

# Aerobe in situ Stabilisierung von SiedlungsabfalldPONEN

## Ein Beitrag zum Klimaschutz

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing h.c. Rainer Stegmann  
Dr.-Ing. Kai-Uwe Heyer, Dr.-Ing. Karsten Hupe

IFAS - Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft  
*Prof. R. Stegmann und Partner*  
Hamburg



# Treibhausgaspotential größerer, abgeschlossener Siedlungsabfalldeponien

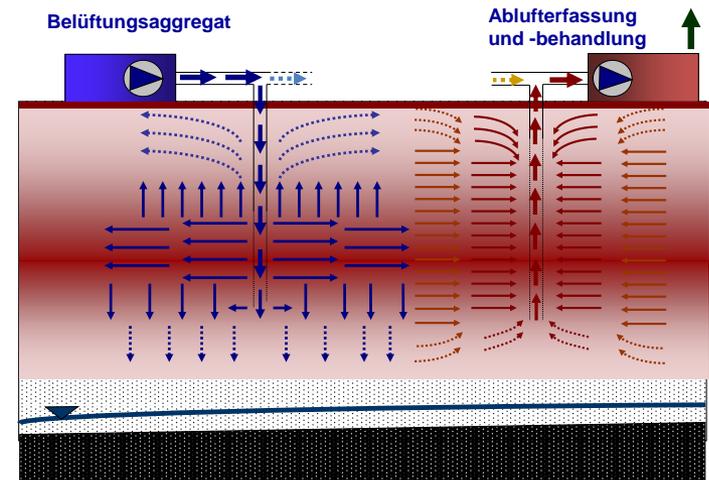
- ca. 400 – 600 Deponien und einige hundert Altablagerungen mit noch relevanter Gasproduktion
- Gaserfassungs- und –behandlungssystem i.d.R. vorhanden
- Gasverwertungsphase ist abgeschlossen oder läuft aus
- *Treibhausgasemissionspotenzial noch ca. 6,3 Mill. Mg CO<sub>2</sub>-Äq./a*
  - davon ca. 2,6 Mill. Mg CO<sub>2</sub>-Äq./a erfasst (Gaserfassungsgrad 20 – 60% (durchschnittlich ca. 40%))
  - davon bis zu 3,7 Mill. Mg CO<sub>2</sub>-Äq./a in Atmosphäre (klimarelevante Methanemissionen)

# Nach Beendigung der Deponiegasnutzung

Ertüchtigung des Gasfassungssystem und Optimierung der Gasverwertung

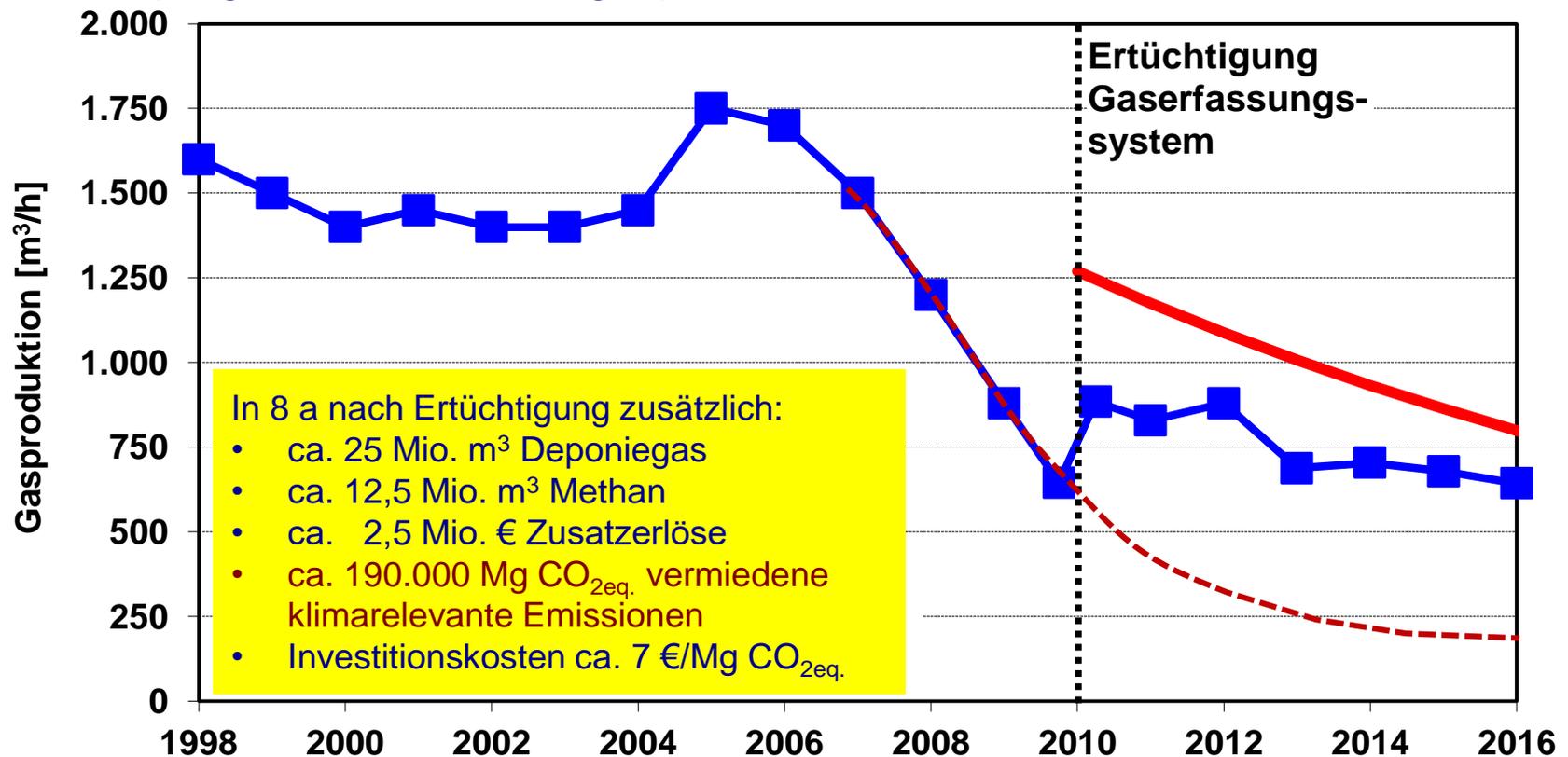
anschließend oder parallel:

*Deponiebelüftung*, deponieabschnittsweise oder Gesamtdeponie

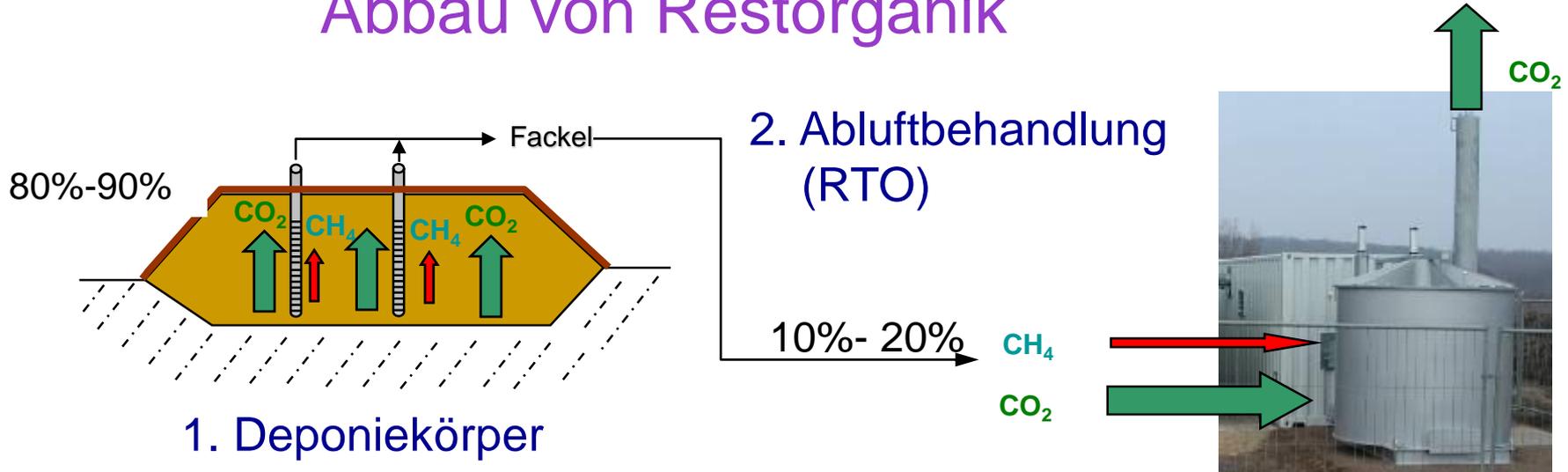


# Ertüchtigung Gasfassungssystem und Optimierung der Verwertung

Deponie M: Erfasste Deponiegasproduktion im Zeitraum 1998 – 2018, Einfluss der Ertüchtigung des Gaserfassungssystems 2010, Vergleich mit Gasprognose zur Gesamtgasproduktion



# Niederdruckbelüftung zum beschleunigten Abbau von Restorganik



## Deponiebelüftung:

- *Beschleunigter aerober Abbau* der Organik, weitgehende *Vermeidung der Methanbildung* im Deponiekörper
- Vollständige Erfassung und Behandlung der gasförmigen Emissionen, *Gaserfassungsgrad* → 100%
- Hochwertige *Abluftbehandlung* (RTO o.ä.)

# Komponenten der Deponiebelüftung

**Gasbrunnen zur Belüftung und Ablufferfassung**



**Verteilerstation Nord**



**Hauptleitung Zuluftversorgung**

**Hauptleitung Ablufferfassung**

**Verteilerstation Mitte**

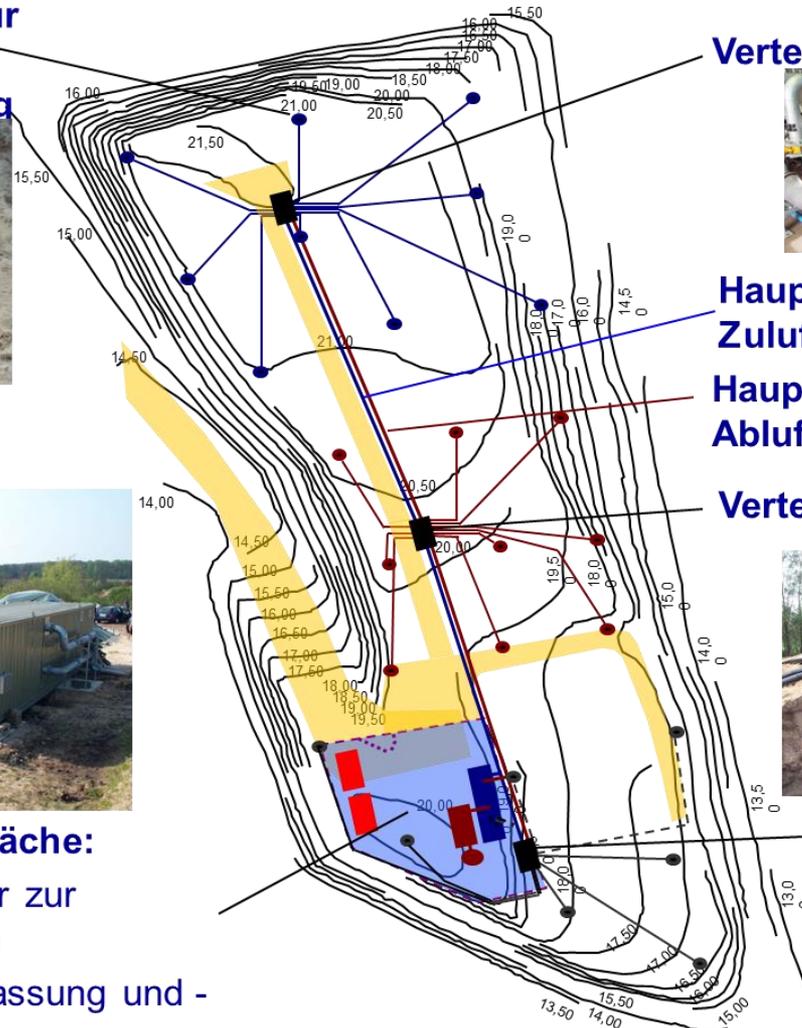


**Verteilerstation Süd**

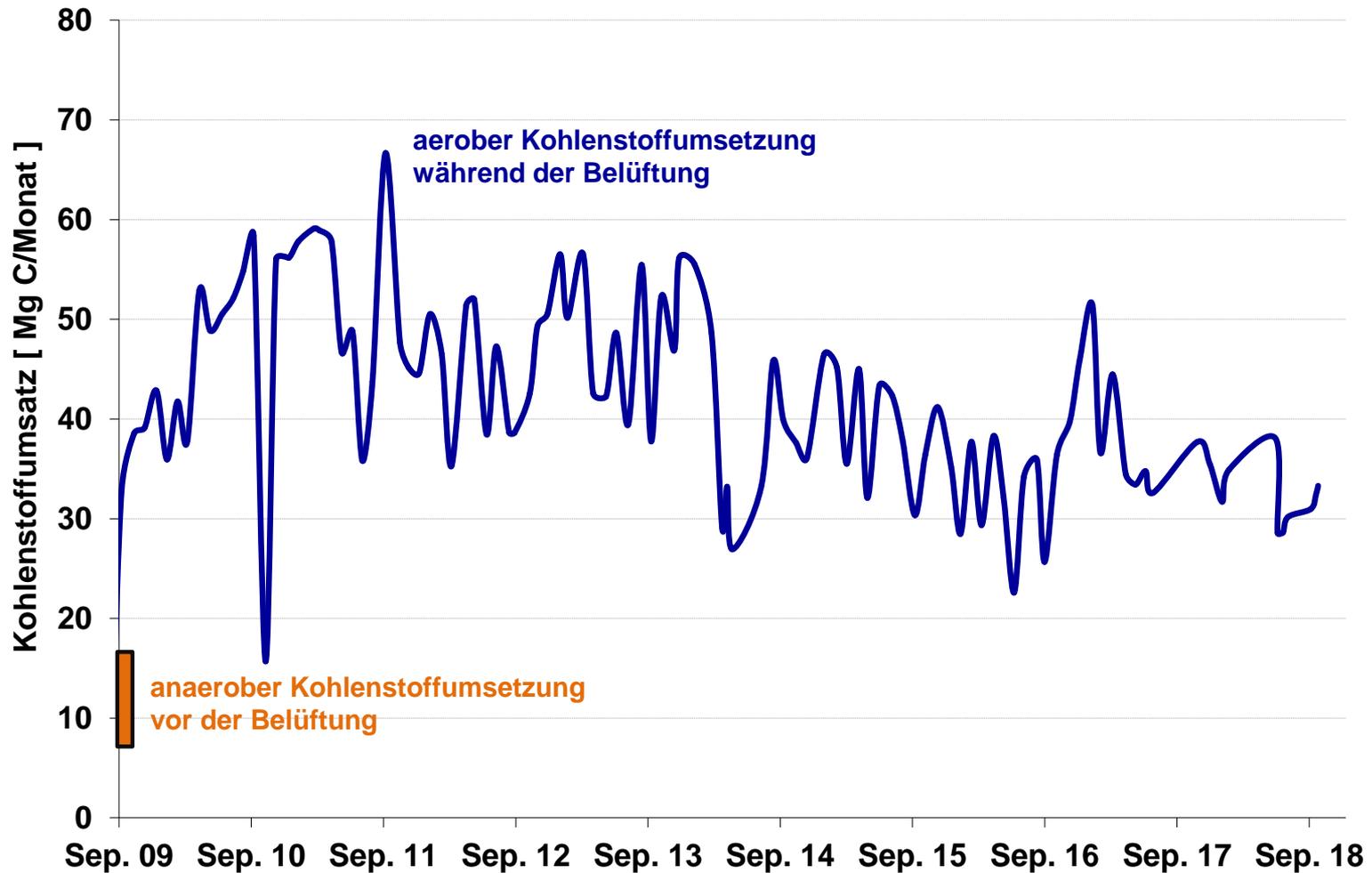


**Betriebsfläche:**

- Container zur Belüftung
- Ablufferfassung und -reinigung

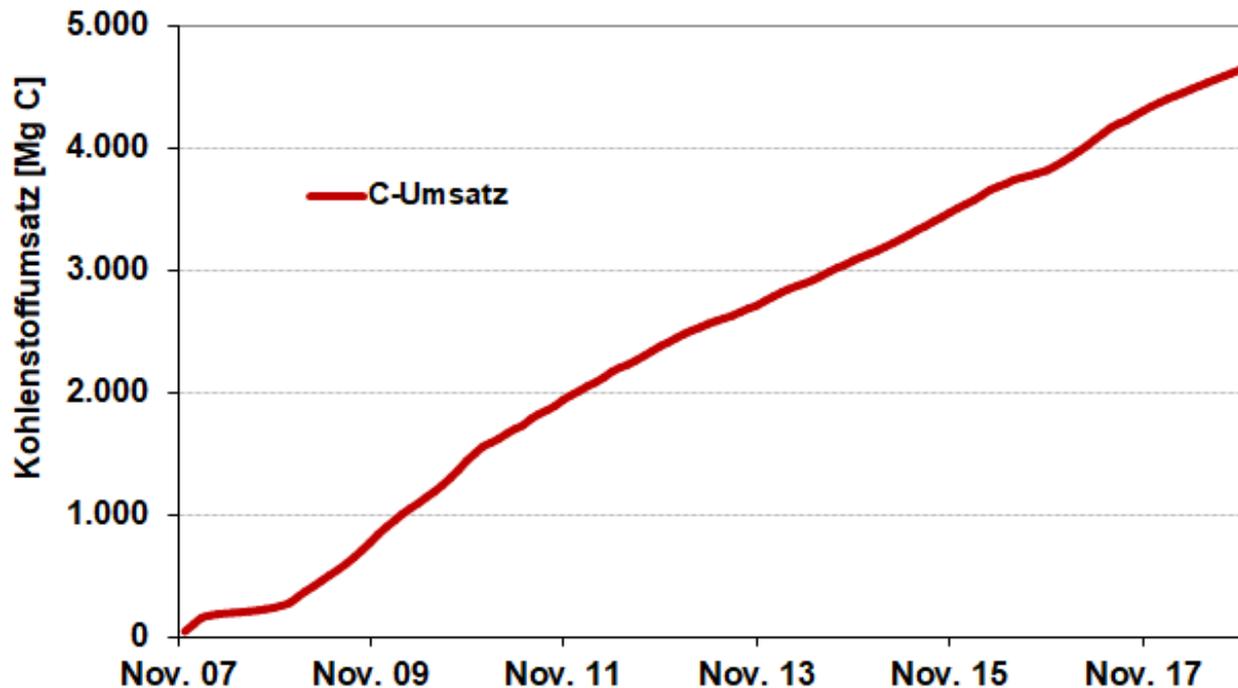


# Auswirkungen der Deponiebelüftung auf den Kohlenstoffumsatz



# Summenkurve des Kohlenstoffumsatzes ab Nov. 2007 infolge der aeroben in- situ Stabilisierung, Deponie Dörentrup

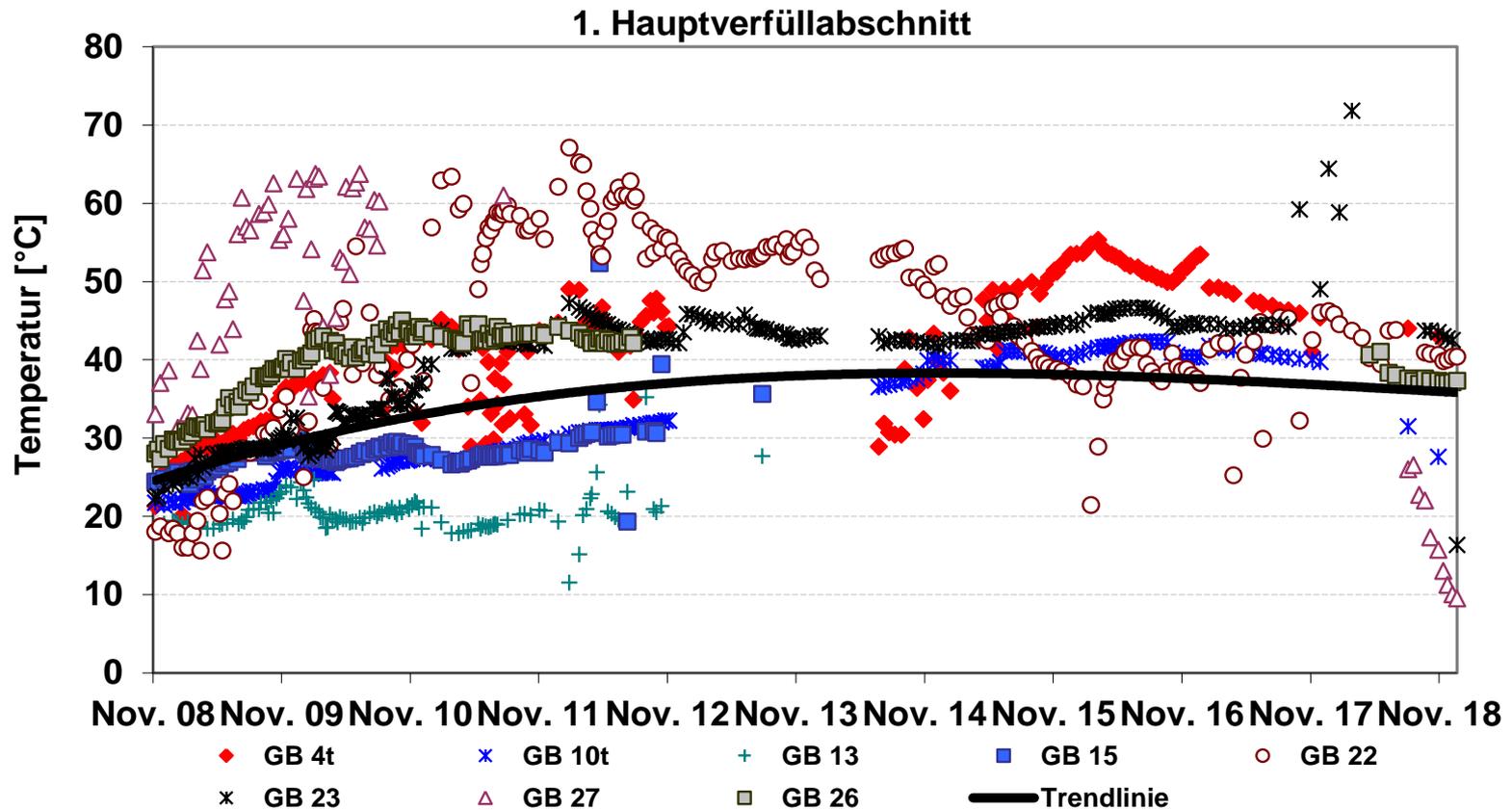
Abschätzung nach IPCC-Methodik:  
bisherige **Vermeidung** von klimaschädigenden  
Methanemissionen ca. **85.000 Mg CO<sub>2</sub>eq** infolge  
der Deponiebelüftung



# Deponie Dörentrup

Temperaturentwicklung im Deponiekörper des 1. Hauptverfüllabschnittes,

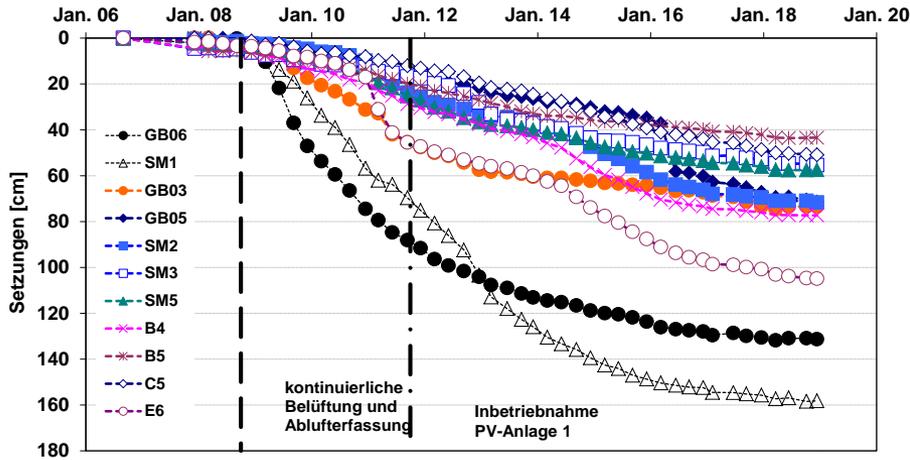
Aufzeichnung ab November 2008



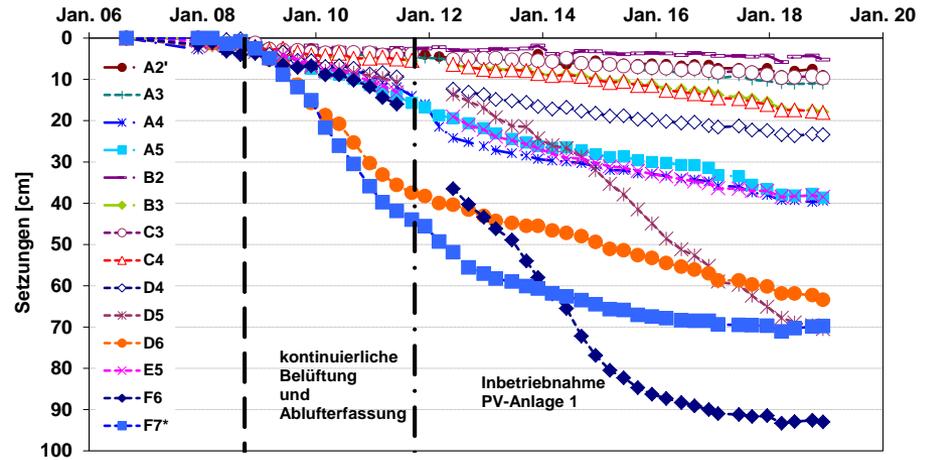
# Deponie Dörentrup

## Entwicklung der Setzungen seit 2006

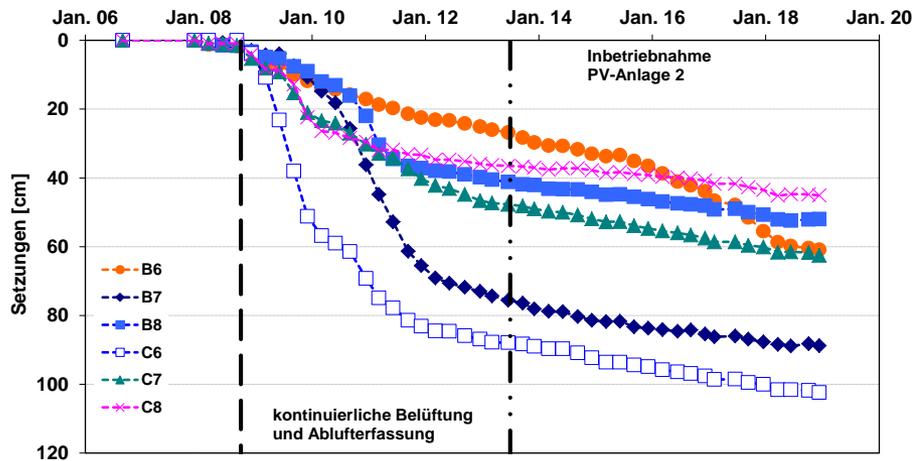
Setzung Plateaubereich 1. HVA



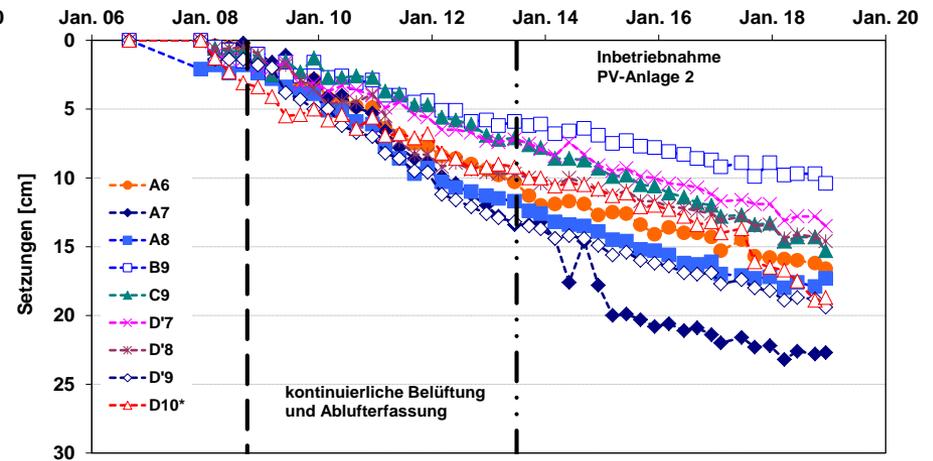
Setzung Böschungen 1. HVA



Setzung Plateaubereich 2. HVA



Setzung Böschungen 2. HVA



# Deponiebelüftung

## Möglichkeiten zur Kosten Förderung im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)

- **Neu 2019:** *Technologien zur optimierten Erfassung von Deponiegasen in Siedlungsabfalldeponien*
- **Seit 2013:** *Investitionsförderung in Klimaschutztechnologien zur aeroben in situ Stabilisierung von Deponien*
- Für kommunale Antragsteller Förderquote bis zu 50% (max. 500.000 €), Investitionen und externe Ingenieurleistungen
- Voraussetzungen zur Förderung:
  - CO<sub>2</sub>(eq)-Minderungspotenzial von 50%
- Nachweis vorab über sogenannte „Potenzialanalyse“ (ebenfalls mit NKI-Fördermitteln – 50%-Förderquote)
- Antragsverfahren über Projektträger Pt Jülich, noch bis 30.09.2019, dann wieder ab 1. Quartal 2020

# Günstige CO<sub>2</sub>- Vermeidung durch Deponiebelüftung

- Deponiebelüftung „low hanging fruit“ – mit wenig Kosten signifikanter Klimaschutzbeitrag

Methode / Technologie	Kosten EUR/ t CO <sub>2</sub> eq.
<b>Deponiebelüftung</b>	<b>5-15</b>
Windkraft	34-38
Biogas/ Biomasse	33-35
Geothermie	110
Verbesserte Kraftwerkstechnik	18-49

Daten entnommen aus: „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company. Inc im Auftrag von “BDI initiativ Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Energie 2007

# Technische Umsetzung der in situ Stabilisierung mit einer Niederdruck-Belüftung, IFAS

*Klimaschutzwirkung durch Deponiebelüftung, laufende Vorhaben (Auszug):*

## **Deponie Dörentrup, Kreis Lippe – Nordrhein-Westfalen**

- In 10 Jahren ca. **85.000 Mg CO<sub>2</sub>-eq.**

## **Deponie Süpplingen, LK Helmstedt – Niedersachsen**

- In 10 Jahren ca. **85.000 Mg CO<sub>2</sub>-eq.**

## **Deponie Halberbracht, Kreis Olpe – Nordrhein-Westfalen**

- In 7 Jahren ca. **46.000 Mg CO<sub>2</sub>-eq.**

## **Deponie Bornum, LK Wolfenbüttel – Niedersachsen**

- In 5 Jahren ca. **54.000 Mg CO<sub>2</sub>-eq.**

## **Deponie Dibbersen, LK Dibbersen – Niedersachsen**

- In 4 Jahren ca. **30.000 Mg CO<sub>2</sub>-eq.**

# Nachnutzung von Deponien

Wenn Gasnutzung nicht mehr sinnvoll, mittels Deponiebelüftung *setzungsarmen Deponiekörper* erzeugen.

Biologisch stabilisierte Deponien eignen sich sehr gut für eine Nachnutzung:

- Biotop
- Gewerbeflächen
- Sport und Freizeit
- Landwirtschaft
- Energieerzeugung
- Wohnbebauung im Randbereich
- Abfallbehandlungsanlagen



Deponie Leppe

Nutzung sollte standort- und deponieabhängig erfolgen und hohen ökologischen Ansprüchen genügen. (Biotopkomponente enthalten und Erzeugung erneuerbarer Energien berücksichtigen).

# Ziel: Energieautarke Deponie

Für *erneuerbare Energien* sind *Deponien* geeignete Standorte (einfachere Verfügbarkeit und Genehmigung, da im kommunalen Besitz und weniger Anlieger).

Finanziell besonders interessant sind *Insellösungen*, da hier Kosten für Einspeisung ins Netz entfallen. Problem: kontinuierliche Stromversorgung aus Wind und Sonne für Verbraucher vor Ort. Nicht nur in Spitzenzeiten höhere Energieproduktion als Bedarf. Vernetzung mit anderen Nutzern.



Fragen: Sind Teilinsellösungen möglich? und wie lässt sich Energie wirtschaftlich speichern

# Deponiestandortnutzung zur Erzeugung erneuerbarer Energien

- *Windkraftanlagen* (< 6 MWp) (MWp: max. mögliche Elektrizitätsproduktion, abhängig von Winddauer und –geschwindigkeit), etwa 20 Betriebsjahre, „alle“ Größe, für Flügel noch keine Recyclingoptionen)
- *Photovoltaik*: Module max.  $\approx 20\%$  Wirkungsgrad, (abhängig von Sonnenscheindauer und-intensität, Beschattung). Nutzungsdauer der Module ca. 20-35 Jahre, alle Größen, teilweise recycelbar. Kann ggfs. als Zwischenabdichtung genutzt werden.
- *Ökologischer Anbau von „Energiepflanzen“ mit Biotopfunktion zur Anaeroben Fermentation* (250-300 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t TS, abhängig von Pflanzenart). Mitnutzung vorhandener AD Anlage.



# Deponiestandortnutzung zur Erzeugung und Speicherung von erneuerbaren Energien

- Abwärme aus Deponiebelüftung, Gasmotoren, Fackeln, Deponiekörper für Heizung von Gebäuden, Siwa- und AD- Anlagen

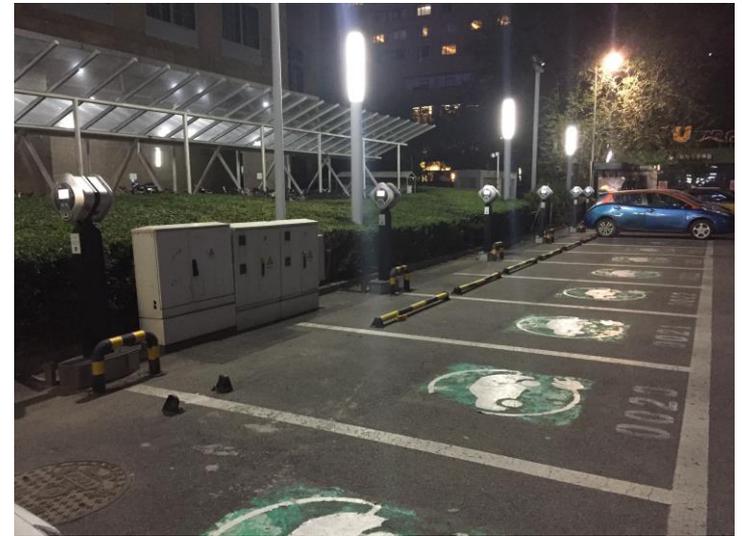
*Speicherung von Elektrizität aus zeitweiser Überproduktion und zur Nutzung bei Dunkelheit und Windstille*

- Batterien, Aufladen von E- Fahrzeugen
- Elektrolyse Anlagen zur H<sub>2</sub>-Produktion, H<sub>2</sub> ggfs. in bestehenden AD Anlagen für biologische CH<sub>4</sub> Produktion
- Zwischenspeicherung von Biogas in Gasspeichern auf dem Deponiegelände
- Silage von Energiepflanzen für Ganzjahreseinsatz



# Mögliche Energienutzer auf Deponien

- *Sickerwasserreinigungsanlagen:* Strom, Abwärme
- *Deponiebelüftungsanlagen:* Strom
- AD Anlage (Pumpen, Aufbereitungsanlagen, Rühranlagen, Gebläse), Strom und Abwärme
- *Pflanzenanbau/Bewässerung:* Strom
- Transport: Strom
- *Angesiedelte Betriebe:* Strom, Abwärme
- *Betriebsgebäude:* Strom, Abwärme
- *Beleuchtung:* Strom
- *Aufladen von Elektrofahrzeugen:* gespeicherter Strom



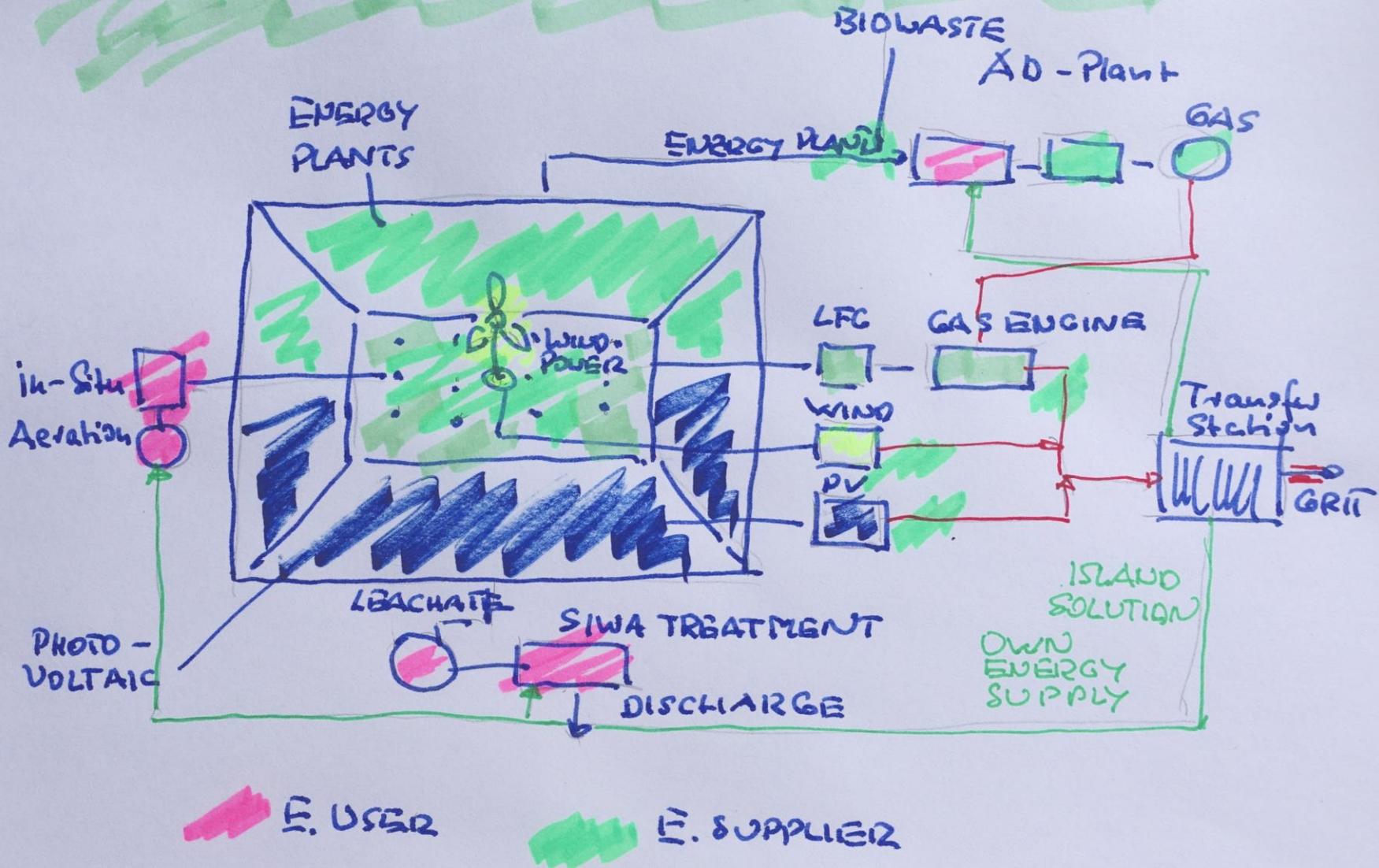
# Berücksichtigung ökologischer Aspekte

Es stehen verschiedene Nachnutzungsbausteine zur Erstellung von situations- und deponiespezifischen Nutzungskonzepten zur Verfügung. Ökologische Aspekte sollten im Vordergrund stehen.

- Anlage von Biotopen, Oberflächenwasserspeicherung und ggfs. gereinigtes Sickerwasser (z.B. UO) auch zur Bewässerung
- Ökologischer Energiepflanzenanbau auch bei geringerem Gasproduktionspotential
- Dachbegrünung und/oder Photovoltaik
- Baumanpflanzungen um den Deponiekörper (Nebeneffekt: Sichtschutz)



# ENERGY PRODUCTION FROM WIND, FD, LFG, PV



# Deponie Hellsiek, LK. Lippe, Germany

3,4 Mill. m<sup>3</sup> Siedlungsabfall,  
Photovoltaikanlage 66 ha, 9,8 MWp,  
Module ersetzen Zwischenabdichtung



Photo Goldbeck-Solar

# Deponie Dörentrup, LK Lippe

21.06.2013

- Fläche 9 ha, Basisabdichtung
- Verfüllung 1985 – 1999
- Volumen 1,1 Mio. m<sup>3</sup>
- Voruntersuchungen 2002
- PV Module Fläche: 3,7 ha
- Energy Production ca. 5 MWp
- In situ Stabilisierung ab Nov. 2007



# Deponie Neu-Wulmsdorf

3 Windkraftanlagen à 600 kWp  
Photovoltaik: 55 kWp  
Deponiegasnutzung



Foto: Stadtreinigung, Hamburg



# Deponie Karlsruhe West:

3 Windkraftanlagen,  
Photovoltaik und  
Deponiegasnutzung

# Zusammenfassung

- Deponiegasoptimierung und In-situ Belüftung leisten wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz
- bereits an zahlreichen Deponiestandorten erfolgreich umgesetzt, Technik und Erfahrungen sind vorhanden
- durch Ertüchtigung Gasfassungssystem vorab optimierte Gasverwertung möglich, angepasste Gasverwertungsverfahren
- weitere Vorteile in der Stilllegung und Nachsorge (beschleunigtes Deponie-/Emissions-/Setzungsverhalten, standortangepasste Oberflächenabdichtung, reduzierter Nachsorgeaufwand)  
⇒ Kostensenkungspotenziale
- 2019 nochmals erhöhte und erweiterte Förderung über die Nationale Klimaschutzinitiative
- Weitere Klimagaseinsparungen durch Erzeugung erneuerbarer Energien (Photovoltaik, Wind, Energiepflanzen)
- Photovoltaikdach u.U. nutzbar als Zwischenabdichtung

## **Ansprechpartner:**

**Prof. Dr.-Ing. Rainer Stegmann**

**Dr.-Ing. Kai-Uwe Heyer**

**Dr.-Ing. Karsten Hupe**

Tel.: 040 / 77 11 07 41

Tel.: 040 / 77 11 07 42

Tel.: 040 / 77 11 07 41

## **Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft**

*Prof. R. Stegmann und Partner*

Schellerdamm 19 - 21

21079 Hamburg

Fax: 040 / 77 11 07 43

e-mail: [info@ifas-hamburg.de](mailto:info@ifas-hamburg.de)

[www.ifas-hamburg.de](http://www.ifas-hamburg.de)





# Technische Umsetzung der in situ Stabilisierung mit einer Niederdruck-Belüftung, IFAS

## *Erfolgreich abgeschlossene Vorhaben*

- Altdeponie Kuhstedt, LK Rotenburg (Wümme) - Niedersachsen  
(UBA/BMBF-Projekt gemeinsam mit AB Abfallwirtschaft, TUHH)
- bebaute Altablagerung Amberg-Neumühle – Bayern
- Altdeponie Milmersdorf, LK Uckermark – Brandenburg

## *Laufende Vorhaben (Auszug):*

- Deponie Dörentrup, Kreis Lippe – Nordrhein-Westfalen
- Deponie Süplingen, LK Helmstedt – Niedersachsen
- Deponie Schwalbach-Griesborn – Saarland
- Deponie Halberbracht, Kreis Olpe – Nordrhein-Westfalen
- Deponie Coesfeld-Höven, Kreis Coesfeld – Nordrhein Westfalen
- Deponie Bornum, LK Wolfenbüttel – Niedersachsen
- Deponie Dibbersen, LK Dibbersen – Niedersachsen
- Deponie Helvesiek, LK Rotenburg (Wümme) – Niedersachsen
- Deponie Goldlauter III, Stadt Suhl – Thüringen
- Deponie Hillern, LK Heidekreis – Niedersachsen
- Deponie Deiderode, LK Göttingen - Niedersachsen







# Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung



## **Monitoringprogramm:**

- **Aufzeichnung aller Betriebswerte an der Gasverdichterstation**
- **Einzelbeprobungen aller Gasbrunnen in regelmäßigen Abständen**
- **Ergänzende Einzelbeprobungen der Gaskontrollpegel**
- **Kontinuierliche Temperaturmessungen in 16 Gasbrunnen**
- **FID-Begehungen zur Ermittlung diffuser Ausgasungen über die Oberfläche**
- **Feststoffbeprobungen**
- **Setzungsmessungen in regelmäßigen Abständen**
- **Sickerwasserbeschaffenheit und Wasserhaushalt**
- **Sickerwasser-Einstauhohizonte in den Gasbrunnen**

# Ausführungsbeispiele für Deponiebelüftungsprojekte



Dibbersen (LK Harburg): RTO



Bornum (LK Wolfenbüttel): RTO (vorab mit Fackelbetrieb)



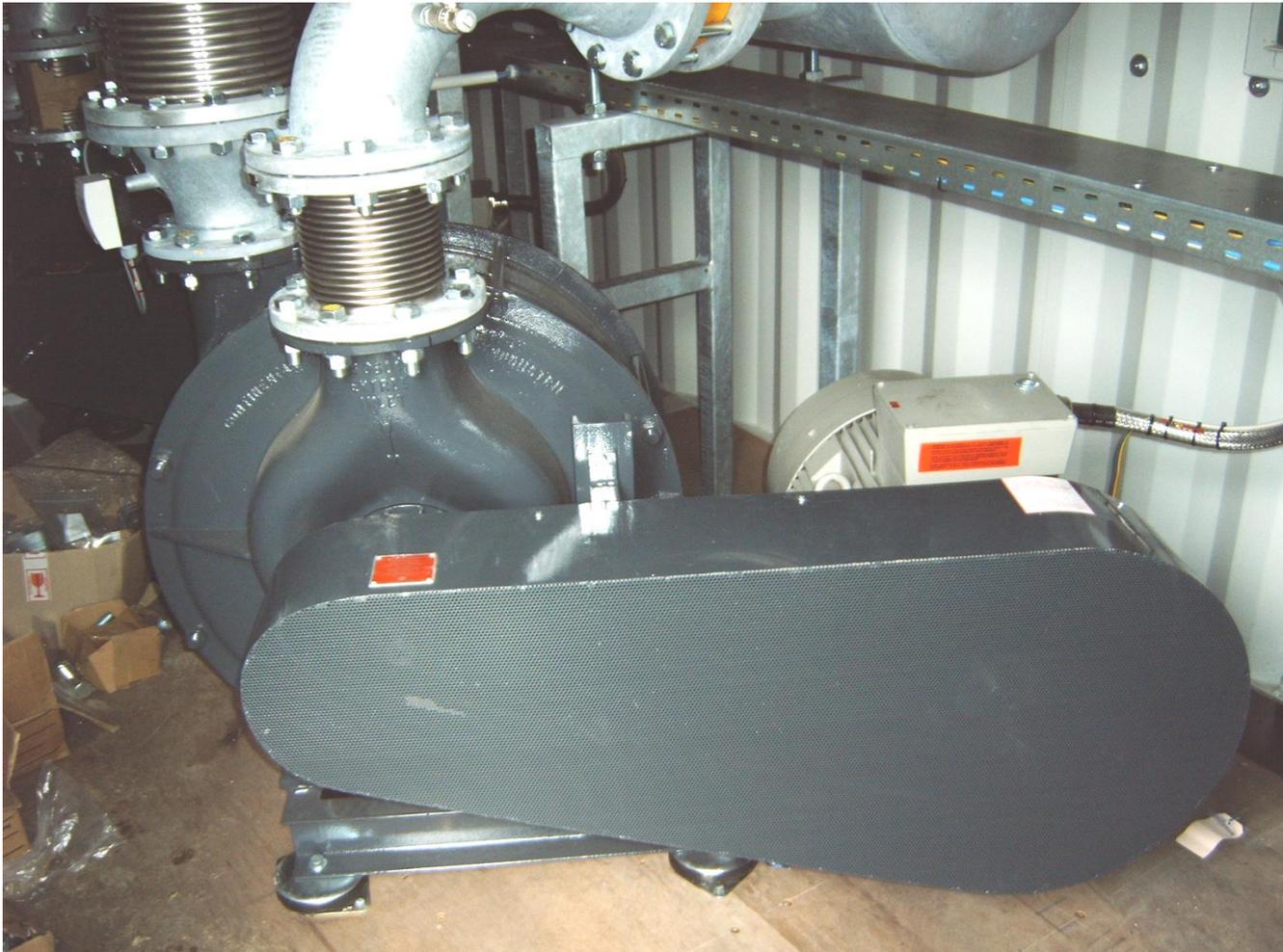
# Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung



# Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung



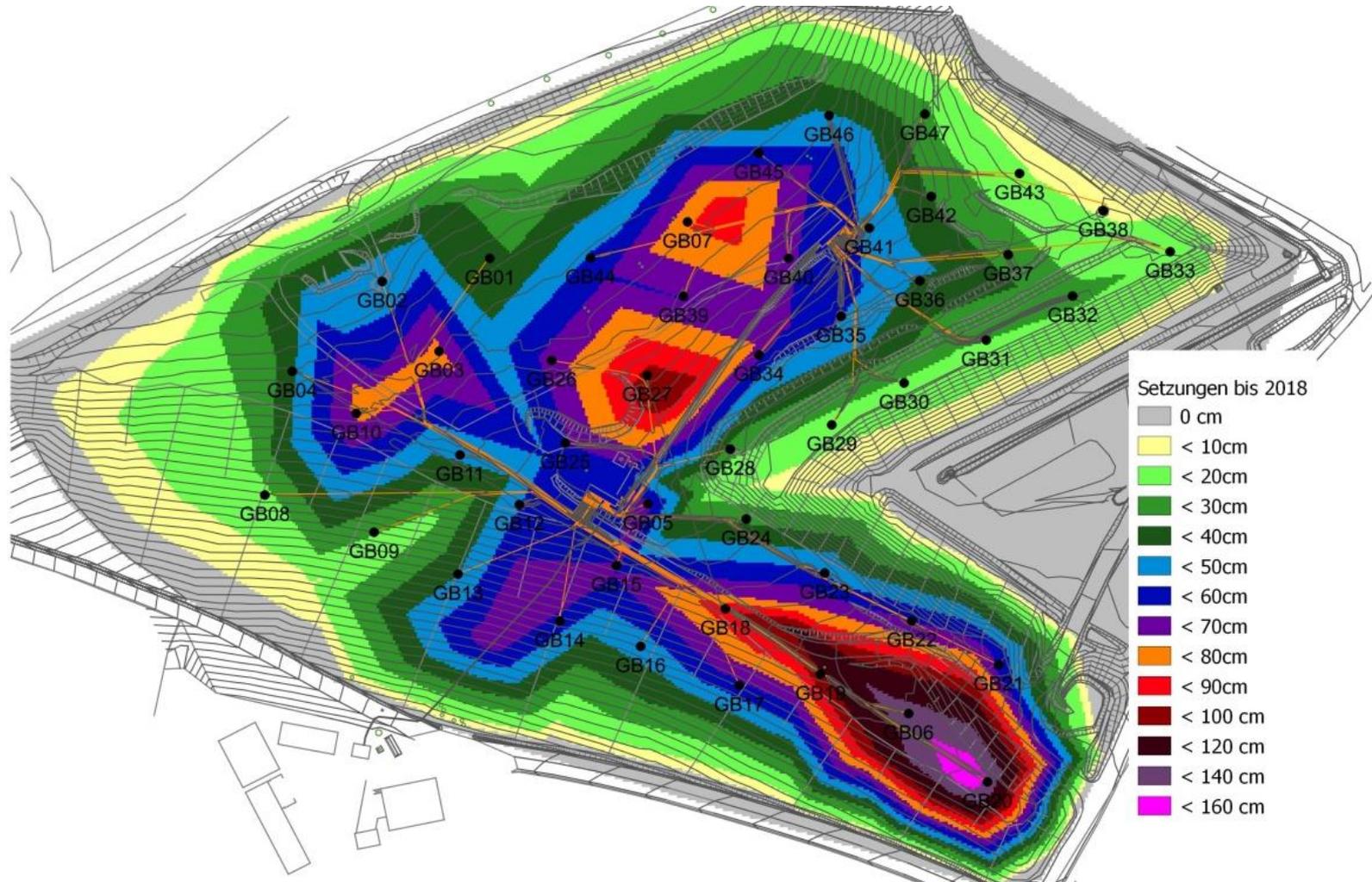
# Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung



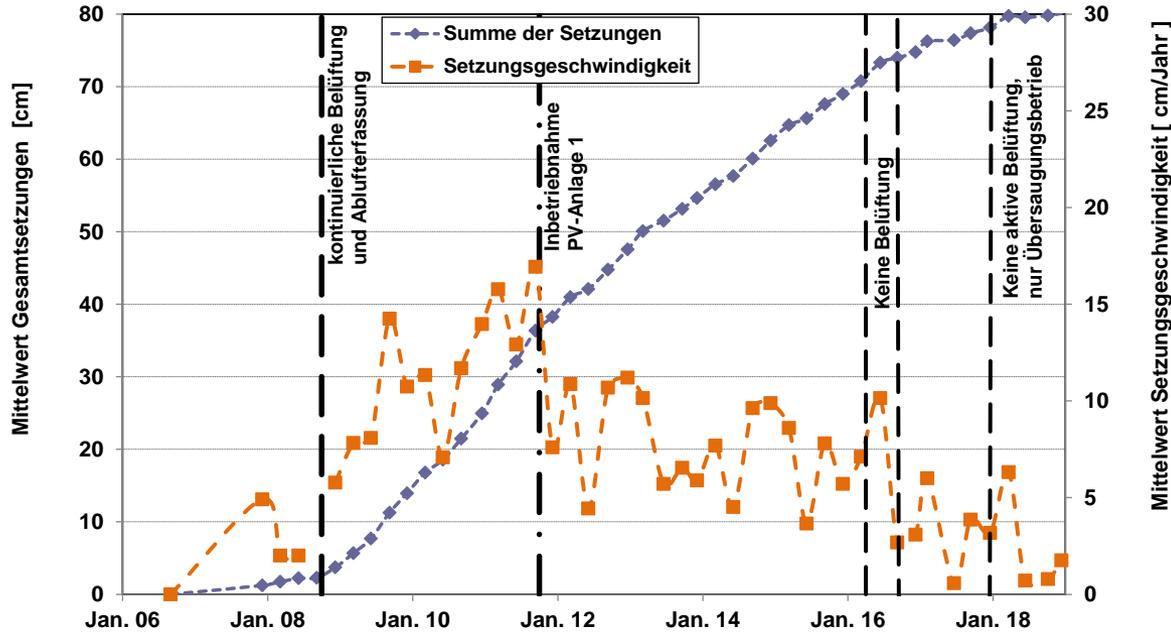
## Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung



# Deponie Dörentrup, Setzungen infolge der Deponiebelüftung im Zeitraum 2006 bis 2018

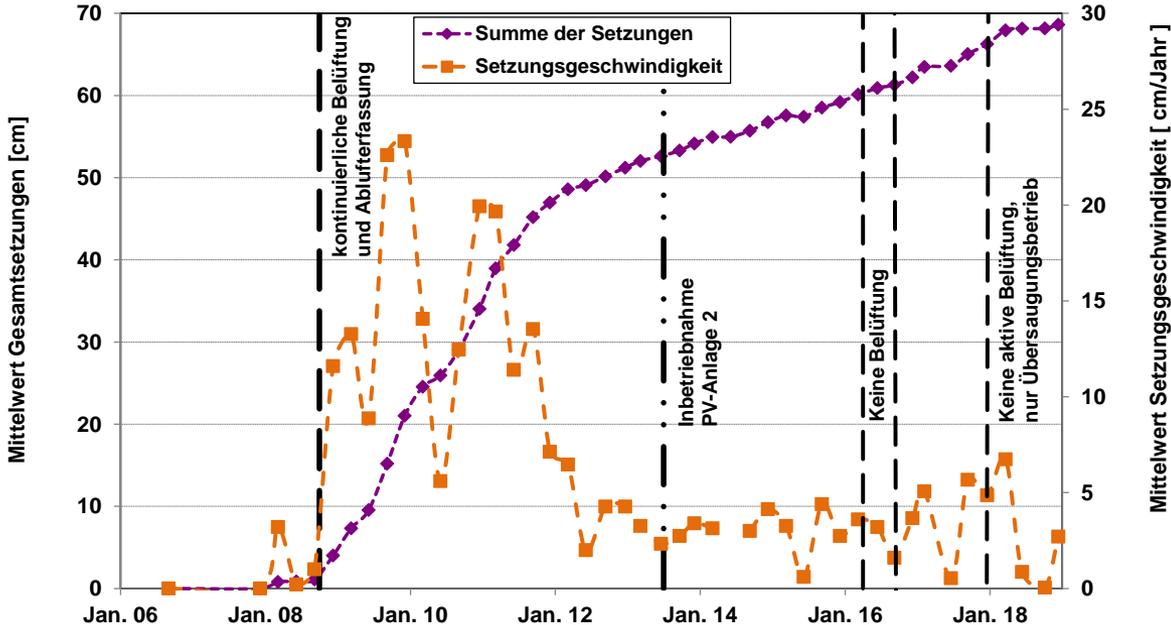


Durchschnittliche Setzungen im Plateaubereich des 1. HVA



Entwicklung der durchschnittlichen *Gesamtsetzungen* und der durchschnittlichen *Setzungsgeschwindigkeiten* im Plateaubereich des 1. und 2. HVA seit 2006, Deponie Dörentrup

Durchschnittliche Setzungen im Plateaubereich des 2. HVA



## Landfill Leppe: Turning into a Park



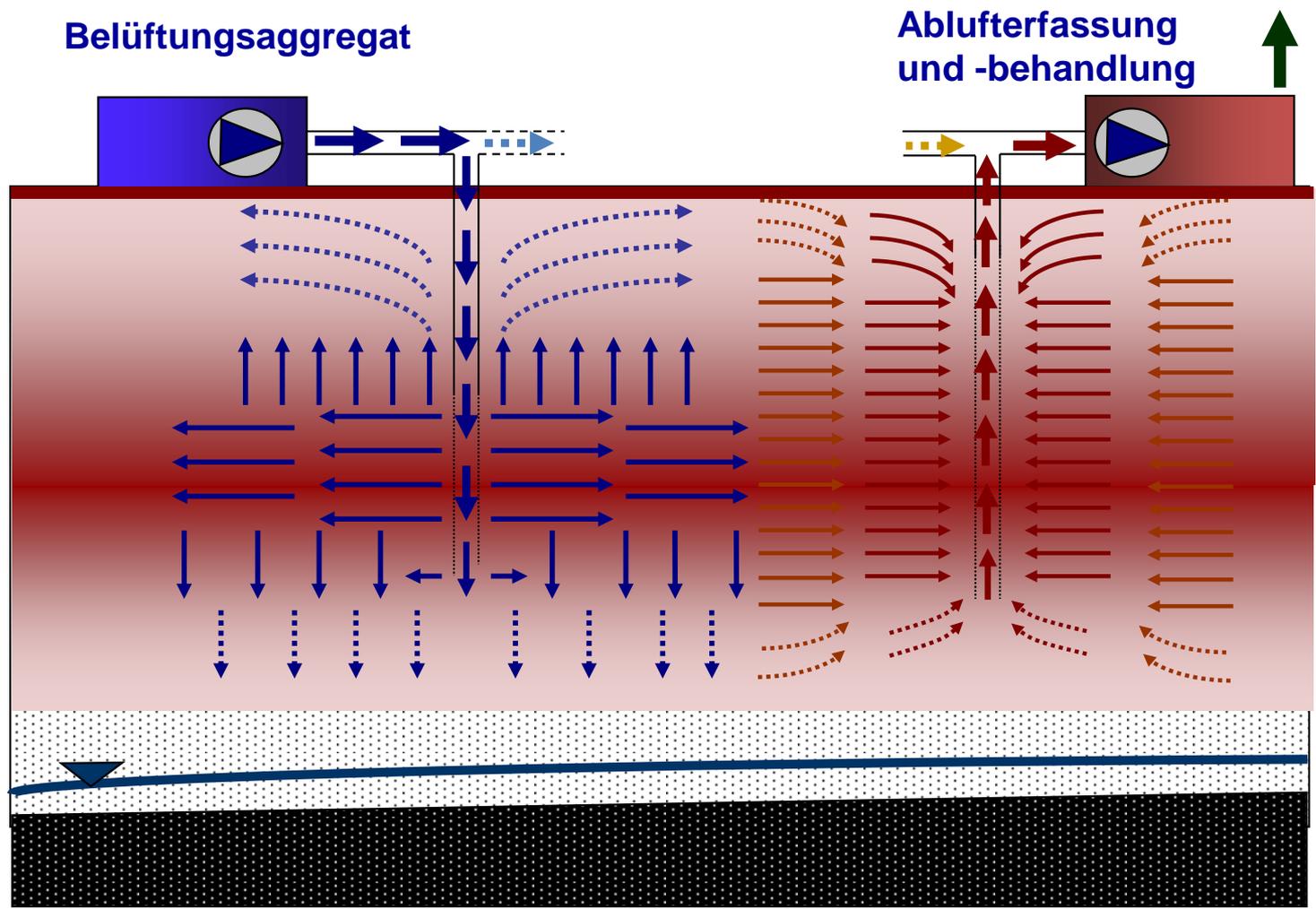
Landfill Leppe: Turning into a Park



Landfill Leppe: Turning into a Park



# Niederdruckbelüftung zum beschleunigten Abbau von Restorganik



# Verfahrensvergleich : Aktive Belüftung- Übersaugung

	<b>Gaserfassung*</b>	<b>Übersaugung**</b>	<b>Belüftung***</b>
Dauer der Maßnahme mit RWU, Personal etc.	mehrere Jahrzehnte	ca. 15–25 a	ca. 6–10 a
Funktion des Gaserfassungssystems	Erneuerungs- investitionen ca. alle 15 a erforderlich	z.T. Erneuerungs- investitionen erforderlich	hält i.d.R. durch (Ergänzung u/o Ertüchtigung vor Beginn der Maßnahme)
Funktion der Gas- verdichter, MSR und Abluftbehandlungsstufe	i.d.R. Erneuerungs- investitionen ca. alle 15 a erforderlich	z.T. Erneuerungs- investitionen erforderlich	hält i.d.R. durch
Grad der Stabilisierung	gering bzw. nur sehr langfristig	mit fortschreitender Aerobisierung von außen nach innen	schneller in größerem Deponievolumen, vor allem auch in unteren Ablagerungsbereichen
Beschleunigungs- effekt/C-Abbau	sehr gering	bis zum Faktor 3	Faktor 3 - 6
Dauer der Stilllegung und Nachsorge	viele Jahrzehnte	länger als bei aktiver Belüftung	zeitlich überschaubar und deutlich reduziert
Energiebedarf	abhängig von der Dauer, Bedarf über mehrere Jahrzehnte	abhängig von der Übersaugung und Behandlungsstufe über 15-25 a	in der zeitlich reduzierten Betriebsphase höher, insgesamt gleich oder niedriger

\* Herkömmliche Gaserfassung: es wird nur so viel Gas abgesaugt und behandelt, wie in der Erfassungsphase produziert wird.

\*\* Kontrollierte Übersaugung: es wird mehr Gas/Abluft abgesaugt und behandelt, als in der Erfassungsphase produziert wird. Ein luftatmosphärischer Einfluss ist anhand der Rohgas-/Abluftzusammensetzung deutlich zu erkennen.

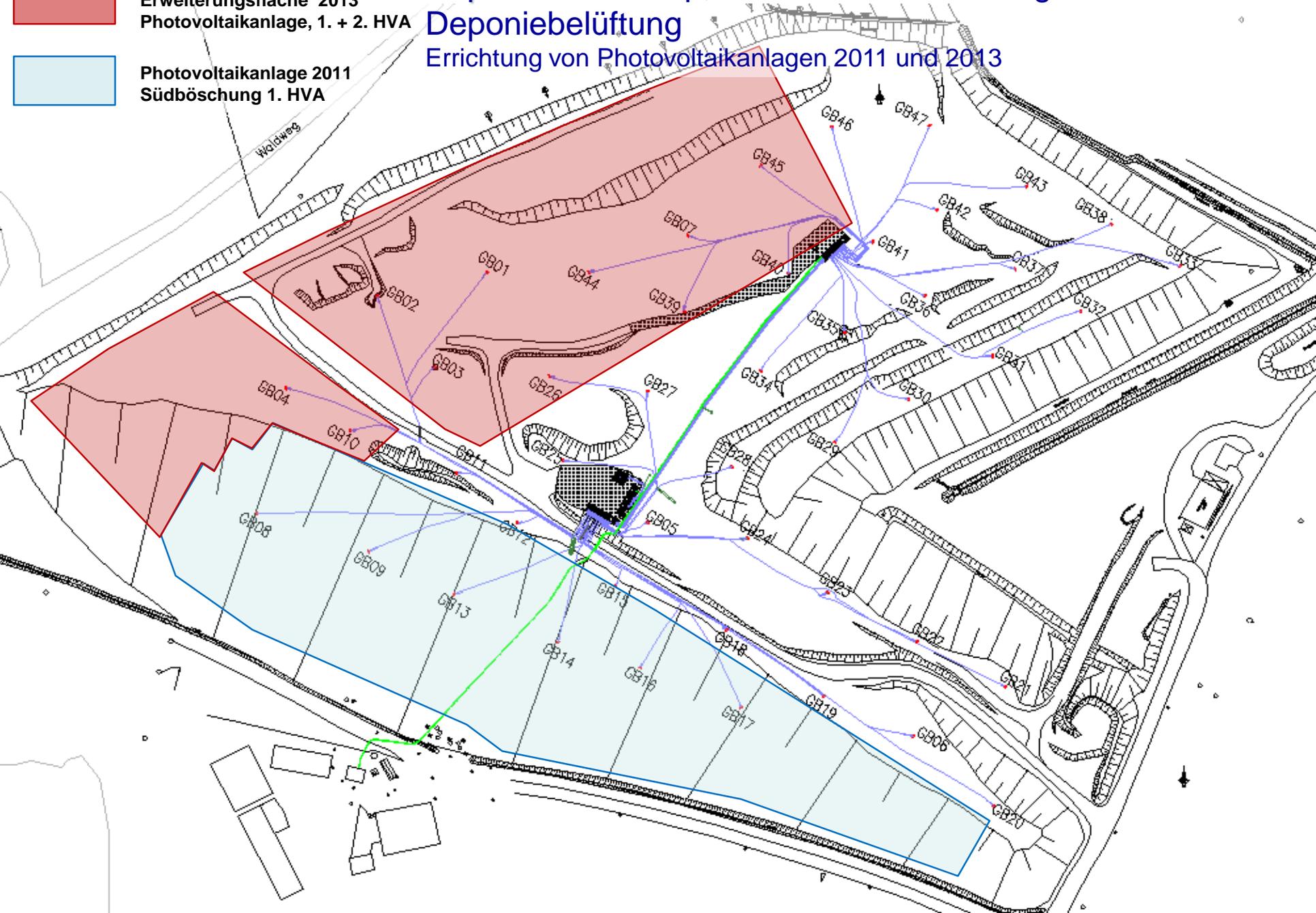
\*\*\* Aktive Belüftung mit angepasster Ablufferfassung und –behandlung.

Erweiterungsfläche 2013  
Photovoltaikanlage, 1. + 2. HVA

Photovoltaikanlage 2011  
Südböschung 1. HVA

# Deponie Dörentrop, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung

## Errichtung von Photovoltaikanlagen 2011 und 2013



# Deponie Dörentrup, technische Einrichtungen zur Deponiebelüftung Errichtung von Photovoltaikanlagen 2011 und 2013

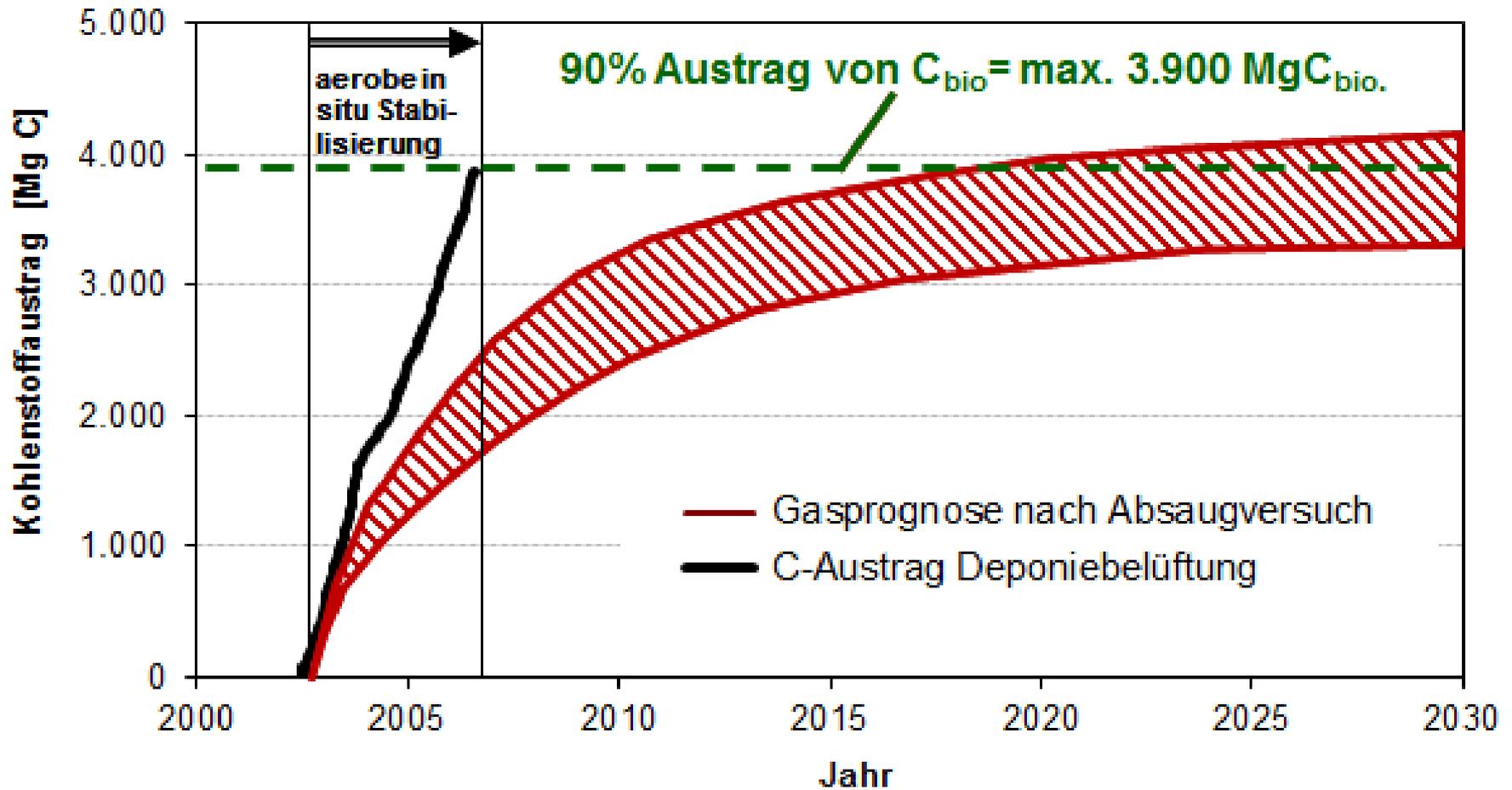
- Weiterführung der aeroben in situ Stabilisierung (Deponiebelüftung)
- Dachartiges Trapezprofil der Photovoltaikanlage erfüllt die Funktion einer temporären Oberflächenabdichtung zur Reduzierung der klimatischen Sickerwasserbildung.
- Dazu insbesondere Berücksichtigung des Setzungsverhaltens des Deponiekörpers und der Ableitung des Niederschlagswassers.



# Beschleunigter Kohlenstoffaustrag durch Deponiebelüftung



(Deponie Milmersdorf, LK Uckermark, Brandenburg\*)



\*erfolgreicher Abschluss nach Laufzeit von 5 Jahren; gefördert mit Mitteln vom Land Brandenburg



# Deponien als Standort für potentielle Stromerzeuger und –nutzer

