



Zu stickstoffreich?

**Welche Anforderungen stellt der Substratmix
an die Biologie**

Thomas Dickhaus

Die Novelle des Ökostromgesetzes in Österreich

- **Welche Substratalternativen gibt es im Hinblick auf den möglichen Mais- und Getreidedeckel von 30% im neuen Ökostromgesetz?**

N-reiche Substrate als Alternative zu Maissilage und Getreide

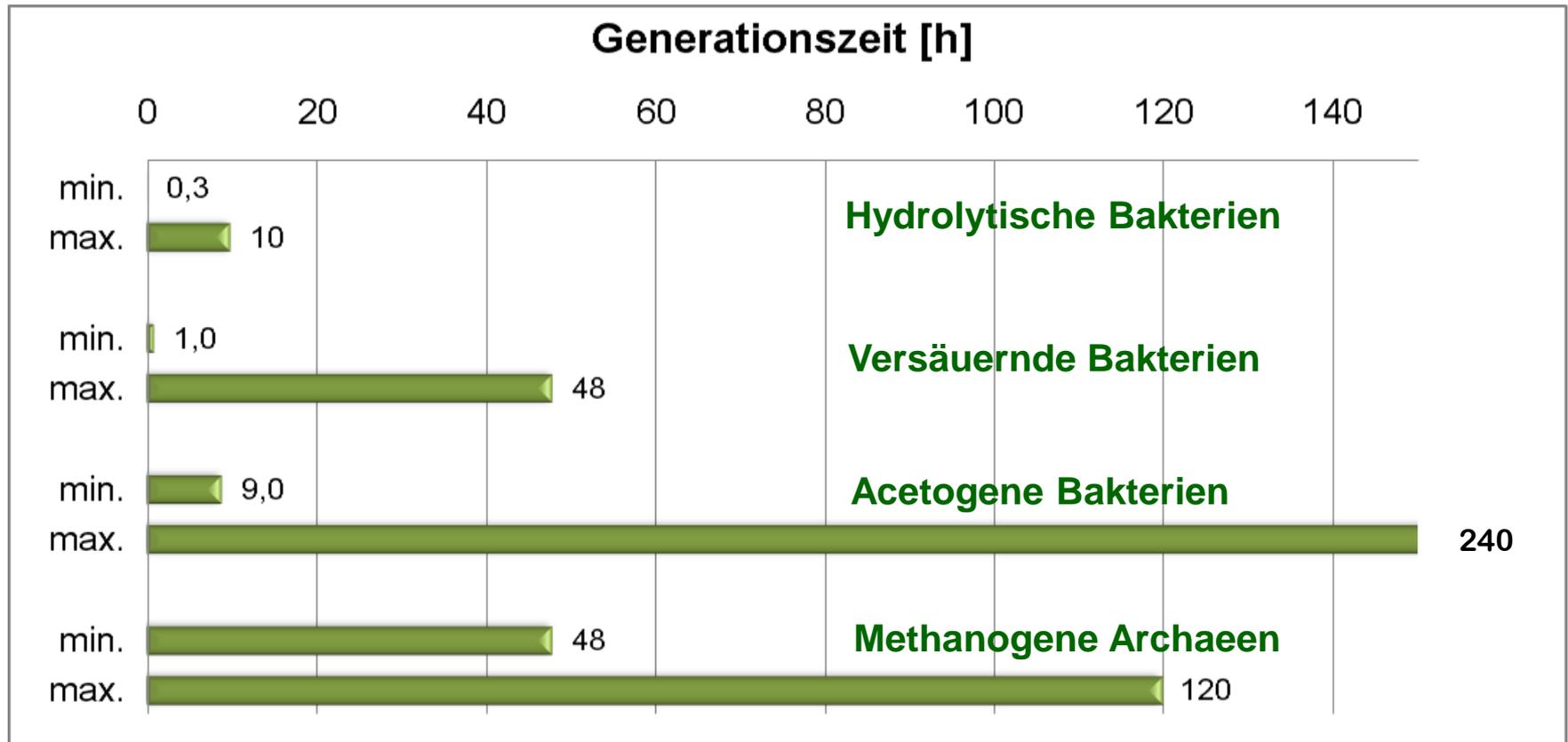
<u>Energiepflanzen</u> Mais (CCM) Getreide und Getreide-GPS Gras	<u>Nebenprodukte der Lebensmittel/Industrieproduktion</u> Melasse, Vinasse Stärkeproduktion Altbrot, Gebäck Schlachtabfälle Brennerei (Schlempen, DDGS) Biodiesel (Rapspresskuchen)
<u>Landwirtschaftliche Nebenprodukte</u> Geflügelmist Hühnertrockenkot	<u>Organischer Abfall</u> Abgelaufene Lebensmittel Küchenabfälle Bioabfall



Ammonium (NH₄⁺) und Ammoniak (NH₃)

- Ammonium-N (NH₄⁺) entsteht aus dem Abbau von Protein oder Harnstoff bzw. Harnsäuren (Wirtschaftsdüngern)
- Der Puffer (TAC, H₂CO₃) des Gärinhaltes steigt mit dem Ammoniumgehalt an. Es bildet sich mit zunehmendem pH auch Ammoniumhydrogencarbonat (NH₄HCO₃), was zusätzlich puffert.
- Die Mikroorganismen benötigen Ammonium zum Zellwachstum
- Ammonium und Ammoniak stehen in einem Gleichgewicht
- Mit steigendem pH und steigender Temperatur verschiebt sich das Dissoziationsgleichgewicht von Ammonium in Richtung Ammoniak (NH₃)
- Ammoniak ist ein **Zellgift** und hemmt zu aller erst die Methanbakterien (Archaeen)
- Es kommt zu einer Akkumulation der Fettsäuren (v.a. Propionsäure)
- Durch die hohe Pufferkapazität bleibt der pH-Wert lange stabil

Der Weg aus einer Hemmung ist schwierig!



Nach Weiland 2006

Umwandlung von Ammonium in toxisches Ammoniak ist Temperatur- und pH-abhängig

Ammonium-Ammoniak-Kalkulator

NH ₄ ⁺ -Gehalt	g/l	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
Temperatur	° C	40	50	40	50	40	50	40	50
pH-Wert		7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1
NH ₃ -Gehalt (berechnet)	g/m ³	406	668	566	940	637	1057	860	1394

Gegenmaßnahmen bei einer Ammoniakhemmung

- **Reduzierung des N-reichen Inputs**
- **Reduzierung der Temperatur** in den unteren mesophilen Bereich (38 – 40°C)
- **pH-Senkung** mit Säuren? **Nein!**, da Schaumbildung (TAC-Schaum). Außerdem aufgrund hoher Aufwandsmengen zu teuer.
- **Verdünnung mit Wasser** oder Stickstoff „armer“ Gülle. Achtung vor Phasentrennung (Bildung von Schwimmdecken) und Reduzierung der Verweilzeit (Gasertrag)
- Einsatz eines **Ammoniumbinders**: Akutgabe oder langfristiger Einsatz
- Wenn möglich, **neu Animpfen** mit NH_3 -adaptiertem Fermenterinhalt von z.B. einer Nachbaranlage

N-reiche Substrate als Alternative:

<u>Energiepflanzen</u> Mais (Maissilage, CCM) Getreide und Getreide-GPS Gras	<u>Nebenprodukte der Lebensmittel/Industrieproduktion</u> Melasse, Vinasse Stärkeproduktion Altbrot, Gebäck Schlachtabfälle Brennerei (Schlempen, DDGS) Biodiesel (Rapspresskuchen)
<u>Landwirtschaftliche Nebenprodukte</u> Geflügelmist Hühnertrockenkot	<u>Organischer Abfall</u> Abgelaufene Lebensmittel Küchenabfälle Bioabfall



Stickstoffgehalte ausgewählter Substrate

Substrat	TS [%]	N [kg/t]
Rindermist	23	4,2
Maissilage	35	4,7
Triticale-GPS	35	5,6
Grassilage 3. Schnitt	35	7,8
CCM	60	10,1
Altbrot	65	15,6
Triticale (Korn)	86	16,5
Melasse	78	16,8
Masthähnchenmist	60	21,3
Hühnertrockenkot	50	22
Putenmist	50	22,1
Sojabohnen	86	44
Rapskuchen	90	52,7

Quellen:

https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/Richtwerte/2019_rw_tab37.pdf und folgende

https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/basisdaten_20190131_1a.pdf und folgende

Wieviel Biogas kann ich aus meinen Substraten/
meinem Substratmix erwarten?

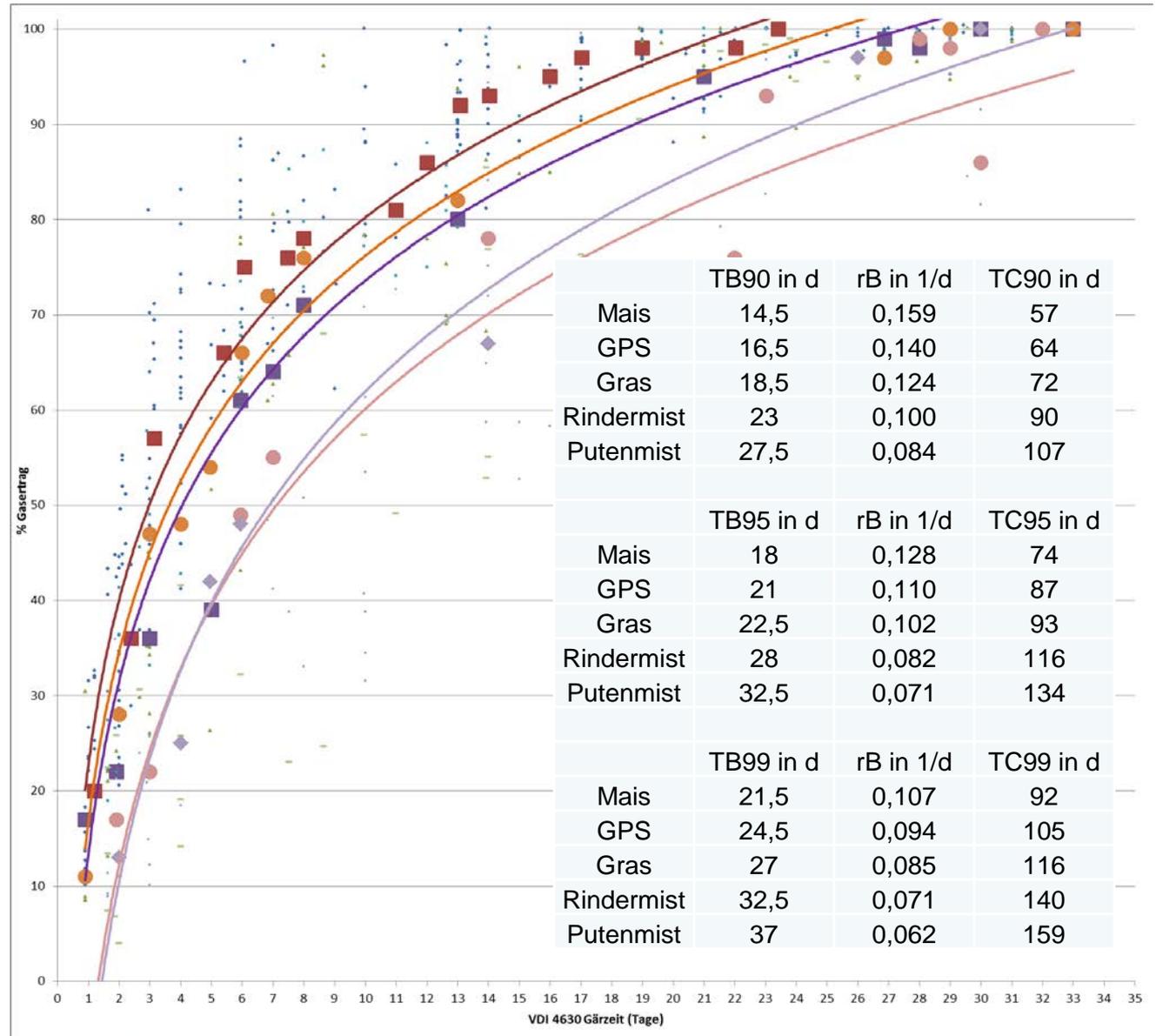
Wie kann ich das Biogaspotential meiner Substrate bestimmen?

- Futterwertanalysen mittels NIR von Silagen (keine Mischsilagen), berechnet nach Weissbach
- Nasschemische Futterwertanalysen
- Gärtest nach VDI 4630 (Substratmischungen und nicht fressbaren Substraten, wie z.B. Wirtschaftsdünger, Reststoff aus der Lebensmittelindustrie etc.)

Gärtest nach VDI 4630 –
akkreditiert in unserem Labor 

- Geeignet für alle Substrate und Substratmischungen
- Kein fixes Abbruchdatum, daher Laufzeiten von 20-50 Tagen möglich (Wichtig für faserreiche Stoffe)
- Gasertragskurve zeigt nicht nur den maximalen Gasertrag, sondern auch die Kinetik

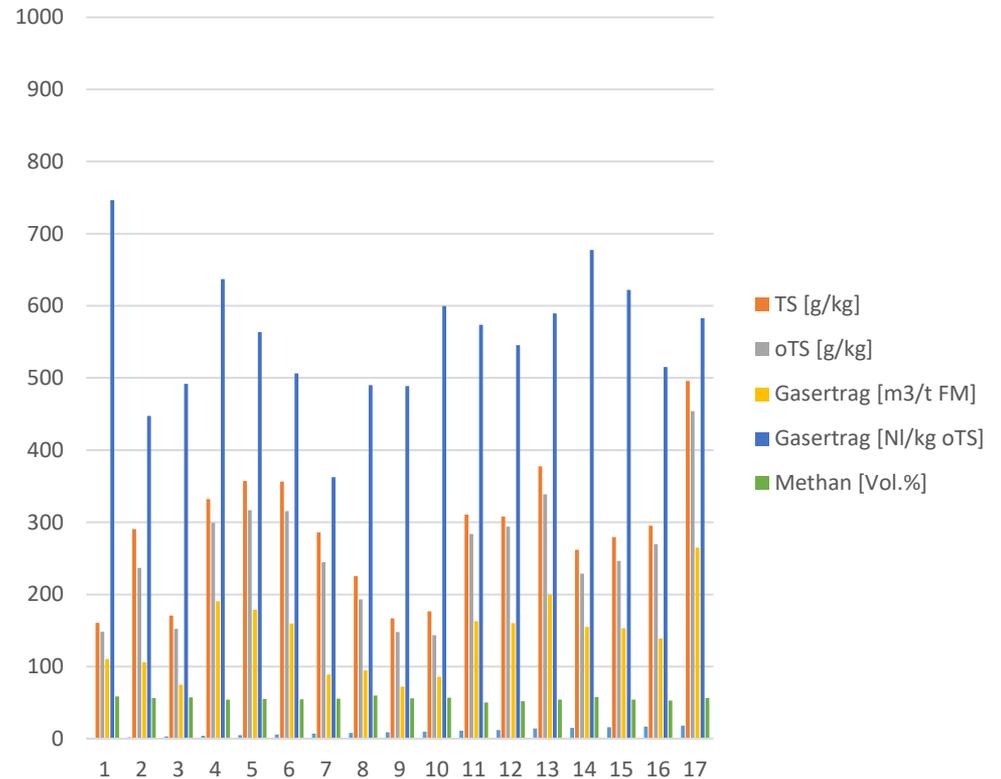
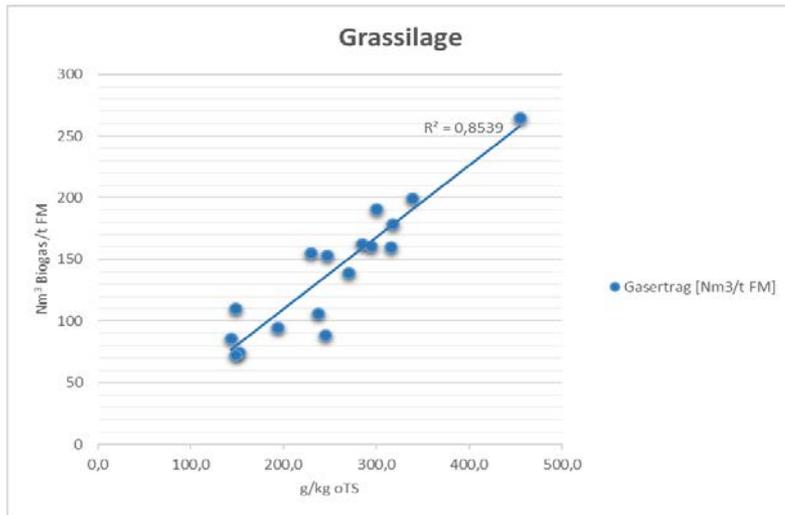
Entscheidend ist aber auch:
wie schnell kommt das Gas!



Gärtestergebnisse Grassilage VDI 4630

(17 Proben/ Stand Juni 2020)

Grassilage	Mittelwert	Median	Min	Max
TS [g/kg]	285	290	161	496
oTS [g/kg]	254	246	143	454
Gasertrag [Nm ³ /t FM]	141	153	72	265
Gasertrag [NI/kg oTS]	555	564	363	747
Methan [Vol.%]	55,4	55,4	50,3	60,0



Warum brauchen Gras und GPS mehr Zeit?

Im Vergleich zu Mais hoher Rohfasergehalt – und wenig Stärke.
(NIR-Analysen bonalytic)

	Probenzahl	TS [g/kg FM]	oTS [g/kg TM]	Proteine [g/kg TM]	Fett [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	NfE [g/kg TM]	Stärke [g/kg TM]	ME	NEL	NDF [%]	ADF [%]	ADL [%]
Mais	65	291	960	79	32	194	654	336	10,9	6,6	42	25	3
GPS	20	281	929	112	30	313	479	131	9,6	5,6	58	35	4
Gras	34	342	903	146	30	297	432	51	10,0	5,8	57	35	6

Hühnermist (1-7)

Puten-/Hähnchenmist (10-25)

(24 Proben / Stand: 07/2013)

Hühnermist	Mittelwert	Median	Min	Max
TS (g/kg)	440	482	212	714
oTS (g/kg)	311	274	138	609
Biogas (m ³ /t FM)	87	69	26	158
Biogas (m ³ /t oTS)	306	352	143	436
Methan (Vol.%)	58,6	58,5	55,0	62,0

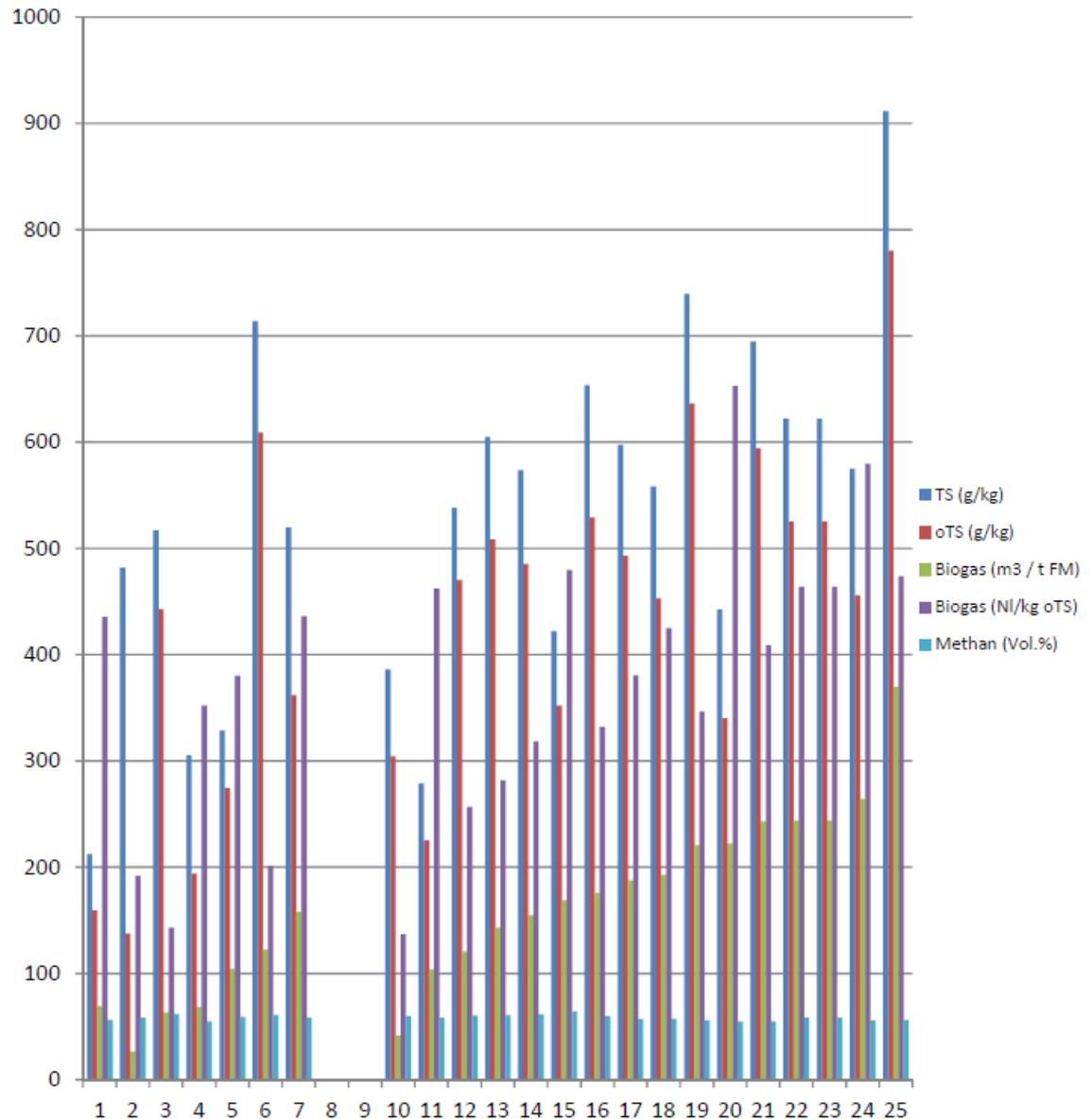
Bewertung:

- Die Werte streuen relativ stark .
- Zur Absicherung wird dem Kunden deshalb ein Gärtest dringend empfohlen.

Puten-/Hähnchenmist	Mittelwert	Median	Min	Max
TS (g/kg)	576	586	278	912
oTS (g/kg)	480	489	225	780
Biogas (m ³ /t FM)	194	190	42	370
Biogas (m ³ /t oTS)	404	417	137	653
Methan (Vol.%)	58,3	58,2	54,8	64,5

Bewertung:

- Die Werte streuen deutlich weniger als beim Hühnermist und sind normalverteilt. Mittelwert und Median sind vergleichbar, deshalb können sie zur Berechnung genutzt werden.
- Zur Absicherung wird dem Kunden jedoch ein Gärtest empfohlen.



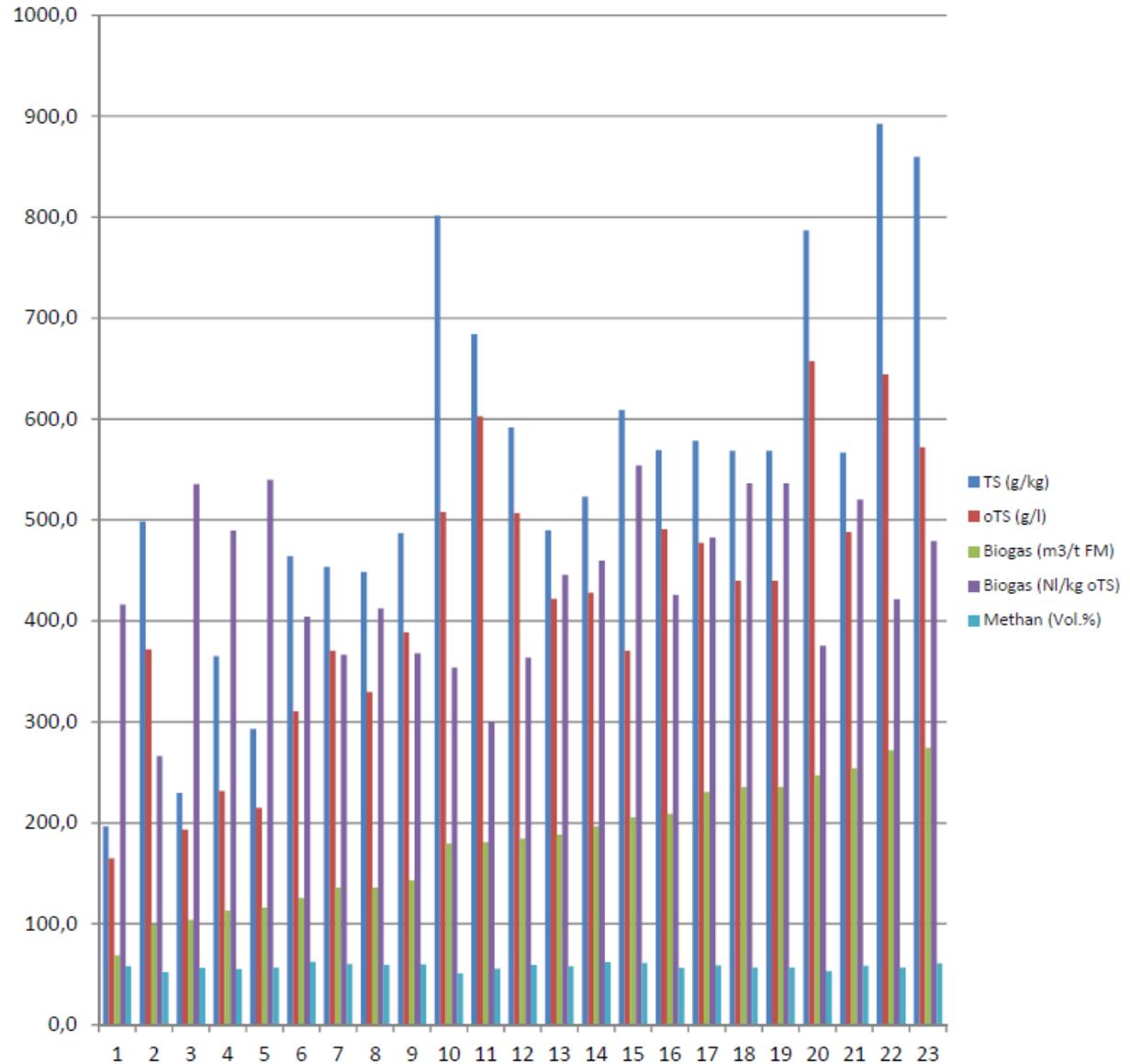
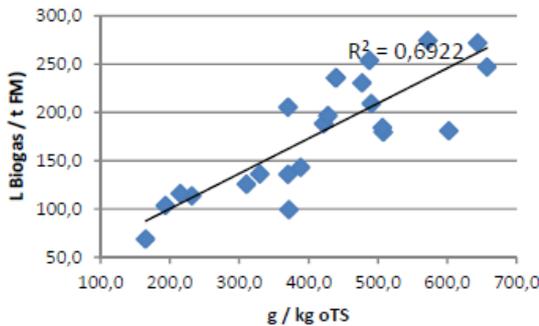
Hühnertrockenkot (HTK) dry chicken faeces (ohne Stroh)

(23 Proben / Stand: 07/2013)

HTK	Mittelwert	Median	Min	Max
TS (g/kg)	545	567	196	892
oTS (g/kg)	418	428	165	657
Biogas (m ³ /t FM)	180	184	69	274
Biogas (m ³ /t oTS)	437	426	238	554
Methan (Vol.%)	57,5	57,8	51,0	61,9

Bewertung

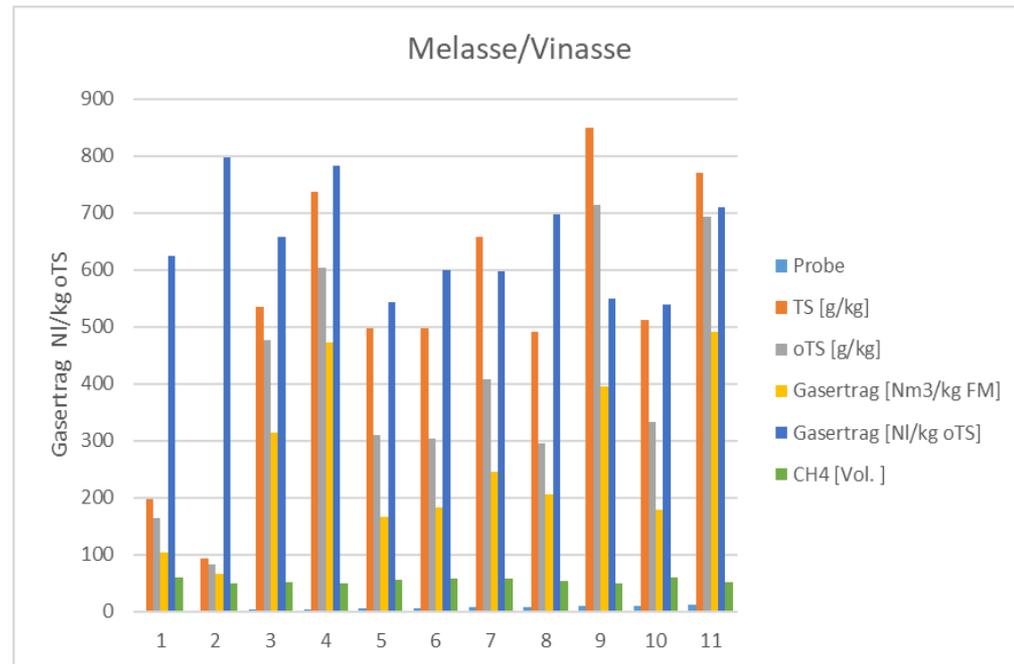
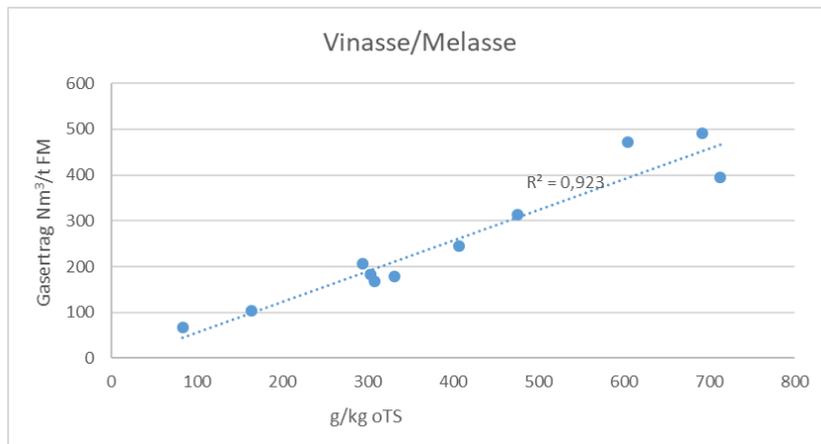
- Die Gasertragswerte streuen relativ gering, und sind normalverteilt, deshalb gibt der Mittelwert (auch der Median) einen guten Anhaltspunkt.
- Der spezifische Gasertrag (l Biogas / kg oTS) ist relativ zuverlässig (s.u.).
- Bei vorliegendem Wert der oTS-Konzentration unter Umständen auf einen Gärtest verzichtet werden.



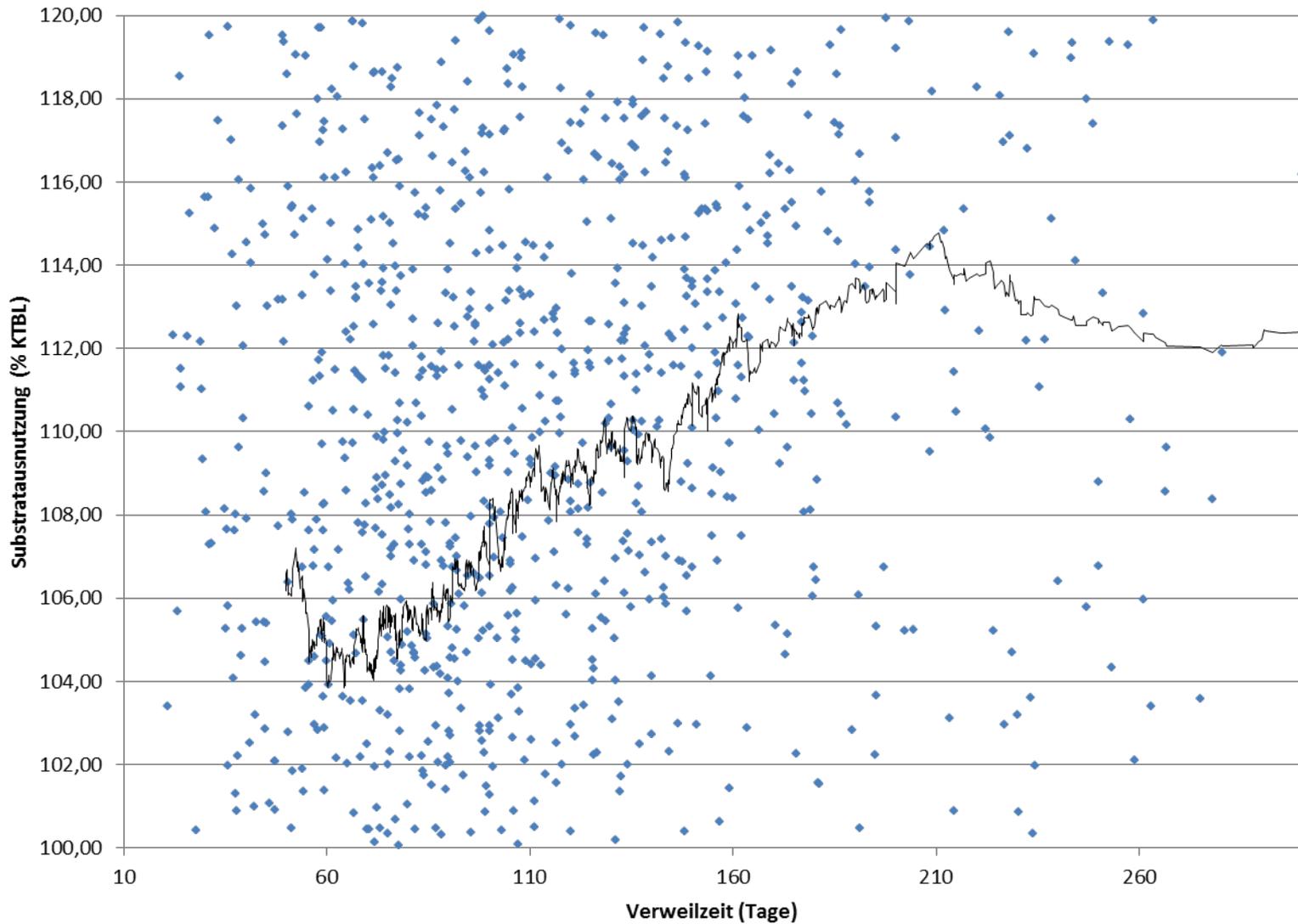
Gärtestergebnisse Vinasse/Melasse VDI 4630

(11 Proben/ Stand Dez. 2018)

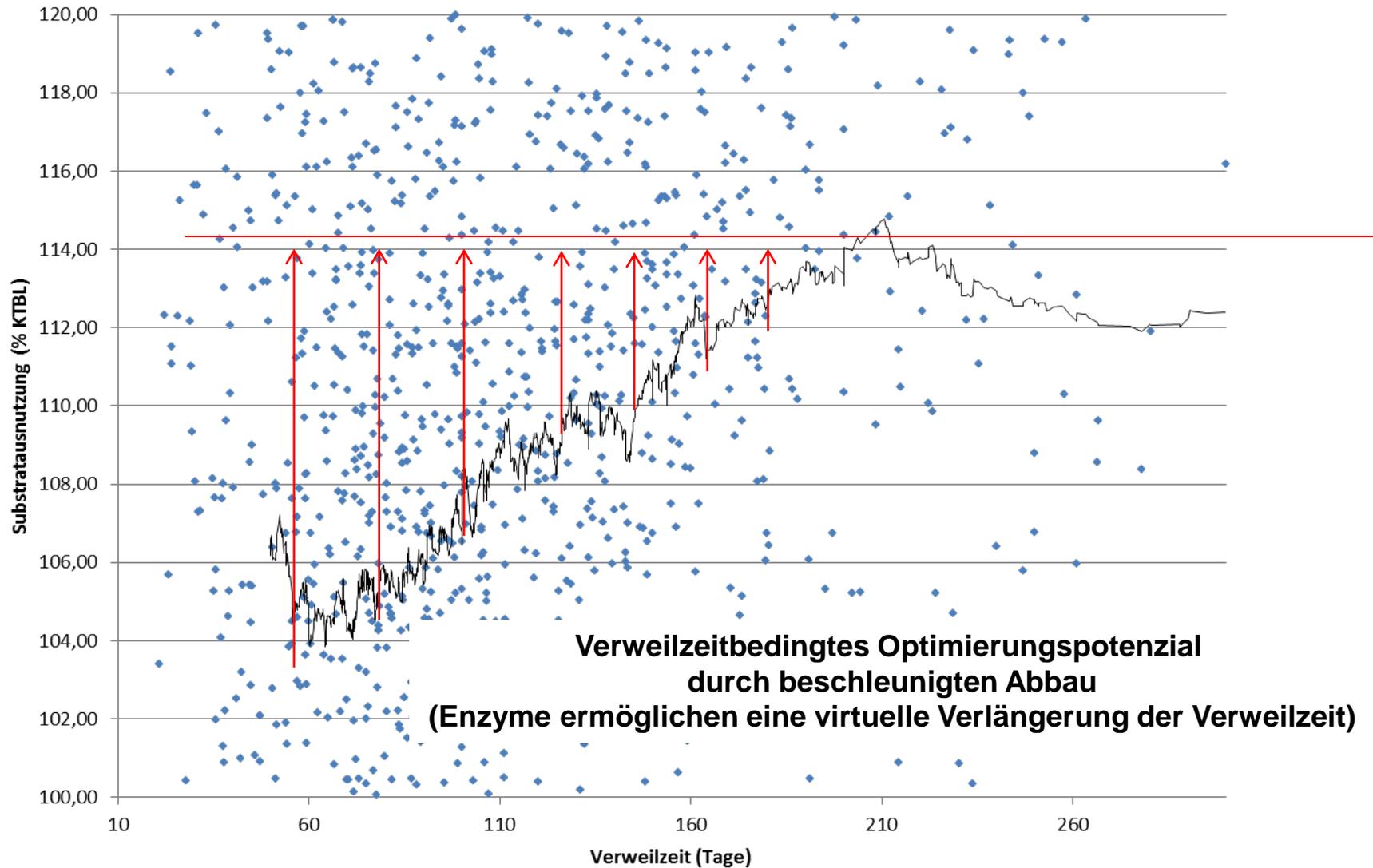
Vinasse/Melasse	Mittelwert	Median	Min	Max
TS [g/kg]	531	511	94	849
oTS [g/kg]	398	332	84	713
Gasertrag [Nm ³ /t FM]	256	206	67	490
Gasertrag [NI/kg oTS]	645	625	538	796
Methan [Vol.%]	54,1	54,4	48,7	60,1



Bei der Wahl des Substratmixes, Verweilzeit beachten!

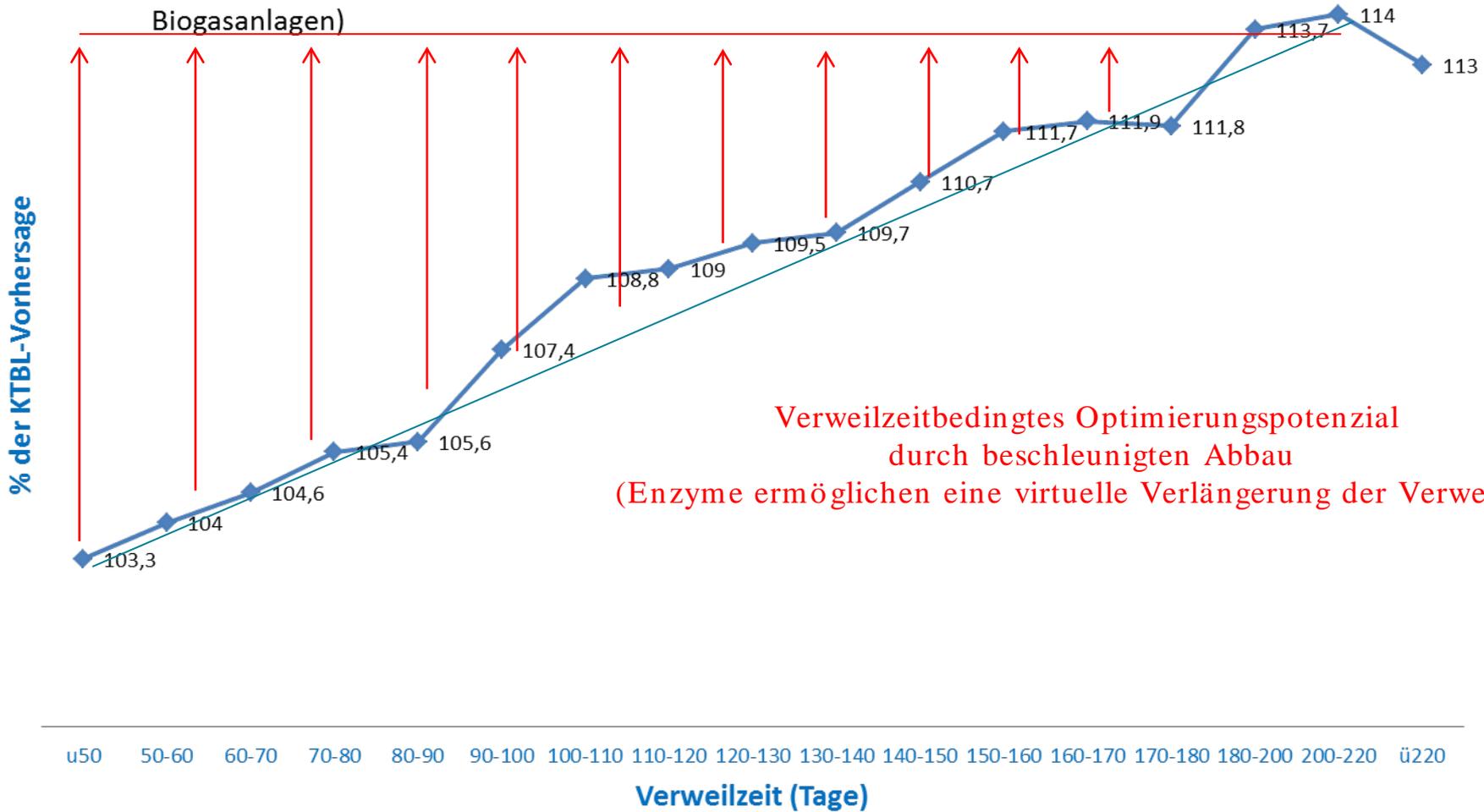


Verweilzeit als Hauptfaktor für die Substratausnutzung!



Abhängigkeit der relativen Substratausnutzung (% der KTBL-Vorhersage) von der Verweilzeit im beheizten Fermentationsvolumen (in Tagen)

(Mittelwert aller Anlagen = 108,2%) (n=1700) (Klassengrößen zwischen 50-150 Biogasanlagen)



Verweilzeitbedingtes Optimierungspotenzial durch beschleunigten Abbau (Enzyme ermöglichen eine virtuelle Verlängerung der Verweilzeit)

Effizienzcheck mittels Gärrestmethanpotentialanalyse

- Entscheidungshilfe bei einem Investment (Nachgärer?)
- Ein Tool zur Überprüfung der richtigen Substratstrategie. Wird das Biogaspotential richtig genutzt?
- Entweder bei 20° C ohne Inokulum oder bei 37° C mit oder ohne Inokulum
- Ergebnis des Restgaspotenzials in % oder in m³ CH₄ / m³ Gärrest

Abbau Dynamik BGA Hülseberg

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

