



# Phosphor als endliche Ressource

Nährstoffrecycling durch Gärreste

Konstantin Dinkler

30.01.2020



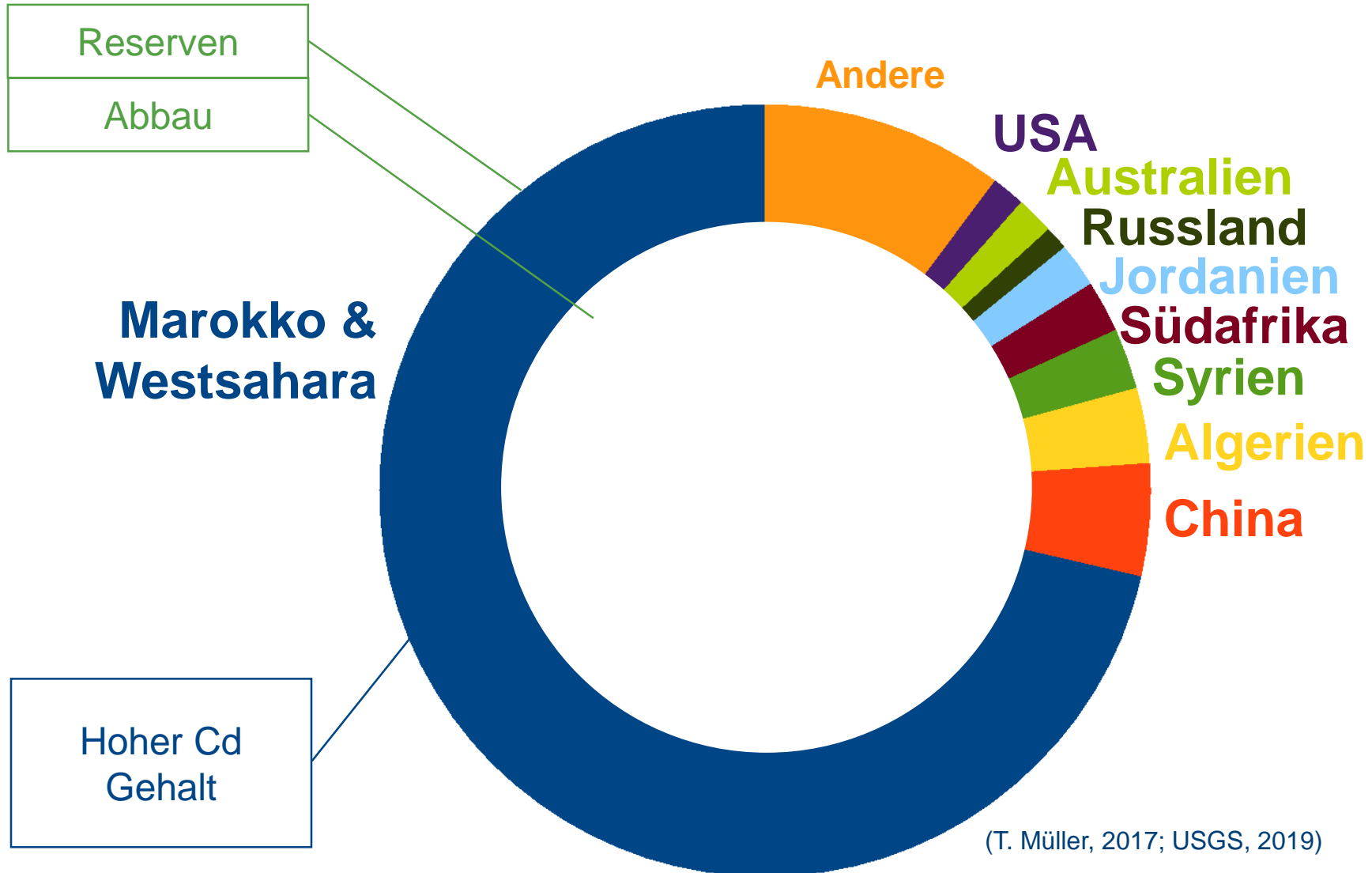
**AMAIZE-P**



## Gliederung

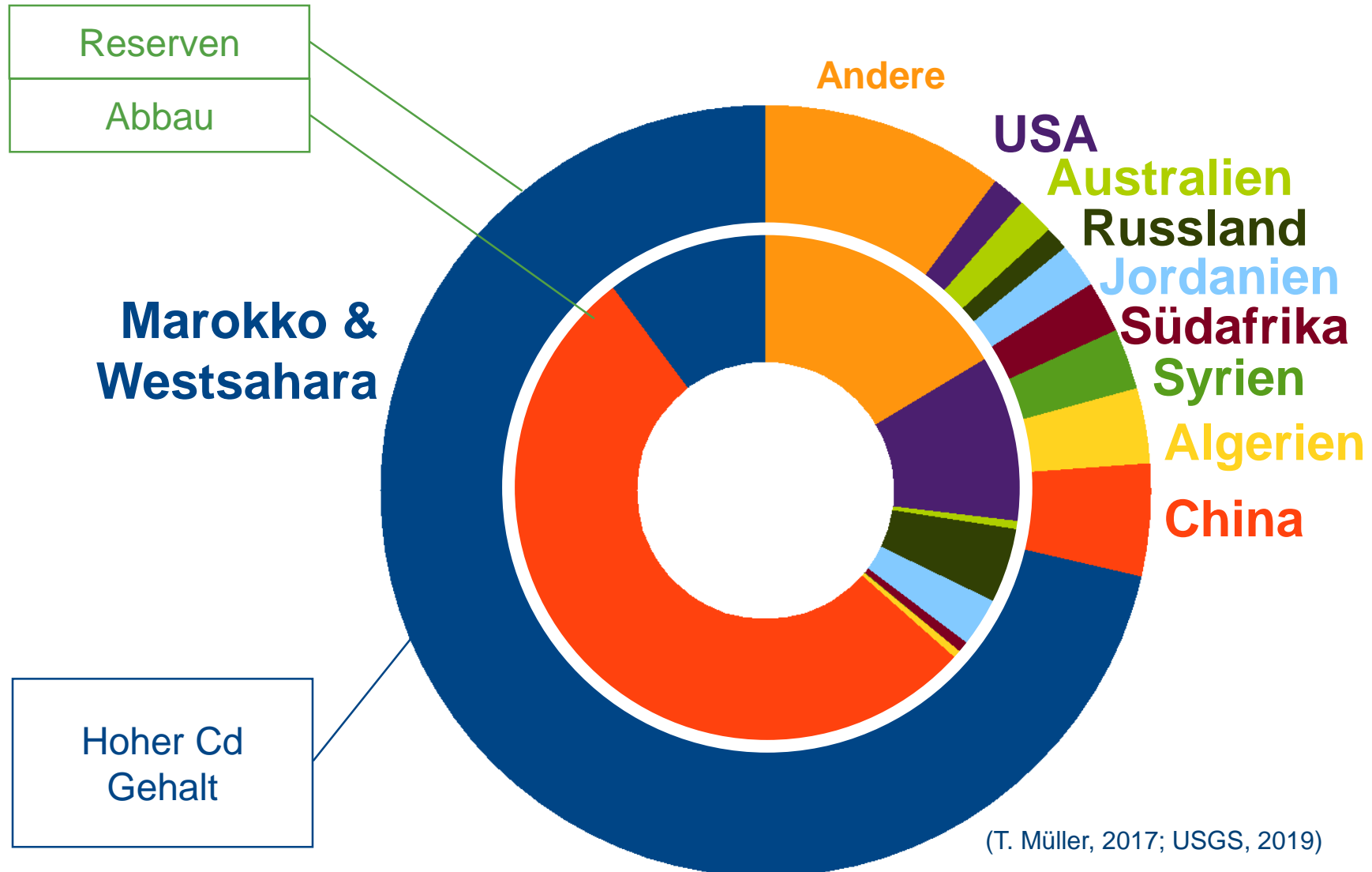
1. Phosphatreserven und -abbau
2. Pflanzenverfügbarkeit des Phosphats im Boden
3. Ersetzt Gärrest mineralischen Phosphatdünger? – Eine Beispielrechnung
4. Greift die Düngeverordnung zu kurz?
5. Zusammenfassung

## 1. Phosphatreserven und -abbau

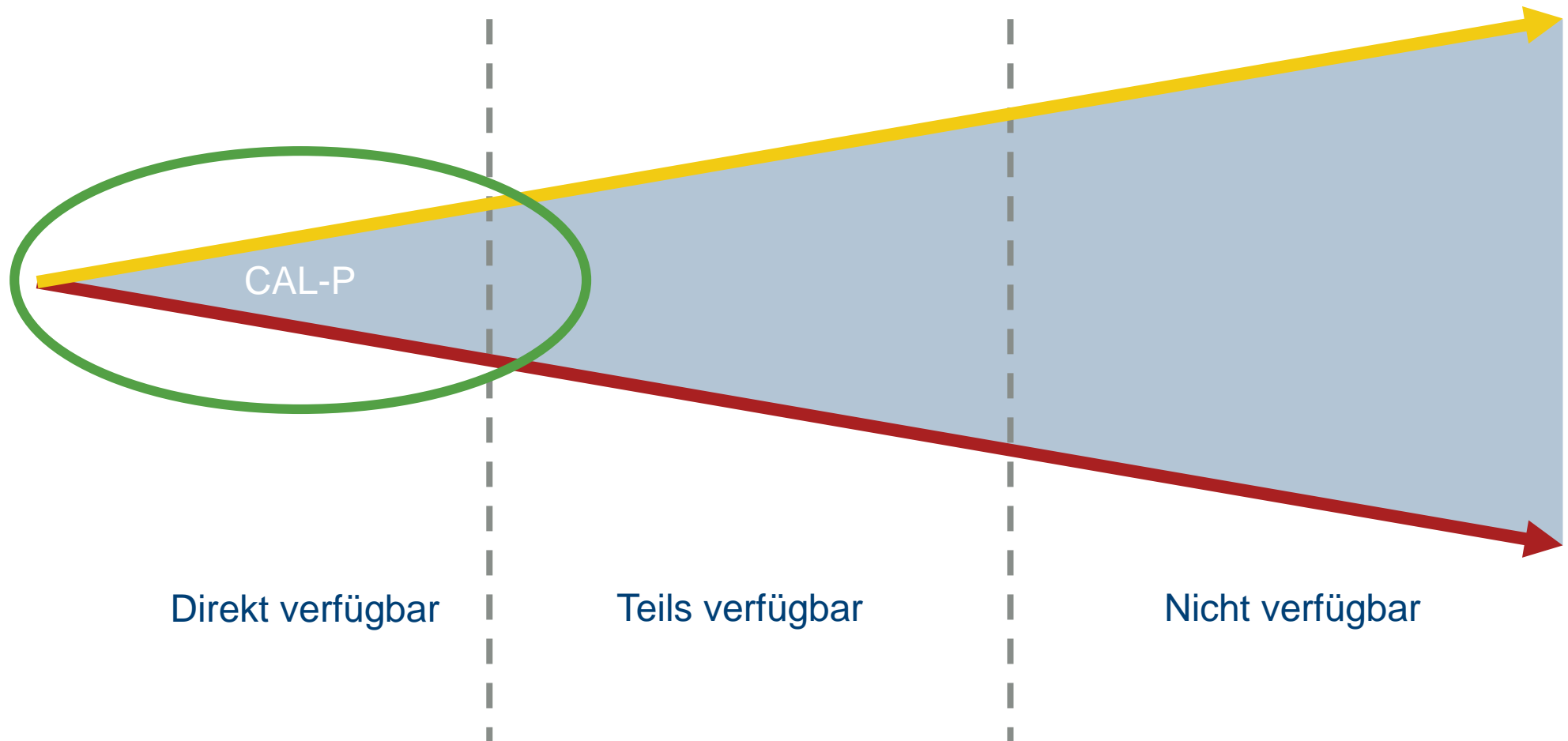


(T. Müller, 2017; USGS, 2019)

## 1. Phosphatreserven und -abbau

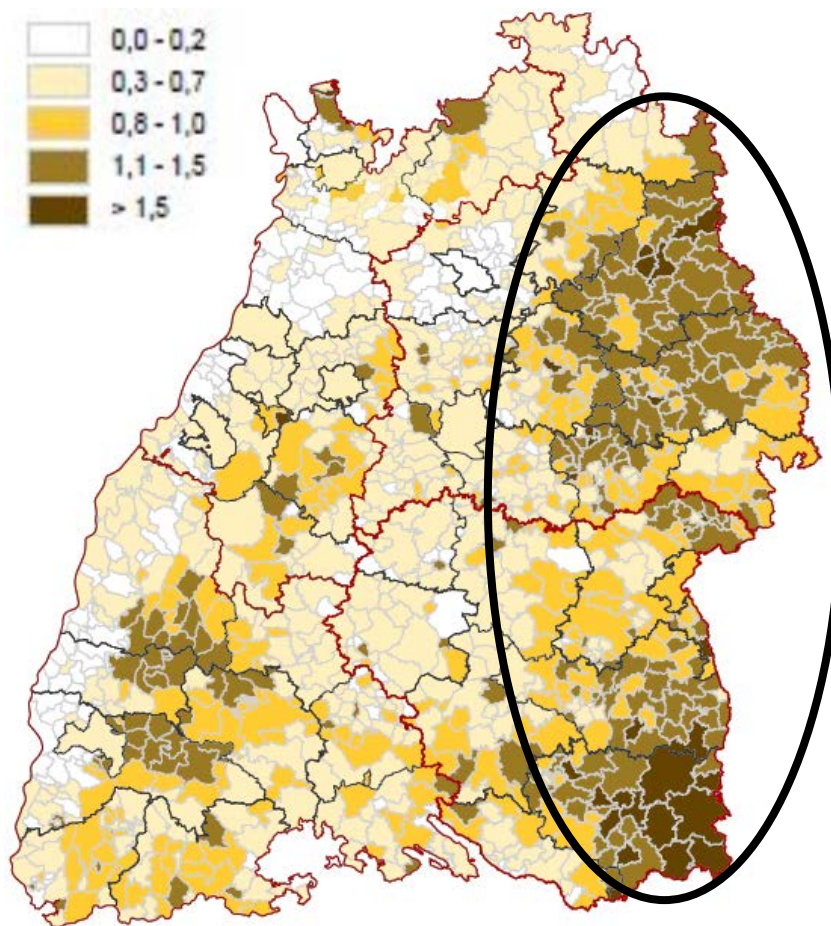


## Pflanzenverfügbarkeit des Phosphats im Boden



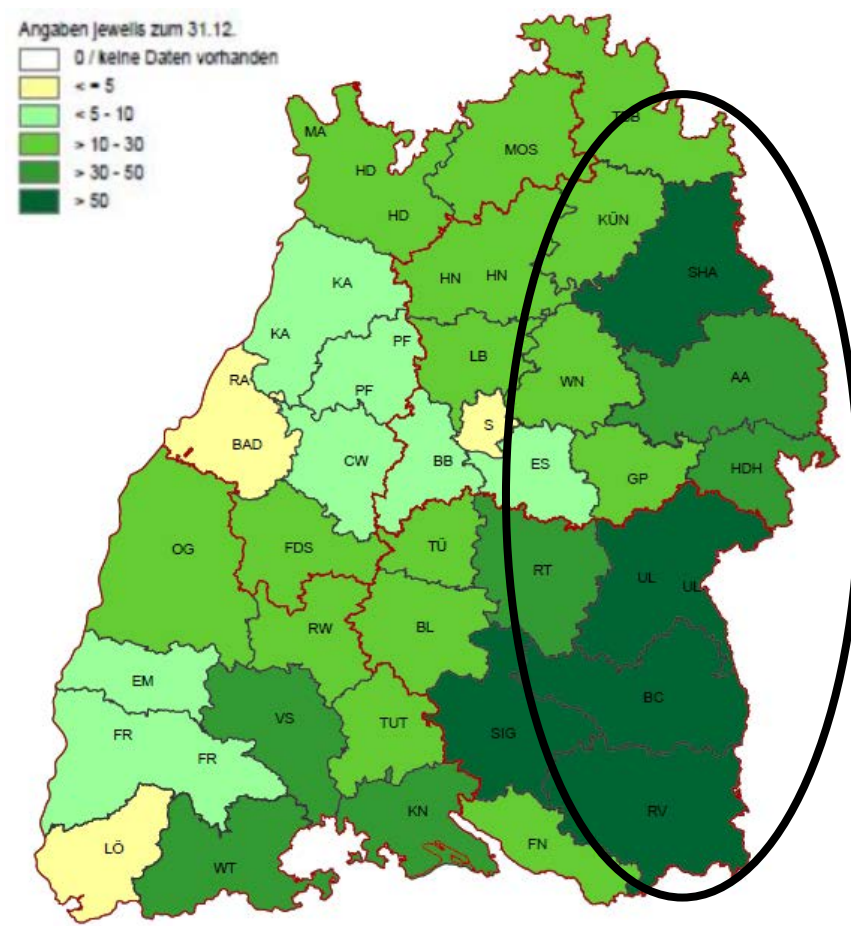
## Situation in Baden-Württemberg

Großvieheinheiten je Hektar (Stand 2016)



(LEL Schwäbisch-Gmünd)

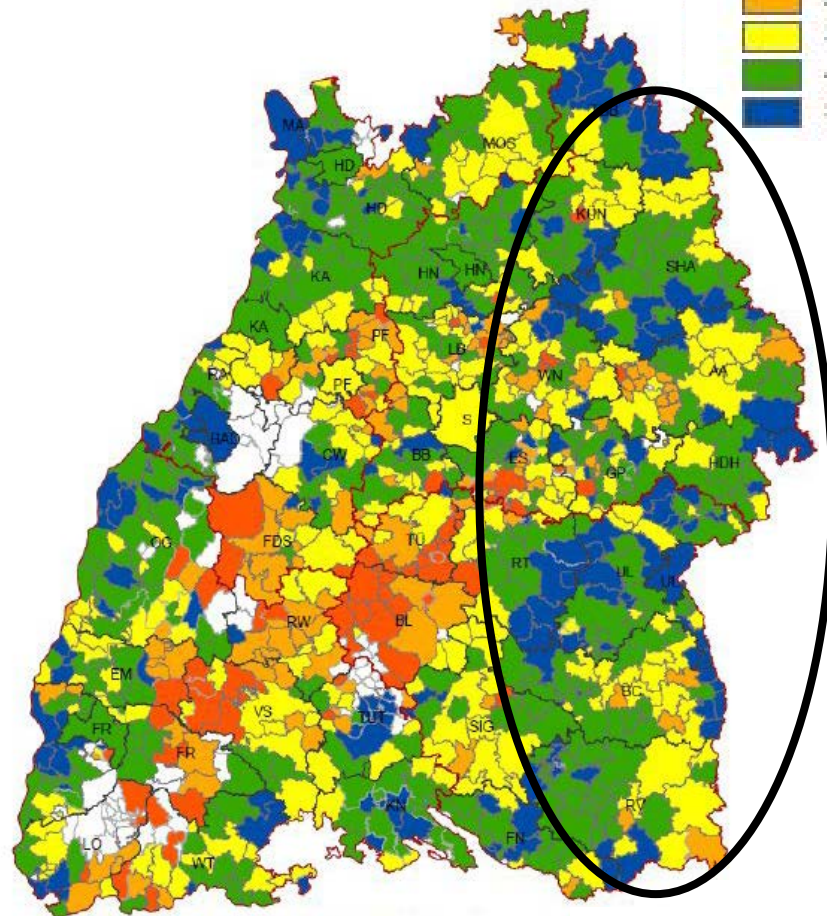
Biogasanlagen je Landkreis (Stand 2018)



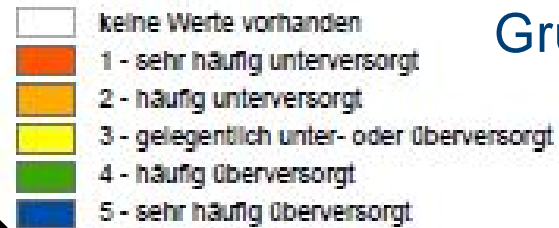


## Situation in Baden-Württemberg: Phosphorlevel im Boden

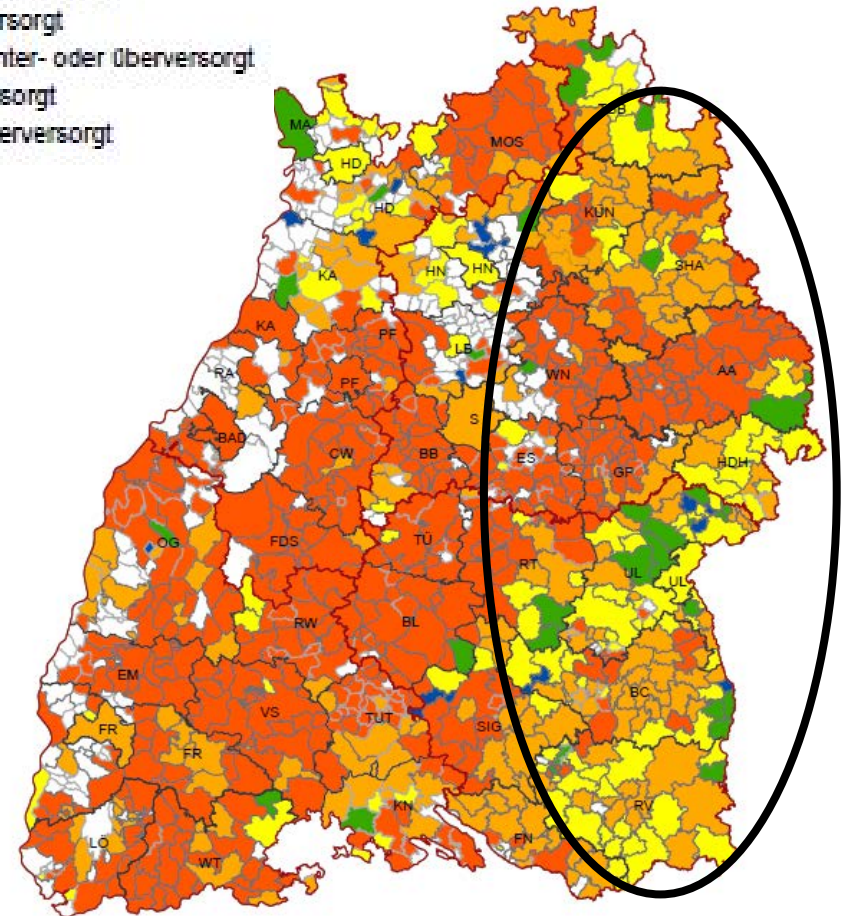
Ackerland (Stand 2014)



(LEL Schwäbisch-Gmünd)



Grünland (Stand 2018)



## NPK-Analyse ausgewählter Substrate

	<b>TS</b>	<b>P</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>NH<sub>4</sub>N gesamt</b>	
	<b>%</b>			<b>g/kgFS</b>			
<b>Gülle<sup>(1)</sup></b>	3,69	0,53	2,42	1,28	1,55	1,72	2,29
<b>Maissilage</b>	36,37	0,73	3,34	4,44	5,35	0,77	4,25
<b>Grassilage</b>	33,74	1,17	5,34	9,47	11,41	1,01	6,65
<b>Festmist</b>	28,69	2,47	11,31	13,22	15,93	2,17	8,52
<b>Getreide</b>	87,36	3,37	15,45	4,38	5,28	2,84	17,41

<sup>(1)</sup> Mischung aus Schweine- und Rindergülle sowie Niederschlagswasser



## NPK-Analyse ausgewählter Substrate

	TS	P	$P_2O_5$	K	$K_2O$	$NH_4$	N gesamt
	%			g/kgFS			
<b>Gülle<sup>(1)</sup></b>	3,69	0,53	2,42	1,28	1,55	1,72	2,29
<b>Maissilage</b>	36,37	0,73	3,34	4,44	5,35	0,77	4,25
<b>Grassilage</b>	33,74	1,17	5,34	9,47	11,41	1,01	6,65
<b>Festmist</b>	28,69	2,47	11,31	13,22	15,93	2,17	8,52
<b>Getreide</b>	87,36	3,37	15,45	4,38	5,28	2,84	17,41

<sup>(1)</sup> Mischung aus Schweine- und Rindergülle sowie Niederschlagswasser

## NPK-Analyse ausgewählter Substrate

	$P_2O_5$	N gesamt	N:P Verhältnis
<b>Gülle<sup>(1)</sup></b>	2,42	2,29	0,95
<b>Maissilage</b>	3,34	4,25	1,27
<b>Grassilage</b>	5,34	6,65	1,25
<b>Festmist</b>	11,31	8,52	0,75
<b>Getreide</b>	15,45	17,41	1,13
<b>Gärproduktlager unterer Lindenhof</b>	4,68	5,12	1,09

(1) Mischung aus Schweine- und Rindergülle sowie Niederschlagswasser



## Erlaubte Ausbringungsmenge mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

1. Analyse des totalen P-Gehalts im Gärrest
2. Analyse des P-Gehalts im Boden durch CAL-Extraktion (6-jährig) (VDLUFA (2018), DüV)



## Definition der Bodenklassen seit 2018

<b>Bodenklasse</b>	<b>mg CAL - P/100g Boden</b>	<b>mg CAL - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g Boden</b>
<b>A</b>	< 1,5	< 3,4
<b>B</b>	1,5 – 3,0	3,4 – 6,9
<b>C</b>	3,1 – 6,0	7,0– 13,8
<b>D</b>	6,1 – 12,0	13,9 – 27,5
<b>E</b>	> 12,0	> 27,5

Wiesler et al., 2018; VDLUFA



## Erlaubte Ausbringungsmenge mg $P_2O_5$ /ha

1. Analyse des totalen P-Gehalts im Gärrest

2. Analyse des P-Gehalts im Boden durch CAL Extraktion (6-jährig) (VDLUFA (2018), DüV)

- Klasse A: + 90 kg  $P_2O_5$ /ha
- Klasse B: + 40 kg  $P_2O_5$ /ha
- Klasse C: Erhaltungsdüngung
- Klasse D: - 50% der P-Abfuhr
- Klasse E: Keine Düngung

3. Berechnung der Nährstoffbilanz des Betriebs und Berücksichtigung der Grenzwerte





## Beispielrechnung

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- a) Wie viel Phosphor und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- b) Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?



## Beispielrechnung

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- a) Wie viel **Phosphor** und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- b) Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

## P-Entzug ausgewählter Kulturen

Kultur	Ernteprodukt	Ertrag in dt/ha <sup>(1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in kg/dt <sup>(2)</sup>
Winterweizen	Korn	80	0,80
	Stroh		0,24
Kartoffel	Knolle	450	0,14
	Kraut		0,02
Zuckerrübe	Rübe	650	0,10
	Kraut		0,08
Getreide-GPS	Ganzpflanze	350 <sup>(3)</sup>	0,23 <sup>(3)</sup>
Silomais	Ganzpflanze	450	0,19

<sup>(1)</sup> Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2018)

<sup>(2)</sup> M. Mokry et al., Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (2018)

<sup>(3)</sup> E. Sticksel et al., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2018)



## Beispielrechnung – Berechnung des Phosphatbedarfs

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- Wie viel **Phosphor** und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

Getreide-GPS:

$$350 \text{ dt/ha} * 0,23 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{dt} = \underline{80,5 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}$$

Silomais:

$$450 \text{ dt/ha} * 0,19 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{dt} = \underline{85,5 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}$$

Gesamt:

$$(85,5+83,2) \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} = \underline{166 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}$$

## Beispielrechnung – Berechnung des Phosphatbedarfs

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- Wie viel **Phosphor** und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

Gesamt:

$$(85,5+83,2) \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} = \underline{\underline{166 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}}$$

Zuschlag aufgrund der Bodenklasse B

$$166 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} + 40 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} = \underline{\underline{206 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}}$$





## Beispielrechnung - Stickstoffproblematik

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- Wie viel Phosphor und **Stickstoff** wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

Stickstoffbedarf:

Getreide-GPS	190 kg N/ha	<small>(Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft)</small>
<u>Silomais</u>	<u>200 kg N/ha</u>	<small>(DüV)</small>
Gesamt	390 kg N/ha	

Der Grenzwert für die Ausbringung von Gärresten liegt bei 170 kg N/ha im Betriebsdurchschnitt

→  $N:P = 0,83 \text{ kg N/kg P}_2\text{O}_5$



## NPK-Analyse am unteren Lindenhof

	<b>TS</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>N gesamt</b>	<b>N:P Verhältnis</b>
	<b>%</b>	<b>g/kg FS</b>	<b>g/kg FS</b>	<b>g N/g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>
<b>Gärproduktlager</b>	7,87	4,68	5,12	1,09



## Beispielrechnung - Stickstoffproblematik

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 300 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha an.

- a) Wie viel Phosphor und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- b) Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

Soll der Grenzwert von 170 kg N/ha ausgereizt werden ergibt sich eine Menge von

$$170 \text{ kg N/ha} / 5,12 \text{ kg N/t FS} = \underline{\underline{33,2 \text{ t Gärrest/ha}}}$$



ABER

Phosphatdüngerbedarf noch nicht gedeckt!

$33,2 \text{ t Gärrest/ha} * 4,68 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{t FS} = \underline{\underline{155,4 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}}$  (206 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha benötigt)

## Beispielrechnung: Fest-Flüssig-Trennung

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha auf Böden der Klasse B an.

- Wie viel Phosphor und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?





## NPK-Analyse am unteren Lindenhof

	<b>TS</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>N gesamt</b>	<b>N:P Verhältnis</b>
	<b>%</b>	<b>g/kg FS</b>	<b>g/kg FS</b>	<b>g N/g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>
<b>Separierte Flüssigkeit</b>	5,59	3,62	4,83	1,33
<b>Separierter Feststoff</b>	19,99	10,57	5,79	1,83
<b>Nachgärlager</b>	7,87	4,68	5,12	1,09

## Beispielrechnung: Fest-Flüssig-Trennung

Zielwert Stickstoff		170,0	kg N/ha
Zielwert Phosphat		206,0	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
Flüssigkeitsausbringung (Annahme)		97,0	kg N/ha
Feststoffausbringung		73,0	kg N/ha
Resultierende Flüssigkeitsmenge		20,1	t FS/ha
Resultierende Feststoffmenge		12,6	t FS/ha
resultierendes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aus Flüssigkeit	$\frac{97 \frac{kgN}{ha}}{4,83 \frac{kgN}{t FS}}$	72,8	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
resultierendes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aus Feststoff	$20,1 \frac{t FS}{ha} * 3,62 \frac{kgP_2O_5}{t FS}$	133,2	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
resultierendes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		<u>206,0</u>	<u>kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha</u>



## Beispielrechnung: Fest-Flüssig-Trennung

Ein Landwirt baut Getreide-GPS bei einem Ertrag von 350 dt/ha und Silomais bei einem Ertrag von 450 dt/ha an.

- a) Wie viel Phosphor und Stickstoff wird dem Feld bei der Ernte entzogen?
- b) Wie viel Gärrest darf er pro Hektar ausbringen?

Flüssigkeit: ~ 20 t/ha

Feststoff: ~ 13 t/ha

- Ausreichende Phosphatdüngung nur durch Fest-Flüssig-Trennung möglich
- Ab 01.02.2020 dürfen flüssige organische und organische-mineralische Dünger mit  $N_{\text{ges}} > 50 \text{ kg/ha}$  auf bestellten Äckern nur noch streifenförmig auf oder direkt in den Boden ausgebracht werden (Awater-Esper & Europe, 2019)

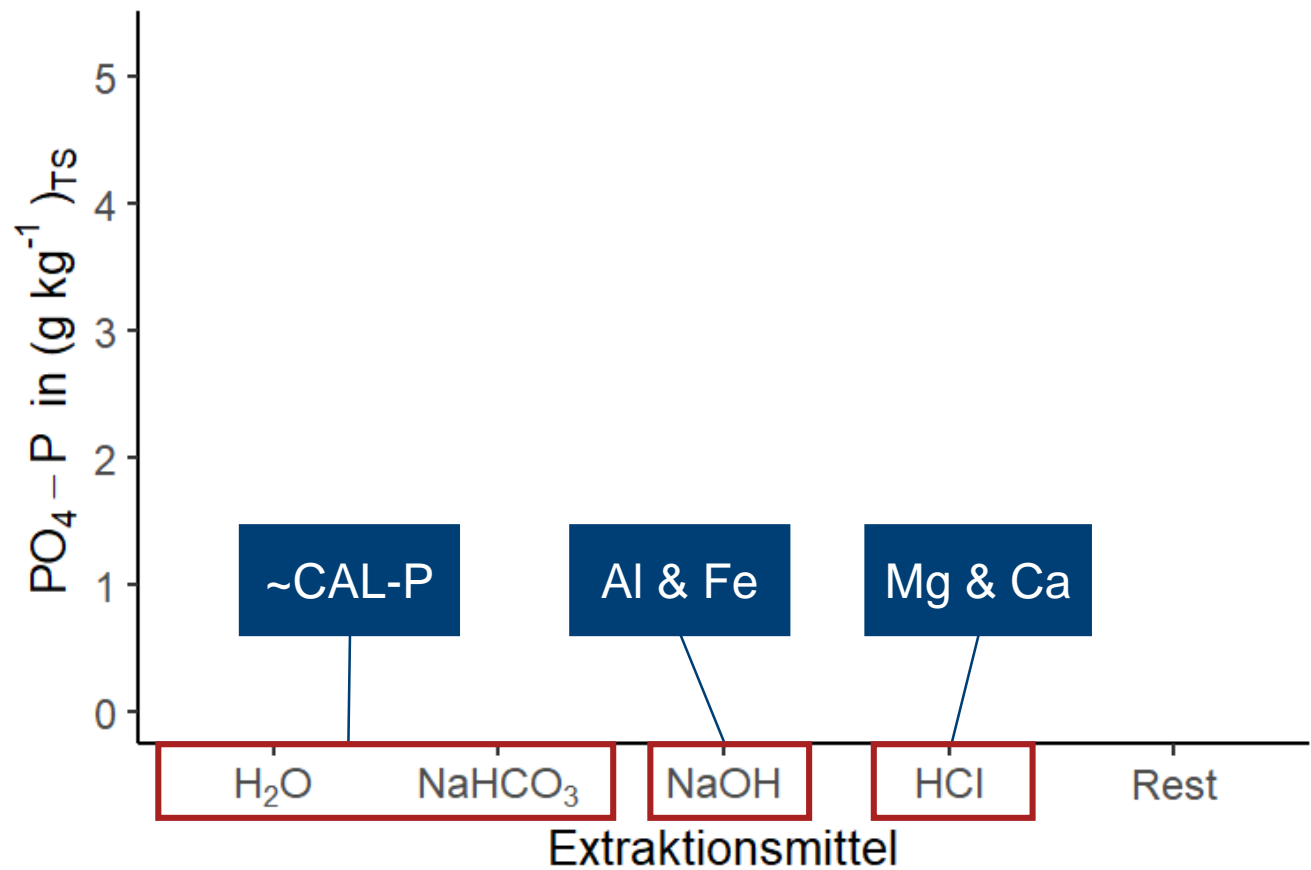


## **Die Verfügbarkeit des Phosphats wird in der Düngerechnung vernachlässigt**



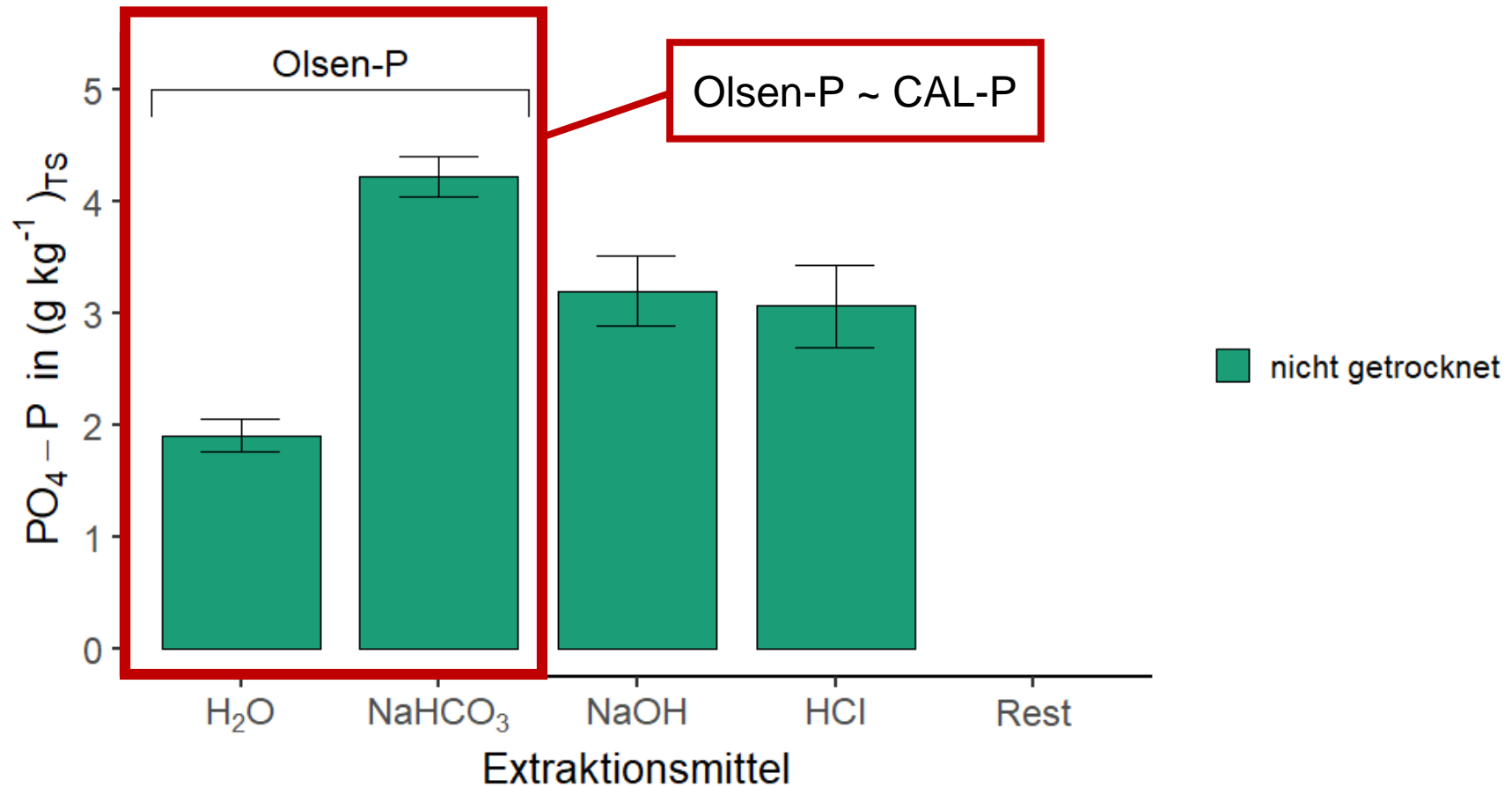
## Wie können Phosphatfraktionen im Gärrest bestimmt werden?

## Hedley Fraktionierung - Ergebnisse



n=5, p=0.05

## Hedley Fraktionierung - Ergebnisse



n=5, p=0.05



## Zusammenfassung

- Phosphat ist eine endliche Ressource die derzeit ineffizient genutzt wird
- Grenzwerte der Phosphatdüngung können mit Stickstoffgrenzen kollidieren
  - Fest-Flüssig-Trennung ist eine Möglichkeit dies zu verhindern
- Großer Anteil an schlecht verfügbaren Phosphaten im Gärrest (ohne Berücksichtigung der Bodenchemie)
- **Phosphatabtrennung ist wünschenswert um einen hochwertigen Phosphatdünger zu erhalten und die Düngung zu vereinfachen**





# ENDE

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Konstantin Dinkler

Universität Hohenheim - Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie 740  
Garbenstr. 9 | 70599 Stuttgart  
Tel.: 0711 459 22685  
E-Mail: [Konstantin.dinkler@uni-hohenheim.de](mailto:Konstantin.dinkler@uni-hohenheim.de)



**AMAIZE-P**



Funded by

**DFG**

Deutsche  
Forschungsgemeinschaft  
German Research Foundation

AMAIZE – P | Konstantin Dinkler

## Quellen

- Awater-Esper, S., & Europe, A. (2019, October 4). Neue Düngeverordnung soll ab April 2020 gelten. *TopagrarONLINE*. Retrieved from <https://www.topagrar.com/acker/news/neue-duengeverordnung-soll-ab-april-2020-gelten-11837988.html>
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen. (2018). Empfehlungen zur Grunddüngung-(Stand Februar 2018). Retrieved from [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de)
- Mokry, M., Mayer, V., Mann, T., & Heckelmann, A. (2018). Merkblatt zur Ermittlung des P-Düngebedarfs (P2O5) für Ackerkulturen (§4 DüV). Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ).
- Sticksel, E., Lichti, F., Aigner, K., & Hofmann, D. (2018). Wintergetreide - Ganzpflanzensilage als Biogassubstrat. Retrieved January 24, 2020, from [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/leitfaden\\_2010-02\\_biogasforum.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/leitfaden_2010-02_biogasforum.pdf)
- Wiesler, Appel, Dittert, Ebertseder, Müller, Nätscher, ... Zorn. (2018). *Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf*. Speyer: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUF A).
- Bachmann, Silvia. 2013. "Phosphor-Düngewirkung von Biogassgüllen - Ein Beitrag Zur Sicherung Einer Nachhaltigen Bioenergieproduktion -." Universität Rostock.
- Coale, Frank J. 2009. "Soil Sample Collection, Handling, Preparation, and Storage." In *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters Second Edition Southern*, Virginia Tech University, 6–8. [http://wiki.nscss.org/system/files/Methods\\_of\\_P\\_Analysis\\_2000.pdf](http://wiki.nscss.org/system/files/Methods_of_P_Analysis_2000.pdf).
- Dou, Z et al. 2000. "Laboratory Procedures for Characterizing Manure Phosphorus." *Journal of Environmental Quality* 29(2): 508–14.
- Li, Heng et al. 2016. "Mass Balances and Distributions of C, N, and P in the Anaerobic Digestion of Different Substrates and Relationships between Products and Substrates." *Chemical Engineering Journal* 287(422): 329–36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.11.003>.
- Toor, Guralp S, J Derek Peak, and J Thomas Sims. 2005. "Phosphorus Speciation in Broiler Litter and Turkey Manure Produced from Modified Diets." 697(July 2004): 687–97.
- Wei, F S, and others. 2002. "Monitoring and Analysis Methods of Water and Wastewater." *China Environmental Science Press, Beijing* (4).
- Wuenscher, R, H Unterfrauner, R Peticzka, and F Zehetner. 2015. "A Comparison of 14 Soil Phosphorus Extraction Methods Applied to 50 Agricultural Soils from Central Europe." 61(2): 86–96.