

Recy & DepoTech 2018, Leoben, 07.-09.Nov.2018

# **Kohlenstoffsенке Deponie - Restkohlenstoffgehalt nach Wiedereintreten aerober Milieubedingungen in Altdeponien**

Erwin Binner, Alexandra Pukhnyuk,  
Peter Lechner, Marion Huber-Humer

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt

**Institut für Abfallwirtschaft**

# Kohlenstoffsenske MBA-Deponie

## Abschätzung über Inkubationsversuche

### Inkubationsversuche zur Abschätzung der Gasbildung $GS_{21}$

- am ABF-BOKU wurden bisher mehr als 870 Inkubationsversuche durchgeführt

### Langzeitversuche des ABF-BOKU

- Materialien aus Altdeponien (85 Materialien, bis zu 8 Jahre Versuchsdauer)
- MBA-Materialien aus einem FWF-Projekt u.a. (145 Materialien mit Versuchsdauer von >100 Tagen, davon **81 Proben Deponiefraktion** ( $GS_{21} < 20 \text{ NI/kg TM}^{1)}$  und  $H_o < 6.600 \text{ kJ/kg TM}$ ) sowie weitere 20 Proben mit  $GS_{21}$  bis zu 40 NI/kg TM)

# Kohlenstoffsénke MBA-Deponie

## Abschätzung über Inkubationsversuche

### Langzeitversuche des ABF-BOKU

- Modellierung des Gasbildungsverlaufs
- damit ist die Vorhersage des Gasbildungspotentials (sehr lange Laufzeit) aus Inkubationsversuchen mit kürzerer Laufzeit möglich  
welche Mindestversuchsdauer ist erforderlich??

### Abschätzung des „Endzustandes“ von MBA-Deponiegut

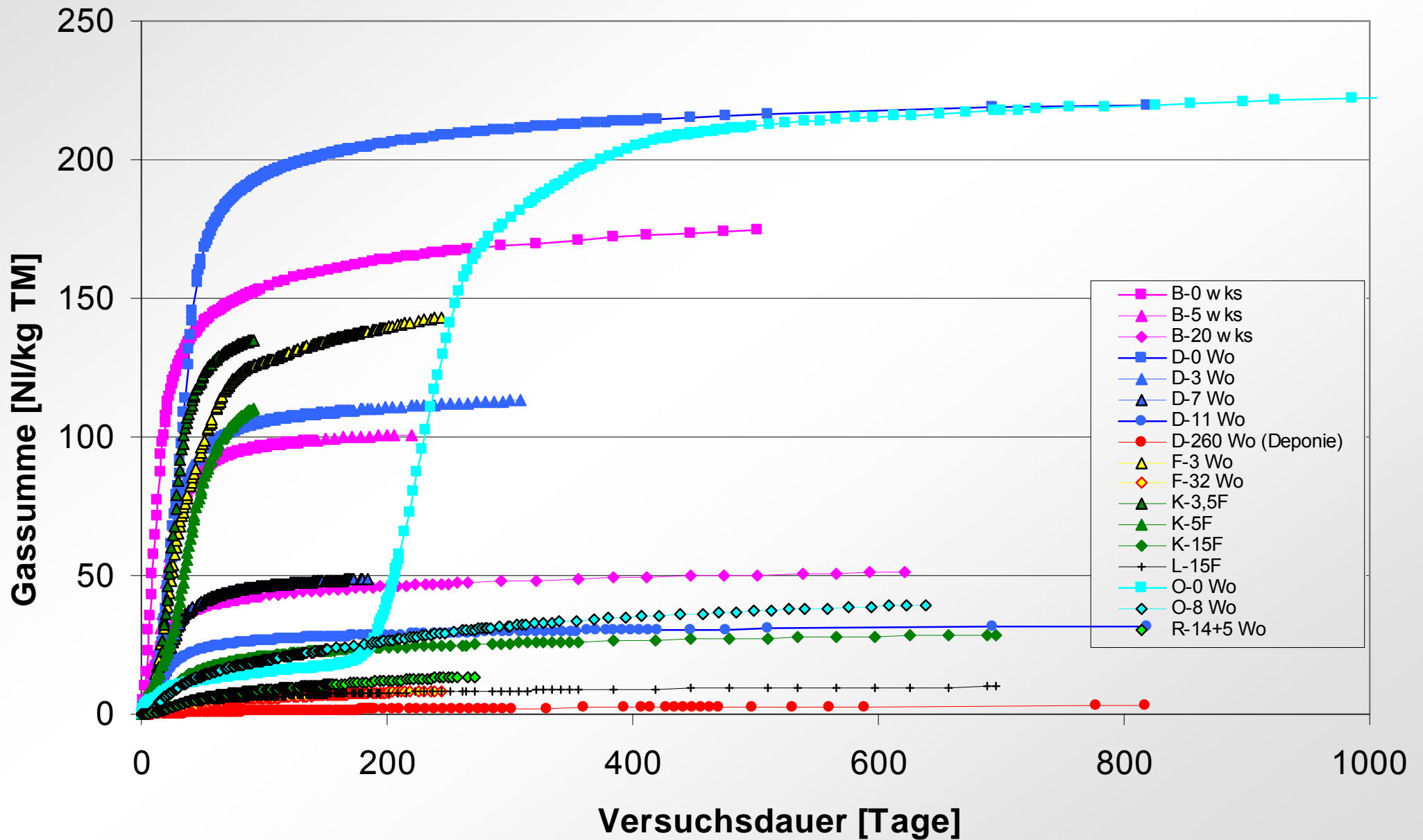
- Kohlenstoffgehalt bei Versuchende (bzw. Beginn)
- Gasbildungspotential (→ Kohlenstoffabbau)

### Langzeitverhalten bei Sauerstoffzutritt

- Kohlenstoffgehalt bei Ende des Anaerobversuches
- CO<sub>2</sub>-Bildung bei Belüftung (→ Kohlenstoffabbau)

# Kohlenstoffsенке MBA-Deponie

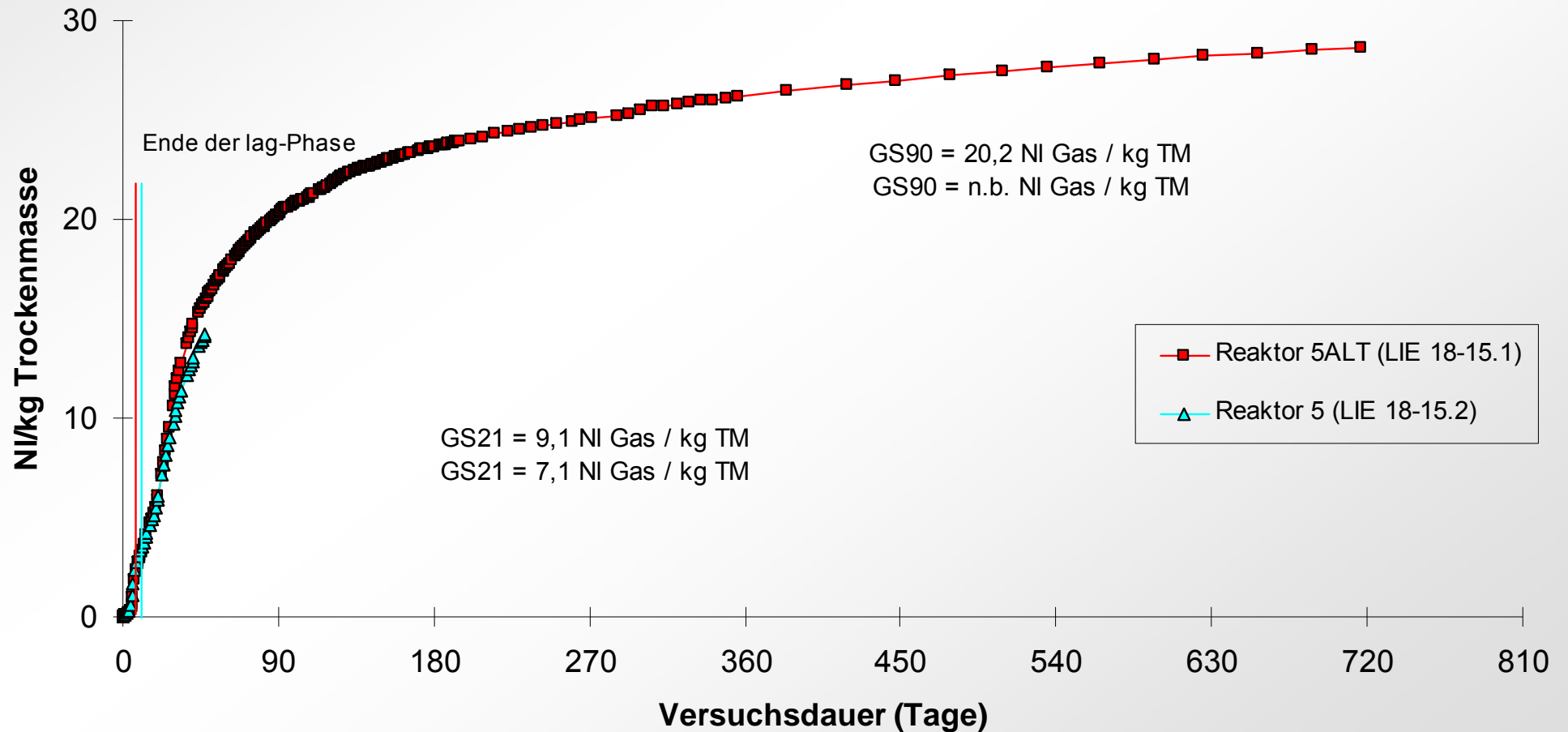
## Langzeitinkubationsversuche MBA



# Kohlenstoffsenke MBA-Deponie

## MBA-Output ( $GS_{21} = 9,1 \text{ NI/kg TM}$ )

### Gasspendensumme Inkubationsversuchsserie 244 MBA Output - "15 Wochen" (015/K-15F)



# Kohlenstoffsenske MBA-Deponie

## Modellentwicklung mit 10 MBA-Proben

### Teilung in 2 Bereiche

- Hauptphase
- Endphase
- **Abgrenzung:**  
wenn die tägl. Gasbildung < 1,0 % der  
Gesamtgasbildung dauerhaft unterschreitet

Endphase kann modelliert werden:

$$m(t; A; \mu; \sigma) = A \cdot \text{LOGNORMVERT}(t; \mu; \sigma)$$

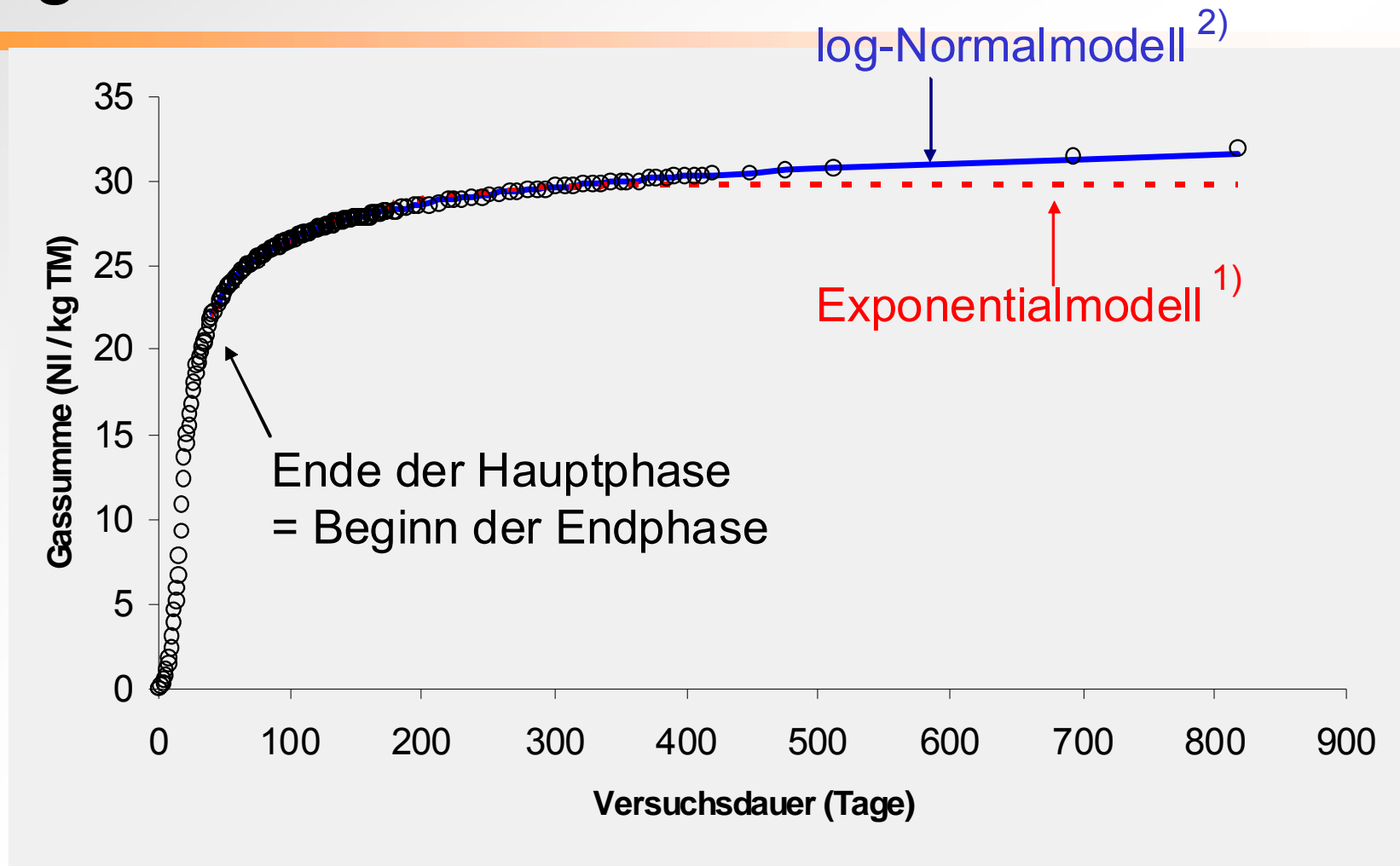
t = Ablagerungsdauer

A = Gassumme während der Endphase (ab <1 %)

$\mu$  und  $\sigma$  = Variable durch Iteration zu bestimmen

# Kohlenstoffsенке MBA-Deponie

## Langzeitinkubationsversuche MBA



1) Tabasaran O. und Rettenberger G. (1987): Grundlagen zur Planung von Entgasungsanlagen (Basics for planning degasing installation). In: Hösel, Schenkel, Schnurer (eds) Müllhandbuch, vol 1/87. Erich Schmidt

2) Tintner J., Kühleitner M., Binner E., Brunner N., Smidt E. (2011): Modeling the final phase of landfill gas generation from long-term observations. Biodegradation 19 (2011), DOI 10.1007/s10532-011-9519-4, Springer

# Kohlenstoffsenske MBA-Deponie

## Evaluierung des Modells (**104 MBA-Proben**)

Evaluierung des Modells für **104 MBA-Proben (ohne Ausreißer)**  $H_0 < 6.600$  kJ/kg TM  
(Ende der Hauptphase bei 1 % der bis dahin gebildeten Gasmenge)

	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
$\mu$ für 1 %	4,7	0,7	2,7	6,0
$\sigma$ für 1 %	1,9	0,4	0,6	2,4

Werte von TINTNER et al. (2011), Auswertung von **10 MBA-Proben**  
(diese wurden in die Auswertung der 91 Proben inkludiert)

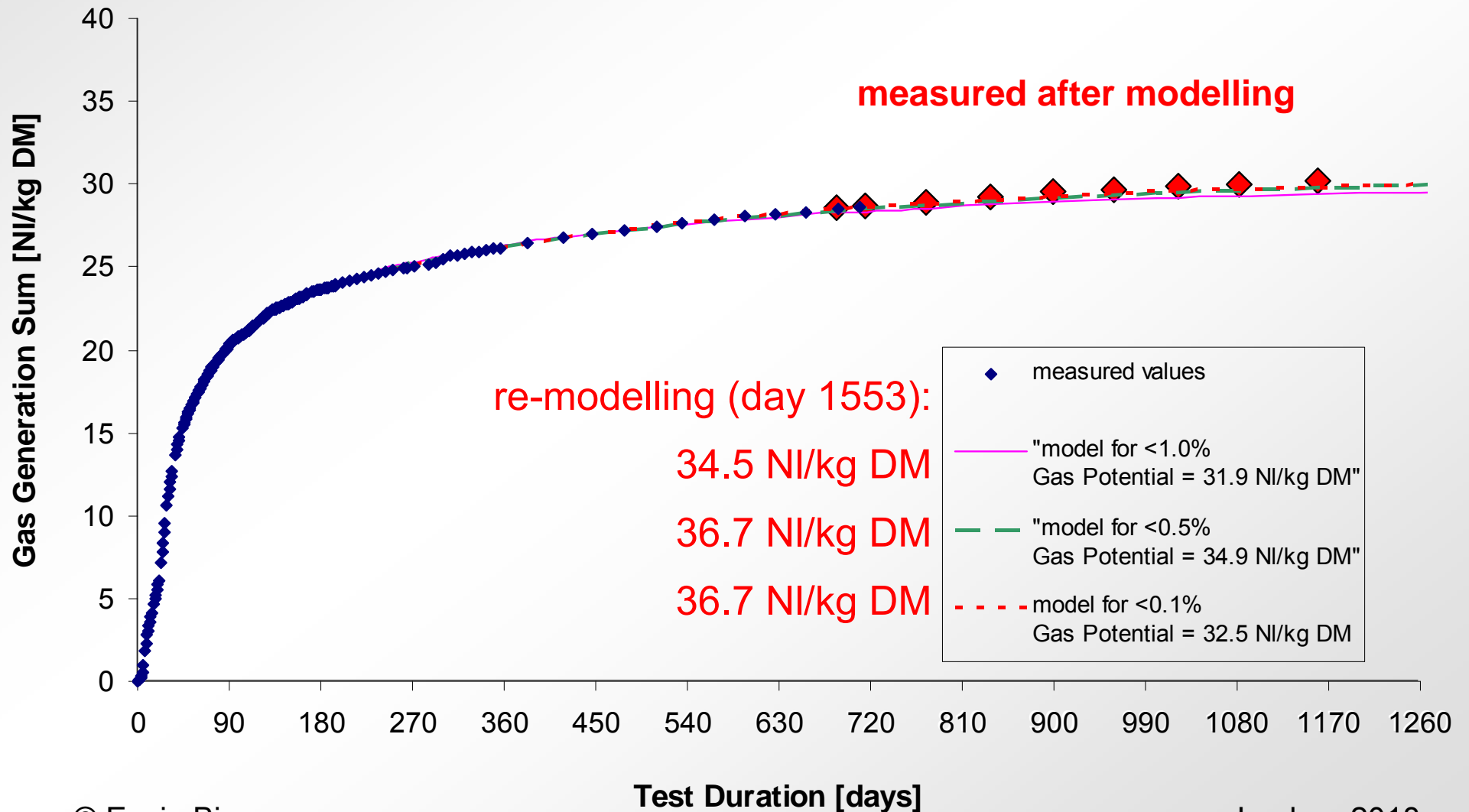
$\mu$ für 1 %	4,5	0,8	3,4	5,5
$\sigma$ für 1 %	1,7	0,6	0,9	2,6



# Carbon Sink MBT-Landfill

## Long Term Incubation Tests – MBT Plant K

MBT-Plant K - Duration of Treatment 15 Weeks



# Kohlenstoffsénke MBA-Deponie

## Abschätzung über Inkubationsversuche

### Langzeitversuche des ABF-BOKU

- Modellierung des Gasbildungsverlaufs
- damit ist die Vorhersage des Gasbildungspotentials (lange Laufzeit) aus Inkubationsversuchen mit kürzerer Laufzeit möglich

**welche Mindestversuchsdauer ist erforderlich??**

### Abschätzung des „Endzustandes“ von MBA-Deponiegut

- Kohlenstoffgehalt bei Versuchende (bzw. Beginn)
- Gasbildungspotential (→ Kohlenstoffabbau)

### Langzeitverhalten bei Sauerstoffzutritt

- Kohlenstoffgehalt bei Ende des Anaerobversuches
- CO<sub>2</sub>-Bildung bei Belüftung (→ Kohlenstoffabbau)

# Kohlenstoffsenske MBA-Deponie

## Abschätzung des Endzustandes

### **Abschätzung des Endkohlenstoffgehaltes**

- 1 %
- 1 g Kohlenstoff bildet 1,868 l Gas
- Kohlenstoffgehalt zu Versuchsbeginn
- minus abgebauter Kohlenstoff (Gas)
- ergibt Endkohlenstoffgehalt in der Deponie

**eine erste Abschätzung des „Endzustandes“ von MBA-Deponiegut erfolgte mit finanzieller Unterstützung des IV-MBA zunächst für**

- 43 MBA-Proben und 12 Altdeponieproben  
derzeit ausgewertete Proben
- 145 MBA-Proben und 77 Altdeponieproben

# Kohlenstoffsenke Deponie (145 MBA-Proben)

## Abschätzung des "End-TOC"


145 MBA-Proben		Proben- anzahl	Mittel- wert	Standard- abweich.	Minimum	Maximum
"End-TOC" Klasse 1 (sehr hohe Stabilität) (GS <sub>21</sub> < 7 NI/kg TM)	% TM	39	14,6	3,2	7,2	21,7
"End-TOC" Klasse 2 (hohe Stabilität) (GS <sub>21</sub> 7-20 NI/kg TM)	% TM	70	14,7	3,0	5,9	23,2
"End-TOC" Klasse 3 (mittlere Stabilität) (GS <sub>21</sub> 20-40 NI/kg TM)	% TM	29	13,9	3,4	6,7	21,6
"End-TOC" Klasse 4 (geringe Stabilität) (GS <sub>21</sub> 40-60 NI/kg TM)	% TM	6	14,5	2,7	9,8	17,5
"End-TOC" Klasse 5 (sehr geringe Stabilität) (GS <sub>21</sub> > 60 NI/kg TM)						4

**nur 101 Proben wiesen TOC < 17,5 % TM auf  
(entspricht Brennwert < 6,600 kJ/kg TM)**

# Kohlenstoffsenke MBA-Deponie (101 MBA-Prob.)

## Abschätzung des "End-TOC" (bei $H_o < 6.600 \text{ kJ/kg TM}$ )


101 MBA-Proben ( $H_o$ und $GS_{21} < 40 \text{ NI/kg TM}$ )		Proben- anzahl	Mittel- wert	Standard- abweich.	Minimum	Maximum
"End-TOC" Klasse 1 (sehr hohe Stabilität) ( $GS_{21} < 7 \text{ NI/kg TM}$ )	% TM	31	13,5	2,5	7,2	16,5
"End-TOC" Klasse 2 (hohe Stabilität) ( $GS_{21} 7-20 \text{ NI/kg TM}$ )	% TM	50	13,9	2,3	5,9	17,0
"End-TOC" Klasse 3 (mittlere Stabilität) ( $GS_{21} 20-40 \text{ NI/kg TM}$ )	% TM	20	12,1	2,1	6,7	15,0
"End-TOC" Klasse 4 (geringe Stabilität) ( $GS_{21} 40-60 \text{ NI/kg TM}$ )	% TM	-	-	-	-	-
"End-TOC" Klasse 5 (sehr geringe Stabilität) ( $GS_{21} > 60 \text{ NI/kg TM}$ )	% TM	-	< 8 8 bis 9 9 bis 10	3 Proben 3 Proben 2 Proben	-	-



# Kohlenstoffsenke Deponie (77 Deponie-Proben)

## Abschätzung des "End-TOC"

77 Altdeponie-Proben		Probenanzahl	Mittelwert	Standardabweich.	Minimum	Maximum
"End-TOC" Klasse 1 (sehr hohe Stabilität) (GS <sub>21</sub> < 7 NI/kg TM)	% TM	47	10,0	4,7	4,0	22,1
"End-TOC" Klasse 2 (hohe Stabilität) (GS <sub>21</sub> 7-20 NI/kg TM)	% TM	15	10,5	4,8	2,6	19,6
"End-TOC" Klasse 3 (mittlere Stabilität) (GS <sub>21</sub> 20-40 NI/kg TM)	% TM	4	9,7	3,3	5,3	13,1
"End-TOC" Klasse 4 (geringe Stabilität) (GS <sub>21</sub> 40-60 NI/kg TM)	% TM	10	33,2	14,7	7,3	45,9
"End-TOC" Klasse 5 (sehr geringe Stabilität) (GS <sub>21</sub> > 60 NI/kg TM)	% TM	1	10,6		10,6	10,6



< 8  
8 bis 9  
28 Proben  
2 Proben

# Kohlenstoffsénke MBA-Deponie

## Abschätzung über Inkubationsversuche

### Langzeitversuche des ABF-BOKU

- Modellierung des Gasbildungsverlaufs
- damit ist die Vorhersage des Gasbildungspotentials (lange Laufzeit) aus Inkubationsversuchen mit kürzerer Laufzeit möglich

**welche Mindestversuchsdauer ist erforderlich??**

### Abschätzung des „Endzustandes“ von MBA-Deponiegut

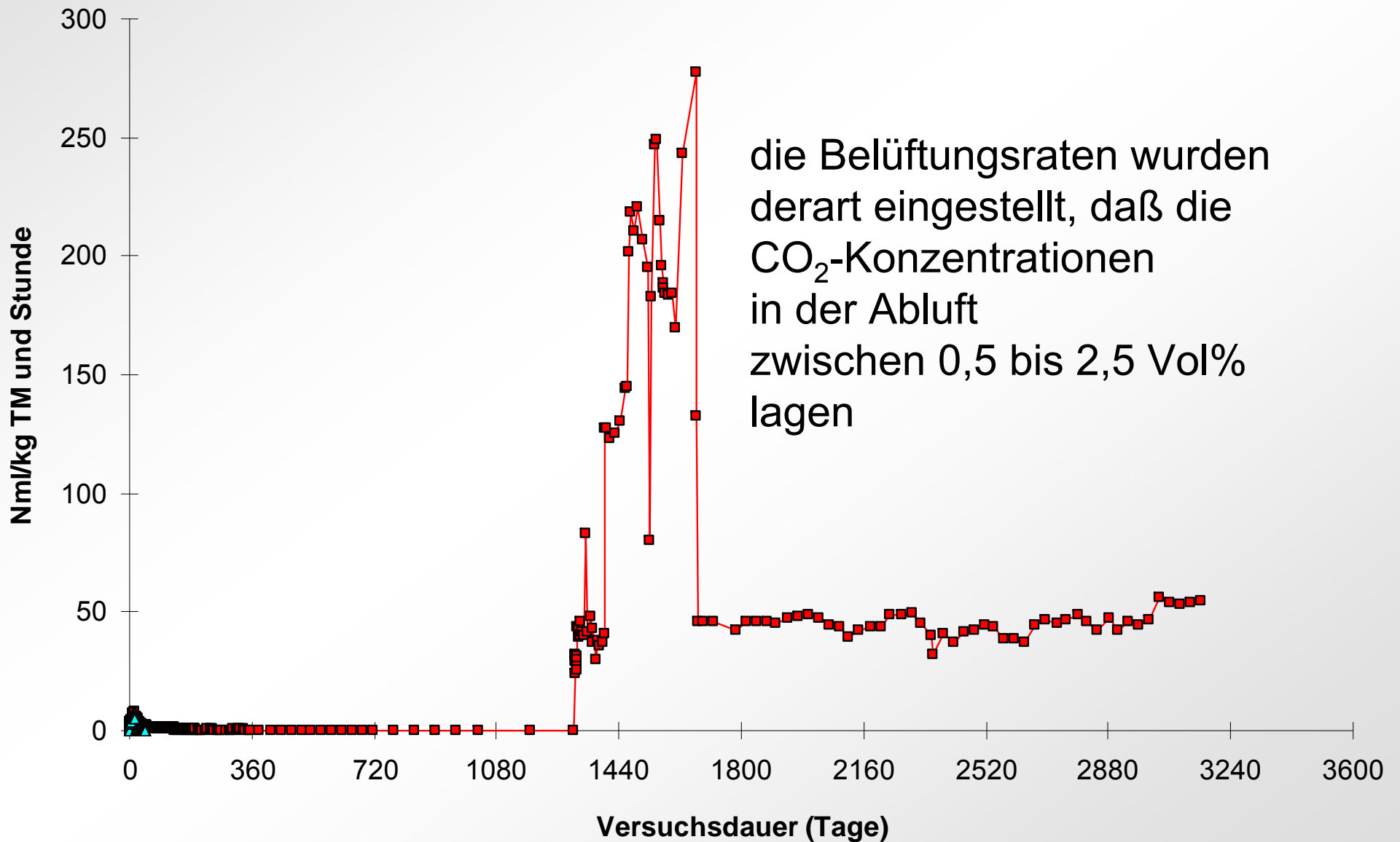
- Kohlenstoffgehalt bei Versuchende (bzw. Beginn)
- Gasbildungspotential (→ Kohlenstoffabbau)

### Langzeitverhalten bei Sauerstoffzutritt

- Kohlenstoffgehalt bei Ende des Anaerobversuches
- CO<sub>2</sub>-Bildung bei Belüftung (→ Kohlenstoffabbau)

# Kohlenstoffsenske MBA-Deponie

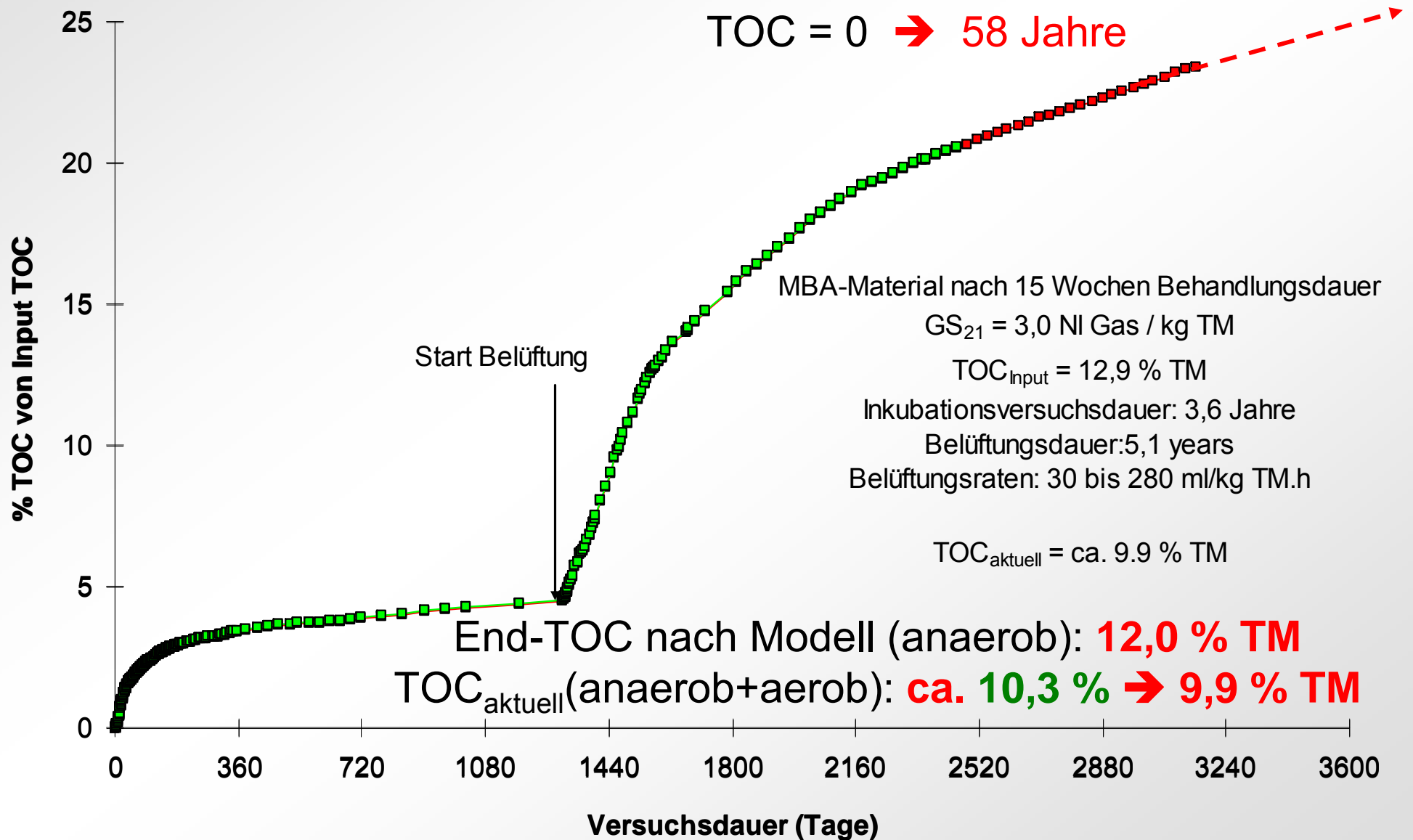
## Aerobisierung Inkubationsversuch MBA 1





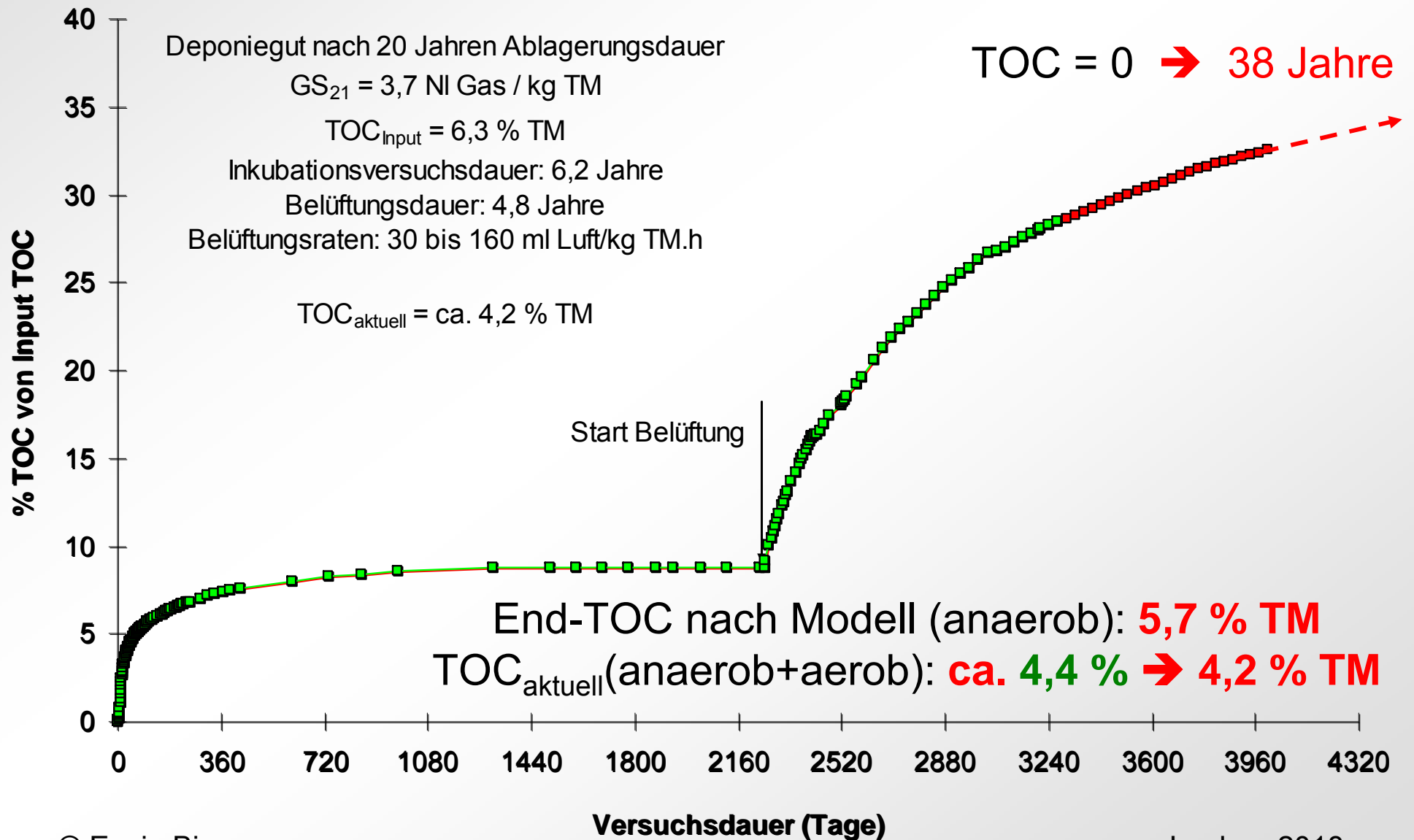
# Kohlenstoffsенке MBA-Deponie

## Aerobisierung Inkubationsversuch MBA 1



# Kohlenstoffsenke Deponie

## Aerobisierung Inkubationsversuch Deponie 1



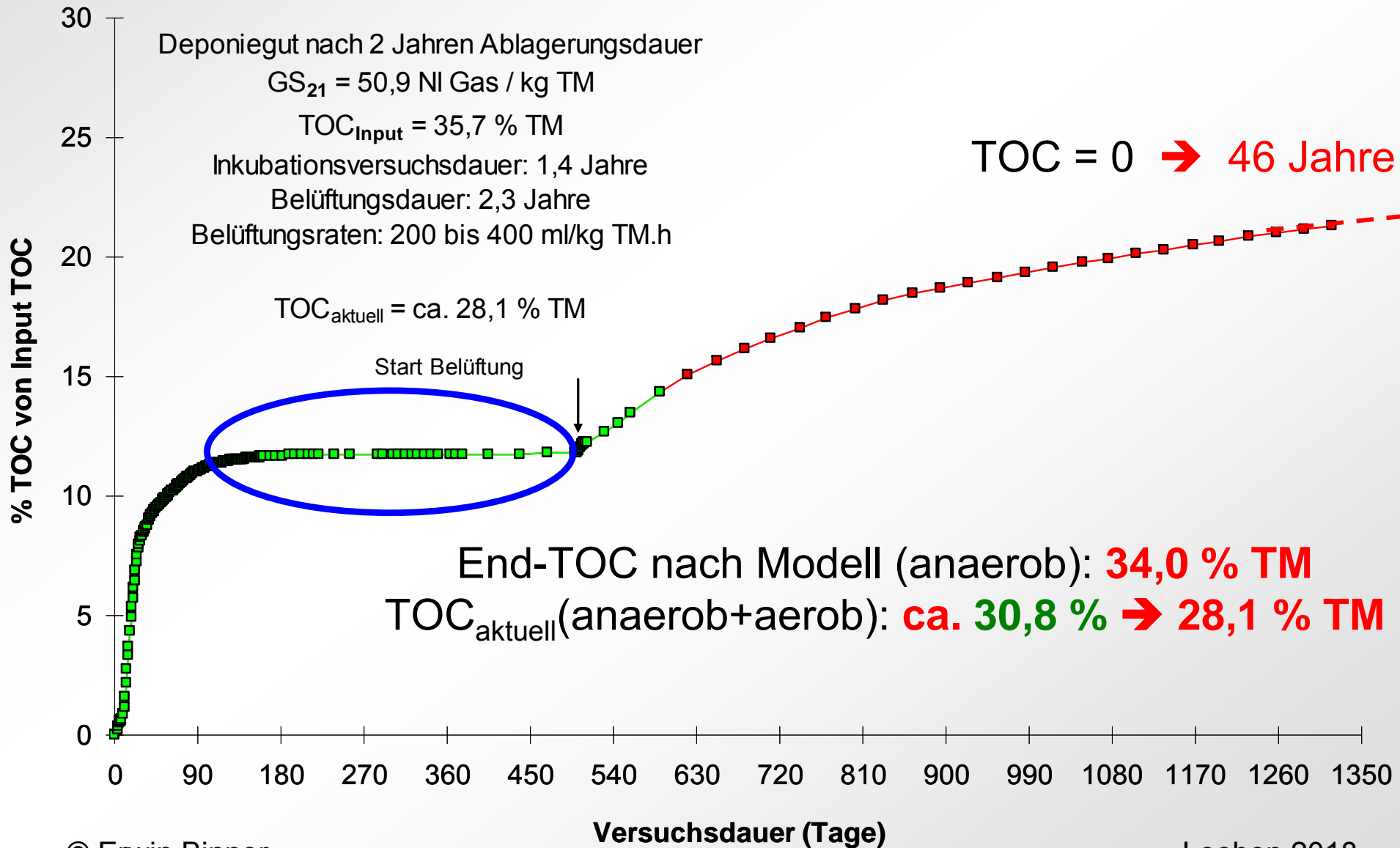
# Kohlenstoffsенке MBA-Deponie

## Belüftungsversuche (9 Proben)

Deponie / Altlast	Inkubationsversuchsdauer (Jahre)	End-TOC-Modell (anaerob) (% TM)	Belüftungsdauer (Jahre)	TOC <sub>aktuell</sub> anaerob+aerob (% TM)
Hausmüll (20 Jahre)	6,2	5,7	4,8	<b>4,2</b>
Hausmüll (Ukraine, 5 Jahre)	1,0	9,1	5,3	<b>7,1</b>
Hausmüll (Perm 2 Jahre)	1,4	34,0	2,3	<b>28,1</b>
Restmüll (6 Jahre)	4,0	9,4	5,1	<b>8,1</b>
MBA-Deponie (5 Jahre)	4,8	11,4	4,4	<b>10,0</b>
MBA-Deponie (1,5 Jahre)	2,1	9,0	2,8	<b>6,5</b>
MBA Österreich / Italien				
MBA 1 (15 Wochen Rotte)	3,6	12,0	5,1	<b>9,9</b>
MBA 2 (15 Wochen Rotte)	4,3	15,0	4,4	<b>12,8</b>
MBA 3 (9 Wochen Rotte)	2,4	11,8	2,9	<b>12,5</b>

# Kohlenstoffsenke Deponie

## Aerobisierung Inkubationsversuch Deponie 3



# Kohlenstoffsенке MBA-Deponie

## Belüftungsversuche (9 Proben)

Deponie / Altlast	Inkubationsversuchsdauer (Jahre)	End-TOC-Modell (anaerob) (% TM)	Belüftungsdauer (Jahre)	TOC <sub>aktuell</sub> anaerob+aerob (% TM)	„TOC = 0“ (Jahre)
Hausmüll (20 Jahre)	6,2	5,7	4,8	<b>4,2</b>	<b>38</b>
Hausmüll (Ukraine, 5 Jahre)	1,0	9,1	5,3	<b>7,1</b>	<b>61</b>
Hausmüll (Perm 2 Jahre)	1,4	<b>34,0</b>	2,3	<b>28,1</b>	<b>46</b>
Restmüll (6 Jahre)	4,0	9,4	5,1	<b>8,1</b>	<b>62</b>
MBA-Deponie (5 Jahre)	4,8	11,4	4,4	<b>10,0</b>	<b>36</b>
MBA-Deponie (1,5 Jahre)	2,1	9,0	2,8	<b>6,5</b>	<b>14</b>
MBA Österreich / Italien					
MBA 1 (15 Wochen Rotte)	3,6	12,0	5,1	<b>9,9</b>	<b>58</b>
MBA 2 (15 Wochen Rotte)	4,3	15,0	4,4	<b>12,8</b>	<b>70</b>
MBA 3 (9 Wochen Rotte)	2,4	11,8	2,9	<b>12,5</b>	<b>32</b>

# Kohlenstoffsénke MBA-Deponie

## Zusammenfassung

- die Gasbildung im Inkubationsversuch kann mittels **Lognormalfunktion modelliert** werden
- aus Ausgangs-TOC und Gasbildungspotential kann der **End-TOC** der Deponie abgeschätzt werden
- für **MBA-Material** kann mit einem **End-TOC-Wert von mindestens 10 % TM** gerechnet werden  
(8 von 101 Proben < 10 % TM)  
(der Mittelwert von 101 Proben liegt bei 13,4% TM)
- für **Altlastenmaterial** kann mit einem **End-TOC-Wert von etwa 9 % TM** gerechnet werden  
(30 von 77 Proben < 9 % TM)  
(der Mittelwert von 77 Proben liegt bei 10 % TM)

# Kohlenstoffsénke MBA-Deponie

## Zusammenfassung

- Zeithorizont anaerob: (27) 55 bis >100.000 Jahre
- bei Sauerstoffzutritt (nach Abklingen der Gasbildung) kommt es zu **weiterem Kohlenstoffabbau**
- ein End-TOC-Wert kann derzeit (2,3 – 5,3 Jahre Belüftungsdauer) noch nicht abgeschätzt werden. Er ist aber jedenfalls geringer als der für strikt anaerobe Verhältnisse prognostizierte Wert!
- Zeithorizont bis TOC = 0 (bei gleichbleibenden Abbauraten unter Zwangsbelüftung!!): (14) 32 bis 70 Jahre

Rekultivierungsschicht mit Methanoxidationsvermögen

# Danke für

Miscantus

1-2 m Reifkompost

0,5 m Kiesdrainage  
(kalkfrei)

mechanisch-biologisch  
behandelte Abfälle

Denoniekörper Dichte  
1,3 t/m<sup>3</sup>

CO<sub>2</sub>

atmospheric CO<sub>2</sub>

CH<sub>4</sub>

tropospheric CH<sub>4</sub>

# Ihre Aufmerksamkeit

Sammelsystem Oberflächenwasser

← "freie Sickerwasservorflut"

Basisabdichtungssystem  
(laut DVO)