

# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen

Dr. Karl-Heinz Emmerich,  
Prof. Dr. Hans-Richard Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener

- **Problemstellung**
- **Datengrundlage und Standortauswahl**
- **Ergebnisse der Laborversuche**
- **Fazit und Ausblick**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen

Dr. Karl-Heinz Emmerich,  
Prof. Dr. Hans-Richard Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener

- **Problemstellung**
- **Datengrundlage und Standortauswahl**
- **Ergebnisse der Laborversuche**
- **Fazit und Ausblick**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



# DER SPIEGEL

08. September 2005

## KLIMAWANDEL IM TEUFELSKREIS

### Erwärmung steigert CO<sub>2</sub>-Ausstoß

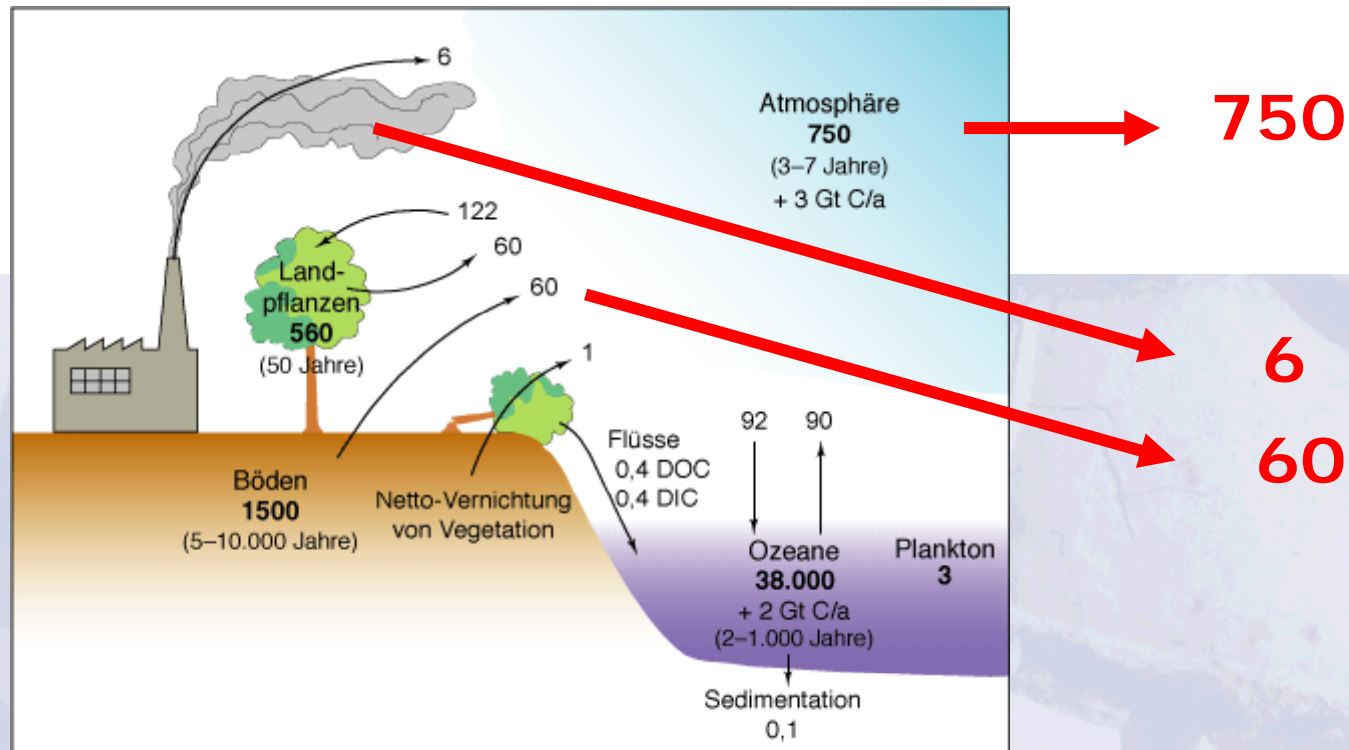
Seit Jahrzehnten gibt der Boden in England mehr Kohlenstoff ab, als er bindet - und zwar so viel, dass alle CO<sub>2</sub>-Sparanstrengungen der Briten dadurch ausgeglichen werden.

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

## Kohlenstoffvorräte und –flüsse (alle Angaben in Gigatonnen)

= Milliarde ( $10^9$ )  
Tonnen

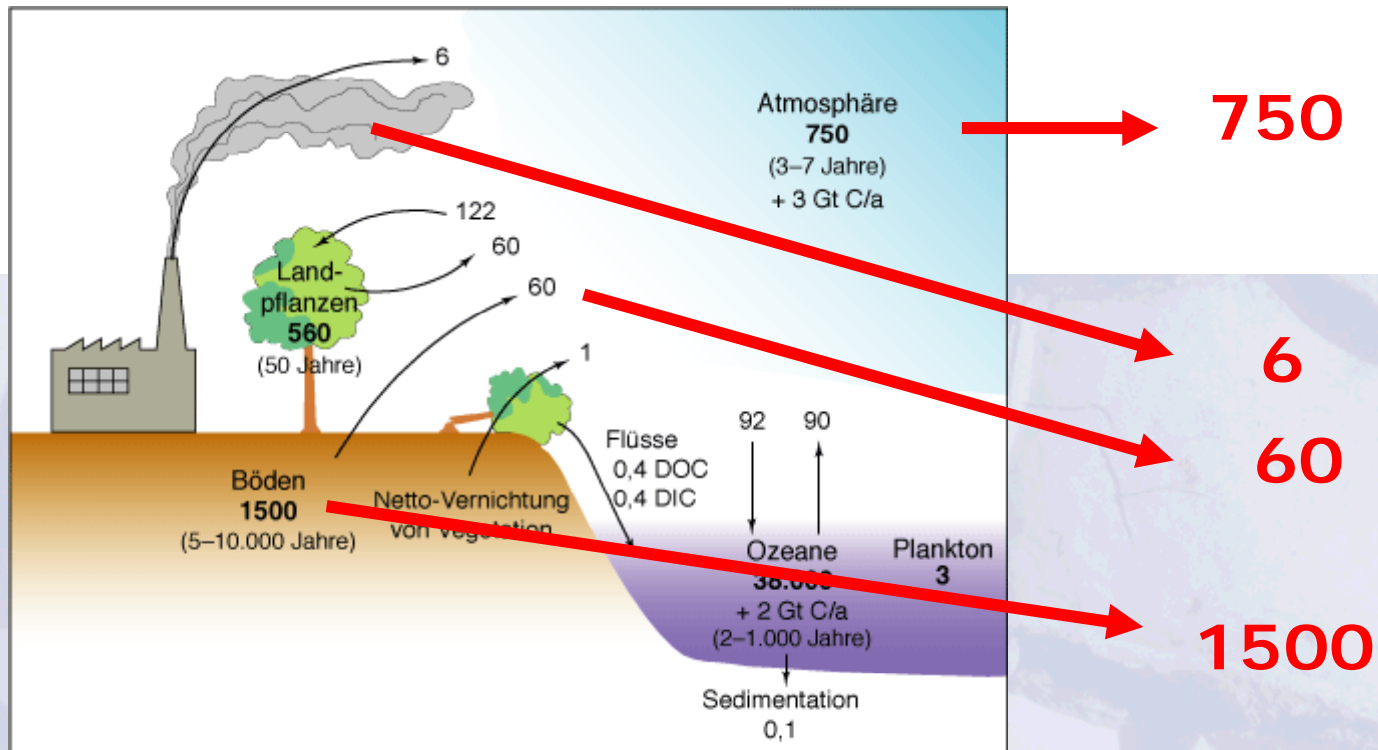


Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

## Kohlenstoffvorräte und –flüsse (alle Angaben in Gigatonnen)

= Milliarde ( $10^9$ )  
Tonnen



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen

Dr. Karl-Heinz Emmerich,  
Prof. Dr. Hans-Richard Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener

- **Problemstellung**
- **Datengrundlage und Standortauswahl**
- **Ergebnisse der Laborversuche**
- **Fazit und Ausblick**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





# Kohlenstoffvorräte hessischer Böden

im Mineralboden bis 1\_m Tiefe [kg/ha]

**Waldflächen**

**Agrarflächen**

**123.373,2**

**106.469,0**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



## Kohlenstoffvorräte hessischer Böden

im Mineralboden bis 1 m Tiefe [kg/ha]

**Waldflächen**

**Agrarflächen**

**123.373,2**

**106.469,0**

+ organische Auflage [kg/ha]

**22.968,0**

**Of/Oh-Horizonte**

**12.096,0**

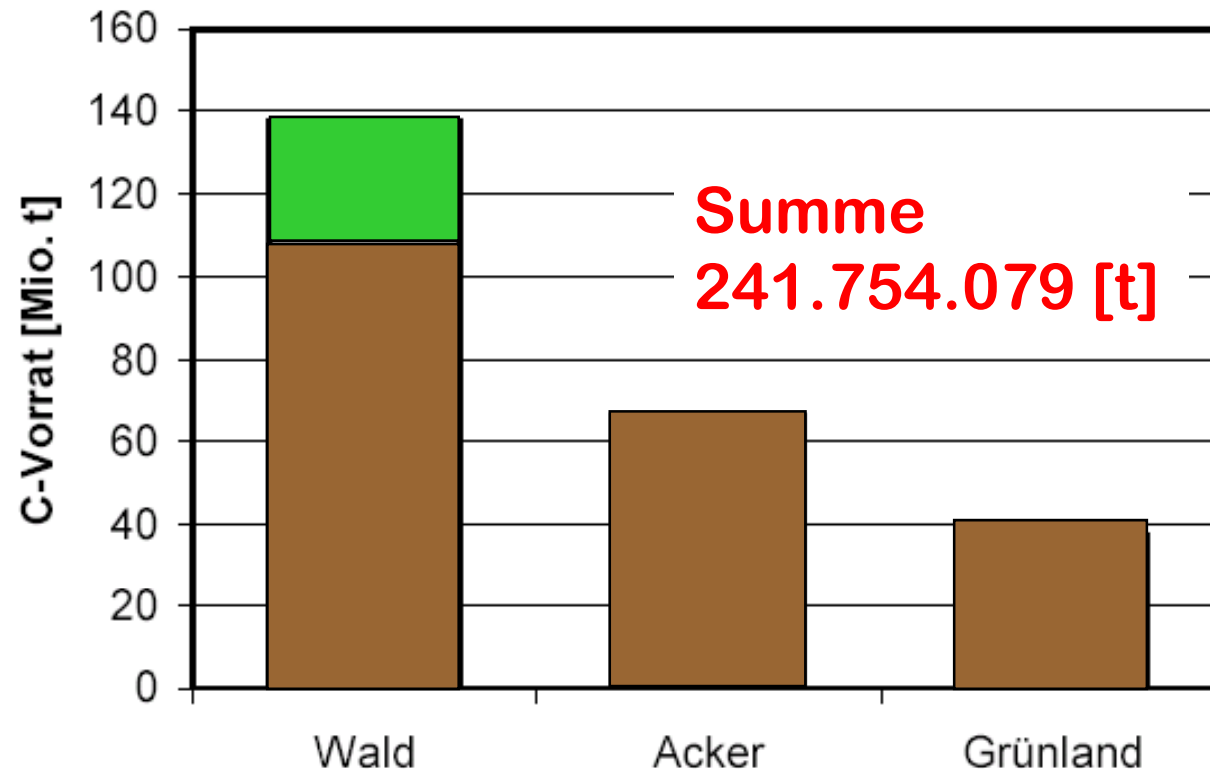
**L-Lage**

---

**158.437,2**

**Summe Wald [kg/ha]**

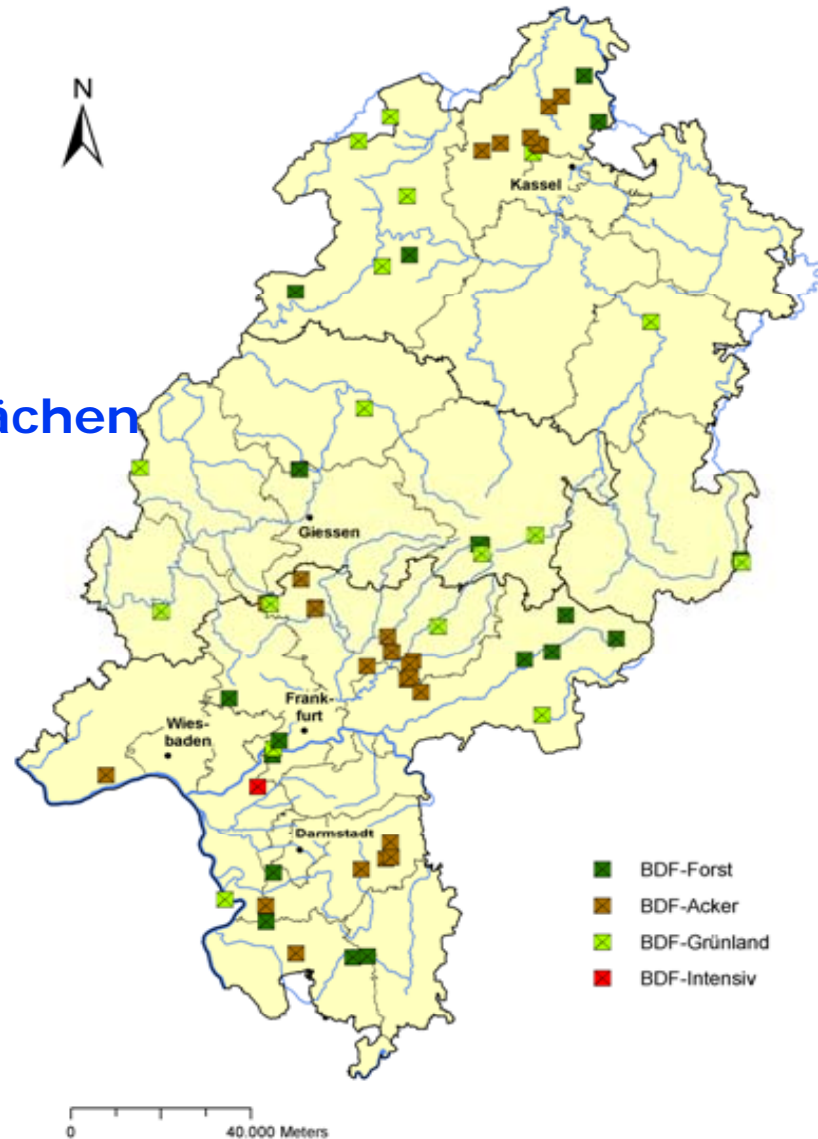
## Kohlenstoffvorräte hessischer Böden (bis 1m Tiefe)



**137.840.352 66.563.114 37.370.613 [t]**



## Hessische Boden-Dauerbeobachtungsflächen

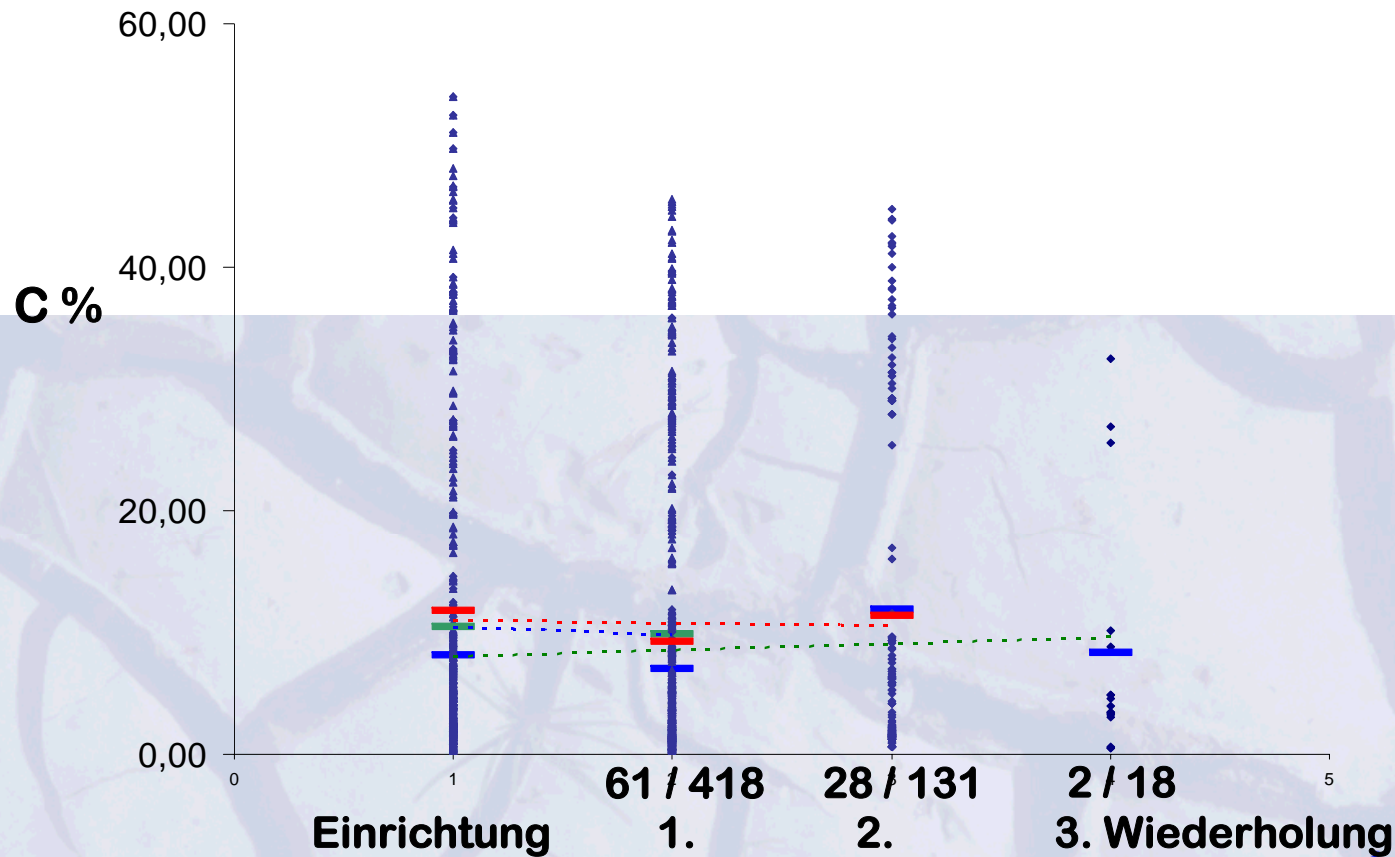


Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



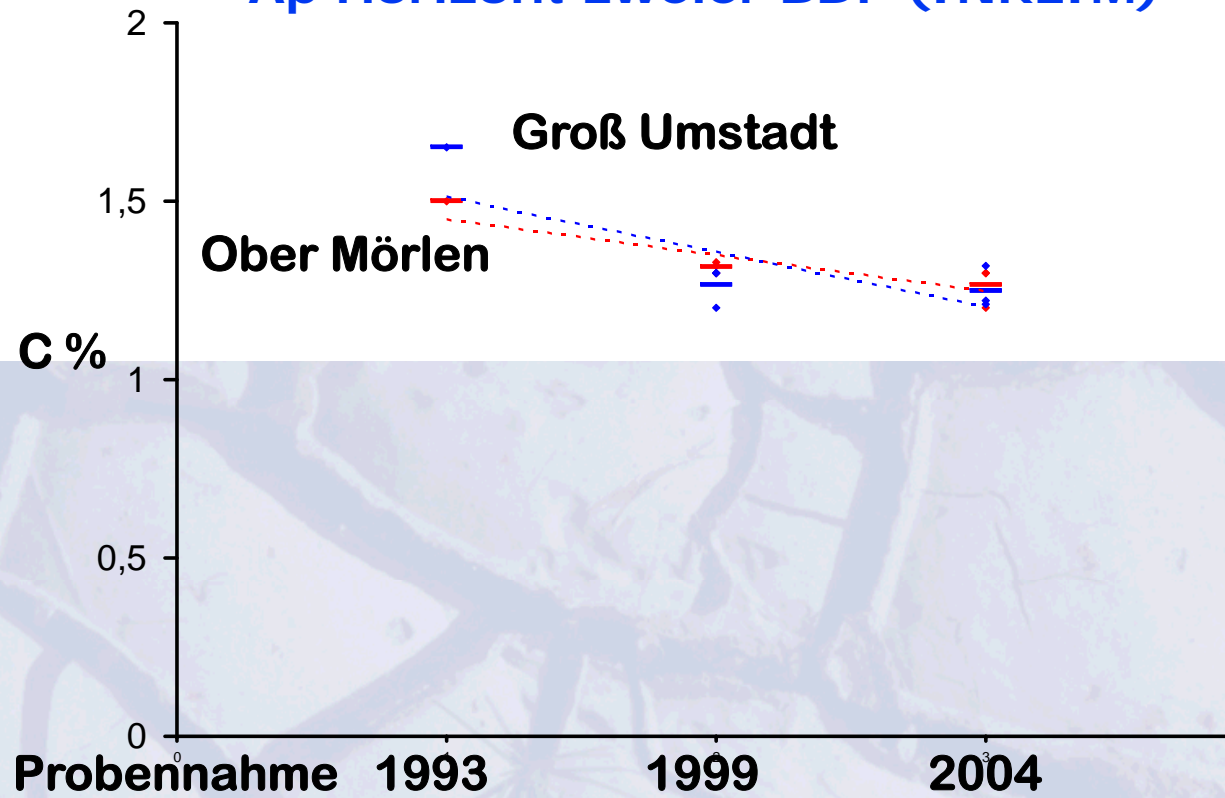
## Änderung der Kohlenstoffgehalte der hessischen Boden-Dauerbeobachtungsflächen



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

## Entwicklung der Kohlenstoffgehalte im Ap Horizont zweier BDF (INKLIM)

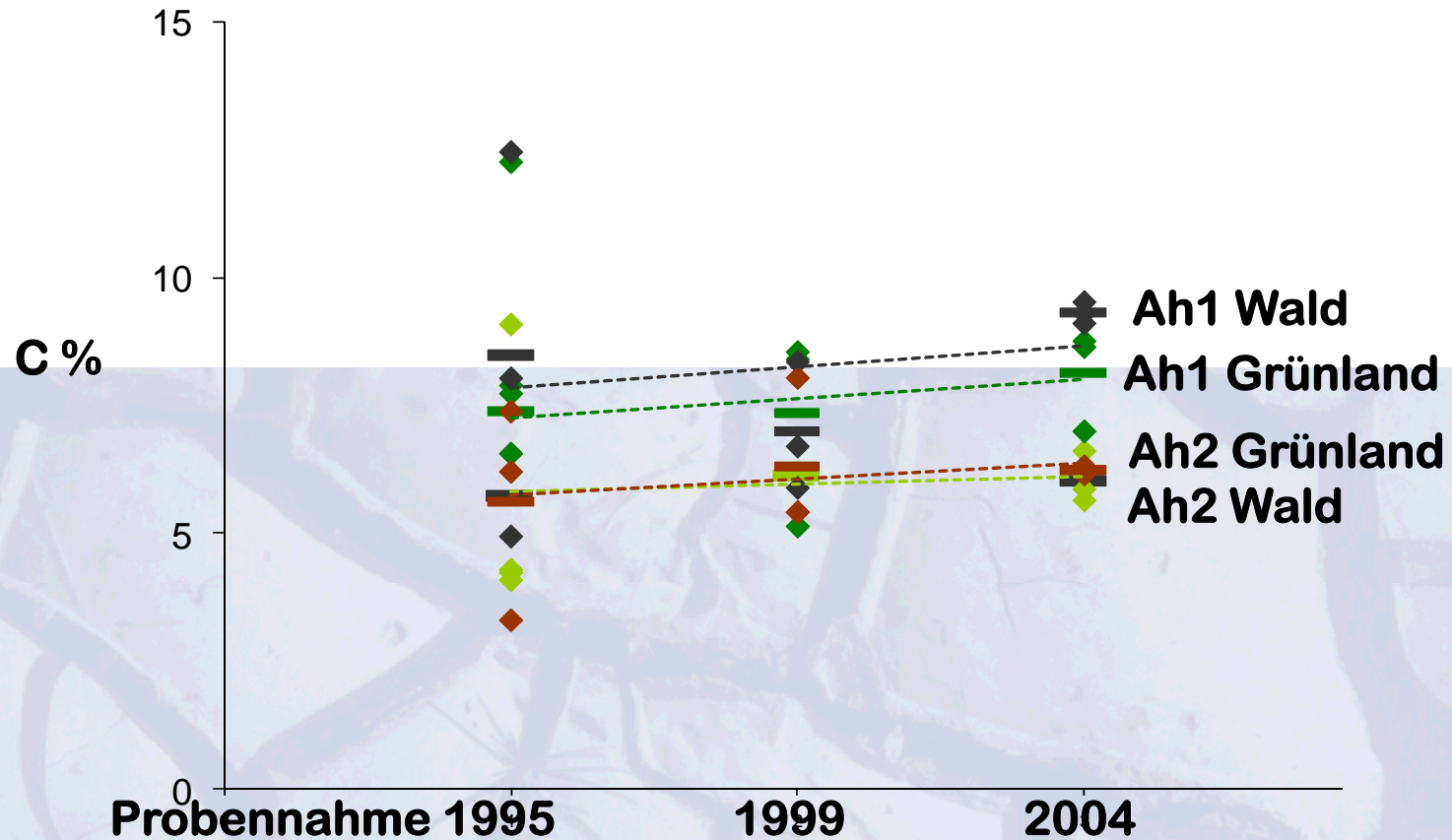


Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



## Entwicklung der Kohlenstoffgehalte auf den BDF in der Rhön (INKLIM)



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



## Kriterien für die Standortwahl

### Nutzungsform

Wald	(Ah-Horizont)
Grünland	(Ah-Horizont)
Acker	(Ap-Horizont + B-Horizont)

### Ausgangsgestein:

Löß  
Basalt  
Schiefer  
Buntsandstein

**Daraus ergeben sich 12 Standorte mit 16 Untersuchungen.**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

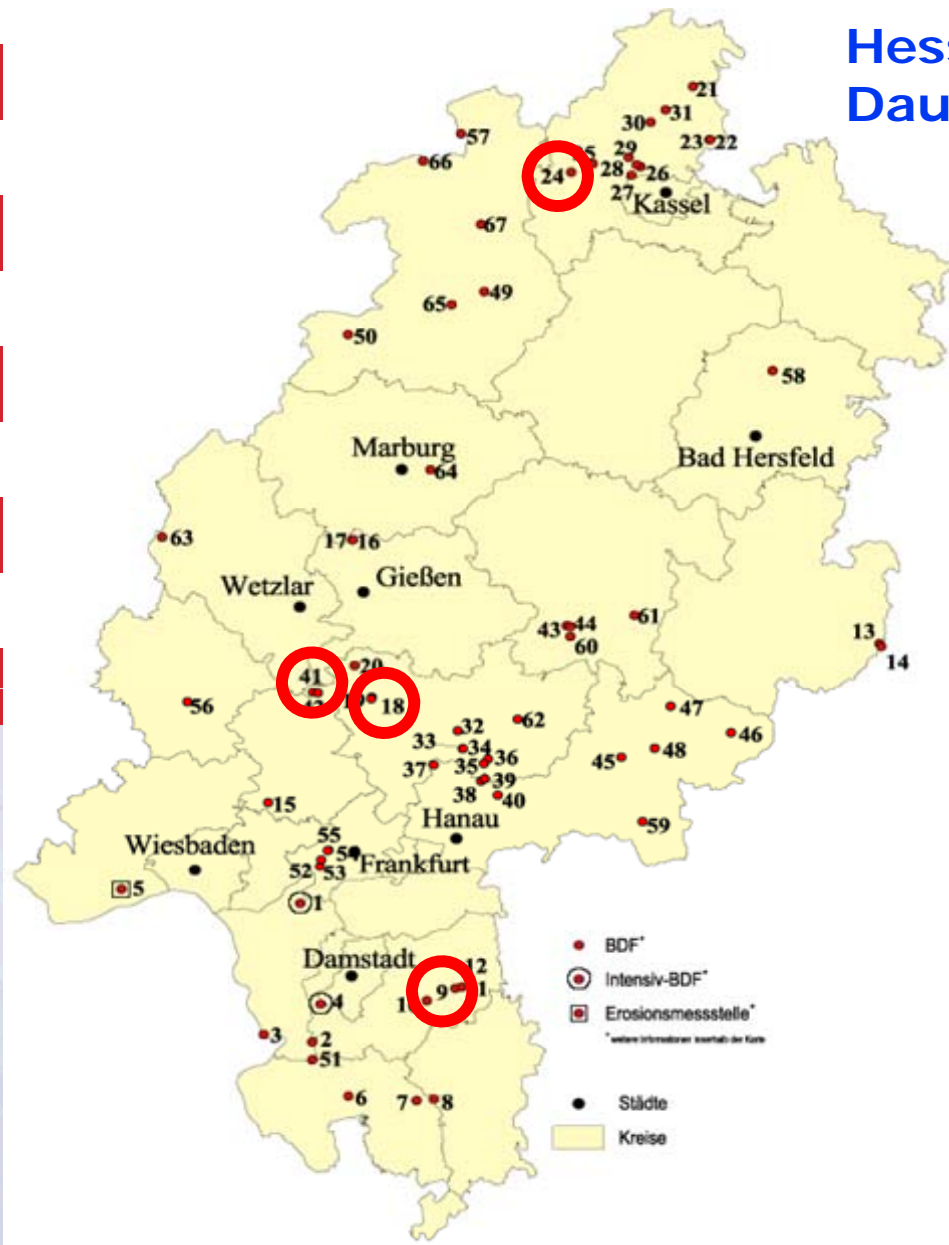


# Hessische Boden-Dauerbeobachtungsflächen



## Beprobte Standorte

 *Acker (Ap- und B-Horizont)*



BDF-Standort	Bodentyp/Geologie
Oberelsungen	erodierte Parabraunerde/Lösslehm
Butzbach-Bodenrod I	Pseudogley/Devonschiefer
Ober Mörlen I	Tschernosem-Parabraunerde/Löss
Groß Umstadt	Parabraunerde/Löss
Altenlotheim	Braunerde/Grauwacke
Rhön-Steinkopf	Braunerde/Basalt
Lettgenbrunn	Buntsandstein
Biebesheim	Vega/Auensedimente des Rheins
Hann. Münden II	podsolige, pseudovergleyte Braunerde/Buntsandstein
Krofdorf- Gleiberg I	Parabraunerde-Pseudogley/Grauwacke
Rhön-Stirnberg	Braunerde/Basalt
Flughafen Frankfurt	Podsolige Gley-Braunerde/umgel. Flugsand über Mainterrasse

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

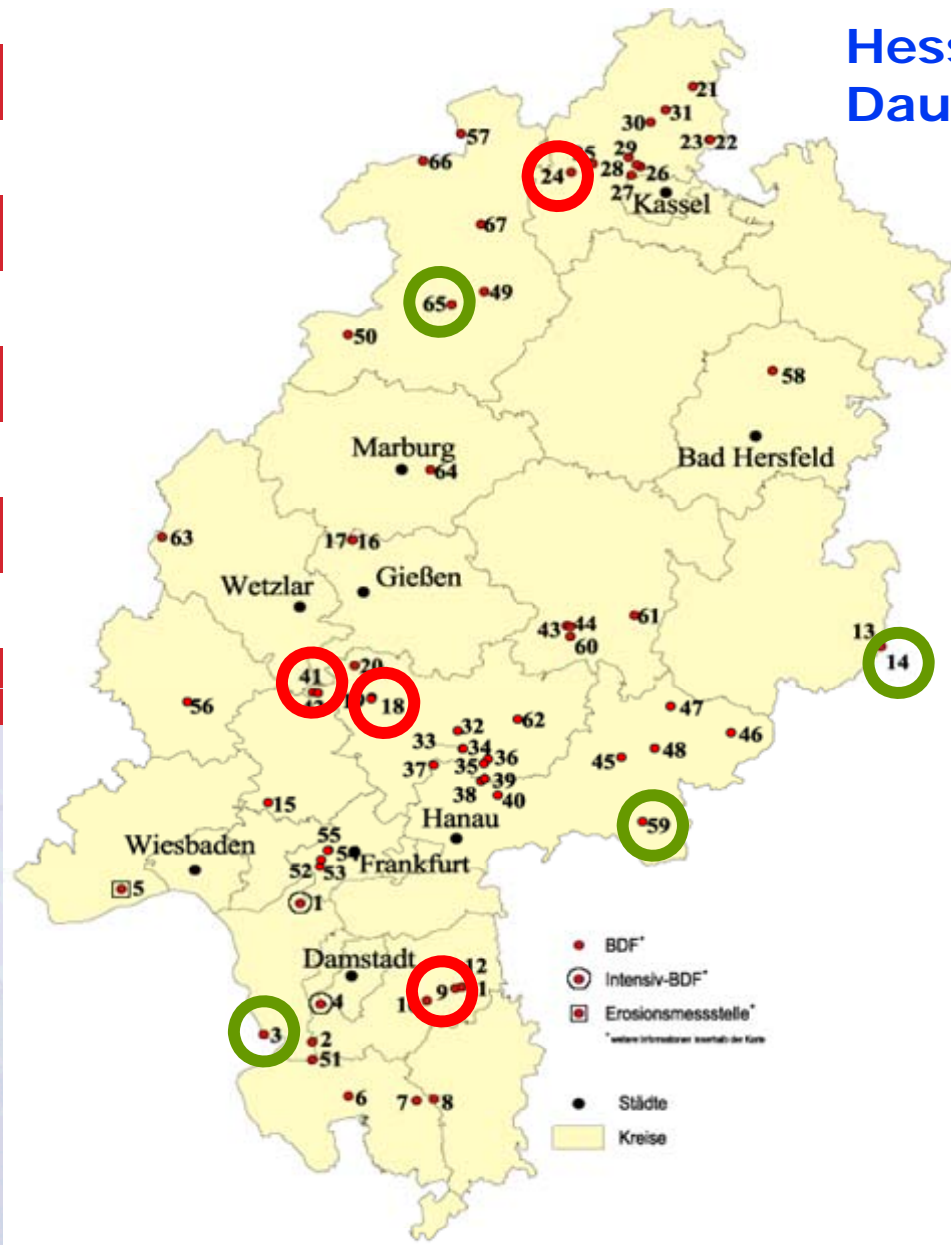


# Hessische Boden-Dauerbeobachtungsflächen



## Beprobte Standorte

- Acker (Ap- und B-Horizont)
- Grünland (Ah-Horizont)



BDF-Standort	Bodentyp/Geologie
Oberelsungen	erodierte Parabraunerde/Lösslehm
Butzbach-Bodenrod I	Pseudogley/Devonschiefer
Ober Mörlen I	Tschernosem-Parabraunerde/Löss
Groß Umstadt	Parabraunerde/Löss
Altenlotheim	Braunerde/Grauwacke
Rhön-Steinkopf	Braunerde/Basalt
Lettgenbrunn	Buntsandstein
Biebesheim	Vega/Auensedimente des Rheins
Hann. Münden II	podsolige, pseudovergleyte Braunerde/Buntsandstein
Krofdorf- Gleiberg I	Parabraunerde-Pseudogley/Grauwacke
Rhön-Stirnberg	Braunerde/Basalt
Flughafen Frankfurt	Podsolige Gley-Braunerde/umgel. Flugsand über Mainterrasse

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

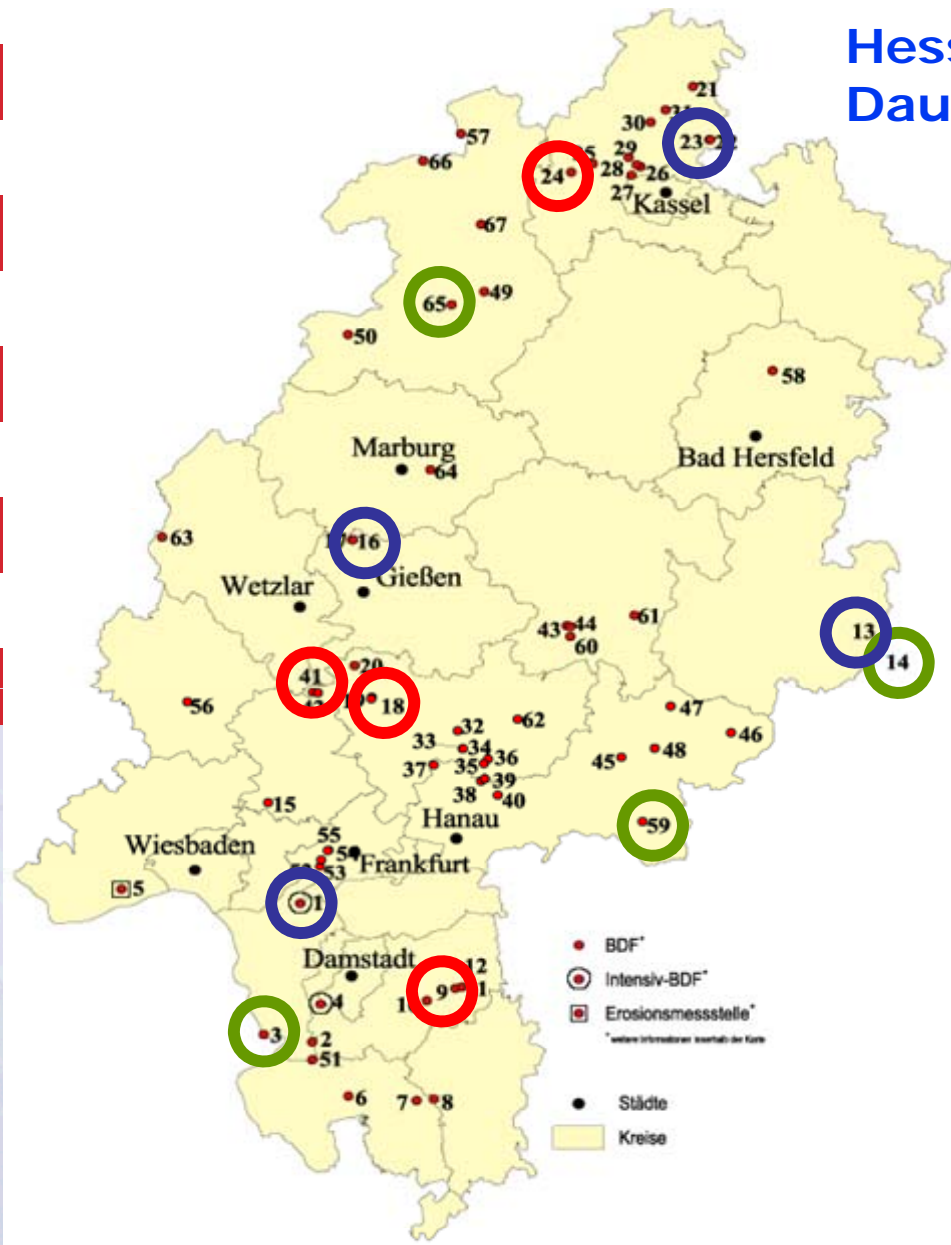


# Hessische Boden-Dauerbeobachtungsflächen



## Beprobte Standorte

- **Acker (Ap- und B-Horizont)**
- **Grünland (Ah-Horizont)**
- **Wald (Ah-Horizont)**



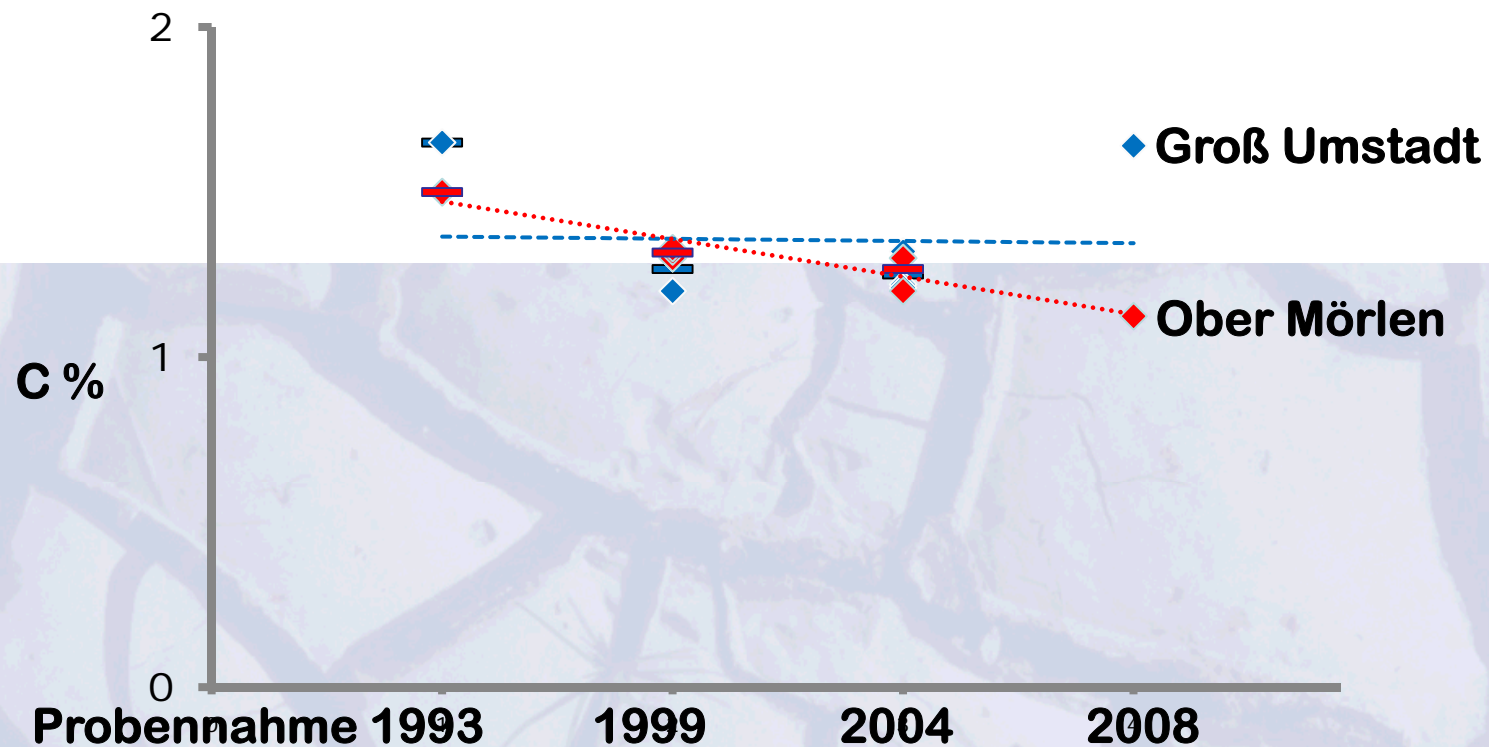
BDF-Standort	Bodentyp/Geologie
Oberelsungen	erodierte Parabraunerde/Lösslehm
Butzbach-Bodenrod I	Pseudogley/Devonschiefer
Ober Mörlen I	Tschernosem-Parabraunerde/Löss
Groß Umstadt	Parabraunerde/Löss
Altenlotheim	Braunerde/Grauwacke
Rhön-Steinkopf	Braunerde/Basalt
Lettgenbrunn	Buntsandstein
Biebesheim	Vega/Auensedimente des Rheins
Hann. Münden II	podsolige, pseudovergleyte Braunerde/Buntsandstein
Krofdorf- Gleiberg I	Parabraunerde-Pseudogley/Grauwacke
Rhön-Stirnberg	Braunerde/Basalt
Flughafen Frankfurt	Podsolige Gley-Braunerde/umgel. Flugsand über Mainterrasse

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



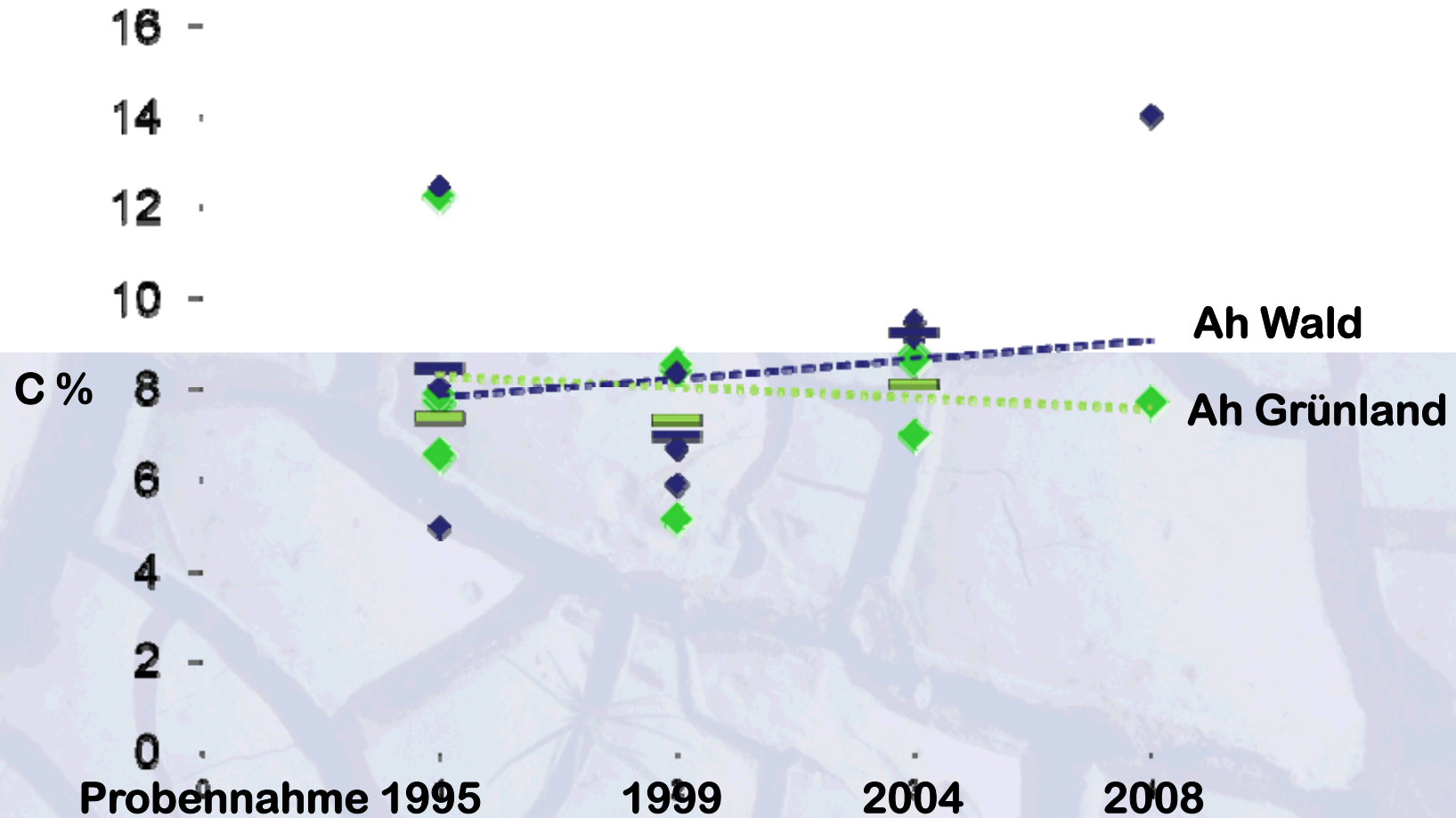
## Entwicklung der Kohlenstoffgehalte im Ap Horizont zweier BDF (INKLIM)



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

## Entwicklung der Kohlenstoffgehalte auf den BDF in der Rhön (INKLIM)



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen

Dr. Karl-Heinz Emmerich,  
Prof. Dr. Hans-Richard Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener

- **Problemstellung**
- **Datengrundlage und Standortauswahl**
- **Ergebnisse der Laborversuche**
- **Fazit und Ausblick**

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



## Faktoren, welche die CO<sub>2</sub>-Dynamik im Boden beeinflussen

- Bodenvorrat an organischer Substanz
- Zusammensetzung der organischen Substanz
- Verteilung der organischen Substanz im Boden
- Bodentemperatur
- Bodenwassergehalt
- pH-Wert des Bodens
- Gehalte an Mineralien, Nähr- und Schadstoffen
- Bodendurchlüftung und Gashaushalt
- Zusammensetzung der Mikroorganismenspezies
- Vegetation
- Landnutzung/Bewirtschaftungsform
- usw.

Darmstadt, 08.09.2008

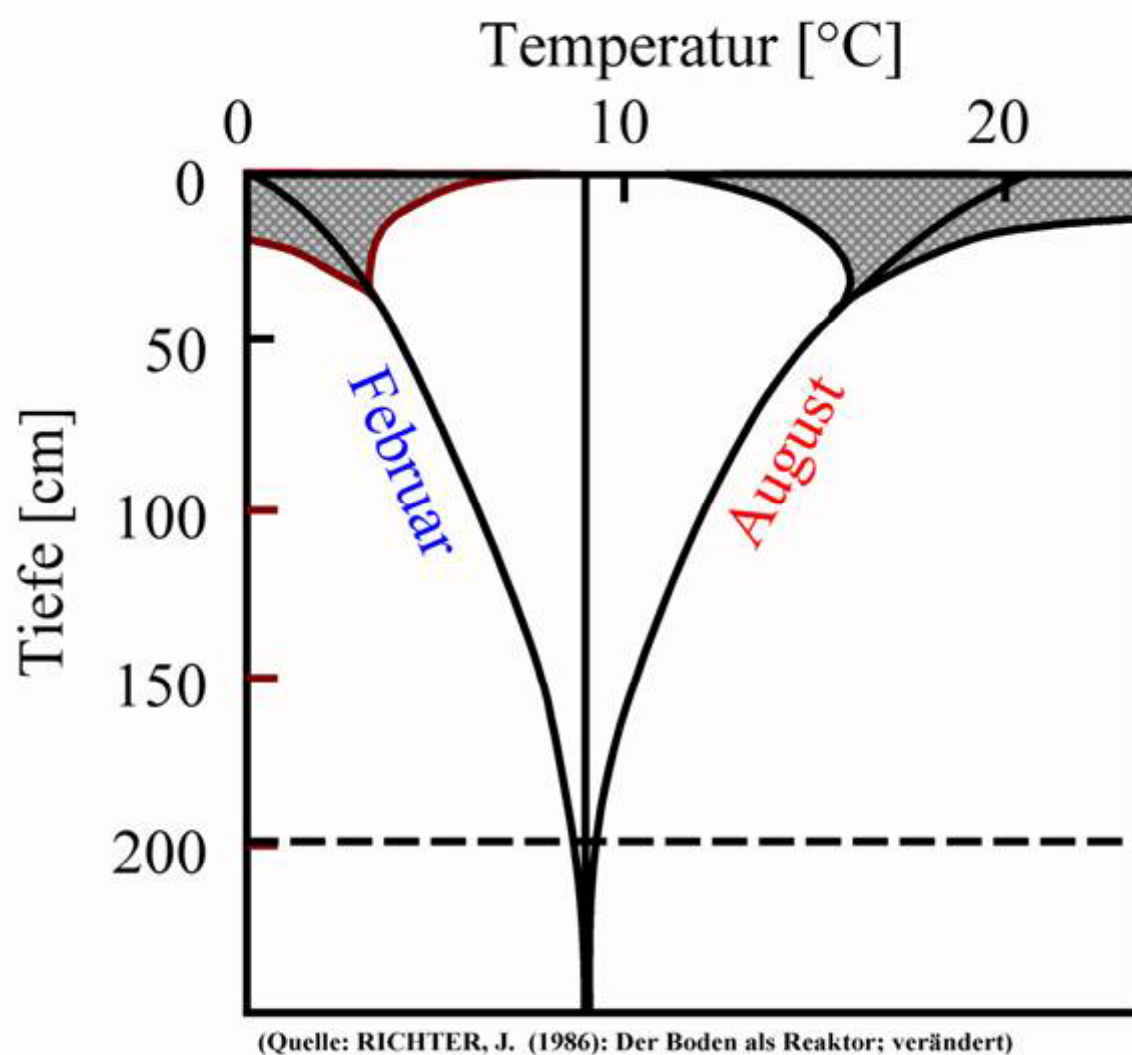
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

## Faktoren, welche die CO<sub>2</sub>-Dynamik im Boden beeinflussen

- Bodenvorrat an organischer Substanz
- Zusammensetzung der organischen Substanz
- Verteilung der organischen Substanz im Boden
- Bodentemperatur
- Bodenwassergehalt
- pH-Wert des Bodens
- Gehalte an Mineralien, Nähr- und Schadstoffen
- Bodendurchlüftung und Gashaushalt
- Zusammensetzung der Mikroorganismenspezies
- Vegetation
- Landnutzung/Bewirtschaftungsform
- usw.

## Bodentemperatur

## Charakteristische Temperaturprofile eines Bodens im Februar und August



Darmstadt, 08.09.2008

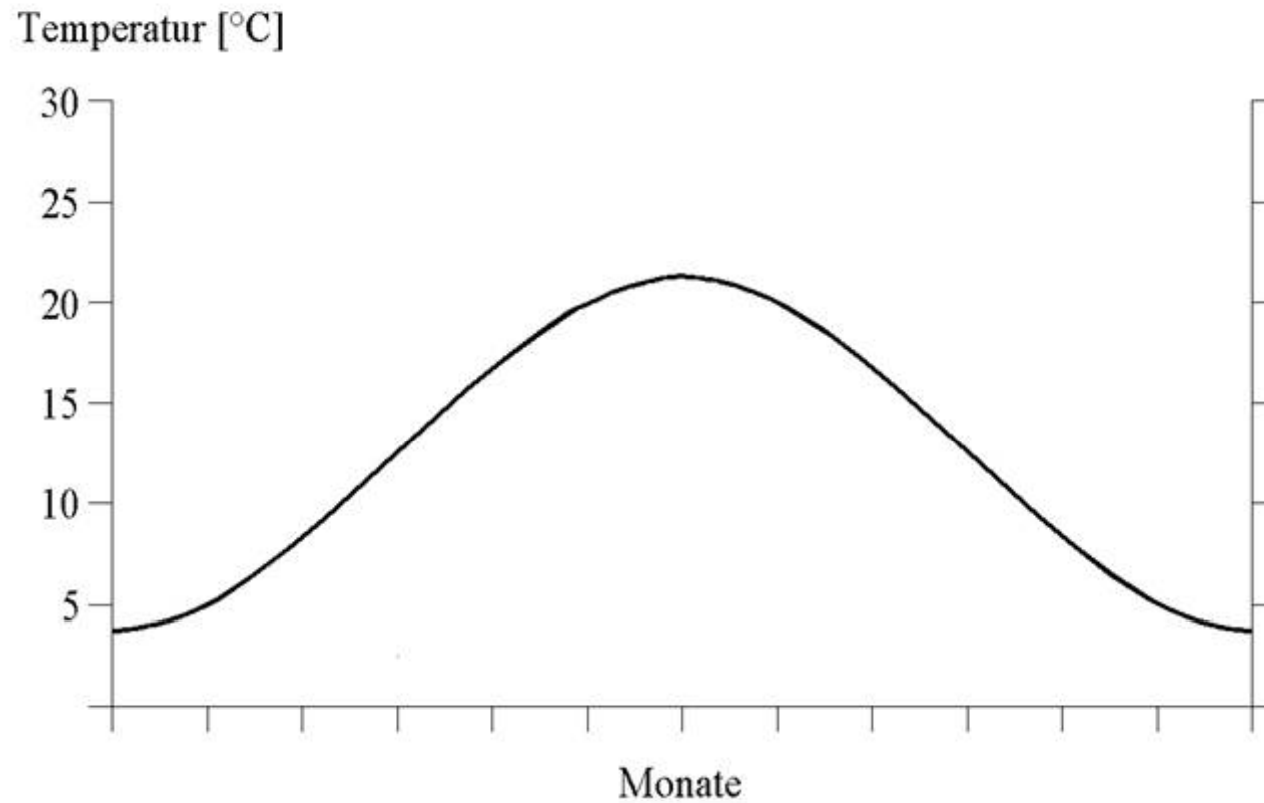
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





# Temperaturschema

1



Darmstadt, 08.09.2008

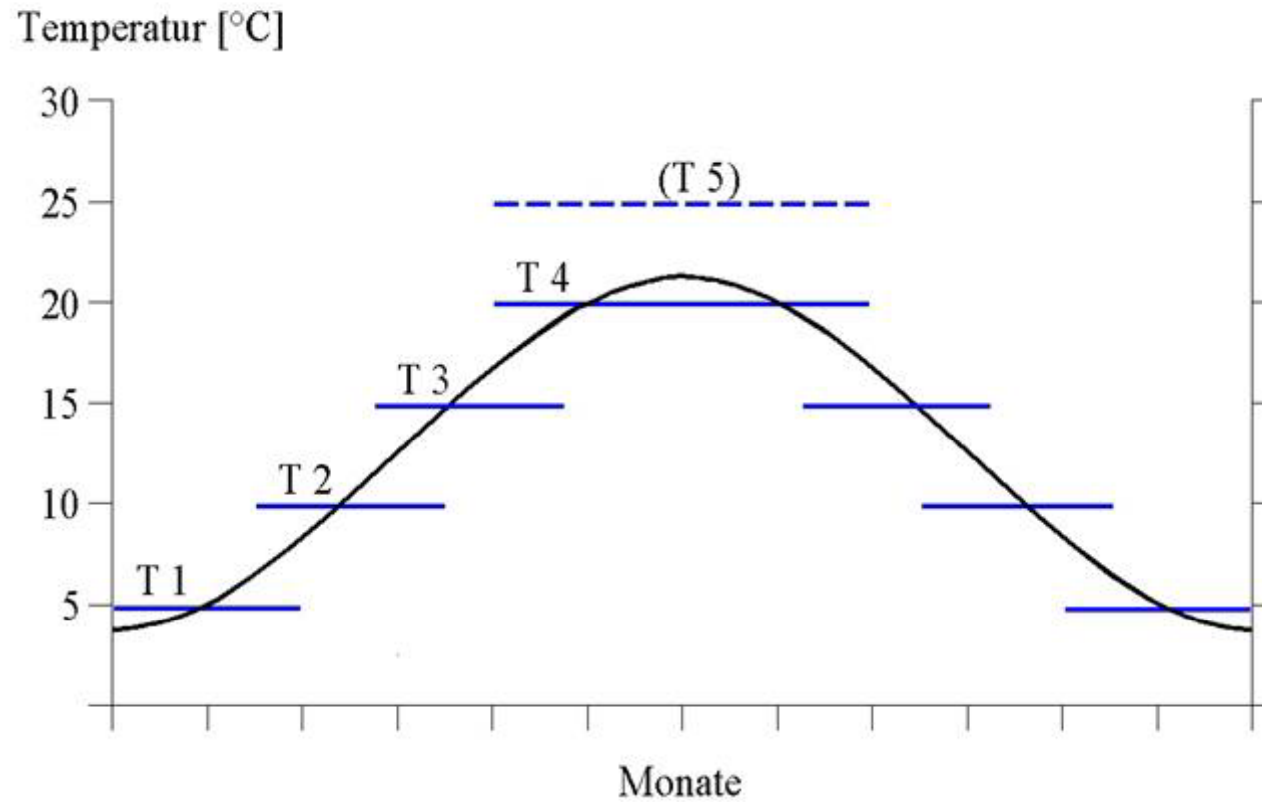
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





## Temperaturschema

2



Darmstadt, 08.09.2008

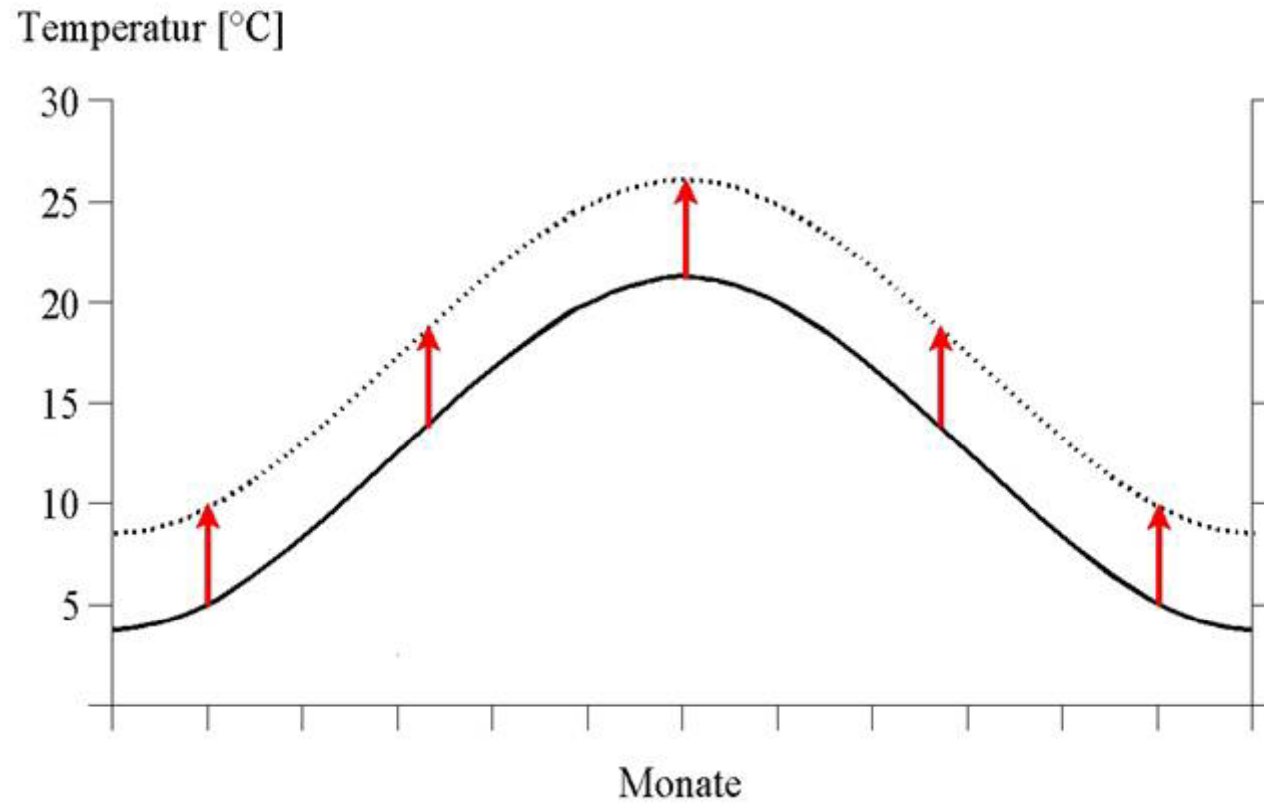
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





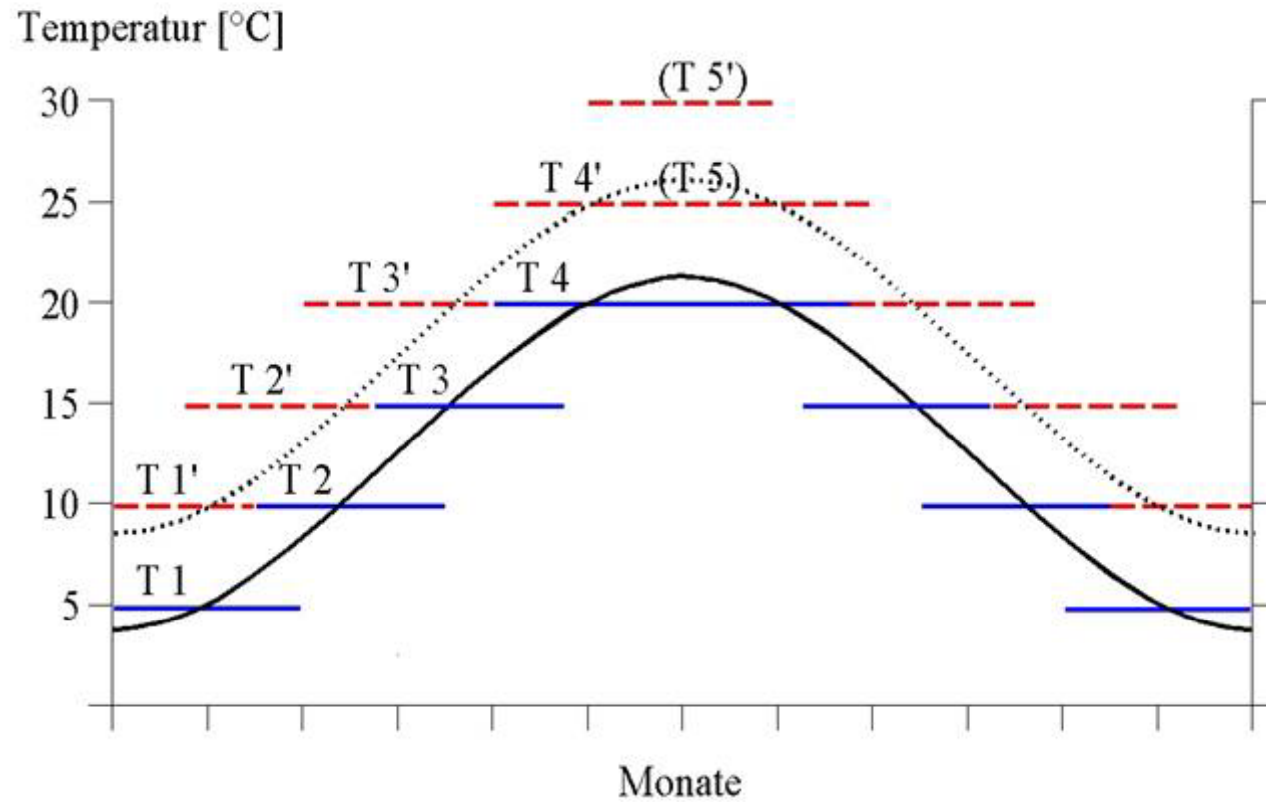
# Temperaturschema

3



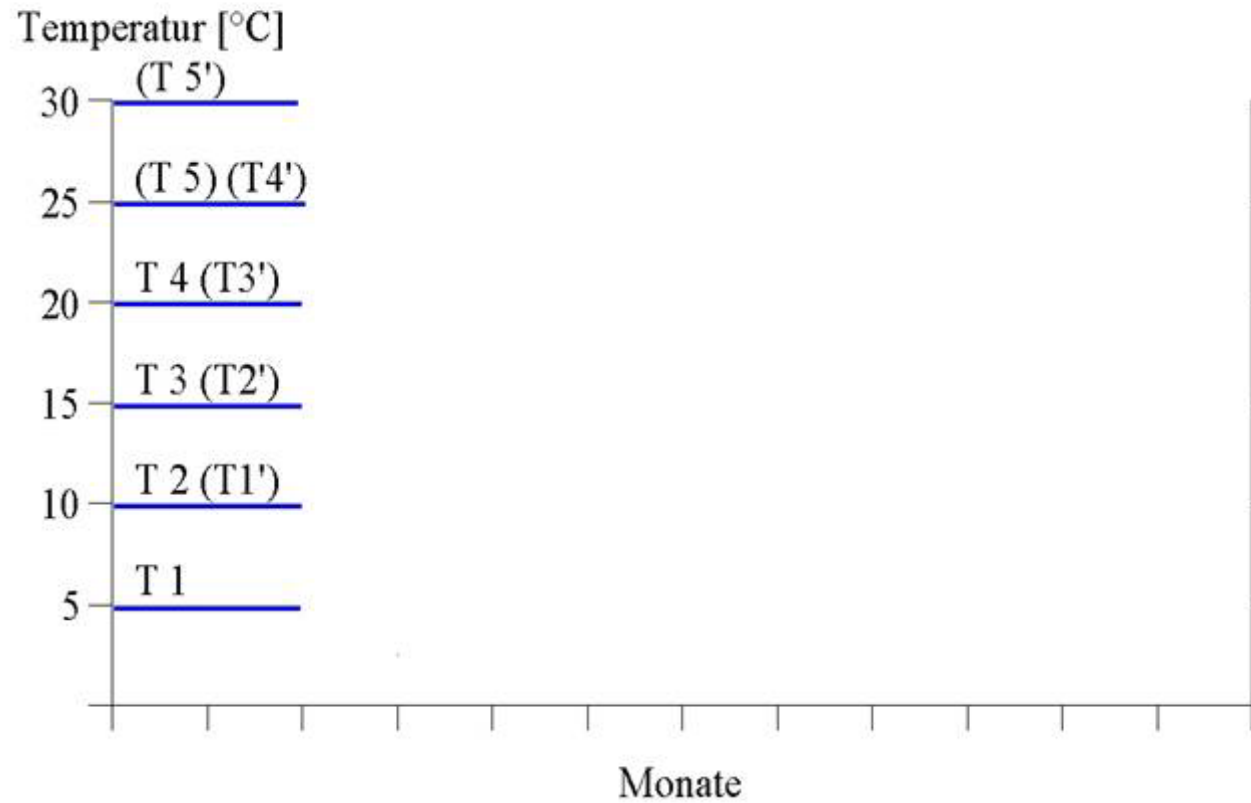
# Temperaturschema

4



# Temperaturschema

5





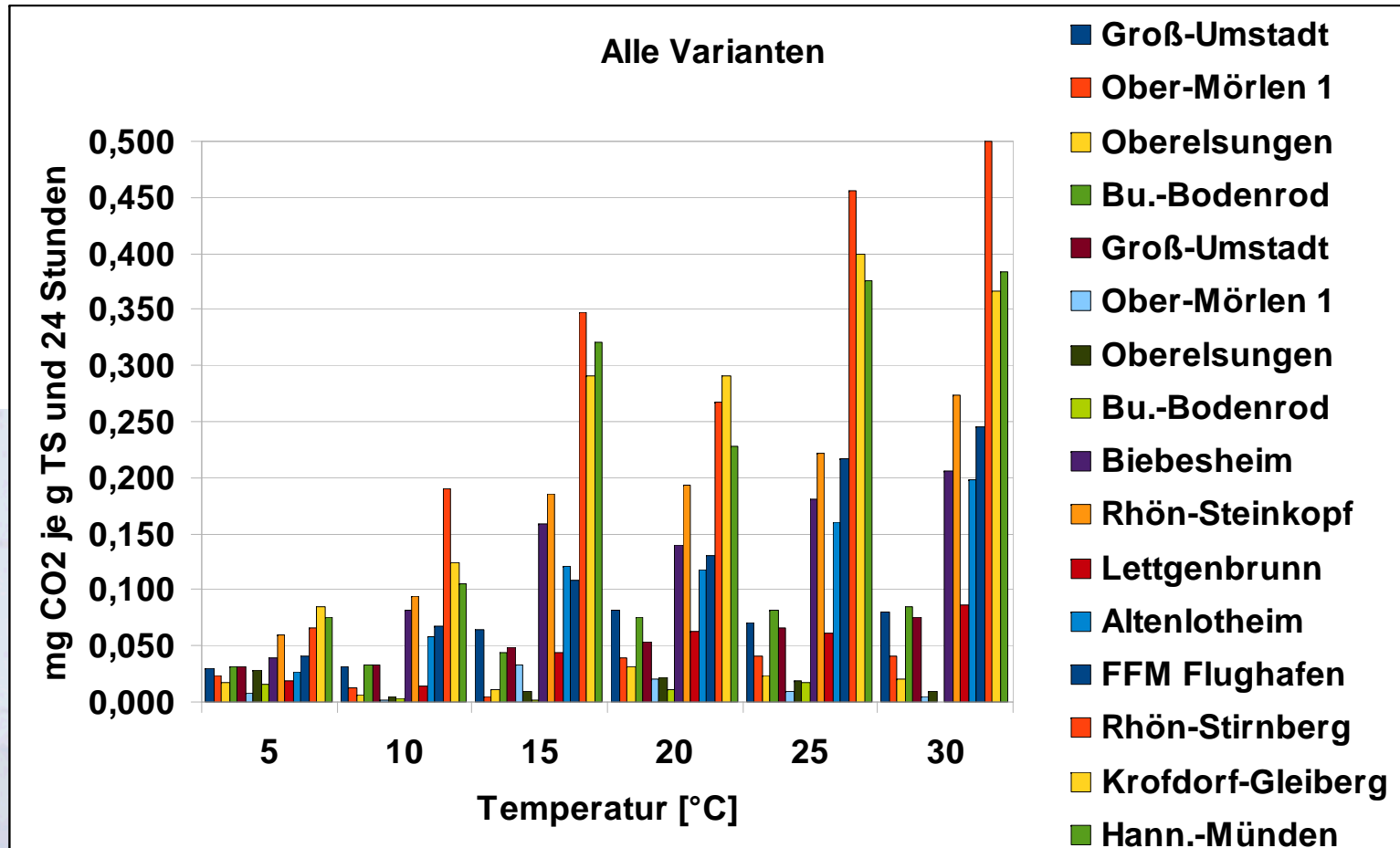
## Versuchsaufbau

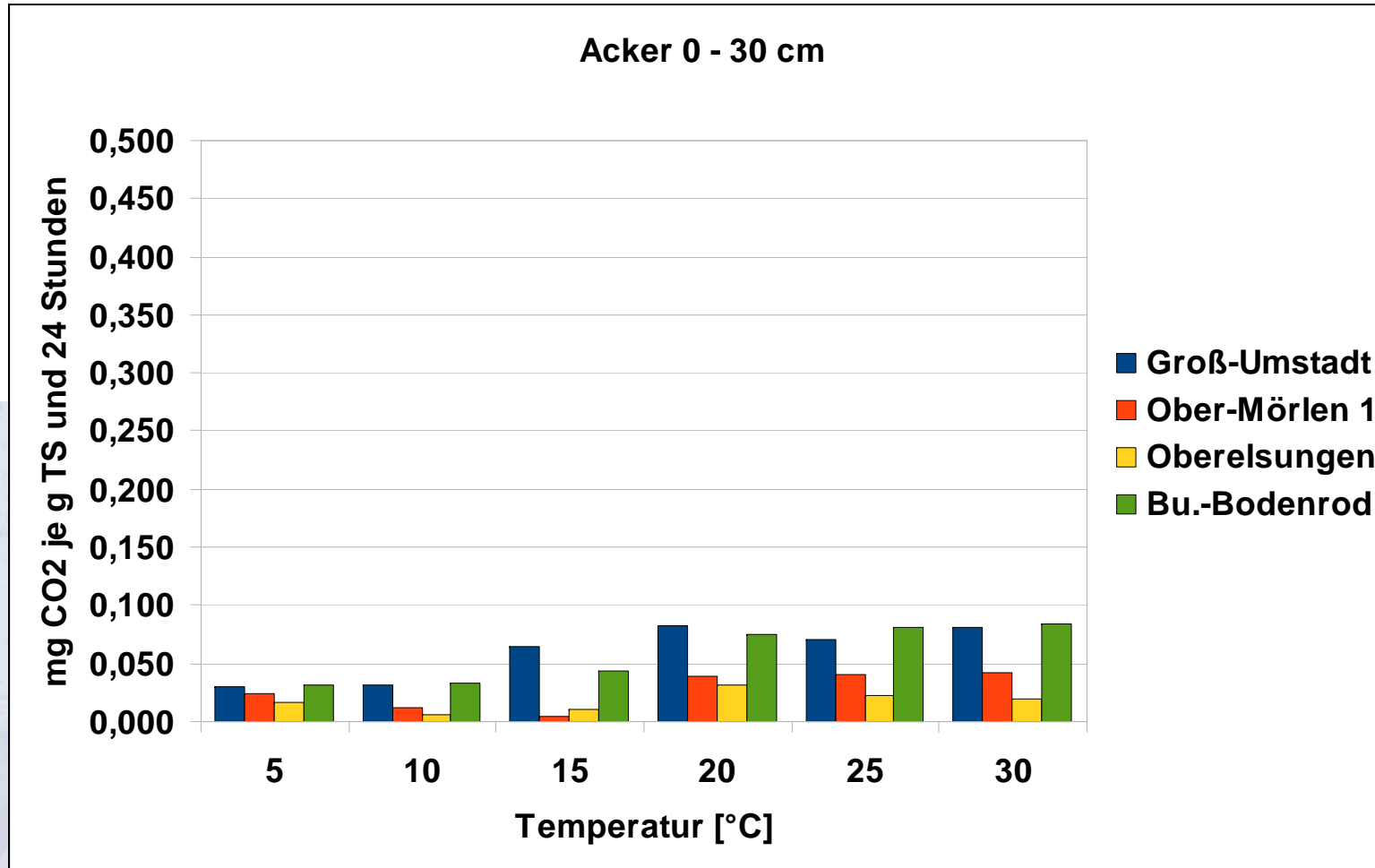


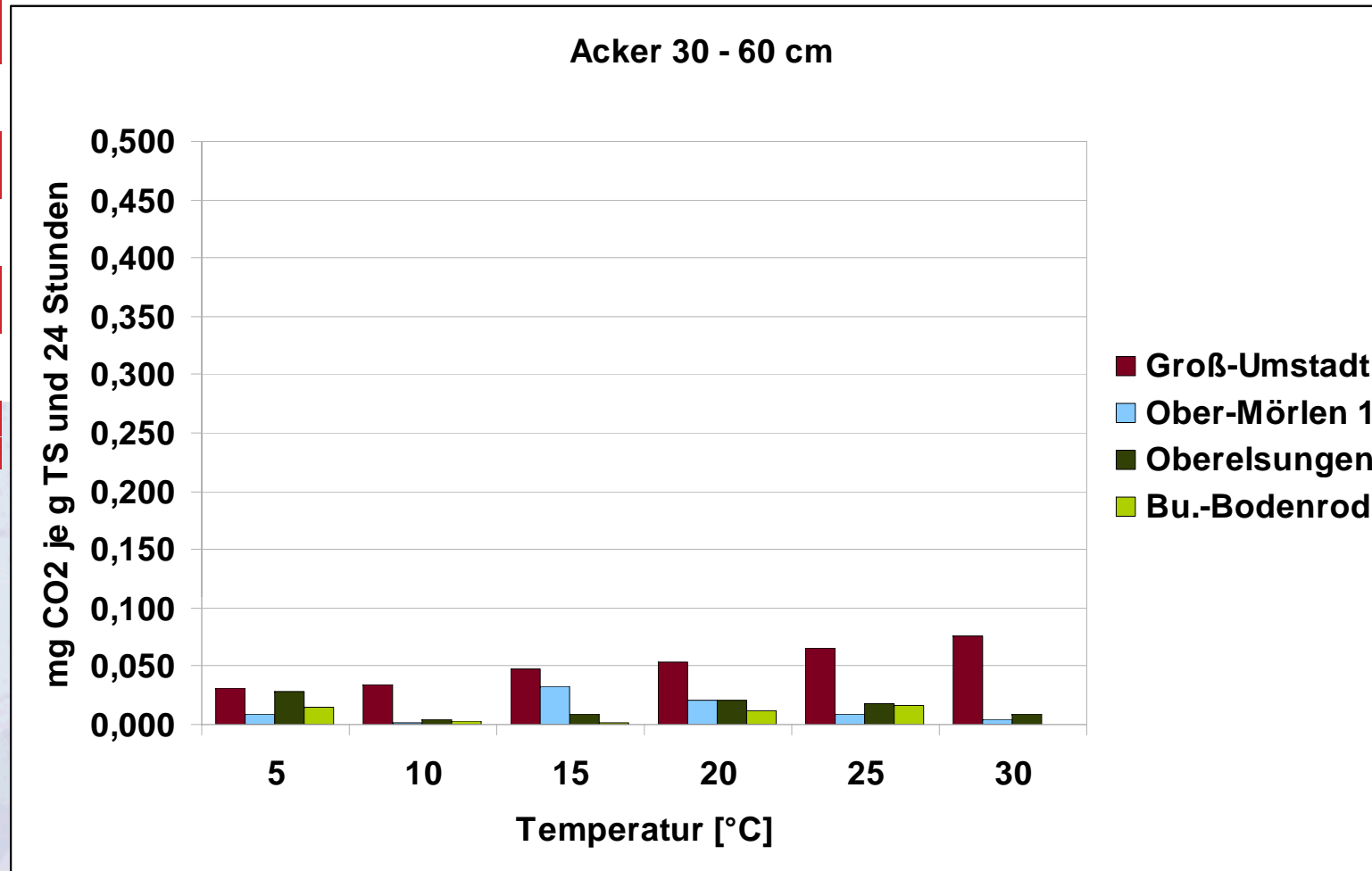
Darmstadt, 08.09.2008

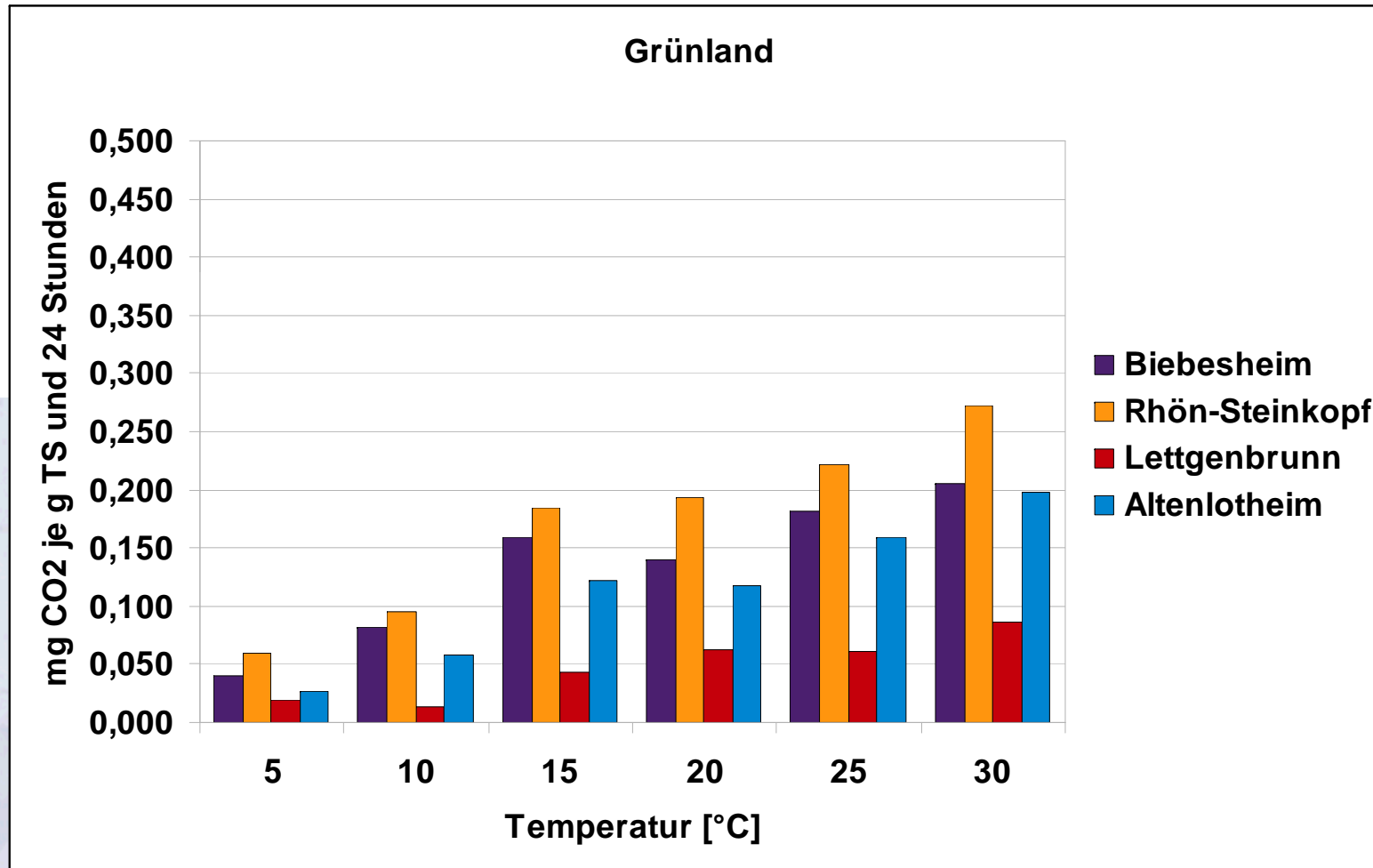
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





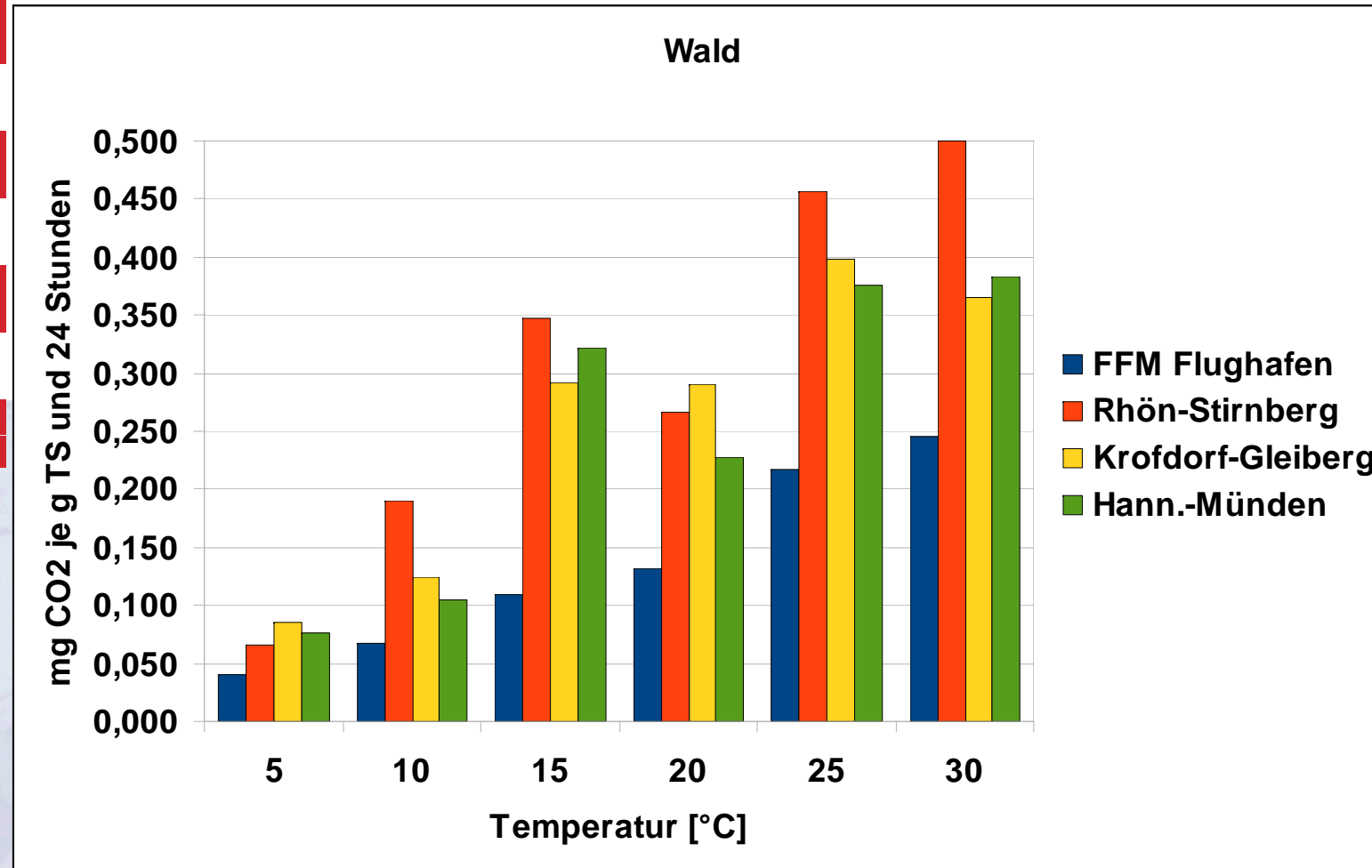






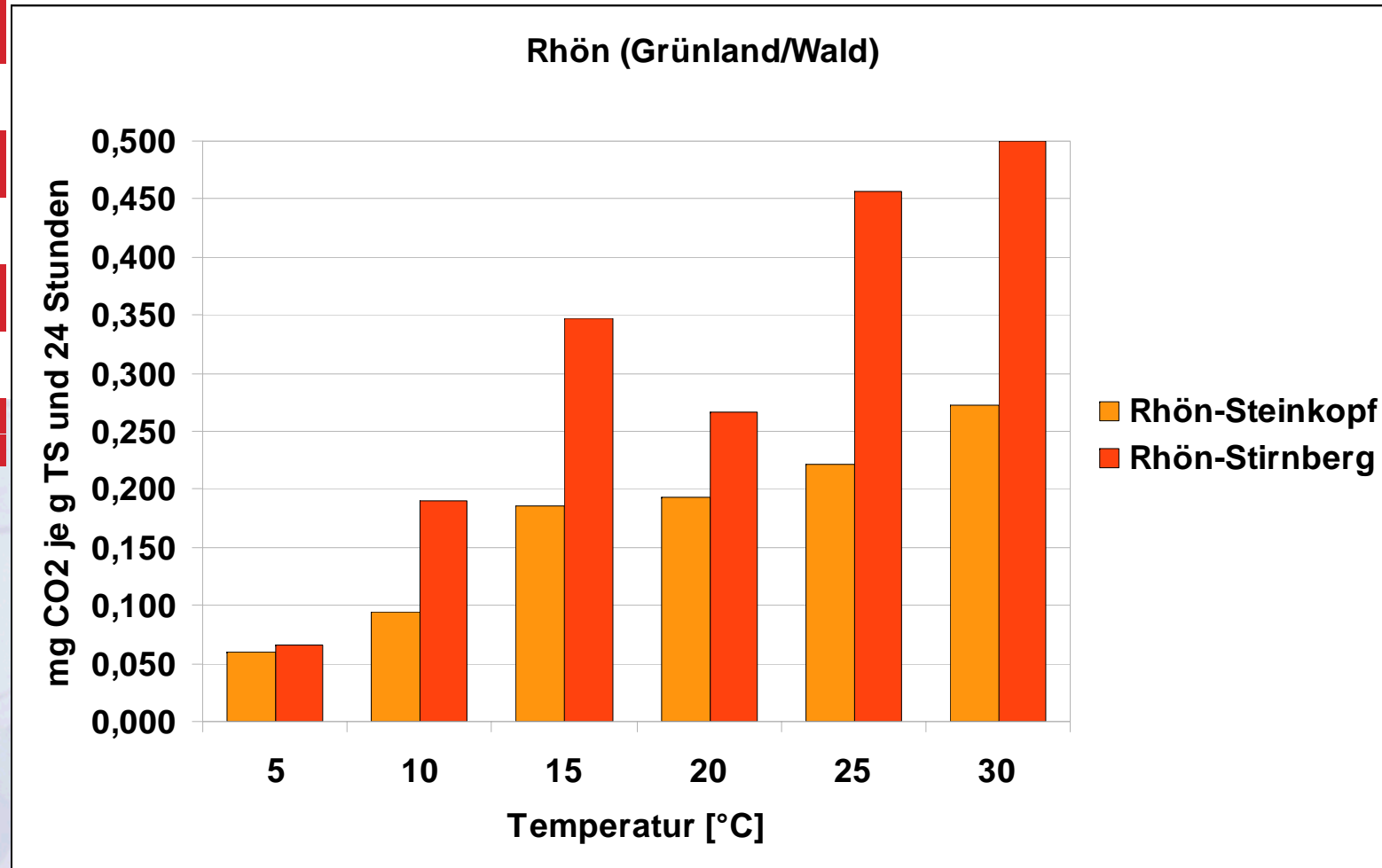
Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

**Bisherige Betrachtung bezogen auf 20 g Einwaage (Trockensubstanz).**



**Umrechnung auf Umsetzungsvorgänge in der Fläche:**

**10.000 m<sup>2</sup> x Probennahmetiefe x Lagerungsdichte x CO<sub>2</sub>-Freisetzung**

**Angenommene**

<b>Lagerungsdichte:</b>	<b>Acker (Ap)</b>	<b>1,20 t/m<sup>3</sup></b>
	<b>Acker (Unterboden)</b>	<b>1,20 t/m<sup>3</sup></b>
	<b>Grünland (Ah)</b>	<b>1,20 t/m<sup>3</sup></b>
	<b>Wald (Of, Oh, Ah)</b>	<b>0,75 t/m<sup>3</sup></b>

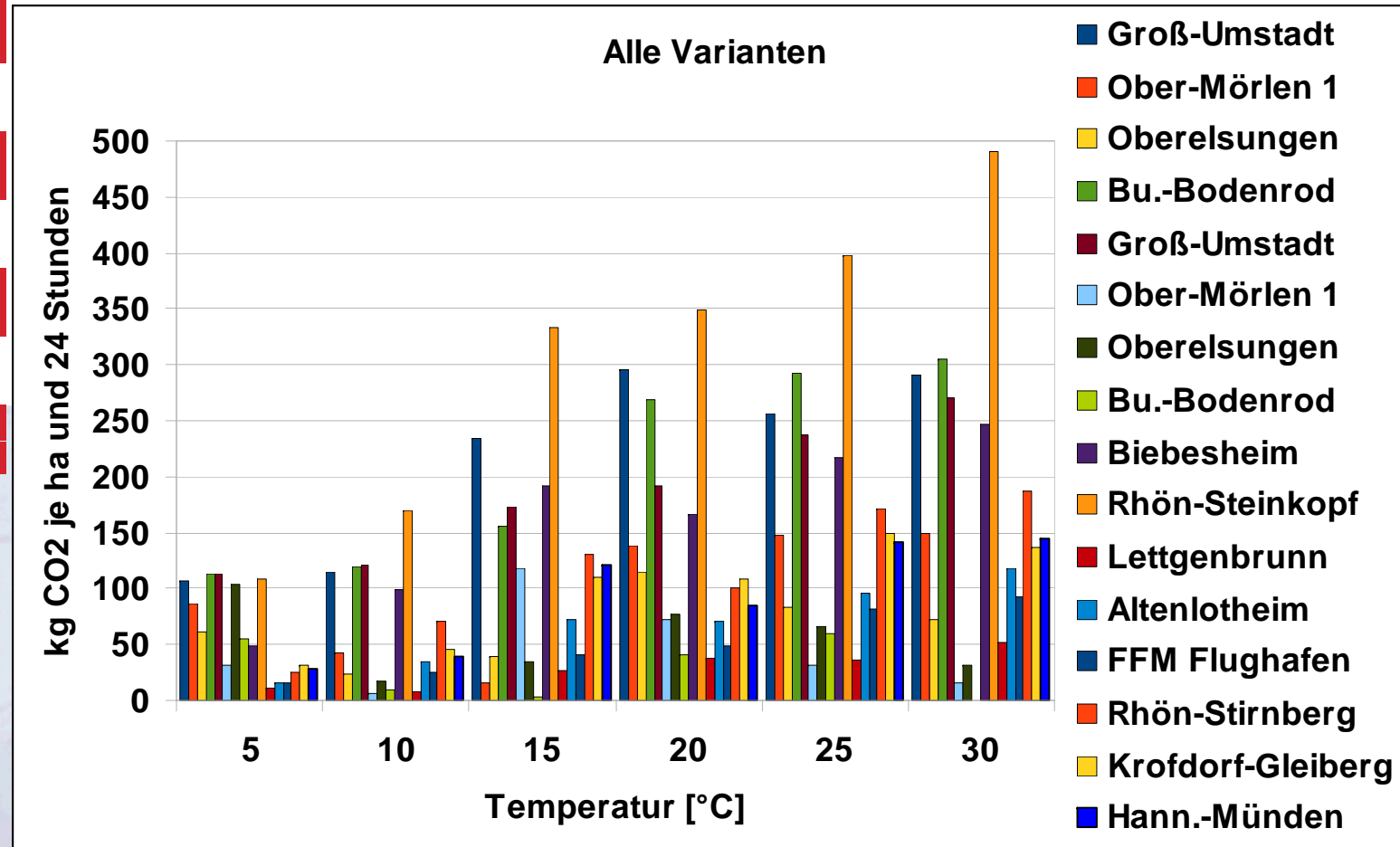
<b>Daraus ergibt sich:</b>	<b>Acker (Ap)</b>	<b>3600 t/ha</b>
	<b>Acker (Unterboden)</b>	<b>3600 t/ha</b>
	<b>Grünland (Ah)</b>	<b>600 t/ha (Lettgenbrunn, Altenlotheim)</b> <b>1200 t/ha (Biebesheim)</b> <b>1800 t/ha (Rhön-Steinkopf)</b>
	<b>Wald (Of, Oh, Ah)</b>	<b>375 t/ha</b>

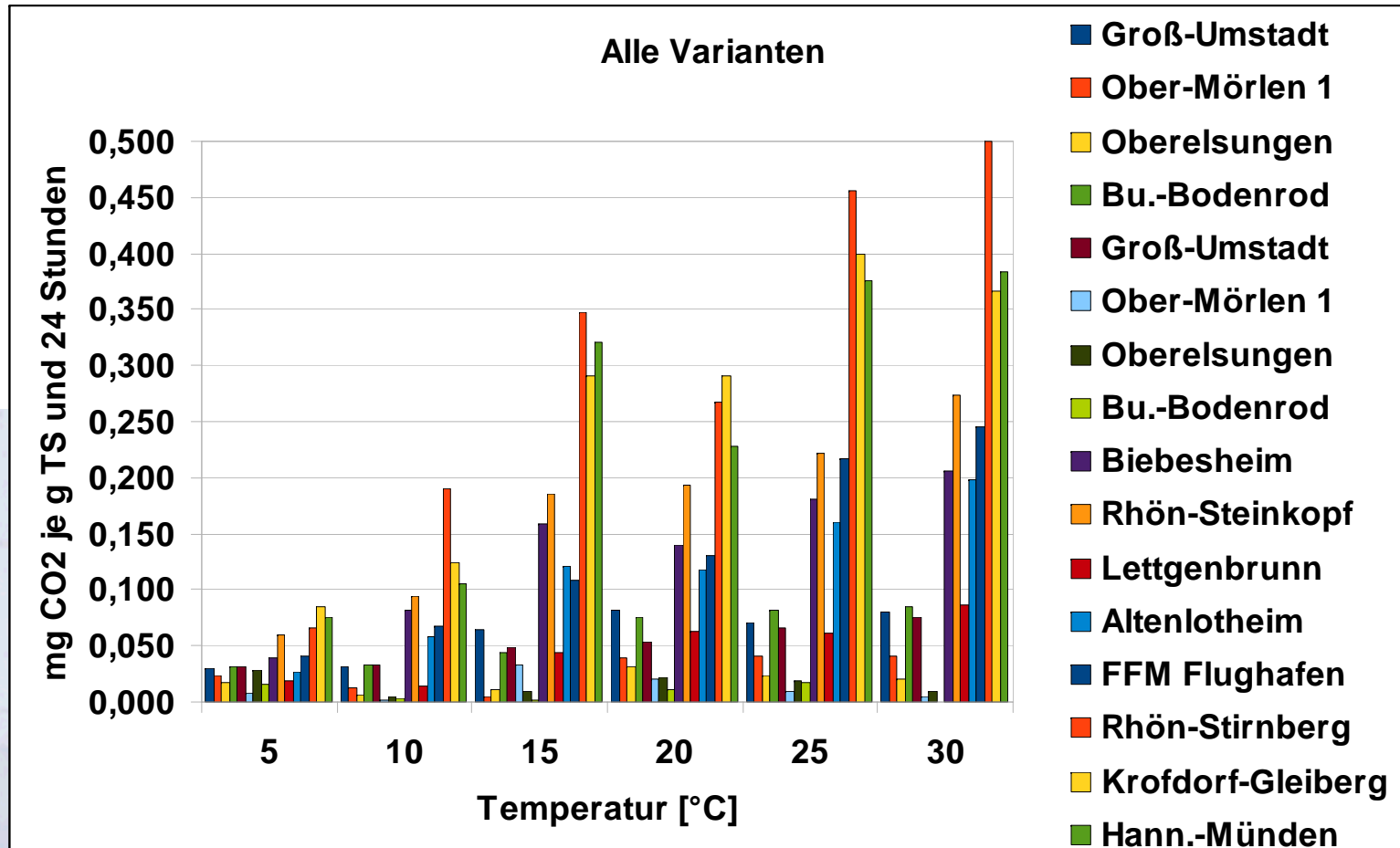
**WICHTIG: Idealisierte Bedingungen (kein Temperatur-Tagesgang, kein Temperatur-Tiefenfunktion, etc.)!**

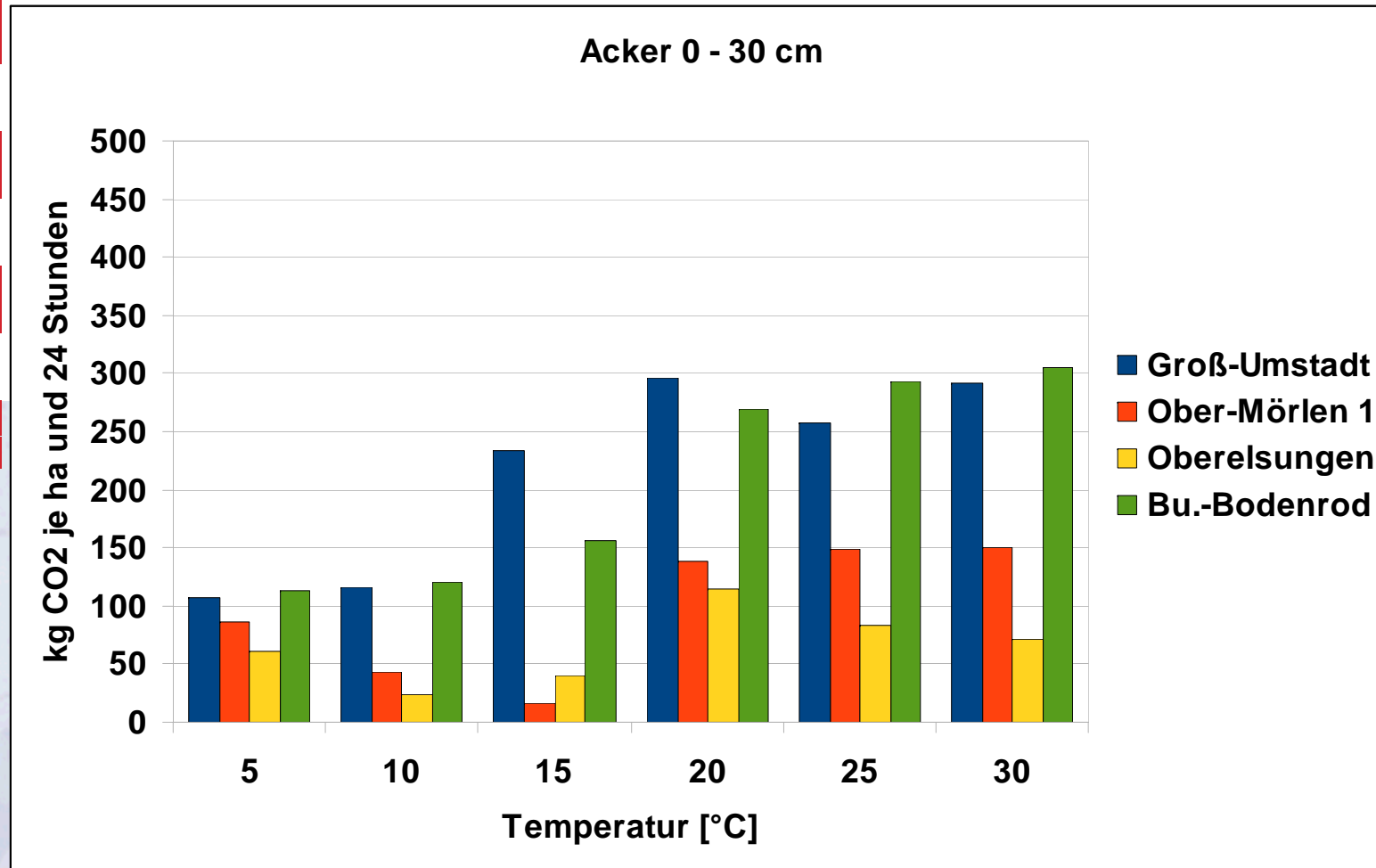
Darmstadt, 08.09.2008

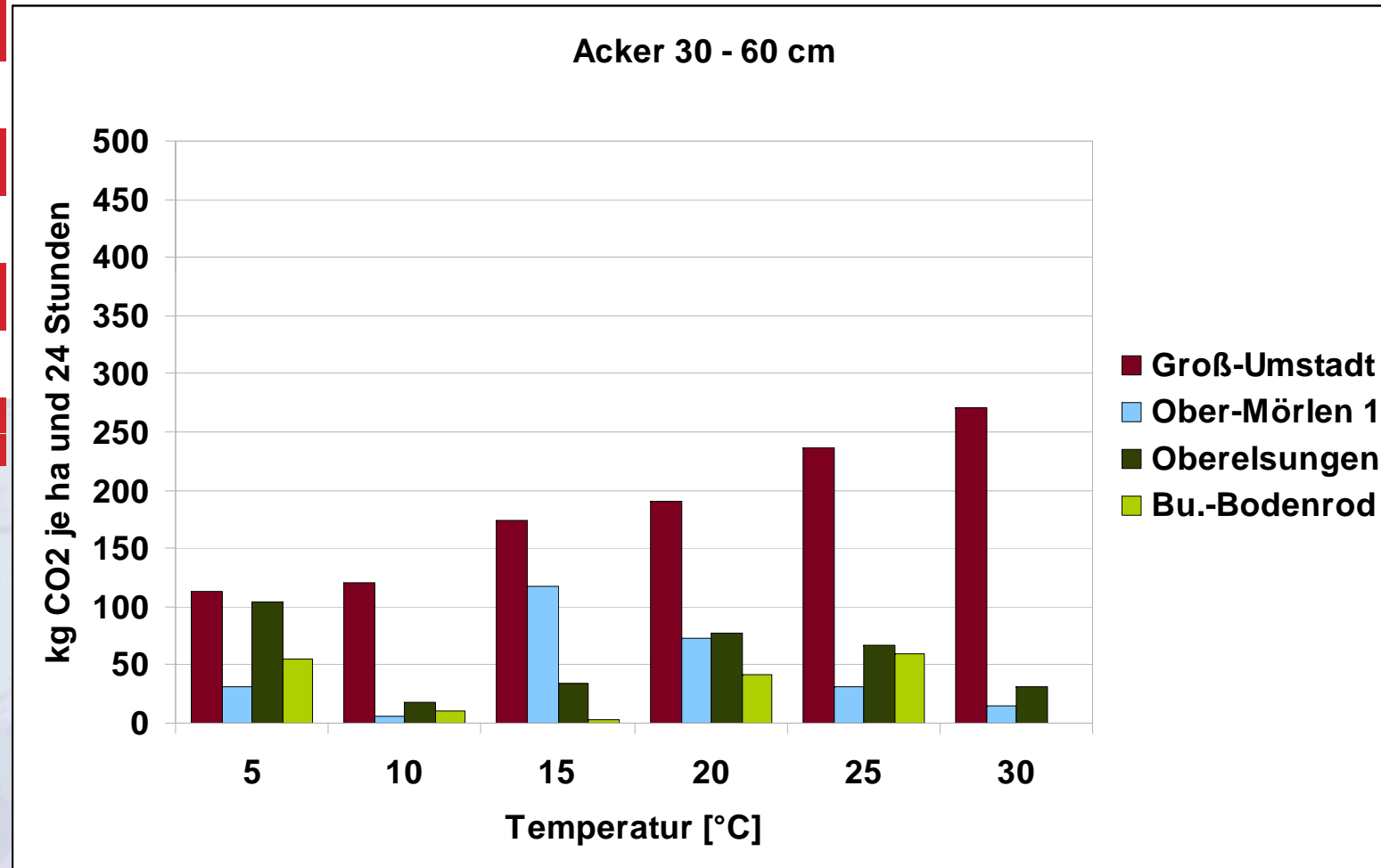
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

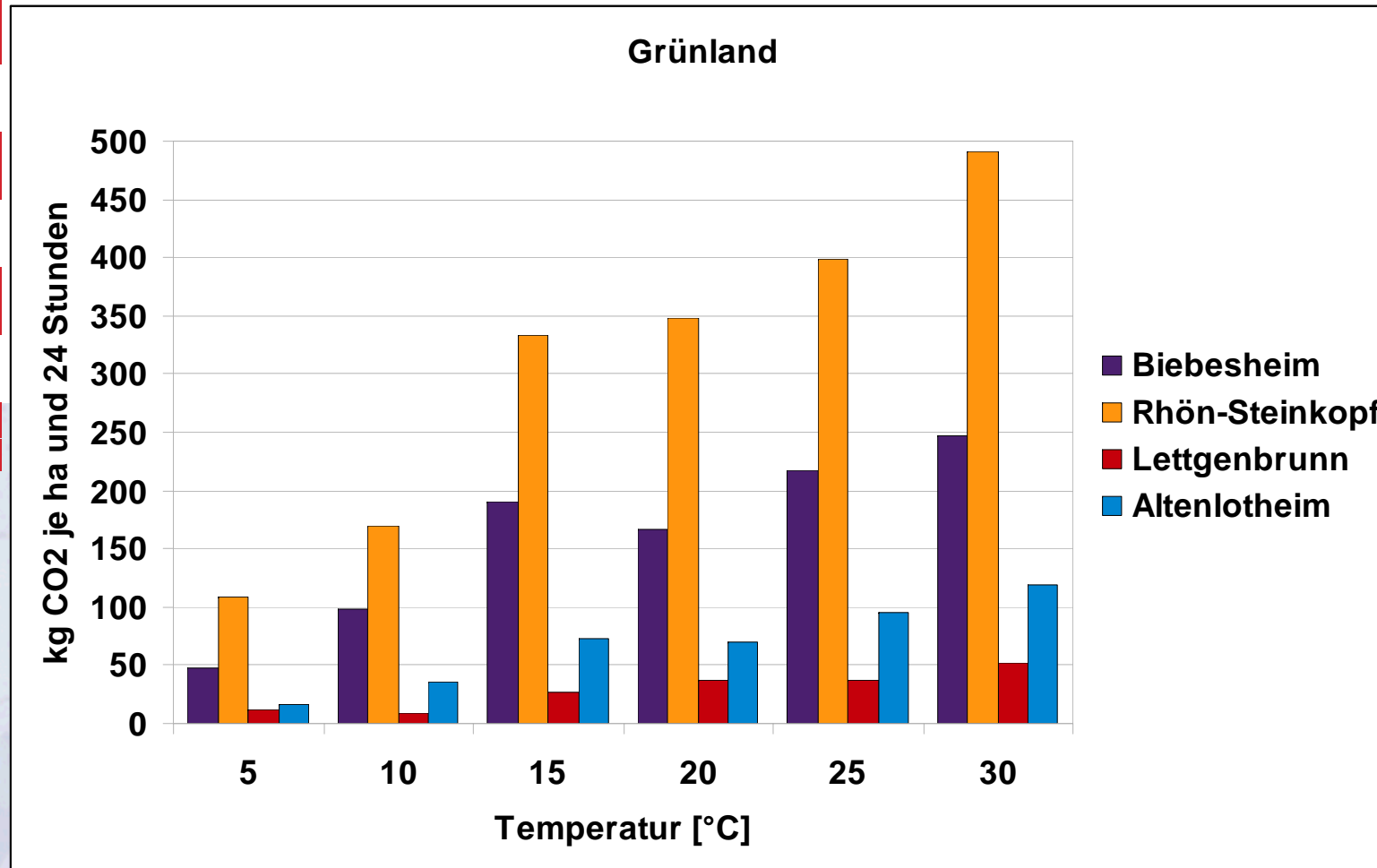


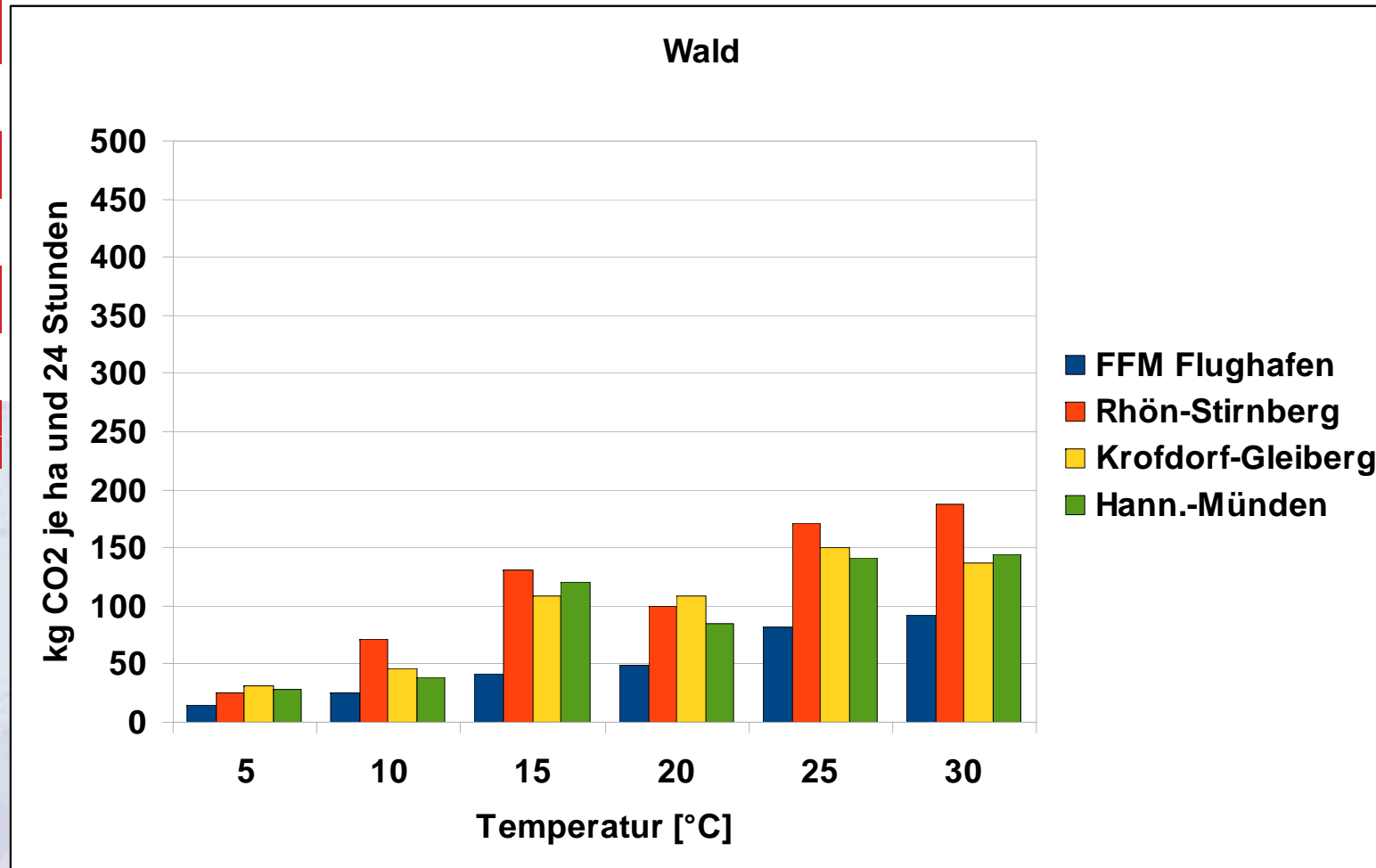


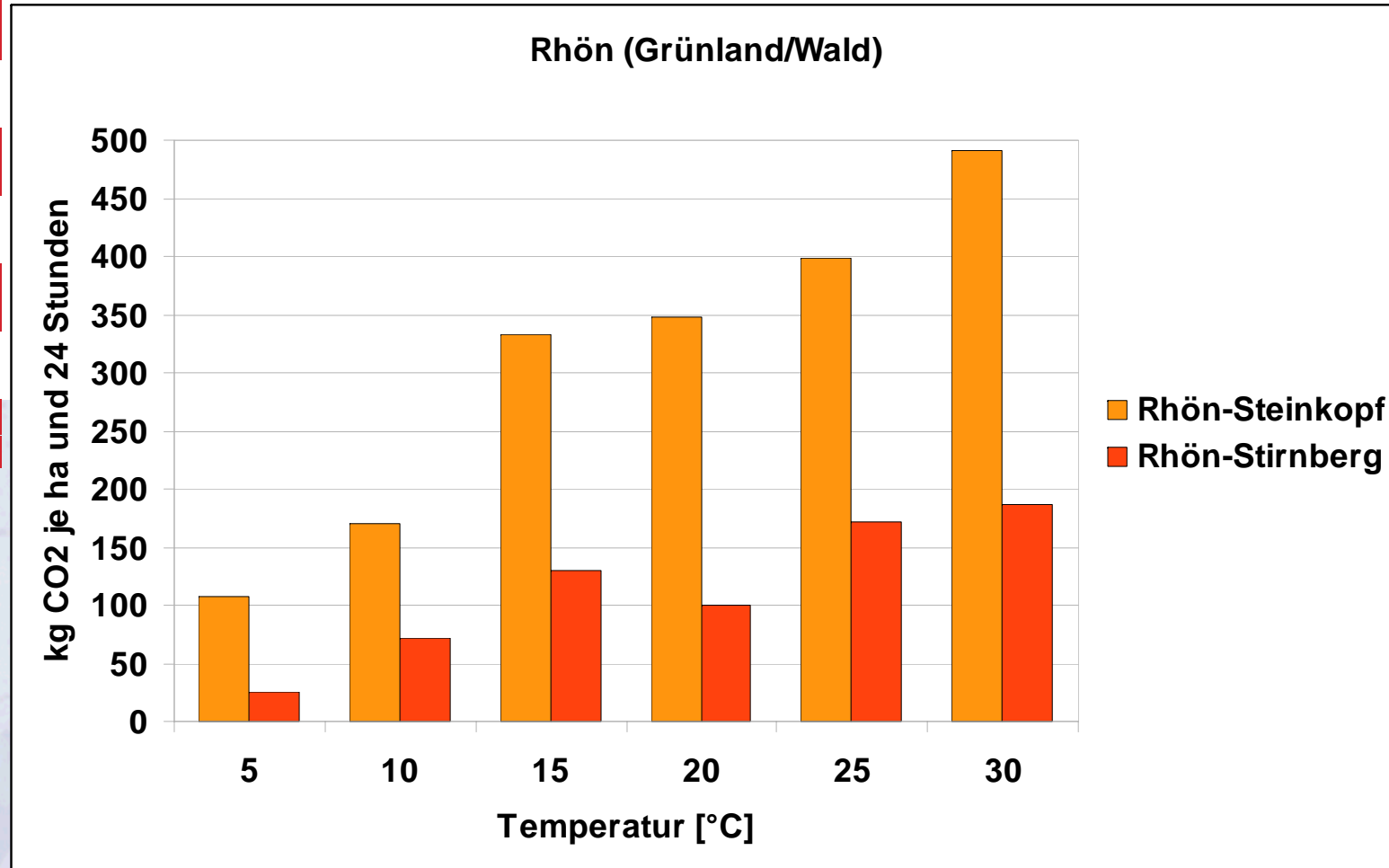


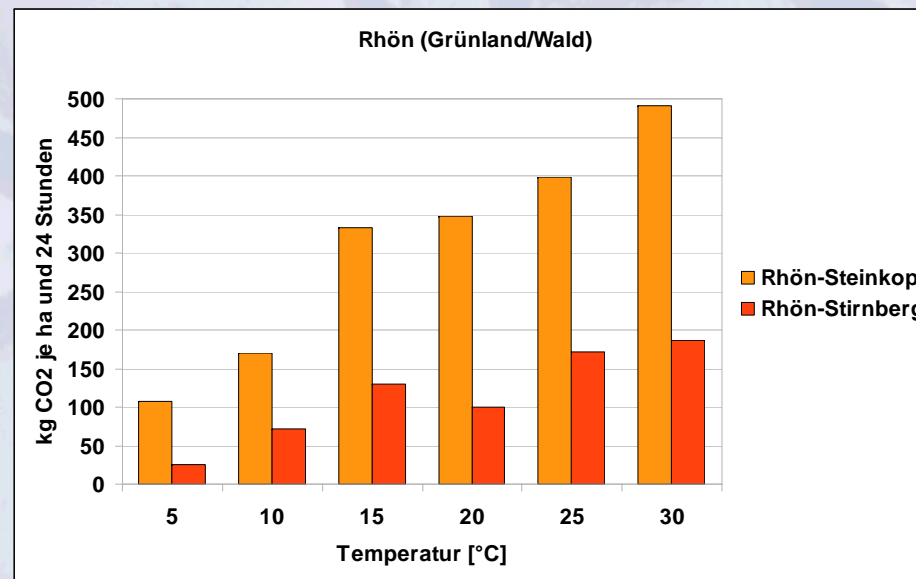
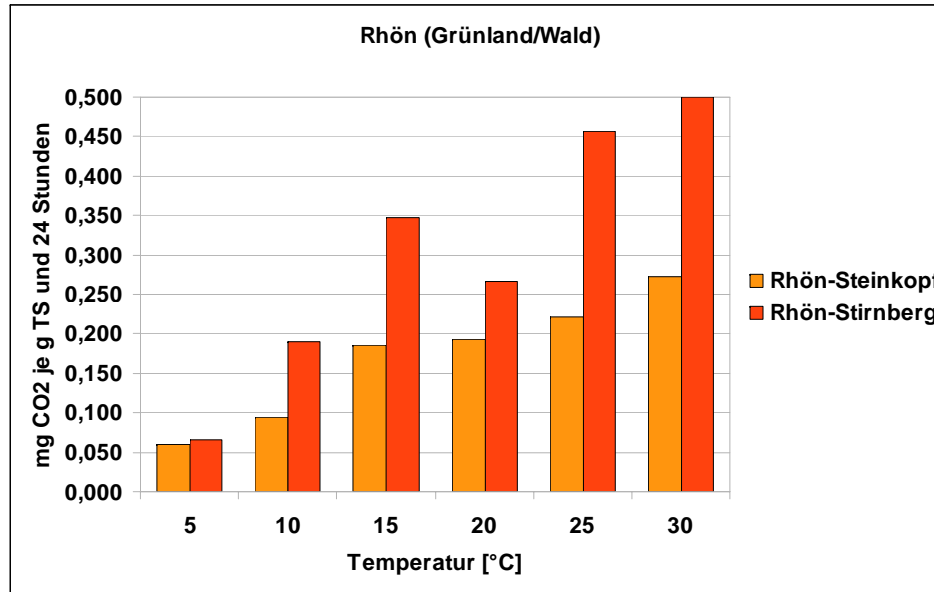








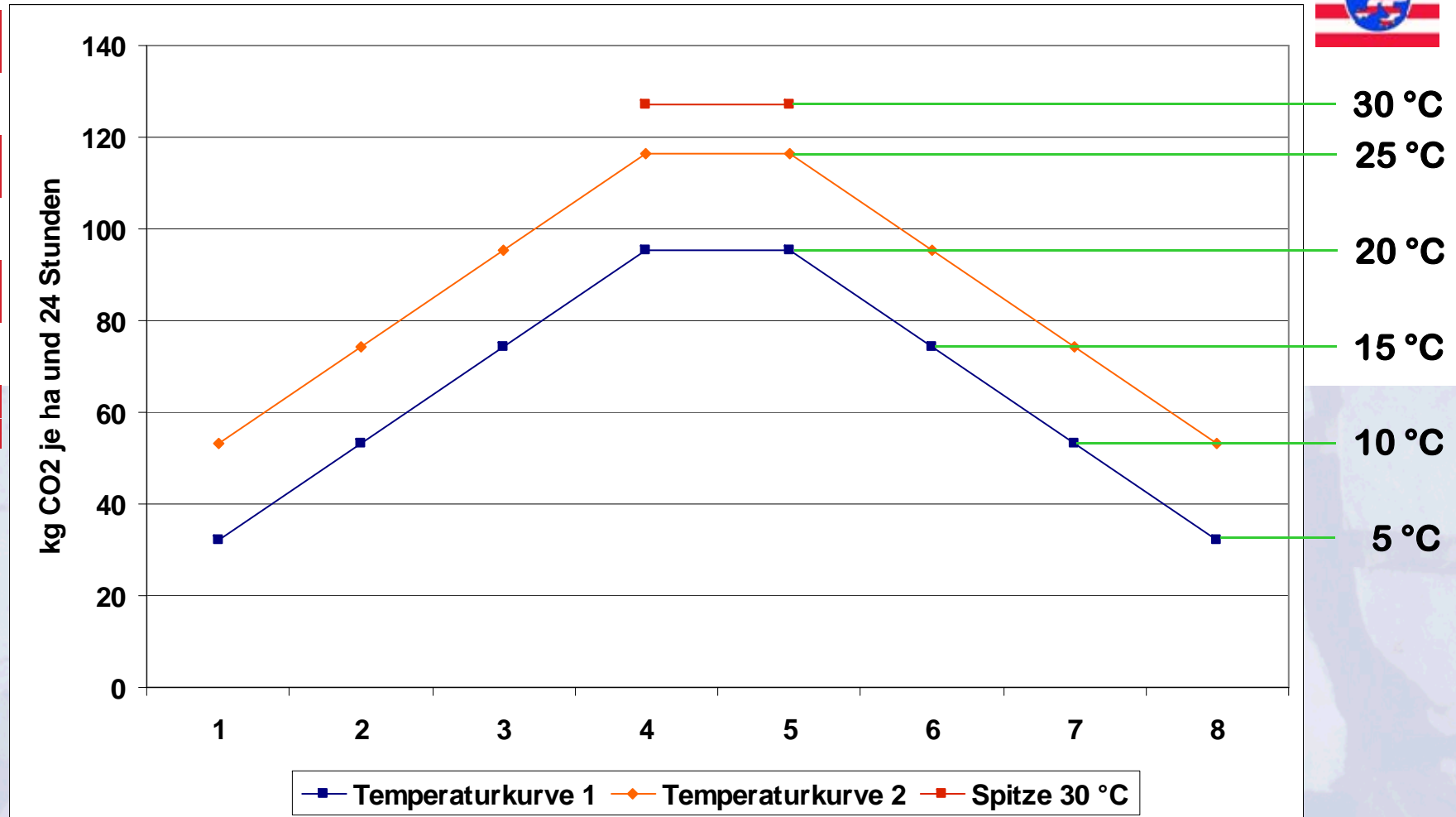




Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
 Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
 Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

# Einfluss der Temperatur auf die CO<sub>2</sub>-Freisetzung am Beispiel BDF



Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products





# Projekt: CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Böden unter Laborbedingungen

Dr. Karl-Heinz Emmerich,  
Prof. Dr. Hans-Richard Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener

- **Problemstellung**
- **Datengrundlage und Standortauswahl**
- **Ergebnisse der Laborversuche**
- **Fazit und Ausblick**

Darmstadt, 08.09.2008

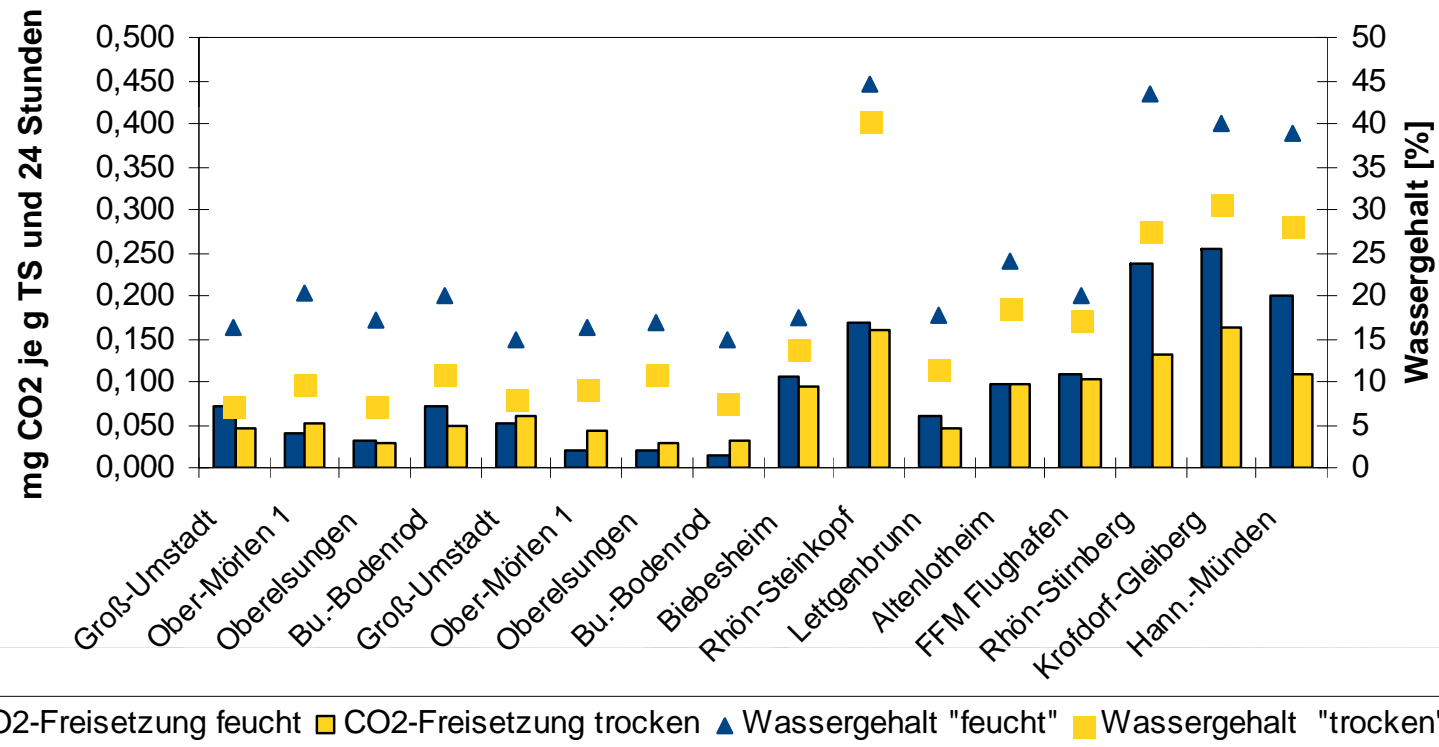
Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products



## Fazit

- Durch Temperaturerhöhung wird die biologische Aktivität im Boden und somit die CO<sub>2</sub>-Freisetzung erhöht.
- Um so höher der Gehalt des Bodens an organisch gebundenem Kohlenstoff, desto höher die Umsetzungsraten:  
Acker (Unterboden) < Acker (Oberboden) < Grünland < Wald
- Durch die unterschiedlichen Mächtigkeiten der humosen Horizonte sind unterschiedliche Mengen an Kohlenstoff gebunden.
- Es gibt je nach Nutzung und Naturraum starke Unterschiede im Kohlenstofffreisetzungspotential.

## Einfluss des Wassergehaltes auf die CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei einer Bebrütungstemperatur von 25 °C



## Ausblick

- Da im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen aus Kosten- und Zeitgründen lediglich der Faktor Temperatur betrachtet werden konnte, sind zusätzliche Untersuchungen mit variierten weiteren Faktoren (u.a. Wassergehalt) notwendig, um weitergehende Aussagen treffen zu können.
- Kurzfristig sind Aussagen zu den Veränderungen des Kohlenstoffhaushalts nur schwer möglich, da die Messwerte unterschiedlichen Faktoren unterliegen.
- Die Auswirkungen von Humusabbau und Kohlenstofffreisetzung auf andere Stoffen insbesondere Stickstoff aber auch Schadstoffe muss weiter untersucht werden.



***Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***

Darmstadt, 08.09.2008

Dr. K.-H. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie,  
Prof. Dr. Hans-R. Wegener,  
Dipl.-Ing. Oliver Wegener, AGROFOR Consulting & Products

