

## **TEXTE 06/2004**

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 299 72 104  
UBA-FB 000580

**Erfassung von Schwermetallströmen in  
landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben und  
Erarbeitung einer Konzeption zur Verringerung der  
Schwermetall-einträge durch Wirtschaftsdünger tierischer  
Herkunft in Agrarökosysteme**

### Zusammenfassung

Wirtschaftsdünger enthalten neben Haupt- und Spurenelementen auch Schwermetalle, wobei Kupfer und Zink sowohl der Gruppe der essentiellen Spurenelemente als auch den Schwermetallen zuzuordnen sind. Die Ausbringung von schwermetallhaltigen Wirtschaftsdüngern kann langfristig zu einer Anreicherung von Schwermetallen in landwirtschaftlich genutzten Böden führen.

Spurenelemente sind für die Aufrechterhaltung zahlreicher physiologischer Prozesse im tierischen Organismus erforderlich und müssen zur Gewährleistung einer optimalen Versorgung der Tiere in ausreichender Menge mit dem Futter aufgenommen werden. In einigen Fällen, z. B. in der Ferkelaufzucht, werden Spurenelemente auch über die Versorgungsempfehlungen hinaus supplementiert, um zusätzlich leistungssteigernde Effekte zu nutzen. Vom Tier nicht verwertete Spurenelemente werden fast vollständig über die Exkremente ausgeschieden. Neben den Futtermitteln und Futterzusätzen können Desinfektionsmittel, Einstreumaterialien, sowie Korrosion und Abrieb von Stalleinrichtungen oder Lagerbehältern, Baustoffe und Farben eine Rolle für den Eintrag von Schwermetallen in Wirtschaftsdünger spielen.

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens war es, die Schwermetallflüsse in Tierproduktionsbetrieben zu erfassen und daraus folgend Möglichkeiten zur Minderung des Schwermetalleintrags in Wirtschaftsdünger zu beschreiben und zu bewerten.

Für die Untersuchungen wurden beispielhaft 20 landwirtschaftliche Betriebe in unterschiedlichen Regionen der Bundesrepublik Deutschland ausgewählt. Es wurden Betriebe mit Milchviehhaltung, Bullenmast, Sauen- und Mastschweinehaltung sowie Geflügelhaltung einbezogen und unterschiedliche Haltungsvorfahren sowie Betriebsgrößen berücksichtigt. Ziel war es, ein möglichst breites Spektrum an konventionell wirtschaftenden Betrieben zu untersuchen, um einen Einblick in die Schwermetallströme in der Tierhaltung zu gewinnen.

Die Praxisuntersuchungen wurden vom Institut für Pflanzenernährung (IPE) der Universität Bonn, dem Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie der Universität Bayreuth sowie der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Oldenburg vorgenommen. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, war mit der Koordination des Gesamtvorhabens betraut.

Im Mittelpunkt der Betrachtungen standen sowohl die in der Tierernährung eingesetzten essentiellen Elemente Kupfer (Cu) und Zink (Zn) als auch die Elemente Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr) und Nickel (Ni). Diese Elemente sind bereits Gegenstand verschiedener rechtlicher Regelungen (Klärschlamm-, Bioabfall-, Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung).

Bezugssystem für die Bilanzierung war der Stall, nicht der gesamte Betrieb. Durch Quantifizierung der Schwermetalleinträge aus unterschiedlichen Quellen sollten deren Anteile am Gesamteintrag bestimmt werden. Bei der Bilanzierung wurden die Einträge an Schwermetallen über Futtermittel und sonstige Betriebsmittel den Austrägen über Wirtschaftsdünger und tierische Erzeugnisse gegenübergestellt und der Bilanzsaldo errechnet.

### **Gesamtbetrachtung**

#### **Eintrag von Schwermetallen**

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Futtermittel und Futterzusatzstoffe neben kupferhaltigen Desinfektionsmitteln (Klauenbäder) die wesentlichen Eintragsquellen für Schwermetalle in Wirtschaftsdünger sind. Trotz ihrer i. d. R. geringen Schwermetallgehalte stellten wirtschaftseigene Futtermittel in Futterbaubetrieben aufgrund ihrer großen Einsatzmasse den Haupteintragspfad für Schwermetalle (ausgenommen Kupfer) in Wirtschaftsdünger dar. Die zugekauften Ergänzungs- und Alleinfuttermittel enthielten oftmals höhere Schwermetallgehalte als wirtschaftseigene Futtermittel, was auf die Supplementierung dieser Futtermittel mit Spurenelementen zurückzuführen ist. Allerdings wiesen die ermittelten Konzentrationen an den Elementen Cadmium, Chrom, Nickel und Blei in den geprüften Mineralfuttermitteln auf Verunreinigungen der Rohstoffe mit diesen Metallen hin. So wurden neben den Spurenelementen Kupfer und Zink nennenswerte Einträge der untersuchten Metalle, insbesondere für Chrom, über Mineralfuttermittel bzw. mineralisierte Ergänzungs- oder Alleinfuttermittel festgestellt.

#### **Austrag von Schwermetallen**

Der Austrag von Schwermetallen erfolgt überwiegend mit den Wirtschaftsdüngern. Die Exkrementa aus der Rinderhaltung wiesen von allen angefallenen Wirtschaftsdüngern die geringsten Cu- und auch Zn-Gehalte auf. Die höchsten Cu-, Zn- und Ni-Konzentrationen wurden bei Schweinegülle, insbesondere Ferkelgülle festgestellt. Hohe Cr-Gehalte gegenüber den anderen Wirtschaftsdüngern zeigten sich bei Putenmist.

#### **Stallbilanz**

Die Bilanzierung auf Stallebene für unterschiedliche Tierhaltungsbetriebe hat ergeben, dass in der Rinder- und Schweinehaltung für die Elemente Chrom, Blei, Zink und in der Schweinehaltung zusätzlich für Nickel und Kupfer die erfassten Austräge oftmals höher sind als die Einträge, wobei die Ursachen nicht geklärt werden konnten. Neuere Untersuchungen zeigen, dass durch den Einsatz von mineralischen Einstreumitteln, Güllezusatzstoffen oder Trägermaterialien von Fütterungsarzneimitteln Elementfrachten in den Stall und somit in die Wirtschaftsdünger gelangen können, die z. T. Größenordnungen erreichen, welche mit dem Eintrag über Futtermittel vergleichbar sind.

### **Einzelne Tierarten**

#### **Milchviehhaltung**

Die acht untersuchten Milchviehbetriebe setzen neben wirtschaftseigenen Futtermitteln mit unterschiedlichem Anteil auch Zukauffuttermittel ein. Die wirtschaftseigenen Futtermittel trugen mit ca. 40 bis 75 % zum Eintrag der Elemente Cadmium, Chrom, Nickel, Blei und Zink in den Stall bei (Cd: 71 %, Cr: 49 %, Ni: 61 %, Pb: 76 %, Zn: 39 %). Für Kupfer lag der Anteil der wirtschaftseigenen Futtermittel bei lediglich 25 %. Dies begründet sich darin, dass das in fünf Betrieben verwendete Kupfervitriol (Klauenbad) mehr als 40 % des Cu-Eintrages ausmachte. Die Anteile des Schwermetalleintrages durch protein- und energiereiche Zukauffuttermittel betrugen für Cadmium, Chrom, Nickel und Blei 14 bis 37 %; für Kupfer wurden Anteile von 17 % und für Zink von 35 % ermittelt. Die Mineralfuttermittel wiesen für Kupfer und

Zink Anteile von 17 bzw. 21 % am Eintrag in den Stall auf; für die übrigen Elemente wurden Einträge von 1 bis 7 % festgestellt.

Bei Nichtberücksichtigung des Klauenbades würde der Anteil der wirtschaftseigenen Futtermittel 43 % am Cu-Eintrag in den Stall betragen; der Anteil der energie- und proteinhaltigen Zukauffuttermittel sowie der Mineralfuttermittel würde bei 28 bzw. 27 % liegen. Neben Einträgen über wirtschaftseigene Futtermittel verdeutlicht dies nochmals die Bedeutung der Zukauffuttermittel für den Cu- und Zn-Eintrag in den Stall (Cu: 56 %, Zn: 55 %).

Die Bilanz der mittleren Ein- und Austräge von Schwermetallen der acht im Projekt untersuchten Milchviehställe wies für die Elemente Chrom, Blei und Zink tendenziell höhere Austräge als Einträge aus. Dies deutet darauf hin, dass nicht alle Eintragspfade erfasst werden konnten.

### **Schweinehaltung**

Lediglich auf einem der fünf untersuchten Betriebe mit Schweinehaltung (Sauen, Ferkel, Mastschweine) wurde sowohl wirtschaftseigenes Futter als auch Zukauffuttermittel verwendet, die übrigen Betriebe setzten nur Zukauffuttermittel und hier in der Regel Alleinfuttermittel ein. Eine differenzierte Darstellung der fütterungsbedingten Eintragspfade in wirtschaftseigene und zugekaufte Futtermittel ist daher für die Schweinehaltung nicht möglich. Die Anteile der Zukauffuttermittel am Eintrag in den Stall betragen auf den Betrieben ohne wirtschaftseigene Futtermittel für alle untersuchten Elemente, ausgenommen Cadmium und Blei, mehr als 90 %. Für Cadmium und Blei ist der Eintrag über sonstige Betriebsmittel, insbesondere durch Stroheinstreu und Wasser zum Tränken, bedeutsam (Cd: 25 %, Pb: 31 %).

Ergebnisse für den o. g. schweinehaltenden Betrieb, der sowohl wirtschaftseigene als auch zugekaufte Futtermittel einsetzt, zeigen, dass ein Großteil der Cu- und Zn-Einträge über Mineralfuttermittel erfolgte; diese stellen auch für Chrom und in geringerem Ausmaß für Nickel einen wichtigen Eintragspfad dar.

Bei der Bilanzierung der Schwermetallströme für die fünf Betriebe mit Schweinehaltung wurden für alle Elemente, ausgenommen Cadmium, tendenziell größere Austräge gegenüber den Einträgen ermittelt.

### **Legehennenhaltung**

Für die Legehennenhaltung wurden zwei Betriebe untersucht, die zugekauft Alleinfutter einsetzten. Die Bilanzen zeigen für Chrom und Nickel tendenziell höhere Einträge als Austräge und für Zink höhere Austräge gegenüber den Einträgen. Die übrigen Elemente wiesen keine Unterschiede zwischen Ein- und Austrag auf.

### **Minderungsmöglichkeiten**

#### **Futtermittel**

Als effektivster Ansatzpunkt zur Minderung von Schwermetalleinträgen in Wirtschaftsdünger wird derzeit die Fütterung angesehen; diskutiert wird hierbei insbesondere eine Herabsetzung der Spurenelementgehalte Kupfer und Zink. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens haben die Bedeutung der Futtermittel für den Schwermetalleintrag in Wirtschaftsdünger bestätigt. Es zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede zwischen den Tierarten bzw. in Abhängigkeit von der Betriebsstruktur. Diese müssen bei der Beurteilung der diskutierten Minderungsmöglichkeiten berücksichtigt werden.

Da über die Supplementierung von Futtermitteln infolge von Verunreinigungen zugleich bedeutsame Einträge der Metalle Cadmium, Chrom, Nickel und Blei erfolgen, liegt hierin auch eine Möglichkeit zur Reduzierung des Elementeintrags.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Spurenelementkonzentrationen in Mischfuttermitteln für die Schweine- und auch für die Geflügelhaltung an den zulässigen Höchstwerten für Alleinfuttermittel (Tagesration) der Futtermittelverordnung (2000) orientieren. Durch eine Annäherung der Cu- und Zn-Dosierungen an die Versorgungsempfehlungen wissenschaftlicher Gesellschaften (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GFE; National Research Council, NRC) wären deutliche Reduzierungen der Gehalte an diesen Spurenelementen in Wirtschaftsdüngern dieser Tierarten realisierbar. Dem wurde in der im Juli 2003 von der Europäischen Kommission beschlossenen Verordnung zur Zulassung von Spurenelementen als Futterzusatzstoffe (EG 1334/2003) zumindest teilweise Rechnung getragen.

KTBL-Modellrechnungen haben für die Schweinehaltung das Minderungspotenzial einer reduzierten Spurenelementsupplementierung für Kupfer und Zink bestätigt. Eine Herabsetzung der in der Futtermittelverordnung festgelegten Höchstgehalte an Kupfer und Zink in Alleinfuttermitteln auf die in der o. g. EG-Verordnung verabschiedeten Werte würde im betrachteten Betrieb (Ferkelaufzucht und Mast) eine Reduzierung der fütterungsbedingten Einträge von 31 und 40 % für Kupfer bzw. Zink bewirken. Gleichzeitig verdeutlichen die Ergebnisse die Notwendigkeit, bei der Abschätzung des Potenzials einzelner Maßnahmen alle Eintragspfade einzubeziehen. Aufgrund der Bedeutung nicht-fütterungsbedingter Einträge bei den Metallen Cadmium, Chrom, Nickel und Blei ist eine Reduzierung der Einträge in Wirtschaftsdünger durch eine veränderte Fütterungspraxis nur in wesentlich geringerem Ausmaß möglich als für Kupfer und Zink.

In der Rinderhaltung werden vornehmlich wirtschaftseigene Futtermittel eingesetzt, daher hat der Eintrag von Schwermetallen in den Stall über zugekaufte Futtermittel gegenüber der Schweinehaltung eine vergleichsweise geringere Bedeutung. Dadurch sind aber gleichzeitig auch die Möglichkeiten zur Reduzierung von fütterungsbedingten Schwermetalleinträgen eingeschränkt. Vor dem Hintergrund der hohen Variabilität nativer Spurenelementgehalte in Futtermitteln und unterschiedlicher Bedarfsansprüche sind in der Rinderhaltung die leistungsangepasste Fütterung, die standortbezogene und vor allem auch die betriebsindividuelle Supplementierung von Spurenelementen zu optimieren.

Neben der Herabsetzung der Cu- und Zn-Höchstgehalte können, je nach Tierart, zusätzliche Maßnahmen, z. B. an die Fütterungssituation angepasste, zielgerichtete Auswahl von Spurenelementverbindungen (anorganisch/organisch) oder der Zusatz von Phytase, eine weitere Minderung ermöglichen.

### **Sonstige Minderungsmöglichkeiten**

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Schwermetalleinträge in Wirtschaftsdünger bieten elementreiche Betriebsmittel. So besteht in der Rinderhaltung ein bedeutsames Minderungspotenzial im Bereich der Klauendesinfektion. Hierfür sind gezielte Anwendungshinweise zu Einsatzmengen und -häufigkeit kupfer- und zinkhaltiger Klauenbäder, eine ordnungsgemäße Entsorgung der Restflüssigkeiten bzw. die Entwicklung von Alternativpräparaten notwendig.

### Ausblick

Bei der Diskussion um die Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern ist besonders zu berücksichtigen, dass je nach Betriebsstruktur ein mehr oder weniger großer Elementanteil über wirtschaftseigenes Futter und Stroh zur Einstreu im Betriebskreislauf gehalten wird. Der interne und vom Landwirt nicht direkt beeinflussbare Schwermetallfluss hat besondere Bedeutung auf Betrieben und in Produktionszweigen mit einem hohen Anteil wirtschaftseigener Futtermittel. Durch qualitativ hochwertiges Grundfutter kann der Schwermetalleintrag in den Betrieb über energie- und proteinhaltige Zukauffuttermittel vermindert werden. Bewertungsansätze und Minderungsstrategien müssen an bereits mit Spurenelementen supplementierten Zukauffuttermitteln und sonstigen elementreichen Betriebsmitteln, wie z. B. Kupfervitriol zur Klauendesinfektion, ansetzen.

Um die Schwermetalleinträge in tierhaltende Betriebe substanziell zu verringern, ist somit eine Gesamtkonzeption unter Einbeziehung aller Eintragspfade, auch derer, die nicht durch die landwirtschaftlichen Aktivitäten hervorgerufen werden, zwingend notwendig.

Die im vorliegenden Projekt gewonnenen Ergebnisse und daraus ableitbaren Zusammenhänge beruhen auf einem einmaligen Screening ausgewählter Betriebe und stellen somit eine erste Beschreibung des Ist-Zustandes dar. Die Projektergebnisse sind durch weitere systematische Untersuchungen abzusichern. Für einen abschließenden Informationsgewinn wird ein Monitoring aller Schwermetallflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben und Agrarunternehmen für dringend erforderlich gehalten.

### Summary

Animal manures contain heavy metals as well as nutrients and trace elements. Copper and zinc are both trace elements and heavy metals. The spreading of animal manures which are contaminated with heavy metals can lead to an accumulation of these elements in agricultural soils.

Trace elements are essential for maintaining various physiological processes and need to be fed in sufficient amounts to ensure an optimal supply to the animal and to avoid animal health disorders. In some cases, e.g. in pig rearing, trace elements are supplemented in amounts which exceed the recommendations on trace element allowances in order to take advantage of ergotropic effects. Trace elements which are not retained in the body tissue or in the products are disposed of in excrement. Besides feed stuffs and feed additives, potential sources of heavy metals in animal manure are disinfectants, bedding materials, corrosion and wear and tear of stable equipment or storage containers as well as building materials and paints.

The objective of this research project was to record the flows of heavy metals in animal production systems and to develop and assess a strategy to reduce heavy metal inputs into animal manures.

Twenty farms which practice animal husbandry in various regions of Germany were selected for investigation. The selection included dairy, beef cattle, pig rearing and pig fattening and poultry farms, and took into account different husbandry systems and farm sizes. The aim was to investigate a broad variety of conventional production farms to gain insight into the heavy metal fluxes in animal husbandry.

The on-farm investigations were carried out by the Institute of Plant Nutrition (IPE), University of Bonn, by the Chair of Soil Science and Soil Geography, University of Bayreuth and by the LUFA Oldenburg. The Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Darmstadt, coordinated the project.

In this context, the trace elements copper (Cu) and zinc (Zn) are important because they are used in animal nutrition. The elements lead (Pb), cadmium (Cd), chrome (Cr) and nickel (Ni) are discussed here because they are also mentioned in the German regulations concerning the disposal of sewage sludge and biological wastes, and the German regulations governing the protection of soils and contaminated sites and substances.

Stable balances were calculated for different livestock farms. By quantifying the input of heavy metals from different sources, their proportion of the total import was determined. For the calculation of these stable balances the inputs of trace elements/heavy metals from feed stuffs and other farm sources (e. g. bedding, hoof disinfectants, medication, water) were contrasted to the outputs in the animal manures and animal products.

### Overview

#### Input of heavy metals

The investigation showed that apart from hoof disinfectants, feed stuffs and feed additives are the main input sources of heavy metals in animal manure. Despite their usually low trace element/heavy metal content, homegrown feed stuffs are the main source of heavy metals (with the exception of copper) in manure on dairy farms due to their widespread use. Pur-

chased supplementary and complete feeds often show higher trace element/heavy metal contents than homegrown feeds. This is because feed stuffs are supplemented with trace elements. However the concentrations of the elements cadmium, chrome, nickel and lead in the mineral feed stuffs analysed indicated that the raw materials for the supplements had already been contaminated with these metals: besides the trace elements copper and zinc, a considerable input level of heavy metals, especially chromium, was determined in the mineral feeds.

### **Output of heavy metals**

The output of heavy metals occurs mainly via the manure. Animal manures from pig production, and also partly from poultry production, show higher concentrations of copper and zinc than manures from cattle production. The highest concentrations of copper, zinc and nickel were determined in slurries from weaners/growers compared to other animal manures. Excrement from poultry production (solid turkey manure) occasionally showed higher levels of chromium compared to manure from cattle production.

### **Stable balances**

The stable balances for different livestock farms with cattle and pig production showed that the output levels of chromium, lead and zinc with animal products and manure exceeded their input levels. This was also the case for nickel and copper in pig production. The cause for this could not be determined. Newer research shows that by the use of mineral bedding, slurry additives or carrier substances for medicine, element inputs enter the stable and then the manure; these inputs can sometimes reach levels comparable to those which originate from feed stuffs.

### **Individual animal species and their respective farming systems**

#### **Dairy production**

Purchased feeds were used in varying amounts on the eight dairy farms investigated in addition to the homegrown feeds. The homegrown feeds accounted for about 40 to 75 % of the element inputs of cadmium, chrome, nickel, lead and zinc into the stable (Cd: 71 %, Cr: 49 %, Ni: 61 %, Pb: 76 %, Zn: 39 %). The amount of copper contributed by homegrown feed was only 25 %. The reason for this is that in five farms copper vitriol, a hoof disinfectant, was used which constituted more than 40 % of the copper import. The proportions of the heavy metal import through protein and energy rich purchased feed stuffs were for cadmium, chrome, nickel and lead from 14 to 37 %, for copper from 17 %, and for zinc 35 %. The mineral feed stuffs contained 17% of the total copper and 21 % of the total zinc entering the stable. For the other elements proportions of between 1 and 7 % were determined.

Without the hoof disinfectant, the proportion of the total Cu import into the stable from homegrown feed stuffs was 43 %, and the proportion from energy and protein containing purchased feeds and mineral feeds was 27 - 28 %. Again this emphasises the importance of purchased feed stuffs to the import of Cu and Zn into the stable (Cu: 56 %, Zn: 55 %) as well as that from homegrown feed stuffs.

The balance of the mean imports and exports of heavy metals in the eight dairy sheds investigated during the project showed that the elements chrome, lead and zinc tended to have higher exports than imports. This indicates that not all sources were taken into account.

### **Pig production**

Homegrown feeds were used in addition to purchased feeds on only one of the five pig production farms investigated (farms which kept sows, piglets and/or fattening pigs). The other farms used only purchased feeds - generally compound feeds. A discussion on the different import pathways from homegrown feeds and purchased feeds for pig production is therefore not possible. For the elements considered, purchased feeds constituted more than 90% of the total import into the stable on the farms without homegrown feeds. For cadmium and lead the pathway from other inputs is important, especially via bedding and drinking water (Cd: 25 %, Pb: 31 %).

The results from the above mentioned farm which uses both homegrown and purchased feeds show that a major proportion of the Cu and Zn imports originated from mineral feeds, which were also an important source of import of chromium and, to a lower extent, nickel.

For all elements except for cadmium, higher exports were determined than imports in the balances for the five pig production farms investigated.

### **Egg production**

Two farms were investigated which specialised in egg production and used purchased compound feeds. The balances show a trend of higher imports than exports for chromium, and higher exports than imports for zinc. There was no difference between input and output for the other elements.

### **Options for reduction**

#### **Feed stuffs**

In general, livestock feeding is considered to be of great importance to the reduction of heavy metal concentrations in animal manures, and the reduction in the supplementary levels of copper and zinc in feed stuffs is being discussed. The results of the investigations confirmed the importance of feed stuffs to heavy metal inputs in animal manure. There were, however, clear differences in animal species and the structures of the farms. These factors should be considered when the discussed options for reduction are evaluated.

Because feed stuff supplements can be contaminated with significant levels of the metals cadmium, chromium, nickel and lead they also provide opportunities of reducing the import of these elements.

The investigation showed that trace element concentrations in compound feeds for pig and poultry production are in line with the permitted maximum levels for single fed compound feeds (in the daily ration) as stated in the German feed stuffs regulation (2000). By bringing the Cu and Zn dosages closer to the recommendations of scientific societies (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GfE (Society for nutritional physiology); National Research Council, NRC) clear reductions of the contents of these elements in animal manure would be possible. This circumstance was at least partly acknowledged by the European Commission when the regulation which permits trace elements as feed additives was decided upon in July 2003 (EG 1334/2003).

Model calculations by KTBL have confirmed the reduction potential of decreasing the supplementation of the trace elements copper and zinc in pig production. A decrease in the maximum levels described in the regulation for feed stuffs of copper and zinc for single fed

compound feeds to the levels decided in the above mentioned EC regulation would result in a 31 (Cu) and 40 % reduction (Zn) in the import via feed stuffs on the model farm (piglet rearing and pig fattening). At the same time the results highlight the necessity of including all pathways when evaluating individual options. Because of the importance of the non-feed related imports of cadmium, chromium, nickel and lead, the changing of feeding practices has a much lower potential of reducing the import of these metals than such changes have for copper and zinc.

In cattle production homegrown feed stuffs are primarily used. Therefore the import of heavy metals into the stable via purchased feed stuffs is of lower importance than for pig production. Because of this, however, the possibilities to reduce heavy metals imports via feeding are also limited. Feeding in cattle production should be optimised according to performance because of the high variability in the levels of inherent trace elements in feed stuffs and different requirements during fattening or lactation. The exact supplementation should be optimised according to site and farm specific conditions.

As well as the reduction of the maximum permitted levels of copper and zinc, further measures, e.g. the kind of trace element compounds used (inorganic, organic) or the addition of phytase dependent on the feeding situation, can complement the reduction or even make a further reduction possible.

### **Further options for reduction**

Further possibilities to reduce heavy metal imports into animal manure are offered by other element rich inputs. In cattle production, hoof disinfectants are a strong candidate for mitigation strategies which should focus on the concentration and frequency of their use, the proper disposal of any residues and the development of alternative substances.

### **Outlook**

Within the discussion of heavy metal content in animal manure it should be taken into account that heavy metals cycle within the farm because of homegrown feeds, straw for bedding and animal manure. The turnover within the farm is difficult to control and this is especially relevant to farms with a high level of homegrown feeds. By using high quality roughage and grain-based feed stuffs, the import of heavy metals via purchases of energy and protein rich feeds can be reduced. Evaluations and mitigation strategies need to tackle purchased feed stuffs which are already supplemented with trace elements and other element rich inputs, e. g. other means of disinfecting hooves instead of using copper vitriol.

The substantial reduction of heavy metals in animal production urgently requires a conceptual framework which includes all imports, including those which are not based on agricultural activities.

The results gained from the project presented and the conclusions drawn from them are based on a one-off screening of selected farms and therefore present only an initial description of the situation. The results should be confirmed by further systematic investigations. For a comprehensive yield and transfer of information it is important and urgent to implement monitoring of all heavy metal flows on farms and agricultural enterprises.