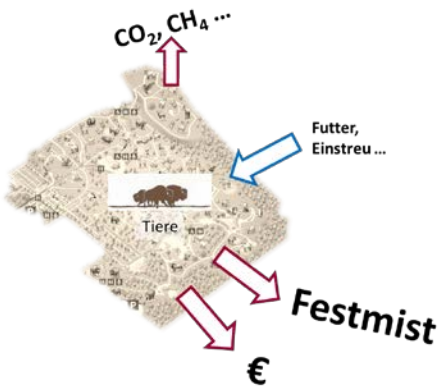
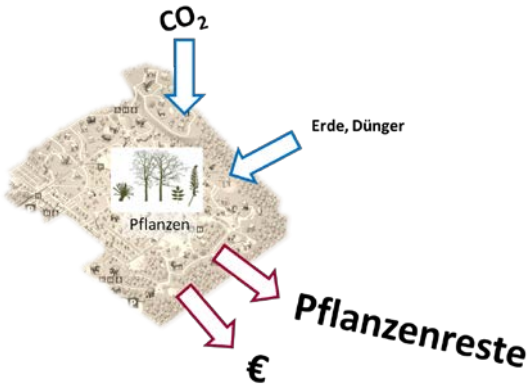
# Anwendung von Biokohle in der Kompostierung

Dipl.-Geogr. René Schatten
Freie Universität Berlin, AG Geoökologie

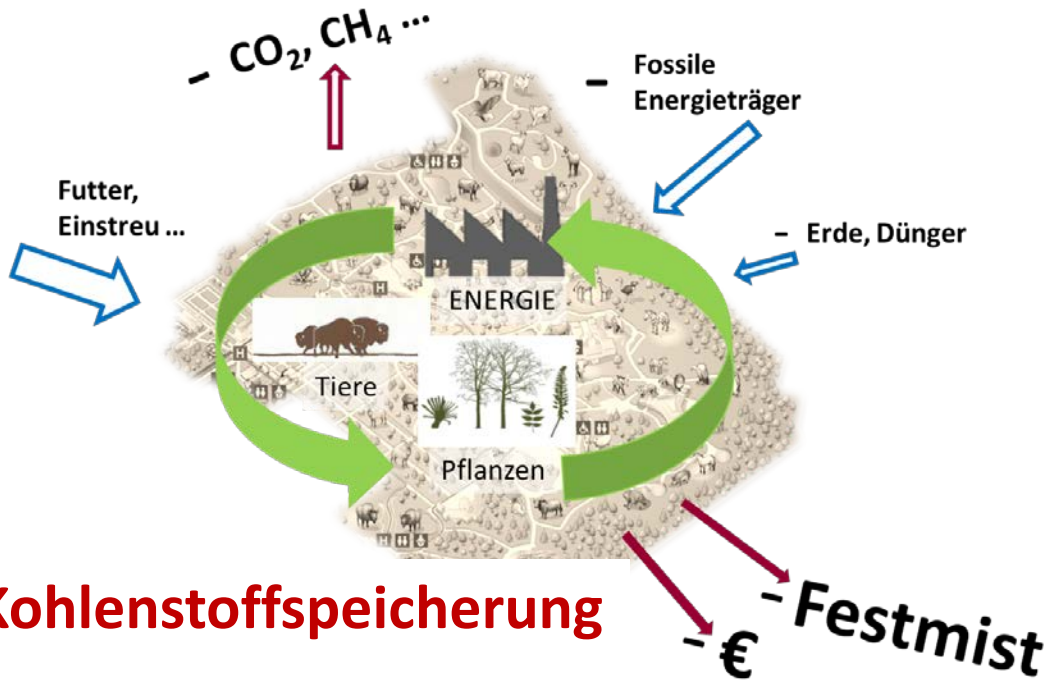
*Workshop im Tierpark Berlin-Friedrichsfelde*
*am 29.11.2018*

*gefördert durch:*
EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Berlin
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz




**Kreislaufschließung - Schaffung betrieblichen Mehrwerts durch Nutzung eigener Ressourcen**




**+ Kohlenstoffspeicherung**

Kompostierung mit Biokohle

# Einführung

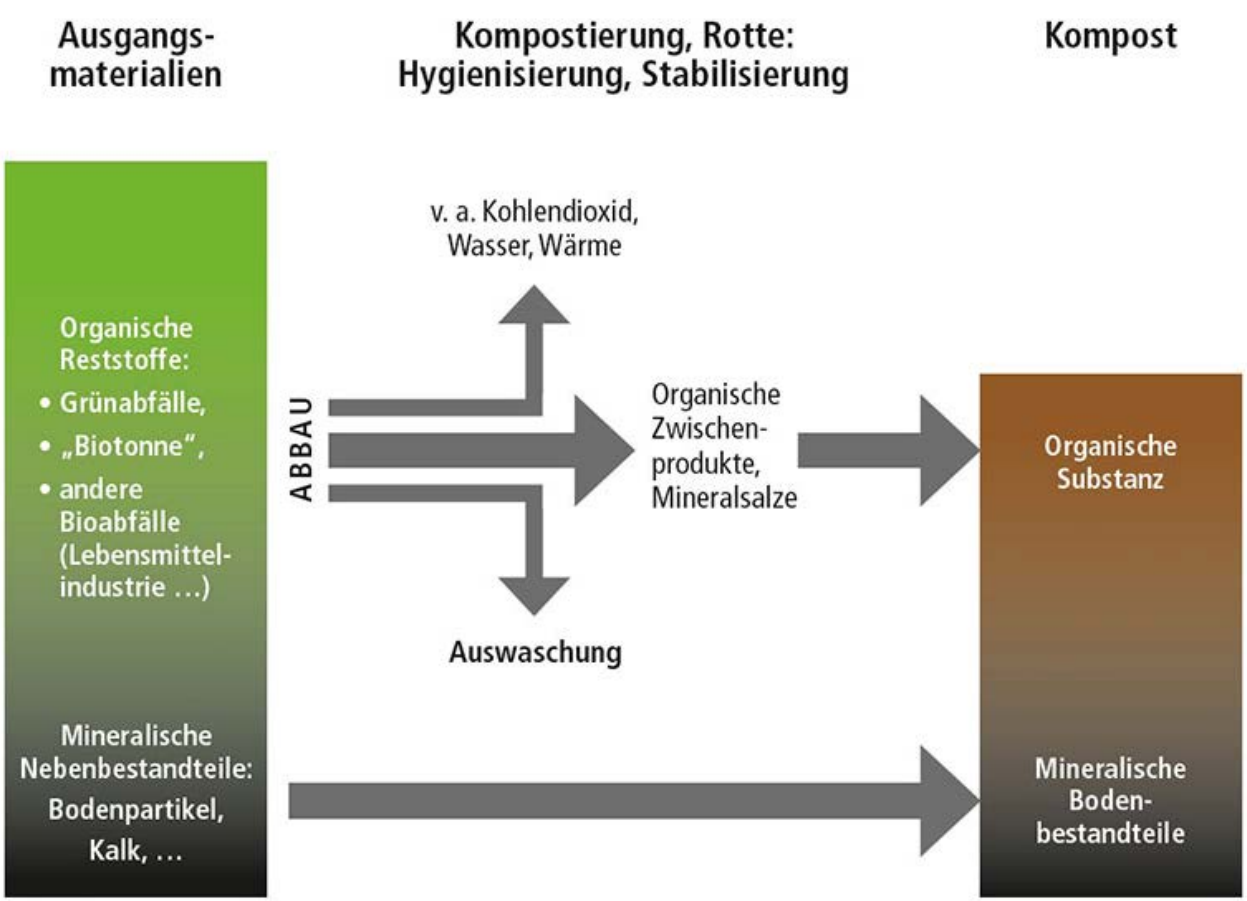



*Abb.: Schematische Darstellung der Kompostierung (BZfE, 2018)*

- **4 Mio. t/a Bioabfälle**

  ➕

- **5,3 Mio t/a Grünabfälle**

  ⬇

- **5 Mio t/a Kompost (Deutschland)**

**Vorteile von Kompostierung:**

- **Verwertung von organischen Reststoffen zu einem hochwertigen Produkt!**
- **Einsparung von Mineraldünger und Torf**
- **Verbesserung der Bodenqualität, Erhöhung des Humusgehaltes, Kohlenstoffspeicherung in Böden**
- **…**

**Höhe der Emissionen ist nicht in erster Linie von dem Verfahren und der Behandlungstechnik abhängig (Cuhls et al.)!**

**Die Emissionen bei der Verwertung von Bio- und Grünabfällen werden im Wesentlichen von der Betriebsführung bestimmt.**

**Wichtige Faktoren sind:**

- Grünschnittzusammensetzung
- Strukturanteil,
- Wassergehalt,
- Mietengeometrie
- Umsetzen/Belüftung

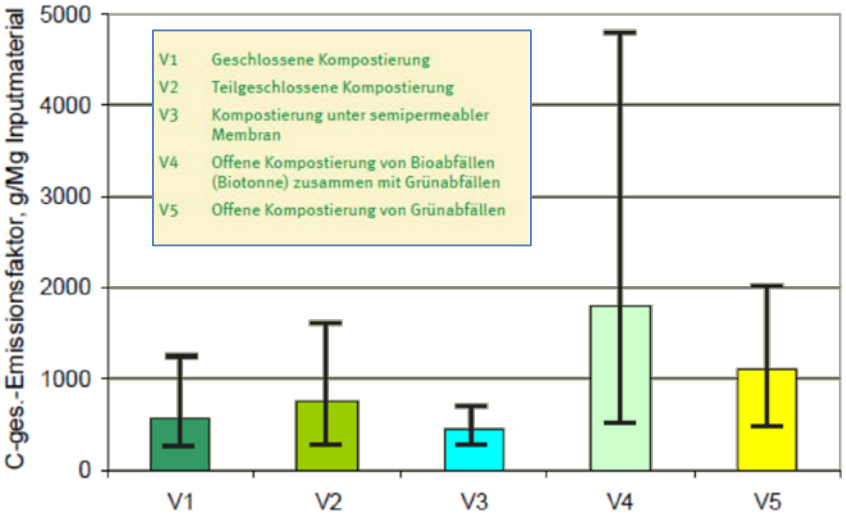



*Abb.: C-Emission in Abhängigkeit vom eingesetzten Verfahren (Kehres et al., 2010)*

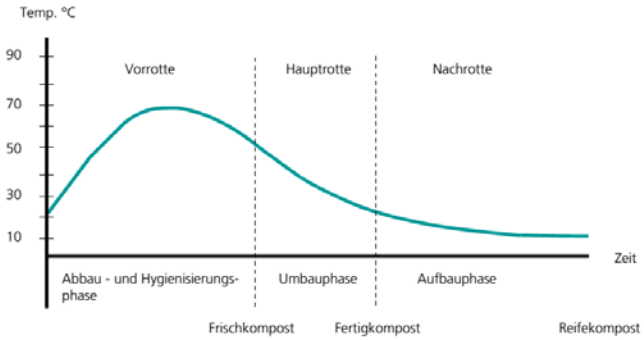
Offene Mietenkompostierung sind grundsätzlich nicht schlechter als geschlossene KOA (Clemes et al., 2011). <u>Der Anlagenbetrieb ist entscheidend</u>.

# Einführung

| Verfahrens-schritt | Aggregat/ Bauteil | Emissionen [2] über | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Wasser | Boden | Luft |
| **Anlieferung** | Übernahmebereich (z.B. Flachbunker) | Press-/Sickerwässer | keine | Gerüche, Lärm, Gase (Staub) (Keime) |
| **Vorbehandlung** Grobaufbereitung | Siebung, Störstoff-abtrennung, Mi-schung etc. | Press-/Sickerwässer Kondenswässer aus Abluftbehandlung | keine | Gerüche, Lärm, Gase (Staub) (Keime) |
| **Hauptrotte Intensivrotte*)** | Reaktor, Tunnel, Trommel (Mieten) | Press-/Sickerwässer Kondenswässer | keine | Gerüche, Keime, Gase (Lärm) |
| **Nachrotte** | Mieten (event. ein-gehaust) (Reaktor, Tunnel) | Press-/Sickerwässer Kondenswässer | keine | Gerüche, Keime, Gase (Staub) (Lärm) |
| **Konfektionierung** Feinaufbereitung | Siebung, Hartstoff-abscheidung etc. | keine | keine | Gerüche, Staub, Gase Keime, Lärm |
| **Endprodukt** | Kompostlager | Keine [1] | Fremdstoffe, potentielle Schadstoffe | Gerüche, Staub, Gase (Keime) (Lärm) |

[1] in niederschlagsreichen Gebieten sinnvoller überdacht (Vernässung)
[2] Angaben in ( ) bedeuten einen eingeschränkten bzw. verfahrensspezifischen Anfall
[3] Die Freisetzung sonstiger Luftschadstoffe ist hauptsächlich bei der Rotte zu erwarten
*) Intensivrotte wird nur jener Rotteabschnitt der Hauptrotte bezeichnet, der unabhängig von der Selbsterhitzung des Rottegutes in technisch unterstützten (zwangsbelüfteten bzw. gekap-selten) Anlagenteilen durchgeführt wird.

*Abb.: Emissionsrelevante Verfahrensteile bei der Kompostierung (Kehres et al., 2010)*




Anlagenbetrieb muss die Reduktion von Emissionen über Luft und Wasser berücksichtigen

Potenzial für die Anwendung von Biokohle

## Schließung von Stoffkreisläufen mittels Biokohle-Technologie (BT)

Als eine der aussichtsreichsten Formen der Biokohleanwendung hat sich die **Kombination von Biokohle und** organischen Materialien wie z. B. **Kompost oder Tierdung** heraus-kristallisiert.

*Abb.: Grüngutkompost mit 15 Vol.-% Biokohle im Botanischen Garten Berlin*

- Ausgezeichnetes Adsorptionsmittel bei der Verwendung feuchter und stickstoffreicher Materialien (z.B. Rasenschnitt, Obst- und Gemüseabfälle)
- Reduzierung von $CO_2$-, $CH_4$-, $NH_3$- und $N_2O$-Emissionen (Steiner et al., 2010; Hua et al., 2012; Wang et al., 2013)
- Reduzierung von Geruchsemissionen und Lachgas bei Stallmistkompost (Ma et al.,2013)
- Verringerung von Nährstoffausträgen (Kammann et al., 2015; Major et al., 2009)
- Reduktion der C-Verluste (Dias et al., 2010; Jindo et al.,2012; Fischer & Glaser, 2012)
- Fixierung von gelöstem organischen Kohlenstoff (Glaser & Kammann, 2013)

***3 wesentliche Komponenten bei der klimafreundlichen Kompostierung!!!***

Anwendung von Biokohle

Schreddern der Biomasse

Wenden der Kompostmieten

## THG Emissionen im Vergleich

*Tabelle: Gesamtemissionen bei der Kompostierung*
*(mBK: mit Pflanzenkohle, oBK: ohne Pflanzenkohle, mU: mit Urin)*

| | $N_2O$ | $NH_3$ | $CH_4$ | $CO_{2\text{-äquiv}}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | mg/kg TS | | |
| M 1 mBK | 12,80 | 12,30 | 149,1 | 7579 |
| M 2 oBK | 13,50 | 18,50 | 233,0 | 9903 |
| M 3 oBK, mU | 22,40 | 26,30 | 311,0 | 14529 |
| M 4 mBK, mU | 10,30 | 19,80 | 204,5 | 8241 |

*Abb.: Flusskammer mit Thermologger auf abgedeckter Kompostmiete und Versuchs-mieten (Quelle: TU Berlin)*

## Mikrobielle Atmungsrate während der Kompostierung im Vergleich mit und ohne Pflanzenkohle

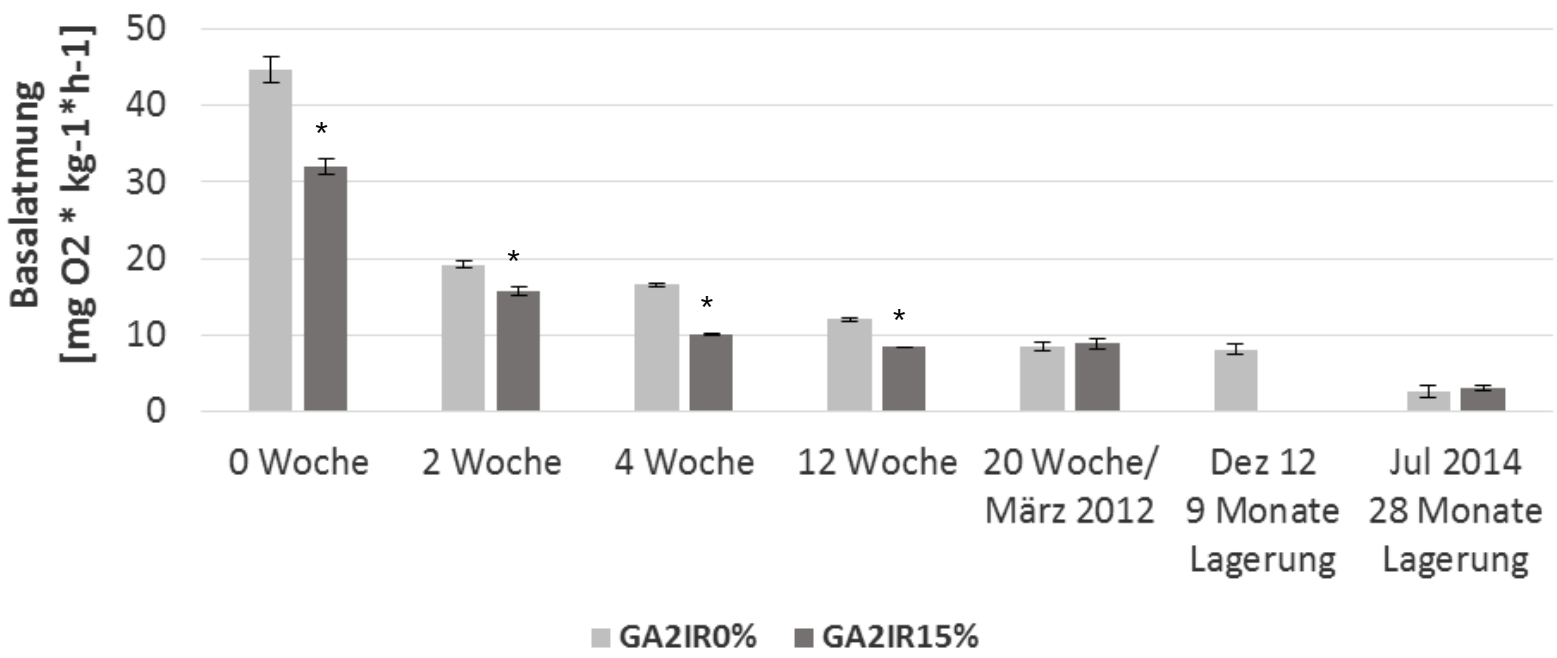



*Abb.: Basalatmung des Komposts und Biokohlekomposts während der Kompostierung und Lagerung (GA2) dargestellt als $O_2$-Verbrauch (IR0%: Kompost ohne Pflanzenkohle, IR15%: Kompost mit 15% Pflanzenkohle), Mittelwert und Standardabweichung (n = 4), * signifikanter Unterschied ($p \leq 0{,}05$, T-Test)*

## Nährstofffreisetzung aus Komposten im Vergleich mit und ohne Pflanzenkohle

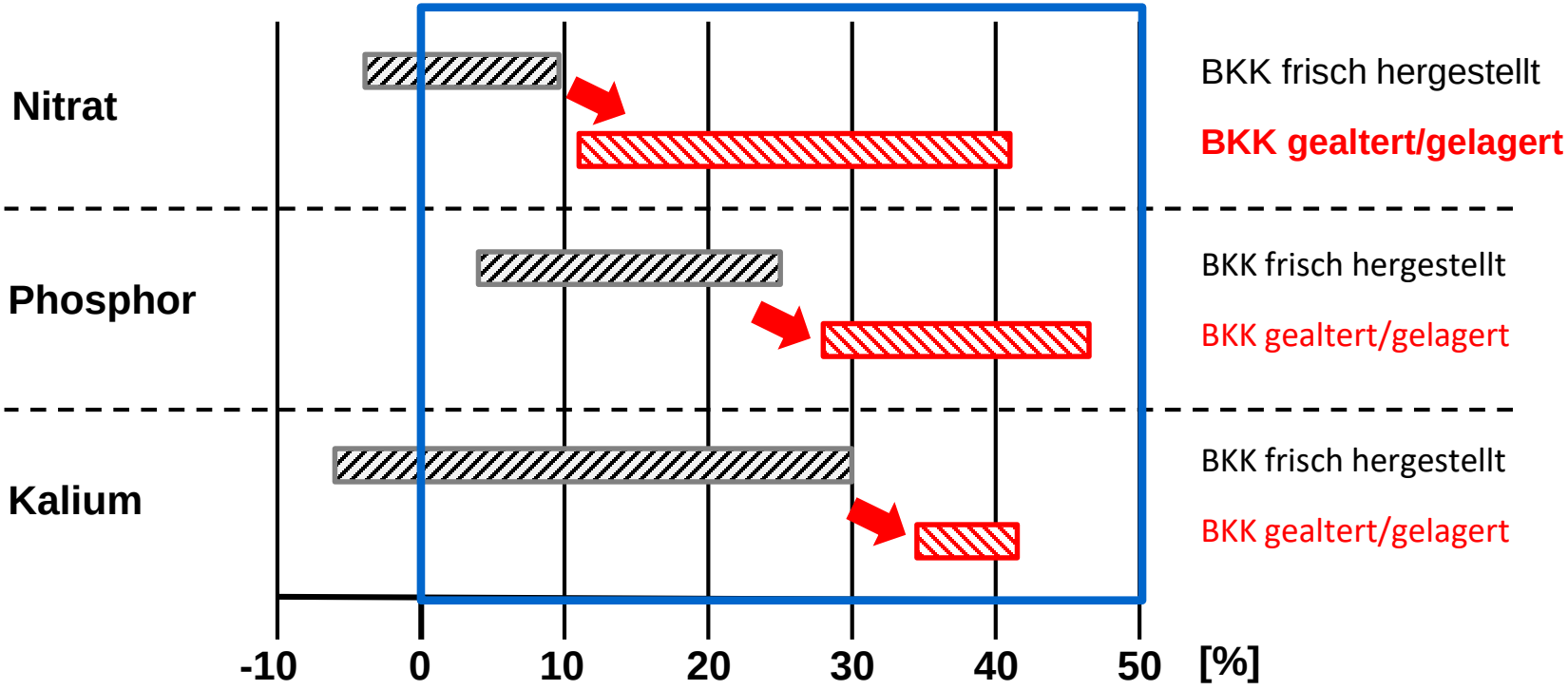
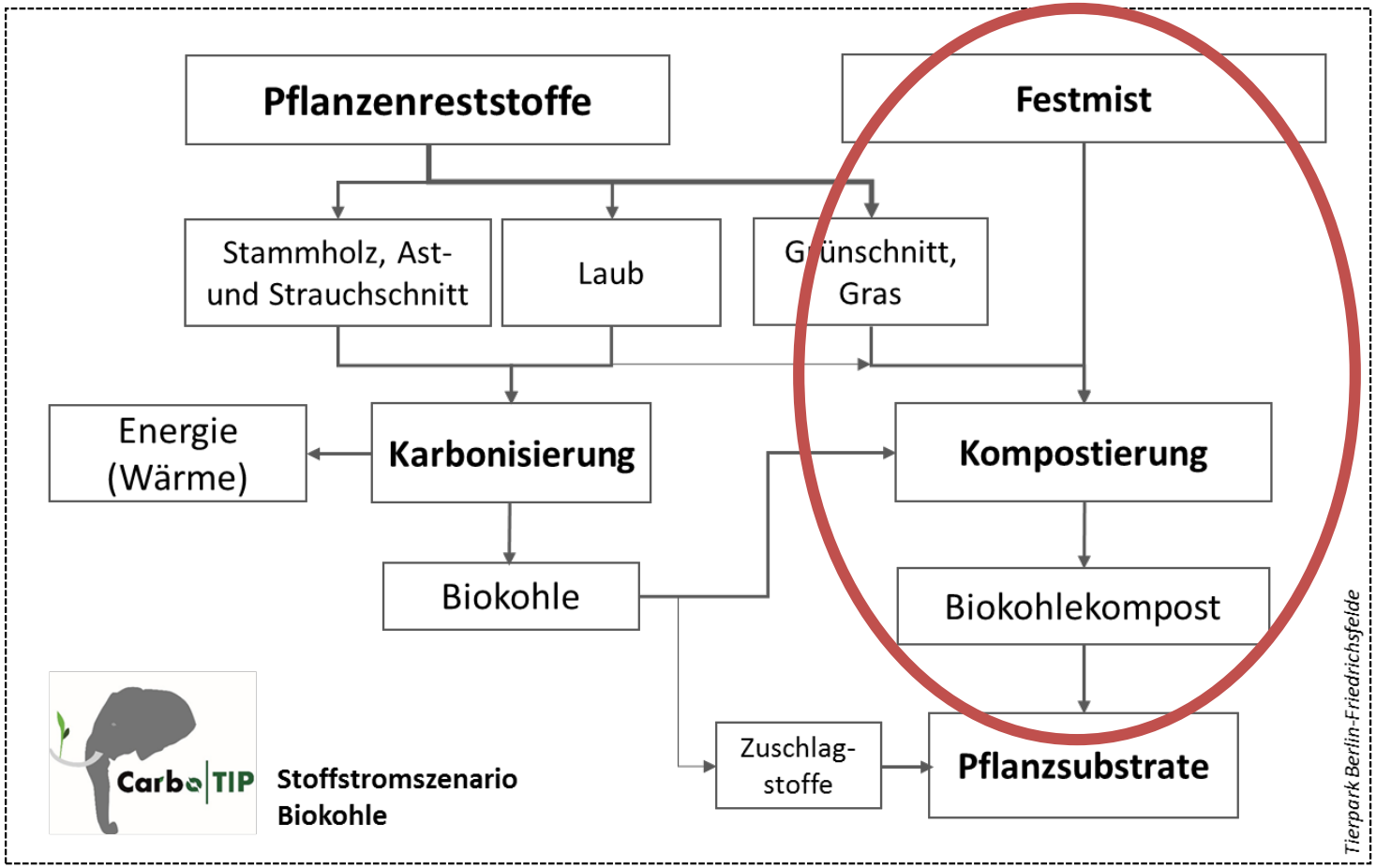



*Abb.: Spanne der prozentualen Nährstoff-Reduzierung von Pflanzenkohlekompost im Vergleich zu Kompost ohne Pflanzenkohle (n=7)*

# Herstellung von Biokohlesubstraten im Projekt CarboTip



# Herstellung von Biokohlesubstraten im Projekt CarboTip

## Mietenkompostierung – 3fach-Versuch

Zusammensetzung:

- Elefantenmist (TP)
- Grünschnitt (TP)
- Holzhäcksel (BG)
- Gesteinsmehl/Bentonit
- Biokohle in den Abstufungen 0%, 5% und 10 Vol.-%

*Abb.: Aufsetzen der Versuchsmieten im Botanischen Garten*

# Kompostansatz 1 (KA1) - Inputmaterialien

Tabelle: Charakterisierung der Inputmaterialien für den Kompostansatz 1 (KA1)
(Angabe von Mittelwert aus jeweils 2-4 Mischproben; grün=MW hält Grenzwert BioAbfV bzw. EBC ein)

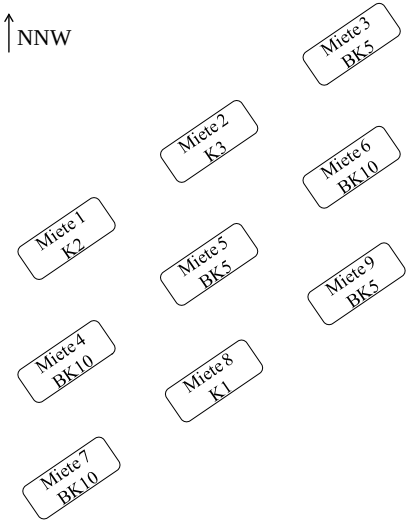
| | Cd | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn | OS | C | N | C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mg/kg TS] | | | | | | [%) | [%] | [%] | [-] |
| **Festmist (Tierpark)** | 0,17 | 4,04 | 31,5 | 7,84 | 14,9 | 94,0 | 52,0 | 29,1 | 0,93 | 31,3 |
| **Grünschnitt (Tierpark)** | 0,19 | 11,4 | 26,3 | 12,7 | 30,5 | 76,4 | 34,9 | 25,2 | 0,73 | 34,5 |
| **Holzhäcksel (Bot. Garten)** | 0,23 | 4,94 | 16,0 | 6,82 | 15,1 | 52,2 | 71,3 | 37,3 | 0,72 | 51,8 |
| | | | | | | | | | | |
| **BioAbfV 20 t/ha** | 1,5 | 100 | 100 | 50 | 150 | 400 | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Biokohle (Bot. Garten)** | <0,1 | 11,3 | 43,6 | 16,3 | 12,5 | 97,4 | 70,0 | 57,0 | 0,78 | 73,1 |
| | | | | | | | | | | |
| **EBC *premium*** | <1,0 | <80 | <100 | <30 | <120 | <400 | | >50 | | |

**Die Inputmaterialien sind qualitativ geeignet und hinsichtlich der Gehalte an Schwermetallen als unbedenklich zu bewerten.**

# Kompostansatz 1 (KA1) - Zusammensetzung

| Inputmaterial | Kontrolle | | +5%-Biokohle-C | | +10%-Biokohle-C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | m³ | [%] | m³ | [%] | m³ | [%] |
| **Festmist (Tierpark)** | 2,7 | 46 | 2,7 | 46 | 2,7 | 46 |
| **Grünschnitt (Tierpark)** | 1,8 | 31 | 1,8 | 31 | 1,8 | 31 |
| **Holzhäcksel (Bot. Garten)** | 0,9 | 15 | 0,9 | 15 | 0,9 | 15 |
| **Alter Kompost (Bot. Garten)** | 0,5 | 8 | 0,5 | 8 | 0,5 | 8 |
| **Biokohle (Bot. Garten)** | - | - | 0,55 | on top | 1,1 | on top |
| | | | | | | |
| **Bentonit** | jeweils 25 kg bei allen Varianten | | | | | |
| **Gesteinsmehl** | jeweils 25 kg bei allen Varianten | | | | | |

- 9 Mieten (3x3),
- Mietengröße ca. 6 m³ (ohne Biokohle)
- Aufsetzen mit Radlader, volle Schaufel ca. 0,9 m³




K1-K3: Kontrolle (ohne Biokohle)
BK5: Mieten mit 0,55 m³ Biokohle
BK10: Mieten mit 1,1 m³ Biokohle

**Kontrollierte Kompostierung**

Regelmäßige Messung von:

- Temperatur
- $CO_2$

Regelmäßige Dokumentation von:

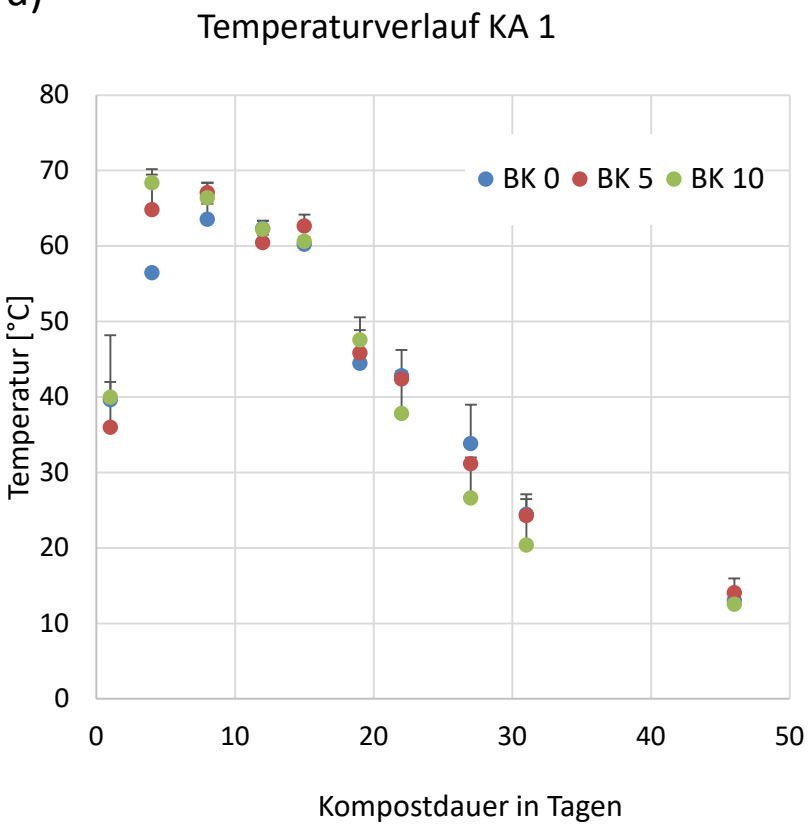
- Feuchtigkeit („Faustprobe“)
- Geruch

Regelmäßige Beprobung der Mieten

*Abb.: Versuchsmieten im Botanischen Garten*

# Kompostansatz 1 (KA1) - Kompostierungsverlauf

a)




b)

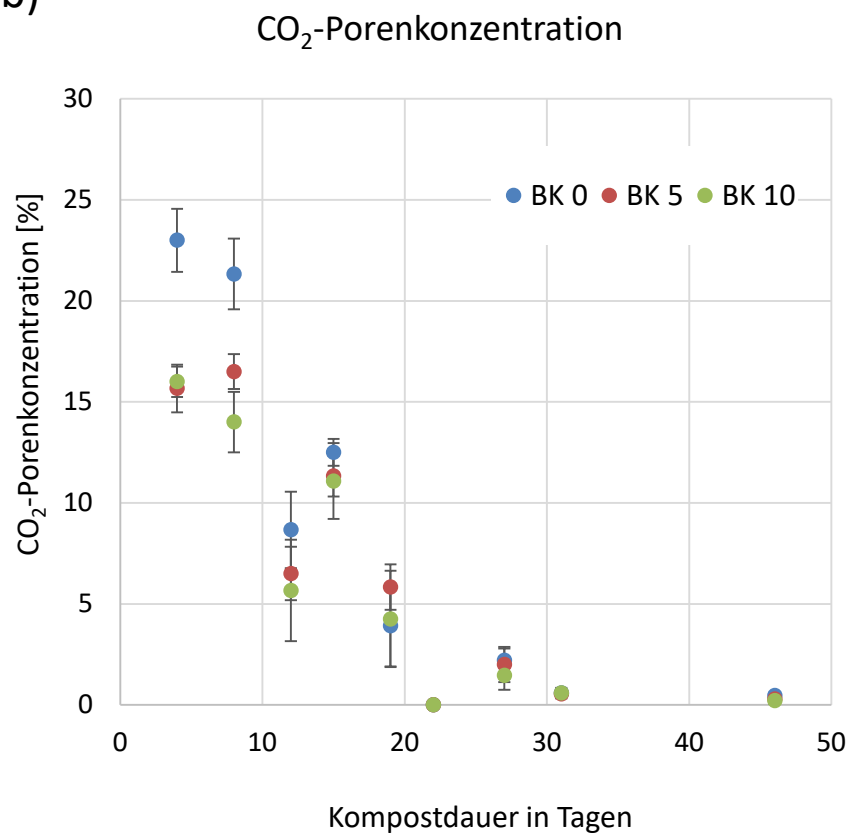
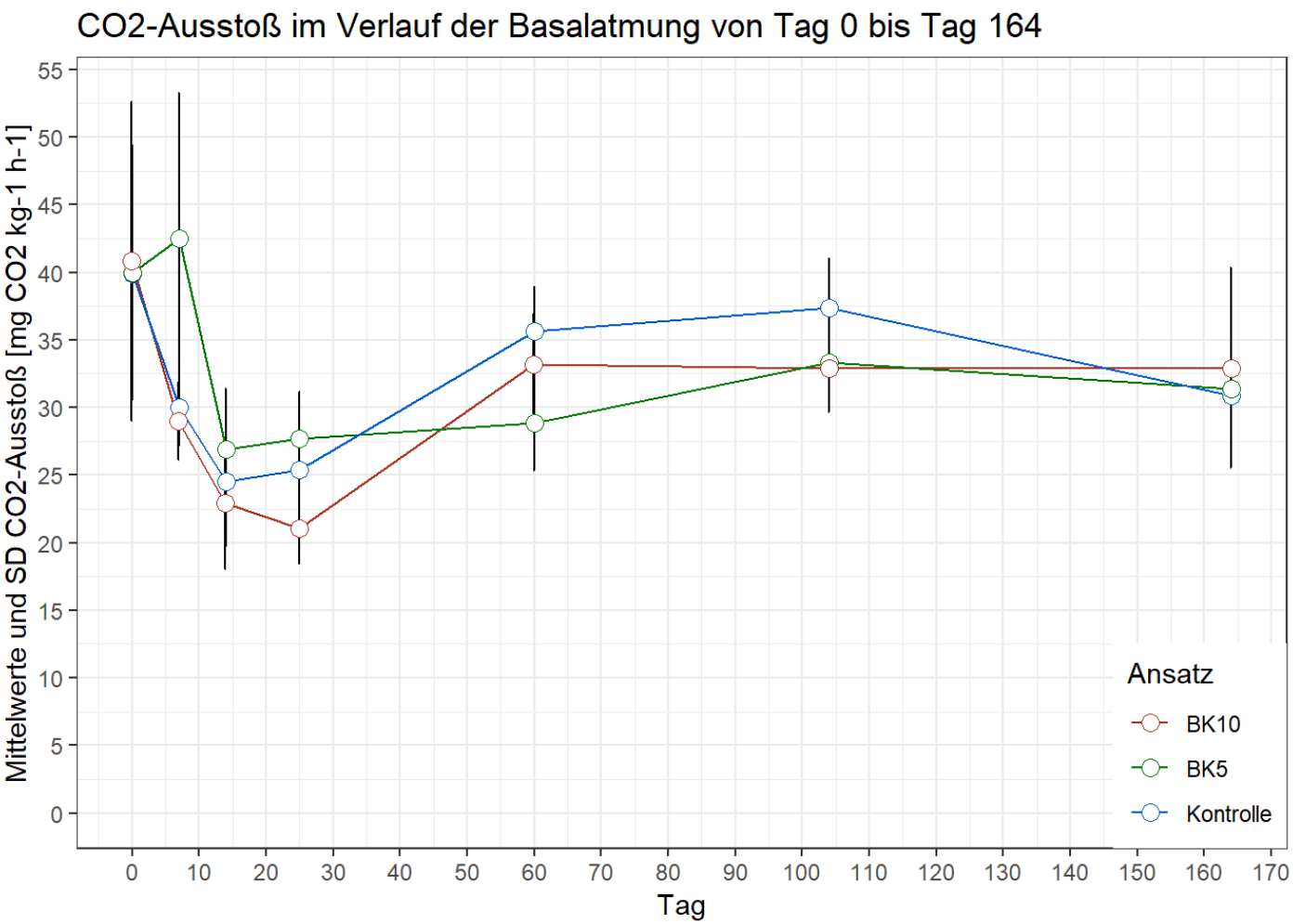



*Abb.: Ergebnisse der Temperatur (a) und $CO_2$-Porenkonzentration (b) in Abhängigkeit zur Kompostierungsdauer*

## Bodenatmung Verlauf



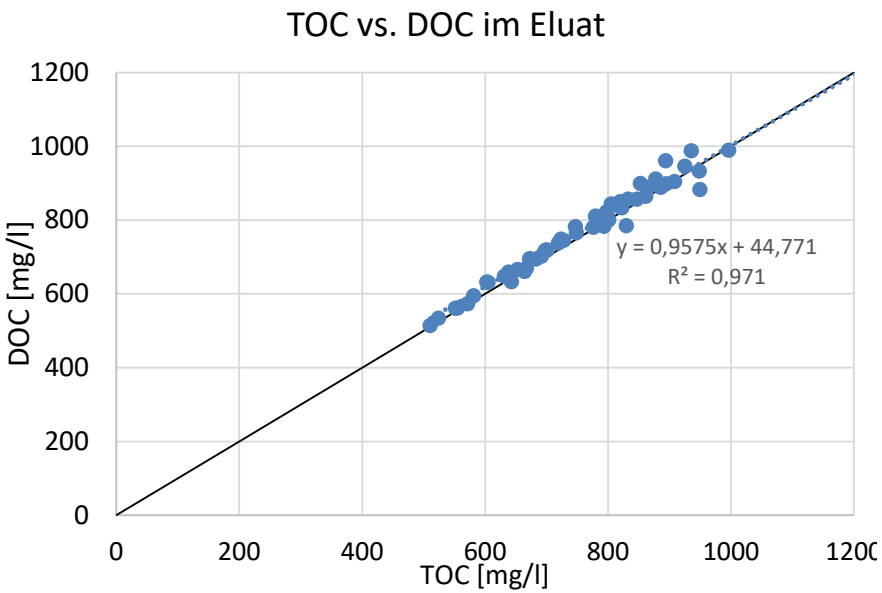

**Laufende M.Sc.-Arbeit in der AG Geoökologie, d.h. Auswertung der Daten in Bearbeitung!**

# Kompostansatz 1 (KA1) - Leachingversuche

- Total Organic Carbon (TOC) und Dissolved Organic Carbon (DOC) im Eluat (24-h-Überkopfelution; Zentrifugation; Filtration 0,45µm)

Eluatparameter:
pH-Wert: 7,1 - 8,3
(BK kein Einfluss)
Lf: 2560-4050 µS/cm
(BK↑ = Lf↓)

a)




b)

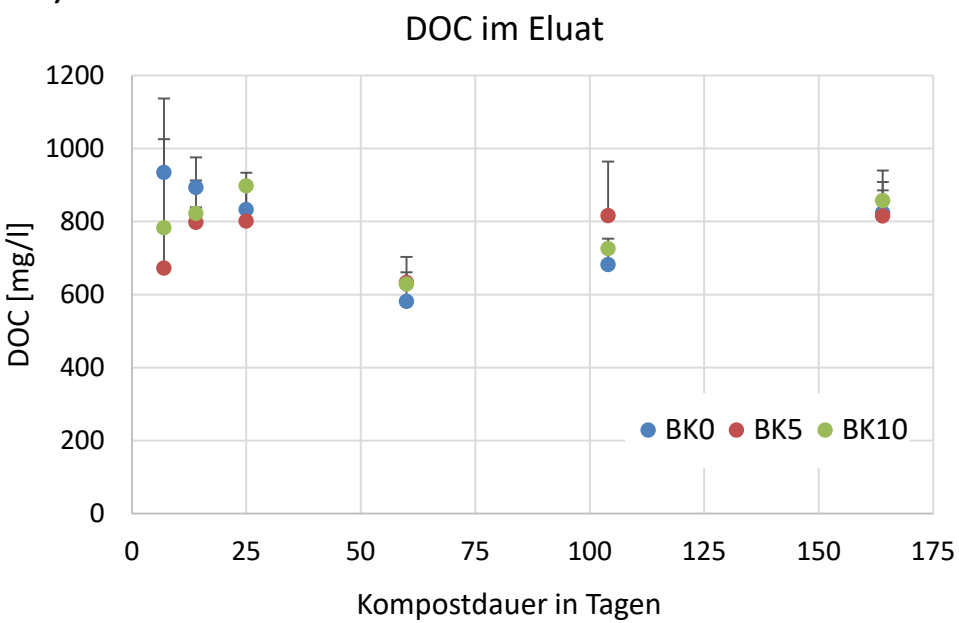



*Abb.: Vergleich TOC und DOC im Eluat (a) und DOC-Verlauf im Eluat in Abhängigkeit zur Kompostierungsdauer (b)*

# Kompostansatz 1 (KA1) - Mineralisierung

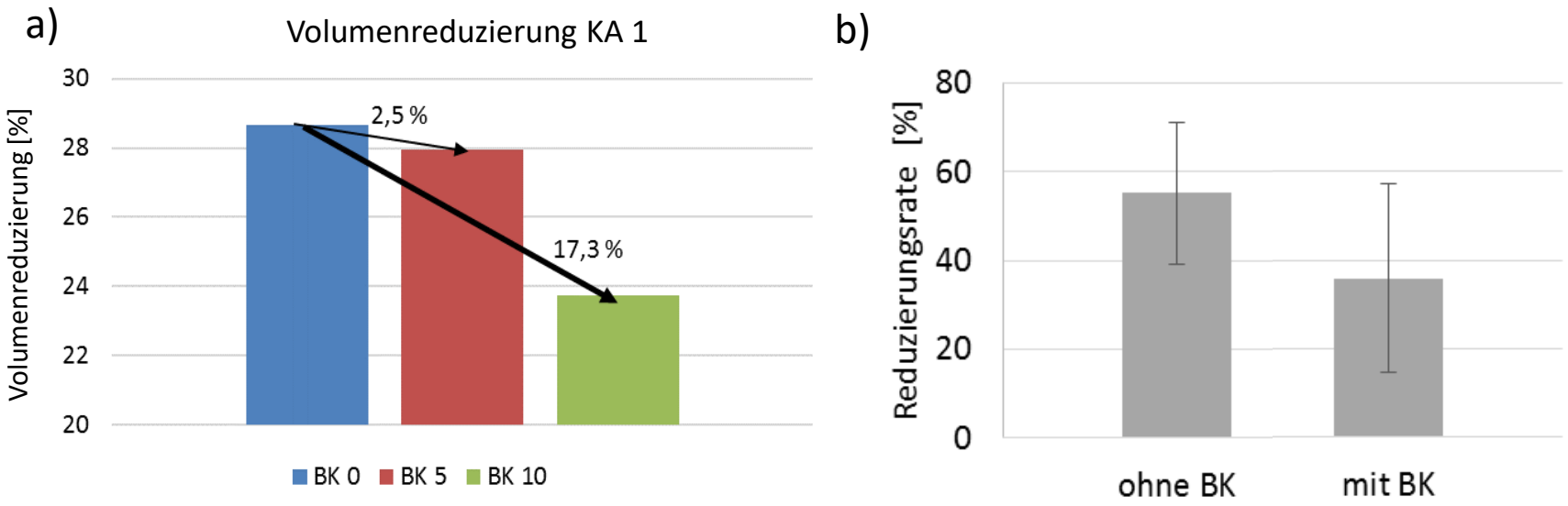



*Abb.: Volumenreduzierung des Komposts im Vergleich zum Startvolumen (Biokohle herausgerechnet), a) im Kompostierungsansatz KA 1 (prozentuale Angaben verweisen auf den verringerten Volumenverlust durch Biokohle); b) Ergebnissen aus TerraBoGa zum Vergleich*

# Kompostansatz 1 (KA1) - Kohlenstoffumsatz

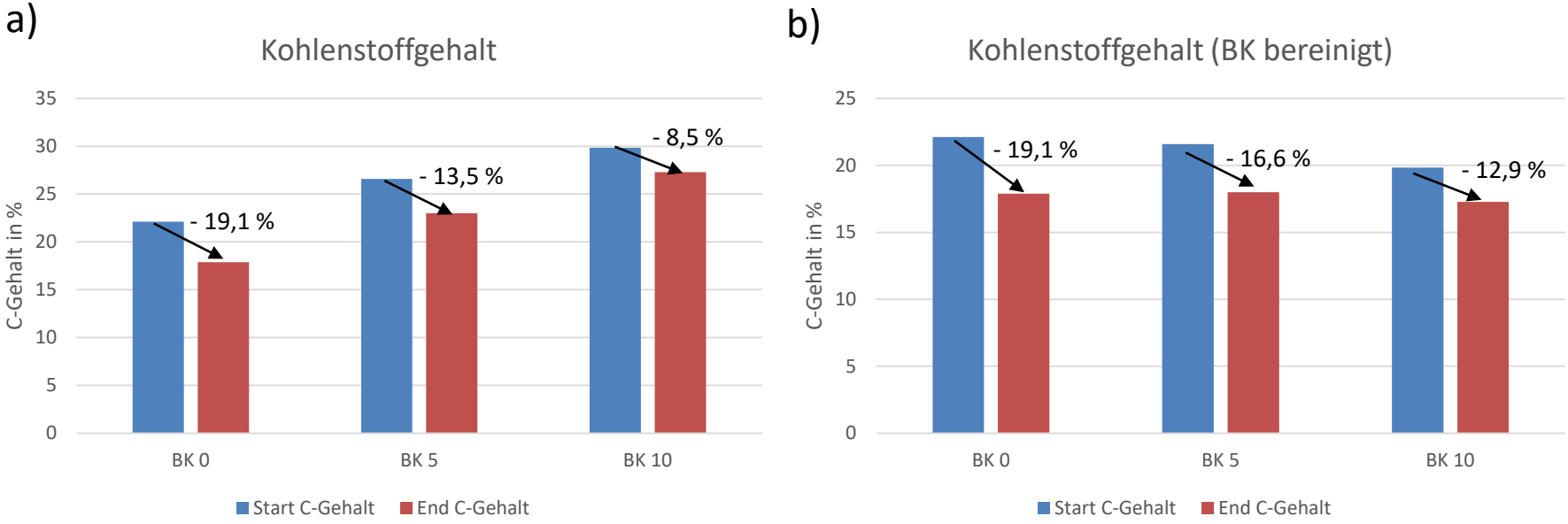



*Abb.: Einfluss der Biokohle auf die Abnahme des organischen Kohlenstoffgehaltes im Kompostierverlauf; berechnet mit Biokohle (a) und Biokohle bereinigt (b), prozentuale Angaben verweisen auf den mineralisierten Anteil in Bezug auf den Startgehalt*

## Messung der $CO_2$-Porenkonzentration in den Komposten während der Lagerung

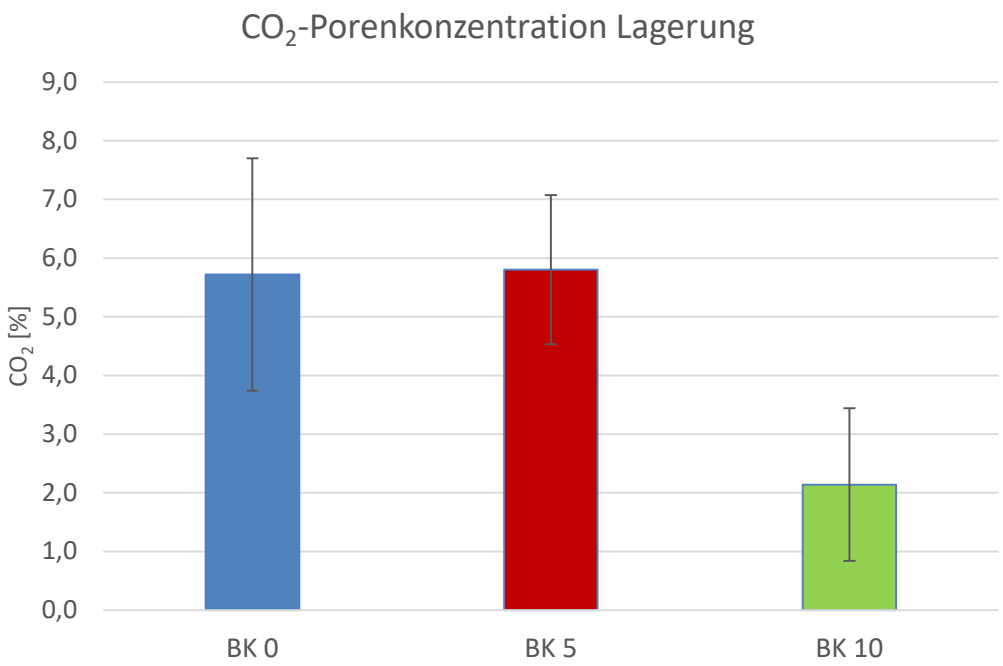



*Abb.: Ergebnisse der $CO_2$-Porenkonzentration während der Lagerung*

# Kompostansatz 1 (KA1)

# Kompostansatz 1 (KA1) – Charakterisierung Endprodukt

*Tabelle: Charakterisierung der hergestellten Kompostansätze 1 (KA1) mit/ohne Biokohle (BK0, BK5, BK10) im Vergleich zu Biokohlekomposte aus dem TerraBoGa-Projekt*

| Parameter | KA1-BK0 | KA1-BK5 | KA1-BK10 | Komposte mit Biokohle TerraBoGa | | Wertebereich (BGK eV) | Qualitätskriterien Substratkompost (BKG eV) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | MW | STABW | | Typ 1 | Typ 2 |
| pH | 7,19 | 7,61 | 7,79 | 7,75 | 0,18 | 6,9 - 8,3 | | |
| Rohdichte g/L FS | 804 | 788 | 689 | 813 | 87,3 | 500 - 820 | | |
| Salzgehalt g/L FS | 3,00 | 2,03 | 1,63 | 1,76 | 0,53 | 1,9 - 8,0 | max 2,5 | max 5 |
| OS % | 22,1 | 26,2 | 29,7 | 32,3 | 8,9 | 24 - 51 | | |
| C % | 12,6 | 19,2 | 23,1 | 21,3 | 6,9 | 16 - 37 | | |
| N % | 0,82 | 0,82 | 0,80 | 0,76 | 0,16 | 0,5 - 1,5 | | |
| P mg/kg | 1.585 | 1.841 | 1.647 | 1.382 | 129 | | | |
| K mg/kg | 6.279 | 6.774 | 6.277 | 7.354 | 2.044 | | | |
| Nmin mg/L FS | 820 | 635 | 310 | 373 | 221 | 0 - 740 | < 300 | < 600 |
| P mg/L FS | 226 | 276 | 221 | 324 | 301 | 176 - 704 | < 520 | < 1.040 |
| K mg/L FS | 1428 | 1440 | 1488 | 2.232 | 853 | 1.245 – 4.565 | < 1.660 | < 3.320 |

**Mikrobiologische Parameter aus der Originalsubstanz:** Keine Salmonellen nachgewiesen

**Die Kompostierung von Festmist mit Biokohle führt zu qualitativ geeigneten Komposten**

# Kompostansatz 2 (KA2) - *Ausblick*

Zusammensetzung:

- Mischung der Inputmaterialien (außer BK) analog zu KA1
- **2 Biokohlen (10 Vol.-% on top)**
  - **BK-Heilpflanzenextraktionsrückstand**
  - **BK-Holz**
- 3 Varianten á 3 Wiederholungen
- **Kontrollierte Kompostierung (zzgl. THG-Messung ($CO_2$, $CH_4$, $NH_3$) & $H_2S$**

**Aufsetzen der Mieten erfolgte am 02.10.18. Erhebung & Auswertung der Daten in Bearb.!**

*Tabelle: Charakterisierung der Inputmaterialien für den Kompostansatz 1 (KA1)*
*(Angabe von Mittelwert aus jeweils 2-4 Mischproben; grün=MW hält Grenzwert BioAbfV bzw. EBC ein)*

| | PAK | Cd | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn | H/C | O/C | TC | TN | spez.S | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [mg/kg TS] | | | | | | [-] | [-] | [%] | [%] | [m²/g] | [-] |
| **BK-Heilpflanzen-extraktionsrückstand** | 1,30 | <0,2 | 55,0 | 19,0 | 27,0 | 3,0 | 70,0 | 0,18 | 0,028 | 63,5 | 1,8 | 185 | 10,0 |
| **BK-Holzhackschnitzel** | 1,10 | <0,2 | 5,0 | 18,0 | 2,0 | <2,0 | 35,0 | 0,25 | -0,010 | 93,8 | 0,38 | 217 | 8,2 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **EBC *premium*** | <4,0 | <1,0 | <80 | <100 | <30 | <120 | <400 | <0,6 | <0,4 | >50 | | | ≤10,0 |

**Die verwendeten Pflanzenkohlen weisen die Qualitätsstufe *premium* auf**

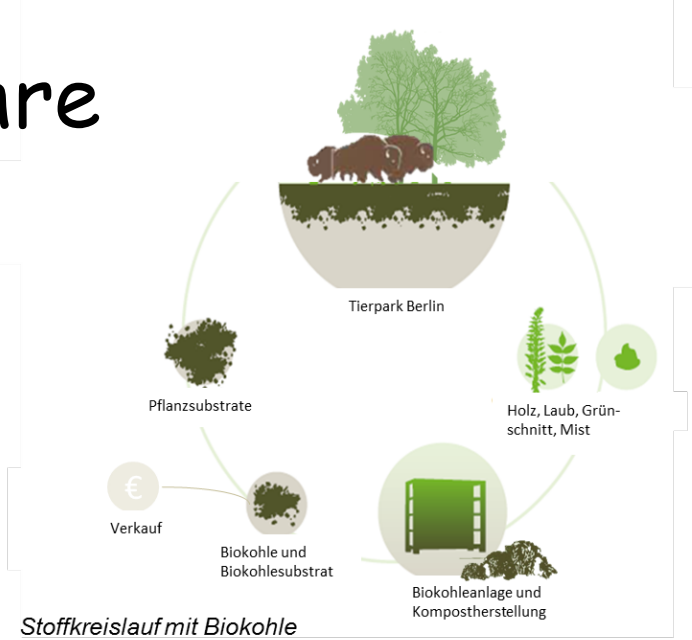
# Zusammenfassung

- **Einfluss der Biokohle** auf den Kompostierprozess **positiv** (z.B. höhere Temperaturen während der Kompostierung mit BK führt zu positiven Wirkung auf Hygienisierung des Kompostes)
- Durch die Anwendung von ***Biokohle bei der Kompostierung*** wird die ***Kohlenstoffspeicherung erhöht*** bzw. erfolgt eine ***geringere Mineralisierung/$CO_2$-Freisetzung*** sowie eine reduzierte Freisetzung von ***Klimagasen und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)***
- Die Qualität der Biokohlekomposte ist abhängig von der ***Beschaffenheit der Inputmaterialien*** und der ***Betriebsführung des Kompostierprozesses***. Festmist eignet sich zur Herstellung von Biokohlekomposten mittels offener Mietenkompostierung.

## Ausblick

- Weiterführung der Kompostieransätze mit/ohne Biokohle; Verwertung von Reststoffen (TP, BG)
- Erhebung der THG-Emissionen und des C-Umsatzes/-Speicherung durch die Anwendung von BK
- Anwendung der Biokohlekomposte im Labor- und Feldversuchen; Erhebung der Umweltwirkung
- Austausch mit Projekten & Interessierten hinsichtlich der Anwendung von Biokohle (Wissenstransfer)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



*Stoffkreislauf mit Biokohle*

**Kontakt:**
**René Schatten**
**FU Berlin, FB Geowissenschaften, AG Geoökologie**
**Mail: rene.schatten@fu-berlin.de**
**Phone: +49 30 838 70492**

gefördert durch:
EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
be Berlin
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz

TIERPARK BERLIN

BG BM Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlin

Freie Universität Berlin