

Untersuchungen zum carry over von Arsen aus sächsischen Böden

Boden – Pflanze – Tier – Lebensmittel

O. Steinhöfel^{1,2}, Jeannette Boguhn², M. Rodehutschord²

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch ² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.2019

Problemsicht

Fragen > Antworten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Arsen in der Tierernährung

Arsen ist ein essentielles Spurenelement: Bedarf ~ 5-50 µg As / d

Toxische / kanzerogene Eigenschaften insb. anorg. Arsenit^{As3+} / Arsenat^{As5+}

Hohe toxische Grenze: Rinder > 350 mg As / kgTM / Schafe > 570 mg As / kgTM / Ziegen > 150 mg As / kgTM

Unerwünschter Stoff laut Futtermittelrecht für Einzelfuttermittel RL 2003/100/EG

< 2 mg As / kg^{88 % TM} & Verschneidungsverbot ohne Begründung für wiss. Hintergrund

Boden ist „Futtermittel“ & Wiederkäuerernährung ist standortgebunden

Bei Grobfutter unvermeidbar + 20 g Rohasche / kg TM → max. 100 mg As / kg Boden-TM

Carry over aus Futtermitteln in tierisches Gewebe As wenig erforscht

Gutachten & Monitoring EFSA (2005): As in Futtermitteln sehr niedrig (außer Fisch, Meeresfrüchte, P-reiches Mineralfutter). Übergang anorganischen As in essbare Gewebe von Nutztieren kaum zu erwarten..

Bisher kaum Differenzierung anorganisches und organisch gebundenes As

Bisher wurde kaum toxisches, anorganisches Arsen in der Milch gefunden, z.T. in Suren Arsen-Lipide.
Unkritische org. As-Verbindungen (Arsenzucker, Arsenobetain, Arsenocholin,...) werden miterfasst

Erhebliche Differenzen internationaler Grenzwerte

z.B. EU- Codex Alimentarius: 0,1 – 0,2 mg Gesamt-As / kg Lebensmittel; Australia / New Zealand Food Standard Code 1 mg Gesamt-As / kg Lebensmittel; VO (EU) 2015/1006 Reis & Reisprodukte 0,1-0,3 mg anorg. As / kg FM

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefer@smul.sachsen.de

Verschmutzungspfad Grünland

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Wenn alleine Schmutz das Problem ist:

bei unvermeidbar + 20 g RA / kg TM → max. 100 mg As / kg BodenTM
bei praxisüblich + 40 g RA / kg TM → max. 50 mg As / kg BodenTM

Rohasche im Futter g / kg TM	mg As / kg Boden - TM					
	50	100	150	200	250	300
mg As / kg Futter (88 % TM) **						
70 *	0	0	0	0	0	0
80	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,6
90	0,9	1,8	2,6	3,5	4,4	5,3
100	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9
120	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2
130	2,6	5,3	7,9	10,6	13,2	15,8
140	3,1	6,2	9,2	12,3	15,4	18,5
150	3,5	7,0	10,6	14,1	17,6	21,1

* wenn gewaschen und systemischer Pfad = 0

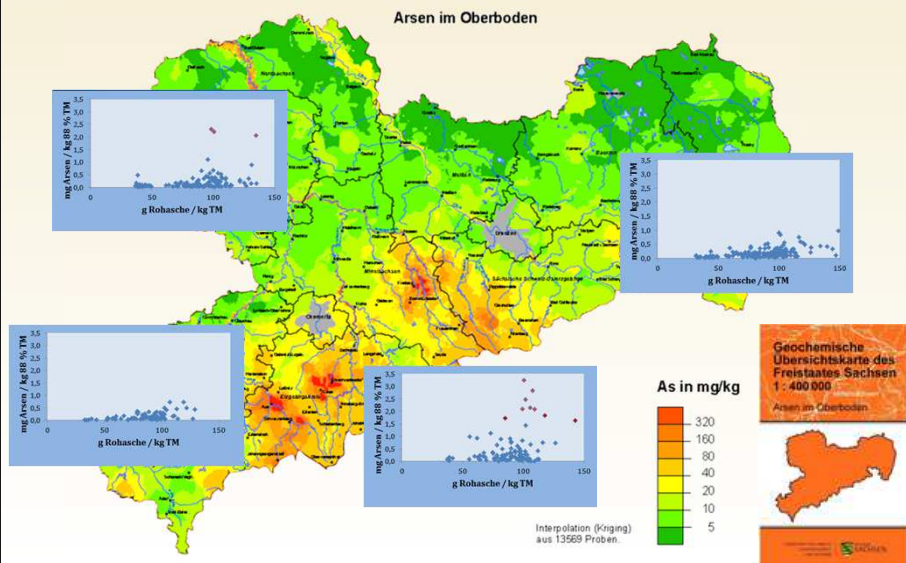
8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Sächsischen Monitoring 545 Grasproben 2008...2018

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Arsen im Oberboden

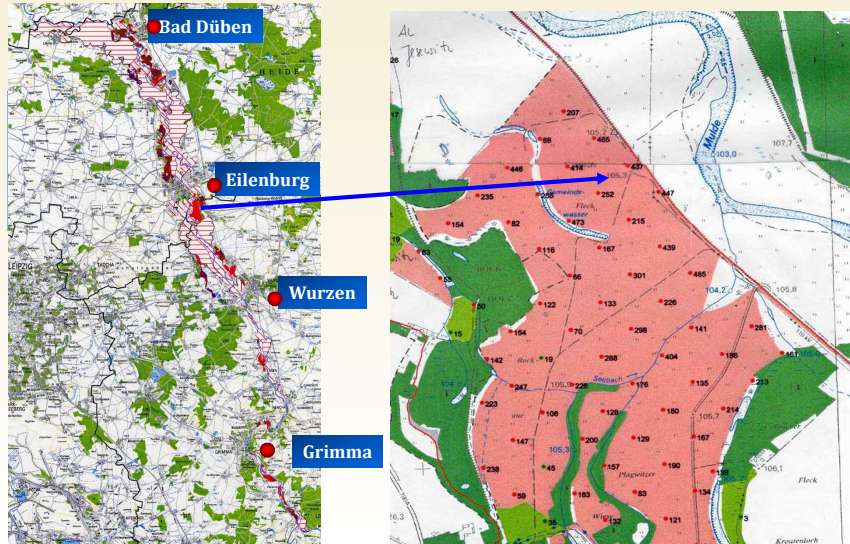


8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Sächsischen Monitoring

545 Grasproben 2008...2018

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

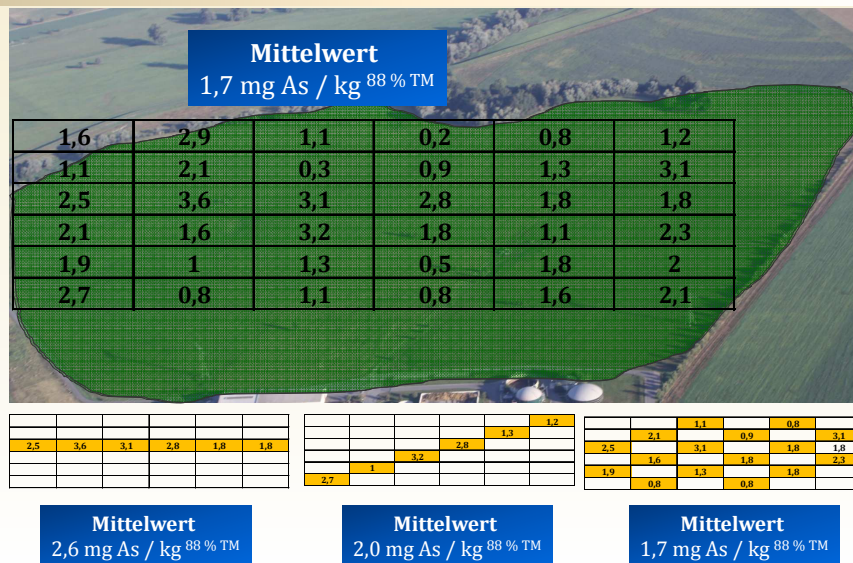


8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Repräsentativität

Verhängnisvolle Probenahme

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Fragestellung

Boden → Nutztier → Lebensmittel

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

In vitro (HFT & Rusitec)

*Gasbildung, Mikrobielle Synthese
Entgiftungsfunktion,
Vergiftungserscheinungen*

TIERGESUNDHEIT

In vivo Bilanz mit adulten Schafen

*Futter-Kot/Harn-Bilanz,
Beeinflussung der
Verdauungsleistung*

BIOVERFÜGBARKEIT

Akkumulation Mutterschaf

*Anreicherung in Muskel, Leber, Niere;
Blut und Haar*

AKKUMULATION

Übergang Mutterschaf → Lamm

*Anreicherung Blut, Muskel, Leber, Niere
über Plazenta / Muttermilch*

FOLGESCHÄDEN

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztage, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

In vitro - Messungen

Bis 50 mg Arsen / kg TM

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Grasprodukte

Erde aus Muldenaue

175 mg As / kg Boden TM

+

Synthetisches As

*di-Arsentrioxid - AsIII
di-Natriumhydrogenarsenat Heptahydrat - AsV*

Grasprodukt	Erde	As mg / kg TM
Grassilage	ohne	0,31
	mit	17,8
Grünfutter	ohne	0,58
	mit	23,1
Heu	ohne	0,33
	mit	4,2

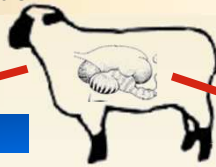
Grasprodukt	As III mg / kg TM	As V mg / kg TM
		0,3
Grassilage	2	2
	5	5
	10	10
	20	20
	50	50

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztage, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

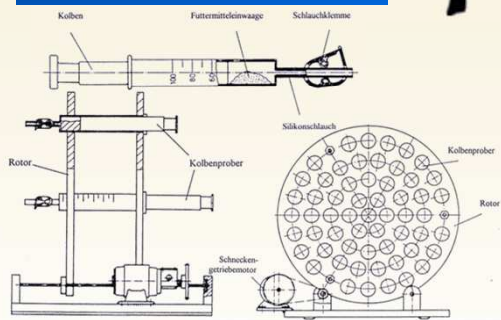
In vitro - Messungen

Ruminale Fermentation

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

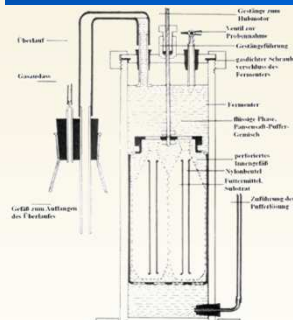


Hohenheimer Futterwerttest



Gasbildungspotential
Gasbildungsrate

Pansensimulationssystem



Nährstoffabbau
Mikrobielle Synthese

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

In vitro - Messungen

Bis 50 mg Arsen / kg TM

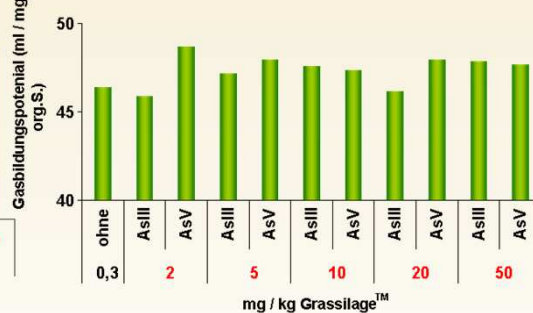
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erde aus Muldenaue



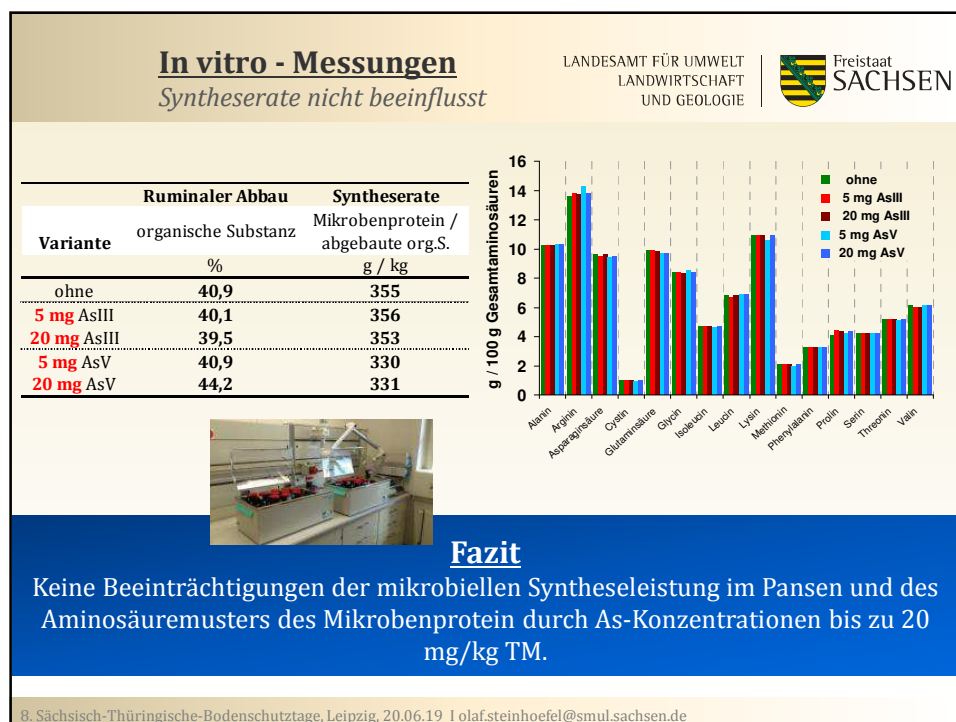
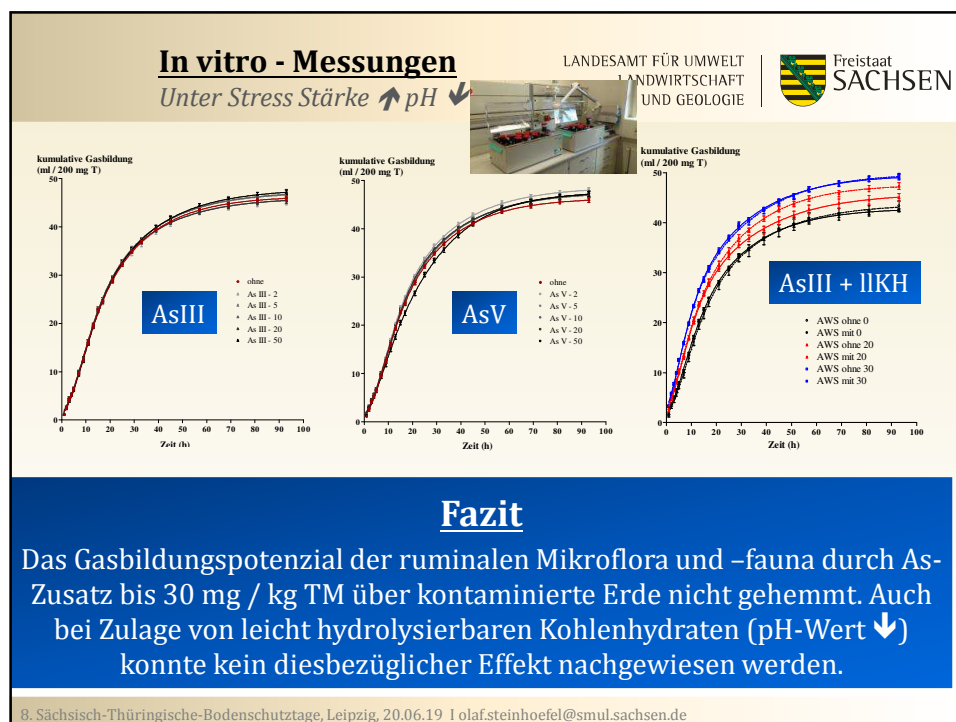
Synthetisches As



Fazit

Weder Zusatz synthetischer As (bis max. 50 mg/kg TM) noch Beimischung As - haltiger Erde (bis max. 23 mg/kg TM) beeinträchtigt Gasbildung.

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de



In-vivo-Bilanzstudien

Futter-Kot-Bilanz nicht beeinflusst

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Ration		Verdaulichkeit				Energiedichte
		org. S.	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	ME
		%	%	%	%	MJ/kg T
Ohne	MW	63	65	69	53	8,7
	s	0,3	1,3	2,7	1,6	
10 mg AsIII	MW	62	64	70	52	8,7
	s	4,1	1,4	1,4	9,5	

Fazit

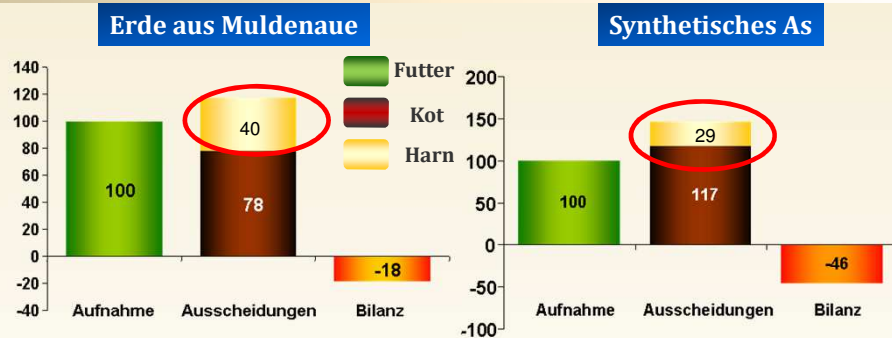
Die Verdaulichkeit der Nährstoffe im gesamten Verdauungstrakt wurde durch Zulage von synthetischem AsIII nicht beeinflusst.

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

In-vivo-Bilanzstudien

Nennenswerte Mengen im Harn → Resorption

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Fazit

Über 20 % des gefütterten Arsens wird über den Harn ausgeschieden, d.h. resorbiert. Bilanzierung weist auf eine nahezu vollständige As-Ausscheidung hin.

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

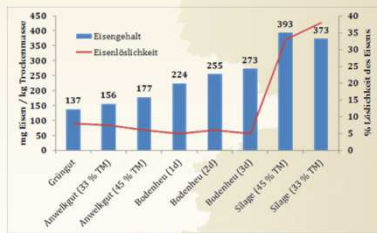
Nachdenken

Verhalten sich As-Verbindungen ähnlich???

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Beim anaeroben Ansäuern
Überführung
unlösliches Eisen (Fe^{3+}) in
lösliches Eisen (Fe^{2+})



Grassilage

ohne Schmutz mit Erde vor Silierung mit Erde nach Silierung

Aufnahme (g / Tag)

Futter-Frischmasse	1.273 ^b ± 343	950 ^a ± 248	1.222 ^{ab} ± 354
Eisen	0,423 ^a ± 114	1,548 ^b ± 0,403	2,396 ^c ± 0,693

Gewebe (mg / kg TM)

M. long. dorsi	40,2 ± 11,3	35,9 ± 12,1	39,0 ± 2,0
M. gluteus	39,4 ^a ± 6,0	56,6 ^b ± 10,2	43,9 ^a ± 11,6
Nieren	193 ^a ± 28	290 ^b ± 32	203 ^a ± 43
Darmwand	87,5 ^a ± 20,1	183,9 ^b ± 61,2	79,9 ^a ± 29,0

Leber (mg / kg TM)

Eisen	298 ^a ± 61	574 ^b ± 149	426 ^{ab} ± 182
Kupfer	23,3 ± 15,8	79,6 ± 90,1	22,2 ± 8,2
Zink	93 ± 11	152 ± 193	95 ± 15
Mangan	4,3 ± 0,3	4,0 ± 0,8	4,6 ± 0,5

Spolders et.al, 2013 / Steinhöfel et.al, 2015

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Akkumulation

Blut: Gesund aber As-angereichert

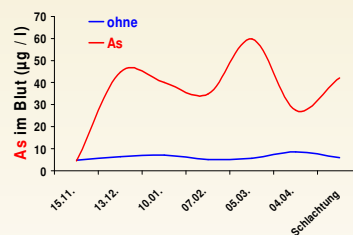
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Arsen im Futter

Status	Variante	As mg / kg TM
niedertragend	ohne	u.N.
	As	18
hochtragend	ohne	u.N.
	As	15
laktierend	ohne	u.N.
	As	13

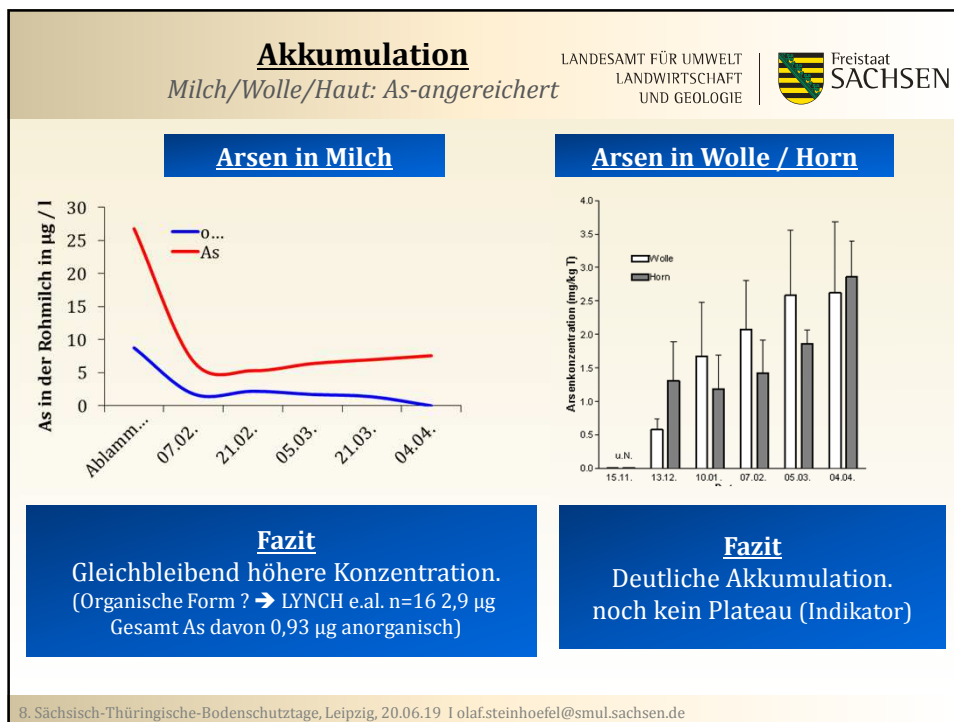
Arsen im Blut



Arsen im Blut

Die Blutarsenkonzentration stieg bei ca. 15 mg As je kg TM im Futter um das 10-fache an. Die physiologischen Blutparameter (hier nicht dargestellt) waren ausnahmslos innerhalb des Referenzbereiches für Schafe.

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de



Akkumulation

Übers Blut in alle Gewebe transportiert

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

Mutterschafe	Ablammung ohne	As	8 Wochen p.p. ohne	As
Muskel	u.N.	u.N.	u.N.	0,67
Leber	u.N.	0,41	u.N.	0,46
Niere	u.N.	0,89	u.N.	0,82
Plazenta	u.N.	2,16	-	-
u.N. 40 µg As je Liter Aufschlusslösung				

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztage, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhofel@smul.sachsen.de

Transfer

Plazenta gibt keinen Schutz

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Lamm		plazentaler Übertritt		über Milch		über Festfutter	
		Ablammung		4 Wochen		8 Wochen	
		ohne	As	ohne	As	ohne	As
Blut	$\mu\text{g} / \text{l}$	3,32 ^a	5,68 ^b	4,17	4,70	5,08 ^a	45,5 ^b
Muskel	mg / kg	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	0,41
Leber	TM	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	0,46
Niere		u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	0,82

Fazit

Plazentaler Übertritt von As ist sehr wahrscheinlich.
As-Einlagerung über Milch ins Lamm ist eher gering.
(Organische Form ???)
As-Einlagerung über Festfutter (höhere Anteil anorganisches As) signifikant höher.

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de



Fazit

Carry over nachgewiesen / Gefahr nicht

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Danke fürs Zuhören!

Gibt es etwa noch Fragen

- ❖ Die Zulage diverser As-Verbindungen (bis 50 mg / kg TM) bzw. As-haltiger Erde (bis 23 mg / kg TM), bewirkte keine Beeinträchtigung der ruminalen Fermentation und der Verdaulichkeit der Nährstoffe.
- ❖ As-Ausscheidungen über Harn belegen, dass größere As-Mengen in den Blutkreislauf und damit in die tierischen Gewebe gelangen. Dies bestätigen auch diverse Blutuntersuchungen. Es war folgerichtig, dass As in verschiedenen Geweben akkumuliert wurde, wenn Schafe länger erhöhte As-Dosen über das Futter aufnehmen.
- ❖ Eine plazentale Übertragung von As auf die Föten ist möglich. Die As-Menge, die über die Milch von den Lämmern absorbiert wird, scheint dagegen gering zu sein.
- ❖ Eine Risikobewertung für Mensch und Tier kann aus den vorliegenden Studien nicht abgeleitet werden. Hierzu sind toxikologische Studien und eine zielgerichtete Bewertung verschiedener organischer und anorganischer As-Verbindungen notwendig

8. Sächsisch-Thüringische-Bodenschutztag, Leipzig, 20.06.19 | olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de