Umweltinstitut
Vorarlberg

Klärschlammkompost

Kontrollbericht 2007

Auswertung der zentralen Klärschlamm-Buchhaltung für das Jahr 2007

Kurzbericht UI-05/2008

Klärschlammkompost

Kontrollbericht 2007

Auswertung der zentralen Klärschlamm-Buchhaltung
für das Jahr 2007

Gesamtbearbeitung:
Josef Scherer
email: josef.scherer@vorarlberg.at

Inhalt

Einleitung **2**
Klärschlammverordnung und Klärschlamm-Buchhaltung **2**
Jährliche Auslieferungen von Klärschlammkompost in die Landwirtschaft **2**
Untersuchung von Klärschlammproben **4**
Untersuchung von Klärschlammkompostchargen **4**
Eignungsprüfung der Ausbringungsflächen **6**
Regionale Verteilung der ausgebrachten Klärschlammkomposte **7**
Stichprobenartige Untersuchungen an Klärschlammflächen **8**
Literatur **9**
Anhang **10**

6 Abbildungen

2 Tabellen

Impressum:
Herausgeber und Medieninhaber: Amt der Vorarlberger Landesregierung Römerstraße 16, 6900 Bregenz
Verleger: Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, Montfortstraße 4, 6900 Bregenz Tel. 05574/511-42099
Bregenz, Mai 2008.

Einleitung

Das Land Vorarlberg bekennt sich zu einer kontrollierten und ökologisch sinnvollen Kreislaufwirtschaft. Dies bedeutet, dass Klärschlämme von einwandfreier Qualität in kompostierter und somit biologisch stabilisierter Form für die Düngung und Humuspflege landwirtschaftlicher Flächen eingesetzt werden können. Eine gezielte Kontrolle der Einsatzstoffe und Endprodukte sowie der Flächen, auf die die Komposte ausgebracht werden, bietet im Sinne der Umweltvorsorge die notwendige Sicherheit.

Insgesamt fielen in Vorarlberg im Jahr 2007 rund 10.789 to Klärschlamm-Trockensubstanz an. Davon wurden ca. 8.223 to (ca. 76 %) einer weiteren Verwertung in Form von Komposten (5.880 to) oder Trockengranulaten (ca. 2.343 to) zugeführt. In Form von Komposten oder Granulat gelangten 2.456 to TS in die Landwirtschaft, 3.078 to wurden als Kleinmengen abgegeben und 2.689 to wurden für Kleinrekultivierungen verwertet.

Klärschlammverordnung und Klärschlamm-Buchhaltung

Seit 1999 erlaubt die Vorarlberger Klärschlammverordnung eine Klärschlammausbringung nur noch in Form von Klärschlammkomposten oder Trockengranulaten. Als Ausbringungsflächen sind nur jene landwirtschaftlichen Nutzflächen zugelassen, die speziell begutachtet wurden und aufgrund ihrer Bodeneigenschaften für eine Ausbringung von Klärschlammkomposten geeignet sind. Durch ein Datenverbundsystem – die Klärschlamm-Buchhaltung - wird eine strenge Kontrolle gewährleistet.

In der Klärschlamm-Buchhaltung werden die Daten über Abgabemengen, Abnehmer, belieferte Flächen und Düngerqualitäten erfasst und verwaltet. Desgleichen werden in diesem System alle Bodengutachten und Kompost-Prüfberichte archiviert. Die Führung des Buchhaltungssystems obliegt dem Umweltinstitut.

Jährliche Auslieferungen von Klärschlammkompost in die Landwirtschaft

Die Klärschlammkompost-Hersteller haben bis Ende Jänner jeden Jahres über die Verarbeitung und Verwertung des Klärschlammkompostes Bericht zu erstatten. 2007 wurden von der ARA Bregenz, der ARA Dornbirn, der Fa. Häusle Hubert GmbH & Co KG (Fa. Häusle) und der Abfallverwertung Oberland GmbH (AVO GmbH) Klärschlammkomposte hergestellt. Nur die ARA Dornbirn lieferte nicht in die Landwirtschaft. Die Fa. Häusle verarbeitete Klärschlämme der ARAs Hofsteig, Montafon und Lech zu Klärschlammkompost. Die AVO GmbH produzierte Klärschlammkomposte aus Klärschlämmen der ARA Meiningen und der ARA Vorderland.

Der Klärschlammkompost der ARA Bezau, die seit 2001 Komposte erzeugt, wird nach wie vor noch nicht zur Düngung landwirtschaftlich genutzter Böden verwendet. Deshalb wird der Klärschlammkompost der ARA Bezau auch nicht in der Klärschlammbuchhaltung erfasst.

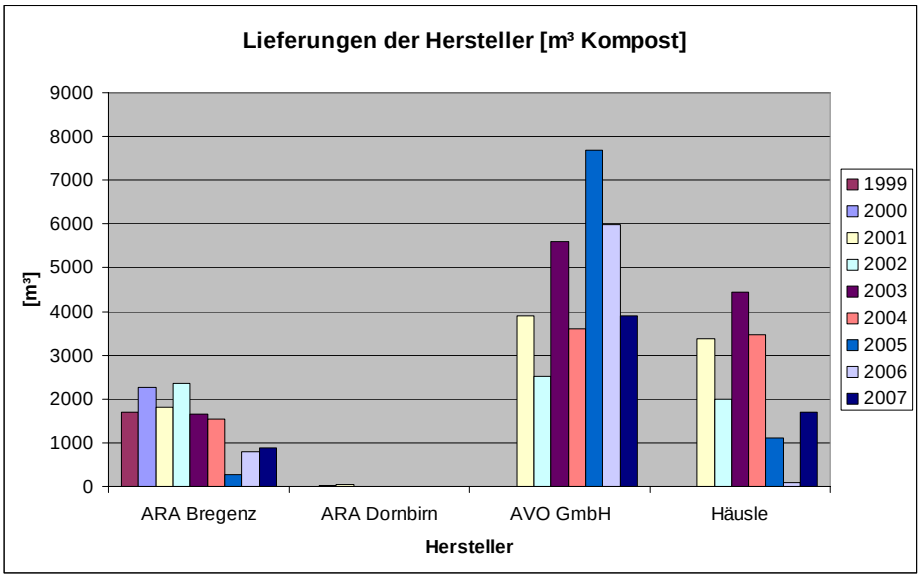


Abbildung 1: Liefermengen der Komposthersteller in den Jahren 1999 – 2007.

In der Klärschlammbuchhaltung, dem zur Kontrolle der landwirtschaftlichen Verwertung der Klärschlammkomposte installierten Datenverbundsystem, werden jene Mengen erfasst, die in die landwirtschaftliche Verwertung oder in Rekultivierungsprojekte mit einem Flächenausmaß über 0,5 ha fließen. Jene Mengen, die in Form von Kleinmengen (lt. Klärschlammverordnung) abgegeben werden oder bei Rekultivierungsprojekten auf kleinen Flächen (<0,5 ha) zum Einsatz kommen, werden gesondert erhoben. Die in der Klärschlammbuchhaltung erfassten Mengen für den Zeitraum von 1999 bis 2007 sind in **Abbildung 1** dargestellt.

Der Hersteller AVO-GmbH hat 2007 wiederum etwas geringere Mengen in die Landwirtschaft geliefert und liegt nun etwas unter dem Mittel der letzten Jahre. Die ARA Bregenz lieferte etwa auf dem Niveau des Vorjahres. Die Fa. Häusle steigerte 2007 die Lieferungen an die Landwirtschaft wieder deutlich, nachdem sie 2006 nur sehr geringe Mengen geliefert hat. Die AVO-GmbH ist damit jener Hersteller von Klärschlammdünger, der die größte Menge in die landwirtschaftliche Verwertung liefert. Im Vergleich zum Vorjahr wurden etwas größere Mengen von Klärschlamm der stofflichen Verwertung zugeführt, jedoch wurde etwas weniger Klärschlammdünger an die Landwirtschaft abgegeben. Gestiegen sind die Kleinmengenabgaben.

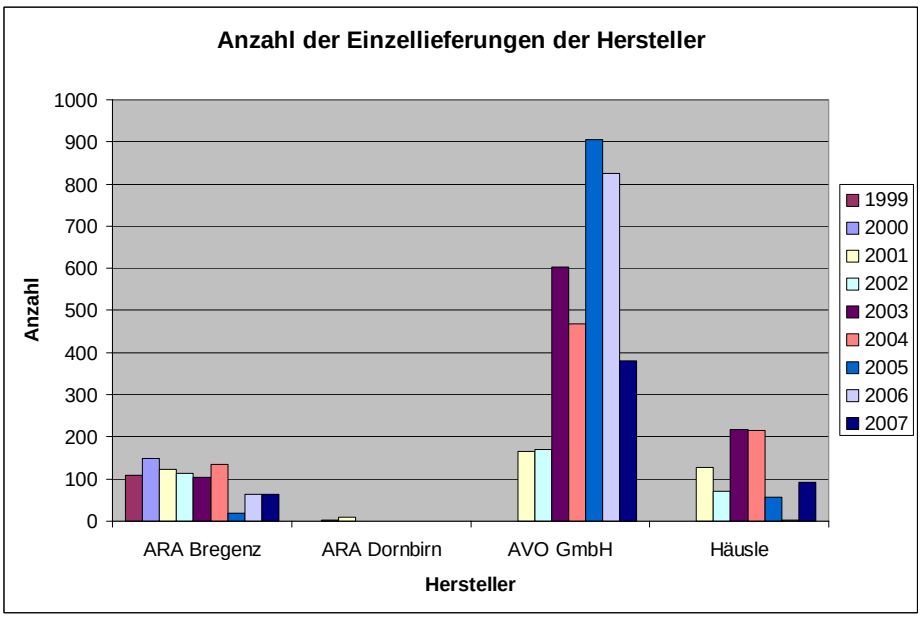


Abbildung 2: Anzahl der Einzellieferungen der Hersteller.

Insgesamt gelangten im Jahr 2007 ca. 6475 m³ Klärschlammkompost zur Düngung auf landwirtschaftliche Nutzflächen. Das ist um ca. 400 m³ weniger als im Vorjahr, wobei die Verteilung der Mengen auf die Lieferanten sich wiederum deutlich geändert hat. **Abbildung 2** zeigt die Anzahl der Einzellieferungen der Klärschlammkompost-Hersteller.

Die beiden Abbildungen zeigen, dass die Abgabe von Klärschlammkompost an die Landwirtschaft bei der ARA Bregenz etwa gleich geblieben ist und bei der Fa. Häusle wieder deutlich erhöht worden ist. Die AVO-GmbH lieferte 2007 um ca. ein Drittel weniger Kompost und senkte die Anzahl der Lieferungen auf etwa die Hälfte des Vorjahres.

Untersuchung von Klärschlammproben

Die Untersuchungen gemäß Klärschlammverordnung wurden im Jahr 2007 wiederum lückenlos durchgeführt. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Gewässeraufsicht und des Monitorings weitere Klärschlämme untersucht. Es wurden insgesamt 73 Klärschlämme von 36 Kläranlagen vom Umweltinstitut beprobt und analysiert.

Bei zwei Anlagen wurden Grenzwertüberschreitungen festgestellt. Der betroffene Klärschlamm wurde ordnungsgemäß entsorgt und nicht zur Klärschlammdüngerproduktion zugelassen.

Untersuchung von Klärschlammkompostchargen

Zur Ausbringung darf nur Klärschlammkompost abgegeben und verwendet werden, der vorher chargenweise auf seine Eignung untersucht worden ist. Die Untersuchungszeugnisse werden in der Klärschlammbuchhaltung erfasst.

Die Klärschlammkompostchargen der Kläranlagen Bregenz, Dornbirn und Bezau werden vom Umweltinstitut kontrolliert. Die Komposte der AVO GmbH und Fa. Häusle werden extern untersucht. Bei diesen beiden Firmen wurden darüber hinaus vom Umweltinstitut gemeinsam mit der Abteilung Abfallwirtschaft des Amtes der Vorarlberger Landesregierung behördliche Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Die Qualität der Klärschlammkomposte im Sinne der Vorarlberger Klärschlammverordnung ist durchwegs einwandfrei und es musste im Jahr 2007, wie in den Vorjahren, keine Charge beanstandet werden.

Die **Abbildung 3** zeigt, dass die Chargengröße kein fixiertes Volumen darstellt, sondern dass Deponiekörper unterschiedlicher Größe, aber einheitlicher Verarbeitung als Charge untersucht werden. Es zeigt sich, dass die Fa. Häusle im Vergleich zu den anderen Klärschlammkompost-Herstellern eine deutlich höhere Untersuchungsdichte aufweist. Die AVO-GmbH im Gegensatz dazu belegt - bedingt durch die Prozessführung - vergleichsweise sehr große Chargen mit wenigen Einzeluntersuchungen. 2007 wurden hier jedoch ebenfalls die Volumina der jeweils untersuchten Chargen reduziert.

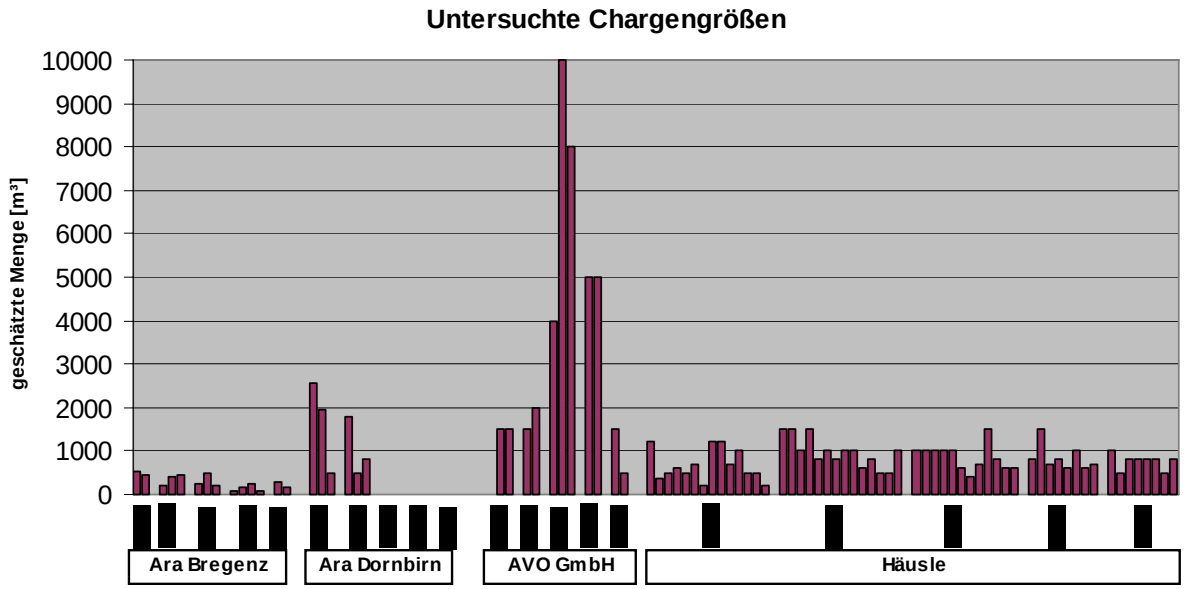


Abbildung 3: Chargengrößen der bisher untersuchten Chargen (Untersuchungszeitraum 2003 – 2007).

Im Jahr 2007 wurden von 3 Kompostherstellern 12 Chargen mit einem durch die Untersuchung erfassten Gesamtvolumen von 8.450 m³ Klärschlammkompost untersucht.

Die **Tabelle 1** gibt die Anzahl der Chargen, die auf Tauglichkeit für die Verwendung in der Landwirtschaft untersucht wurden, wider.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARA Bregenz	7	4	2	3	3	4	2
ARA Dornbirn	-	2	3	3	-	-	-
AVO-GmbH	2	2	2	2	3	2	2
Häusle	6	9	14	14	12	8	8

Tabelle 1: Anzahl der untersuchten Klärschlammkompostchargen der Hersteller in den Jahren 2001 - 2007.

Die Qualität der erzeugten und ausgelieferten Klärschlammkomposte kann den Grafiken **im Anhang** entnommen werden. Dort sind die einzelnen Untersuchungsparameter mit ihren Mittelwerten, Maxima und Minima dargestellt. Den Grafiken ist zu entnehmen, dass die Gehalte der meisten Parameter stagnieren oder sogar leicht sinken. Die hohe Variabilität der Chrom- und Nickelgehalte in Schlämmen der ARA Bregenz ist deutlich zurückgegangen. Die Gehalte schwanken in einem engen und mit den Schlämmen der anderen Hersteller vergleichbar niedrigen Bereich.

Die Belastung von Klärschlammkomposten mit organischen Schadstoffen wird zunehmend diskutiert. Daher wurden vom Umweltinstitut im Rahmen eines Projektes Klärschlammkomposte in verschiedenen Rottephasen beprobt, um einen allfälligen Schadstoffabbau durch die Kompostierung aufzeigen und dokumentieren zu können. Die Ergebnisse sind recht unterschiedlich. Manche Schadstoffgruppen zeigen ein relativ gutes Abbauverhalten während der Kompostierung, andere wiederum bleiben durch die Kompostierung unbeeinflusst. Diese Untersuchung wurde in einem eigenen Bericht präsentiert [5].

Eignungsprüfung der Ausbringungsflächen

Vor der Erstausbringung eines Klärschlammkompostes ist die Eignung der jeweiligen Fläche durch ein entsprechendes Bodengutachten zu belegen. Seit dem Jahr 1997 wurden bisher 2.816 Bodengutachten in die Klärschlammbuchhaltung aufgenommen. 640 dieser Gutachten belegen, dass die betroffenen Flächen für eine Klärschlammkompostausbringung zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht geeignet waren. Das sind 23 % der untersuchten Flächen.

Der Grund für die Nicht-Eignung lag zum überwiegenden Teil (bei 533 Fällen) in der Überschreitung des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes von 25 mg je 100 g Feinboden. Weitere 66 Flächen überschritten einen oder mehrere Schwermetallgrenzwerte nach den Bestimmungen der Klärschlammverordnung. Auffällig sind die festgestellten Grenzwertüberschreitungen bei Nickel und Chrom. Diese Werte sind zum größeren Teil geogen bedingt. Bei den wenigen augenscheinlich anthropogen bedingten Kontaminationen ergaben Prüfungen eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine übertriebene Anwendung von Thomasmehl auf den Flächen eines Betriebes. In 41 Fällen waren hydrologische oder bodenkundliche Parameter ausschlaggebend für die Nicht-Eignung von Flächen.

Die Verteilung der Gesamtfläche der zugelassenen Feldstücke auf die Gemeinden ist in der **Abbildung 4** dargestellt.

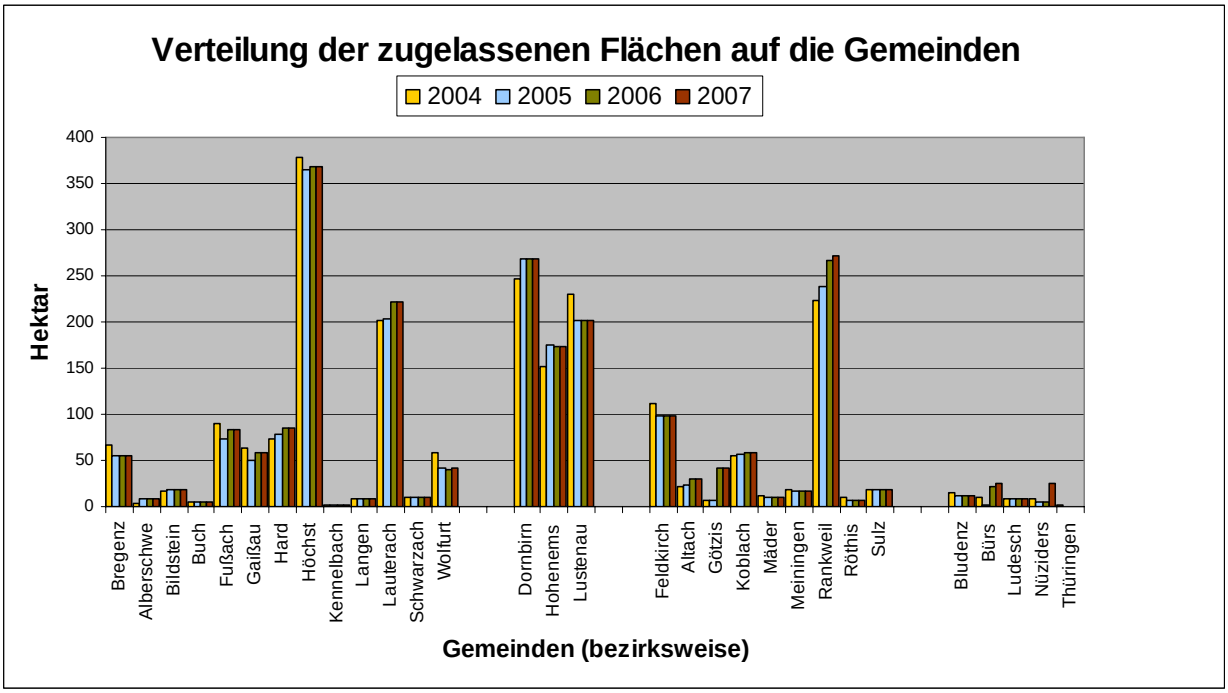


Abbildung 4: Verteilung der zugelassenen Flächen auf die Gemeinden

Eine Neubewertung der Flächen mit Erstellung entsprechender Bodengutachten hat nach der Ausbringung von zehn Einzeljahresmengen bezogen auf den Phosphor (800 kg P_2O_5) zu erfolgen. Diese Phosphormengen entsprechen den Richtlinien für sachgerechte Düngung bezogen auf dreischnittige Wiesen mit hohem Ertrag [3]. Diese Wiederholungsuntersuchungen laufen routinemäßig über ein externes Büro. Die vorhandenen Erstgutachten der Flächen werden mit den Werten der Wiederholungsuntersuchungen aktualisiert. Bei Überschreitung des zulässigen Phosphatgehaltes wird die betreffende Fläche im EDV-System gesperrt. Es können für diese Fläche dann keine Düngerlieferungen mehr bezogen werden.

Darüber hinaus werden durch das Umweltinstitut stichprobenartige Kontrolluntersuchungen an Klärschlammflächen durchgeführt.

Regionale Verteilung der ausgebrachten Klärschlammkomposte

Die Auswertungen der Klärschlamm-Buchhaltung erlauben eine detaillierte regionale Zuordnung der ausgebrachten Klärschlammkompostmengen, sowie eine übersichtliche Darstellung ihrer Herkunft. Nach den Lieferungen, die im Buchhaltungssystem aufscheinen, ergibt sich bezogen auf die belieferten Gemeinden die Verteilung gemäß **Abbildung 5**.

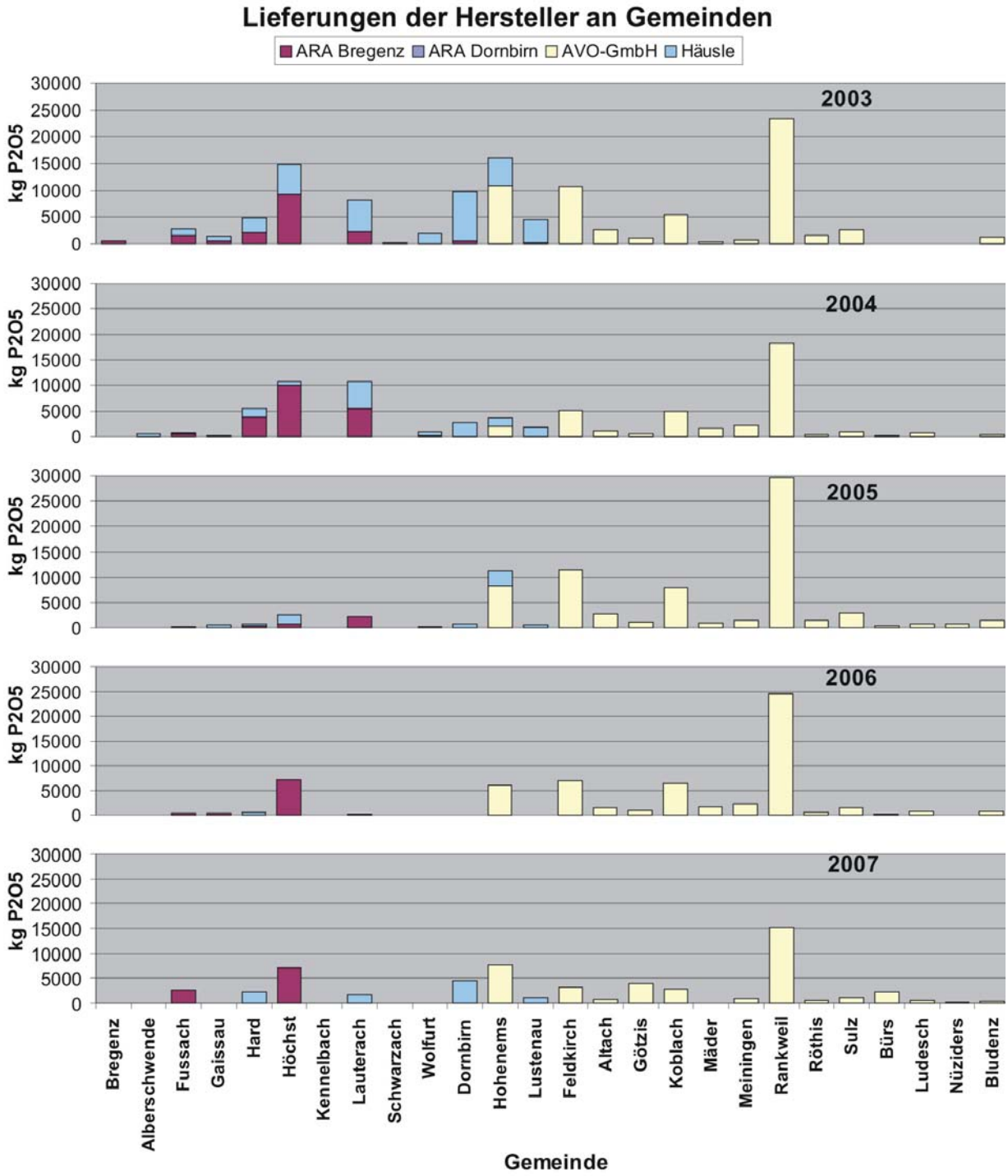


Abbildung 5: Lieferungen an die Gemeinden in den Jahren 2003 – 2007.

Die Ausbringungsmengen im Bezirk Bludenz waren nie von großer Bedeutung. Als Hauptabnehmer tritt nach wie vor die Landwirtschaft in der Gemeinde Rankweil in Erscheinung, wenn auch die Abnahme 2007 gegenüber dem Vorjahr um über ein Drittel zurückgegangen ist. Wiederum deutlich gesunken sind die Lieferungen an Feldkirch und Koblach.

Die Frage, welcher Hersteller wohin liefert, ist ebenfalls aus **Abbildung 5** ersichtlich. In dieser Abbildung sind alle bisherigen Lieferungen seit 2003 dargestellt. Die Fa. Häusle ist 2006 aus der landwirtschaftlichen Verwertung fast völlig ausgestiegen. 2007 wurde wieder eine ansehnliche Menge nach Dornbirn, Hard, Lauterach und Lustenau geliefert. Die ARA Bregenz lieferte nur noch an Höchst und Fußach. Die AVO-GmbH tritt mit Düngerlieferungen in den Bezirken Feldkirch, Bludenz und Dornbirn in Erscheinung.

Tabelle 2 zeigt, an wie viele Abnehmer die Liefermengen in den vergangenen 9 Jahren abgegeben wurden. Es ist ersichtlich, dass 2001 fast eine Verdreifachung der Abnehmerzahl bzw. eine Vervierfachung der Abnahmemenge gegenüber den Vorjahren eingetreten ist. Das ist zum einen auf die Einbindung der neuen Hersteller Häusle und AVO-GmbH zurückzuführen, zum anderen auf eine deutliche Zunahme der Abnehmerzahl bei der ARA Bregenz.

Im Jahr 2007 nahm die Anzahl der Abnehmer im Vergleich zum Vorjahr zu. Demgemäß ist die durchschnittliche Abnahmemenge je Abnehmer ist leicht gefallen.

Jahr	Abnehmer	Liefermenge [m³]	m³/Abnehmer	Ausbringungsfläche [ha]
1999	22	1692,0	76,9	
2000	24	2275,1	94,8	
2001	60	9128,9	152,1	
2002	61	6877,5	112,7	662
2003	88	11681,6	132,7	960
2004	85	8626,5	101,5	770
2005	66	9058,5	137,3	624
2006	60	6864,0	114,4	580
2007	71	6475,0	91,2	605

Tabelle 2: Zahl der Abnehmer, Liefermenge und durchschnittliche Liefermenge je Abnehmer in den Jahren 1999 – 2006.

Von 193 potenziellen Abnehmern wurden 71 im Jahr 2007 beliefert. 535 Ausbringungsflächen im Ausmaß von ca. 605 ha wurden mit Klärschlammkompost gedüngt. Das entspricht etwa einem Viertel der potentiellen Ausbringungsflächen (2230 ha), für die positive Bodengutachten vorliegen. Nach einer belieferten Höchstgesamtfläche von 960 ha im Jahr 2003 pendelt die jährlich mit Klärschlammdünger behandelte Fläche seit 2005 um ca. 600 ha.

Stichprobenartige Untersuchungen an Klärschlammflächen

Lt. Klärschlammverordnung ist das Umweltinstitut angehalten, jährlich Stichproben aus der Gesamtheit der Klärschlammflächen zu untersuchen. Dies gewährleistet eine gewisse Kontrolle der extern durchgeführten Analysen zu den Bodengutachten, sowie eine Kontrolle von möglichen Überdüngungen. Gleichzeitig sollte die Schadstoffanreicherung seit Erstellung des Bodengutachtens abgeschätzt werden können.

In den Jahren 2003 bis 2007 wurden 243 Flächen untersucht, die aus Flächen per Zufallsauswahl ausgesucht wurden, die seit Beginn des Datenverbundes mit den höchsten Mengen an Klärschlammdünger je Hektar beliefert worden sind.

Die Ergebnisse zeigen weitgehend akzeptable Korrelationen mit den Erstuntersuchungen (Bodengutachten). Durch die Anwendung von Klärschlammkompost für die Düngung wurde somit keine merkliche Anreicherung von Schadstoffen in den untersuchten Böden bewirkt. Einzelne Grenzwertüberschreitungen bei den Neuuntersuchungen betreffen die Metalle Nickel und Chrom. Diese sind nicht auf die Kompostanwendung zurückzuführen, sondern auf Bodeninhomogenitäten und geogen bedingte Anreicherungen.

In Einzelfällen wurden die zulässigen Phosphatgehalte leicht überschritten, jedoch stiegen die Gehalte in keinem Fall über die Toleranzschwelle.

Literatur

[1] Amt der Vorarlberger Landesregierung: Gesetz über die Ausbringung von Klärschlamm. – LGBl.Nr. 41/985, 57/1997, 58/2001.

[2] Amt der Vorarlberger Landesregierung: Verordnung der Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm. - LGBl.Nr. 75/1997, 27/2002.

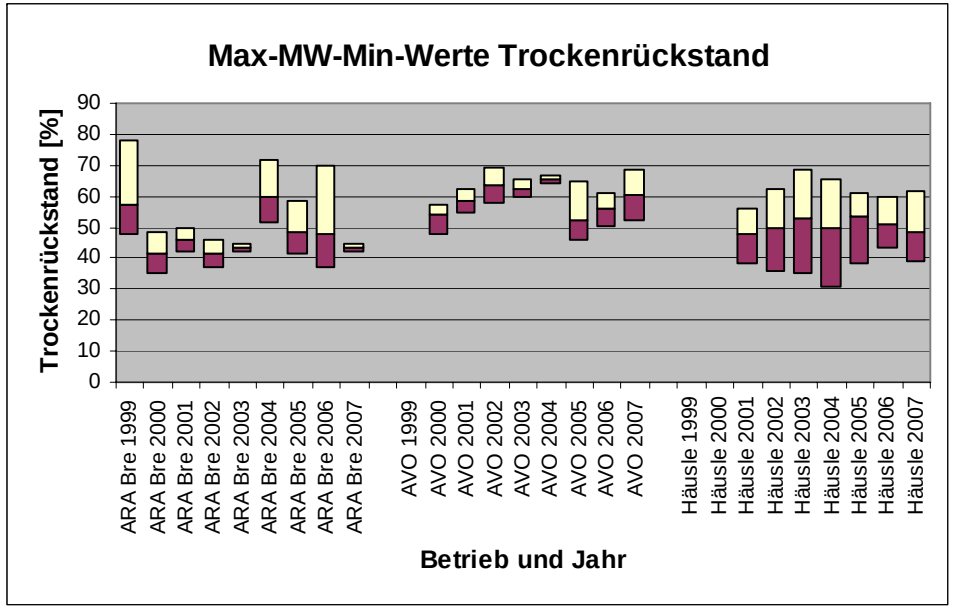
[3] Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Richtlinien für die sachgerechte Düngung. – 5. Auflage. Gültig ab 1.2.2000.

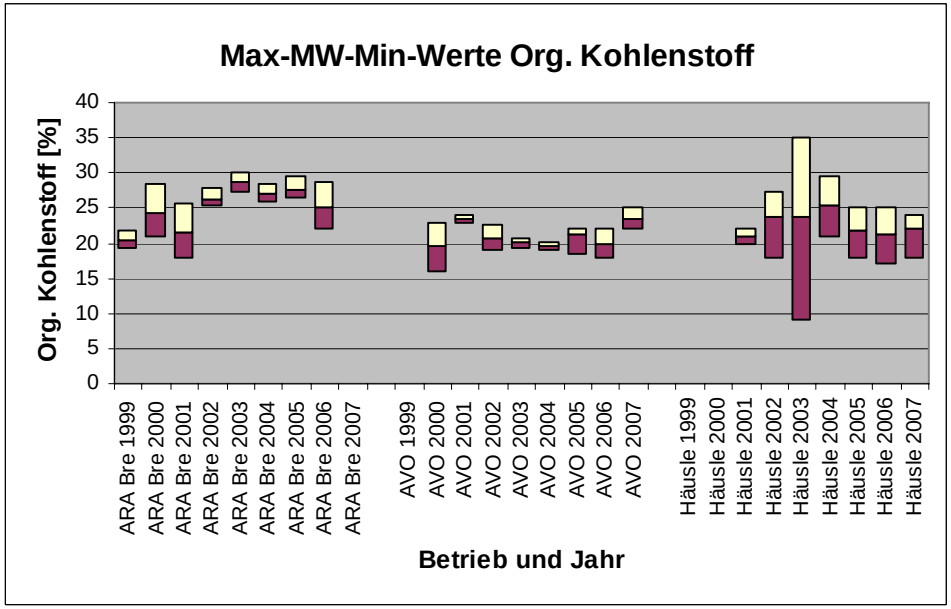
[4] Landeswasserbauamt Bregenz: Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg. Jahresbericht 2005.

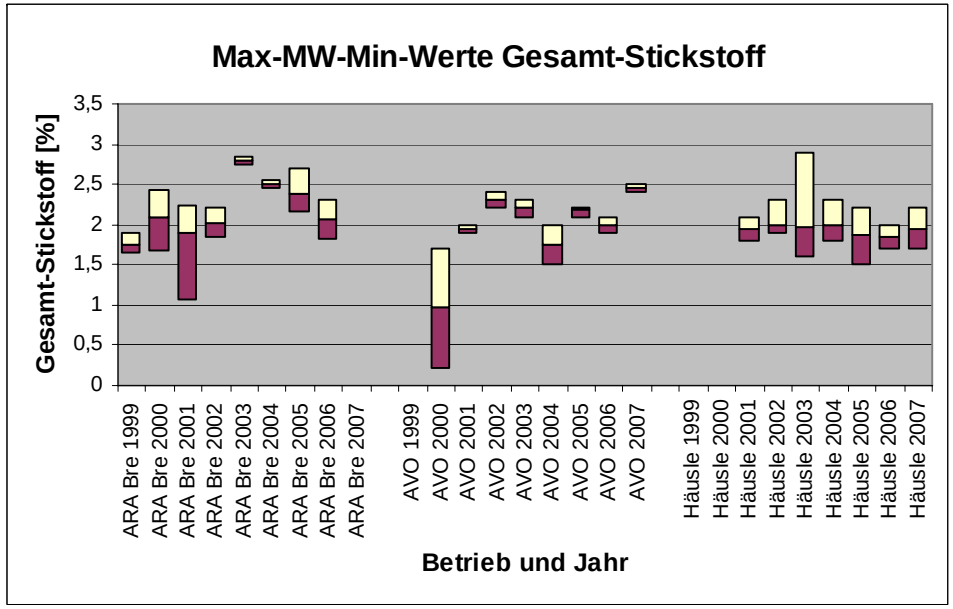
[5] Scheffknecht, Ch.: Klärschlammkompost – Abbauverhalten von Schadstoffen während der Kompostierung. http://www.vorarlberg.at/pdf/klaerschlammkompost.pdf.

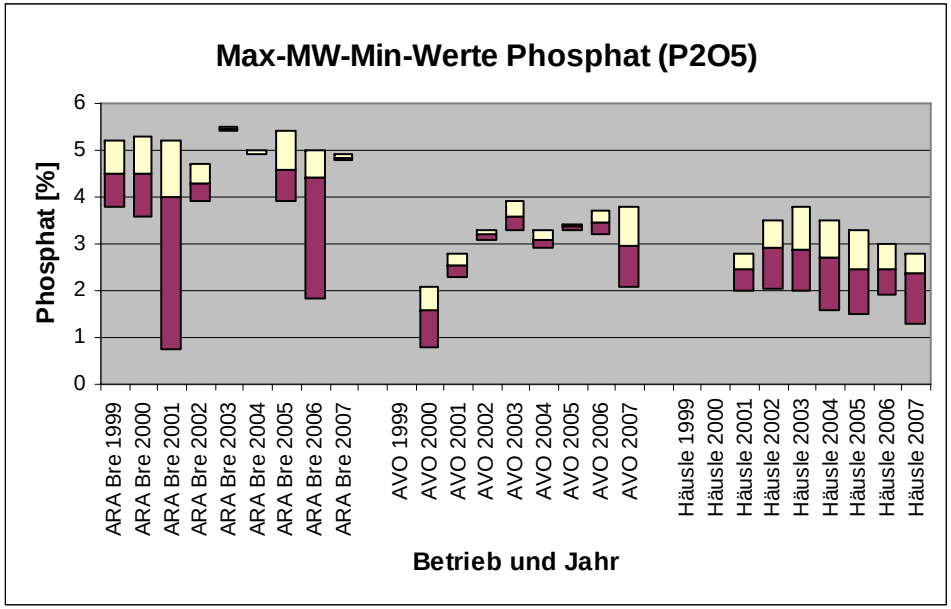
Anhang

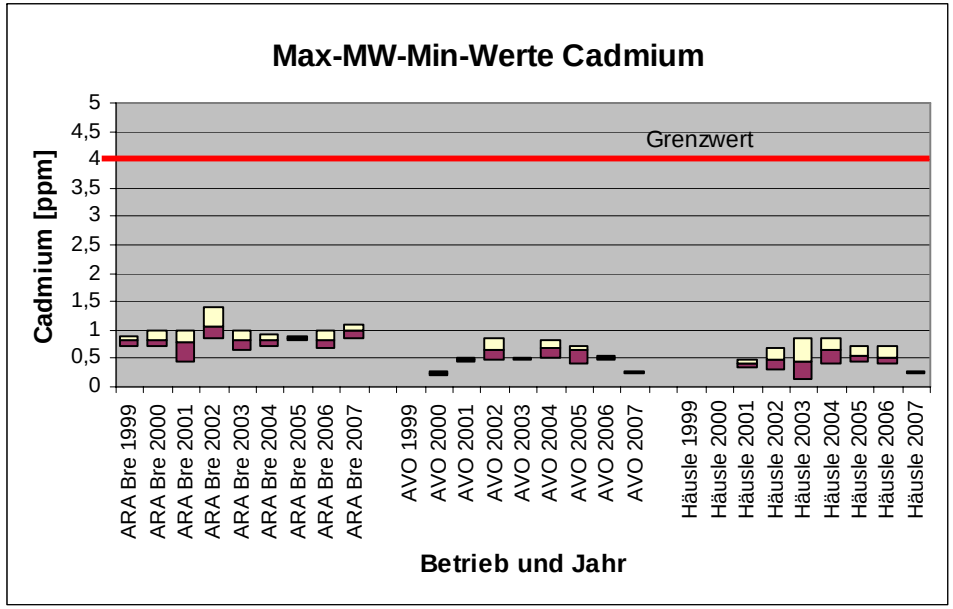
Grafiken zur Qualität der Klärschlammkompost der verschiedenen Hersteller in den Jahren 1999 - 2007

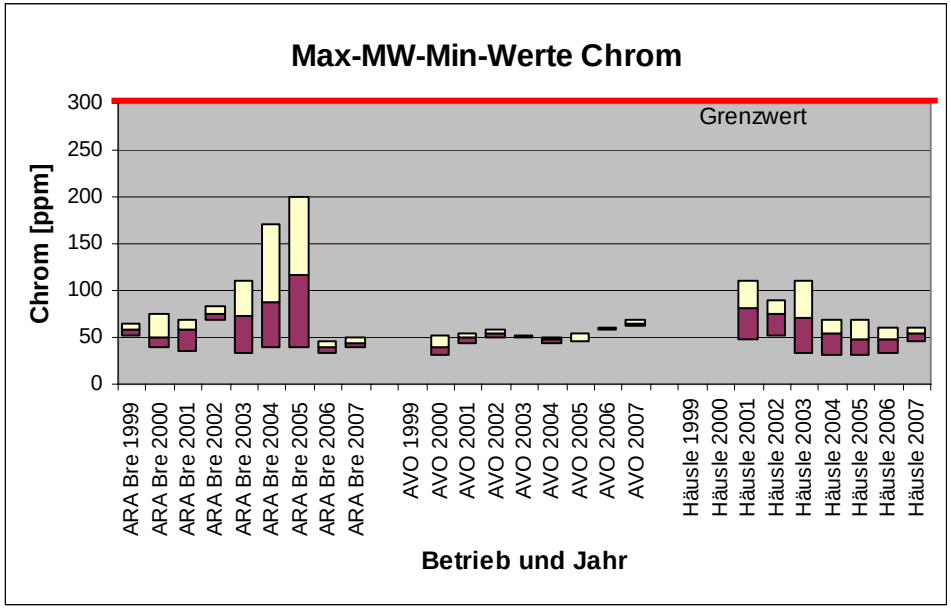

Max-MW-Min-Werte Trockenrückstand
Trockenrückstand [%]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr

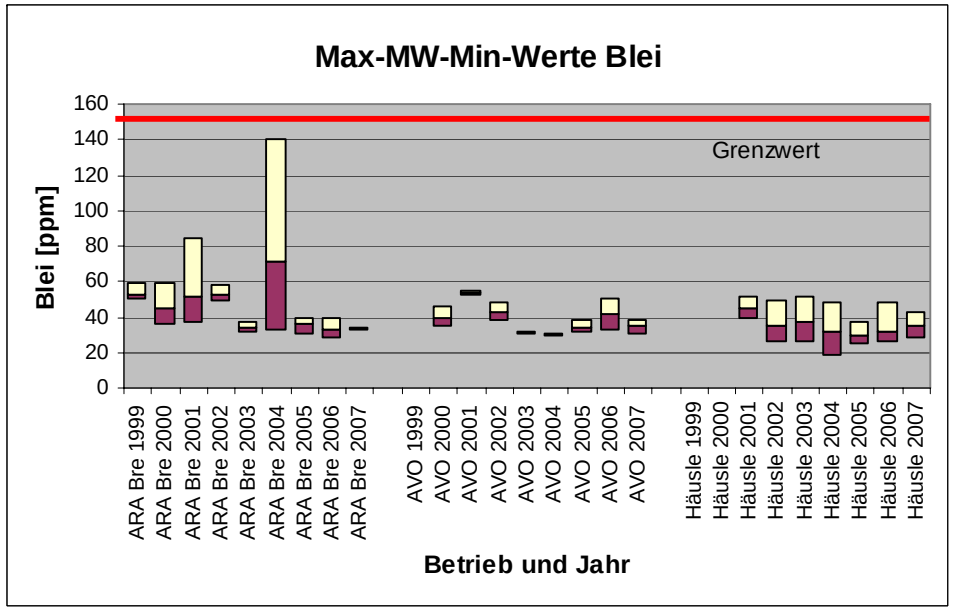

Max-MW-Min-Werte Org. Kohlenstoff
Org. Kohlenstoff [%]
0
5
10
15
20
25
30
35
40
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr

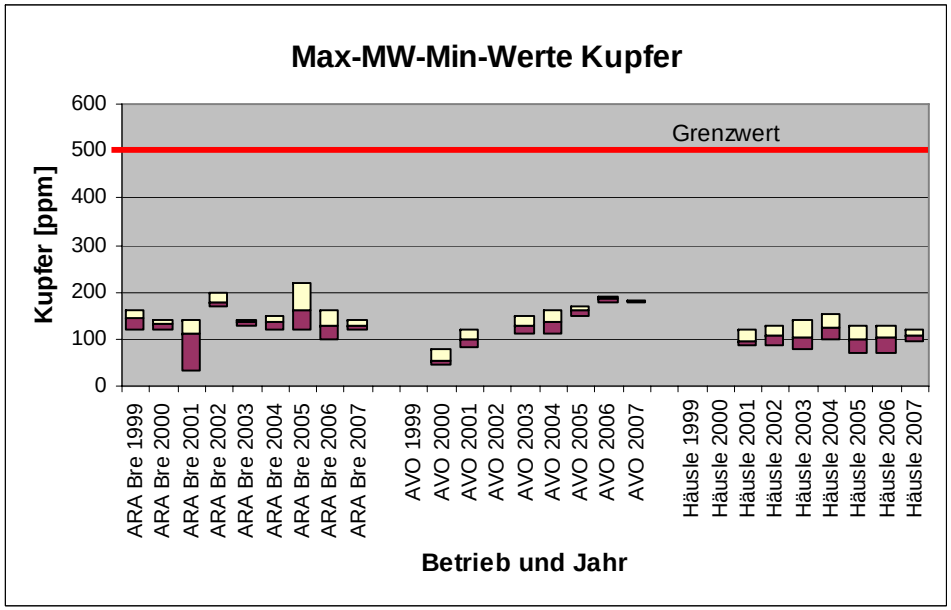

Max-MW-Min-Werte Gesamt-Stickstoff
Gesamt-Stickstoff [%]
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr

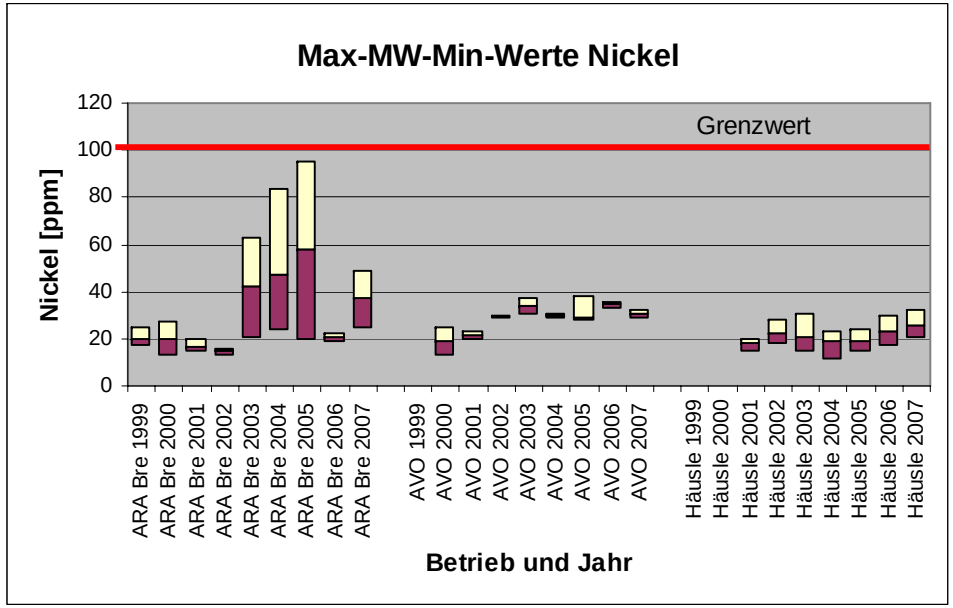

Max-MW-Min-Werte Phosphat (P2O5)
Phosphat [%]
0
1
2
3
4
5
6
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr

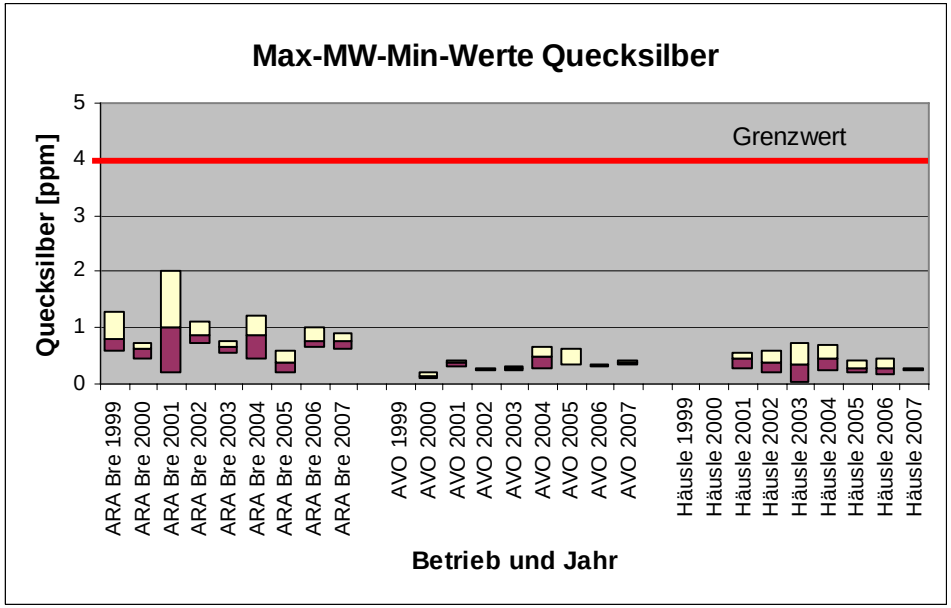

Max-MW-Min-Werte Cadmium
Cadmium [ppm]
Grenzwert
Betrieb und Jahr

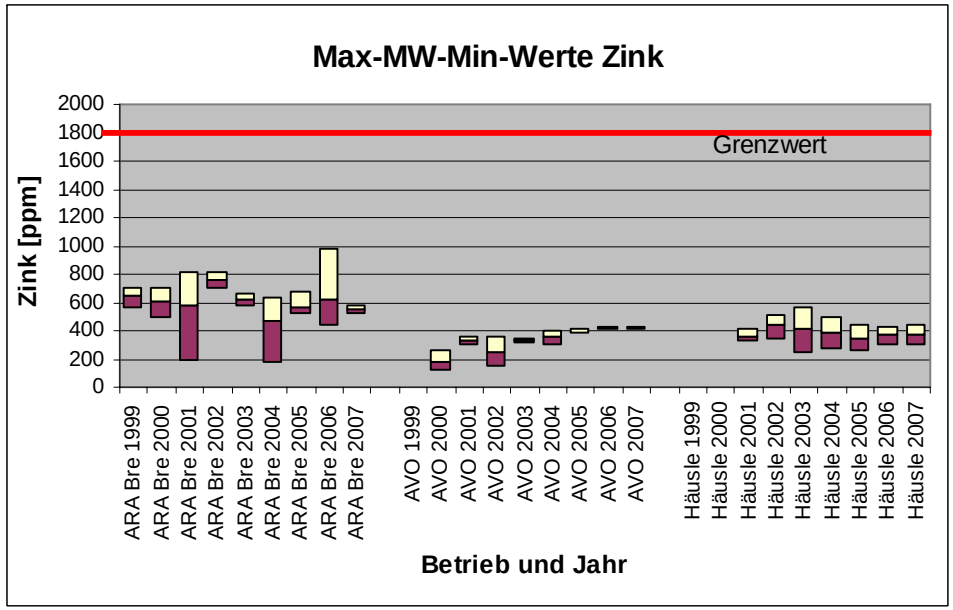

Max-MW-Min-Werte Chrom
Chrom [ppm]
Grenzwert
Betrieb und Jahr


Max-MW-Min-Werte Blei
Blei [ppm]
Grenzwert
Betrieb und Jahr


Max-MW-Min-Werte Kupfer
Kupfer [ppm]
Grenzwert
Betrieb und Jahr


Max-MW-Min-Werte Nickel
Nickel [ppm]
120
100
80
60
40
20
0
Grenzwert
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr


Max-MW-Min-Werte Quecksilber
Quecksilber [ppm]
5
4
3
2
1
0
Grenzwert
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr


Max-MW-Min-Werte Zink
Zink [ppm]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Grenzwert
ARA Bre 1999
ARA Bre 2000
ARA Bre 2001
ARA Bre 2002
ARA Bre 2003
ARA Bre 2004
ARA Bre 2005
ARA Bre 2006
ARA Bre 2007
AVO 1999
AVO 2000
AVO 2001
AVO 2002
AVO 2003
AVO 2004
AVO 2005
AVO 2006
AVO 2007
Häusle 1999
Häusle 2000
Häusle 2001
Häusle 2002
Häusle 2003
Häusle 2004
Häusle 2005
Häusle 2006
Häusle 2007
Betrieb und Jahr