

Alternative Methoden zur Bestimmung der fossilen CO₂ Emissionen bei der Abfallverbrennung

Johann Fellner, Oliver Cencic & Helmut Rechberger

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
Technische Universität Wien

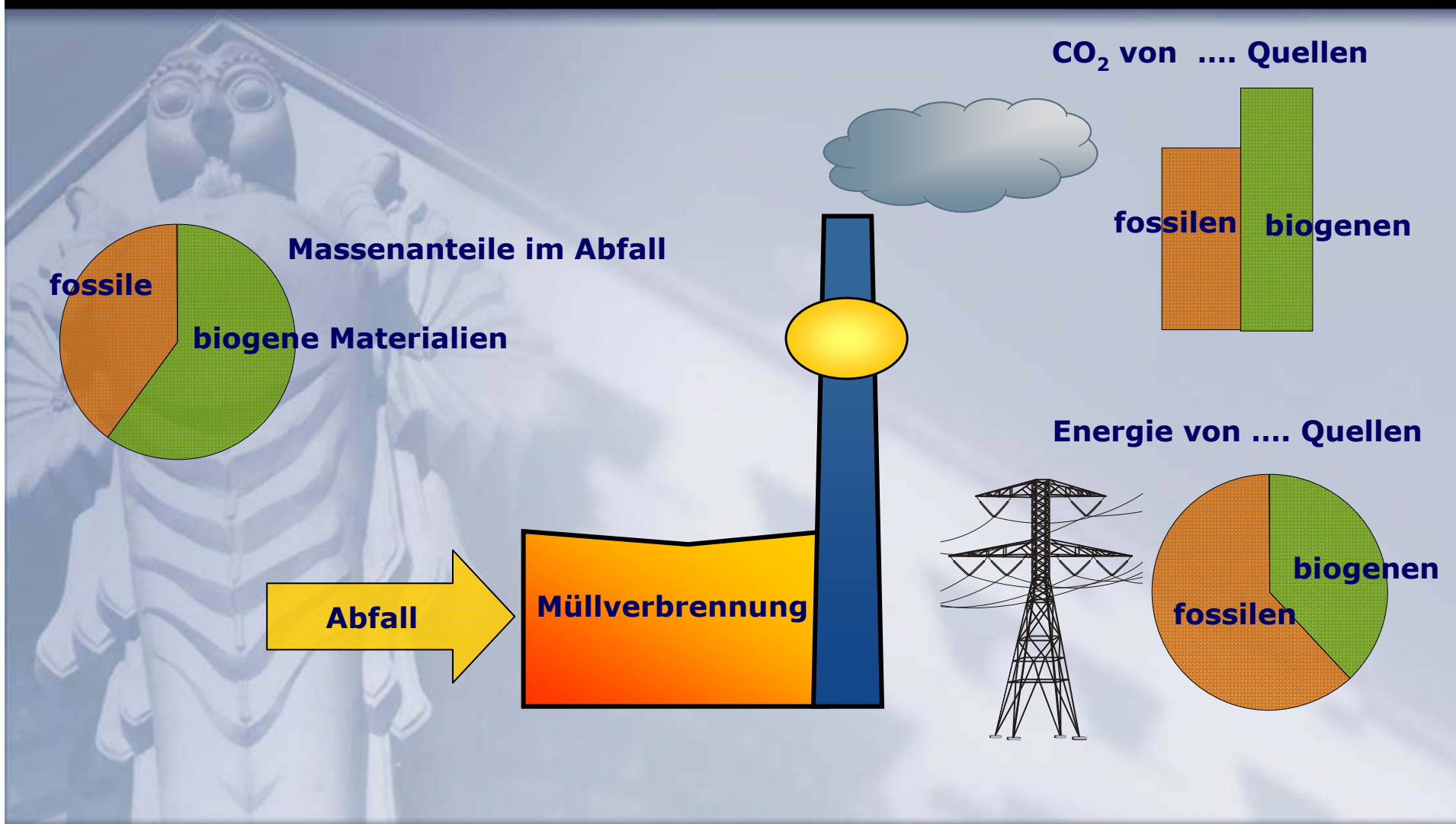


Problemstellung

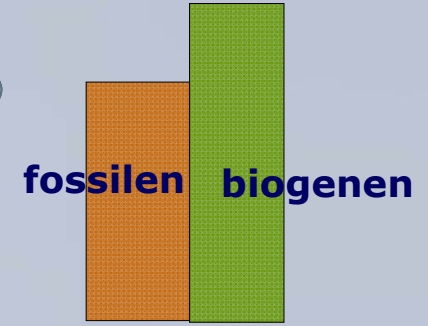
Methodenübersicht

Feldvergleich einzelner Methoden

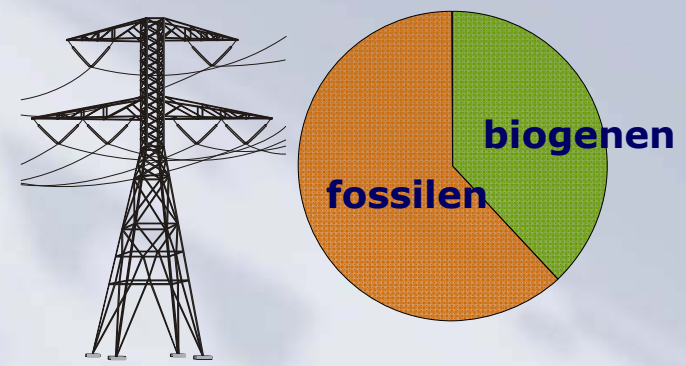
Problemstellung



CO₂ von Quellen



Energie von Quellen



Sortieranalyse

Selektive Lösungsmethode

^{14}C Methode

Bilanzenmethode

Inputverfahren

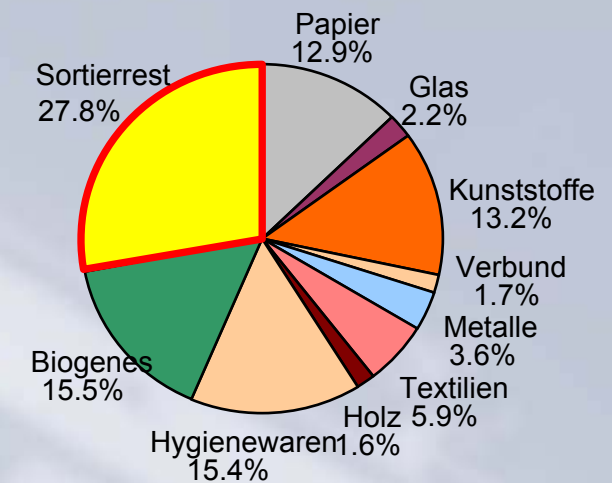
1. Probennahme



2. Manuelle Sortierung



3. Zuordnung von Heizwert bzw. C- Gehalt



Massen- und Heizwertanteil, Kohlenstoffgehalt

Sortieranalysen + Zuordnung von Heizwerten



Fraktion	Sortieranalyse + Wassergehaltsbestimmung			Bewertung mit Heizwerten	Heizwertzuordnung		Heizwertanteilsberechnung	
	Massenanteil	Wassergehalt	Massenanteil	Heizwert	Anteil		Heizwertanteil	
	[m% FS]	[m% FS]	[m% TS]		biogen [-]	fossil [-]	biogen [kJ/kg FS]	fossil [kJ/kg FS]
Papier	13,3	20	10,6	16.000	1	0	1.637	0
Hygienewaren	10,7	45	5,9	16.000	0,66	0,34	544	280
Biogenes	18,4	60	7,4	7.000	1	0	245	0
Kunststoffe	17,5	10	15,8	32.000	0	1	0	4.997
Textilien	10,3	20	8,2	13.000	0,85	0,15	868	153
...
...
Summe	100,0		74,9				3.500	6.500

Stärken

Schwächen

aufwendig

repräsentative Probenahme

Sortierrest (>25%)

Zuordnung biogen - fossil

Momentaufnahme

große Unsicherheiten

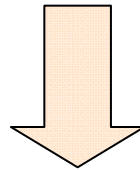
Inputverfahren

1. Probennahme



2. Probenaufbereitung

$10^5 - 10^7$ g



5 g

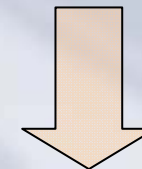


3. Selektives Lösen

5 g

150ml 78% H_2SO_4 - 16h

30ml 35% H_2O_2 - 5h



biogener Massenanteil

Stärken

Schwächen

repräsentative Probenahme

aufwendige Aufbereitung

Lignin wird nicht gelöst

Momentaufnahme

große Unsicherheiten

C14 Methode (Radiocarbonmethode)

Input- oder Outputverfahren

Isotop ^{14}C (Halbwertszeit ≈ 5.730 Jahre)

Biomasse:



$$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \approx 1,3 * 10^{-12}$$

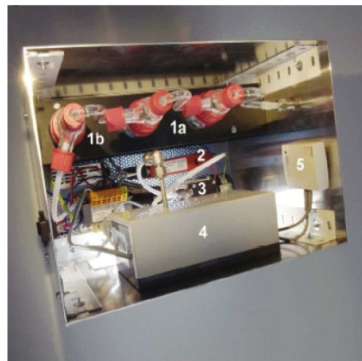
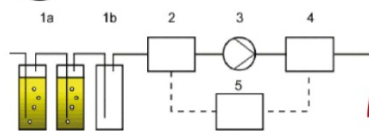
**Fossile
Energieträger:**



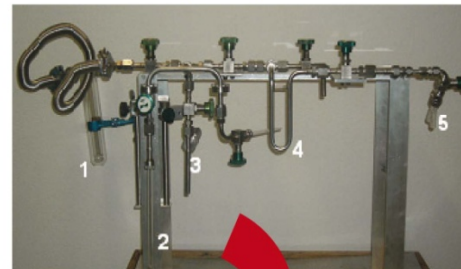
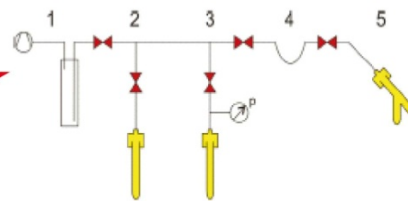
$$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = 0$$

C14 Methode – Probennahme - Analyse

I CO₂ Probenahme



II CO₂ Freisetzung



III Bestimmung ¹⁴C Gehalts

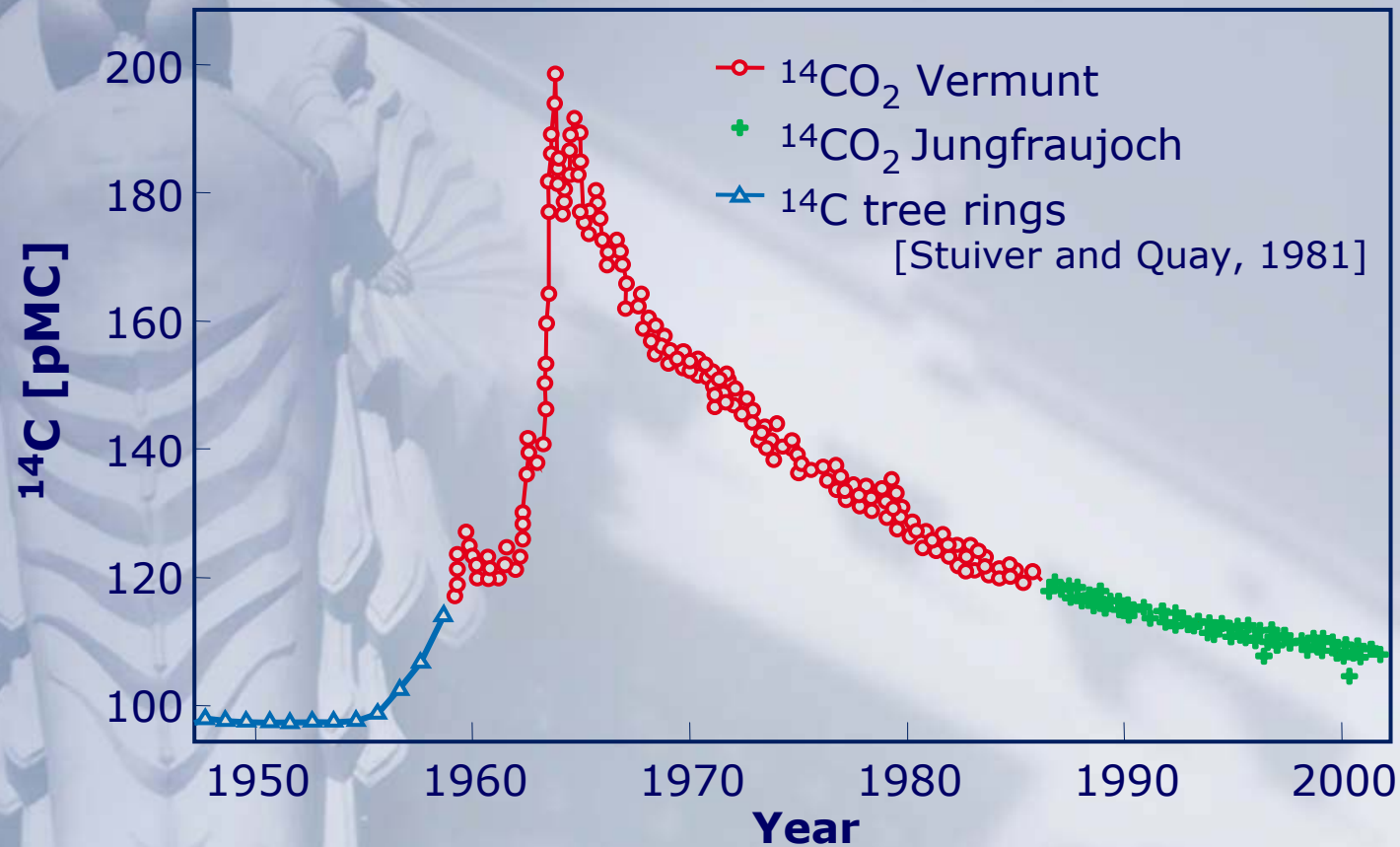


Mohn & Szidat (2007)

$$\frac{{}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{Probe}}}{{}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{Biomasse}}} = \frac{C_{\text{biogen}}}{C_{\text{ges}}}$$

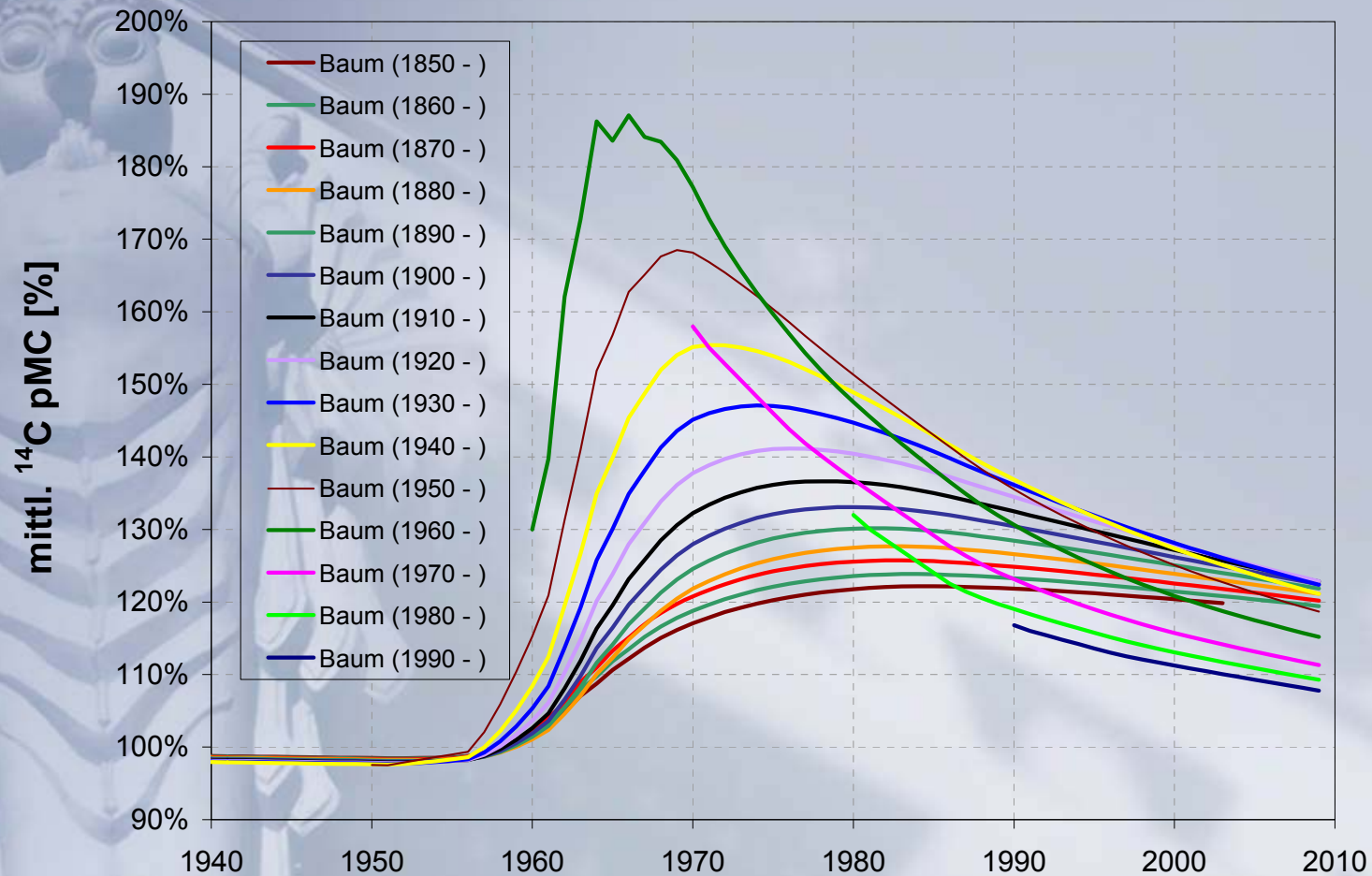
**Verhältnis
biogener Kohlenstoff
zu Gesamtkohlenstoff**

^{14}C Gehalt des atmosphärischen CO_2

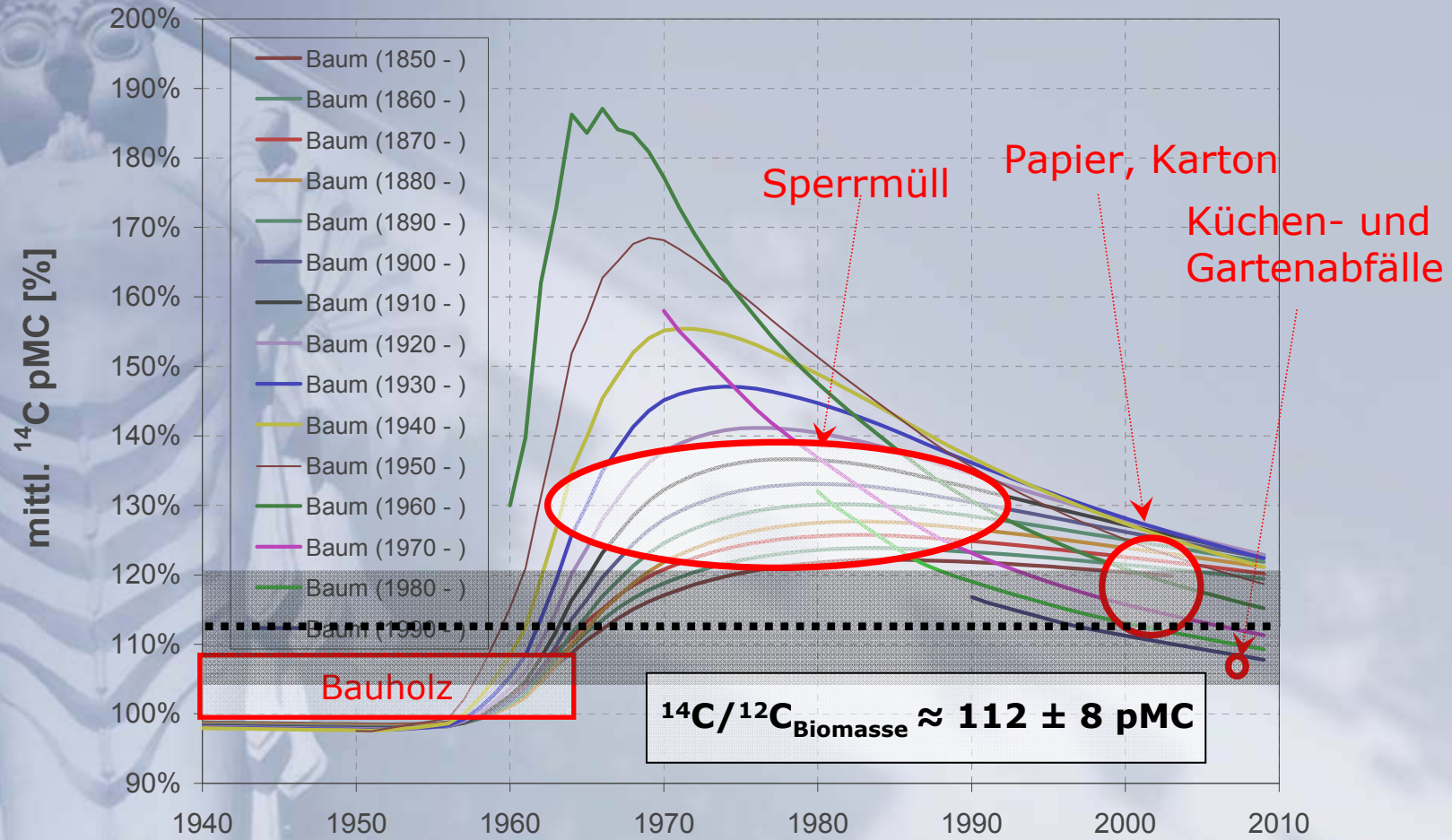


after Levin et al. 2003

Mittlerer ^{14}C Gehalt vs. Baumalter



Mittlerer ^{14}C Gehalt der Biomasse



Stärken

Beprobung der „gesamten“
Abfallmenge

geringe Messunsicherheiten

„bewährtes“ Verfahren

weitgehend inputunabhängig

einfache mathematische
Lösung

Schwächen

Ergebnis
Verhältnis C_{biogen} zu C_{fossil}

Analyseaufwand

Kontaminationen??

Outputverfahren

Massenbilanz

$$m_B + m_F + m_I + m_W = 1$$

“Aschen”bilanz

$$+ m_I = a_{\text{Abfall}}$$

Kohlenstoffbilanz

$$C_B \cdot m_B + C_F \cdot m_F = C_{\text{Abfall}}$$

Energiebilanz

$$HW_B \cdot m_B + HW_F \cdot m_F - 2.45 \cdot m_W = HW_{\text{Abfall}}$$

O₂-Verbrauch

$$O_{2,C,B} \cdot m_B + O_{2,C,F} \cdot m_F = O_{2,C, \text{Abfall}}$$

Differenz aus

O₂-Verbr. + CO₂-Prod.

$$d_{O_2-CO_2,B} \cdot m_B + d_{O_2-CO_2,F} \cdot m_F = d_{O_2-CO_2, \text{Abfall}}$$

Aus den Betriebsdaten ableitbar



Sauerstoffverbrauchsbilanz

$$\begin{aligned}
 & \dot{m}_B \cdot \left(\frac{c_{C_B}}{M_C} + \frac{c_{H_B}}{4 \cdot M_H} - \frac{c_{O_B}}{2 \cdot M_O} + \frac{c_{N_B}}{2 \cdot M_N} + \frac{c_{S_B}}{M_S} \right) \cdot 10^3 + \\
 & + \dot{m}_F \cdot \left(\frac{c_{C_F}}{M_C} + \frac{c_{H_F}}{4 \cdot M_H} - \frac{c_{Cl_F}}{M_{Cl}} - \frac{c_{O_F}}{2 \cdot M_O} + \frac{c_{N_F}}{2 \cdot M_N} + \frac{c_{S_F}}{M_S} \right) \cdot 10^3 = O_{2, \text{Verbrauch}} = \\
 & = \frac{\dot{V}_{\text{Reingas}}}{10^3} \cdot \left(c_{O_2, L} \cdot \left(\frac{100 - c_{O_2, Rg} - c_{CO_2, Rg}}{100 - c_{O_2, L} - c_{CO_2, L}} \right) - c_{O_2, Rg} \right) \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{V_m} \\
 & \qquad \qquad \qquad \dot{M}_{\text{Abfall}}
 \end{aligned}$$

Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 2579–2586

A New Method to Determine the Ratio of Electricity Production from Fossil and Biogenic Sources in Waste-to-Energy Plants

JOHANN FELLNER, OLIVER CENCIC, AND HELMUT RECHBERGER*

Vienna University of Technology, Institute for Water Quality, Resources and Waste Management, Karlsplatz 13/226, A-1040 Vienna, Austria

New directives of the European Union require operators of waste-to-energy (WTE) plants to report the amount of electricity that is produced from renewable sources in the waste feed. Until now, the standard method to determine the portion of renewable electricity is sorting the wastes into defined fractions of fossil organic and biogenic waste components and determining the lower heating value of these fractions. Out of it the amount of electricity production from renewables is calculated. This practice is labor and cost intensive. Therefore, it is usually carried out once a year which provides only a snapshot analysis of

higher rates for feeding “green” power into the national electricity network.

All together it becomes clear that, contrary to current United States practice, where the total MSW is often considered a renewable power source because no new fuel sources are used other than the waste that would otherwise be sent to landfills (3), there is a strong financial incentive for WTE operators in Europe to know exactly the biogenic fraction in mixed wastes in terms of mass and energy. Also legislative and executive authorities are interested in reliable methods to determine these quantities.

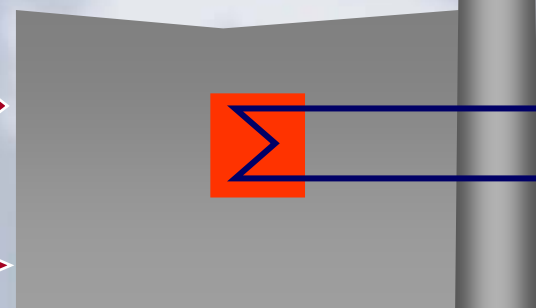
Until now the standard method to characterize mixed wastes has been sorting of wastes into more homogeneous fractions (such as paper, plastics, glass, metals, textiles, compound materials, etc.) and determining the physical and chemical parameters of interest in each fraction. This approach is time-consuming and labor intensive. The results are usually characterized by high uncertainties since a large fraction is often not analyzed due to the lack of visual recognizability. Recent investigations have additionally shown that waste composition shows considerable variations even over time periods of a few days so that a few single sorting campaigns are not sufficient to calculate a reliable annual average (4). Another approach to determine the fraction of biomass and fossil matter in mixed wastes is based on the selective dissolution of biomass in a mixture of sulfuric acid and hydrogen peroxide (5). The method was originally developed for determining the biodegradable component of

Inputdaten

Stoff- gruppe	C	H	O	N	S	Cl
	[g/kg wasser- und aschefrei]					
Biogen (m_B)	483	65	441	8	1	-
Fossil (m_F)	779	112	59	14	3	32

Abfall
(Masse) →

Zusatzbrennstoffe
(Heizöl, Gas)
(Masse) →

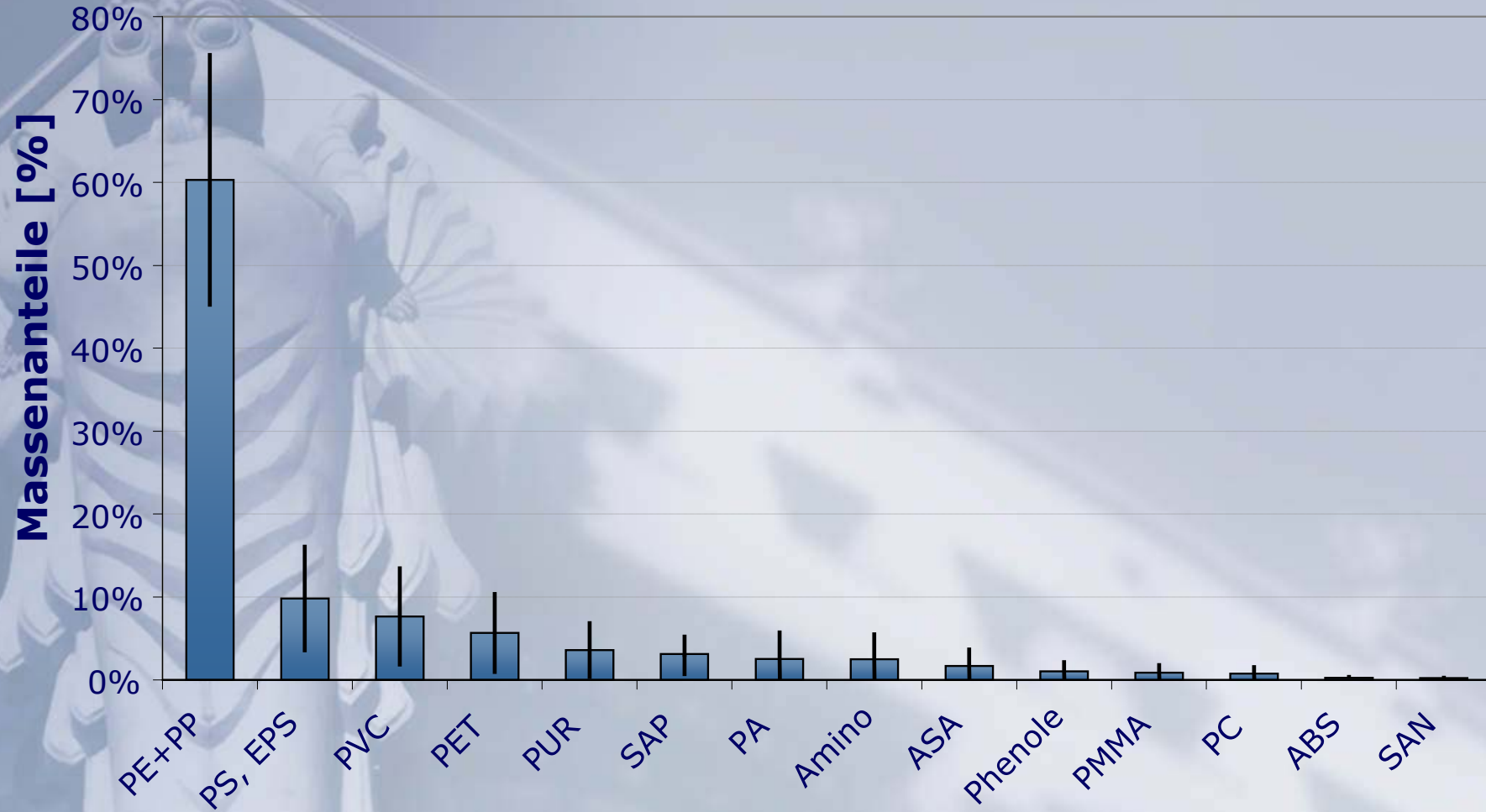


↑ **Reingas**
(Volumenstrom, O_2 , CO_2)

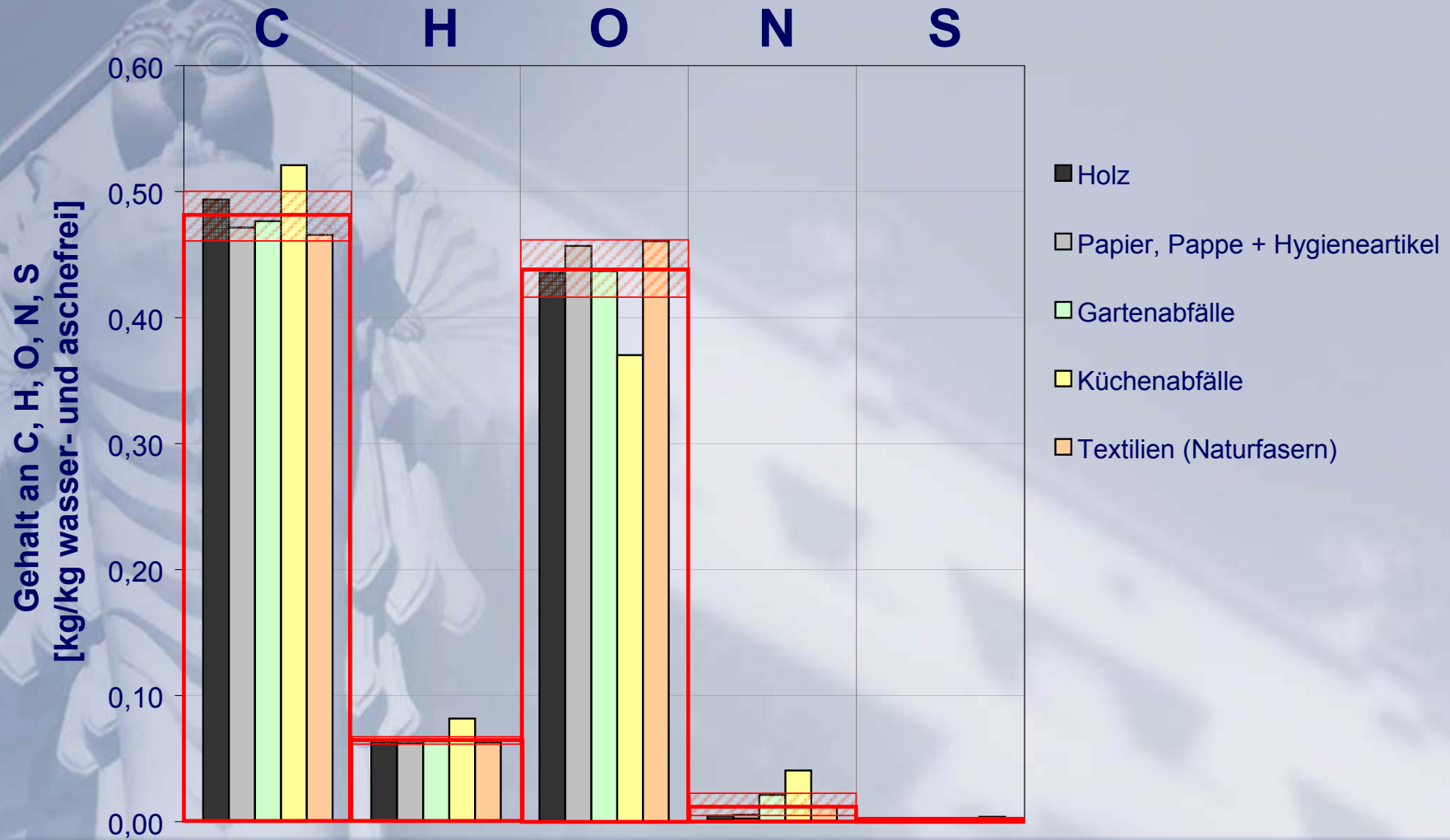
Dampfkessel
(Dampfmenge,
Dampfdruck und -temp.,
Kesselwirkungsgrad)

↓ **Feste Rückstände**
(Masse von Schlacke, Flugasche,
Filterkuchen, Schrott)

Zusammensetzung der Kunststoffe



Zusammensetzung der Biomasse



Materialdaten

Betriebsdaten

$$k_a + \Delta k_a$$

$$d_a + \Delta d_a$$

Nichtlineare Ausgleichsrechnung

$$k_n + \Delta k_n$$

$$d_n + \Delta d_n$$

$$x + \Delta x, y + \Delta y$$

**Massenanteile,
Heizwertanteile
Kohlenstoffgehalte**

Stärken

Beprobung der „gesamten“
Abfallmenge

geringe Unsicherheiten

kein zusätzlicher Analyse-
aufwand

Ergebnis Heizwertanteile +
CO₂ Frachten

beliebige zeitliche Auflösung

Schwächen

bedingt inputabhängig
(Bio-Kunststoffe, Pflanzenöle,
Altreifen)

mathematisch komplex

Project FOCAWIN

(Fossil carbon dioxide emissions from waste incineration facilities)

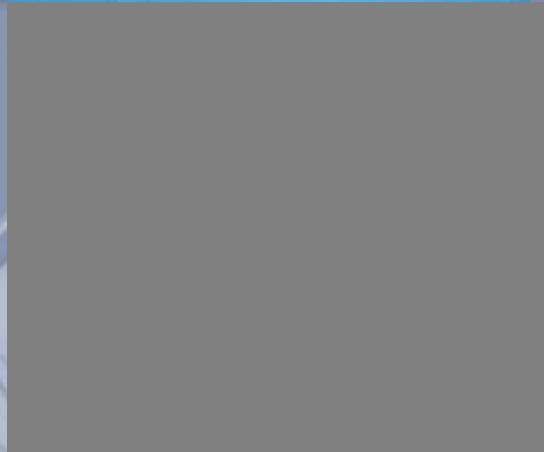
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BAFU)

R. Quartier (*robin.quartier@bafu.admin.ch*)

L. Emmenegger & J. Mohn, **Empa Dübendorf**

S. Szidat, **Universität Bern**

J. Fellner, O. Cencic & H. Rechberger, **TU Wien**



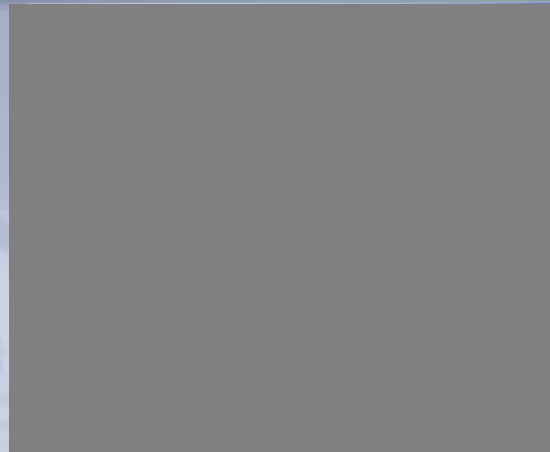
MVA A

zwei Verbrennungslinien,
gemeinsamer DeNOx Kat
zwei Rauchzüge

Anlage als Einheit betrachtet

Oktober – November 2006

9 Proben (über je 72h)



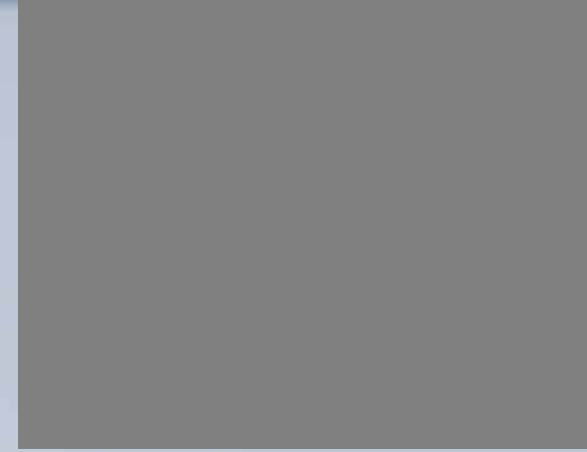
MVA B

zwei Verbrennungslinien
separate Rauchgasreinigung
und Kamine

Eine Verbrennungslinie
betrachtet

November – Dezember 2006

10 Proben (über je 72h)



MVA C

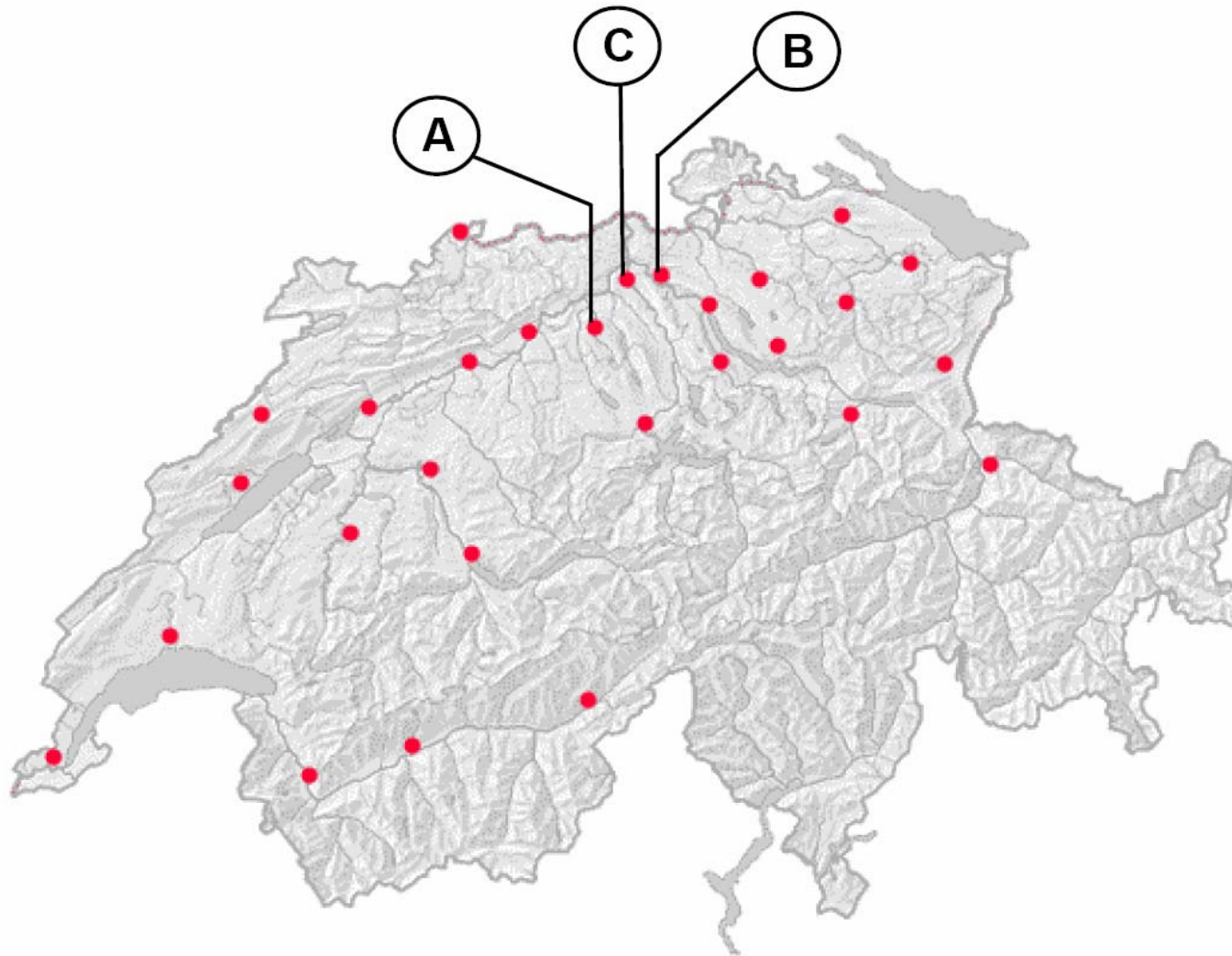
zwei Verbrennungslinien,
gemeinsamer DeNOx Kat
ein Rauchzug

Anlage als Einheit betrachtet

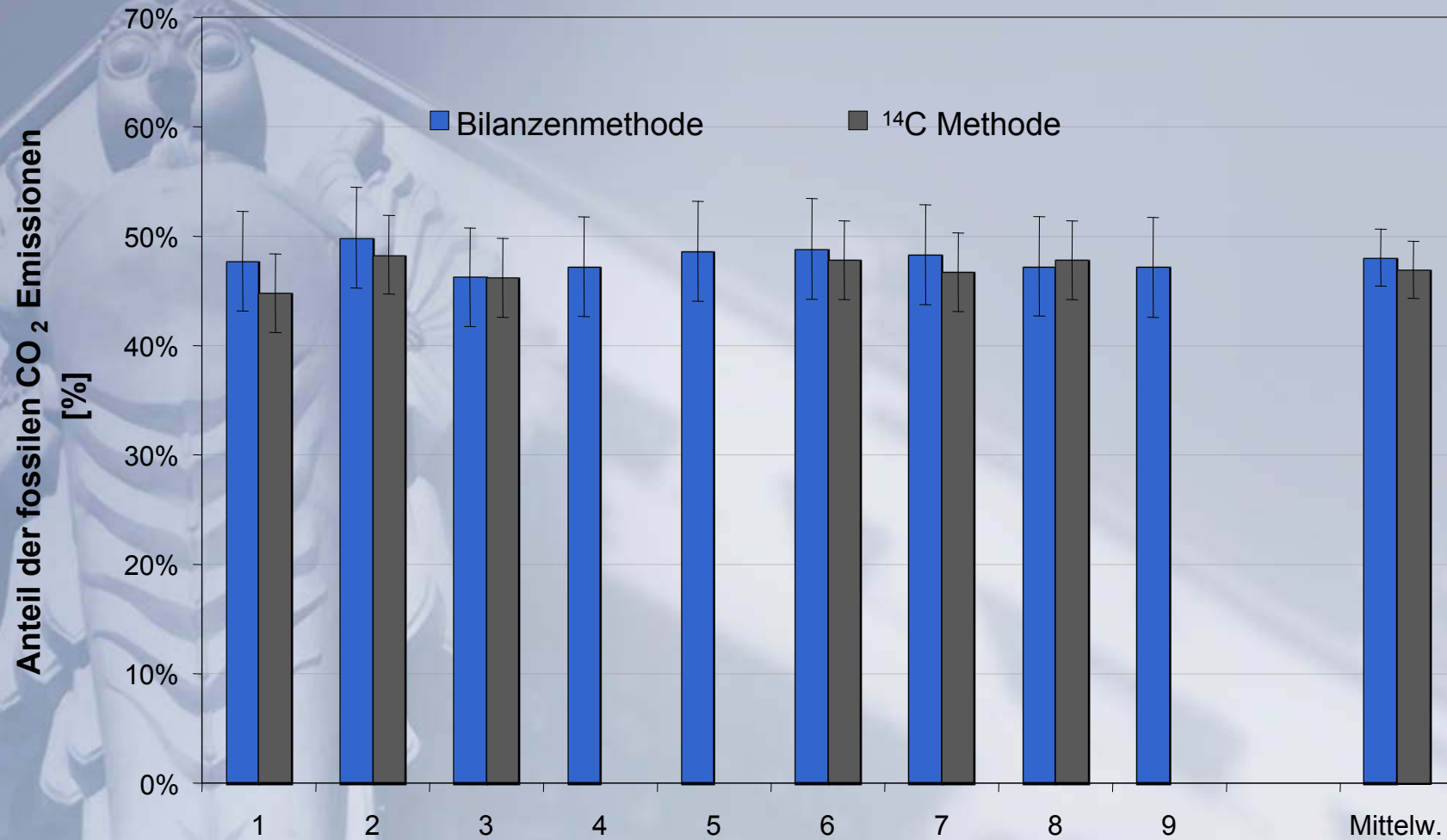
Jänner – Februar 2007

9 Proben (über je 72h)

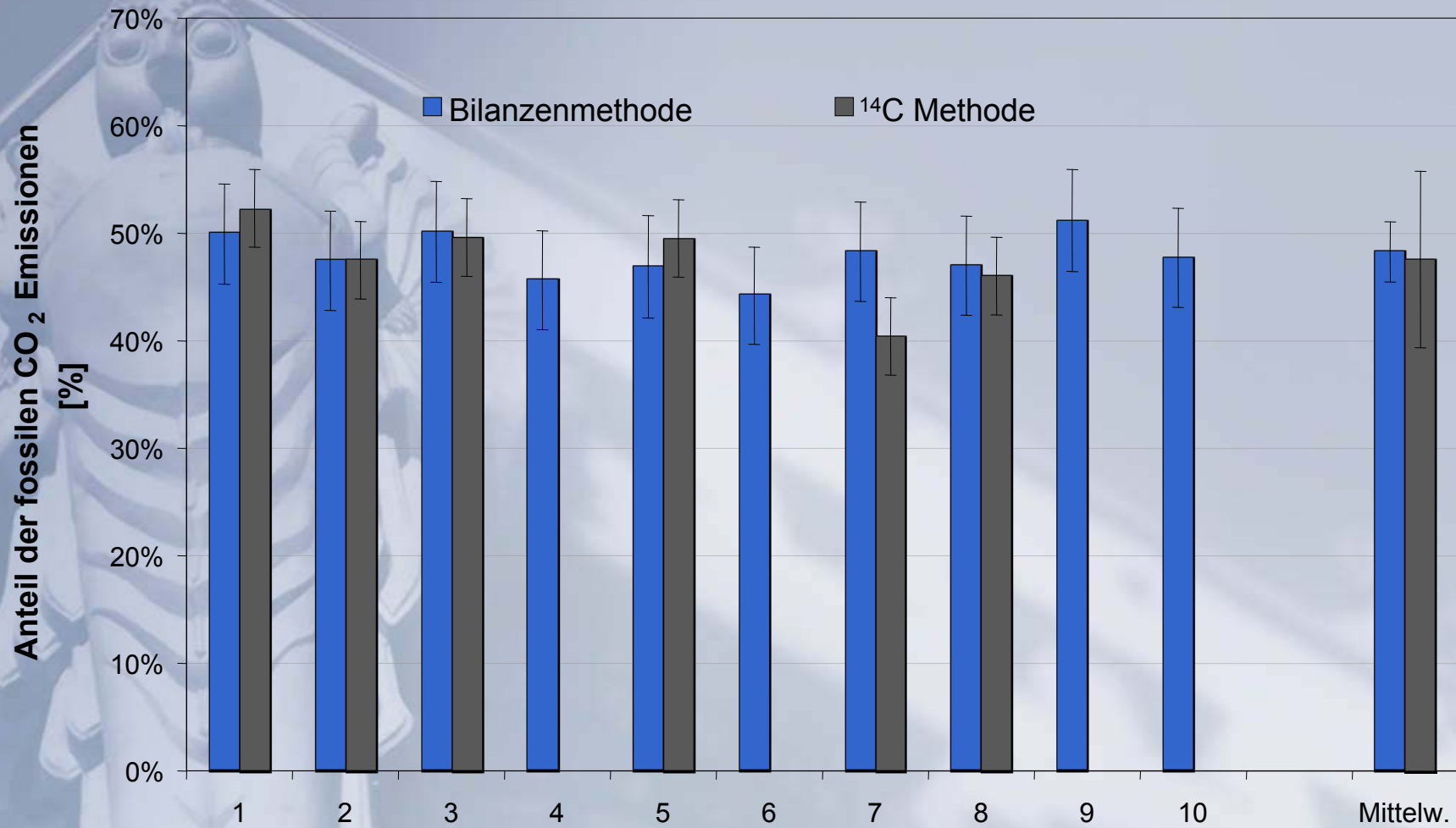
Auswahl der Anlagen



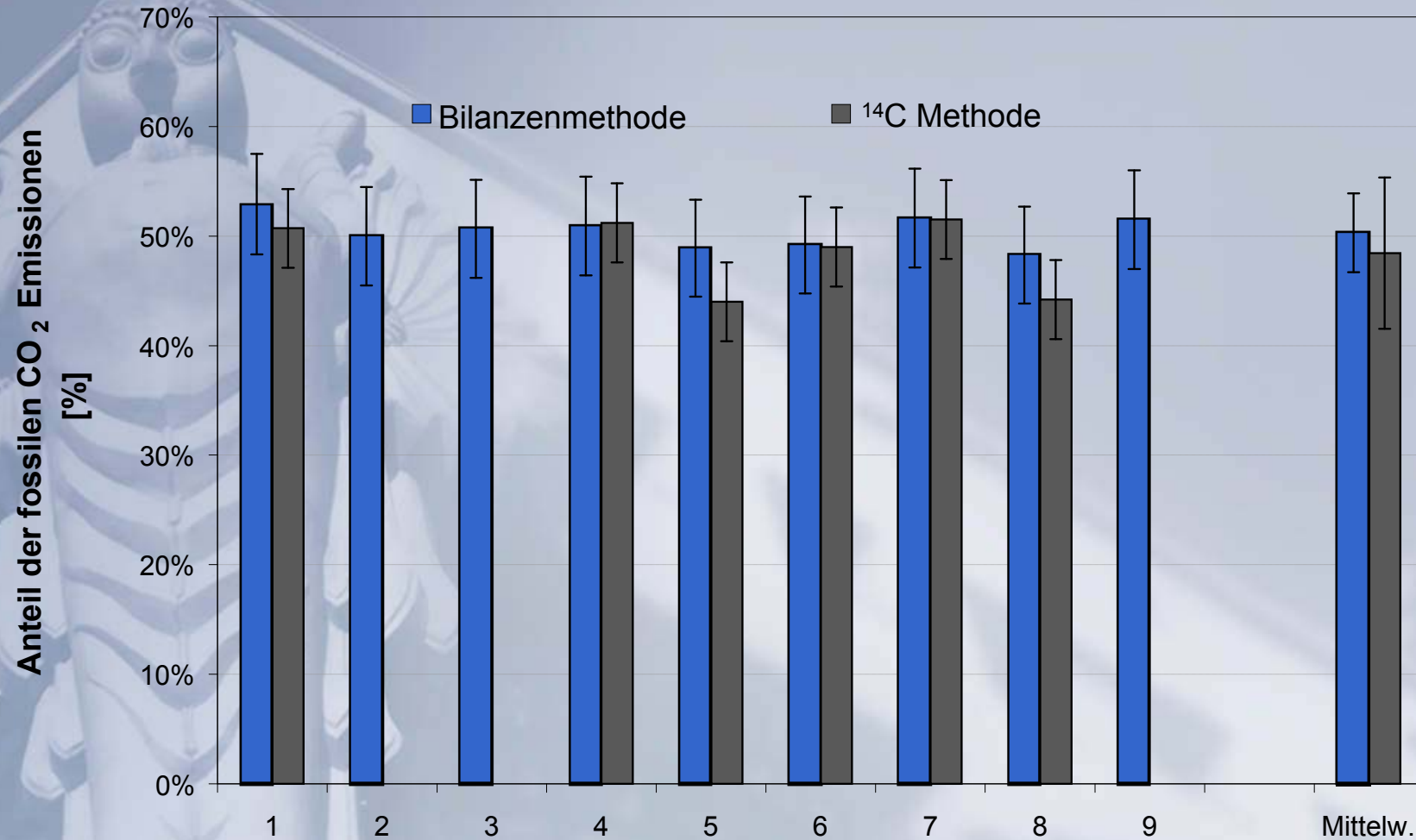
Resultate (Anteil fossiles CO₂ – MVA A)



Resultate (Anteil fossiles CO₂ – MVA B)



Resultate (Anteil fossiles CO₂ – MVA C)



Anteil fossile CO₂ Emissionen [%]

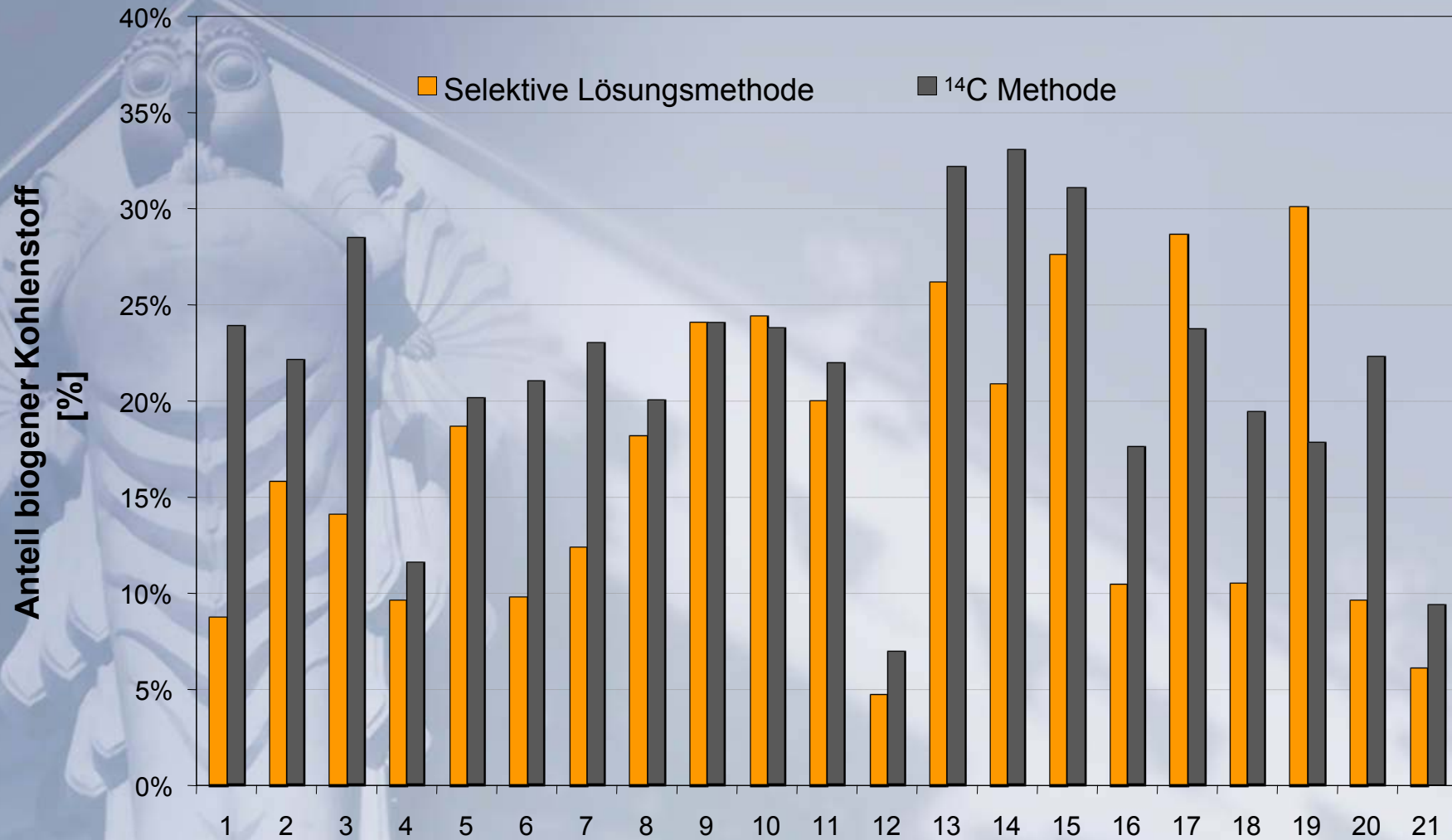
	KVA A	KVA B	KVA C	Mittelwert
¹⁴C Methode	46.9 ± 2.6	47.6 ± 8.2	48.4 ± 6.9	47.6 ± 1.5
Bilanzenmethode	48.1 ± 2.6	48.2 ± 2.8	50.3 ± 3.6	48.9 ± 2.4
Differenz (absolut)	-1.2	-0.7	-1.8	-1.2

CEN/TC 343/Working Group 3

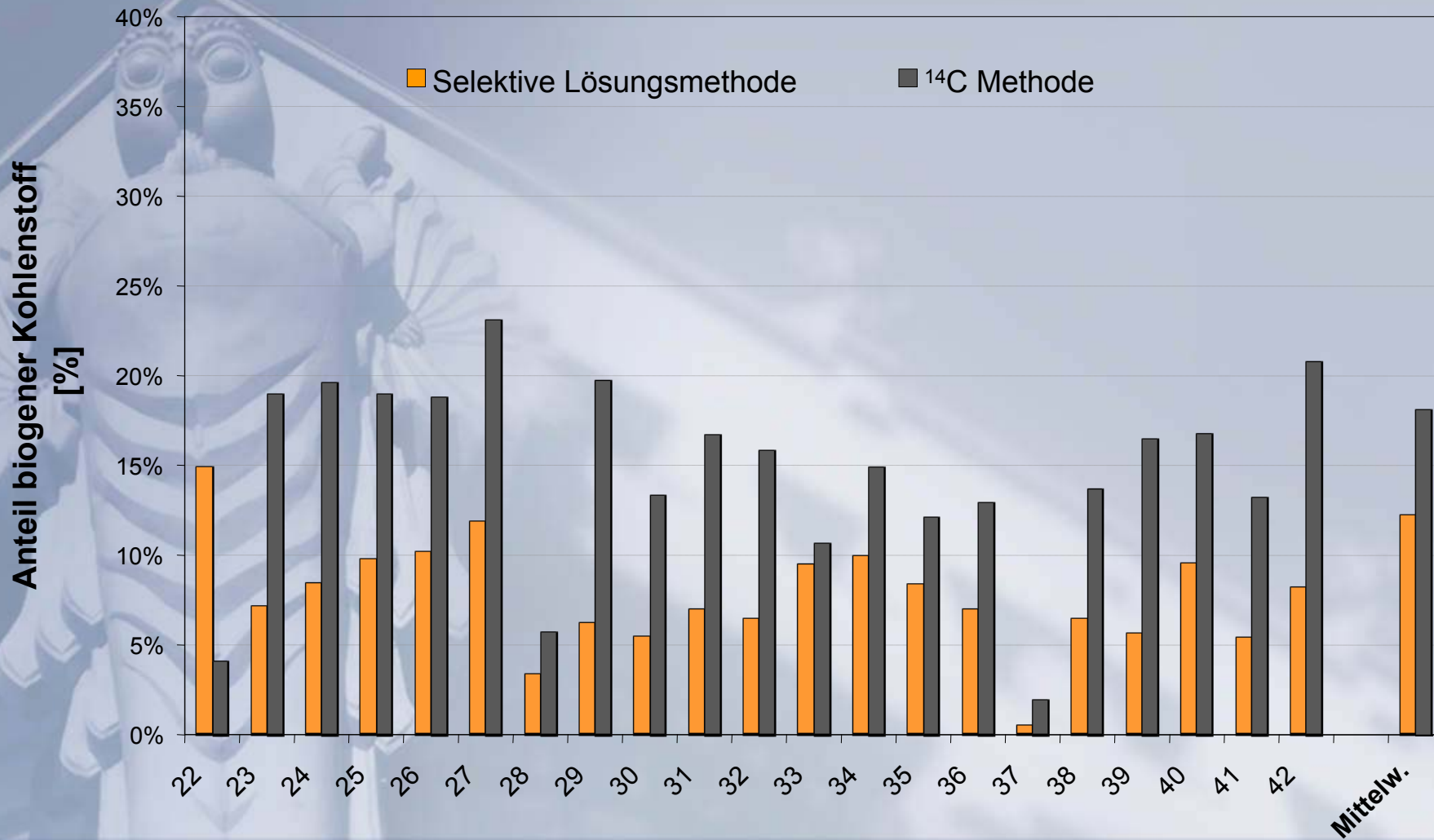
Solid Recovered Fuels

- Methods of Sampling
- Methods for Sample preparation
- **Methods for the determination of biomass**
- Report on the relative difference between biodegradable and biogenic fractions of SRF
- Guidelines on occupational health aspects

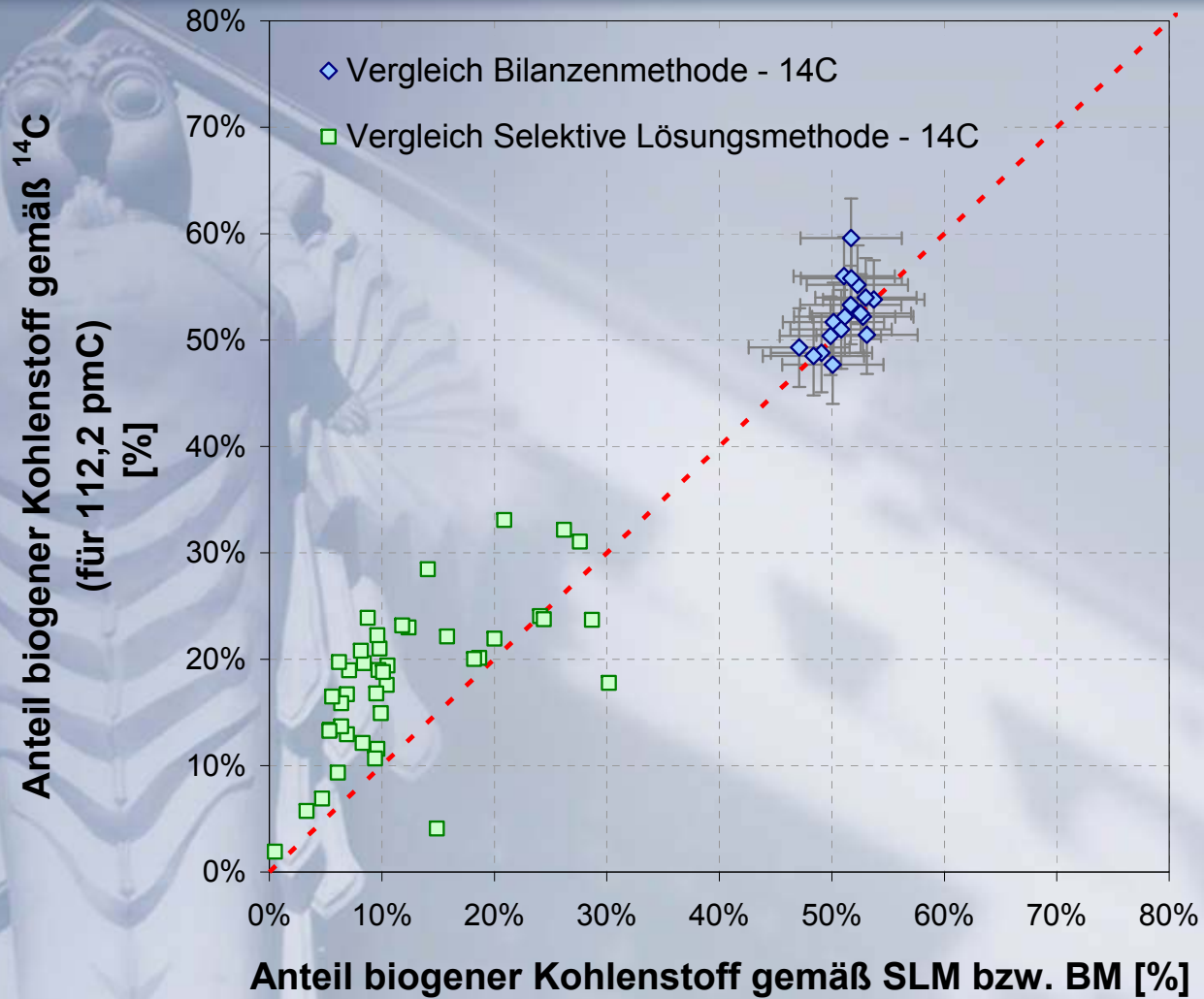
Resultate (^{14}C – Selektive Lösungsmethode)



Resultate (^{14}C – Selektive Lösungsmethode)



Zusammenfassung Vergleich



Selektive Lösungsmethode und Sortieranalyse –
große Unsicherheiten

geringe Unsicherheit von ^{14}C und BM ($\approx 4\%$)

sehr gute Übereinstimmung von ^{14}C und BM

zukünftig: Vergleichsmessungen über ein Jahr

A faded, light blue background image of a classical statue, likely the 'Athena' statue by Giovanni Stanetti, featuring an owl on its chest. The statue is positioned on the left side of the slide.

Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !

j.fellner@iwa.tuwien.ac.at