
- undichte Lagerstätten von Gülle, Jauche bzw. Dunglager
- Biofilme im Grundwasserleiter, Brunnen oder Leitungssystem
- Bodenauswaschungen.

Besondere Gefahren für die Wasserqualität ergeben sich bei betriebseigener Versorgung immer aus dem möglichen Eintrag von Oberflächenwasser, wenn in Nähe der Wassergewinnung z.B. die oberen Bodenschichten wassergesättigt

oder gefroren sind, so dass hier oberflächlich vorhandene Organismen (aus Ausscheidungen, Dunglagerstätten u.ä.) nicht festgehalten werden, sondern in tiefere, wasserführende Schichten (Grundwasserleiter) gelangen.

Tabelle 3 bietet einen Überblick über die biotischen Kontaminanten von Tränkwasser und deren mögliche Bedeutung.

Die in Tabelle 3 aufgeführten biotischen Kontaminanten sind allerdings nur im Einzelfall zu prüfen, wenn entsprechende Verdachtsmomente vorliegen und andere Eintragspfade ausgeschlossen wurden. Diese Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Grundsätzlich sollte angestrebt werden, dass *eingespeistes* Tränkwasser Trinkwasserqualität nach der Trinkwasser-VO hat. Das Grundwasser bzw. in das System eingespeistes Wasser sollten frei sein von Salmonella, Campylobacter (in 100 ml) und E. coli (in 100 ml); die aerobe Gesamtkeimzahl sollte 1.000 KBE/ml bei 37 °C und 10.000 KBE/ml bei 20 °C nicht überschreiten. Werden wiederholt Keime in dieser Dichte nachgewiesen, so ist von einer höheren Belastung des Systems oder des Grundwassers auszugehen.*

Werden die Anforderungen für das „eingespeiste“ und das „im System befindliche Wasser“ erfüllt, so ist bei entsprechender Kontrolle, Reinigung und Wartung der Technik (Tränketchnik im engeren Sinne, d.h. der Tränkebecken, -rinnen und -zapfen) auch ein adäquater Hygienestatus des

* Auch unter guten Bedingungen im Leitungssystem werden vereinzelt Gesamtkeimzahlen von 10⁴ KBE/ml erreicht.

„aufgenommenen“ Tränkwassers möglich. Dabei sind Lokalisation und Art der Anbringung von Tränken im Stall sowie der Wasserfluss/Zeiteinheit von besonderer Bedeutung.

Dennoch ist einzuräumen, dass bei allen Tränketech- niken mit einem „sichtbaren“ Wasservorrat sehr schnell höhere Keimzahlen auftreten, wenn Stallstaub, Futterreste, Einstreumaterial oder gar Exkreme- nte in das Wasser ge- langen. Die Qualität des „aufgenommenen“ Wassers ist besonders gefährdet, wenn bei höheren Stalltemperaturen der eigentliche Wasserverbrauch relativ gering ist (z.B. Eintagsküken, Säugferkel), so dass es im System zu langen „Standzeiten“ kommt. Gerade wegen dieser betriebs- und situationsspezifischen Variation sollten Probenahmen sich nicht auf die Kontrolle des Tränkwassers „in der Tränke“, sondern auf die des „eingespeisten“ bzw. „im System be- findlichen“ Wassers fokussieren. Die Gewährleistung der Wasserqualität zur Zeit der Aufnahme durch das Tier ist nur durch kontinuierliche Kontrolle und Reinigung der Tränketeknik und Managementmaßnahmen betrieblicher und baulicher Art möglich. Spezifische Normen können hierfür wegen Besonderheiten verschiedener Ställe nicht gegeben werden.

6 Chemische und physiko-chemische Qualität des Tränkwassers

Für die Charakterisierung der Tränkwasserqualität kö- nen - neben den biotischen Kontaminanten - verschiedene Parameter herangezogen werden, so unter anderem der pH-Wert, die Leitfähigkeit, der Salzgehalt, der Gehalt an Nitrat und Nitrit sowie an verschiedenen anorganischen und organischen Inhaltsstoffen. Von mehreren Autoren (Thulin und Brumm, 1991; Puls, 1998; Früchtenicht, 2000) bzw. wissenschaftlichen Gremien (NRC 1998, 2005) wur- den Vorschläge für Grenz- oder Orientierungswerte zur Beurteilung der Wasserqualität veröffentlicht, die u.a. dem Tierhalter als Entscheidungshilfe dafür dienen können, ob bestimmte Behandlungen notwendig sind, um das vorhan- dene Wasser für den Einsatz als Tränkwasser aufzuberei- ten.

Als einfache physiko-chemische Parameter werden im Allgemeinen der pH-Wert, der Salzgehalt und die Leitfä- higkeit herangezogen.

Als akzeptabler pH-Bereich gilt in der Literatur meist der Bereich zwischen 6,5 und 8,5 (NRC, 1998). Abweichende pH-Werte können die Tränkwasseraufnahme beeinflus- sen und die Wirksamkeit einer Chlorierung bzw. die Lös- lichkeit zugesetzter Medikamente beeinträchtigen (NRC, 1998). Niedrigere pH-Werte sind regional evtl. Folge eines Transfers von Huminsäuren (unter Mooren) in den Grund- wasserleiter.

Die Leitfähigkeit wird im Wesentlichen durch die Elek- trolytkonzentration im Wasser bestimmt. Als korrosionsre-

levante Parameter sollten Werte von 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nicht we- sentlich überschritten werden. Eine hohe Leitfähigkeit ist allgemein ein Indikator für Einträge von Natrium, Kalium und Chlorid (z.B. durch Harn, Kot u.ä.).

Hinsichtlich des Salzgehaltes (NaCl) gelten Werte unter- halb 1.000 mg/l als unproblematisch. Werte oberhalb von 7.000 mg/l sollen insbesondere für Zuchtsauenbestände kritisch sein. Für die Beurteilung von Konzentrationen im dazwischen liegenden Bereich sind die Befunde zum Teil widersprüchlich (NRC, 1998). Kochsalzgaben im Bereich von 0,5 bis 1,5 % führten zu einer deutlich reduzierten Futteraufnahme bei verschiedenen Nutztierarten (Geissler, 1969).

Die Wasserhärte ergibt sich aus der Summe der im Was- ser enthaltenen Erdalkali-Ionen, wobei im Wesentlichen enthaltene Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen bestimmend sind. In Deutschland erfolgt die Einteilung des Trinkwassers in 4 Grade (s. Tabelle 4). In anderen Ländern sind unterschied- liche Abstufungen üblich (z.B. NRC 2005).

Tabelle 4:
Kategorien der Wasserhärte

Härtebereich Grad	Gesamthärte ($^{\circ}\text{dH}^1$)	Gehalt an Erdalkali-Ionen ²⁾ (mmol/l)
1 (weich)	0 bis 7,0	< 1,3
2 (mittel)	7,0 bis 14,0	1,3 bis 2,5
3 (hart)	14,0 bis 21,0	2,5 bis 3,8
4 (sehr hart)	> 21	> 3,8

¹⁾ $^{\circ}\text{dH}$ = Grad deutscher Härte; $1^{\circ}\text{dH} = 0,18 \text{ mmol Erdalkali-Ionen/l} = 7,14 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{l}$ bzw. $4,34 \text{ mg Mg}^{2+}/\text{l}$;
²⁾ überwiegend: Ca^{2+} (1 mmol = 40 mg) bzw. Mg^{2+} (1 mmol = 24,3 mg)

Die Wasserhärte wirkt sich kaum auf die Wasseraufnah- me und auch nicht auf die Gesundheit der Tiere aus. Bei einem hohen Gehalt an Carbonatverbindungen kann es jedoch zu einer Verkalkung der Leitungen und der Tränke- technik (Siebe, Verteiler) kommen.

Als Maß für die im Wasser enthaltenen oxidierbaren Stoffe wird der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ver- wandt. Der CSB liefert Informationen über die Belastung des Wassers mit organischen Verbindungen, wobei bio- logisch abbaubare wie auch biologisch nicht abbaubare Stoffe erfasst werden. Häufig wird der CSB mit Hilfe der KMnO_4 -Methode bestimmt. Obgleich bei dieser Methode nicht alle oxidierbaren organischen Stoffe erfasst werden, hat der Einsatz von KMnO_4 als Oxidationsmittel (z.B. im Vergleich mit der genaueren Kaliumdichromat-Methode) die Vorteile einer geringeren Arbeitsplatzbelastung und höheren Sensitivität. Bei fehlender oder sehr geringer Be- lastung mit organischer Substanz variiert der $\text{CSB}_{\text{KMnO}_4}$ unter 5 mg O_2/l . Bei mäßiger Belastung steigen diese

Werte auf 15 mg O₂/l und mehr. Im Bereich von 40 mg O₂/l ist von einer sekundären Verunreinigung mit organischer Masse auszugehen. Gemäß der Trinkwasser-VO beträgt der Grenzwert für den CSB_{KMnO₄} 5 mg O₂/l Wasser. In Tränkwasser variierten Werte untersuchter Proben um 16 mg O₂/l (Früchtenicht, 2000). Durch einsickernde Huminsäuren (Torfablagerungen), Einträge von Abwässern oder Verunreinigungen mit Exkrementen, Futtermitteln u.ä. ist der CSB evtl. massiv erhöht.

Bei einem Vergleich der CSB-Werte des Grundwassers (respektive des in das System eingespeisten Wassers) mit denen aus dem Leitungssystem weisen größere Differenzen auf die Bildung und Ablagerung von „Biofilmen“ hin.

Durch eine korrosive Wirkung des Wassers (originär niedriger pH-Wert bzw. Zusatz organischer Säuren) kann es zur Mobilisierung von Calcium, Zink oder auch Eisen, evtl. sogar von unerwünschten Stoffen (z.B. Blei) aus dem Versorgungssystem kommen.

Regional, d.h. in Abhängigkeit von geologischen Formationen (z.B. durch Gipsinseln in den Sedimentschichten) kommt den Sulfat(SO₄²⁻)-Verbindungen eine gewisse Bedeutung zu. Neben dem Effekt einer höheren SO₄²⁻-Konzentration im Tränkwasser auf die Kotbeschaffenheit (bei Kälbern und Schweinen mit ca. 500 - 600 mg SO₄²⁻/l beginnend) verdient Erwähnung, dass noch höhere SO₄²⁻-Gehalte (z.B. > 2.500 mg SO₄²⁻/l) zu schweren klinischen Symptomen bei Rindern führen können, die mit einer Polioencephalomalazie erklärt werden. Das klinische Bild ist dabei ähnlich dem Vitamin B₁-Mangel, ohne dass ein solcher vorliegt. Vermutliche Ursache ist eine verstärkte Einatmung von Schwefelwasserstoff (H₂S), welcher bei höherer SO₄²⁻-Aufnahme vermehrt gebildet und mit den Ruktusgasen abgegeben wird (Stöber und Scholz, 2002). Auch ein reduzierter Thiamin-Gehalt im Blut wird bei der Aufnahme sulfatreichen Wassers beobachtet und als Ursache der Polioencephalomalazie diskutiert.

Neben den direkten gesundheitlichen Risiken eines höheren SO₄²⁻-Gehaltes im Tränkwasser ist grundsätzlich auf den nachteiligen Effekt einer höheren S-Aufnahme auf die Cu-Verwertung hinzuweisen (Folge: sekundärer Cu-Mangel). Ebenfalls nachteilig auf die Wasseraufnahme wirkt sich eine H₂S-Konzentrationen ab 0,1 mg H₂S/l aus (NRC, 2001). Dies steht möglicherweise in Zusammenhang mit der geruchlichen Veränderung des Wassers.

Die Stickstoff-Belastung des Wassers kann an verschiedenen im Wasser enthaltenen N-Verbindungen v.a. Nitrat (NO₃⁻) und Nitrit (NO₂⁻) gemessen werden. In Regionen mit intensiver Landwirtschaft werden N-Verbindungen häufig in Form von Nitrat eingetragen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass bei einer evtl. parallel vorliegenden bakteriellen Kontamination des Wassers das Nitrat auch in Nitrit umgewandelt werden kann (= Reduktion).

Generell übersteigt die Toxizität von Nitrit jene des

Nitrats um den Faktor 5 bis 10; die in der Trinkwasser-VO aufgeführten Grenzwerte für Nitrat (50 mg/l) und Nitrit (0,5 mg/l) unterscheiden sich deshalb erheblich. Durch Festsetzung dieser Grenzwerte im Trinkwasser sollen insbesondere gesundheitlich nachteilige Effekte bei Kleinkindern (Flaschennahrung!) vermieden werden, da diese besonders empfindlich auf NO₃⁻- und NO₂⁻-Verbindungen reagieren und erhöhte Aufnahmen leicht Vergiftungsercheinungen (Methämoglobinämie) hervorrufen. Bei Nutztieren kann sich eine vermehrte Aufnahme dieser beiden Verbindungen ebenfalls negativ auswirken (Weitstellung der Gefäße durch NO₃⁻, Methämoglobinämie durch NO₂⁻, bzw. generell vermindertes Wachstum, Fruchtbarkeitsstörungen, Aborte, beeinträchtigter Vitamin A-Stoffwechsel).

Bei betriebseigener Versorgung wird das Trinkwasser regelmäßig auf den NO₃⁻-Gehalt untersucht, so dass dem Tierhalter entsprechende Werte bekannt sind.

Die Frage der Verträglichkeit von Nitrat bzw. Nitrit ist bei Nutztieren in Abhängigkeit von der Art und dem Alter der Tiere zu sehen. So können beispielsweise Wiederkäuer mit funktionstüchtigem Vormagensystem Nitrat über die bakterielle Proteinsynthese im Pansen verwerten (= Entgiftung), während junge Wiederkäuer (Kälber/Lämmer) in ihrer Empfindlichkeit eher den Monogastriern vergleichbar sind. Nach Birnbreier und Hilliger (1993) sollten als Richtwerte für ruminierende Rinder und Schafe 300 mg NO₃⁻/l bzw. 30 mg NO₂⁻/l Tränkwasser genutzt werden, während für Kälber (bis 10. Lebenswoche) Gehalte von 200 mg NO₃⁻/l bzw. 30 mg NO₂⁻/l als sicher gelten können.

Die für Kälber abgeleiteten Werte können nach Untersuchungen von Carew et al. (1992) auch bei Broilern sowie nach Arbeiten von Bouwkamp und Counotte (1988) sowie Seerley et al. (1965) auch für Schweine angewendet werden. Dabei werden von Geflügel und Schweinen auch noch höhere NO₃⁻- und NO₂⁻-Gehalte ohne klinisch erkennbare Störungen toleriert, wenngleich nach Aufnahme von Tränkwasser mit 200 mg NO₃⁻/l der Methämoglobingehalt im Blut von Schweinen leicht anstieg.

Es ist also festzuhalten, dass die in der Trinkwasser-VO genannten Grenzwerte nicht auf das Tränkwasser übertragen werden sollten und bei der Formulierung von Orientierungswerten Tierart und -alter berücksichtigt werden müssen.

Die Gehalte von Natrium, Kalium und Chlorid im Tränkwasser sind allgemein gering (jeweils < 250 mg/l), höhere Werte verdienen aber aus zweierlei Hinsicht Erwähnung: Zum Einen können höhere Gehalte in Folge einer Kontamination des betriebseigenen Wassers mit Exkrementen (Jauche/Gülle) auftreten, zum Anderen werden diese Elektrolyte in hohem Umfang absorbiert (> 90 %) und dann vorwiegend renal (mit höheren Harnmengen) ausgeschieden, so dass z.B. bei Geflügel die Exkremente- bzw. Einstreuqualität nachteilig beeinflusst wird. Vor diesem

Hintergrund erscheint es sinnvoll, für Tränkwasser, welches beim Geflügel zum Einsatz kommt, die in Tabelle 6 genannten Werte nicht wesentlich zu überschreiten (jeweils 250 mg/l). Bei einer Relation der Wasser- zur Futtermittelaufnahme von 2:1 würden - je kg Futter gerechnet - je 0,5 g Natrium, Kalium und Chlorid zusätzlich über das Tränkwasser aufgenommen. Demgegenüber können bei anderen Spezies auch Tränkwasser mit doppelt so hohen Konzentrationen (jeweils 500 mg/l) an den oben genannten Elektrolyten toleriert werden (s. Tabelle 6).

Höhere Fe-Gehalte im Tränkwasser verdienen aus zweierlei Gründen besondere Erwähnung: Zum Einen sind Ausfällungen von Eisen nicht selten Ursache von Funktionsstörungen (reduzierte Flussrate infolge einer Verengung von Sieben/Ventilen) in der Tränketeknik, zum Anderen

sind bei Fe-Konzentrationen von > 10 mg/l Risiken für die Schmackhaftigkeit des Wassers gegeben (Van Cuyck und Baeten, 1993). Schließlich werden höhere Fe-Gehalte im Tränkwasser auch als mögliche Ursache einer Komplexbildung von Arzneimitteln angesehen.

Der Literatur können tabellarische Übersichten zur Einschätzung von Gehalten an verschiedenen Schwermetallen und anderen Spurenelementen, aber auch einigen organischen Kontaminanten entnommen werden (Puls, 1994; NRC, 1998; 2005; Kamphues et al., 2004; GfE, 2006). Teilweise unterscheiden sich die Angaben erheblich, wobei sich aus den Publikationen oft keine zwingende Erklärung ergibt. Offensichtlich wurde bei der Herleitung der Werte im Hinblick auf die Gesamttoleranz die Aufnahme über die Futtermittel nicht immer ausreichend berücksichtigt.

Tabelle 5:

Ausgewählte Empfehlungen verschiedener Autoren für Orientierungswerte (tolerierbare Maximalwerte) für verschiedene Inhaltsstoffe von Tränkwasser für Rinder, Schweine und Geflügel (mg/l)

Element/ Verbindung	Rinder			Schweine					Geflügel
	HAPKE, 2000	NRC, 2001	Schwedische Empfehlungen (2006)	CCME, 2005	HAPKE, 2000	NRC, 1974	PULS, 1998	Schwedische Empfehlungen (2006)	Schwedische Empfehlungen (2006)
pH			6 - 9						6 - 8
Lösl. Salze, gesamt			< 3.000					< 3.000	1.000 - 1.500
Aluminium		0,5	< 5	5,0			< 5	< 5	
Arsen	0,05	0,05	< 0,2	0,025	0,05	0,2	< 0,05 - 0,2	< 0,5	< 0,01
Blei	0,4	0,015	< 0,1	0,1	0,2	0,1	< 0,05 - 0,1	< 0,1	< 0,05
Cadmium	0,02	0,005	0,05	0,08	0,02	0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005
Calcium				1.000			< 1.000	< 200	< 75
Chlorid			< 600						200 - 500
Chrom		0,1	< 1	0,05		1,0	< 0,1	< 1	< 0,05
Eisen							< 0,4	< 3	< 1
Fluor	1	2,0	< 2	2,0		2,0	< 1,2 - 2	< 1	< 1
Kupfer	2	1,0	< 0,5	5,0	6	0,5	< 0,5	< 5	< 0,5
Magnesium								< 400	< 200
Mangan		0,05							< 0,1
Nitrat	180	< 44	< 221 ¹⁾		180			< 88,5 ¹⁾	< 66,4 ¹⁾
Nitrit			< 3,3 ²⁾					< 9,9 ²⁾	
Quecksilber	0,002	0,01	< 0,01	0,003	0,002		< 0,003 - 0,01	< 0,003	< 0,001
Selen		0,05	< 0,05	0,05			< 0,01 - 0,05	< 0,02	< 0,01
Sulfat		< 500 (Kälber) < 1.000 (Rinder)	< 500 (Kälber) < 1.000 (Rinder)	1.000		< 500	< 1.000	< 200	
Thallium	0,04				0,04				
Uran				0,2			< 0,2		
Vanadium		0,1	< 0,1	0,1		0,1	< 0,1	< 0,1	
Zink	20	5,0	< 25	50		25	5 - 25	< 25	< 5

¹⁾ Originalangabe: Nitrat-N (1 g Nitrat enthält 226 mg Nitrat-N) ²⁾ Originalangabe: Nitrit-N (1 g Nitrit enthält 304 mg Nitrit-N)

In Tabelle 5 sind einige Orientierungswerte aus verschiedenen Literaturquellen zusammengefasst.

In Tabelle 6 werden unter Berücksichtigung von Lebens- und Futtermittelsicherheit sowie der Angaben in Tabelle 5 Empfehlungen für Orientierungswerte zur Bewertung der physiko-chemischen und chemischen Tränkwasserqualität gegeben.

Bei der Ableitung dieser Orientierungswerte wurde u.a.

davon ausgegangen, dass weniger als 10 % der für die einzelnen Substanzen in der EU für die Fütterung zugelassenen Höchstmengen aus dem Tränkwasser stammen dürfen (≈ 3 l Wasseraufnahme je kg Futter-T). Falls die bei diesem Ansatz resultierenden Werte geringer waren als der Grenzwert für Trinkwasser entsprechend der Trinkwasser-VO, wurde der Trinkwasserwert unterstellt (Tabelle 6). Durch ergänzende Bemerkungen und Fußnoten werden

Tabelle 6:

Empfehlungen für Orientierungswerte zur Bewertung der chemischen und physiko-chemischen Tränkwasserqualität (eingespeistes und im Verteilersystem befindliches Tränkwasser) im Sinne der Futter- und Lebensmittelsicherheit

Parameter	Einheit	Orientierungswert für die Eignung von Tränkwasser	Bemerkungen (mögliche Störungen)	Grenzwert für Trinkwasser nach Trinkwasser-VO
Physiko-chemische Parameter				
pH-Wert ¹⁾		> 5, < 9	Korrosionen im Leitungssystem	6,5 - 9,5
Elektrische Leitfähigkeit	$\mu\text{S/cm}$	< 3.000	evtl. Durchfälle bei höheren Werten, Schmackhaftigkeit	2.500
Lösliche Salze, gesamt	(g/l)	< 2,5		
Oxidierbarkeit ²⁾	(mg O ₂ /l)	< 15	Maß für Belastung mit oxidierbaren Stoffen	5
Chemische Parameter				
Ammonium (NH ₄ ⁺)	(mg/l)	< 3	Hinweis auf Verunreinigung	0,5
Arsen (As)	(mg/l)	< 0,05	Gesundheitsstörungen, Minderleistung	0,01
Blei (Pb)	(mg/l)	< 0,1	} Vermeidung von Rückständen	0,01
Cadmium (Cd)	(mg/l)	< 0,02		0,005
Calcium (Ca) ³⁾	(mg/l)	500	Funktionsstörungen, Kalkablagerungen in Rohren und Ventilen	kein Grenzwert vorhanden
Chlorid (Cl ⁻)	(mg/l)	< 250 ^{a)} < 500 ^{b)}	Feuchte Exkrememente ^{a)}	250
Eisen (Fe) ³⁾	(mg/l)	< 3	Antagonist zu anderen Spurenelementen, Eisenablagerung in Rohren, Biofilmbildung, Geschmacksbeeinflussung	0,2
Fluor (F)	(mg/l)	< 1,5	Störungen an Zähnen und Knochen	1,5
Kalium (K)	(mg/l)	< 250 ^{a)} < 500 ^{b)}	Feuchte Exkrememente ^{a)}	kein Grenzwert vorhanden
Kupfer (Cu) ⁴⁾	(mg/l)	< 2	Gesamtaufnahme bei Schafen und Kälbern berücksichtigen	2
Mangan (Mn)	(mg/l)	< 4	Ausfällungen im Verteilersystem, Biofilme möglich	0,05
Natrium (Na)	(mg/l)	< 250 ^{a)} < 500 ^{b)}	Feuchte Exkrememente ^{a)}	200
Nitrat (NO ₃ ⁻)	(mg/l)	< 300 ^{c)} < 200 ^{d)}	} Risiken für Methämoglobinbildung, Gesamtaufnahme berücksichtigen	50
Nitrit (NO ₂ ⁻)	(mg/l)	< 30		0,5
Quecksilber (Hg)	(mg/l)	< 0,003	Allgemeine Störungen	0,001
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	(mg/l)	< 500	Laxierender Effekt	240
Zink (Zn) ⁵⁾	(mg/l)	< 5	Schleimhautalteration	kein Grenzwert vorhanden

a) Geflügel b) sonstige Tierarten c) ruminierende Wiederkäuer d) Kälber und andere Tierarten

¹⁾ pH < 5: sauer und möglicherweise korrosiv wirkend, Zusatz organischer Säuren kann pH-Wert senken.

²⁾ Maß für organische Substanzen im Wasser (< 5 mg/l für eingespeistes Wasser) ³⁾ Zusetzung von Leitungen und Nippeltränken

⁴⁾ Orientierungswert problematisch für Schafe sowie Kälbern mit Milchaustauscher (Cu-arme MAT verwenden)

⁵⁾ Orientierungswert nur bei Herstellung von MAT-Tränke

Erläuterungen zu den vorgeschlagenen Orientierungswerten gegeben. Orientierungswerte für weitere Elemente sind nach gegenwärtig vorliegenden Daten nicht relevant.

Auf die Angabe von Orientierungswerten für organische unerwünschte Inhaltsstoffe, wie z.B. Pflanzenschutzmittel, chlorierte Kohlenwasserstoffe u.ä. wird verzichtet, da entsprechende Dosis-Wirkungsstudien an landwirtschaftlichen Nutztieren nicht vorliegen bzw. der Beitrag über das Tränkwasser im allgemeinen begrenzt ist. Hier gibt es noch Forschungs- und Klärungsbedarf.

Pflanzenschutzmittelrückstände sind in der Trinkwasser-VO aus Vorsorgegründen sowohl über einen Grenzwert für Einzelsubstanzen als auch über einen Summenwert streng geregelt. Durch eine entsprechende Zulassungspraxis und Anwendungsregelung soll der Eintrag weiter begrenzt werden. Beim Auftreten von Pflanzenschutzmitteln im Tränkwasser sollte die Verwendungsfähigkeit abgewogen werden und nach Quellen des Eintrages gesucht werden sowie Maßnahmen zur Minderung der Belastung ergriffen werden (Akkan et al., 2003). Diese Feststellung trifft auch auf perfluorierte Tenside (PFT) zu, über deren Auftreten im Wasser gelegentlich berichtet wird (Stahl et al., 2007).

Chlorierte Kohlenwasserstoffe, wie Dioxine und Furane kommen aufgrund ihrer geringen Wasserlöslichkeit im Allgemeinen nur in geringen Konzentrationen im Wasser vor und sind dort in der Regel in Sedimenten oder anderen partikulären Bestandteilen gebunden (EPA, 2006).

7 Beprobung des Wassers zur Beurteilung der Wasserqualität

Von erheblicher Bedeutung für die Entnahme von Tränkwasserproben ist die Frage nach dem Ziel der Untersuchung. Für die Einschätzung der Eignung als Tränkwasser ist eine Beprobung des eingespeisten Wassers (Hauptzuleitung in das Versorgungssystem) die erste und wichtigste Lokalisation, aber auch eine Probenentnahme aus dem im System befindlichen Wasser ist bei dieser Zielsetzung möglich, wengleich hierbei zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse schon durch das Versorgungssystem selbst beeinflusst sein können (Kontamination mit biotischen - Biofilm - und abiotischen Stoffen wie z.B. Kupfer). Geht es allerdings um die Frage nach der Qualität des Tränkwassers zum Zeitpunkt der eigentlichen Aufnahme durch das Tier (so z.B. wenn bestimmte Störungen wie eine ungenügende Wasseraufnahme beobachtet werden), so ist die Entnahme einer Probe zu empfehlen, die weitestgehend die Wasseraufnahme der Tiere simuliert (also Entnahme aus dem Tränkebecken bzw. erste Wassermengen bei Betätigung der Selbsttränken). Selbstverständlich sind bei der Entnahme von Proben des Tränkwassers sekundäre Kontaminationen (z.B. durch das Probengefäß) bzw. eine stärkere Vermehrung von möglicherweise vorhandenen Mikroor-

ganismen (Zeit und sonstige Einflüsse bis zur Diagnostik) zu vermeiden, da hierdurch erhebliche Fehleinschätzungen mit teils gravierenden Folgekosten (s. Notwendigkeit einer Wasserbehandlung) bedingt sein können (s. Hartung, 2000).

Um einen ersten Überblick über die in üblichem Tränkwasser vorhandenen Inhaltsstoffe zu erlangen, sind in Tabelle 7 entsprechende Werte zur Wasserqualität aufgeführt, wie sie bei Versorgung über das kommunale System bzw. bei betriebseigener Wasserversorgung in Norddeutschland ermittelt wurden.

Hiernach haben Tränkwasser in der untersuchten Region (Norddeutschland) aus der betriebseigenen Versorgung häufiger niedrigere pH-Werte, höhere NO_3^- - und SO_4^{2-} -Gehalte als Wasser aus dem kommunalen Netz. Noch häufiger wurden Überschreitungen der Fe- und Mn-Grenzwerte für Trinkwasser beobachtet, was sich im Wesentlichen mit der Grundwasserqualität in Regionen mit Ortstein-Böden erklärt. Andererseits war nur im Einzelfall einmal ein höherer Na- oder K-Gehalt (Indikatoren für einen Eintrag von Exkrementen bzw. Harn) im Tränkwasser festzustellen.

Besondere Aspekte sind zu berücksichtigen, wenn die Eignung eines Wassers als Tränkwasser für weidende Tiere geprüft werden soll. Handelt es sich hierbei um Grundwasser, das aus Brunnen (seltener) oder Bohrungen (häufiger) über Weidepumpen (betätigt durch das Vieh) gefördert wird, so ist das Vorgehen bei der Probenentnahme praktisch vergleichbar dem, das auch auf dem Betrieb selbst praktiziert wird. Stammt das Wasser jedoch aus Fließgewässern oder stehendem Wasser (Teiche, Seen), so ist größte Vorsicht geboten, insbesondere wegen der hier möglichen Einträge und ihrer Variation (jahreszeitlich, emittentenabhängig, Verunreinigung mit Schwebstoffen). Insbesondere über vorberechtliche Erhebungen ist zu klären, ob überhaupt und unter welchen Bedingungen eine Nutzung als Tränkwasser zu verantworten ist. Fließgewässer (z.B. Vorfluter), in die beispielsweise auch geklärte Abwässer aus Kläranlagen eingeleitet wurden/werden, oder die bekanntermaßen in der Vergangenheit wegen höherer Blei- oder Dioxin-Gehalte auffällig wurden, sind als Tränkwasserherkunft mehr als kritisch zu werten. Unter diesen Bedingungen erlaubt eine „übliche Tränkwasseruntersuchung“ (z.B. auf die Parameter, die hier im Orientierungsrahmen angegeben sind) ohnehin keine Beantwortung der Frage nach der Eignung. Andererseits hat sich die Wasserqualität von Flüssen und Seen in den letzten Jahren ganz erheblich verbessert, so dass ihre Nutzung auch nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden muss. Hier bedarf es also generell einer sehr kritischen Prüfung des Einzelfalles, wobei letztlich der Tierhalter die Verantwortung für seine Entscheidung trägt, d.h. nachweisen muss, ob hier eine „Eignung“ gegeben ist.

Tabelle 7:

Parameter der Wasserqualität (Inhaltsstoffe in mg/l) auf Betrieben mit einer Versorgung aus dem kommunalen Netz bzw. aus betriebseigener Versorgung in Norddeutschland (SCHULZE-HORSEL, 1998)

	Proben aus						Häufigkeit der Proben (%), die die Grenzwerte der Trinkwasser-VO überschritten
	kommunaler Wasserversorgung			betriebseigener Wasserversorgung			
	(n = 21) ¹⁾			(n = 48) ¹⁾			
	Ø	Min.	Max.	Ø	Min.	Max.	
pH	7,56 ± 0,33	6,88	8,12	7,06 ± 1,03	4,23	8,5	-
NO ₃ ⁻	3,57 ± 7,58	0	25	69,8 ± 114	0	500	20,3
SO ₄ ²⁻	42,9 ± 105	0	300	108 ± 171	0	600	8,7
Ca	54,8 ± 23,8	13,4	108	68 ± 35,9	14,9	151	-
Cl ⁻	32,9 ± 7,65	20,8	53,3	51,6 ± 32,7	10,7	223	-
Na	13,9 ± 5,09	7,21	29,2	27 ± 37,6	7,59	268	1,4
Mg	5,27 ± 3,15	0,48	16,15	8,5 ± 3,77	2,83	17	-
K	1,72 ± 1,11	0,96	6,27	11,4 ± 15,7	0,47	64	1,4
P	1,44 ± 0,95	0,24	4,46	1,75 ± 1,2	0,28	5,48	-
Zn	0,16 ± 0,33	0,01	1,54	0,46 ± 1,39	0	7,1	-
Cu	0,07 ± 0,19	0	0,9	0,04 ± 0,09	0	0,49	-
Fe	0,07 ± 0,07	0,02	0,34	2,47 ± 6,3	0	31,9	37,7
Mn	0,02	-	-	0,24 ± 0,39	0	1,76	36,2

¹⁾ Zahl der Betriebe

8 Wasserbedarf und Wasseraufnahme landwirtschaftlicher Nutztiere

Die Wasserversorgung von Tieren ist nicht nur unter dem Aspekt der Qualität des Tränkwassers zu sehen. Ausdrücklich wird unter den Allgemeinen Anforderungen der Tierschutz-Nutztierhaltungs-VO (vom 22. August 2006) auch die Wasserversorgung aufgeführt (§ 4 (1) *Wer Nutztiere hält, hat [...] sicherzustellen, dass [...] 4. alle Tiere entsprechend ihrem Bedarf mit Futter und Wasser in ausreichender Menge und Qualität versorgt sind [...].*). Vor diesem Hintergrund ist es also sinnvoll, auch Fragen der Wasseraufnahme und diesbezügliche Einflüsse näher zu behandeln.

Im Unterschied zu anderen essentiellen Nährstoffen, deren Bedarf aus entsprechenden Studien faktoriell oder aus Dosis-Wirkungs-Versuchen abgeleitet wurde, dürfen die nachfolgend genannten Werte zur Wasseraufnahme nicht als Bedarfswerte im klassischen Sinn verstanden werden. Vielmehr handelt es sich hierbei um quantitative Angaben zur spontanen Wasseraufnahme von Tieren unter den gegebenen Umweltbedingungen (Haltung, Fütterung, Leistung), wobei nicht selten erhebliche individuelle Unterschiede und Einflussfaktoren zu verzeichnen sind. Neben dem Tränkwasser stellen der Wassergehalt der Futtermittel (zwischen 10 und über 90 % der Futtermittel bestehen aus Wasser) und das im Ergebnis der Stoffwechselprozesse an-

fallende Oxidationswasser („Stoffwechselwasser“; z.B. bei der Energiegewinnung aus Fett fallen je kg Fett etwa 1,2 l Oxidationswasser an) weitere Wasserquellen dar.

Die Wasserabgabe der Tiere erfolgt im Wesentlichen über Kot, Harn, Schweiß und Atemluft, über Milch und Eier bei laktierenden und legenden Tieren sowie über das Neugeborene und die entsprechenden Nebenprodukte bei Säugern. Es ist fraglich, ob die individuell unterschiedlich hohe Wasseraufnahme Ausdruck eines tatsächlich unterschiedlich hohen Bedarfs oder eines individuell differierenden Verhaltensrepertoires ist. Nicht selten ist eine unüblich hohe Wasseraufnahme als Ersatzhandlung zu interpretieren (z.B. bei tragenden Sauen in einstreuloser Haltung bei ausschließlichem Kraftfutterangebot), deren Auftreten (Frequenz und Intensität) bei Änderung der Umweltbedingungen (Haltung, Futterzusammensetzung) auch deutlich gemindert wird (Robert et al., 1993). Während in früheren Jahren bei einer vergleichenden Darstellung dieser Thematik allgemein mit absoluten Angaben (l bzw. ml je Tier und Tag) gearbeitet wurde, nutzt man heute eher die Relation von Wasser- zur Trockensubstanz-Aufnahme.

Derartige Angaben (s. Tabelle 8) haben den Vorteil, dass sie die Abhängigkeit des Wasserkonsums von der Trockensubstanz-Aufnahme erkennen lassen, so dass die innerhalb einer Tierart in Abhängigkeit von Körpermasse und Leistung variierende Futteraufnahme in ihrem Einfluss auf den Wasserkonsum indirekt immer mit berücksichtigt wird. Wie

aus den Werten in Tabelle 8 erkennbar ist, bestehen teils erhebliche Unterschiede zwischen den Spezies. Ursache dieser Speziesunterschiede sind insbesondere die tierartlich unterschiedlich effizienten Spar- und Regulationsmechanismen im Wasserhaushalt, vor allem in der Fähigkeit zur Harnkonzentrierung.

Tabelle 8:

Trockensubstanz- und Tränkwasseraufnahme (in Relation zur T-Aufnahme) bei verschiedenen Nutztieren (modifiziert nach KAMPHUES et al., 2004)

Spezies (Kategorie)	T-Aufnahme ¹⁾ (% der Körpermasse)	Wasser : Futter-Relation (1 Wasser/kg T-Aufnahme)	besondere Hinweise zu Einflussfaktoren ²⁾
Pferd	2 bis 3,5	2 bis 4	Schweißbildung/ körperliche Arbeit
Rind			
- Milchkuh	2 bis 4	4	Milchmenge
- Mastrind/ Jungrind	2	3	
Schaf			
- Mutterschaf	2 bis 3	3 bis 4	
- Mastlämmer	4	2 bis 2,5	
Ziege (Milch)	2,5 bis 6	3,5 bis 4	Milchmenge
Schwein			
- Mastschweine	5 bis 3	3	
- Sauen	2 bis 3	3 (bis 4)	Milchmenge
Legehennen	6	2 (bis 5)	Temperatur als besonders wichtige Variationsursache
Masthähnchen	13,5 → 7	2 (bis 5)	
Mastputen	10 → 3	2 (bis 5)	
Mastenten (Peking)	12,5 → 7	3,5 (bis 5)	

¹⁾ hohe Werte bei hoher Leistung bzw. bei den Jungtieren

²⁾ generell ist die Umgebungstemperatur von Bedeutung, s. 8.1.

Die Abhängigkeit des Wasserkonsums von der Trockenmasseaufnahme (vgl. a. Langhans et al., 1985; Leucht et al., 1991; Mount et al., 1971) ist dabei nicht nur rein mengenmäßig zu sehen, sondern auch in einem zeitlichen Zusammenhang, so dass allgemein mit einer zeitlichen Verzögerung zur Futtermittelaufnahme auch eine forcierte Wasseraufnahme zu beobachten ist (Schulze-Horsel, 1998). Diese Abhängigkeit wird verständlich, wenn man an die für Speichelproduktion und Sekretion in das Darmlumen benötigten Flüssigkeitsmengen denkt. Dieser Zusammenhang verdient - was die Tränktechnik betrifft - immer dann größte Beachtung, wenn Tiere in geringer Frequenz (1 bis 2 Mahlzeiten je Tag) gefüttert werden, so dass - insbesondere bei Angebot von Trockenfutter - die Tiere kurze Zeit nach der Fütterung auch einen entsprechenden Konsum an Wasser zeigen.

8.1 Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf und die Wasseraufnahme

Wie bereits erwähnt, ist die Wasseraufnahme von Tieren von sehr vielen Faktoren abhängig, die prinzipiell - wenn auch in tierartlich unterschiedlichem Maße - bei allen Spezies gelten (Kamphues et al., 2000, Tabelle 9).

Tabelle 9:

Einflüsse auf die Wasseraufnahme von Nutztieren (auch unabhängig von der Futtermenge wirksam) nach KAMPHUES (2000)

Einflussfaktor	Bedeutung/Erläuterung
- Umgebungstemperatur	Differenz zur Thermoneutralität bestimmt den Aufwand für die Thermoregulation (Wasserdampfabgabe über Atmung bzw. Schweiß)
- körperliche Anstrengung/ Arbeit	Wärmeentstehung im Tier (Schweiß)
- Wassergehalt im Produkt	Ansatz, Milch und Ei
- Futterzusammensetzung	
- Gehalte an harnpflichtigen Stoffen	Proteingehalt/Elektrolytgehalt s. Ernährung über Milch bei Neugeborenen
- Trockensubstanz-Gehalt und Struktur des Futters	
- Wasserverfügbarkeit	u.a. Faktor Zeit/Kontinuität ¹⁾
- Wasserqualität	sensorische Qualität
- Erkrankungen	faecale Wasserverluste (Durchfall), renale Wasserabgabe/ Harnkonzentrierung

¹⁾ Wasserfreigabe an der Tränke kann erheblich variieren, insbesondere in Abhängigkeit vom Druck im Leitungssystem (Druckabfall bei gleichzeitiger Betätigung vieler Tränken)

Unter den in Tabelle 9 aufgeführten Einflussgrößen kommt dem Faktor Umgebungstemperatur - unter der Voraussetzung einer „üblichen“ Futterzusammensetzung - primäre Bedeutung zu, insbesondere wegen der Funktion des Wassers im Rahmen der Thermoregulation. Tabelle 10 zeigt beispielhaft den Temperatureinfluss auf die Wasseraufnahme und -ausscheidung bei Legehennen.

Über die Ausatmung von Wasser bzw. die Produktion von Schweiß gehen dem Körper entsprechende Wassermengen verloren (gekoppelt mit der Wärmeabfuhr). Insbesondere bei Spezies, die nicht über die Fähigkeit zur forcierten Schweißbildung verfügen, steigt bei zunehmender Umgebungstemperatur die Wasserabgabe über den Atmungsstrakt an (Vogt, 1963; Mount et al., 1971; Leeson et al., 1976; Meyer und Zentek, 1998; Brooks und Carpenter, 1993; Nienhaber und Hahn, 1984). Unter den Bedingungen einer infolge hoher Umgebungstemperaturen forcierten Wasseraufnahme steigt aber nicht nur die Wasserabgabe über den Respirationstrakt, sondern auch die Wasserabgabe über den Harn bzw. die Exkrememente mit entsprechenden

Konsequenzen für die Einstreuqualität. Als weiterer Einflussfaktor auf die Wasseraufnahme ist die Futterzusammensetzung zu nennen. Mit steigender Aufnahme an Nährstoffen, deren Überschuss im Wesentlichen renal eliminiert werden muss (z.B. Na, K), kommt es allgemein auch zu einer forcierten Wasseraufnahme. Größte Relevanz für die Fütterungspraxis haben hier die Elektrolyt- und Proteinaufnahmen (Brooks und Carpenter, 1993; Pfeiffer und Henkel, 1991; Leeson et al., 1976, Mroz et al., 1995; Meyer, 1995; Zentek et al., 1996 u. v. a.). Enthält das Futter (z.B. Milchaustauscher bei Kälbern, Kamphues et al., 1999) oder auch Wasser höhere Sulfatgehalte (Paterson et al., 1979), kommt es zu einer höheren Wasseraufnahme als Reaktion auf die forcierte faecale Wasserabgabe (osmotische Effekte).

Tabelle 10:

Variation der Wasser : Futter-Relation sowie Wasseraufnahme von Legehennen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (VOGT 1963)

Umgebungstemperatur °C	Wasser : Futter- Relation	absolute Wasser- aufnahme ml	Anteil der Wasserabgabe ¹⁾ über die Atmung (%)
- 7	1,5	190	22
+ 4	1,7	216	35
+ 12,5	1,9	241	35
+ 16	2,0	254	35
+ 27	2,5	318	42
+ 38	5,0	635	55

¹⁾ in % der Gesamtwasseraufnahme

Ist die Wasserbilanz durch eine größere Abgabe von Wasser über die Produkte des Tieres beeinflusst, so sind prinzipiell zwei Situationen zu unterscheiden. Bei laktierenden Tieren steigt infolge des höheren Energiebedarfs auch die Futtermenge, so dass die Wasser:Futter-Relation nicht wesentlich verändert wird. Kommt es jedoch bei Pferden zu einer forcierten Schweißbildung, so sind die über die Schweißbildung entstehenden Wasserverluste (s. Meyer, 1995) häufig um ein Vielfaches höher als die aufgrund der höheren Futtermenge erfolgende forcierte Wasseraufnahme. Der Vollständigkeit halber seien auch Erkrankungen als ganz wesentliche bedarfsmodulierende Einflussfaktoren genannt, da bei entsprechenden Erkrankungen wie Enteritiden oder Nephritiden, die Wasserabgabe über Kot bzw. Harn so weit ansteigen kann, dass es zur Exsikkose (Austrocknung) kommen kann.

8.2 Schätzgleichungen zur Vorhersage der Wasseraufnahme

In neueren Untersuchungen haben Meyer et al. (2004, 2006) den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Wasseraufnahme bei Milchkühen und Mastrindern unter deutschen Fütterungs- und Haltungsbedingungen analysiert. Basis für die Kalkulationen waren 12.821 Messwerte bei Milchkühen und 17.772 Messwerte bei Mastrindern. Bei einer mittleren Milchleistung von 31,1 l/Tag betrug die durchschnittliche Wasseraufnahme 81,5 l je Kuh und Tag. Für diese Bedingungen wurde folgende Schätzgleichung für die Höhe der Wasseraufnahme (l/Tag) von laktierenden Milchkühen errechnet:

$$-26,12 + 1,516 \times \text{mittlere Umgebungstemperatur (}^\circ\text{C)} + 1,299 \times \text{Milchmenge (kg/Tag)} + 0,058 \times \text{Lebendmasse (kg)} + 0,406 \times \text{Na-Aufnahme (g/Tag)}$$

Weitere Variable, wie die Höhe der Futteraufnahme, die Kalium-Aufnahme, die Laktationsnummer, die relative Luftfeuchte, der Laktationstag, der Grundfutteranteil der Ration sowie Trockensubstanz-Gehalt der Ration und Trockensubstanz-Aufnahme der Kühe wurden nicht in die Schätzgleichung aufgenommen, da sie zu keiner nennenswerten Erhöhung der Schätzgenauigkeit führten (Meyer et al., 2004). Das negative Intercept der Gleichung resultiert aus dem verwendeten mathematischen Modell.

Im Lebendmasseabschnitt von 193 bis 550 kg betrug die Wasseraufnahme wachsender Jungbullen bei mittleren Tageszunahmen von ~ 1.300 g/Tier 18 l/Tier und Tag. Folgende Schätzgleichung für die Höhe der Wasseraufnahme (l/Tier und Tag) wurde ermittelt:

$$-3,85 + 0,507 \times \text{mittlere Umgebungstemperatur (}^\circ\text{C)} + 1,494 \times \text{Trockensubstanz-Aufnahme (kg/Tag)} - 0,141 \times \text{Raufutteranteil in der Ration (\%)} + 0,248 \times \text{Trockensubstanz-Gehalt des Raufutters (\%)} + 0,014 \times \text{Lebendmasse (kg)}$$

Wie bei den Milchkühen führte die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren zu keiner weiteren Verbesserung der Schätzgenauigkeit (Meyer et al., 2006).

In Tabelle 11 sind Schätzgleichungen weiterer Autoren zur Vorhersage der Wasseraufnahme bei verschiedenen Tierarten/-kategorien in Abhängigkeit von mehreren Einflussfaktoren zusammengestellt. Auch bei diesen Schätzgleichungen für Milchkühe dominiert die Milchmenge, bei nicht laktierenden Tieren ist die Futteraufnahme eine wichtige Variable.

Tabelle 11:

Weitere Schätzgleichungen zur Vorhersage der Tränkwasseraufnahme bei verschiedenen Tierarten/-kategorien in Abhängigkeit von diversen Einflussfaktoren

Tierart/-kategorie	Schätzgleichung ($y = \text{Wasseraufnahme; l/Tag}$)	Autor
Laktierende Milchkühe	$y = 15,3 + 2,53 \times \text{Milchmenge (kg/Tag)} + 0,45 \times \text{Trockensubstanz-Gehalt der Ration (\%)} $	Castle und Thomas, 1975
	$y = 14,3 + 1,28 \times \text{Milchmenge (kg/Tag)} + 0,32 \times \text{Trockensubstanz-Gehalt der Ration (\%)} $	Dahlborn et al., 1998
	$y = 15,99 + 1,58 \times \text{Trockensubstanz-Aufnahme (kg/Tag)} + 0,90 \times \text{Milchmenge (kg/Tag)} + 0,05 \times \text{Na-Aufnahme (g/Tag)} + 1,20 \times \text{Minimaltemperatur (}^\circ\text{C)}$	Murphy et al., 1983
Trockenstehende Kühe	$y = -10,34 + 0,2296 \times \text{Trockensubstanz-Gehalt der Ration (\%)} + 2,212 \times \text{Trockensubstanz-Aufnahme (kg/Tag)} + 0,03944 \times \text{Rohproteingehalt der Ration (\% in T)}$	Holter und Urban, 1992
Laktierende Sauen (3. Laktationswoche)	$y \text{ in Relation zu Futteraufnahme} = 2,52 \times \text{Futteraufnahme (kg/d)} + 4,22$ $y \text{ in Relation zur Körpermasse (KM)} = 0,01 \times \text{KM (kg)} + 16,1$	Gill, 1989
Mastschweine	$y \text{ in Relation zu Futteraufnahme} = 2,13 \times \text{Futteraufnahme (kg/d)} + 1,57$ $y \text{ in Relation zur Körpermasse (KM)} = 0,076 \times \text{KM (kg)} + 1,96$	Schianon und Emmans, 2000
Ferkel	$y = 0,149 + 3,053 \times \text{Trockensubstanz-Aufnahme (kg/Tag)}$	Brooks et al., 1984
	$y = 0,788 + 2,23 \times \text{Trockensubstanz-Aufnahme (kg/d)} + 0,367 \times \text{kg Lebendmasse}$	Thulin und Brumm, 1991

9 Behandlung des Tränkwassers

Bei nicht befriedigender Qualität des Tränkwassers sind Maßnahmen zur Sicherung einer angemessenen Qualität angezeigt. Hier sind folgende Situationen zu unterscheiden:

- Behandlung zur Reduzierung nachteilig wirkender Inhaltsstoffe (z.B. Eisenentzug)
- Behandlung zur Reduktion des Keimgehaltes im „eingespeisten“ Wasser (z.B. Elimination höherer Gehalte an coliformen Keimen)
- Behandlung zur Stabilisierung des Hygienestatus im Leitungssystem (Vermeidung/Elimination von Biofilmen)
- Behandlung oder Zusätze zum Wasser, die auch noch im „sichtbaren Wasservorrat“ (z.B. in der Rinnentränke) eine Keimvermehrung verhindern bzw. hinauszögern.

Zur Verbesserung der hygienischen Qualität des „eingespeisten“ Wassers können physikalische und chemische Verfahren bzw. Kombinationen von beiden angewendet werden.

Bei den physikalischen Verfahren kommen die Filtration und die UV-Bestrahlung in Frage. Es gibt unterschiedliche Filtrationsmedien; wichtig sind die Rückspülbarkeit und die Konstruktionsmerkmale, die eine sekundäre Verkeimung verhindern. Am sichersten ist die Kombination der Filtration mit einer UV-Bestrahlung.

Die UV-Bestrahlung soll mit Brennern, die mit einer Wellenlänge von 240 bis 290 nm arbeiten, erfolgen. Das Wasser sollte keine Trübungen aufweisen oder in einer Anlage mit einer trübungsgesteuerten Dosierung behandelt werden. Es sollte unbedingt nur eine geprüfte Anlage verwenden

det werden, die Stärke der Strahlung sollte mindestens 400 J/m² betragen, bezogen auf die Wellenlänge von 254 nm (DgVW-Arbeitsblatt W 294).

Bei Anwendung chemischer Verfahren sollten ausschließlich die nach der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasser-VO von 2001 (5. Änderung, Stand: Juni 2006) zugelassenen Stoffe eingesetzt werden.

Zur Sicherung der mikrobiologischen Qualität des Wassers im System gibt es verschiedene Möglichkeiten. In den seltensten Fällen bleibt die mikrobiologische Qualität des Tränkwassers von der Situation, unter der es bereitgestellt wird, unter den technischen Bedingungen der Verteilung im Stall und bei dem grundsätzlichen Risiko des Keimeintrages durch die Tiere beim Trinken unbeeinträchtigt. In den Systemen bilden sich eventuell Biofilme aus; in den Tränken selbst kommt es nach Stoffeinträgen über Schmutz bei entsprechenden Umgebungstemperaturen, wie sie im Stall herrschen können, zu sekundären Keimvermehrungen. Hier können sowohl bauliche als auch organisatorische Maßnahmen sowie falls nicht anders möglich, auch eine chemische Konservierung (z.B. mit zugelassenen Futtermittelzusatzstoffen) greifen. Hinsichtlich der verschiedenen Tränketekniken bzw. Tränketypen ist davon auszugehen, dass die Qualität des in der Geflügel- und Schweinehaltung bereitgestellten Wassers bei Nippeltränken am besten erhalten bleibt. Beim Rind wirkt sich die Anbringungshöhe der Tränkebecken stark auf die Verschmutzung und damit auf den Keimgehalt aus. Die Tabelle 12 gibt eine Übersicht über die in unterschiedlichen Systemen zu erwartenden Keimgehalte in Abhängigkeit von Tränke-Systemen. Diese Daten wurden auch in neueren Untersuchungen prinzipiell bestätigt.

Grundsätzlich ist damit zu rechnen, dass die Keimgehalte im Tränkwasser mit wachsender Entfernung vom Einlauf des Wassers zunehmen, insbesondere wenn Tiere gehalten werden, die wenig Wasser aufnehmen (Guse, 1971). Um diesen Einflussfaktoren Rechnung zu tragen, sollten die in der Tabelle 13 zusammengestellten baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen beachtet werden.

Tabelle 12:
 Keimgehalte im Tränkwasser bei verschiedenen Tränkeformen (NAGEL, 1974)

Tierart	Art der Tränke	Koloniezahl KBE/ml	Anzahl coliformer Keime KBE/ml
Geflügel	Rinnentränke (Federventil)	1,3 x 10 ⁵ (1,4 x 10 ² - 5,1 x 10 ⁵)	6,3 x 10 ² (3 - 2,6 x 10 ³)
	Rinnentränke (Schwimmer- ventil)	4,9 x 10 ⁴ (3,1 x 10 ² - 3,3 x 10 ⁵)	6,6 x 10 ² (0 - 4,0 x 10 ³)
	Rundtränke	1,1 x 10 ⁶ (5,2 x 10 ⁴ - 5,6 x 10 ⁶)	3,4 x 10 ² (10 - 2,0 x 10 ³)
	Nippeltränke	2,1 x 10 ³ (1,8 x 10 ² - 1,0 x 10 ⁴)	6 (0 - 50)
Schwein	Tränkebecken	6,0 x 10 ⁵ (1,6 x 10 ³ - 4,2 x 10 ⁶)	2,8 x 10 ³ (10 - 1,6 x 10 ⁴)
	Zapfen	1,4 x 10 ⁴ (1,3 x 10 ² - 8,9 x 10 ⁴)	1,9 x 10 ² (0 - 1,0 x 10 ³)
	Nippel	93 (25 - 350)	0
Rind	Tränkebecken hoch (70 - 90 cm)	6,4 x 10 ³ (9,7 x 10 ² - 2,6 x 10 ⁴)	53 (0 - 500)
	Tränkebecken tief (20 - 40 cm)	2,3 x 10 ⁴ (1,5 x 10 ² - 2,2 x 10 ⁵)	2,6 x 10 ² (0 - 4 x 10 ³)

Tabelle 13:
 Bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherung der einwandfreien Tränkwasserqualität

	Bauliche Maßnahmen	Organisatorische Maßnahmen
Vorlauf- behälter und Leitungen	Metall statt Kunststoff; Stehendes Wasser im System vermeiden ¹⁾	Regelmäßig auf Ablagerungen kontrollieren; reinigen und desinfizieren; ggf: keimzahl- reduzierende Behandlung des Wassers vornehmen
Tränken	Nippel statt Tränkebecken; Restwasserarme Systeme verwenden; Anbringungshöhe Rind: 60 - 70 cm Schwein: 25 - 30 cm	Regelmäßig Funktion (Flussrate!) und Sauberkeit kontrollieren, im Bedarfsfall Reinigung und Desinfektion durchführen, Routinemäßig in Stalldesinfektion mit einbe- ziehen.

¹⁾ Besondere Gefährdung nach Zeiten ohne Wasserverbrauch

Sofern bei der Tränkwasserbehandlung nur Organismen oder Inhaltsstoffe entfernt werden, ergibt sich weder für das Tier noch für das von den Tieren gewonnene Lebensmittel eine Gefährdung. Anders stellt sich die Situation dar, wenn zur Behandlung des Tränkwassers Stoffe *zugesetzt* werden. Hier ist nur die Verwendung von nach der Trinkwasser-VO zugelassenen Stoffen und der futtermittelrechtlich zugelassenen Zusatzstoffe (z.B. organische Säuren) erlaubt. Bei diesen ist eine entsprechende Sicherheit in der Anwendung zu unterstellen (keine Rückstandsproblematik), wengleich hierbei zumindest kritisch zu prüfen bleibt, ob die beispielsweise zur Konservierung von Futtermitteln zugelassenen Additiva auch im Wasser ihre postulierte Wirkung haben. Die Wirksamkeit der Maßnahmen sollte regelmäßig überprüft werden. Sofern Desinfektionsmittel bei der Tränkwasserbehandlung Verwendung finden, ist eine entsprechende Zulassung nach der Biozid-Verordnung (2002) unerlässlich.

10 Schlussfolgerungen

Die Bereitstellung ausreichender Mengen des Futtermittels Wasser in geeigneter Qualität ist eine entscheidende Voraussetzung für die Gesundheit und Leistung Lebensmittel liefernder Tiere sowie für die Vermeidung eines etwaigen Transfers von Organismen und/oder Stoffen in die Lebensmittelkette. Folgende Schlussfolgerungen können abgeleitet werden:

- Tränkwasser sollte für die Tiere ständig verfügbar sein.
- Der Wasserbedarf je kg Trockensubstanz-Aufnahme variiert bei den verschiedenen Tierarten und -kategorien in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einflussfaktoren (z.B. Temperatur) zwischen 2 und 5 l.
- Insbesondere bei der Versorgung von Lebensmittel liefernden Tieren mit Tränkwasser, das nicht aus dem öffentlichen Netz stammt, wird eine intensive Kontrolle des Hygienestatus für erforderlich gehalten.
- Nach der Futtermittelhygiene-VO (seit 01.01.2006 anzuwenden) muss Tränkwasser so beschaffen sein, dass es für die betreffenden Tiere „geeignet“ ist.
- Kriterien für die Eignung des Tränkwassers sind Schmutzhaftigkeit, Verträglichkeit und Verwendbarkeit (anorganische und organische Inhaltsstoffe und Kontaminanten).
- Die Eignung des Tränkwassers sollte vorrangig auf der Ebene des eingespeisten bzw. im Versorgungssystem befindlichen Wassers überprüft werden, insbesondere im Hinblick auf Keimgehalte und chemische Qualität.
- Tränkwasser sollte auch noch zum Zeitpunkt der eigentlichen Aufnahme durch die Tiere eine geeignete Qualität aufweisen; dies ist durch entsprechende Konstruktion, Anbringung, regelmäßige Reinigung und Wartung der

- Tränkeeinrichtungen zu sichern.
- Erfolgt - aus welchen Gründen auch immer - eine Tränkwasserbehandlung mit einem Zusatz von Organismen oder Stoffen, so kommen hierfür nur zugelassene Produkte in Frage (entweder für Trinkwasser zugelassene Stoffe oder als Futtermittel-Zusatzstoffe zugelassen, bzw. als Desinfektionsmittel für den Lebens- und Futtermittelbereich nach der Biozid-VO (2002) zugelassene Stoffe).
 - Zur Beurteilung der gesundheitlichen Qualität des Tränkwassers sind ggf. weitere rechtliche Rahmenbedingungen zu beachten, z.B. Zoonose-Richtlinie bei Nachweis bestimmter Erreger oder die futtermittelrechtlichen Vorschriften über unerwünschte Stoffe (z.B. Anlage 5 der Futtermittel-VO).
 - In der weiteren Charakterisierung von Parametern der Tränkwasserqualität wird ein erheblicher Forschungsbedarf gesehen, und zwar sowohl den Status quo (insbesondere der Eigenversorger) betreffend als auch die Möglichkeiten (und Risiken) einer Tränkwasserbehandlung (z.B. Wirksamkeit, Rückstandsfragen).

Literatur:

- Akkan Z, Flaig H, Ballschmiter K (2003) Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel in der Umwelt : Emissionen, Immissionen und ihre human- und ökotoxikologische Bewertung. Schadstoffe und Umwelt 15
- Bekanntmachung der Neufassung der Futtermittelverordnung vom 7. März 2005 Bundesgesetzblatt : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 2005(15):522-523
- Birnbreier E, Hilliger HG (1993) Toleranzkonzentrationen für Nitrat und Nitrit im Tränkwasser von Rindern und Schafen. Übers Tierernähr 21:1-30
- Böhm R (2000) Mikrobielle Kontaminanten in Trink- und Tränkwasser. Dtsch Tierärztl Wschr 107:305-310
- Bouwkamp FT, Couwnotte GHM (1988) Effects of giving drinking water containing nitrate to store pigs and weaned piglets. Nutr Abstr Rev B 1988:5499
- Brooks PH, Carpenter JL (1993) The water requirements of growing-finishing pigs – theoretical and practical considerations. In: Cole DJA, Haresign W, Garnsworthy PC (eds) Recent developments in pig nutrition 2. Loughborough : Nottingham Univ Press, pp 179-200
- Brooks PH, Russel SJ, Carpenter JL (1984) Water intake of weaned piglets from three to seven weeks old. Vet Rec 115:513-515
- Carew LB, Ho C, Alster FA (1992) Nitrate and nitrite toxicity in growing chickens. In: World's Poultry Science Association / Dutch Branch (eds) Proceedings 19th World's Poultry Congress, Amsterdam 19-24 September 1992 : Vol. 2. Amsterdam : WPSA
- Castle ME, Thomas TP (1975) The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages. Anim Prod 20:181-189
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (2005) Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses, update October 2005
- Code of Practice on Good Animal Feeding, Codex Alimentarius Commission, CAC/RCP 54-2004
- Crump BC, Armbrust EV, Brauss JA (1999) Phylogenetic analysis of par-ticle - attached and free-living, bacterial communities in the Columbia River, its estuary and the adjacent coastal ocean. Appl Environ Microbiol 65:3192-3204
- Dahlborn K, Akerlind M, Gustafson G (1998) Water intake by dairy cows selected for high or low milk-fat percentage when fed two forage to concentrate ratios with hay or silage. Swedish J Agric Res 28:167-176
- Daughschies A (2000) Wasser als Vektor von parasitären Dauerstadien in der Tierhaltung. Dtsch Tierärztl Wschr 107:316-319
- DFG (2003) Globale Ressource Wasser, Wiley Verlag
- DVG (2006) UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung. Bonn, Wirtschafts- u. Verl.-Ges. Gas und Wasser GmbH, Arbeitsblatt W 294
- EPA (2006) Technical factsheet on dioxin (2,3,7,8 – TCDD) [online]. Zu finden in < <http://www.epa.gov/OGWDW/dwh/t-soc/dioxin.html> > [zitiert am 10.07.2007]
- Estes MK (1996) Rotavirus and their replication. In: Fields BN, Knipe DM, Howley PM (eds) Fields Virology. New York : Raven Press, pp 1625-1655
- EUROSTAT (2003) European Statistical System (ESS), Jahrbuch 2003
- Früchtenicht K (2000) Geogene und anthropogene Kontaminanten im Tränkwasser. Dtsch Tierärztl Wschr 107:329-331
- Futtermittelverordnung vom 7. März 2005, Bundesgesetzblatt : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 2005(15):522-523
- Geissler J (1969) Untersuchungen über Geschmacksempfindungen des Schweines. JB Tierern Fütterung 7:274-283
- GfE (2006) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen 2006. Frankfurt a M : DLG-Verl, Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere 10
- Gill BP (1989) Water use by pigs under various conditions of housing, feeding and nutrition. Plymouth : Plymouth Polytechnic
- Gözalan F (2004) Untersuchungen zum Vorkommen antibiotikaresistenter Isolate von Escherichia coli, Enterococcus faecalis und Staphylococcus aureus aus Kommunal- und Schlachthofabwasser. Hohenheim Univ
- Guse H (1971) Untersuchungen über die Trinkwasserqualität in Geflügelbeständen mit verschiedenen Tränkesystemen. Gießen : Univ
- Hapke HJ (2000) Einfluss des Tränkwassers auf die Tiergesundheit : toxikologisch bedingte Risiken. Dtsch Tierärztl Wschr 107:335-336
- Hartung J (2000) Vorgaben zur Kontrolle der Wasserversorgung in Tierhaltungsbetrieben. Dtsch Tierärztl Wschr 107:302-304
- Hartung J, Kamphues J (2000) Benötigen wir eine Tränkwasser-VO? : Empfehlungen zur Wasserversorgung von Nutz- und Liebhabertieren. Dtsch Tierärztl Wschr 107:343-345
- Holter JB, Urban WE (1992) Water partitioning and intake in dry and lactating Holstein cows. J Dairy Sci 75:1472-1479
- Leeson S, Summers JD, Moran ET (1976) Avian water metabolism – a review. Worlds Poult Sci J 32:185-195
- Kamphues J (2000) Zum Wasserbedarf von Nutz- und Liebhabertieren. Dtsch Tierärztl Wschr 107:297-302
- Kamphues J, Coenen M, Kienzle E, Pallauf J, Simon O, Zentek J (2004) Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. Alfeld-Hannover : Schaper
- Kamphues J, Schulz I (2002) Praxisrelevante Aspekte der Wasserversorgung von Nutz- und Liebhabertieren. Übers Tierernähr 30:65-107
- Kamphues J, Stolte M, Tchentscher A, Rust P (1999) Untersuchungen zu Sulfat-Gehalten in Milchaustauschern und Molkeprodukten sowie zur Bedeutung der Sulfat-Aufnahme für die Kotbeschaffenheit bei Kälbern. Dtsch Tierärztl Wschr 106:466-470
- Karanis P (2000) Parasitäre Zoonoseerreger im Trink-/Tränkwasser. Dtsch Tierärztl Wschr 107:311-315
- Langhans W, Rossi R, Scharrer E (1995) Relationship between feed and

- water intake in ruminants : digestion, metabolism, growth and reproduction. *Proc Soc Nutr Physiol* 3:199-216
- Leucht W, Mahlo U, Schönmath G (1991) Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Futtermittelverzehr und Wasseraufnahme bei Schafen. *Züchtungskunde* 63:328-332
- Maenz DD, Patience JF, Wolynetz MS (1994) The influence of the mineral level in drinking water and the thermal environment on the performance and intestinal fluid flux of newly weaned pigs. *J Anim Sci* 72:300-208
- Meyer H (1996) *Pferdefütterung*. Berlin : Blackwell-Wissenschafts-Verl
- Meyer H, Zentek J (1998) *Ernährung des Hundes : Grundlagen – Fütterung – Diätetik*. Berlin : Parey
- Meyer U, Everinghoff M, Gädeken D, Flachowsky G (2004) Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest Prod Sci* 90:117-121
- Meyer U, Stahl W, Flachowsky G (2006) Investigations on the water intake of growing bulls. *Livestock Sci* 103(1-2):186-191
- Mount LE, Holmes CW, Close WH, Morrison SR, Start IB (1971) A note on the consumption of water by the growing pig at several environmental temperatures and levels of feeding. *Anim Prod* 13:561-563
- Mroz Z, Jongbloed AW, van Diepen JTM, Vreman K, Kempe P, Jongbloed R, Lenis NP, Kogut K (1995) Short-term studies on excretory and physiological consequences of reducing drinking water and dietary protein to non-pregnant sows. *Nutr Abstr Rev* 1997:3692
- Murphy MR, Davis CL, McCoy GC (1983) Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J Dairy Sci* 66: 35-38
- Nagel R (1974) Untersuchungen über den Keimgehalt in Wasserversorgungsanlagen in Nutztierstallungen in Abhängigkeit von Tierart und Haltungsform. Hohenheim : Univ
- Nienaber JA, Hahn GL (1984) Effects of water flow restriction and environmental factors on performance of nurse-age pigs. *J Anim Sci* 59:1423-1429
- NRC (1974) Nutrient and toxic substances in water for livestock and poultry : a report of the Subcommittee on Nutrient and Toxic Elements in Water, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture and Renewable Resources, Commission on Natural Resources. National Research Council. Washington DC : Nat Acad of Sciences
- NRC (1998) Nutrient requirements for swine. Washington DC : Nat Acad Press
- NRC (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. Washington DC : Nat Acad Press
- NRC (2005) Mineral tolerance of animals. Washington DC : Nat Acad Press
- Paterson DW, Wahlstrom RC, Libal GW, Olson OE (1979) Effects of sulfate in water on swine reproduction and young pig performance. *J Anim Sci* 49: 664-667
- Pfeiffer A, Henkel H (1991) The effect of different dietary protein levels on water intake and water excretion of growing pigs. *EAAP Publ* 54:126-131
- Positivliste (2006) *Positivliste für Einzelfuttermittel (Futtermittel-Ausgangserzeugnisse)*. Berlin : Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Normenkommission für Einzelfuttermittel
- Puls R (1998) Mineral levels in animal health : diagnostic data. Clearbrook : Sherpa Int
- Reuss U, zur Horst B (1975) Mit Salmonellen kontaminierte Oberflächengewässer als potentielle Infektionsquellen für Weiderinder im nordwestdeutschen Küstengebiet. *Forum Umwelt Hyg* 26:285-290
- Richtlinie 2003/99/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2003 zur Überwachung von Zoonosen und Zoonoseerregern und zur Änderung der Entscheidung 90/424/EWG des Rates sowie zur Aufhebung der Richtlinie 92/117/EWG des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* : L, Rechtsvorschriften 2003 (L 235) :31-37
- Robert S, Matte JJ, Farmer C, Girard CL, Martineau GP (1993) High-fibre diets for sows : effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Appl Anim Behav Sci* 37:297-309
- Schulze-Horsel T (1998) *Feldstudie zur Wasserversorgung und Wasserqualität in Schweinebeständen Norddeutschlands*. Hannover : Tierärztliche Hochschule
- Schwedische Empfehlungen (2006) *Aus „Swedish Drinking Water Guidance Handbook“*, verteilt anlässlich EU-Meeting, 10.07.2006, Brüssel
- Seerley RW, Emerick RJ, Embry LB, Olson OE (1965) Effect of nitrate or nitrite administered continuously in drinking water for swine and sheep. *J Anim Sci* 24:1014-1019
- Schianon S, Emmans GC (2001) A model to predict water intake of a pig growing in a known environment on a known diet. *Brit J Nutr* 84:873-883
- Stahl T, Ackmann R, Georgli S, Wohlfarth R, Brunn H (2007) Perfluorierte Tenside - Verwendung, Vorkommen und Aufnahme mit Trinkwasser und Nahrung. *Ernährung* 1:27-35
- Steiger Burgos M, Senn M, Sutter F, Kreuzer M, Langhans W (2001) Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 280:R418-R427
- Stöber M, Scholz H (2002) Sulfid-, Sulfat-, Sulfit- und Schwefelvergiftung. In: Dirksen G, Gründer H-D, Stöber M (eds) *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Berlin : Parey
- Stöber M (2002) Vergiftung durch Algenblüte. In: Dirksen G, Gründer H-D, Stöber M (eds) *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Berlin Parey
- Thulin AJ, Brumm MC (1991) Water : the forgotten nutrient. In: Miller ER, Ullrey DE, Lewis AJ (eds) *Swine nutrition*. Boston : Butterworth-Heinemann, pp 315-339
- Van Cuyck JHM, Baeten P (1993) Extra waterverstrekking aan lacterende zeugen. *Proefverslag : 1 / Proefstation voor de Varkenshouderij <Rosmalen>* 98
- Vogt H (1963) Über den Wasserhaushalt der Legehennen. *Dt Geflügelwirtsch* 15:414-418
- WHO (1993) *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva : WHO
- Zentek J, Meyer H, Tau A, Adolph P (1996) Untersuchungen zur Ernährung des Meerschweinchens : IV. Wasseraufnahme, Harnmenge und Harnzusammensetzung. *Kleintier-Prax* 41:347-356
- Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit vom 28. Januar 2002. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* : Rechtsvorschriften 2002(L 31) vom 1.2.2002
- Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* : Rechtsvorschriften 2005(L 35) vom 8.2.2005
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001 (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) *Bundesgesetzblatt* : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 2001(24):959-969
- Verordnung über die Zulassung von Biozid-Produkten und sonstige chemikalienrechtliche Verfahren zu Biozid-Produkten und Biozid-Wirkstoffen (Biozid-Zulassungsverordnung – ChemBiozidZulV) vom 4. Juli 2002. *Bundesgesetzblatt* : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 2002(45):2514-2524

Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung– TierSchNutztV) vom 31. August 2006. Bundesgesetzblatt : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 2006(41):2043-2056