



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

**Bundesamt für Landwirtschaft BLW**  
Agrarumweltsysteme und Nährstoffe

Juli 15

---

# **Marktkampagne Dünger 2011/2012**

## **Kennzeichnung und Schwermetalle**

---

---

**Impressum****Herausgeber**

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

CH-3003 Bern

Telefon: 031 322 25 11

Telefax: 031 322 26 34

Internet: [www.blw.admin.ch](http://www.blw.admin.ch)

**Autoren**

Alexandra Gisler

Lorenz Schwab

## Vorwort zum Bericht Marktkampagne Dünger 2011/2012

---

Dünger sind unentbehrliche Produktionsmittel für die produzierende Landwirtschaft. Sie führen dem Boden die nötigen Pflanzennährstoffe zu und erhalten damit dessen Fruchtbarkeit. Ernteerträge und auch deren Qualität können mit richtiger Düngung gewährleistet werden. Ungeeignete Dünger oder deren übermässiger Einsatz können aber auch negative Folgen für die Bodenfruchtbarkeit und die Umwelt haben. Für Mineraldünger beispielsweise gelten Grenzwerte bezüglich verschiedener Schwermetallgehalte. Diese sollen einer möglichen Anreicherung von Schwermetallen im Boden vorbeugen.

Bei der national koordinierten Marktkampagne Dünger 2011/2012 wurden 103 in der Schweiz in Verkehr gebrachte Dünger auf ihre Konformität mit den geltenden Anforderungen überprüft. Der vorliegende Bericht zeigt die Resultate auf und formuliert Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Die Kampagne hat aufgedeckt, dass das Düngerrecht nicht immer vollständig eingehalten wird. Mängel bestehen insbesondere beim Cadmiumgehalt von mineralischen Phosphordüngern. Nur 29 der 44 untersuchten Produkte halten den geltenden Grenzwert von 50 Gramm Cadmium pro Tonne Phosphor unter Berücksichtigung der für diese Kampagne festgelegten Toleranz ein. Von den 19 kontrollierten Firmen bringen deren 10 Dünger in Verkehr, die den Toleranzwert für Cadmium überschreiten.

Die Gründe für die hohe Nichtkonformität wurden mit den beteiligten Kantonen und der Agricura Plattform der Düngerbranche analysiert und Empfehlungen ausgearbeitet. Erste Massnahmen wurden bereits umgesetzt. Viel zu diskutieren gab der Schweizer Grenzwert für Cadmium aus dem Jahr 1986, der teilweise tiefer liegt als die nationalen Grenzwerte in einigen EU-Staaten. Dies wurde zum Anlass genommen, das Risikoprofil von Cadmium aus mineralischen Phosphordüngern auf der Grundlage neuester Erkenntnisse zu reevaluieren. Das Schweizerische Zentrum für Angewandte Humantoxikologie SCAHT kommt zum Schluss, dass durch den Einsatz von mineralischen Phosphordüngern mit den in der Kampagne gemessenen, erhöhten Cadmiumgehalten die menschliche Gesundheit keinem erhöhten Risiko ausgesetzt ist und folglich kein unmittelbarer Handlungsbedarf aus toxikologischen Gründen angezeigt ist. Das SCAHT weist allerdings darauf hin, dass die Cadmiumexposition für gewisse Bevölkerungsgruppen nahe an der tolerierbaren Tagesdosis liegt, weshalb aus Gründen der Vorsorge und Risikominimierung der Cadmiumeintrag in die Böden möglichst gering gehalten werden soll.

Die Branche nimmt ihre Verantwortung für eine konforme und nachhaltige Qualität der vermarkteten Dünger ernst. Sie hat in der Zwischenzeit ein Grundlagenpapier zur Qualitätssicherung erarbeitet. Dieses wird den Inverkehrbringern helfen, die geforderten Qualitätskriterien und gesetzlichen Rahmenbedingungen einzuhalten.

Die vorliegende Marktkampagne zeigt, dass Marktkontrollen zur nachhaltigen Gewährleistung der Sicherheit von Mensch und Umwelt beitragen. Der Bund empfiehlt den Kantonen, risikobasierte Kontrollen auch ausserhalb von national koordinierten Kampagnen durchzuführen.

Durch die kontinuierliche Optimierung des Nährstoffmanagements in der Schweizer Landwirtschaft konnte der Import von mineralischem Phosphordünger seit Beginn der Neunzigerjahre von rund 40'000 Tonnen bereits um drei Viertel auf 10'000 Tonnen reduziert werden. Ein weiteres grosses Reduktionspotenzial liegt in der zukünftigen Nutzung von Phosphor aus kommunalen Abwässern, Klärschlammmasse und Tierknochenmehl mittels Recycling, um den Mineraldüngerimport weiter zu reduzieren. Das BLW erhofft sich mit dem Projekt „mineralische Recyclingdünger“ die Voraussetzungen für die weitere Schliessung des P-Kreislaufs zu schaffen und in der Folge den Import von potenziell mit Schwermetallen belastetem Rohphosphat weiter zu verringern.

Bundesamt für Landwirtschaft



Eva Reinhard  
Stellvertretende Direktorin

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zum Bericht Marktkampagne Dünger 2011/2012</b> .....	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Ausgangslage und Hintergrund</b> .....	<b>1</b>
1.1 Einführung .....	1
1.2 Ziele der Marktkampagne Dünger 2011/2012.....	1
1.2.1 Überprüfung der Kennzeichnungsvorschriften und Nährstoffgehalte .....	1
1.2.2 Schwermetalle: Grenzwerte und Bestimmung der Gehalte .....	2
<b>2 Durchführung der Marktkampagne Dünger 2011/2012</b> .....	<b>5</b>
2.1 Teilnehmende Kantone .....	5
2.2 Liste der erhobenen Dünger.....	6
2.3 Überprüfung der Kennzeichnung.....	7
2.4 Analyse .....	7
2.4.1 Homogenisierung der Proben .....	7
2.4.2 Untersuchte Inhaltsstoffe.....	7
2.4.3 Beteiligte Labors.....	8
<b>3 Resultate</b> .....	<b>9</b>
3.1 Kennzeichnung.....	9
3.1.1 Nährstoffgehalte .....	9
3.2 Analyse der Schwermetallgehalte .....	10
3.3 Zusammenfassung der Resultate der Schwermetallgehalte.....	21
3.4 Grenzwerte nach ChemRRV .....	21
3.4.1 Mineralische Dünger.....	21
3.4.2 Organische und organisch-mineralische Dünger .....	22
3.5 Vorgeschlagene Grenzwerte in der EU für Mineraldünger .....	25
3.6 Vergleich mit bestehenden Untersuchungen .....	29
3.7 Bestimmung von Urangelhalten in mineralischen, phosphorhaltigen Düngern .....	29
<b>4 Fazit und Empfehlungen</b> .....	<b>32</b>
4.1 Kennzeichnungsvorschriften .....	32
4.2 Nährstoffgehalte .....	33
4.3 Grenzwerte nach ChemRRV .....	34
4.3.1 Einordnung der toxikologischen Relevanz von Cadmium und Uran aus Düngern .....	34
<b>5 Referenzen</b> .....	<b>37</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Kennzeichnungsvorschriften DüV / DüBV - Auswertung der Beurteilungen von 63 Düngern .....	9
<b>Abbildung 2:</b> Arsengehalte in mg / kg HG .....	11
<b>Abbildung 3:</b> Bleigehalte in mg / kg HG .....	12
<b>Abbildung 4:</b> Cadmiumgehalte in mg / kg HG .....	13
<b>Abbildung 5:</b> Chromgehalte in mg / kg HG .....	14
<b>Abbildung 6:</b> Kobaltgehalte in mg / kg HG .....	15
<b>Abbildung 7:</b> Kupfergehalte in mg / kg HG .....	16
<b>Abbildung 8:</b> Molybdängehalte in mg / kg HG .....	17
<b>Abbildung 9:</b> Nickelgehalte in mg / kg HG .....	18
<b>Abbildung 10:</b> Vanadiumgehalte in mg / kg HG .....	19
<b>Abbildung 11:</b> Zinkgehalte in mg / kg HG .....	20
<b>Abbildung 12:</b> Cadmiumgehalt bezogen auf den analysierten Phosphorgehalt in mineralischen phosphorhaltigen Düngern (n = 44). Ausgezogene Linie: Grenzwert nach ChemRRV; Gestrichelte Linie: Toleranzschwelle für die Marktkampagne. ....	23
<b>Abbildung 13:</b> Verteilung der Cadmiumgehalte in 44 mineralischen Phosphordüngern .....	23
<b>Abbildung 14:</b> Aufteilung der 44 mineralischen P-Dünger nach Schweizer Firmen. Ausgezogene Linie: Grenzwert nach ChemRRV; Gestrichelte Linie: Toleranzschwelle für die Marktkampagne. ....	24
<b>Abbildung 15:</b> Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Arsen mit den Düngern der Marktkampagne .....	26
<b>Abbildung 16:</b> Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Blei mit den Düngern der Marktkampagne .....	26
<b>Abbildung 17:</b> Vergleich der vorgeschlagenen EU-Grenzwerte für Cadmium mit den Düngern der Marktkampagne .....	27
<b>Abbildung 18:</b> Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Nickel mit den Düngern der Marktkampagne .....	28
<b>Abbildung 19:</b> Urangehalt bezogen auf den analysierten Phosphatgehalt (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) in mineralischen phosphorhaltigen Düngern (n=19) .....	30
<b>Abbildung 20:</b> Korrelation zwischen Cadmium und Uran in den untersuchten Düngern. Rote Linie: ChemRRV Grenzwert für Cadmium; Blaue Linie: Vom UBA vorgeschlagener Grenzwert für Uran. ...	31

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Zusammenstellung der Schwermetallgrenzwerte in Düngern gemäss Anhang 2.6, ChemRRV .....	2
<b>Tabelle 2:</b> Entwurf von Schwermetallgrenzwerten für Mineraldünger gemäss EU (EU, 2007) .....	3
<b>Tabelle 3:</b> Cadmium Grenzwerte in phosphorhaltigen Düngern .....	4
<b>Tabelle 4:</b> Teilnehmende Kantone .....	5
<b>Tabelle 5:</b> Überblick über die Proben der Marktkampagne Dünger 2011/2012 .....	6
<b>Tabelle 6:</b> Kriterien für die Kennzeichnungsvorschriften .....	7
<b>Tabelle 7:</b> Teilnehmende Labors .....	8
<b>Tabelle 8:</b> Arsengehalte in mg / kg HG .....	11
<b>Tabelle 9:</b> Bleigehalte in mg / kg HG .....	12
<b>Tabelle 10:</b> Cadmiumgehalte in mg / kg HG .....	13
<b>Tabelle 11:</b> Chromgehalte in mg / kg HG .....	14
<b>Tabelle 12:</b> Kobaltgehalte in mg / kg HG .....	15
<b>Tabelle 13:</b> Kupfergehalte in mg / kg HG .....	16
<b>Tabelle 14:</b> Molybdängehalte in mg / kg HG .....	17
<b>Tabelle 15:</b> Nickelgehalte in mg / kg HG .....	18
<b>Tabelle 16:</b> Vanadiumgehalte in mg / kg HG .....	19
<b>Tabelle 17:</b> Zinkgehalte in mg / kg HG .....	20
<b>Tabelle 18:</b> Umrechnung der vorgeschlagenen EU-Schwermetallgrenzwerte für Mineraldünger auf HG (Annahme: TS-Gehalt = 94.4 %) .....	25

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Marktkampagne Dünger 2011/2012 wurden von 11 Kantonen zusammen über hundert Proben erhoben, bei denen es sich hauptsächlich um Mineraldünger handelte. Die Marktkampagne verfolgte zwei Hauptziele: Einerseits wurde überprüft, ob die Dünger vorschriftsgemäss nach Dünger-Verordnung (DüV) und Düngerbuch-Verordnung (DüBV) gekennzeichnet sind, wobei von den kantonalen Fachstellen für Chemikalien die Kennzeichnungsvorschriften und die Nährstoffgehalte überprüft wurden. Andererseits wurden die Dünger auf ihre Gehalte an einer Auswahl von Schwermetallen untersucht und auf die Einhaltung der Schwermetallgrenzwerte nach Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung (ChemRRV) sowie die Konformität mit möglichen, zukünftigen Anforderungen an Mineraldünger in der EU überprüft.

Die Marktkampagne 2011/2012 zeigt, dass die Anforderungen des Düngerrechts für mineralische, organische und organisch-mineralische Dünger weder in Bezug auf die Kennzeichnungsvorschriften, die Nährstoffgehalte noch auf die Schwermetallgehalte immer vollständig eingehalten werden. Insbesondere Überschreitungen des Cadmium-Grenzwertes wurden relativ häufig festgestellt. Die Analyseresultate von zehn Schwermetallen zeigen, dass mineralische, phosphathaltige Dünger die höchsten und reine Stickstoff- und Kaliumdünger die tiefsten Schwermetallgehalte aufweisen. In Anlehnung an die Resultate wurden anschliessend in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen Empfehlungen an die involvierten Akteure formuliert.

# 1 Ausgangslage und Hintergrund

## 1.1 Einführung

Dünger sind zulassungspflichtige Produkte. Nur zugelassene Dünger dürfen in der Schweiz in Verkehr gebracht werden. Die beiden massgebenden Verordnungen über das Inverkehrbringen von Düngern sind die Dünger-Verordnung (DüV, SR 916.171) und die Düngerbuch-Verordnung WBF (DüBV, SR 916.171.1). Unter dem Begriff Inverkehrbringen versteht man jede entgeltliche oder unentgeltliche Übertragung oder Überlassung eines Düngers (DüV, Art. 5, Abs. 3, Bst. a), wie zum Beispiel den Verkauf oder die kostenlose Abgabe von Düngern. Ein Dünger ist zugelassen, wenn er einem Düngertyp der Düngerliste entspricht oder vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) einer Person oder einer Firma eine Bewilligung für das Inverkehrbringen erteilt worden ist (DüV, Art. 2, Abs. 2). Es gibt nicht anmeldepflichtige und anmeldepflichtige Düngertypen, letztere müssen beim Inverkehrbringen angemeldet werden.

Die Kriterien für die Zulassung sind in Artikel 3 der DüV definiert: Ein Dünger darf nur zugelassen werden, wenn er sich zur vorgesehenen Verwendung eignet, bei vorschriftsgemäsem Gebrauch keine unannehmbaren Nebenwirkungen zur Folge hat, weder die Umwelt noch mittelbar den Menschen gefährden kann und sich aus damit behandelten Ausgangsprodukten Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände ergeben, welche die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung erfüllen. Zusätzlich werden im Anhang 2.6 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, SR 814.81) Grenzwerte für Schadstoffe und inerte Fremdstoffe definiert. Weiter dürfen nur Stoffe enthalten sein, die, sofern sie unter die Chemikalienverordnung (ChemV, SR 813.11) fallen, nach dieser eingestuft, beurteilt und angemeldet wurden. Dünger dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn diese Qualitätsanforderungen erfüllt sind.

Das Bundesamt für Landwirtschaft ist zuständig für die Zulassung von Düngern und bearbeitet insbesondere Anmeldungen und Gesuche um Bewilligungen (DüV, Art. 29, Abs. 1). Die Kantone kontrollieren, ob in Verkehr gebrachte Dünger dem Schweizer Dünger- und Chemikalienrecht entsprechen. Das BLW nimmt dabei bei Stichprobenkontrollen sowie Marktkampagnen eine unterstützende und koordinative Funktion wahr (DüV, Art. 29, Abs. 2). Nach 2004 handelt es sich bei der Marktkampagne 2011/2012 um die zweite nationale Kampagne.

## 1.2 Ziele der Marktkampagne Dünger 2011/2012

Wenn Mineraldünger einem Düngertypen entsprechen, sind sie in der Schweiz – und in den Ländern der Europäischen Union (EU) – frei handelbar und die Erfüllung der Kennzeichnungsvorschriften liegt somit gänzlich in der Verantwortung der Düngerhersteller, -importeure und -vertreiber. Vorgängige nationale und internationale Untersuchungen haben wiederholt ergeben, dass vor allem phosphathaltige Mineraldünger häufig wesentlich mit Schwermetallen, namentlich vor allem mit Cadmium, belastet sind (BUWAL, 1991; Boysen, 1992; Sattouf, 2007; Dittrich und Klose, 2008; Nziguheba und Smolders, 2008). Aus diesen Gründen wurden für diese Marktkampagne ein Fokus vor allem auf Mineraldünger gelegt und die Probenahme entsprechend ausgerichtet.

Im Rahmen der Marktkampagne Dünger 2011/2012 wurden von 11 Kantonen insgesamt 103 Dünger untersucht. Die Marktkampagne verfolgte zwei Hauptziele: Einerseits wurde überprüft, ob die Dünger vorschriftsgemäss nach der DüV und der DüBV gekennzeichnet sind. Andererseits wurden die Dünger auf ihre Gehalte an einer Auswahl von zehn Schwermetallen untersucht und auf die Einhaltung der Schwermetallgrenzwerte nach ChemRRV überprüft.

### 1.2.1 Überprüfung der Kennzeichnungsvorschriften und Nährstoffgehalte

Mineraldünger sind im Allgemeinen frei handelbar. Wenn sie einem Düngertypen der Düngerliste der DüBV entsprechen, sind diese Dünger für den Import und den Vertrieb zugelassen und müssen beim BLW für das Inverkehrbringen weder angemeldet werden noch vom BLW bewilligt werden. Im Zuge der Bearbeitung einer Anmeldung oder eines Gesuchs um Bewilligung wird jeweils das Einreichen einer Etikette verlangt, die auf ihre Entsprechung mit den Vorschriften der DüV/DüBV hin überprüft wird. Die

Einstufung und Kennzeichnung nach ChemV werden nicht im Rahmen des Zulassungsverfahrens durch das BLW, sondern im Rahmen der Selbstkontrolle nach den Bestimmungen der ChemV geprüft und liegen somit in der Eigenverantwortung der Gesuchsteller. Bei frei handelbaren Mineräldüngern fällt zudem die Überprüfung der düngerrechtlichen Aspekte durch das BLW weg und die Kennzeichnung der Mineräldünger liegt vollständig in der Eigenverantwortung der Inverkehrbringer.

Die Etikettierung oder die Verpackungsaufschrift der Dünger der Marktkampagne wurde auf die verschiedenen Kriterien Lesbarkeit, Sprache, Anpreisung, Nährstoff-Deklaration, Angabe von Handelsname, Düngertyp, Inverkehrbringer, Gewicht und Gebrauchsanweisung geprüft. Ein weiteres Ziel der Marktkampagne war die Überprüfung der Qualitätsanforderungen, besonders im Hinblick auf den Täuschungsschutz. Damit die Verwenderin oder der Verwender nicht über die Eigenschaften und Verwendbarkeit eines Düngers getäuscht werden kann, müssen die Art und der Gehalt der wertbestimmenden Inhalts- und Zusatzstoffe gekennzeichnet werden (Art. 23, Abs. 2, Bst. b). Wertbestimmend sind für Dünger insbesondere die Nährstoffe. Aus diesem Grund wurde verglichen, ob die auf der Etikette angegebenen Nährstoffgehalte mit den analysierten Gehalten übereinstimmen und somit auch wie angegeben im Dünger vorhanden sind.

## 1.2.2 Schwermetalle: Grenzwerte und Bestimmung der Gehalte

In der Schweiz gelten gemäss ChemRRV für einige Schwermetalle Grenzwerte für mineralische, organische und organisch-mineralische Dünger (Tabelle 1). Für die Marktkampagne wurden die Dünger in Bezug auf die geltenden Schweizer Qualitätsvorschriften der ChemRRV ausgewertet. Die Zusammenstellung in Tabelle 1 macht deutlich, dass die mineralischen Dünger ausschliesslich bezüglich Schwermetallbelastungen mit Cadmium, Chrom und Vanadium gesetzlich geregelt sind. Es bleibt anzumerken, dass der Grenzwert für Chrom und Vanadium hauptsächlich wegen Schlackedüngern wie Thomasphosphat, das bei der Stahlherstellung anfällt, eingeführt wurde. Diese Dünger werden in der Regel in der Schweiz nicht mehr ausgebracht.

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der Schwermetallgrenzwerte in Düngern gemäss Anhang 2.6, ChemRRV

Schwermetall	Mineralische Dünger	Organische Dünger	Organisch-mineralische Dünger
	Grenzwert		
	[g / t TS] <sup>1)</sup>	[g / t TS] <sup>1)</sup>	[g / t TS] <sup>1)</sup>
Blei (Pb)	-	120	120
Cadmium (Cd)	50 g Cd / t P <sup>2)</sup>	1	1 50 g Cd / t P <sup>4)</sup>
Chrom (Cr)	2000	-	-
Kupfer (Cu)	-	100 (150 <sup>3)</sup> )	100 (150 <sup>3)</sup> )
Nickel (Ni)	-	30	30
Quecksilber (Hg)	-	1	1
Zink (Zn)	-	400 (600 <sup>3)</sup> )	400 (600 <sup>3)</sup> )
Vanadium (V)	4000	-	-

<sup>1)</sup> Wenn nicht anders angegeben

<sup>2)</sup> gilt für phosphorhaltige Dünger, die mehr als 1 % P enthalten

<sup>3)</sup> ab einem Anteil von mehr als 50 % Exkrementen von Schweinen

<sup>4)</sup> gilt für phosphorhaltige Dünger, die mehr als 5 % P enthalten



Derzeit gibt es in vielen EU-Ländern für verschiedene Schwermetalle unterschiedliche nationale Regelungen für Grenzwerte, jedoch besteht keine einheitliche Regelung auf Ebene der Europäischen Union (EU). Auf EU-Ebene ist bis anhin nur das Inverkehrbringen von Mineraldüngern – den sogenannten EG-Düngemitteln – in der EG-Verordnung Nr. 2003/2003 geregelt. In dieser Verordnung werden keine Anforderungen an maximale Schwermetallgehalte für Mineraldünger gestellt. Organische und organisch-mineralische Dünger sind weder in Bezug auf Kennzeichnung noch auf ihre Schadstoffbelastung geregelt. Für diese gelten jeweils die nationalen Vorschriften der einzelnen Mitgliedsstaaten. Die EU diskutiert allerdings seit längerer Zeit die Einführung von Grenzwerten für Schwermetalle in Düngern. Eine Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission hat sich im Jahre 2007 mit der Thematik befasst und im Folgenden Grenzwerte für Arsen, Cadmium, Chrom (VI), Quecksilber, Blei und Nickel für Mineraldünger vorgeschlagen (EU, 2007). Diese wurden unter Berücksichtigung von typischen Anwendungsmengen ermittelt, um die entsprechenden Schwermetallfrachten auf die Agrarflächen einzubeziehen. In der untenstehenden Tabelle sind die vorgeschlagenen Grenzwerte der EU aufgeführt (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Entwurf von Schwermetallgrenzwerten für Mineraldünger gemäss EU (EU, 2007)

Schwermetall	Vorgeschlagener Grenzwert [mg / kg TS] <sup>1)</sup>
Arsen (As)	60
Cadmium (Cd) in Düngern mit 0 – 5 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3
Cadmium (Cd) in Düngern mit mehr als 5 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60 mg Cd / kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Chrom VI (Cr VI)	2
Quecksilber (Hg)	1.5
Blei (Pb)	150
Nickel (Ni)	120

<sup>1)</sup> wenn nicht anders angegeben

Bei Phosphordüngern, die aus Rohphosphat bestehen, solches enthalten oder daraus hergestellt wurden, ist bekannt, dass diese je nach Herkunft mit hohen Cadmiumgehalten belastet sein können (Nziguheba und Smolders, 2008; Sattouf, 2007; Van Kauwenbergh, 2007). Deswegen gibt es auf EU-Ebene weitere Bestrebungen, einen Grenzwert für Cadmium für phosphorhaltige Dünger einzuführen. Ein entsprechender Vorschlag, den maximal zulässigen Cadmiumgehalt über 30 Jahre hinweg von 60 mg Cd / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> auf 20 mg Cd / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> zu senken, wurde jedoch bisher nicht umgesetzt (EU, 2003). In Europa gibt es verschiedene Staaten, die auf nationaler Ebene Grenzwerte für Cadmium in Düngemitteln haben. Einzig die drei EU-Mitgliedsstaaten Österreich, Finnland und Schweden verfügen aber über eine Ausnahmegenehmigung der Europäischen Kommission, um bezüglich Cadmiumgehalt in phosphorhaltigen Mineraldüngern ihre nationalen Vorschriften durchzusetzen (Commission Decisions 2006/347/EC; 2006/348/EC; 2006/349/EC). Schweden hat im Oktober 2011 zudem beantragt, ihren Cadmium-Grenzwert noch tiefer anzusetzen. Der beantragte Grenzwert sollte für Phosphordünger mit einem Phosphorgehalt von mehr als einem Prozent gelten und bei 50g Cd / t Phosphor liegen. Der Antrag von Schweden wurde jedoch von der EU Kommission nicht angenommen (Commission Decision 2012/719/EC). Nur der finnische und der von Schweden beantragte Cadmiumgrenzwert haben das gleiche (tiefe) Niveau wie der schweizerische Grenzwert (Tabelle 3). Neben Grenzwerten gibt es in Deutschland gemäss der Düngemittelverordnung (DüMV, BGBl. I S. 2482) auch eine Kennzeichnungspflicht, bei welcher gewisse Schwermetallgehalte und andere Schadstoffe ab einem bestimmten Gehalt deklariert werden müssen. Für Düngemittel ab 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> muss der Cadmiumgehalt ab einem Gehalt von 20 mg Cd / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> deklariert werden.

Im Jahre 2002 evaluierte das Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) Risikobeurteilungen von mehreren europäischen Staaten bezüglich der Anreicherung von Cadmium in landwirtschaftlich genutzten Böden (CSTEE, 2002). Das CSTEE kam dabei zu den folgenden Schlüssen:

- Es wird nicht erwartet, dass Cadmiumkonzentrationen in Düngern bis zu 20 mg / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in den meisten europäischen Böden innert hundert Jahren zu einer Anreicherung von Cadmium führen.
- Cadmiumkonzentrationen in Düngern ab 60 mg / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> führen hingegen sehr wahrscheinlich in den meisten europäischen Böden innert hundert Jahren zu einer relativ hohen Anreicherung von Cadmium.

Der Schweizerische Grenzwert liegt gegenwärtig bei 22 mg / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50 mg / kg P). Unter Einhaltung des Grenzwertes wird somit nicht davon ausgegangen, dass es mittels der Phosphordüngung zu einer Anreicherung von Cadmium in landwirtschaftlichen Böden kommt.

**Tabelle 3:** Cadmium Grenzwerte in phosphorhaltigen Düngern

Land	Cadmium Grenzwert	
	mg Cd / kg P	mg Cd / kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Schweiz <sup>1)</sup>	50*	22
Finnland <sup>2)</sup>	50	22
Österreich <sup>3)</sup>	172	75**
Schweden <sup>4)</sup>	100	44
Schweden (beantragt) <sup>5)</sup>	46	20
EU Vorgeschlagen <sup>6)</sup>	137	60

\* ab 1 % P in phosphorhaltigen Mineraldüngern

\*\* ab 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in phosphorhaltigen Mineraldüngern

1) ChemRRV (SR 814.81)

2) Commission Decision 2006/348/EC

3) Commission Decision 2006/349/EC

4) Commission Decision 2006/347/EC

5) Commission Decision 2012/719/EC

6) EU, 2007

Um grundsätzliche Erkenntnisse über Schwermetallgehalte von Düngern, die in der Schweiz eingesetzt werden, zu gewinnen, wurden die Dünger auf die Gehalte der folgenden zehn Schwermetalle analysiert: Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Vanadium (V) und Zink (Zn). Diese Daten erlauben eine Standortbestimmung, ob die in der Schweiz in Verkehr gebrachten Mineraldünger möglichen zukünftigen Anforderungen der EU entsprechen würden. Des Weiteren können die Daten zur Berechnung von Schwermetalleinträgen in den Boden über die Düngung verwendet werden, beispielsweise im Rahmen der Nationalen Bodenbeobachtung NABO. Die letzten Zahlen bezüglich Schwermetallgehalten in Mineraldüngern in der Schweiz stammen aus einer Untersuchung des damaligen Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, die im Jahre 1991 publiziert wurde (BUWAL, 1991). Die Marktkampagne soll auch eine Standortbestimmung ermöglichen, ob die in der Schweiz gehandelten mineralischen Dünger den von einer Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission im Jahre 2007 (EU, 2007) vorgeschlagenen Grenzwerten für Mineraldünger entsprechen würden (Tabelle 2).

## 2 Durchführung der Marktkampagne Dünger 2011/2012

Die Vorbereitungsphase begann im Oktober 2010, wobei von einer Projektgruppe bestehend aus Vertretern der kantonalen Fachstellen für Chemikalien sowie des BLW ein Konzept mit den Rahmenbedingungen zur Durchführung der Marktkampagne erarbeitet wurde.

### 2.1 Teilnehmende Kantone

An der Marktkampagne Dünger 2011/2012 haben 11 Kantone teilgenommen (Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Teilnehmende Kantone

Kanton	Kantonale Fachstelle für Chemikalien	Postadresse
AG	Amt für Verbraucherschutz Chemiesicherheit	Obere Vorstadt 14 5000 Aarau
BE	Kantonales Laboratorium Bern	Muesmattstr. 19 3000 Bern 9
BL	Amt für Umweltschutz und Energie	Rheinstrasse 29 4410 Liestal
BS	Kantonales Laboratorium Kontrollstelle Chemie- und Biosicherheit	Kannenfeldstrasse 2 Postfach 4012 Basel
SG	Amt für Verbraucherschutz und Veterinärwesen	Blarerstrasse 2 9001 St. Gallen
SO	Amt für Umwelt Fachstelle Gefahrstoffe	Greibenhof Werkhofstrasse 5 4509 Solothurn
TG	Kantonales Laboratorium Thurgau	Spannerstrasse 20 8510 Frauenfeld
TI	Sezione Protezione Aria, Acqua e Suolo Ufficio Industrie, Sicurezza e Protezione del Suolo	Via Salvioni 2a 6500 Bellinzona
VD	Service de l'environnement et de l'énergie	Boveresses 155 1066 Epalinges
VS	Laboratoire cantonale	Rue pré-d'Amédée 2 1950 Sion
ZH	Kantonales Laboratorium Zürich Chemikalien	Fehrenstrasse 15 Postfach 8032 Zürich

## 2.2 Liste der erhobenen Dünger

Sämtliche Produkte wurden von September 2011 bis März 2012 bei den inverkehrbringenden Firmen in der Originalverpackung erhoben. Es wurden bei 34 verschiedenen Schweizer Firmen Dünger insgesamt 103 Produkte erhoben und überprüft. Davon waren 87 % mineralische, 11 % organische oder organisch-mineralische Dünger und 2 % Spurennährstoffdünger. Einen Überblick über die erhobenen Düngergruppen gibt Tabelle 5. Bei über 90 % handelte es sich um Produkte, die zur gewerblichen Verwendung in der Landwirtschaft, im Gartenbau sowie in der professionellen Rasenpflege und nicht im Heim- und Hobbybereich eingesetzt werden. Diese Verteilung widerspiegelt die Situation des Einsatzes der Produkte in der Schweiz: Man geht davon aus, dass rund 90 % aller Dünger in der Landwirtschaft, im Gartenbau und in Sportanlagen zur Anwendung kommen, die verbleibenden 10 % entfallen auf private Gärten (Raaflaub und Genoni, 2005).

**Tabelle 5:** Überblick über die Proben der Marktkampagne Dünger 2011/2012

Dünger	Anzahl Proben
Ammoniumnitrat (N-AN) Kalkammonsalpeter (N-ANC)	18
Ammonsulfatsalpeter (N-AS)	1
Kalksalpeter (N-KS)	4
Harnstoff (N-HS)	10
Stickstoffdünger (N)	1
Superphosphat / Phosphatdünger (P)	8
Kaliumchlorid (K-KCL)	9
Kaliumdünger (K)	1
Mineralischer Mehrnährstoffdünger (NP)	9
Mineralischer Mehrnährstoffdünger (NK)	1
Mineralischer Mehrnährstoffdünger (PK)	7
Mineralischer Mehrnährstoffdünger (NPK)	21
Organische Dünger (O)	8
Organisch-mineralische Dünger (OM)	3
Spurennährstoffdünger (SN)	2
<b>Total Proben:</b>	<b>103</b>

## 2.3 Überprüfung der Kennzeichnung

Die Einhaltung der Kennzeichnungsvorschriften nach DüV und DüBV wurde anhand der 11 Kriterien in Tabelle 6 ausgewertet.

**Tabelle 6:** Kriterien für die Kennzeichnungsvorschriften

<b>Lesbarkeit:</b>	Ist die Etikette gut lesbar und unverwischbar?	DüV, Art. 23, Abs. 4
<b>Sprache:</b>	Ist eine Amtssprache des Verkaufsgebietes vorhanden?	DüV, Art. 23, Abs. 4
<b>Irreführende Anpreisung:</b>	Werden unrichtige Angaben gemacht?	DüV, Art. 23, Abs. 1
<b>Handelsname:</b>	Ist ein Handelsname vorhanden?	DüV, Art. 23, Abs. 2, Bst. c
<b>Düngertyp:</b>	Ist der Düngertyp (korrekt) angegeben?	DüV, Art. 23, Abs. 2, Bst. a
<b>Inverkehrbringer:</b>	Wird die Adresse des Inverkehrbringers angegeben?	DüV, Art. 23 Abs. 2 Bst. d; DüV, Art. 23, Abs. 2bis
<b>Nährstoff-Deklaration:</b>	Werden die wertbestimmenden Inhalts- und Zusatzstoffe korrekt angegeben?	DüV, Art. 23, Abs. 2, Bst. b DüBV, Art. 6 – 12
<b>Gewicht:</b>	Ist die Gewichtsangabe vorhanden?	DüBV, Art. 5
<b>Gebrauchsanweisung:</b>	Sind Verwendungs- und Dosierungsvorschriften vorhanden?  Sind Hinweise enthalten, die zu einer umweltgefährdenden oder unfachgerechten Verwendung führen?  Werden Angaben zur Lagerung, Unschädlichmachung und Beseitigung gemacht?	DüV, Art. 24a, Abs. 1, Bst. a  DüV, Art. 24a, Abs. 2  DüV, Art. 24a, Abs. 1, Bst. b

## 2.4 Analyse

### 2.4.1 Homogenisierung der Proben

Am Boden eines Düngersackes setzt sich vor allem bei pelletierten Düngern häufig Abrieb ab und verunmöglicht deshalb eine Entnahme von Teilproben aus aufgeschnittenen Düngersäcken ohne vorgängige Homogenisierung. Düngersäcke für den gewerblichen Anwender wiegen in der Regel rund 50 kg, gewisse Produkte werden auch in sogenannten „Big Bags“ (~500kg) abgegeben. Den Labors fehlte der Raum für die Lagerung und für die Homogenisierung der Proben. Schwerere Proben (Gewicht über 10 kg) wurden aus diesen Gründen von der Agroscope in Reckenholz mithilfe eines Betonmischers homogenisiert und als 1 Liter Probe den Labors zugestellt. Dies betraf rund 81 % aller Proben.

### 2.4.2 Untersuchte Inhaltsstoffe

#### Haupt- und Sekundärnährstoffe

Die Dünger wurden auf ihre Gehalte an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) untersucht, um die Überprüfung der Deklaration zu ermöglichen.

#### Schwermetalle

Bei sämtlichen Düngern wurden zudem die Schwermetallgehalte Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Vanadium (V) und Zink (Zn) mittels induktiv gekoppelter optischer Emissionsspektrometrie (ICP-OES, inductively coupled plasma optical emission spectrometry) analysiert.

### 2.4.3 Beteiligte Labors

Fünf Labors haben im Rahmen der Marktkampagne Dünger 2011/2012 Proben analysiert (Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Teilnehmende Labors

<b>Kanton</b>	<b>Labor</b>	<b>Adresse</b>
BE	Kantonales Laboratorium Bern	Abteilung Umweltsicherheit Muesmattstrasse 19 3012 Bern
BL	Amt für Umweltschutz und Energie	Rheinstrasse 29 4410 Liestal
Urkantone (SZ / NW / OW / UR)	Laboratorium der Urkantone	Chemikalien Föhneneichstr. 15 Postfach 363 6440 Brunnen
ZH	Gewässerschutzlabor	AWEL Abteilung Gewässerschutz Hardturmstrasse 105 8005 Zürich
SG	Kantonales Labor	Amt für Gesundheits- und Verbraucherschutz (AfGVS) Wasser und Chemikalieninspektorat Blarerstrasse 2 9001 St. Gallen

### 3 Resultate

#### 3.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung der Dünger wurde von den kantonalen Fachstellen für Chemikalien überprüft. Im Anschluss an die Marktkampagne wurden dem BLW die Beurteilungen der Dünger übermittelt. Da nicht alle Kantone ihre Resultate dem BLW zustellten, lagen von den insgesamt 103 erhobenen Düngern nur 63 Beurteilungen vor. Diese wurden im Folgenden in Bezug auf die Kennzeichnungsvorschriften nach DüV und DüBV und hinsichtlich der Nährstoffgehalte ausgewertet.

Mit 27.0 % gaben die unvollständigen Hinweise zur Lagerung, Unschädlichmachung und Beseitigung am Häufigsten Anlass zu Beanstandungen. Ebenfalls relativ häufig sind Mängel in Bezug auf die Angabe des Düngertyps (20.6 %), die Sprache der Etikette (17.5 %) und des Inverkehrbringers (12.7 %) (Abbildung 1). Die restlichen Kriterien werden mit Beanstandungen von weniger als 10 % genügend umgesetzt.



**Abbildung 1:** Kennzeichnungsvorschriften DüV / DüBV - Auswertung der Beurteilungen von 63 Düngern

##### 3.1.1 Nährstoffgehalte

In Anhang 2 der DüBV werden für die Haupt- und einige Sekundärnährstoffe Toleranzen definiert, welche die erlaubten Abweichungen des gemessenen Wertes von dem zugesicherten Nährstoffgehalt definieren. Die Toleranzen sollen dazu dienen, Unsicherheiten bei der Herstellung, der Probenahme und der Analyse aufzufangen. Der Vergleich der analysierten Nährstoffgehalte (Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium) mit den auf der Etikette gemachten Angaben führte bei 11 von 63 Düngern (17.5 %) zu Beanstandungen, da tiefere Gehalte ausserhalb der Toleranzen der DüBV festgestellt wurden. Dass ein Produkt weniger Nährstoffe enthält, als auf der Etikette angegeben wird, ist somit relativ häufig und es besteht Verbesserungspotential bei der Qualitätskontrolle der verantwortlichen Inverkehrbringer. Ob es sich dabei im Allgemeinen um geringe Abweichungen handelte, ist aufgrund des fehlenden Detaillierungsgrads der übermittelten Daten nicht bekannt. Bei 82.5 % wurden die deklarierten Werte erreicht oder überschritten. Nach Düngerrecht werden höhere Gehalte nicht beanstandet (DüBV, Anhang 2, Art. 15, Bst. c).

## 3.2 Analyse der Schwermetallgehalte

Die Analysenresultate der Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Vanadium und Zink für sämtliche 13 Düngergruppen der Marktkampagne werden für jedes Element in derselben Form als Tabelle und Abbildung (Tabelle 8 – 17, Abbildung 2 – 11) dargestellt. Die Rohdaten, die aus fünf verschiedenen Labors stammen, wurden dahingehend aufbereitet, dass sämtliche Resultate in der gleichen Einheit (mg Schwermetall / kg Handelsgewicht) dargestellt werden können. Angegeben werden der Medianwert sowie die Minima und Maxima, um die Spannweite der Daten wiedergeben zu können.

Nicht alle der untersuchten Elemente gelten in jedem Fall als Schadstoffe. Kobalt, Kupfer, Molybdän und Zink sind bekannte und zugelassene Pflanzennährstoffe nach DüBV, sie gehören zu den Spurennährstoffen und werden Düngern auch absichtlich zugesetzt oder werden als Spurennährstoffdünger in Verkehr gebracht. Spurennährstoffe können bei mineralischen, organischen und organisch-mineralischen Düngertypen angegeben werden, wenn sie die Mindestgehalte erfüllen (DüBV, Zugabe von Spurennährstoffen: Düngertypen Nr. 1010 – 1012). Weiter gibt es auch diverse frei handelbare Spurennährstoff-Düngertypen (Düngertypen Nr. 1020 – 1660). Teilweise enthielten einige Dünger mehr als 2% Zink, was die Hintergrundgehalte um ein Vielfaches übersteigt und somit die Daten nach oben verfälscht. Deshalb wurden die Datensätze der vier Spurennährstoffe dahingehend bereinigt, dass bei Düngern, bei denen bekannt war, dass die entsprechenden Spurennährstoffe auf der Etiketle ausgelobt wurden, aus der Analyse ausgeschlossen wurden – dies erklärt auch die teilweise unterschiedliche Probenanzahl.

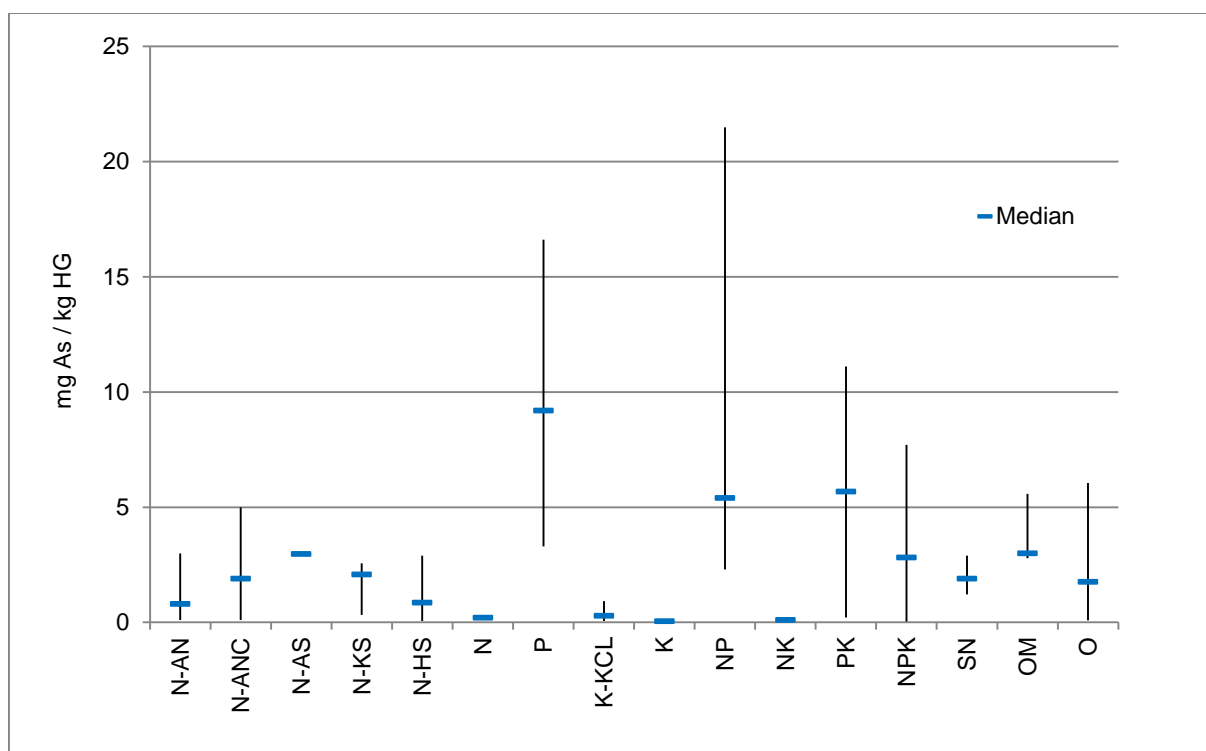
Bei einem Dünger handelte es sich um einen NPK-Dünger mit Spurennährstoffen, der in zwei Komponenten geliefert wird. Für die Auswertung der Schwermetallgehalte wurde die Komponente mit Spurennährstoffen in der Gruppe Spurennährstoffdünger analysiert. Bei einigen Schwermetallanalysen ergibt sich deshalb eine Probenanzahl von 104, obwohl insgesamt nur 103 Produkte erhoben wurden.



## Arsen (As)

**Tabelle 8:** Arsengehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg As / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	0.80	0.11	3.00
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	7	1.89	<0.10	5.00
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	2.97		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	2.07	0.32	<2.56
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.85	0.06	<2.89
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.20		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	9.19	3.30	16.60
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.29	0.06	0.93
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.05		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	5.40	<2.30	21.48
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	0.10		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	5.68	0.21	11.10
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	2.81	<0.03	7.71
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	1.90	1.22	2.90
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	3.00	<2.78	5.57
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	1.76	<0.09	6.05

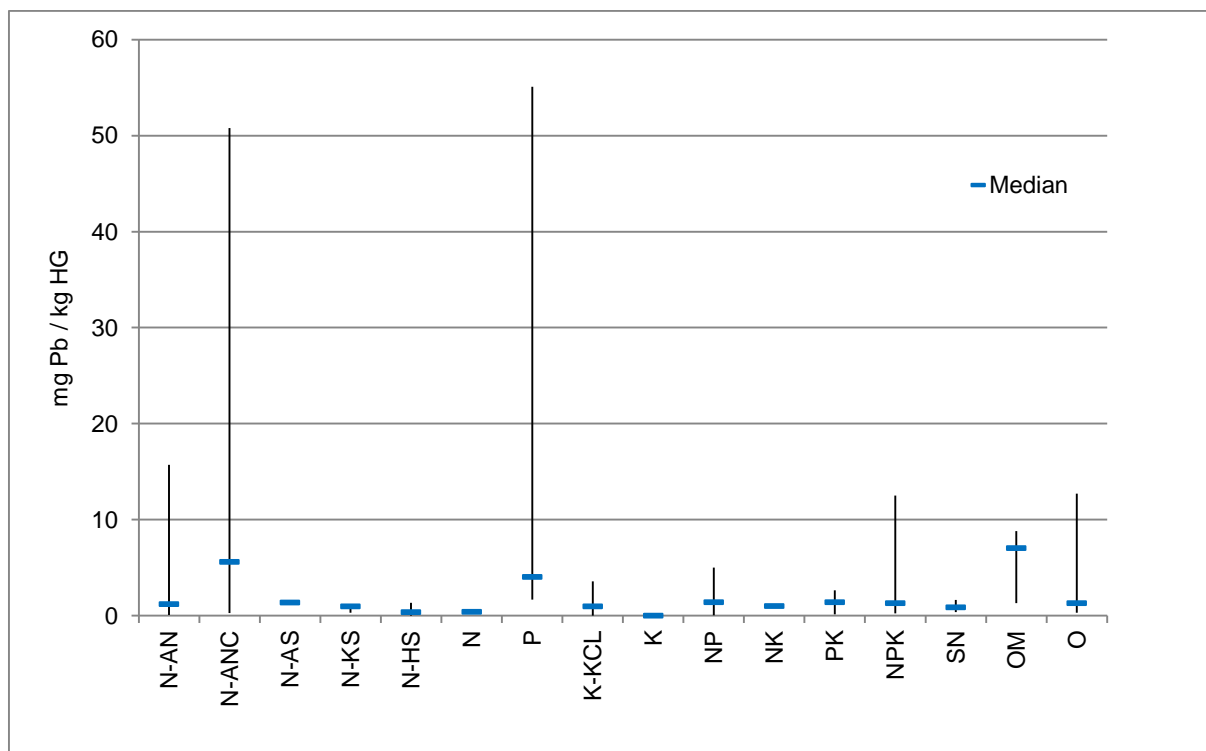


**Abbildung 2:** Arsengehalte in mg / kg HG

## Blei (Pb)

**Tabelle 9:** Bleigehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Pb / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	1.21	0.07	15.70
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	5.60	0.29	50.80
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	1.39		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.97	0.32	<1.19
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.39	0.00	<1.35
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.40		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	4.05	1.67	55.10
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.99	0.02	3.58
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.00		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	1.40	0.03	5.01
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	1.00		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	1.40	0.16	2.63
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	1.31	<0.25	12.50
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	0.89	0.37	1.65
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	7.06	<1.30	8.80
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	1.32	0.31	12.70

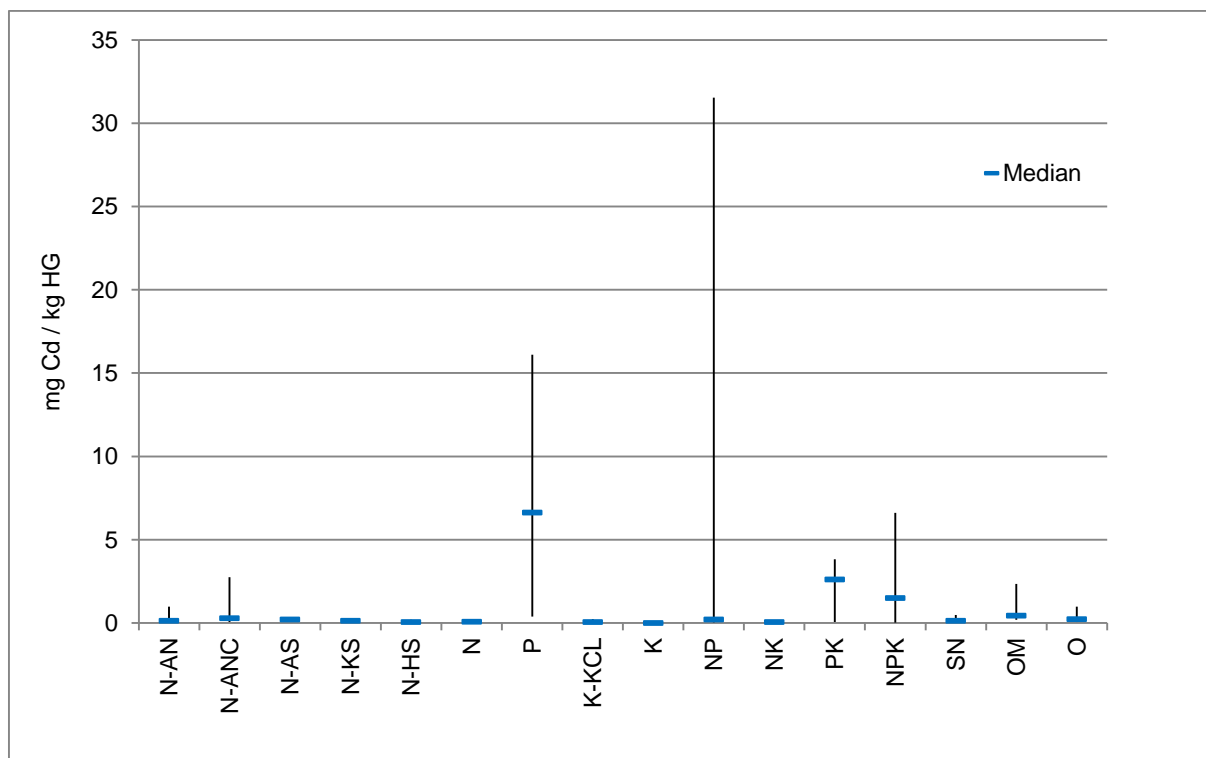


**Abbildung 3:** Bleigehalte in mg / kg HG

## Cadmium (Cd)

**Tabelle 10:** Cadmiumgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Cd / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	0.13	0.04	0.97
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	0.28	<0.05	2.75
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	0.20		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.14	0.08	<0.17
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.05	0.01	<0.19
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.07		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	6.64	0.38	16.10
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.05	0.00	0.22
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.00		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	0.20	0.03	31.53
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	0.05		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	2.61	0.05	3.82
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	1.50	<0.02	6.60
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	0.13	0.09	0.47
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	0.44	<0.19	2.34
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	0.22	<0.05	0.98

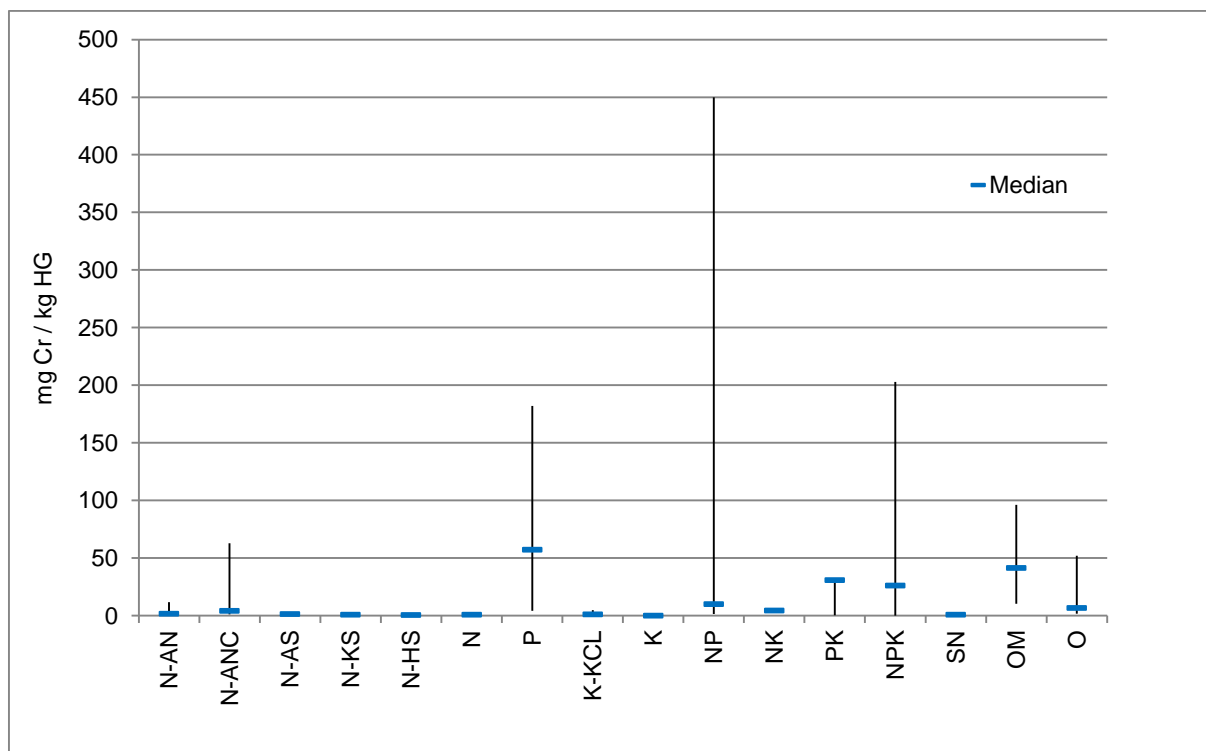


**Abbildung 4:** Cadmiumgehalte in mg / kg HG

## Chrom (Cr)

**Tabelle 11:** Chromgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Cr / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	1.66	0.54	11.80
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	4.12	1.21	62.90
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	1.26		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.77	0.74	1.54
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.52	0.07	<0.94
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.79		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	57.35	4.17	182.00
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.99	0.00	4.71
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.01		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	9.89	1.50	449.89
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	4.47		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	30.91	0.25	32.30
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	26.16	<0.10	202.90
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	0.74	0.41	1.54
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	41.43	10.29	96.20
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	6.69	1.60	51.90

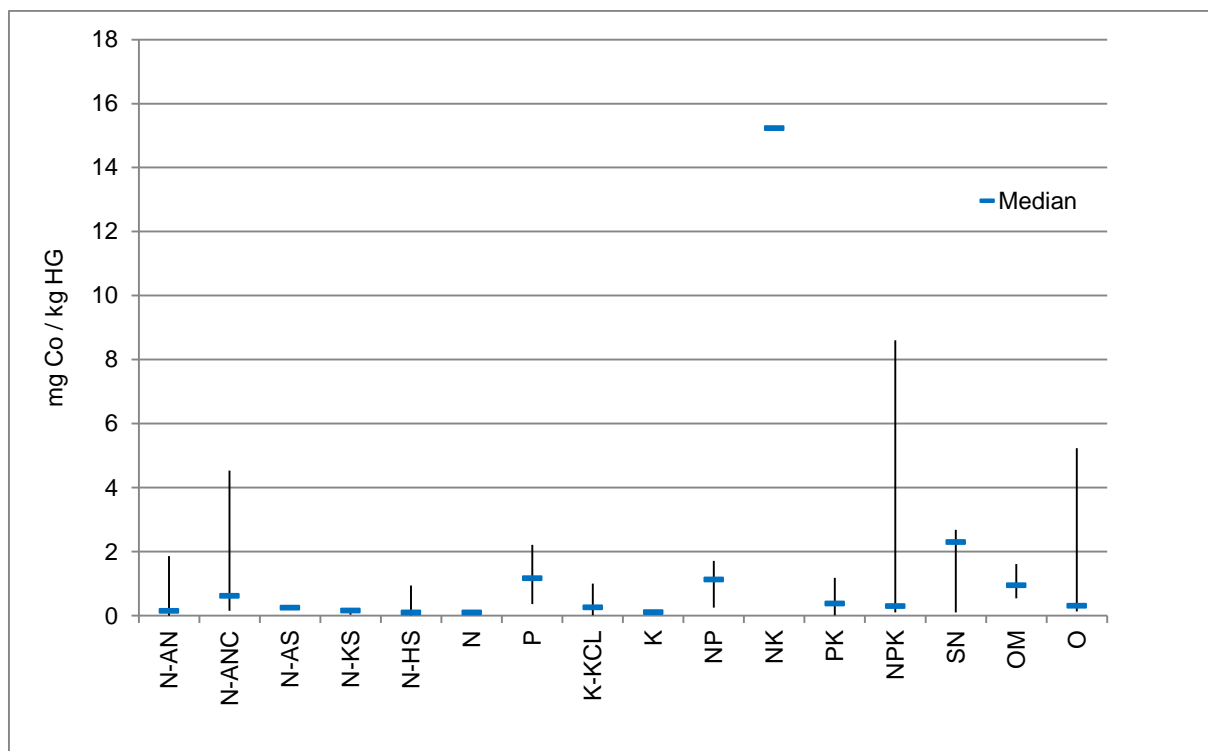


**Abbildung 5:** Chromgehalte in mg / kg HG

## Kobalt (Co)

**Tabelle 12:** Kobaltgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Co / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	0.15	0.00	1.86
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	0.62	0.15	4.53
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	0.25		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.16	0.03	<0.21
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.10	0.01	<0.94
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.10		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	1.18	0.36	2.21
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.26	0.01	<1.00
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.11		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	1.13	<0.25	1.71
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	15.24		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	0.38	0.01	1.18
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	0.30	<0.10	8.60
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	2.30	<0.10	2.68
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	0.95	0.54	1.61
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	0.30	0.13	5.23

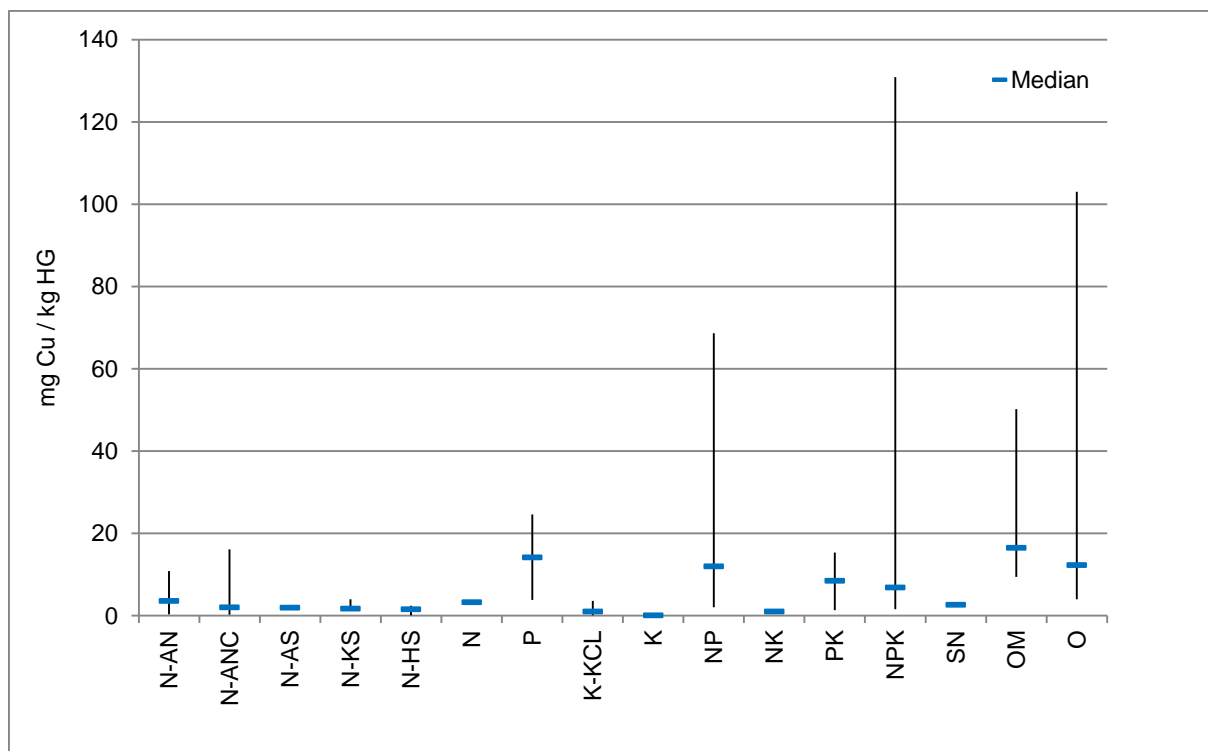


**Abbildung 6:** Kobaltgehalte in mg / kg HG

## Kupfer (Cu)

**Tabelle 13:** Kupfergehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Cu / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	3.58	0.27	10.80
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	2.01	<0.25	16.10
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	1.98		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	1.70	1.18	3.99
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	1.55	0.10	2.41
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	3.26		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	14.15	3.81	24.60
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	1.02	0.08	3.55
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.10		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	12.00	<2.00	68.61
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	1.00		
PK-Dünger	<b>PK</b>	6	8.49	1.35	15.36
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	19	6.82	<1.58	130.89
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	1	2.68		
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	16.46	9.45	50.20
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	12.27	3.99	103.00

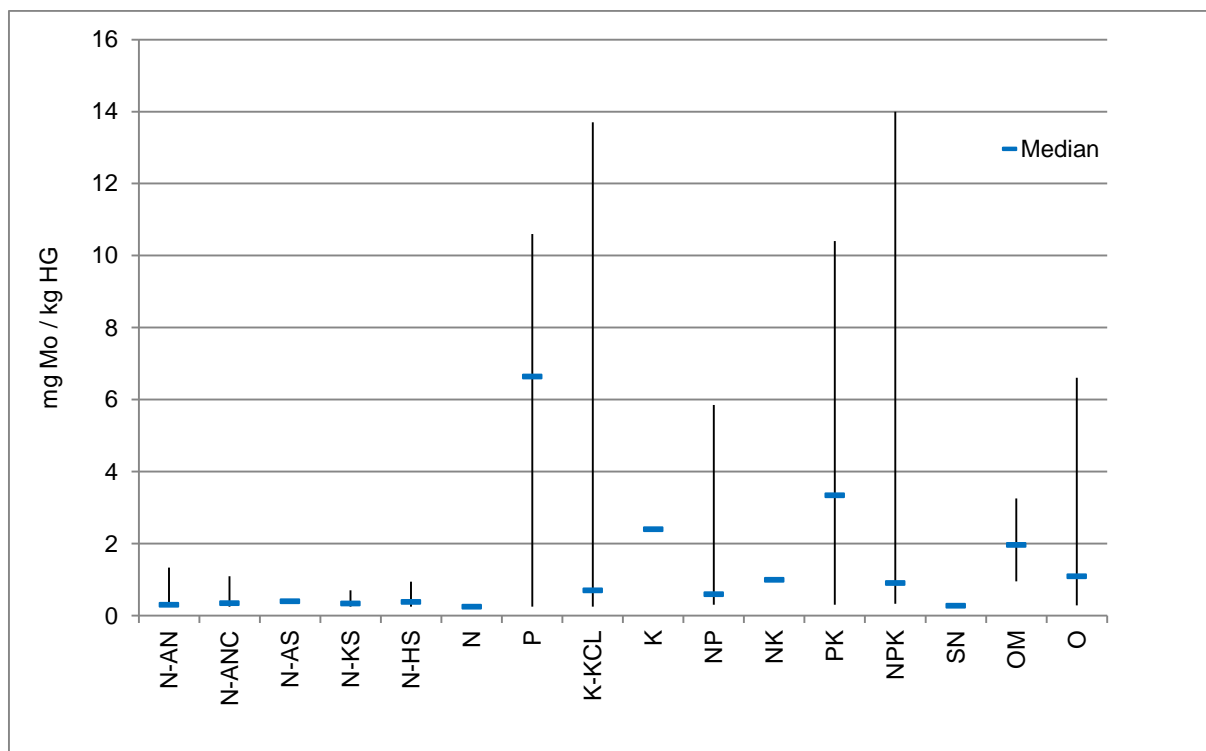


**Abbildung 7:** Kupfergehalte in mg / kg HG

## Molybdän (Mo)

**Tabelle 14:** Molybdängehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Mo / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	0.30	<0.25	1.33
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	0.35	<0.25	1.09
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	0.40		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.34	<0.25	0.70
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.38	<0.25	<0.94
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.25		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	6.65	<0.25	10.60
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.70	<0.25	13.70
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	2.40		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	0.59	<0.30	5.85
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	1.00		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	3.34	<0.30	10.40
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	20	0.91	<0.33	13.99
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	2	0.28	<0.25	0.30
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	1.96	<0.95	3.25
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	1.09	0.28	6.61

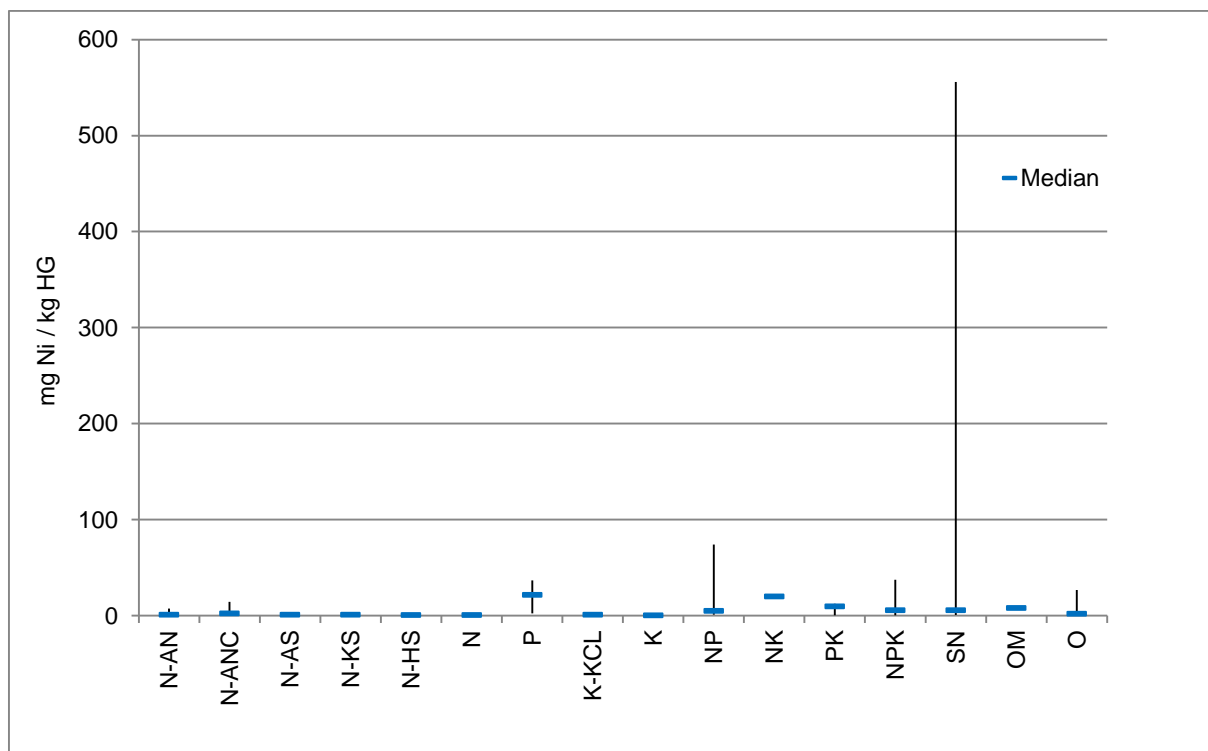


**Abbildung 8:** Molybdängehalte in mg / kg HG

## Nickel (Ni)

**Tabelle 15:** Nickelgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Ni / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	1.11	0.24	7.20
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	2.31	0.38	14.40
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	0.99		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	0.85	0.17	1.58
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	0.61	0.05	<0.96
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.72		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	21.75	2.28	36.70
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	0.99	0.00	2.02
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	0.19		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	4.87	1.08	73.99
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	19.92		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	9.53	0.17	12.40
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	5.54	0.39	37.47
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	5.60	0.50	556.00
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	8.02	6.40	8.41
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	1.96	<0.93	26.60



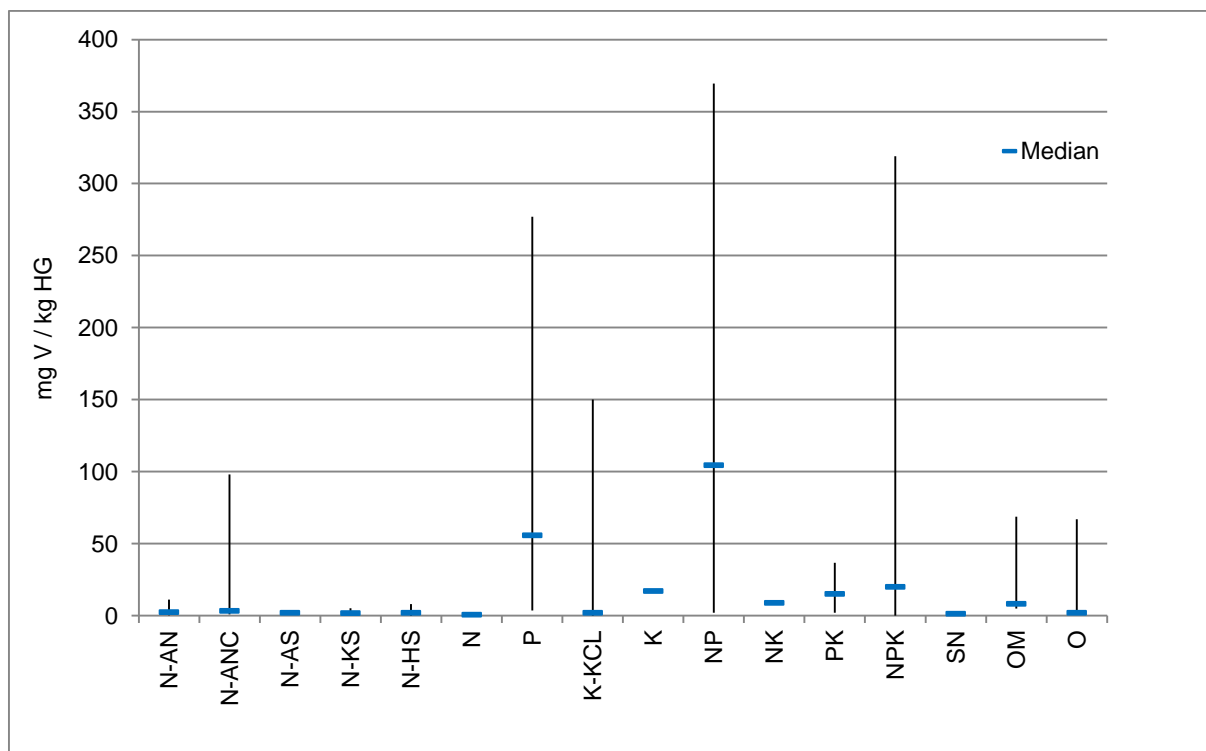
**Abbildung 9:** Nickelgehalte in mg / kg HG



## Vanadium (V)

**Tabelle 16:** Vanadiumgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg V / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	2.50	0.13	11.20
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	3.42	0.99	98.00
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	1.98		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	1.70	1.64	5.00
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	1.90	<0.10	8.00
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	0.70		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	55.85	3.57	277.00
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	2.02	0.10	150.00
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	17.00		
NP-Dünger	<b>NP</b>	9	104.56	2.00	369.49
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	8.80		
PK-Dünger	<b>PK</b>	7	15.00	<2.00	36.71
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	21	19.96	<0.10	319.00
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	3	1.31	<0.10	2.00
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	8.11	4.77	68.68
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	1.89	0.43	66.90

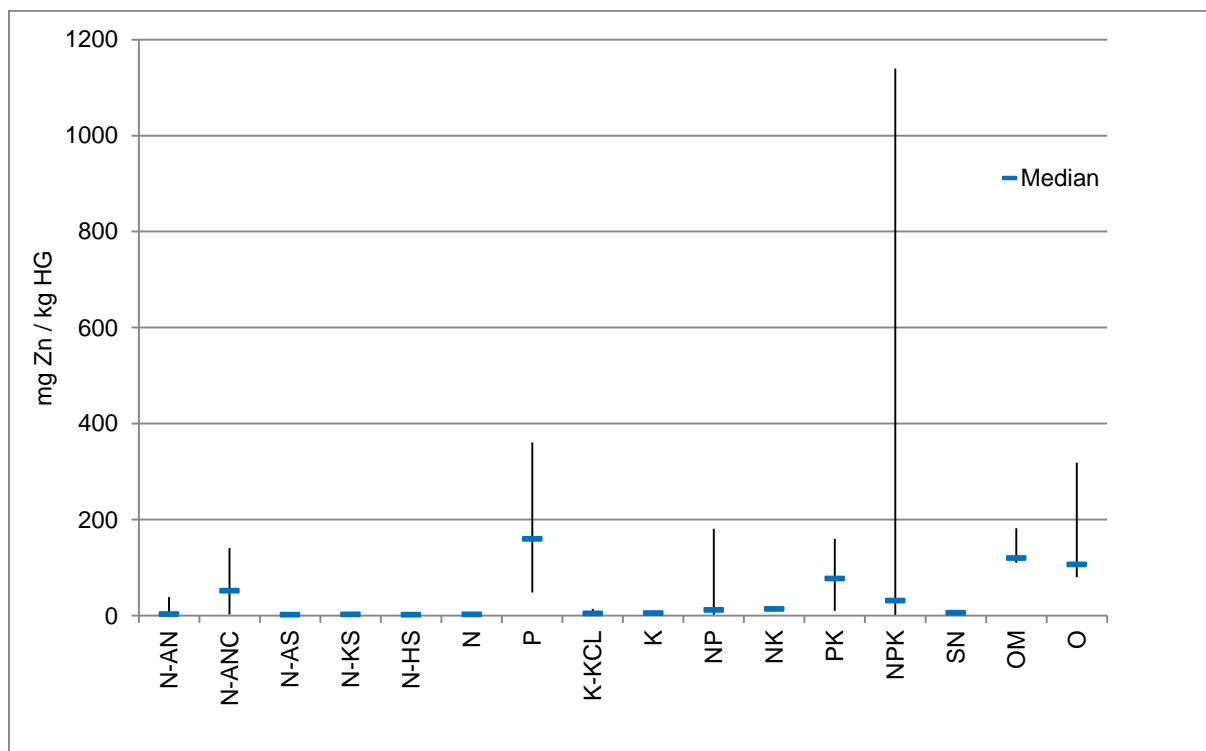


**Abbildung 10:** Vanadiumgehalte in mg / kg HG

## Zink (Zn)

**Tabelle 17:** Zinkgehalte in mg / kg HG

Dünger	n	Median	Minimum	Maximum	
		mg Zn / kg HG			
Ammoniumnitrat	<b>N-AN</b>	10	3.05	1.00	38.80
Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat	<b>N-ANC</b>	8	51.69	2.37	141.00
Ammonsulfatsalpeter	<b>N-AS</b>	1	1.98		
Kalksalpeter	<b>N-KS</b>	4	2.95	<1.69	5.00
Harnstoff	<b>N-HS</b>	10	1.90	<1.00	4.72
Stickstoffdünger	<b>N</b>	1	2.43		
Phosphatdünger	<b>P</b>	8	160.20	48.20	361.00
Kaliumchlorid	<b>K-KCL</b>	9	4.36	<1.00	14.00
Kaliumdünger	<b>K</b>	1	5.00		
NP-Dünger	<b>NP</b>	6	11.86	<2.00	181.00
NK-Dünger	<b>NK</b>	1	13.94		
PK-Dünger	<b>PK</b>	6	77.50	10.00	160.36
NPK-Dünger	<b>NPK</b>	19	31.29	<1.63	1139.67
Spurennährstoffdünger	<b>SN</b>	1	5.78		
Organisch-mineralischer Dünger	<b>OM</b>	3	120.14	109.74	182.00
Organischer Dünger	<b>O</b>	8	107.00	79.77	319.00



**Abbildung 11:** Zinkgehalte in mg / kg HG

### 3.3 Zusammenfassung der Resultate der Schwermetallgehalte

Die Resultate der Gehaltsanalysen der einzelnen Schwermetalle werden im Bericht summarisch wiedergegeben und stehen für zukünftige Frachtenberechnungen und toxikologische Abschätzungen zur Verfügung.

Die Resultate streuen insgesamt und innerhalb einer Düngerguppe sehr stark. Reine Phosphatdünger (P) weisen mit Ausnahme von Blei und Vanadium jeweils die höchsten Medianwerte bei den Mineraldüngern auf. Dies zeigt sich im Folgenden auch bei den phosphathaltigen mineralischen Mehrnährstoffdüngern (NP, PK und NPK), die im Vergleich zu den anderen Düngern höhere Schwermetallgehalte aufweisen. Reine Stickstoff- und Kaliumdünger weisen im Allgemeinen die tiefsten Schwermetallgehalte auf. Eine Ausnahme bilden hier die Ammoniumnitrat-Calciumcarbonat (Kalkammonsalpeter) Dünger (ANC), die für Blei den höchsten Median-Wert aufweisen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass Dünger, die ausschliesslich aus einem chemischen Prozess stammen wie beispielsweise Harnstoff, sehr geringe Schwermetallgehalte aufweisen. Hingegen werden bei Düngern, welche aus geogenen Quellen aufbereitet werden, wie Kalke und Rohphosphate, gleichzeitig auch die Schwermetalle aus dem Ursprungsgestein eingearbeitet.

Die Resultate zeigen weiter, dass die drei organisch-mineralischen Dünger für alle zehn Schwermetalle höhere Gehalte aufweisen als die acht organischen Dünger. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass diesen Produkten Gesteinsmehl oder Rohphosphate zugesetzt wurden. Organisch-mineralische Dünger, welchen mineralische Phosphate beigefügt werden weisen beispielsweise einen deutlich höheren Cadmiumgehalt auf.

Die Schwermetallgehalte der organischen und organisch-mineralischen Dünger liegen häufig in einem ähnlichen Bereich wie bei den reinen Stickstoff- und Kalidüngern. Allerdings kann festgestellt werden, dass insbesondere bei Chrom, Kupfer, Molybdän und Zink die Median-Werte deutlich höher liegen als bei den reinen Stickstoff- und Kalidüngern. Die höheren Kupfer- und Zinkwerte stammen von Hofdüngern, welche bei Düngern als organisches Ausgangsmaterial verwendet werden.

An dieser Stelle ist es wichtig anzumerken, dass die alleinige Kenntnis der Schwermetallgehalte in Düngern nicht ausreicht, um eine Aussage bezüglich Schwermetalleinträge in die Schweizer Böden treffen zu können. Für eine solche Abschätzung müssen immer auch die Nährstoffgehalte der Dünger berücksichtigt werden, da diese je nach Dünger grosse Unterschiede aufweisen – beispielsweise sind die Nährstoffgehalte in mineralischen Düngern häufig viel höher als in organischen Düngern. Für einen Vergleich der verschiedenen Dünger muss bekannt sein, welche Düngermenge in kg Handelsgewicht durchschnittlich ausgebracht werden muss, um beispielsweise eine Stickstoffnormdüngung für Winterweizen von 140 kg N / ha pro Jahr zu erreichen (GRUDAF, 2009).

### 3.4 Grenzwerte nach ChemRRV

Wie in Kapitel 1 beschrieben und in der Tabelle 1, S. 2 dargestellt, gibt es in der Schweiz Grenzwerte für bestimmte Schadstoffe für mineralische, organische und organisch-mineralische Dünger.

#### 3.4.1 Mineralische Dünger

Bei den mineralischen Düngern werden die Vanadium- und Chromgrenzwerte von sämtlichen Düngern eingehalten. Hingegen werden die Cadmiumgrenzwerte in mineralischen Phosphordüngern relativ häufig überschritten.

Der Grenzwert für Cadmium ist auf den Phosphorgehalt bezogen und gilt deshalb nur für Produkte, die mehr als ein Prozent Phosphor enthalten. Bei der Marktkampagne wurden 45 mineralische Phosphordünger beprobt. Ein mineralischer, phosphorhaltiger Dünger wurde nicht in die Auswertung bezüglich des Grenzwerts miteinbezogen, weil dessen Phosphorgehalt kleiner als 1% ist. Abbildung 12 zeigt die mineralischen phosphorhaltigen Düngern nach steigendem Cadmiumgehalt bezogen auf den analysierten Phosphorgehalt. Der Medianwert der Gehalte liegt bei 47.1 g Cd / t P, der Minimum-Wert bei < 0.2 g Cd / t P und der Maximum-Wert bei 217.2 g Cd / t P. Es wird ersichtlich, dass die Gehalte sehr variabel sind und dass höhere Cadmiumgehalte nicht einem bestimmten Typ Dünger zugeschrieben werden

können, fast bei allen Typen lassen sich Gehalte über 50 g Cd / t P finden. Im Rahmen der Marktkampagne wurde in Anlehnung an einen Ringversuch von Agroscope (Bachmann, 2004) zudem eine Toleranz von 30 % auf den gemessenen Cadmiumwert angewandt, um Messunsicherheiten bei der Analyse abzufangen. Dies bedeutet, dass im Rahmen der Marktkampagne Dünger erst ab einem Messwert von 65 g Cd / t P beanstandet wurden.

Die Verteilung der Cadmiumgehalte bezogen auf den Phosphorgehalt widerspiegelt Abbildung 13. 54.5 % der mineralischen Phosphordünger (n = 24) enthalten bis zu 50 g Cd / t P und 11.4 % (n = 5) bis zu 65 g Cd / t P. Das bedeutet, dass 65.9 % (n = 29) Cadmiumgehalte aufweisen, die innerhalb der im Rahmen der Marktkampagne gesetzten Toleranzschwelle liegen. 29.5 % (n = 13) enthalten über 65 – 150 g Cd / t P und 4.5 % (n = 2) enthalten 200 – 220 g Cd / t P und somit Gehalte, die den Grenzwert um das Vierfache überschreiten. Total liegen 34.1 % (n = 15) über der Toleranzschwelle von 65 g Cd / t P.

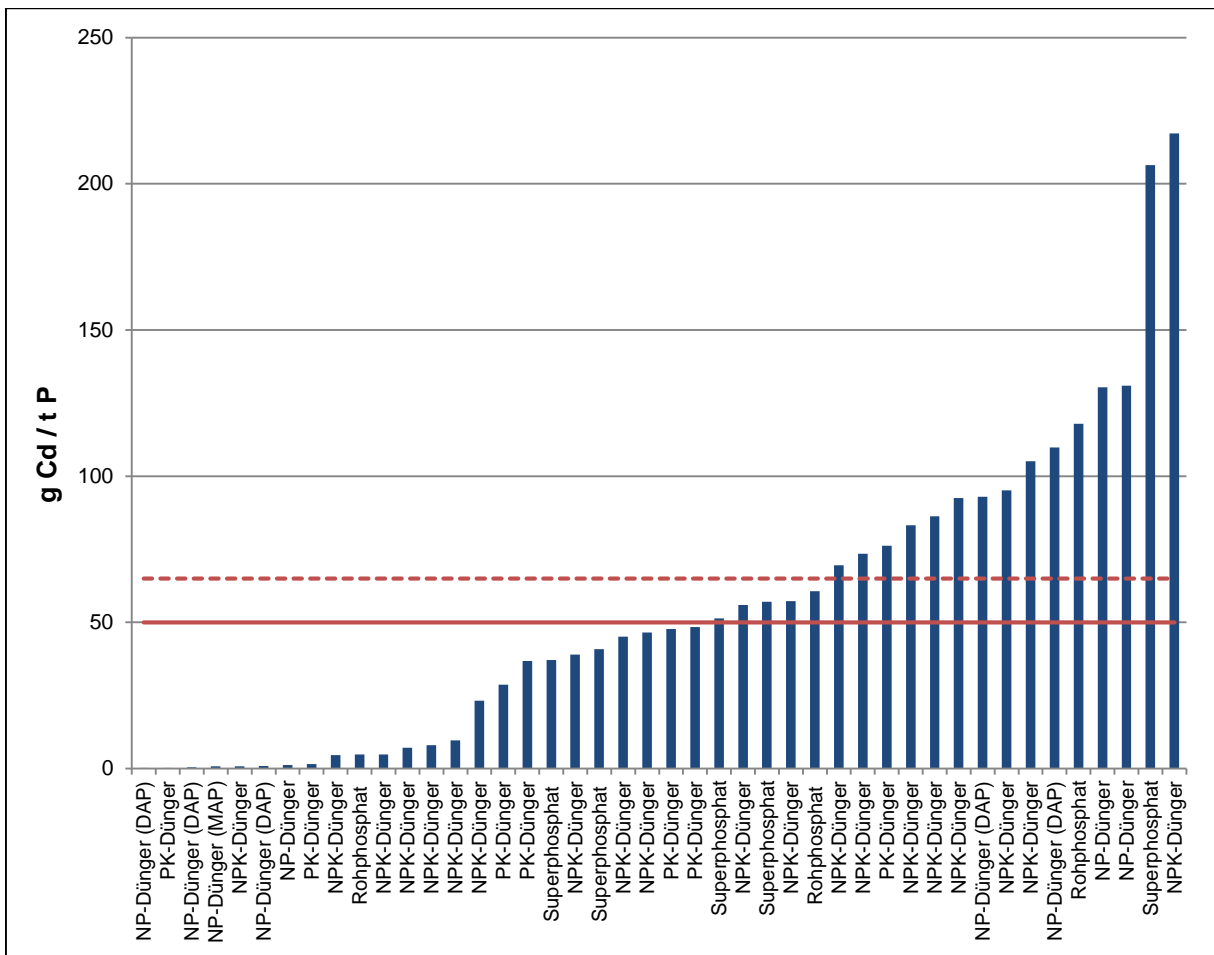
Die 44 mineralischen Phosphordünger stammen von 19 verschiedenen Schweizer Firmen. Produkte, die von einer Firma in Verkehr gebracht werden und von einer anderen Firma weiterverkauft werden, wurden in der Analyse der ursprünglichen Firma zugeordnet. In Abbildung 14 wird ersichtlich, dass 11 Firmen – und somit mehr als die Hälfte aller kontrollierten Firmen – mineralische phosphathaltige Dünger in Verkehr brachten, deren Cadmiumgehalt über 50 g / t P lag.

Anhand von Informationen zu den verkauften Düngermengen, welche bei der Agricura gemeldet wurden, lassen sich die Resultate zusätzlich grob hinsichtlich der Repräsentativität einschätzen. Die beprobten Produkte repräsentieren mengenmässig insgesamt etwa 10 % der gesamten Inlandverkäufe der mineralischen Phosphordünger in der Schweiz während des Düngerjahres 2011/2012. Für die Düngerkategorien sehen die Anteile unterschiedlich aus, bei den NP Düngern ist der Anteil mit gut 40 % am höchsten, bei den NPK Düngern mit 5 % am tiefsten. Aus den jeweiligen Phosphorgehalten und Inlandverkäufen lässt sich abschätzen, dass die beprobten Produkte rund 14 % des gesamten Phosphat Inputs durch mineralische Dünger in der Periode 2011/2012 ausmachen. Gewichtet mit den Inlandverkäufen liegt der Cadmiumgehalt bei 67 mg Cd / kg P. Die Repräsentativität der Proben wird somit als relativ gut eingeschätzt. Eine Unterteilung der beprobten mineralischen Phosphordünger in die Anwendungsbereiche Landwirtschaft (30 Produkte) und Gartenbau (14 Produkte) zeigt, dass die mittleren Cadmiumgehalte in beiden Bereichen etwa gleich sind.

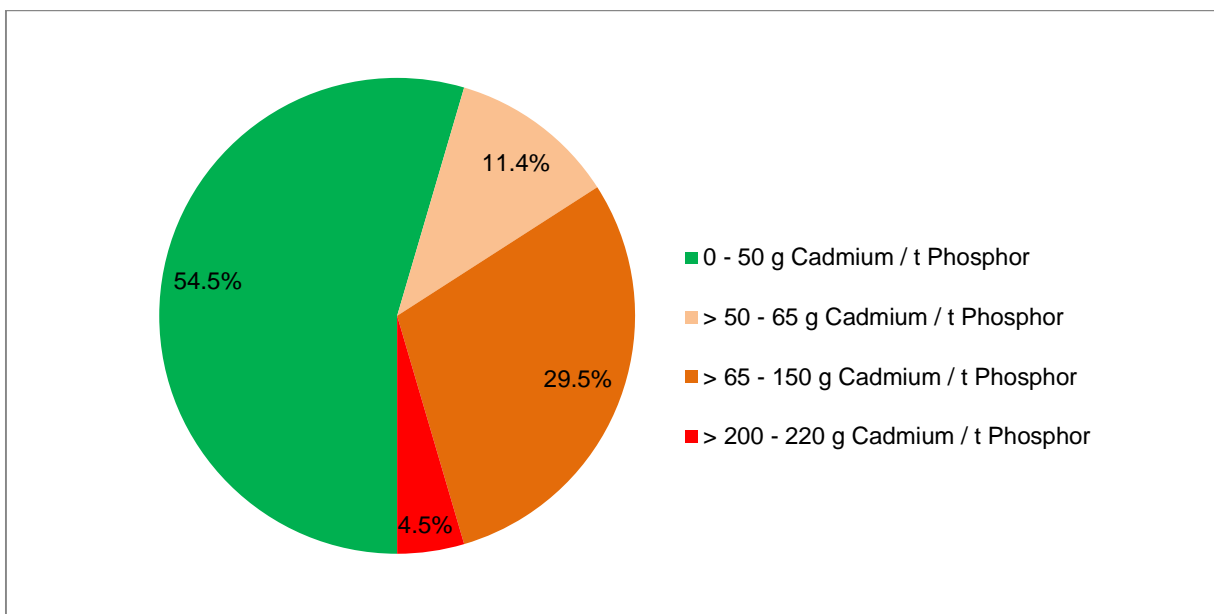
Diese Resultate zeigen deutlich, dass mineralische Phosphordünger der Schweizer Rechtsetzung in Bezug auf Cadmium häufig nicht genügen und die Kontrolle der Qualität der Produkte von den verantwortlichen Inverkehrbringern in vielen Fällen ungenügend ist.

### **3.4.2 Organische und organisch-mineralische Dünger**

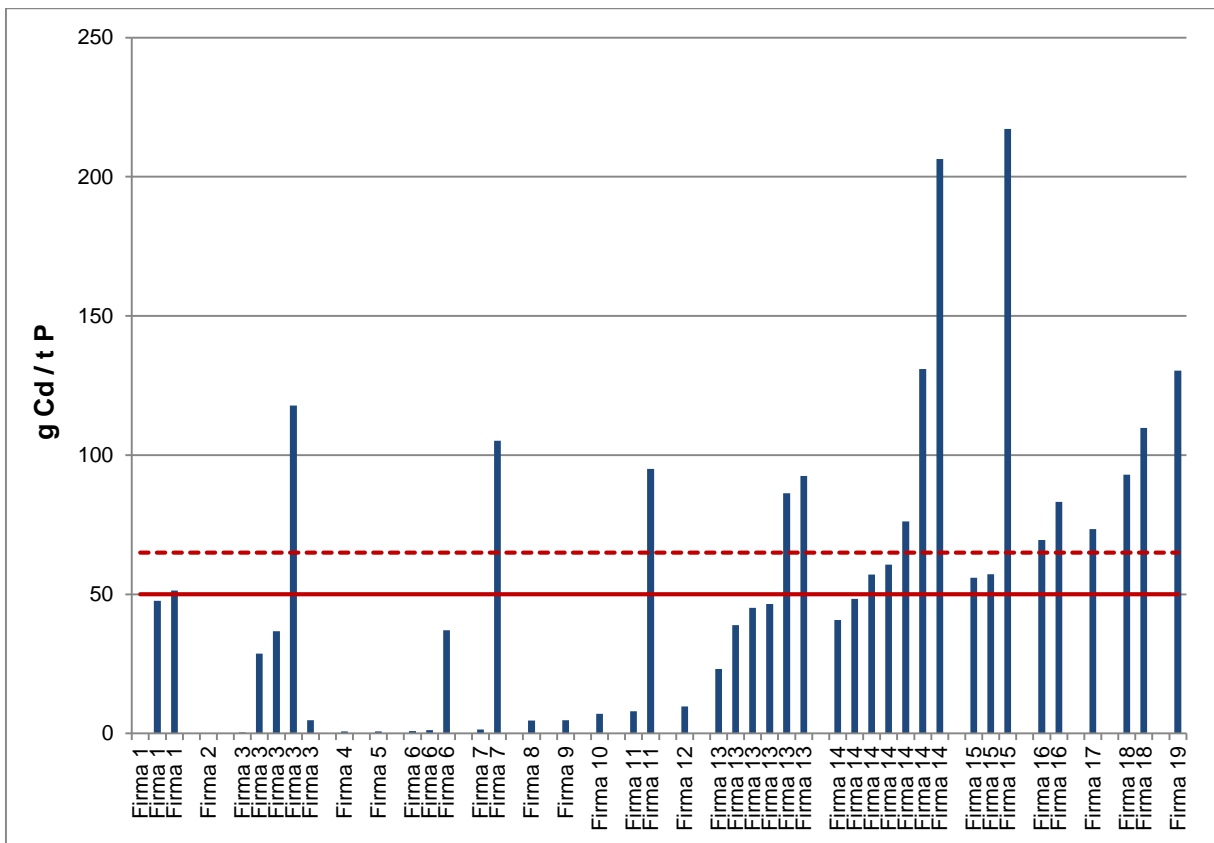
Weder bei den organischen noch bei den organisch-mineralischen Düngern wurden Grenzwertüberschreitungen ausserhalb der bei der Marktkampagne angewendeten Toleranzen (Blei 50 %; Kupfer, Nickel und Zink jeweils 20 %) festgestellt. Es lässt sich aus der geringen Probengrösse von insgesamt 11 Produkten jedoch keine Aussage ableiten, ob organische und organisch-mineralische Dünger, die in der Schweiz vertrieben werden, im Allgemeinen die Grenzwerte einhalten.



**Abbildung 12:** Cadmiumgehalt bezogen auf den analysierten Phosphorgehalt in mineralischen phosphorhaltigen Düngern (n = 44). Ausgezogene Linie: Grenzwert nach ChemRRV; Gestrichelte Linie: Toleranzschwelle für die Marktkampagne.



**Abbildung 13:** Verteilung der Cadmiumgehalte in 44 mineralischen Phosphordüngern



**Abbildung 14:** Aufteilung der 44 mineralischen P-Dünger nach Schweizer Firmen. Ausgezogene Linie: Grenzwert nach ChemRRV; Gestrichelte Linie: Toleranzschwelle für die Marktkampagne.

### 3.5 Vorgeschlagene Grenzwerte in der EU für Mineraldünger

Die Arsen-, Blei-, Cadmium- und Nickelgehalte der Dünger aus der Marktkampagne wurden mit den für die entsprechenden Elemente vorgeschlagenen EU-Grenzwerten verglichen (Abbildung 15, 16, 17a, 17b und 18). Nicht für alle Proben der Marktkampagne wurde die Trockensubstanz (TS) bestimmt, deswegen wurde die Auswertung der Schwermetallgehalte in mg / kg Handlungsgewicht (HG) dargestellt. Da die vorgeschlagenen EU-Grenzwerte jedoch auf die TS bezogen sind, wurden diese näherungsweise dem durchschnittlichen TS-Gehalt von 94.4 % auf das HG umgerechnet (Tabelle 18).

**Tabelle 18:** Umrechnung der vorgeschlagenen EU-Schwermetallgrenzwerte für Mineraldünger auf HG (Annahme: TS-Gehalt = 94.4 %)

Schwermetall	Vorgeschlagener Grenzwert [mg / kg TS] <sup>1)</sup>	Vorgeschlagener Grenzwert [mg / kg TS] <sup>1)</sup>
Arsen (As)	60	57
Blei (Pb)	150	142
Cadmium (Cd) in Düngern mit 0 – 5 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.0	2.8
Cadmium (Cd) in Düngern mit mehr als 5 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60 mg Cd / kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> entsprechen 138 mg Cd / kg P	60 mg Cd / kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> entsprechen 138 mg Cd / kg P
Nickel (Ni)	120	113

<sup>1)</sup> wenn nicht anders angegeben

#### Schweizer Mineraldünger würden die vorgeschlagenen Anforderungen für Arsen, Blei und Nickel erfüllen

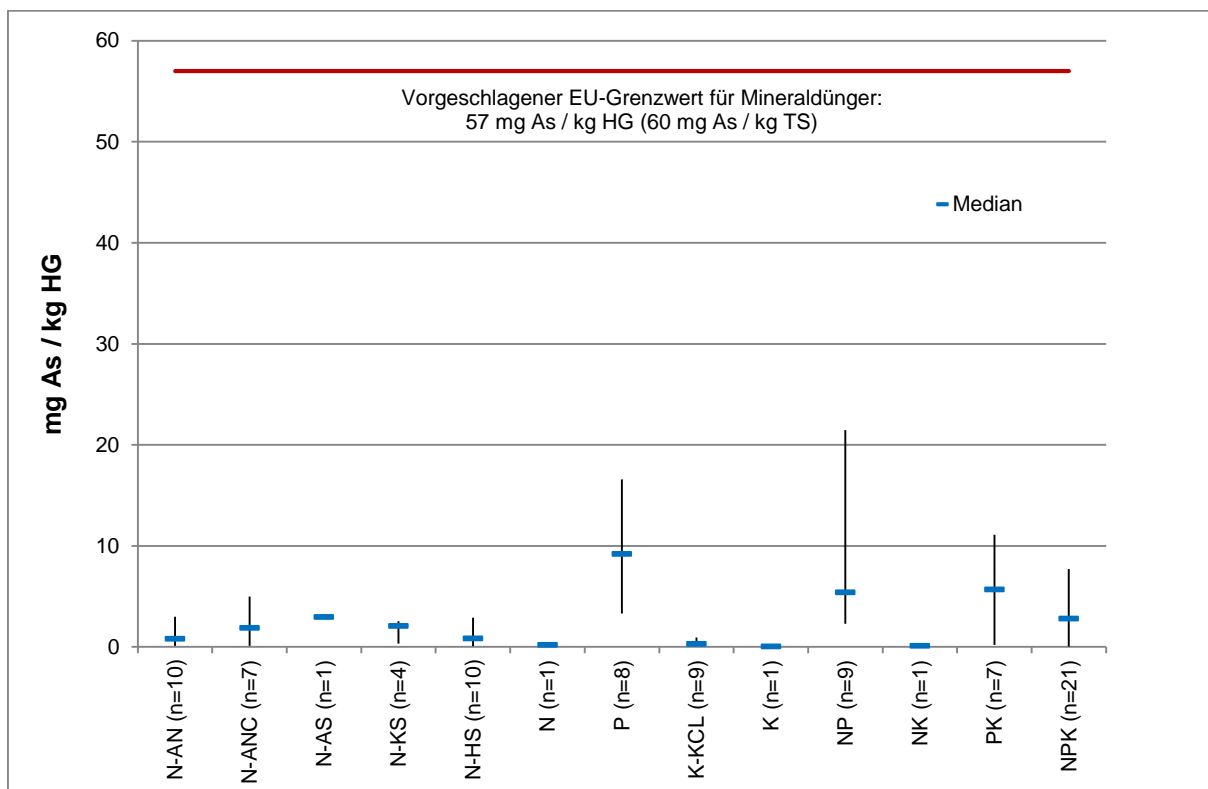
Aus den Abbildungen 15, 16 und 18 wird ersichtlich, dass sämtliche mineralischen Dünger aus der Marktkampagne jeweils deutlich tiefere Gehalte als 57 mg As / kg HG, 142 mg Pb / kg HG oder 113 mg Ni / kg HG – diese Werte entsprechen den vorgeschlagenen EU-Grenzwerten – aufweisen.

#### 2.2 % der mineralischen Dünger überschreiten die vorgeschlagenen Anforderungen der EU in Bezug auf Cadmium

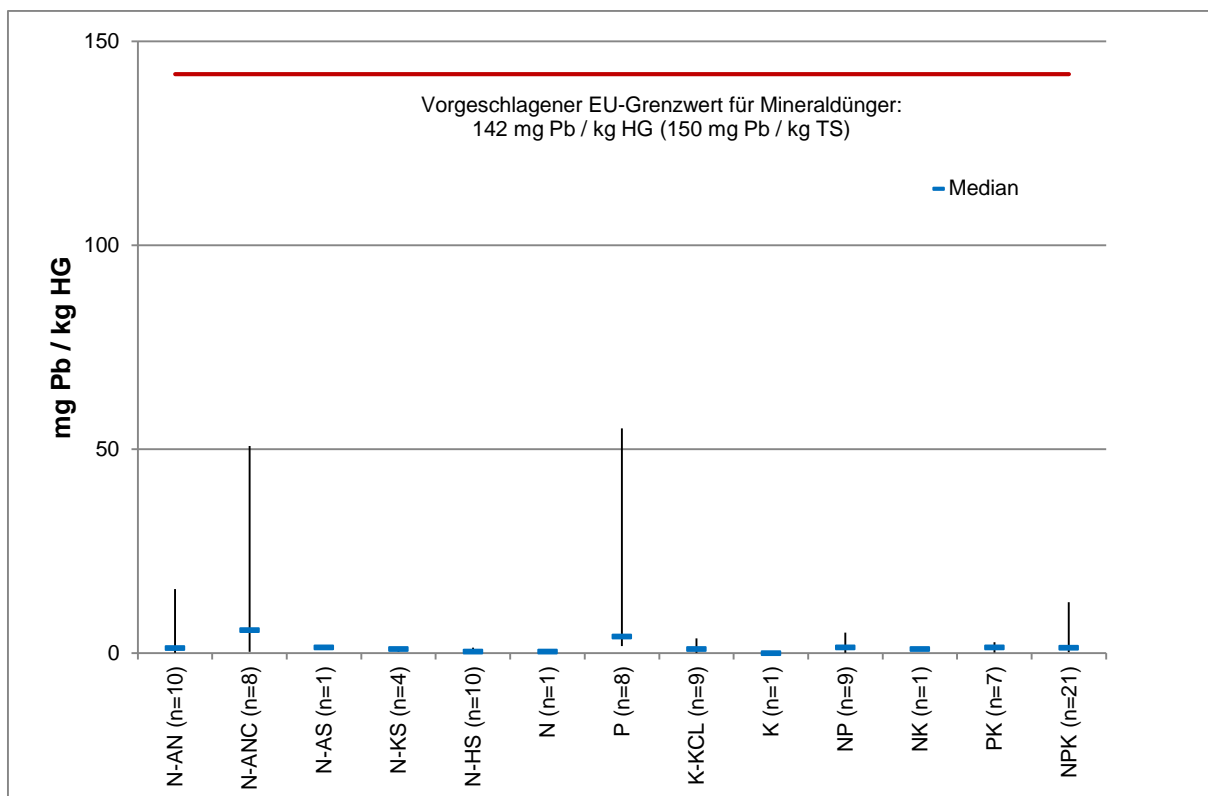
Der Entwurf der EU schlägt einen Grenzwert für mineralische Dünger, die bis zu 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> enthalten, sowie einen für mineralische Dünger mit mehr als 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vor. Die Auswertung der Analysen der Marktkampagne zeigt, dass von 53 Produkten mit einem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt bis 5 % ein NPK-Dünger den vorgeschlagenen Grenzwert von 2.8 mg Cd / kg HG überschreitet (Abbildung 17a). Von den 40 Düngern, die mehr als 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> enthalten, überschreitet wiederum ein Produkt – ein Superphosphat – den vorgeschlagenen Grenzwert von 138 mg Cd / t P (Abbildung 17b). Insgesamt würden 2 mineralische Dünger, oder 2.2 % (n=2, n(total)=93), die Anforderungen in Bezug auf Cadmium nicht erfüllen.

Die in der Schweiz gehandelten Mineraldünger, die im Rahmen der Marktkampagne einer Analyse unterzogen wurden, würden somit mit einzelnen Ausnahmen beim Cadmium die 2007 vorgeschlagenen Grenzwerte der EU einhalten.

**Abbildung 15:** Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Arsen mit den Düngern der Marktkampagne



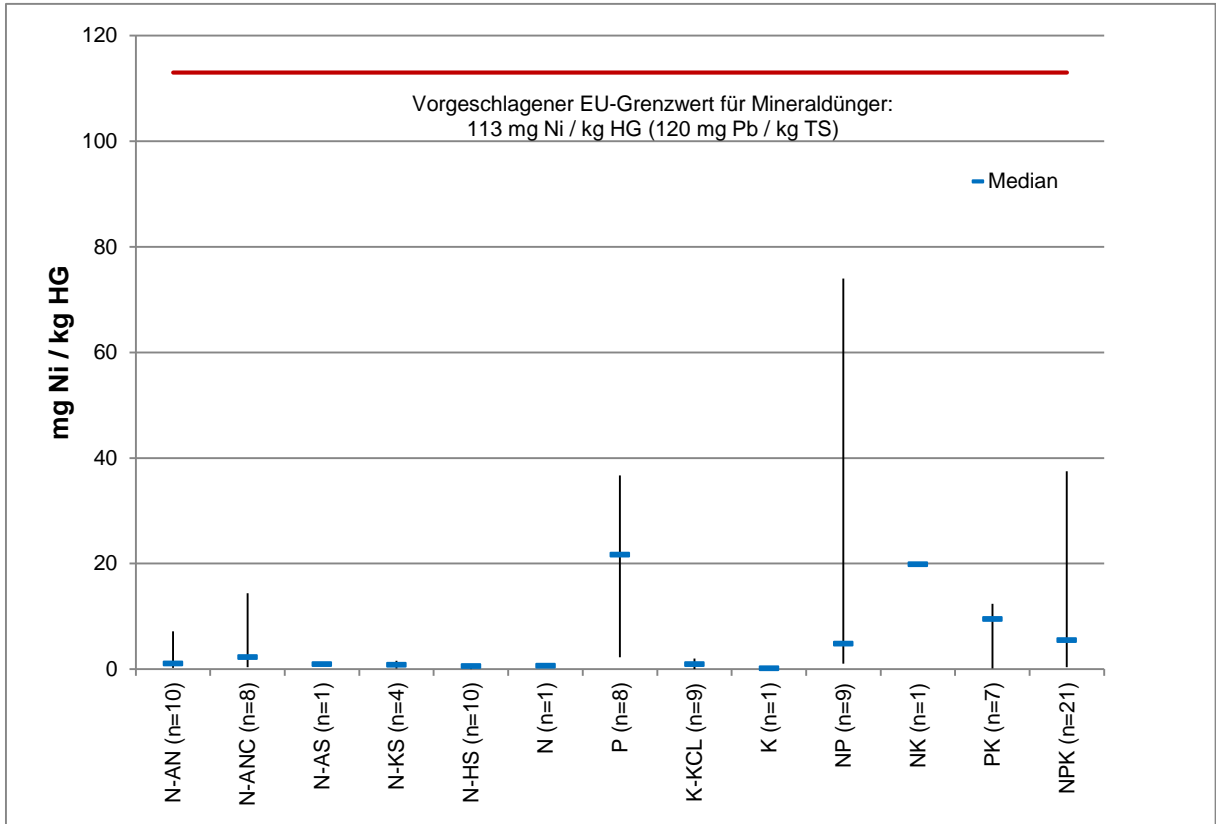
**Abbildung 16:** Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Blei mit den Düngern der Marktkampagne







**Abbildung 18:** Vergleich des vorgeschlagenen EU-Grenzwerts für Nickel mit den Düngern der Marktkampagne



### 3.6 Vergleich mit bestehenden Untersuchungen

In der Vergangenheit wurden im In- und Ausland einige Studien zu Schwermetallgehalten in (Mineral-) Düngern durchgeführt (BUWAL, 1991; Boysen, 1992; Dittrich und Klose, 2008; Gsponer, 1990; Nzigheba und Smolders, 2008).

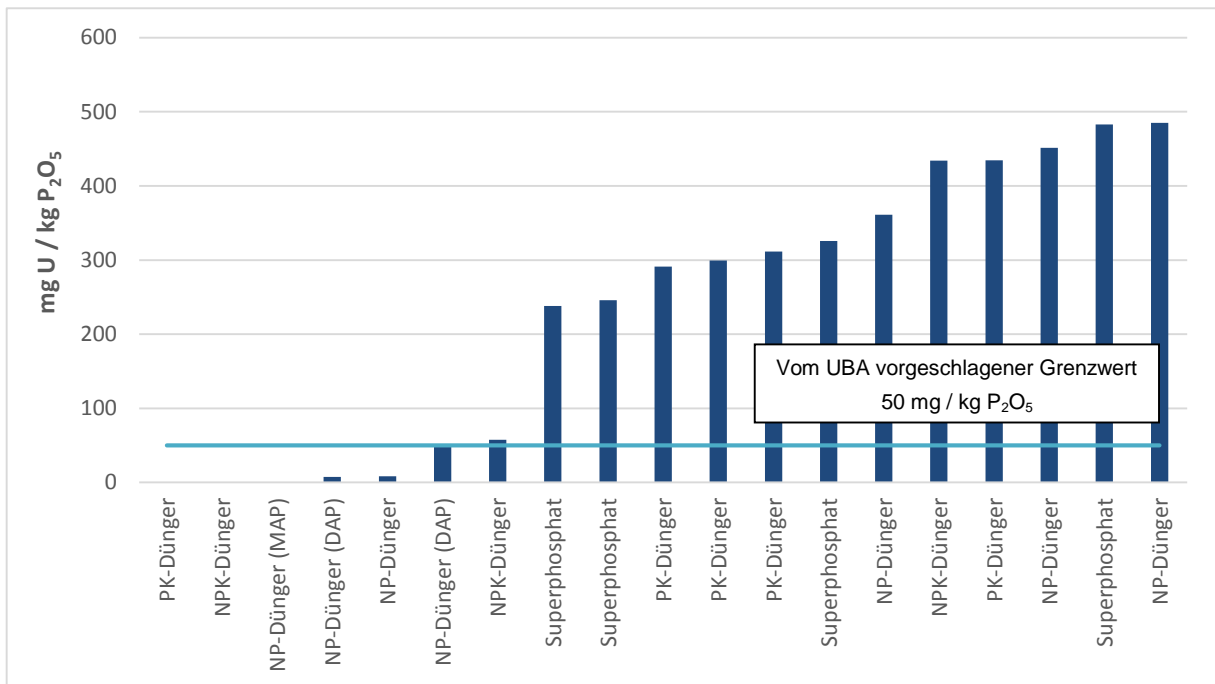
Ein Vergleich der Daten gestaltet sich schwierig, da sich bei den verschiedenen Berichten die Einteilung der Dünger unterscheidet, die Angaben in anderen Einheiten gemacht werden, nur teilweise dieselben Schwermetalle untersucht wurden und die Daten wie bei dieser Kampagne insgesamt eine sehr hohe Variabilität aufweisen. Generell lassen sich jedoch die wichtigsten Erkenntnisse der Marktkampagne in sämtlichen Studien wiederfinden. Die Phosphatdünger weisen die höchsten Schwermetallgehalte auf – mit Ausnahme von Blei bei Kalkammonsalpeter (Abbildung 16), wie dies auch in zwei deutschen Studien deutlich wurde (Boysen, 1992; Dittrich und Klose, 2008).

Der Vergleich einiger Düngergruppen (Ammoniumnitrat, Kalksalpeter, Harnstoff, Phosphatdünger, Kaliumchlorid und organische Dünger) mit den Daten der BUWAL Studie von 1991 hat ergeben, dass die Resultate im Grossen und Ganzen in derselben Grössenordnung liegen. Ein grosser Unterschied zeigt sich allerdings bei den Median-Werten für Chrom und Vanadium. Diese liegen in der Studie des BUWAL viel höher. Die Median-Werte für Chrom, respektive Vanadium liegen bei der BUWAL-Studie bei 915 mg Cr / kg TS, respektive 6140 mg V / kg TS; im Vergleich dazu liegen bei der Marktkampagne die Werte bei nur 57 mg Cr / kg HG, respektive 56 mg V / kg HG. Bei genauerem Betrachten stellt man fest, dass in der Studie des BUWAL in der Gruppe der Phosphatdünger Thomasphosphate erhoben wurden, die jeweils sehr hohe Chrom- und Vanadiumgehalte aufweisen. Diese Schlackedünger werden in der Schweiz praktisch nicht mehr eingesetzt, auch im Rahmen der Marktkampagne wurden keine Thomasphosphate erhoben.

### 3.7 Bestimmung von Urangelhalten in mineralischen, phosphorhaltigen Düngern

Zusätzlich zu den zehn Schwermetallen gemäss Projektbeschreibung untersuchten einige Kantone ihre bei der Marktkampagne Dünger 2011/2012 erhobenen mineralischen phosphorhaltigen Dünger auf Uran. Uran aus geogenen Quellen kommt natürlich im Boden vor. Zusätzlich kann das Schwermetall über die Düngung mit Rohphosphaten oder mit aus Rohphosphaten hergestellten Produkten in den Boden eingetragen werden. Uran ist schwach radioaktiv und hat ab einer gewissen Konzentration chemisch toxische Effekte auf Menschen und Tiere (ATSDR, 2013; WHO, 2011ab; Roth und FitzGerald, 2015). Diese chemisch toxischen Eigenschaften überwiegen in der Beurteilung der Risiken aus düngerbürtigem Uran. Da Pflanzen kaum Uran aus dem Boden aufnehmen, wird eine Gefährdung über Futter- oder Lebensmittel als gering eingeschätzt. Es verbleibt das Risiko einer Gefährdung von Mensch, Tier und Umwelt über eine mögliche langfristige Anreicherung im Boden und Auswaschung ins Grund- und Trinkwasser.

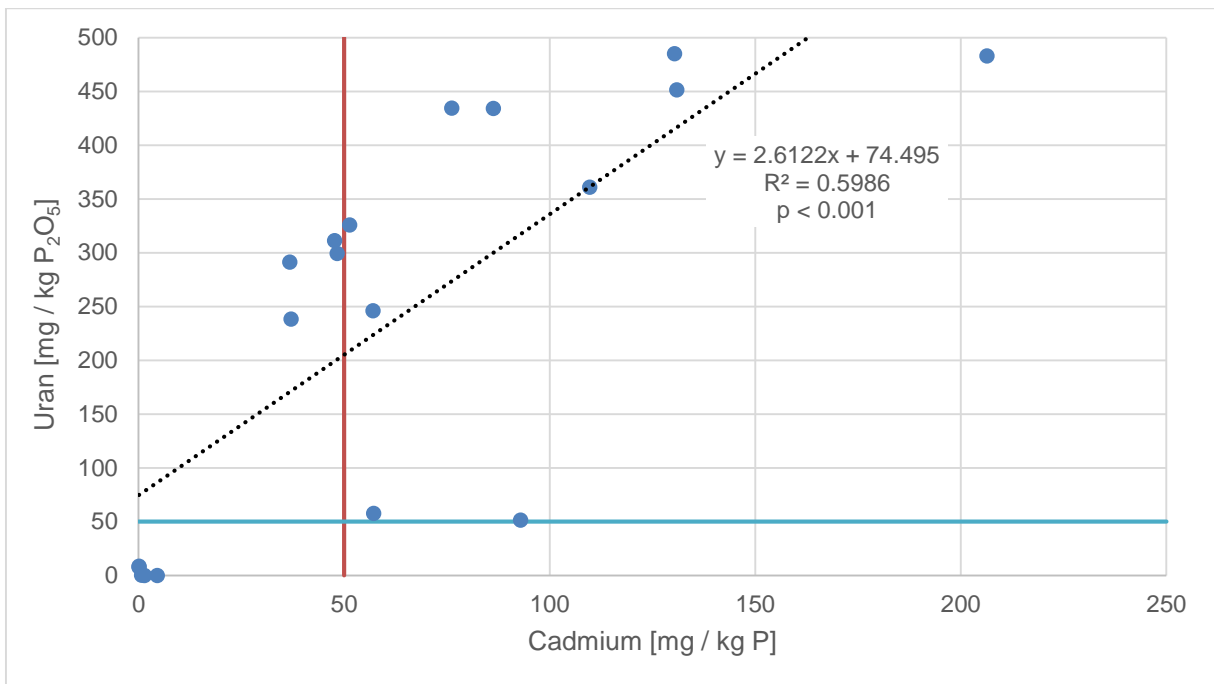
Abbildung 19 stellt die untersuchten Dünger nach steigendem Urangelhalt dar. Der Medianwert liegt bei 291.2 mg (Uran) U / kg Phosphat ( $P_2O_5$ ), der Minimum-Wert bei  $< 0.01$  mg U / kg  $P_2O_5$  und der Maximum-Wert bei 484.9 mg U / kg  $P_2O_5$ . Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gibt es in der Schweiz einen Grenzwert für Uran im Trinkwasser von 30  $\mu$ g U / l. Die vorliegenden Messungen lassen keine Aussage über eine Gefährdung der Gesundheit über das Trinkwasser durch Uran aus Phosphordüngern zu.



**Abbildung 19:** Urangehalt bezogen auf den analysierten Phosphatgehalt (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in mineralischen phosphorhaltigen Düngern (n=19)

Weder in der Schweiz noch in Europa gibt es derzeit einen Grenzwert für Uran in Dünger. Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) forderte 2012 in einem Positionspapier unter Anwendung des Vorsorgeprinzips die Einführung eines Grenzwertes von 50 mg U / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und eine Kennzeichnungspflicht ab 20 mg U / kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, analog zur Regelung bei Cadmium (UBA, 2012). Dieser vorgeschlagene Grenzwert wird bei 14 der 19 Dünger (73.7 %) überschritten.

Für die untersuchten Dünger in der Marktkampagne kann eine positive Korrelation zwischen Uran und Cadmium in P-Düngern hergeleitet werden. Jedoch ist die Konstante hoch, so dass theoretisch auch ein cadmiumfreier Dünger relativ viel Uran enthalten kann (vgl. Abbildung 20). Die Literaturrecherche vom SCAHT zeigt ein ähnliches Bild (Roth und FitzGerald, 2015). Von den Produkten, die auch auf Uran untersucht wurden, haben neun einen Cadmiumgehalt unter dem Grenzwert der ChemRRV. Davon weisen jedoch vier einen Urangehalt deutlich über dem vorgeschlagenen Grenzwert des UBA für Uran auf. Ein Cadmiumgehalt unterhalb des Grenzwerts kann nicht in jedem Fall zwingend als geeignet angesehen werden, um auf einen tiefen Urangehalt zu schliessen. Auf Grund der kleinen Anzahl Proben kann hier jedoch keine allgemeine Aussage zur Korrelation der Gehalte von Cadmium und Uran in Phosphordüngern gemacht werden.



**Abbildung 20:** Korrelation zwischen Cadmium und Uran in den untersuchten Düngern. Rote Linie: ChemRRV Grenzwert für Cadmium; Blaue Linie: Vom UBA vorgeschlagener Grenzwert für Uran.

## 4 Fazit und Empfehlungen

Die Resultate der Marktkampagne gaben dazu Anlass, in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen Empfehlungen an die involvierten Institutionen zu formulieren. Die Umsetzung der Empfehlungen oder daraus abgeleiteten Massnahmen sollen dazu beitragen, dass Dünger auf dem Schweizer Markt den geltenden Vorschriften und Qualitätsanforderungen entsprechen und die Verbraucher sich auf Angaben der verantwortlichen Inverkehrbringer verlassen können.

### 4.1 Kennzeichnungsvorschriften

Fehlende Angaben zur Lagerung, Unschädlichmachung und Beseitigung wurden bei 27.0 % der beurteilten Etiketten festgestellt. Weiter waren Mängel bei der Angabe des Düngertyps (20.6 %), der Sprache der Etikette (17.5 %) und des Inverkehrbringers (12.7 %) relativ häufig. Die restlichen Kriterien wie beispielsweise Dosierungsvorschriften, Lesbarkeit, Gewicht oder umweltgefährdende Angaben wurden in weniger als 10.0 % aller Fälle beanstandet. Fehler in den Kennzeichnungsvorschriften sind somit für gewisse Kriterien relativ häufig.

#### Empfehlungen Kennzeichnungsvorschriften

Bund:

- Erstellung eines Merkblattes mit den Anforderungen des Dünger- und Chemikalienrechts an die Kennzeichnung der Dünger zuhanden der Inverkehrbringer und Kantone.
- Planen einer nächsten Marktkampagne inklusive Überprüfung der Kennzeichnungsvorschriften.

Kantone:

- Abgabe des Merkblattes betreffend Kennzeichnung an Inverkehrbringer.
- Wiederholung der Kontrolle bei denjenigen Firmen, bei denen im Rahmen der Kampagne Beanstandungen gemacht wurden.
- Risikobasierte, stichprobenartige Kontrollen bei allen Inverkehrbringern (inkl. Direktimporten) auch ausserhalb von koordinierten Marktkampagnen durchführen.
- Motivation der Inverkehrbringer zur Umsetzung des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.

Inverkehrbringer:

- Erarbeiten eines umfassenden Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Umsetzen des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Kennzeichnungsvorschriften gemäss dem Merkblatt umsetzen.
- Einholen von Informationen bezüglich Inverkehrbringen von Düngern.

## 4.2 Nährstoffgehalte

17.5 % aller Dünger enthalten Nährstoffgehalte, die unterhalb der auf der Etiketle deklarierten Nährstoff-Mindestgehalte und ausserhalb der Toleranzen der DÜBV liegen. Dass ein Produkt weniger Nährstoffe enthält, als auf der Etiketle angegeben wird, ist somit häufig. Bei den Nährstoffen handelt es sich um die wertbestimmenden Inhaltsstoffe, weshalb gesetzlich deklarierte Nährstoff-Mindestgehalte dem Täuschungsschutz der Käuferinnen und Käufer dienen. Ist für einen Nährstoff kein Höchstwert angegeben, dann bestehen keine Beschränkungen hinsichtlich der Überschreitung des zugesicherten Gehalts. Die vorliegenden Daten erlauben keine Auswertung hinsichtlich der Spannweite der Abweichungen und somit keine abschliessende Aussage, wie relevant die Abweichungen sind. Für Mensch, Tier und Umwelt geht daraus keine Gefährdung hervor.

### Empfehlungen Nährstoffgehalte:

#### Bund:

- Planen einer nächsten Marktkampagne inklusive Quantifizierung der positiven und negativen Abweichungen von Nährstoffangaben.

#### Kantone:

- Standards für Probenahme und Analysemethoden festlegen.
- Die Analysen müssen von akkreditierten Labors durchgeführt werden.
- Angabe der Spannweiten der Abweichungen im Rahmen einer nächsten Marktkampagne.
- Wiederholung der Kontrolle bei denjenigen Firmen, bei denen im Rahmen der Kampagne Beanstandungen gemacht wurden.
- Risikobasierte, stichprobenartige Kontrollen bei allen Inverkehrbringern (inkl. Direktimporten) auch ausserhalb von koordinierten Marktkampagnen durchführen.
- Motivation der Inverkehrbringer zur Umsetzung des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.

#### Inverkehrbringer:

- Überprüfung ihrer Qualitätskontrollen hinsichtlich Nährstoffanalysen.
- Erarbeiten eines umfassenden Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Umsetzen des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Einholen von Informationen bezüglich Inverkehrbringen von Düngern.

### 4.3 Grenzwerte nach ChemRRV

Bei den 11 organischen und organisch-mineralischen Düngern wurden keine Grenzwertüberschreitungen ausserhalb der bei der Marktkampagne 2011/2012 angewendeten Toleranzen festgestellt. Hingegen waren Grenzwertüberschreitungen bei Cadmium in mineralischen Phosphordüngern häufig. Total überschritten 15 Dünger (34.1 %) der insgesamt 44 mineralischen Phosphordünger die für diese Marktkampagne verwendete Toleranzschwelle von 65 g Cadmium / t Phosphor. Diese 15 Dünger stammen von 10 verschiedenen Firmen, insgesamt wurden Dünger von 19 Firmen beprobt. Die Qualitätskontrolle der Inverkehrbringer ist somit in vielen Fällen ungenügend.

#### Empfehlungen Grenzwerte nach ChemRRV:

##### Bund:

- Förderung und Unterstützung von P-Recyclingdüngern mit dem Ziel Stoffkreisläufe weit möglichst zu schliessen und durch die Verminderung des Einsatzes von mineralischen Phosphatdüngern die Schadstofffrachten insgesamt zu senken.
- Aktuelle wissenschaftliche Untersuchung zum toxikologischen Risiko für Mensch und Umwelt durch Cadmium- und Uraneinträge aus der Düngung in Auftrag geben.
- Klare Kommunikation des Bundes betreffend der Durchsetzung des bestehenden Cadmiumgrenzwerts von 50 g Cd / t P.

##### Kantone:

- Vermehrte Kontrollen mineralischer Phosphordünger auch ausserhalb von Marktkampagnen.
- Wiederholung der Kontrolle bei Inverkehrbringern, bei denen Überschreitungen festgestellt wurden.
- Risikobasierte, stichprobenartige Kontrollen bei allen Inverkehrbringern (inkl. Direktimporten) auch ausserhalb von koordinierten Marktkampagnen durchführen.
- Nutzen der bestehenden Möglichkeit zum Überwälzen der Kosten der Kontrollen auf die Inverkehrbringer.
- Konsequenter Vollzug bei Inverkehrbringern mit Überschreitungen des bestehenden Cadmiumgrenzwerts.
- Motivation der Inverkehrbringer zur Umsetzung des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.

##### Inverkehrbringer:

- Überprüfung ihrer Qualitätskontrolle hinsichtlich Cadmiumgehalte.
- Erarbeiten eines umfassenden Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Umsetzen des Konzepts zur Verbesserung des Qualitätsmanagements.
- Einholen von Informationen bezüglich Inverkehrbringen von Düngern.

#### 4.3.1 Einordnung der toxikologischen Relevanz von Cadmium und Uran aus Düngern

Zusätzliche Schwermetalleinträge durch Dünger sind im Sinne der Vorsorge möglichst zu vermeiden. Die Anpassungen der Agrarpolitik haben bereits dazu geführt, dass heute im Vergleich zu 1990 nur noch ein Viertel der Menge an mineralischen Phosphatdüngern ausgebracht wird. Im letzten Jahrzehnt befindet sich diese jedoch auf gleichbleibendem Niveau bei rund 10'000 Tonnen P. Zur Minderung der mit der Düngung verbundenen Risiken steht das Bundesamt für Landwirtschaft in stetigem Kontakt mit der Forschung, der Praxis und den Kantonen. Das BLW hat deshalb beim Schweizerischen Zentrum für



Angewandte Humantoxikologie (SCAHT) die Zusammenstellung und Bewertung der aktuellen wissenschaftlichen und regulatorischen Literatur zur toxikologischen Relevanz von Cadmium und Uran aus Düngern in Auftrag gegeben (FitzGerald und Roth, 2015; Roth und FitzGerald, 2015). Als Basis für die Evaluation der Risiken durch Cadmium diente der Bericht "Assessment of Risks to Health and the Environment from Cadmium in Mineral Fertilisers" vom damaligen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (BUWAL, 2003), dessen Annahmen und Schlussfolgerungen im Lichte aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse vom SCAHT überprüft und kommentiert werden. Die Resultate dieser Marktkampagne, sowohl für Cadmium als auch für Uran, wurden vom SCAHT ebenfalls hinsichtlich der Gefährdung von Mensch und Umwelt eingeordnet. Die Berichte zur toxikologischen Relevanz von Cadmium und Uran aus mineralische Phosphordüngern werden zusammen mit diesem Bericht publiziert, weshalb an dieser Stelle nur die wichtigsten Schlussfolgerungen zusammengefasst werden.

## **Cadmium**

Die Autoren der Cadmium Risiko Evaluationsstudie vom BUWAL (BUWAL, 2003) kamen zum Schluss, dass die Anwendung von mineralischen Phosphordüngern mit Cadmium Konzentrationen von 50 mg Cd / kg P langfristig zu einer Akkumulation von Cadmium in Schweizer Ackerböden führt. Trotz dieser erwarteten Zunahme der Cadmiumgehalte im Boden wurde der aktuelle Grenzwert als ausreichend schützend für Mensch und Umwelt betrachtet. Die Gesundheitsrisiken, die von Cadmium in der Umwelt ausgehen, wurden nicht als hoch eingeschätzt. Der zusätzliche Eintrag von Cadmium durch Dünger wurde zudem als eher unbedeutend erachtet, verglichen mit der Hintergrundbelastung in Böden und Gewässern. Im Lichte des Vorsorgeprinzips der schweizerischen Umweltpolitik und der Beachtung des Stands der Technik wurde verlangt, dass die Cadmiumgehalte in Phosphordüngern so tief wie möglich gehalten werden.

Die aktuelle Literaturrecherche vom SCAHT zeigt, dass die Studie vom BUWAL die Auswaschung von Cadmium vermutlich unterschätzt hat und folglich das Potential für die Akkumulation im Boden überschätzt wurde. Zusätzlich scheinen die Einträge über die Luft heute geringer zu sein als noch vor zehn Jahren vom BUWAL angenommen. Das SCAHT kommt zum Schluss, dass in den nächsten 100 Jahren bei Einhaltung des Grenzwerts in Mineraldüngern eher eine Abnahme der Cadmiumgehalte im Boden und nicht eine Akkumulation zu erwarten ist. Nach Einschätzungen des SCAHT entsteht durch die Nutzung von mineralischen Phosphordüngern mit den aktuellen Cadmiumgehalten keine erhöhte Gefährdung der menschlichen Gesundheit. Da jedoch die Cadmium Exposition für gewisse Bevölkerungsteile bereits nahe an der tolerierbaren Tagesdosis ist, stimmt das SCAHT mit dem BUWAL Bericht überein, dass die Cadmiumgehalte in Düngern tief gehalten werden sollen, um zusätzliche Einträge zu minimieren. Das SCAHT weist zudem darauf hin, dass gewisse Publikationen lokal erhöhte Cadmiumgehalte in Sedimenten feststellten, welche zumindest teilweise aus Düngern stammen können. Das ökotoxikologische Risiko für Organismen in den Sedimenten bleibt jedoch auf Grund fehlender Daten ungewiss.

## **Uran**

Uran aus mineralischen Phosphordüngern kann zu natürlichen Hintergrundwerten in Böden und Gewässern beitragen. Nach Einschätzung des SCAHT wird Uran aus Düngern die Konzentrationen im Boden nur geringfügig erhöhen. Der Beitrag von Uran aus Düngern zur Aufnahme durch Nahrungsmittel wird als eher gering eingeschätzt, da Pflanzen Uran relativ schlecht aufnehmen. Die Aufnahme über Nahrungsmittel unterschreitet die tolerierbare Tagesdosis deutlich. Auf Grund der Mobilität von Uran in Böden erwartet das SCAHT eher eine Auswaschung in Wasserkompartimente. Uran aus Düngern kann so zur Aufnahme durch Trinkwasser beitragen. Die aktuellen Konzentrationen im Schweizer Trinkwasser stellen aber generell kein unannehmbares Risiko für den Menschen dar. In der Umwelt sind Wasserorganismen am empfindlichsten gegenüber den toxischen Effekten von Uran. Die Konzentration, bis zu welcher sich keine Auswirkungen zeigen, kann an Orten mit hohen Hintergrundwerten überschritten werden. Ein besonderes Augenmerk sollte deshalb auf Regionen mit geologisch bedingt hohen Hintergrundkonzentrationen und sensible Bevölkerungsgruppen gelegt werden. Der relative Beitrag von Uran aus Dünger und aus geologischen Quellen ist zurzeit nicht messbar. Auf Grund der verfügbaren Daten

gibt es keine Hinweise darauf, dass Uran bei normalem Einsatz von Phosphordüngern zu einem unannehmbaren Risiko für den Menschen oder die Umwelt führt.

Um eine Aussage über die Korrelation zwischen den Gehalten von Uran und Cadmium in mineralischen Phosphordüngern zu machen, ist die Datenlage nicht ausreichend. Abhängig von der Herkunft der Ausgangsmaterialien sowie des Herstellungsprozesses variieren die Gehalte beider Elemente stark. Es ist deshalb nicht möglich, die eine Konzentration aus der anderen abzuleiten.

#### **Empfehlungen des SCAHT**

- Für Abschätzungen des Risikos durch Schwermetalle aus Düngern sind die Kenntnis des mengenmässigen Anteils von Düngern mit hohen Gehalten, sowie die applizierte Menge erforderlich. Dies muss bei Marktkampagnen berücksichtigt werden.
- Es sollte in Betracht gezogen werden, die Urankonzentrationen in Düngern regelmässig zu beobachten.
- Die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) sollte zusätzlich zu Modellierungen auf der Grundlage von Inputs und Outputs auch Messwerte von Cadmiumgehalten in Böden mit einer angemessenen Bestimmungsgrenze verwenden.
- Die Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA) und die Nationale Beobachtung der Oberflächengewässerqualität (NAWA) sollten zusätzlich zu den Cadmium Gesamtkonzentrationen den Anteil an gelöstem Cadmium sowie Urankonzentrationen mit einer angemessenen Bestimmungsgrenze ermitteln. Zudem sollten Seen ebenfalls berücksichtigt werden.
- In vermuteten „hot spot“ Regionen ohne vorliegende Daten sollte ein Monitoring von Uran im Trinkwasser in Betracht gezogen werden.
- Weitere Kenntnisse über ökotoxikologische Auswirkungen erhöhter Cadmiumkonzentrationen in Sedimenten sind notwendig.
- Eine Folgenabschätzung der Einführung eines Richtwerts für Uran in Düngern sollte in Betracht gezogen werden.

## 5 Referenzen

- ATSDR (2013): Toxicological Profile for Uranium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Atlanta, Georgia. (p. 526).
- Bachmann, H.J. (2004): Ringversuch Dünganalytik 2004 – Resultate und Auswertung. Agroscope FAL Reckenholz. (Internes Dokument, nicht veröffentlicht).
- BGBI. I S. 2482: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung, DüMV).
- Boysen, P. (1992): Schwermetalle und andere Schadstoffe in Düngemitteln. Umweltbundesamt, Forschungsbericht 107 01 016/01, UFA-FB 92-104, Dezember 1992.
- BUWAL (1991): Schwermetalle und Fluor in Mineraldüngern. Schriftenreihe Umwelt Nr. 162, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Commission Decision (2006/347/EC) of 3 January 2006 on the national provisions notified by the Kingdom of Sweden under Article 95(4) of the EC Treaty concerning the maximum admissible content of cadmium in fertilisers.
- Commission Decision (2006/348/EC) of 3 January 2006 on the national provisions notified by the Republic of Finland under Article 95(4) of the EC Treaty concerning the maximum admissible content of cadmium in fertilisers.
- Commission Decision (2006/349/EC) of 3 January 2006 on the national provisions notified by the Republic of Austria under Article 95(4) of the EC Treaty concerning the maximum admissible content of cadmium in fertilisers.
- Commission Decision (2012/719/EU) of 17 October 2012 on the national provisions notified by the Kingdom of Sweden pursuant to Article 114(5) of the Treaty on the Functioning of the European Union concerning the maximum admissible content of cadmium in fertilisers.
- CSTEE (2002): Opinion of the CSTEE on 'Member State assessments of the risk to health and the environment from cadmium in fertilizers'.
- Dittrich, B. und Klose, R. (2008): Schwermetalle in Düngemitteln. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 3/2008.
- EU (2003): Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council relating to cadmium in fertilizers. Draft N°22 of 31.07.2003.
- EU (2007): For the attention of the members of the working group on fertilisers, outcome of the meeting of the sub-group fertilisers of 5.11.2007 on heavy metals.
- FitzGerald, R. und Roth, N. (2015): Cadmium in mineral fertilisers – human and environmental risk update. Swiss Center for Applied Human Toxicology SCAHT.
- Gsponer, R. (1990): Schwermetalle in Düngemitteln: Ein Diskussionsbeitrag. Fachstelle Bodenschutz, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich.
- Van Kauwenbergh, S. J. (2002): Cadmium Contents of Phosphate Rocks and Fertilizers. IFA Technical Conference, Chennai, India. International Fertilizer Industry Association.

Nziguheba, G. und Smolders, E. (2008): Inputs of trace elements in agricultural soils via phosphate fertilizers in European countries. *The Science of the Total Environment*, 390(1), 53–7. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.09.031.

Raaflaub, M. und Genoni, M. (2005): Preise für landwirtschaftliche Produktionsmittel in der Schweiz und in den EU-Nachbarländern Deutschland und Frankreich. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen.

Roth, N. und FitzGerald, R. (2015): Human and environmental impact of uranium derived from mineral phosphate fertilizers. Swiss Center for Applied Human Toxicology SCAHT.

Sattouf, M. (2007): Identifying the Origin of Rock Phosphates and Phosphorous Fertilisers Using Isotope Ratio Techniques and Heavy Metal Patterns.. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 311.

SR 916.171: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV).

SR 916.171.1: Verordnung des WBF über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung WBF, DüBV).

SR 831.11: Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalienverordnung, ChemV).

SR 814.81: Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV).

Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel.

WHO (2011a): Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Edition. Geneva. (p. 564).

WHO (2011b): Uranium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality Geneva. (p. 29).