

# Die Produktion in Niedrigenergiegewächshäusern ist pflanzenbaulich möglich und wirtschaftlich sinnvoll

Fachsymposium ZINEG, 24.09. – 25.09.2014, Berlin



# ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS



## Öffentlichkeitsarbeit/Wissenstransfer

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

[www.zineg.de](http://www.zineg.de)

## Fachsymposium ZINEG – Programm 25.09.2014

- 8:30 Uhr            Begrüßung  
*Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau, Leibniz-Universität Hannover,  
Projektkoordinator*
- 8:40 Uhr            Grußworte  
*Jürgen Mertz, Präsident des Zentralverbands Gartenbau  
MinR Dr. Ingo Braune, Bundesministerium für Ernährung  
und Landwirtschaft  
Dr. Christian Bock, Landwirtschaftliche Rentenbank  
Dr. Hanns-Christoph Eiden, Präsident der Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung*
- 9:20 Uhr            Einleitung und Projekt-Übersicht  
*Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau, Leibniz-Universität Hannover*
- 9:30 Uhr            Niedrigenergiegewächshäuser für die Topfpflanzenproduktion  
– Darstellung der technischen Systemansätze  
*Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau, Leibniz-Universität Hannover*

- 9:50 Uhr            Niedrigenergiegewächshäuser für die Topfpflanzenproduktion  
– Pflanzenbauliche Ergebnisse aus den Teilprojekten  
Hannover und Osnabrück und Empfehlungen zur  
Kulturführung  
*Prof. Dr. Andreas Bettin, Hochschule Osnabrück*  
*Dr. Dirk Ludolph, Landwirtschaftskammer Niedersachsen*
- 10:10 Uhr            Gemüseproduktion im Solarkollektor-Gewächshaus und  
Darstellung eines Anwendungsbeispiels in der gärtnerischen  
Praxis  
*Prof. Dr. Uwe Schmidt, Humboldt-Universität zu Berlin*
- 10:35 Uhr            Tomatenanbau nach Öko-Richtlinien im hochisolierten  
Foliengewächshaus (einschließlich der Dokumentation des  
Ressourceneinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Bilanz)  
*Prof. Dr. Joachim Meyer, Technische Universität München*



- 
- 11:00 Uhr      Öffentlichkeitsarbeit und Praxis-Transfer der ZINEG-Projektergebnisse  
*Gabriele Hack, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,  
Mitglied des ZINEG-Projekt-Beirat*
- 11:10 Uhr      ZINEG aus Sicht der gärtnerischen Praxis  
*Thomas Koch, Lennestadt,  
Vorsitzender des ZVG-Technikausschuss*
- 11:30 Uhr      Gemeinsame Diskussion der dargestellten Ergebnisse
- 12:00 Uhr      Ende der Veranstaltung/Mittagsimbiss
- ab 13:00 Uhr      Möglichkeit zum Besuch des Deutschen Gartenbautages



# Zukunftsinitiative NiedrigenergieGewächshaus (ZINEG)

## Einleitung und Projekt-Übersicht

Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau, Projektkoordinator  
Leibniz Universität Hannover, Abt. Biosystemtechnik



## **Einleitung und Zielsetzung:**

### **Niedrigenergiegewächshaus**

mit möglichst niedrigem Energieverbrauch und niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen,  
Deckung des Restenergiebedarfes mit „CO<sub>2</sub>-neutralen“ Energieträgern

### **Endziel:** Unterglasproduktion

- ohne fossile Energieträger,
- ohne fossile CO<sub>2</sub>-Emissionen

→ **Systemorientierter Ansatz** zur Reduzierung des Energieverbrauches  
durch Kombination energiesparender Maßnahmen  
mit kulturtechnischen Maßnahmen

## **Transfer in die Praxis (Leuchtturmprojekte)**

## Projektförderung

Das Verbundvorhaben wird gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie der Landwirtschaftlichen Rentenbank unter Federführung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit Unterstützung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung



rentenbank

# ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS



Öffentlichkeitsarbeit/  
Wissenstransfer:



## Zukunftsinitiative NiedrigenergieGewächshaus (ZINEG)

### Niedrigenergiegewächshäuser für die Topfpflanzenproduktion Darstellung und Bewertung der technischen Systemansätze

Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau  
Leibniz Universität Hannover, Abt. Biosystemtechnik

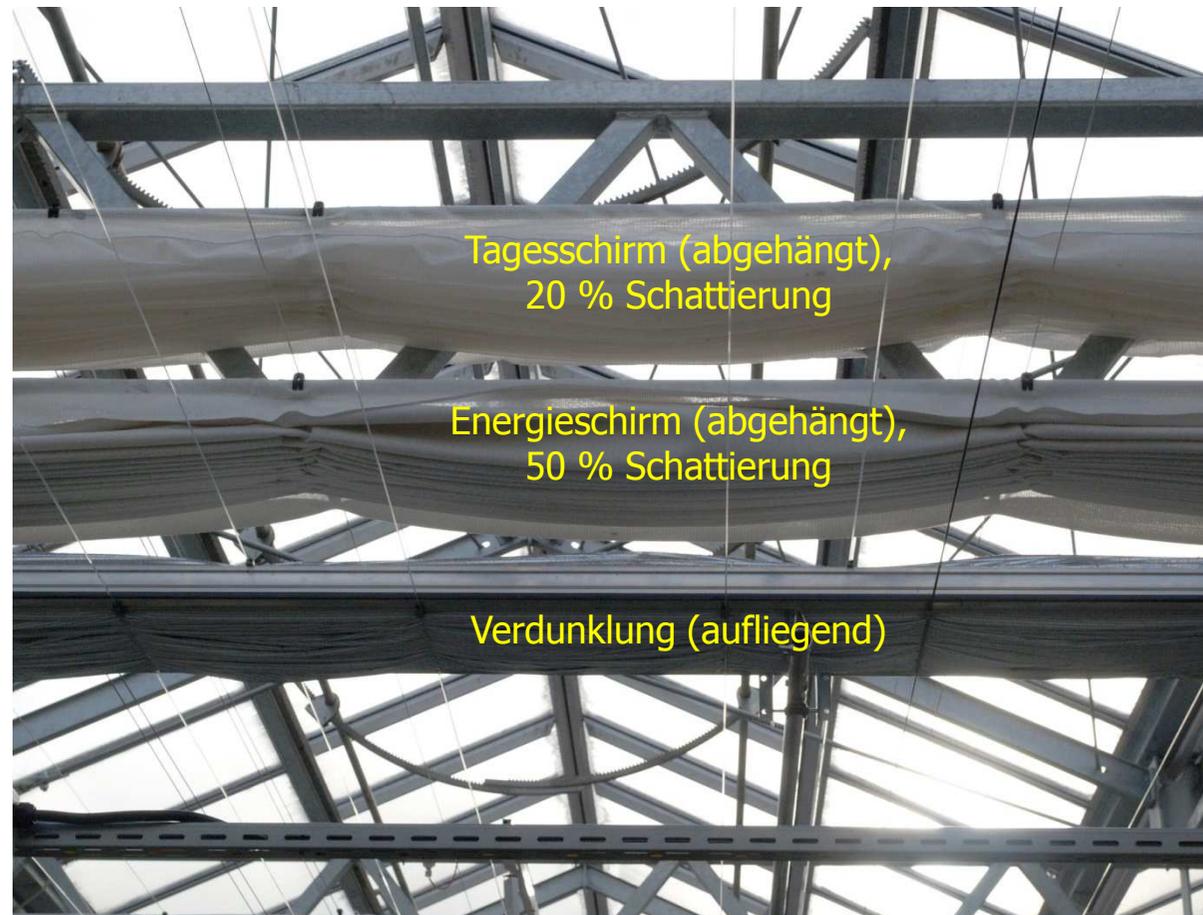


## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

### Konzept Hannover:

- **Kultur: Topfpflanzen**
- Anlagenkonzept:
  - Isolierverglasung im Dach
  - dreifach-Energieschirm
  - möglichst geschlossene Betriebsweise mit CO<sub>2</sub>-Düngung
  - Solarenergienutzung mit Tag-Nacht-Speicherung
  - energiesparende Regelstrategien (z.B. Temperatursumme)
- Fragestellung:  
Pflanzenqualität und Energieverbrauch im Niedrigenergiegewächshaus

## Konzept Hannover: Isolierverglasung im Dach antireflex-beschichtet + drei Energieschirme



## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

### Konzept Hannover: Komponenten der Solarenergienutzung



Wärmepumpe (28 kW)  
→ 30 W/m<sup>2</sup>



NT-Wärmetauscher



Warm- und Kalt-  
Wasserspeicher (50 m<sup>3</sup>)

## Niedertemperatur-Wärmetauscher (Gebläsekonvektoren)



## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

### Konzept Osnabrück:

- **Kultur: Topfpflanzen**
- Anlagenkonzept:
  - Wärmeschutzverglasung
  - energiesparende Regelstrategien
- Fragestellung:
  - Pflanzenqualität und Energieverbrauch unter Wärmeschutzverglasung (WSG)

## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

### Osnabrück

Prüfung der Produktionseigenschaften und des Energieverbrauches eines Niedrigenergie-Gewächshauses auf Basis beschichteter Gläser



## **Bewertung der technischen Systemansätze**

**Wärmeverbrauch / Energieeinsparung**

**Klimaveränderungen: Luftfeuchte, Transpiration,  
Lichtdurchlässigkeit**

**Ökonomische Bewertung**

**ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS**

Bewertung: **Wärmeverbrauch** Hannover und Osnabrück

Wärmeverbrauchscoeffizienten, Energieeinsparungen (nachts)  
im Vergleich mit einem Referenzhaus (Einfachglas + Energieschirm)

Maßnahme zur Wärmedämmung	gemessen	Einsparung
	$U_{cs}$ -Wert	Einfachglas + Energieschirm $U_{cs} = 4,6$
	W/(m <sup>2</sup> K)	%
Isolierglas	4,0	14
Isolierglas + Tagesschirm	3,0	38
Isolierglas + zwei Schirme	2,1	54
<b>Isolierglas + drei Schirme</b>	1,2	<b>74</b>
<b>Wärmeschutzverglasung</b>	1,4	<b>70</b>

## **Bewertung des Wärmeverbrauchs**

### **Hannover: Isolierverglasung + 3 Schirme**

→ ≈70 % Energieeinsparung nachts im Vergleich zum Referenzgewächshaus

### **Osnabrück: Wärmeschutzverglasung**

→ ≈70 % Energieeinsparung Tag und Nacht im Vergleich zum Referenzgew.

Mit dynamischen Regelstrategien sind bis zu 90 % möglich

→ passive Solarenergienutzung (bis zu 12 °C Differenz innen-außen)

Fragestellung: Kompensationspotential der Kultur?

## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

### **Veränderte Klimabedingungen:**

- erhöhte Luftfeuchtigkeit:
- verminderte Transpiration
- Lichtminderung
- niedrige CO<sub>2</sub>-Konzentration:

### Fragestellungen:

- Wie reagieren die Pflanzen?
- Wird die Qualität beeinflusst?

S. nächsten Beitrag

## **Empfehlungen für die Praxis (Hannover):**

### ➤ Verzicht auf aktive Solarenergienutzung:

- zu geringe Auslastung, Wärmebedarf von März bis Oktober gering
- elektrische Energie für NT-Wärmetauscher und Wärmepumpe
- Passive Solarenergienutzung sehr effektiv (ca. 12 K nachts)  
Speicherung im Boden etc.

### ➤ **Maßnahmen zur Energieeinsparung:**

- Dach PMMA-Stegdoppelplatte (Alltop) (Isolierglas AR-beschichtet)
- Stehwände Stegdreifachplatte
- drei Schirmsysteme, aufliegende Systeme, kleine Pakete
- Temperatursummenstrategien über eine Kulturperiode

## ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS

Rechnen sich die Mehrkosten für ein Niedrigenergiegewächshaus?

Beispiel Hannover

Referenzgewächshaus: Venlo-Bauweise mit Energieschirm, Stehwände doppelt, 10.000 m<sup>2</sup>

Hauptkomponenten	Referenzgewächshaus		ZINEG-Gewächshaus		Differenz
	Investitions- kosten €/ m <sup>2</sup>	jährliche Kosten €/ (m <sup>2</sup> a)	Investitions- kosten €/ m <sup>2</sup>	jährliche Kosten €/ (m <sup>2</sup> a)	
Dach (Stegdoppelplatten;)	55,00		80,00		
Stehwände (Stegdreifachplatten),					
Schattier- u. Gewebeschild	7,90		7,90		
Tagesschild			6,60		
Verdunklung			17,70		
gemischte Rohrheizung	13,00		7,00		
Zweikesselanlage für Erdgas	31,40		14,90		
<b>Investitionskosten € je m<sup>2</sup></b>	<b>155,90</b>	<b>14,50</b>	<b>182,30</b>	<b>18,90</b>	<b>+4,40</b>
<b>Heizkosten (Beispiel)</b>		<b>12,00</b>		<b>3,60</b>	<b>-8,40</b>

Cash-Flow = Mehrkosten/Energieeinsparung = 26,40/8,40 = 3,14 Jahre

**ZINEG ZUKUNFTSINITIATIVE NIEDRIGENERGIEGEWÄCHSHAUS**



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Weitere Informationen unter [www.zineg.de](http://www.zineg.de)

# Zierpflanzenproduktion in Niedrigenergie-Gewächshäusern

Ludolph, D. , Horscht, M. und Beßler, B.; LWK Niedersachsen, Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Ahlem



ZINEG Fachsymposium  
25. September 2014, Berlin

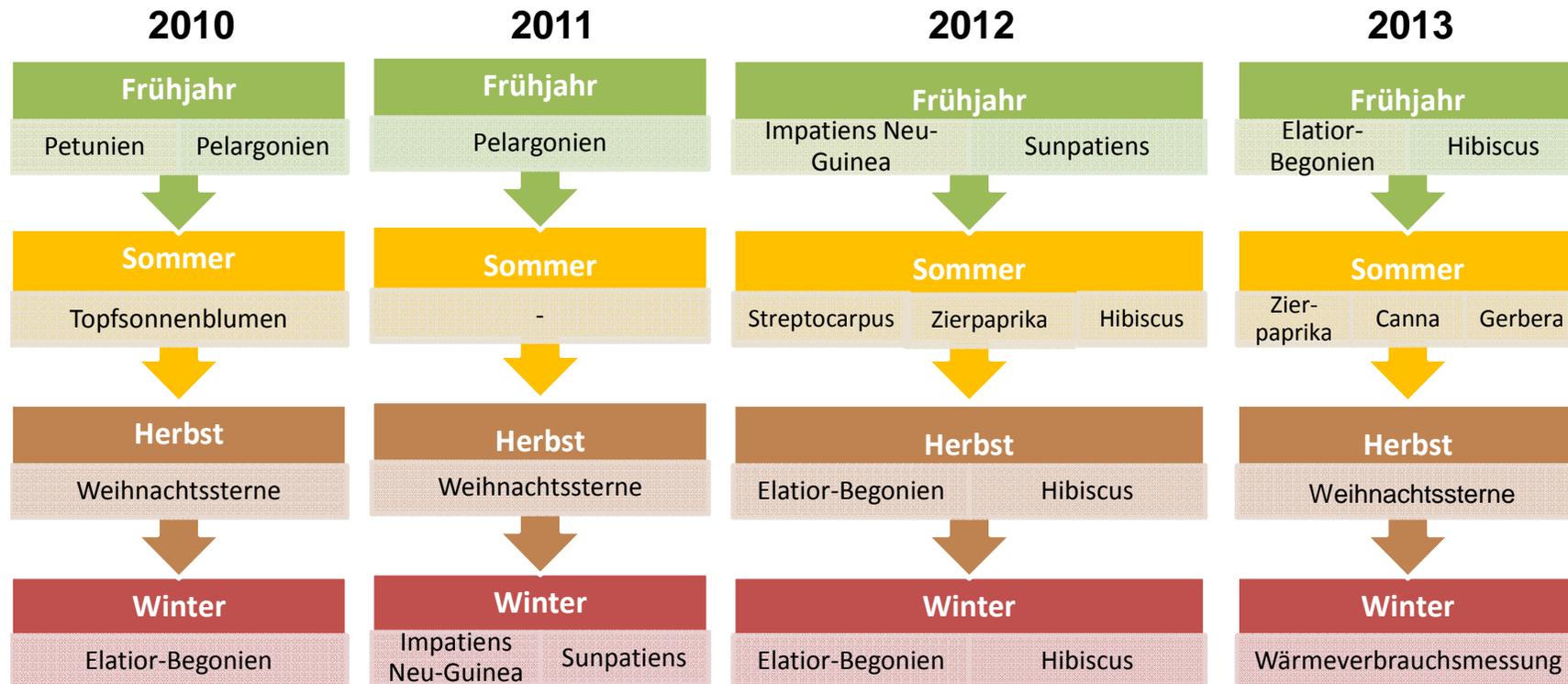
# Zierpflanzenproduktion in Niedrigenergie-Gewächshäusern



## Aussagen 2009:

- „Zu dicht!“
- „Zu feucht!“
- „Zu dunkel!“
- „Zu teuer!“

## Kulturen im Niedrigenergiegewächshaus Hannover-Ahlem



## Pelargonien

*Pelargonium zonale* 'Herma'



Konventionell

ZINEG  
„ohne Heizung“

ZINEG  
„mit WR“

TMT 17,2 °C

18,0 °C

17,7 °C

# Poinsettien



# Begonien

Nutzung mit Assimilationslicht (10-14 h/Tag)

ZINEG 1



ZINEG 2



Standard



Fotos: 15.03.2013

## Zierpaprika

### ZINEG 1

18 °C HT  
24 °C LT



### ZINEG 2

22 °C HT + CM  
28 °C LT



### Standard

18 °C HT  
20 °C LT



# Hibiskus

## ZINEG 1

18 °C HT  
28 °C LT



## ZINEG 2

20 °C HT  
26 °C WR  
28 °C LT



# Zierpflanzenproduktion in Niedrigenergie-Gewächshäusern



**2014:**

➤ **„Und es geht doch!“**

# Herausforderung:



- **Hohe Temperaturen und hohe Temperaturdifferenzen**

## Pelargonien



	Konventionell	Sparvariante ZINEG 1	Wärmerückgewinnung ZINEG 2
Heizung Tag/Nacht	16 / 14 °C	8 °C	14 °C
Lüftung	18 °C	28 °C	24 °C

## Zierpaprika



### Zineg 1

20 °C HT  
21 °C WR  
24 °C LT

Ø TMT: 22,9 °C

### Zineg 2

25 °C HT  
26 °C WR  
30 °C LT

Ø TMT: 25,1 °C

**Zineg 1**  
18 °C HT  
20 °C WR  
24 °C LT

**Zineg 2**  
22 °C HT + CM  
24 °C WR  
28 °C LT

**Standard**  
18 °C HT  
-  
20 °C LT

Sorte:  
'Mambo Yellow'



Sorte:  
'Medusa'



# Herausforderung:

## Hohe Temperaturen und hohe Temperaturdifferenzen



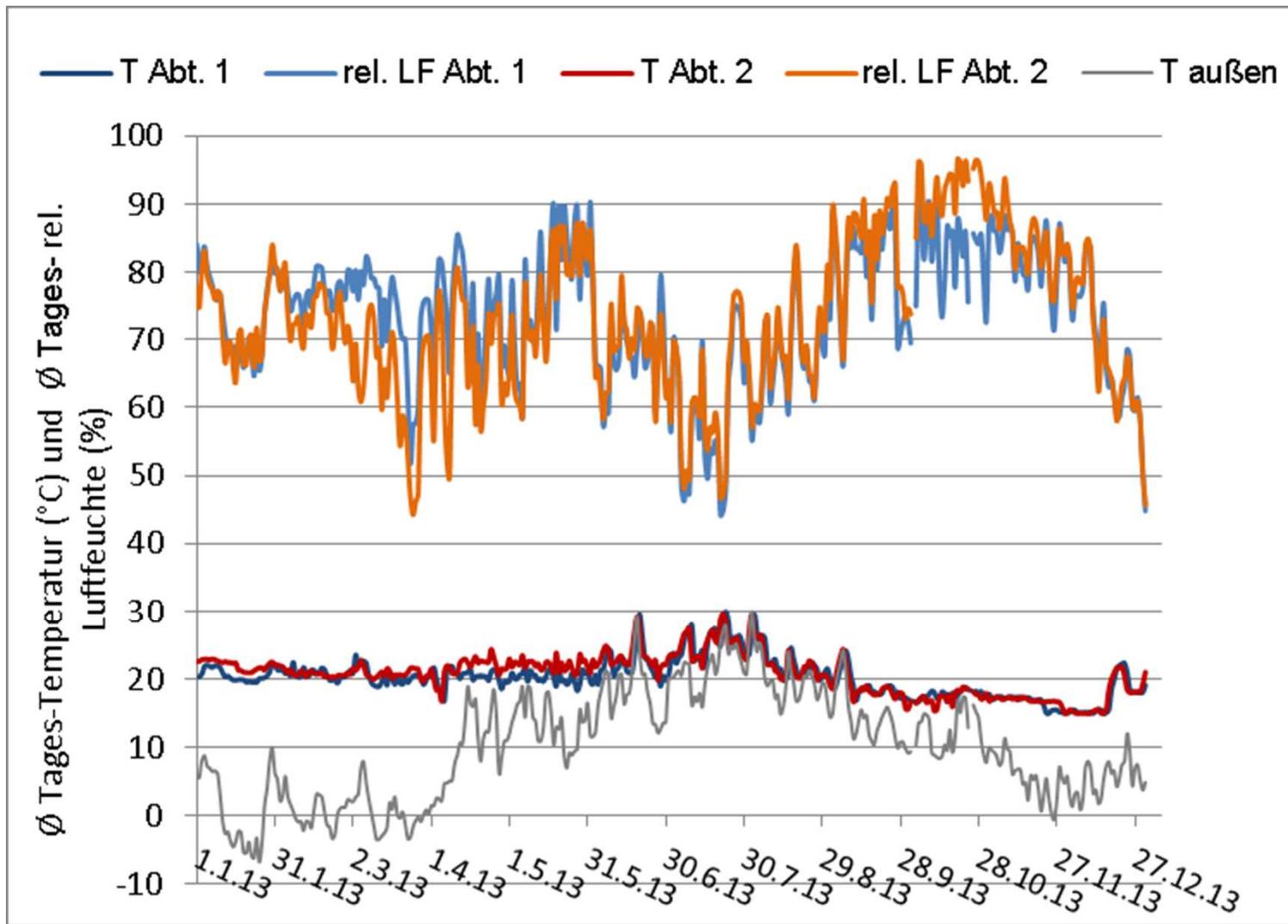
- **kulturspezifische Obergrenzen (> 25 °C)**
- **Anpassung und Kombination von Regelstrategien (z.B. Cool Morning)**
- ...

# Herausforderung:

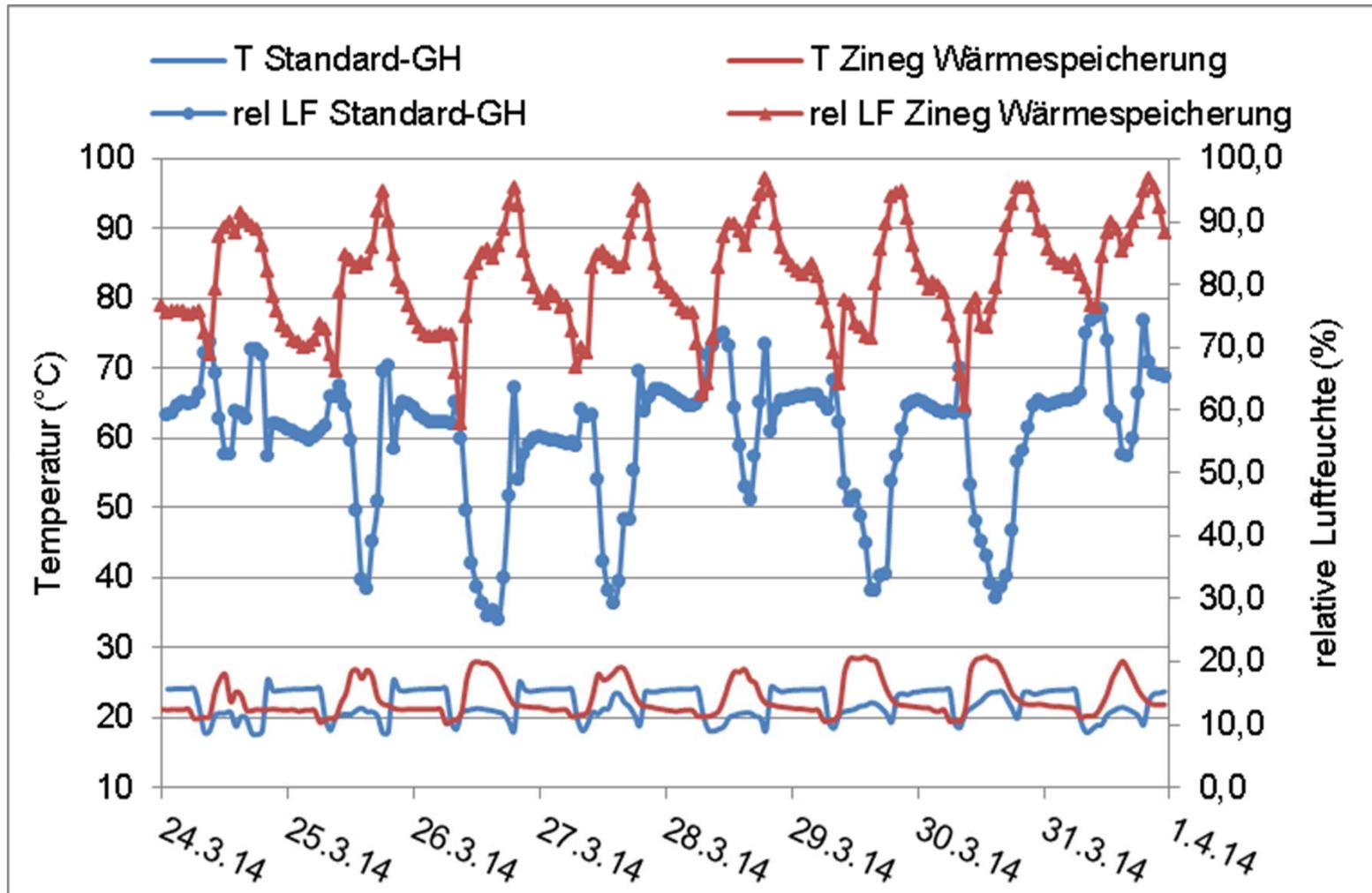
- Hohe Luftfeuchtigkeit



## Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%), Tagesmittel



## Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%), Stundenmittel



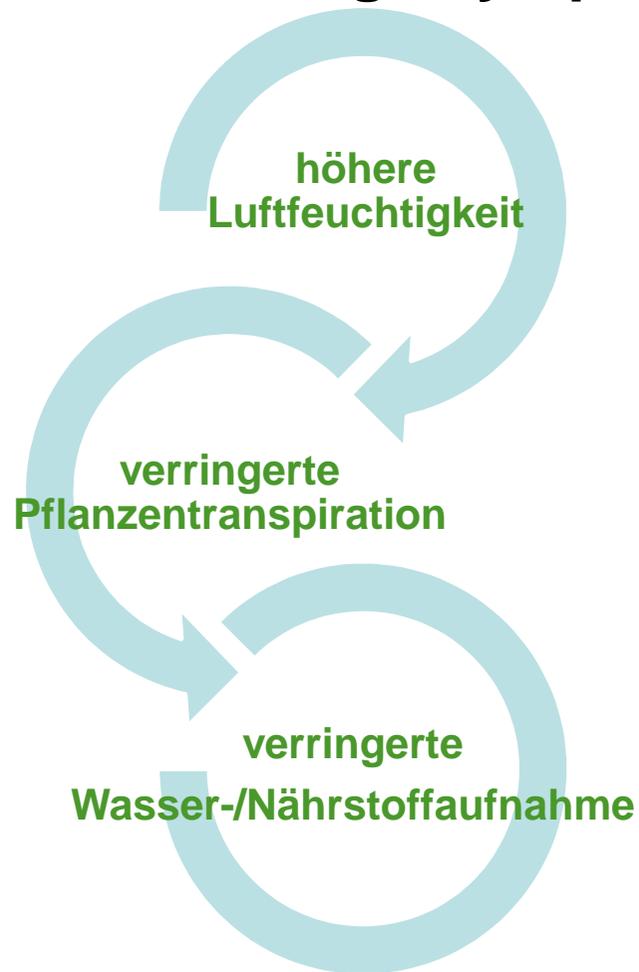
## Höhere Luftfeuchtigkeit – (k)ein Problem?!

### Kein deutlicher Anstieg von Pflanzenkrankheiten!

- **Leichte Luftbewegung durch das Heizsystem  
(ca. 0,2 m/s)**
- **Kein Strahlungsaustausch bei geschlossenen  
Schirmen**
- **Geringer Temperaturgradient im Gewächshaus**

## Höhere Luftfeuchtigkeit – (k)ein Problem?!

- bei üblichen Düngungskonzentration können Nährstoffmangelsymptome auftreten



Guttation und Nährstoffmangelsymptome bei Impatiens N.G. im Niedrigenergiegewächshaus

# Herausforderung:

## ➤ Lichtminderung



Isolierung führt zu Lichtminderung!



## Lichtminderung vs. Energieeinsparung



**13 kWh/m<sup>2</sup>**

**1,99 EUR**

**60 kWh/m<sup>2</sup>**

**1,99 EUR**

## Lichtminderung vs. Energieeinsparung

- **Kritische Phasen** (für die Topfpflanzenproduktion):
  - **Sommer:**        **nein**
  - **Herbst:**        **eher nein**
  - **Winter:**        **(eher) nein**
  - **Frühjahr:**     **je nach Kultur, Stadium,  
Endprodukt**

# Herausforderung:



- **Heizenergieeinsparung**

## Pelargonien



Konventionell

ZINEG  
„ohne Heizung“

ZINEG  
„mit WR“

kWh/m<sup>2</sup> 39,1

7,03

12,8

## Poinsettien



	Niedrigenergiegewächshaus		Standard-GH
	ZINEG 1	ZINEG 2	
Ø TMT im KT	16,5 °C	17,5 °C	17,0 °C
Heizwärme- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> )	6,8	13,0	64,4

**Jährlicher Energieverbrauch zur Wärmeversorgung des ZINEG-Gewächshauses. Auswertungszeitraum (Mittelwerte von März 2011 bis Februar 2013, nach Knösel 2013),  
Durchschnittstemperatur = 20,9 °C**

Quelle	Energieverbrauch	Energieverbrauch
Wärmeenergie	kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	%
Gesamt	<b>106</b>	100

**300 – 500 kWh/m<sup>2</sup>a Zierpflanzenbetriebe am Niederrhein**

# Weitere Aspekte:

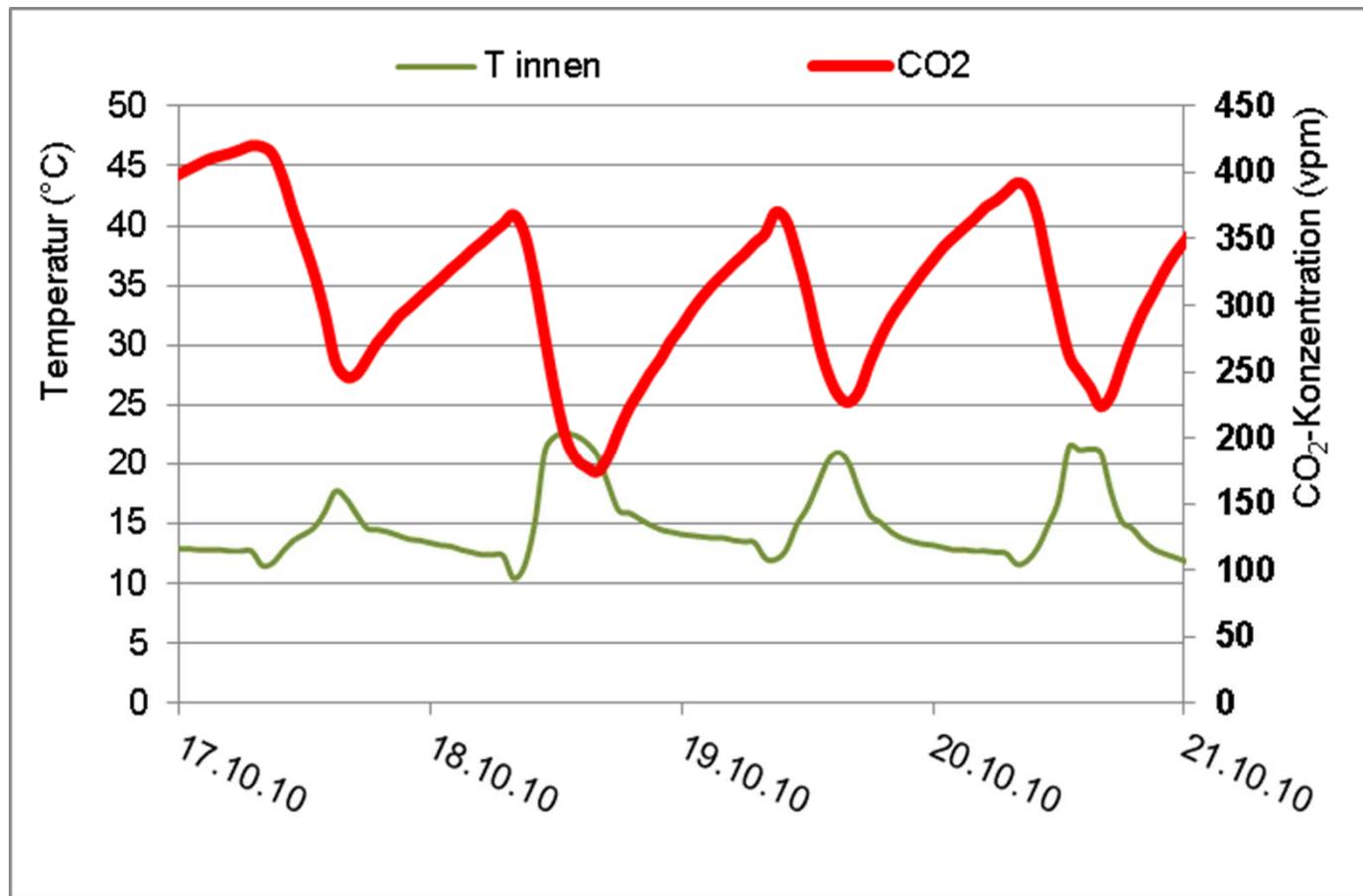


## Notwendigkeit bei (semi-) geschlossener Betriebsweise:



➤ **CO<sub>2</sub>- Angebot**

## CO<sub>2</sub>- Angebot



**Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration (Stundenmittel) bei Weihnachtssternen und geschlossener Lüftung.**

# Intensive Produktion im Winter

Nutzung mit Assimilationslicht (55 W/m<sup>2</sup> inst. Leistung)



**Nutzung mit Assimilationslicht (10-14 h/Tag)**

**ZINEG 1**



**ZINEG 2**



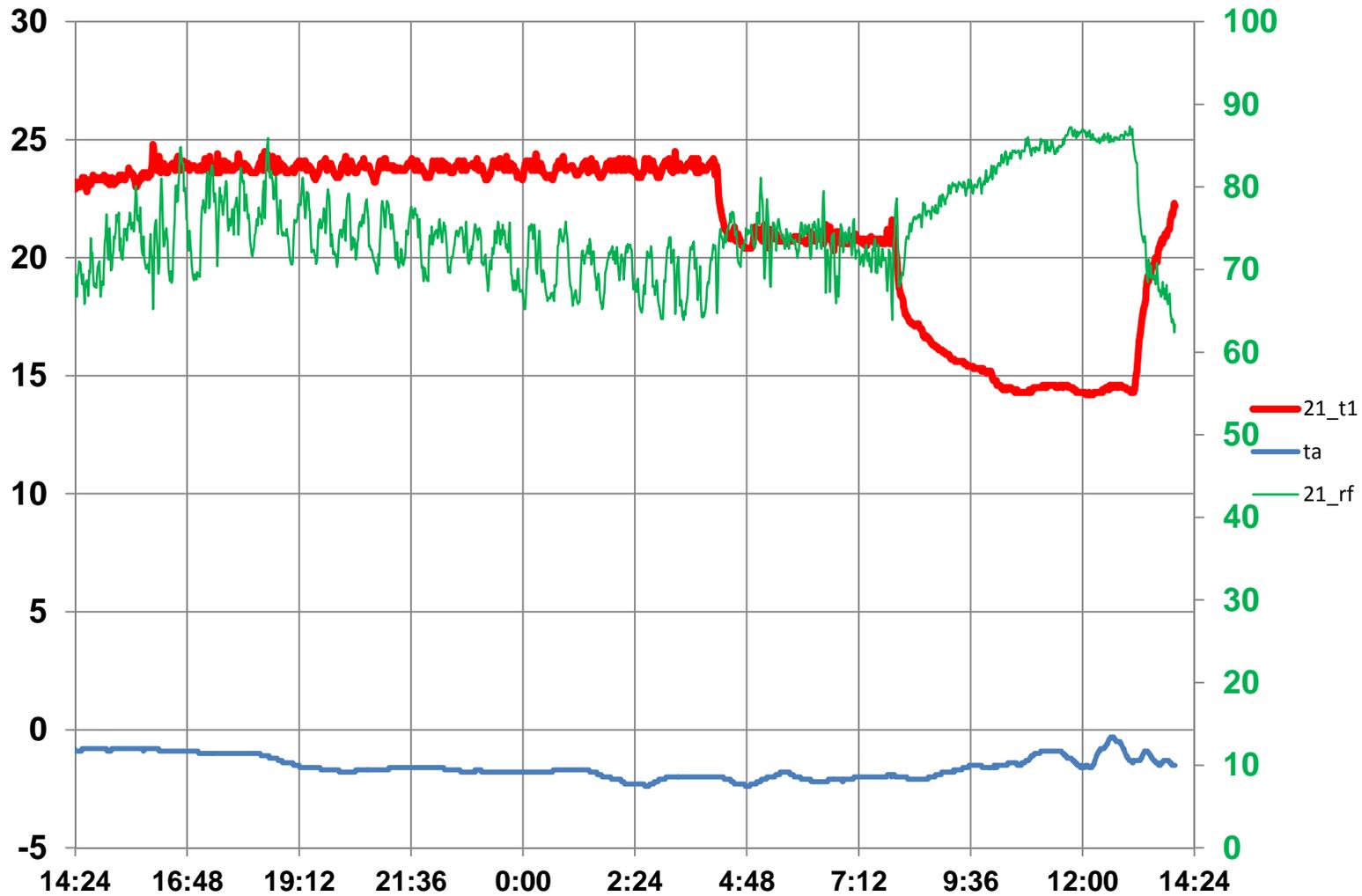
**Standard**



**Fotos: 15.03.2013**

Temperatur (°C)

Rel. Feuchte (%)



# Empfehlungen



- **erhöhte Luftfeuchtigkeit:**
  - trockene Kulturflächen
  - Entfeuchtungsregelung
- **verminderte Transpiration:**
  - Anpassung der Kulturmaßnahmen
  - reduzierte Bewässerungsintervalle
  - Erhöhung der üblichen Nährlösungskonzentration
- **Ventilatoren zur Luftzirkulation**
- **CO<sub>2</sub> Düngung**

# Herausforderungen für die Zukunft:

- **Schirmsteuerung**
- **Entfeuchtung**
- **Speicherung**

# Zierpflanzenproduktion in Niedrigenergie-Gewächshäusern



## Aussagen 2014:

- „Zu dicht?“ - Nein!
- „Zu feucht?“ - Nein!
- „Zu dunkel?“ - Kommt darauf an!
- „Zu teuer?“ - ??



# Zierpflanzenproduktion in Niedrigenergie-Gewächshäusern – Teil II

Bettin, A.; Rehrmann, P.; Römer, H.-P., Wilms, D. – Hochschule Osnabrück

## Teil II - Pflanzenanzucht unter Wärmeschutzglas

Kontrolle (Ko)



Wärmeschutzglas (WSG)



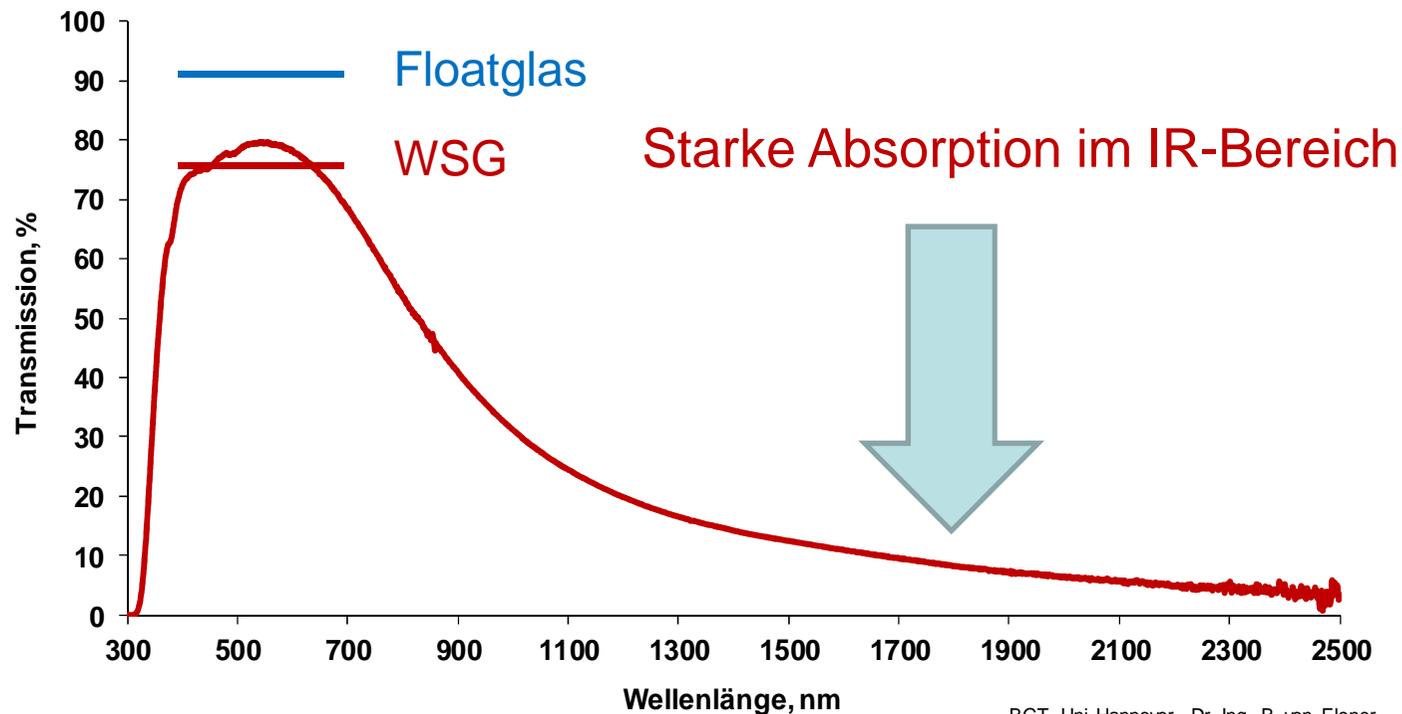
ca. 80 % Nettokulturfläche



## Merkmale von handelsüblichem Wärmeschutzglas ( $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

- Strahlungsminderung Globalstrahlung ca. 50 %
- Minderung der photosynthetisch wirksamen Strahlung gegenüber Floatglas 4 mm: ca. 15 %

WSG ZINEG OS beschSeite zum Empfänger



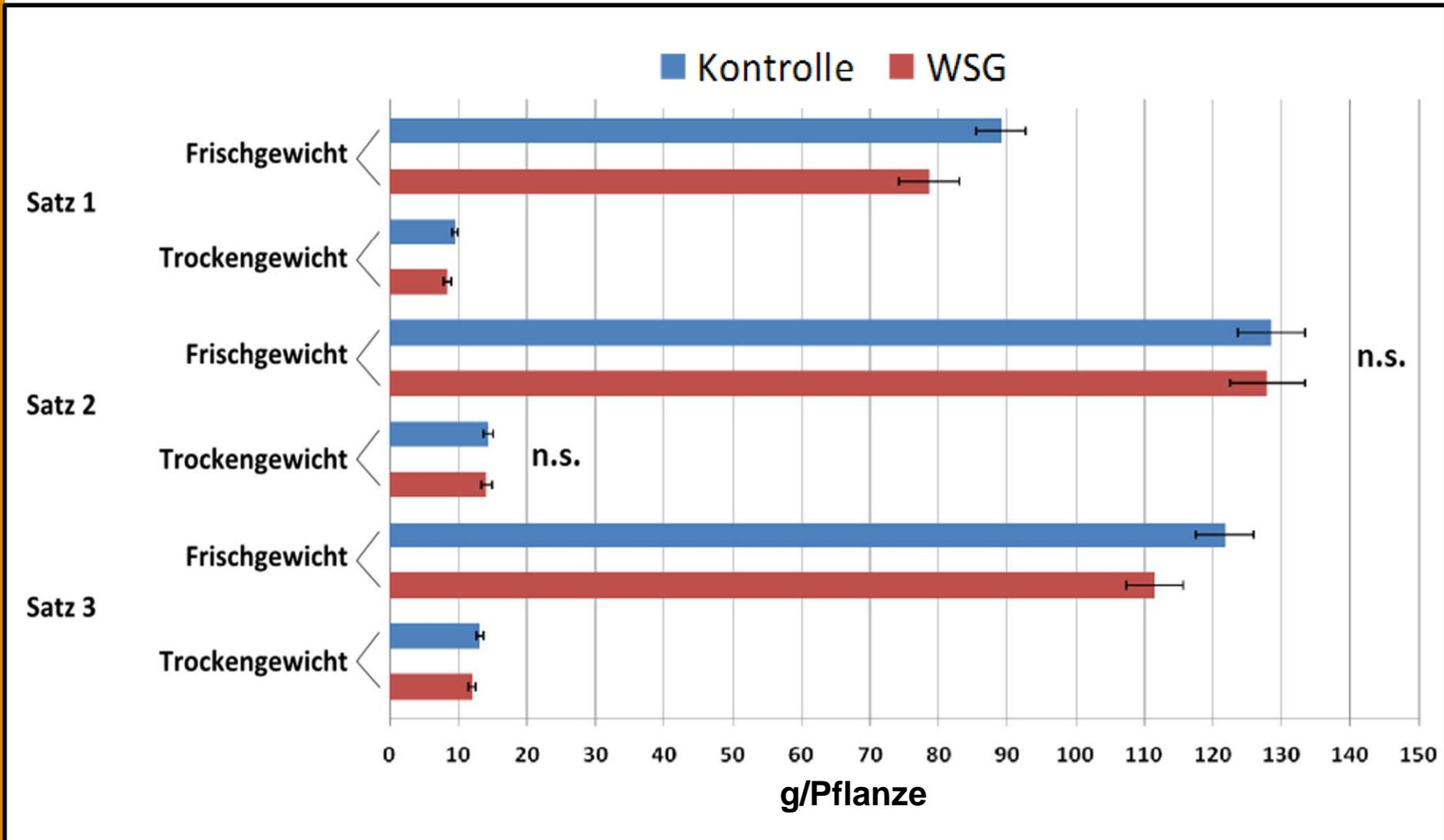


## Osnabrücker Ergebnisse 2011 – ( ohne Anpassungsmaßnahmen) – **in roter Farbe:**

- „Zu dicht?“ - Nein! - **dto.**
- „Zu feucht?“ - Nein! - **Kein Pilzbefall**
- „Zu dunkel?“ - Kommt darauf an! - **dto.**
- „Schlechtere Qualität?“ - **nein**



# Gewicht von Zonalpelargonien 'Tango Dark Red' in Abhängigkeit von der Verglasungsart des Gewächshauses





## Aufsicht auf Zonalpelargonien 'Tango Dark Red'

Kontrolle

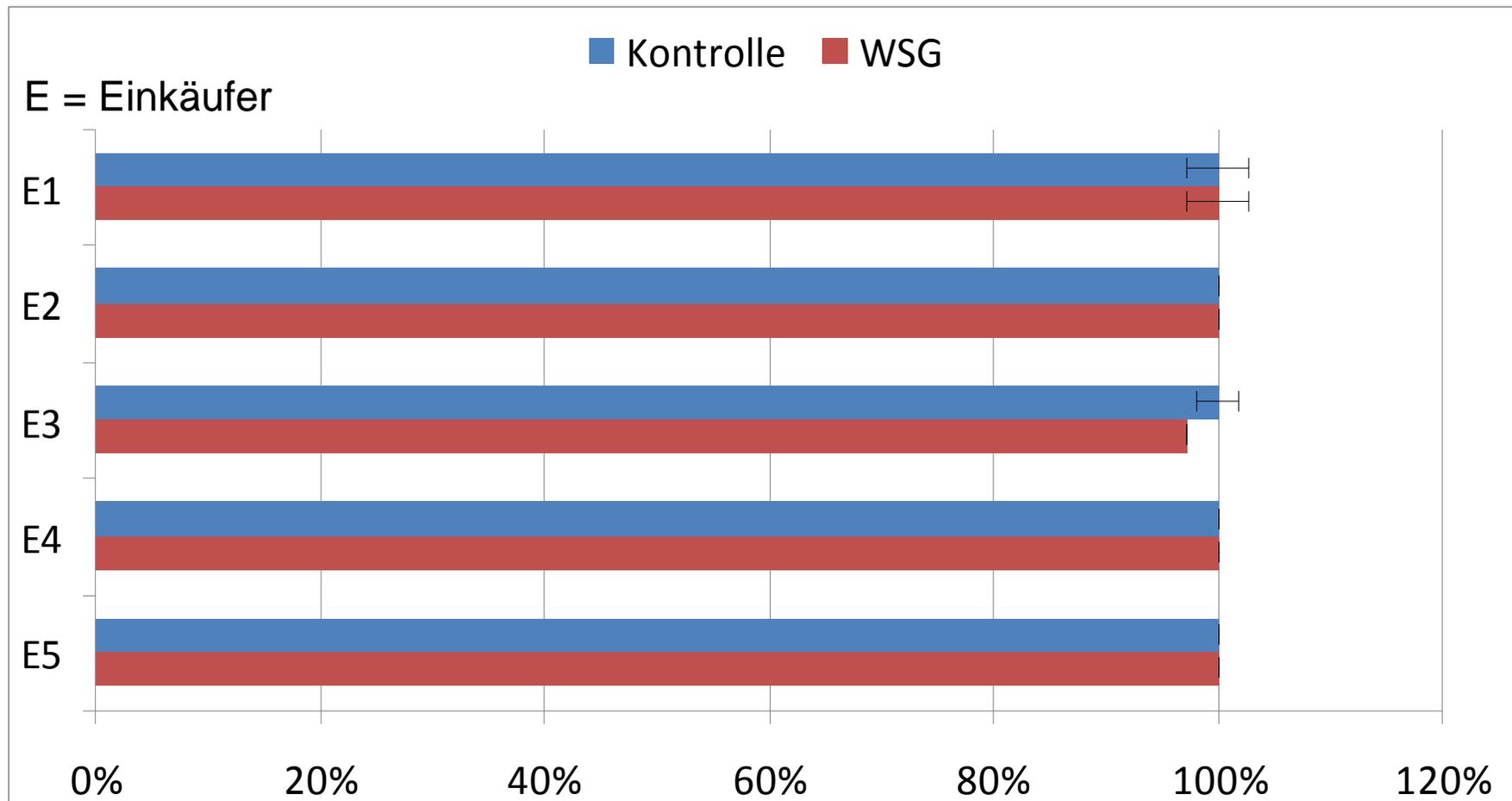


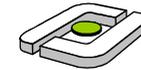
Wärmeschutzglas





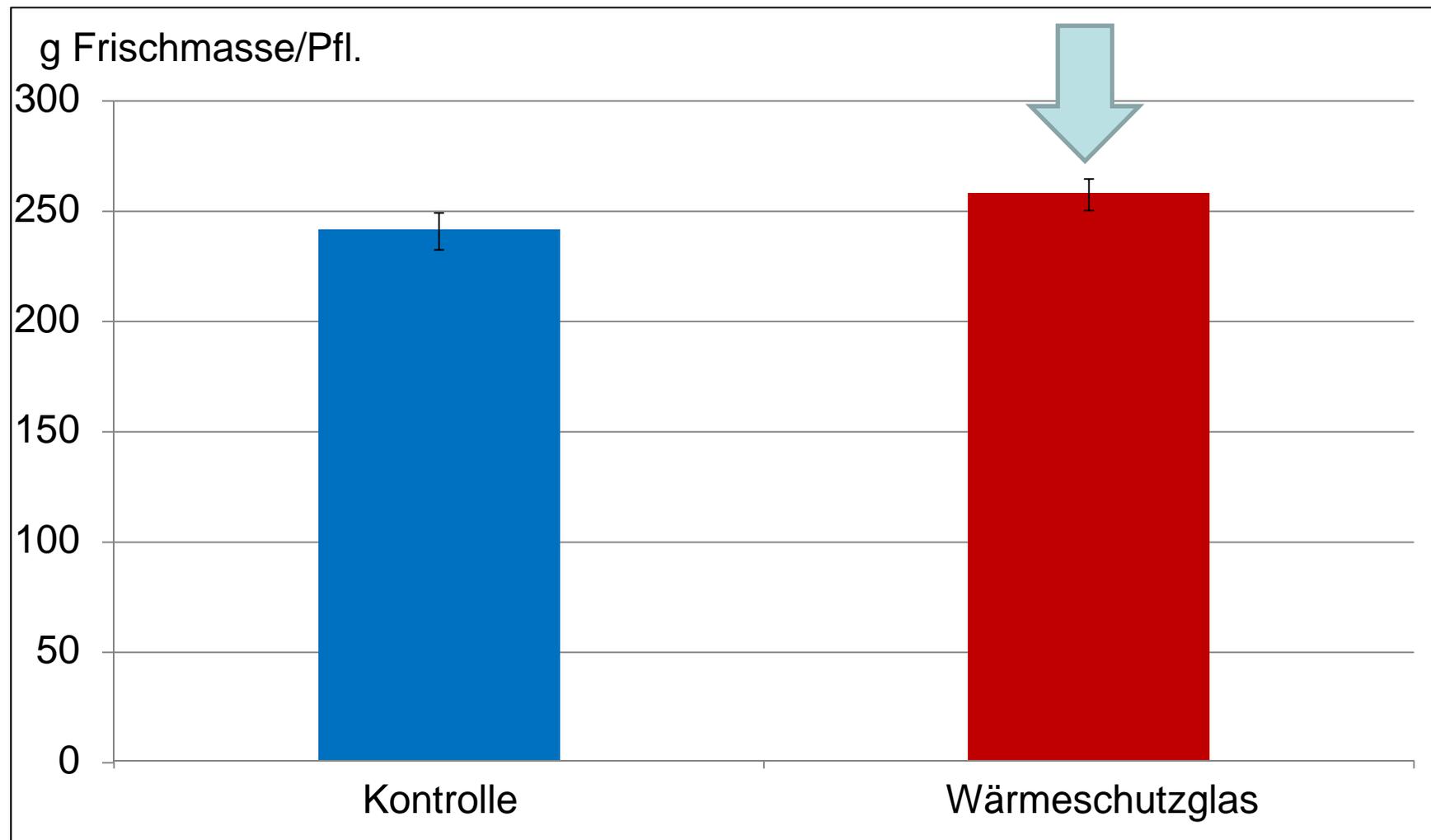
# Relative preisliche Bewertung von Zonalpelargonien 'Tango Dark Red' in Abhängigkeit von der Verglasungsart des Gewächshauses





Unter **Wärmeschutzglas** war im **Sommer** bei Elatiorbegonien **keine Schattierung** notwendig! → Folge: z.T. leicht größere Pflanzen

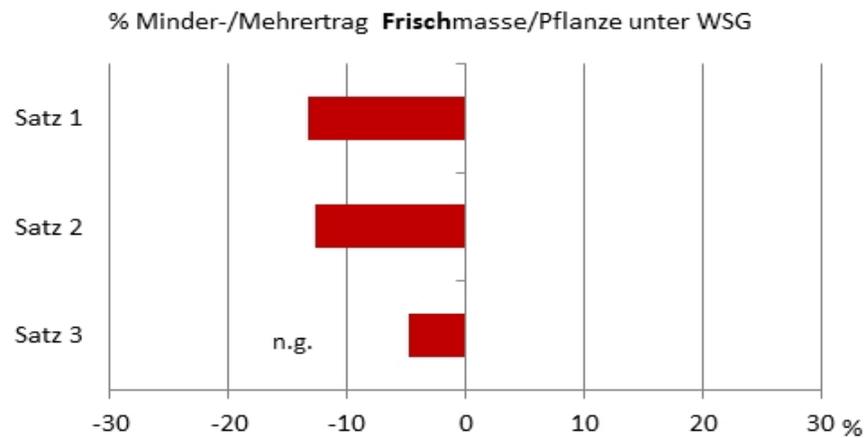
**Erhöhter Hemmstoffbedarf**



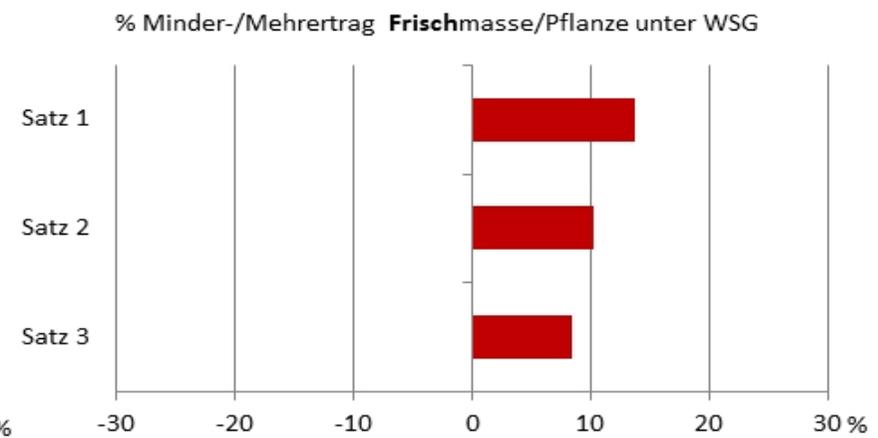


# Relative Pflanzenmassen von Impatiens Neuguinea 'Timor' unter Wärmeschutzglas (WSG) im Vergleich zur Kontrolle in den Jahren 2011 und 2012

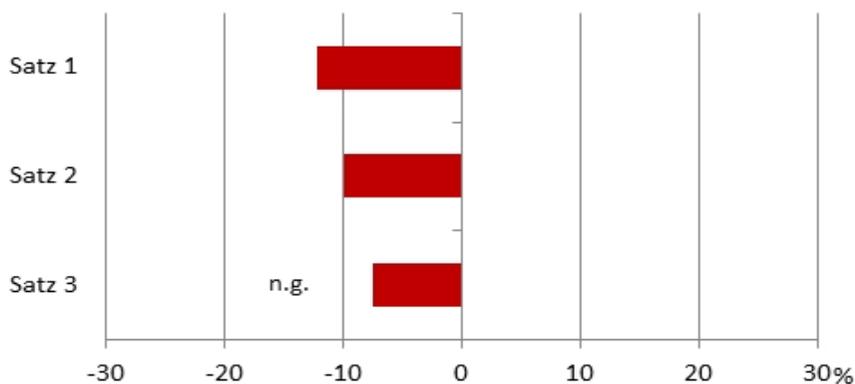
2011 - ohne CO<sub>2</sub>-Düngung unter WSG



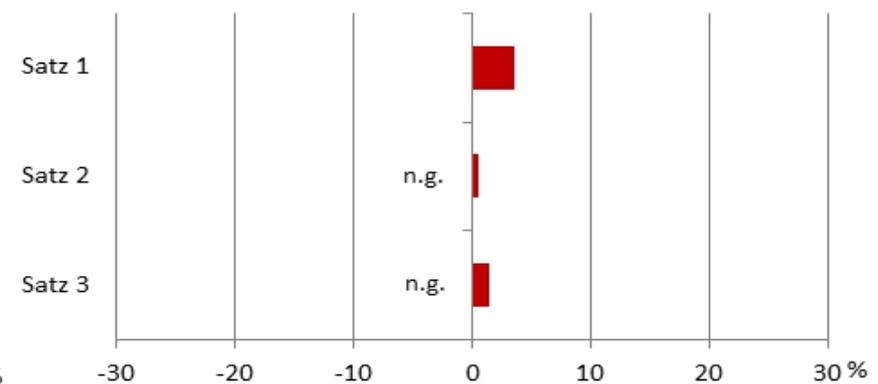
2012 - mit CO<sub>2</sub>-Düngung unter WSG

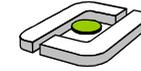


% Minder-/Mehrertrag **Trockenmasse**/Pflanze unter WSG



% Minder-/Mehrertrag **Trockenmasse**/Pflanze unter WSG





# Habitus von Poinsettien 'Primero' in Abhängigkeit von der Verglasungsart des Gewächshauses, Kohlendioxiddüngung und weiterer Lichtminderung durch einen Tageslichtschirm (ca. 30 %)

Kontrolle



WSG

→ ca. 15 %

Lichtminderung



Sollwert  
800 vpm  
CO<sub>2</sub>

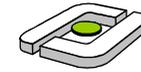
WSG+

Tageslichtschirm

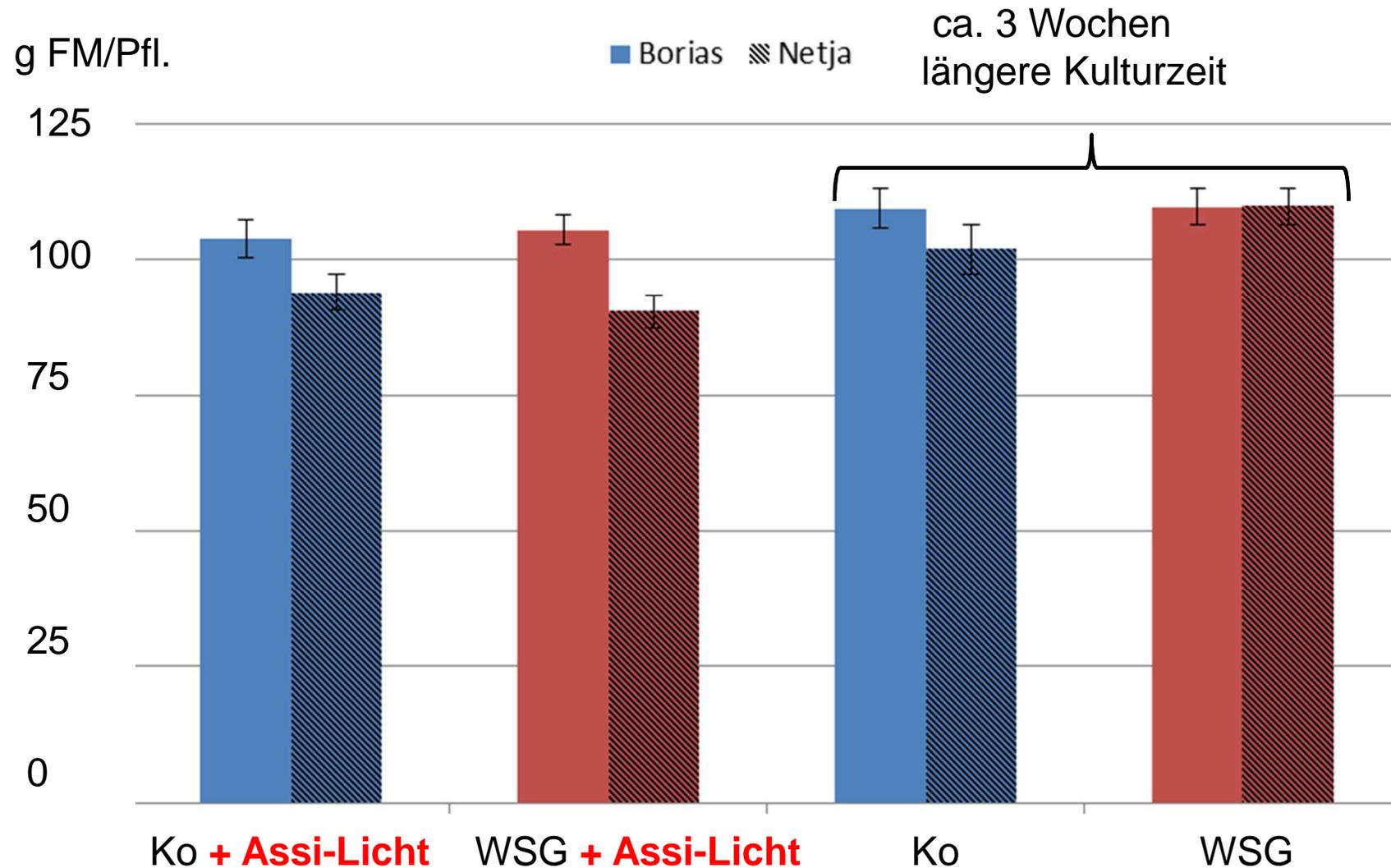
→ ca. 15 % + 30 %

Lichtminderung





# Wachstum von Elatiorbegonien 'Netja' bei unterschiedlichem Bedachungsmaterial und Zusatzbelichtung





# Einfluss von Bedachungsmaterial und Assimilationsbelichtung auf den **Habitus von Elatiorbegonien** 'Netja' zu Kulturende



mit Assi-Licht



ohne Assi-Licht



## Globalstrahlung in Mitteleuropa im Jahresverlauf

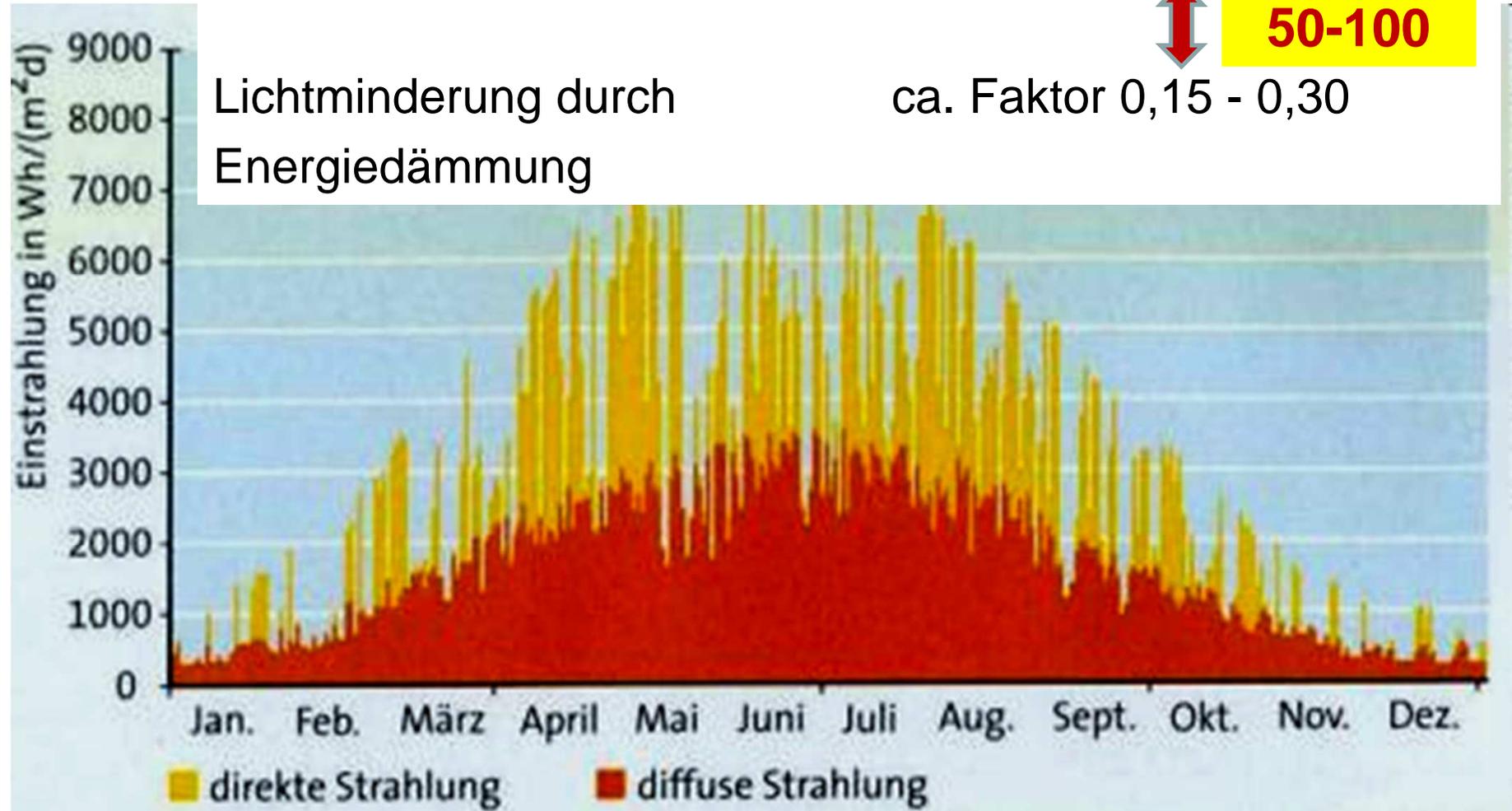
Schwankung Sommer - Winter: ca. Faktor 10 - 15



**50-100**

Lichtminderung durch  
Energiedämmung

ca. Faktor 0,15 - 0,30





- Eine Produktion marktüblicher Topfpflanzen in einem Niedrigenergiegewächshaus ist ohne Qualitäts-/Preiseinbußen möglich.
- Die Wachstumsminderung bei geringerem Lichtangebot lässt sich technisch durch  $CO_2$ -Düngung oder Assimilationslicht kompensieren!
- Die Kompensationsmaßnahmen wurden von erfahrenen Einkäufern nicht honoriert !!
- Es kann sich lohnen, bei Topfpflanzen auf etwas Licht zu verzichten, wenn damit erheblich Energie eingespart werden kann !!!



# Neu errichtetes Niedrigenergie-Gewächshaus im Orchideen-Betrieb Dürbusch, Rheda-Wiedenbrück





Für die Unterstützung bei der **preislichen Bewertung der Zierpflanzen** geht ein **herzlicher Dank** an:

**Gärtnerei vor dem Berge**, 49597 Rieste

**Gärtnerei Budke**, 49090 Osnabrück

**Gärtnerei Haucap**, 49143 Bissendorf, OT Natbergen

**Landgard Cash und Carry**, 49082 Osnabrück

**Gärtnerei Wallenhorst**, 49124 GM-Hütte, OT Kloster Oesede

Herrn **Dr. Burkhard v. Elsner**, Hannover danken wir sehr für die **spektralen Strahlungsmessungen** am Wärmeschutzglas

# Zukunftsinitiative Niedrigenergiegewächshaus

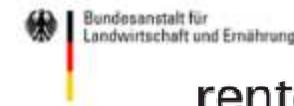
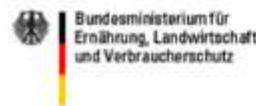


Teilprojekt HU-Berlin: Geschlossene Betriebsweise von Gewächshäusern unter Nutzung solarer Überschussenergie - Solarkollektorgewächshäuser

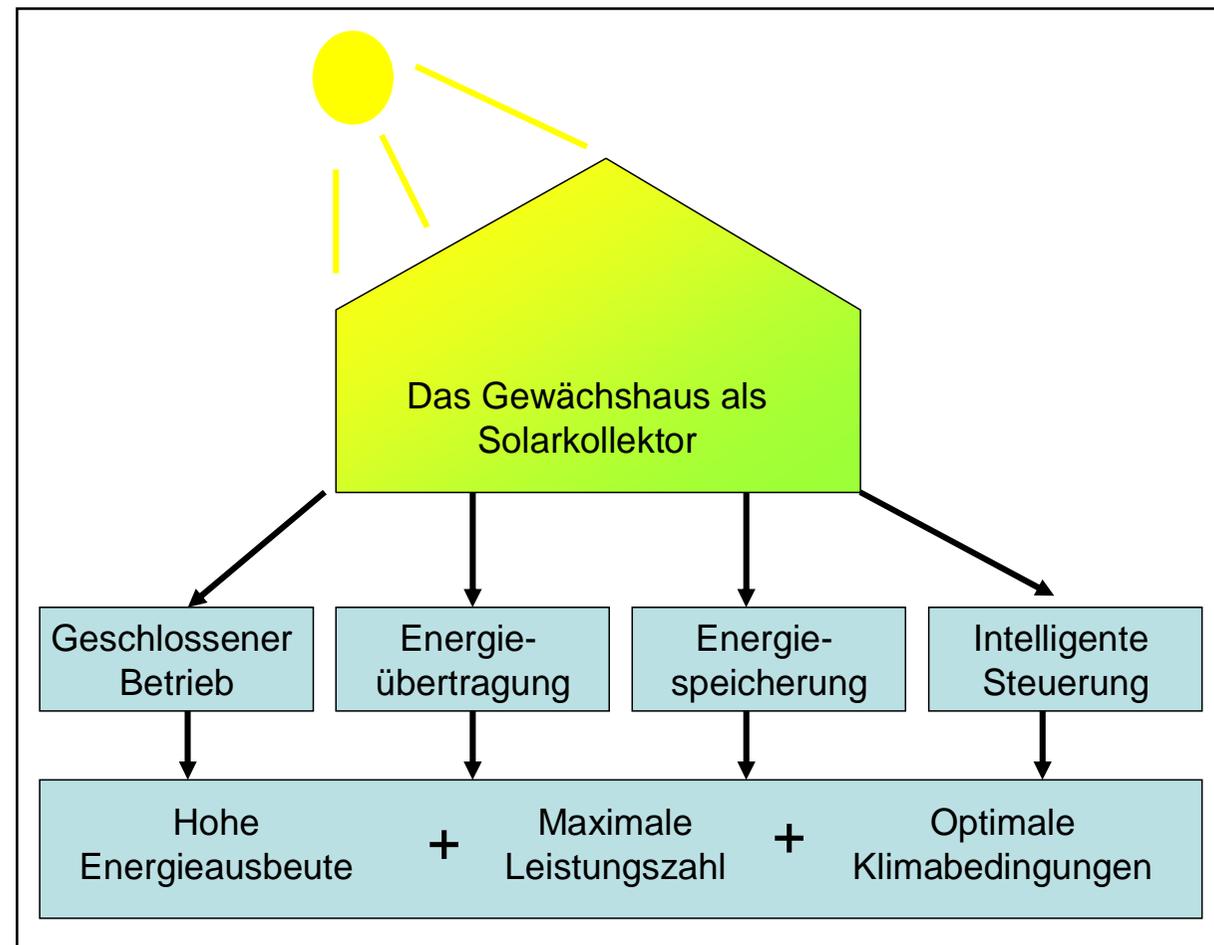
Prof. Dr. Uwe Schmidt, Dr. Dennis Dannehl, Dr. Ingo Schuch, Dr. Thorsten Rocksch  
Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät  
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften  
Fachgebiet Biosystemtechnik

1. Komponenten des Berliner Konzeptes
2. key results
3. technischer Lösungsvorschlag
4. ZINEG geht in die Praxis

gefördert durch



rentenbank

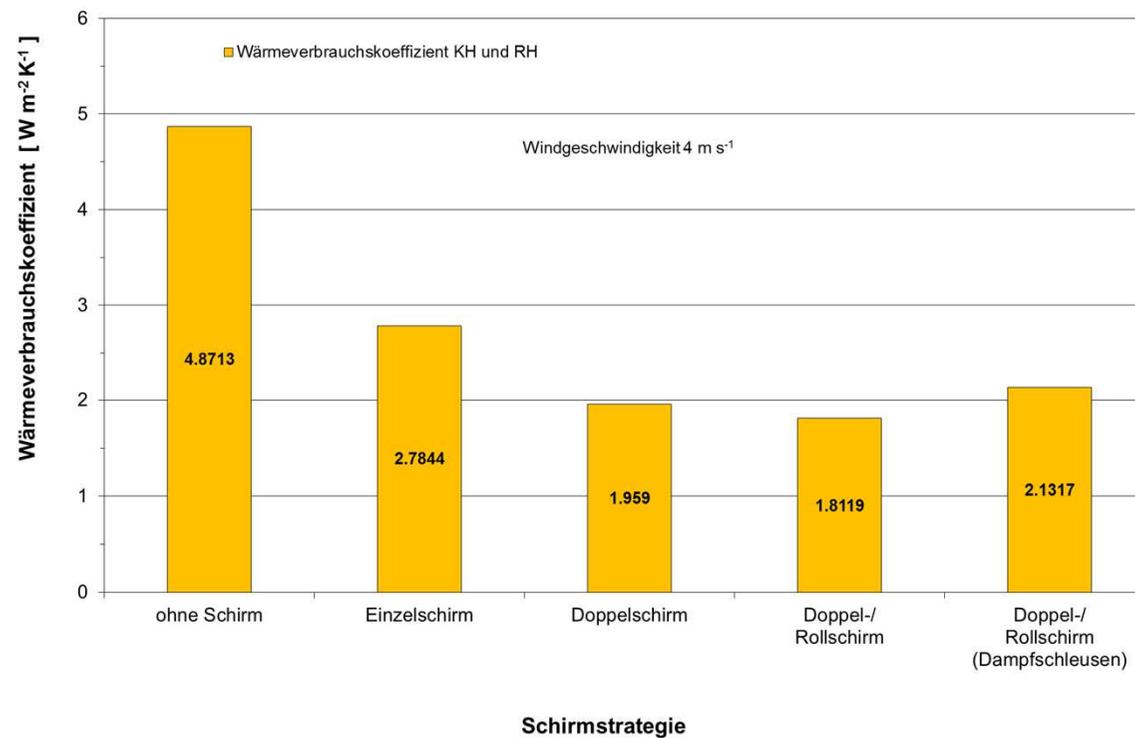


# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Das Gewächshaus



energiesparendes Gewächshaus mit geringer Luftaustauschrate, Doppelverglasung im Stehwandbereich, Doppelschirmsystem im Dachbereich (getrennt ansteuerbar)



# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Integration der Wärmepumpe



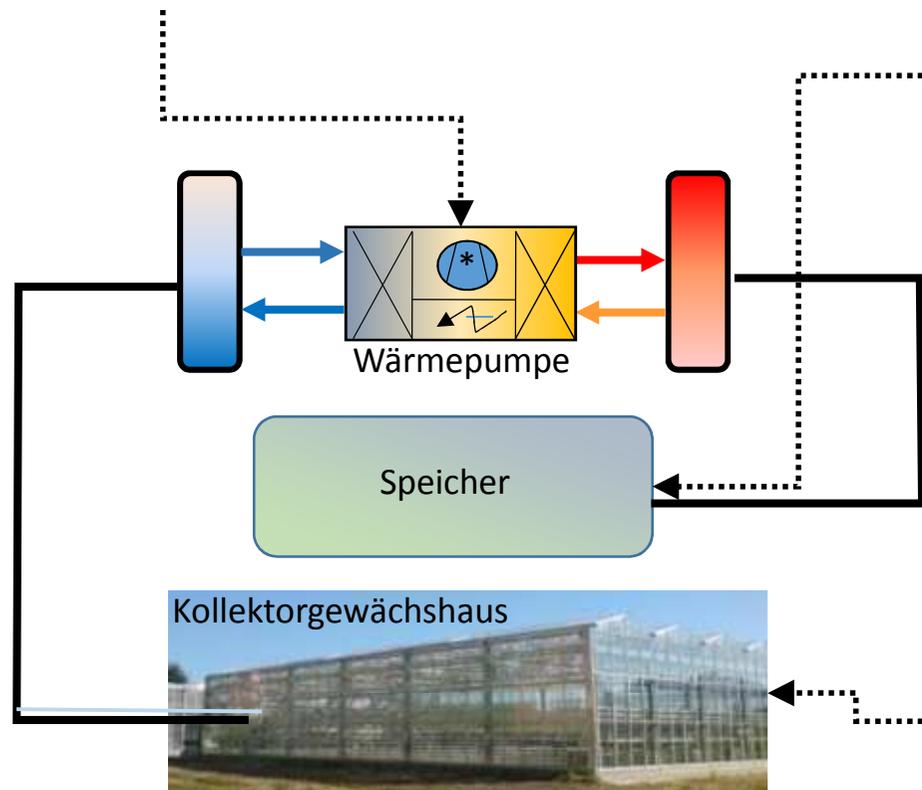
### Die Wärmepumpe

- Sorptionswärmepumpen
- **Kompressionswärmepumpen**



### Automation

- stand alone system
- **embedded system**



### Der Wärmespeicher

#### Wasser

- unterirdisch (Aquifer)
- **oberirdisch (Tank, Lagune)**
- Boden und Gestein
- Erdspeicher (Sonden)
- Schotterspeicher
- Phasenwechselmaterialien
- Salze, Parafine
- Eis

### Das Gewächshaus mit Kühlsystem

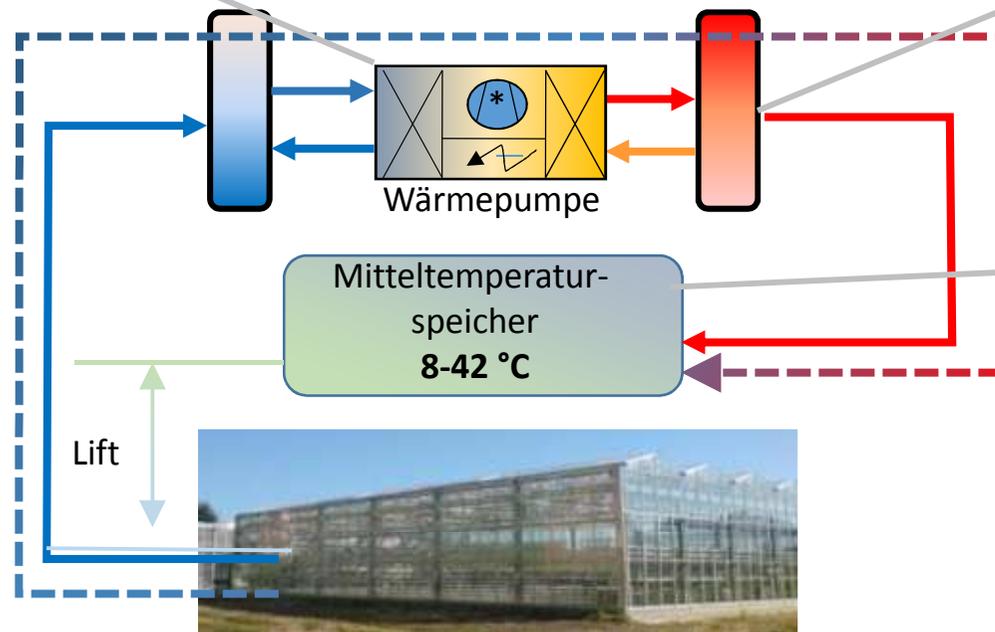
- geschlossen
- **semigeschlossen**
- Wärmetauscher mit Gebläse
- **freie Konvektionskühlung (stille Kühlung)**

# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Integration der Wärmepumpe



Wärmepumpe und deren Integration



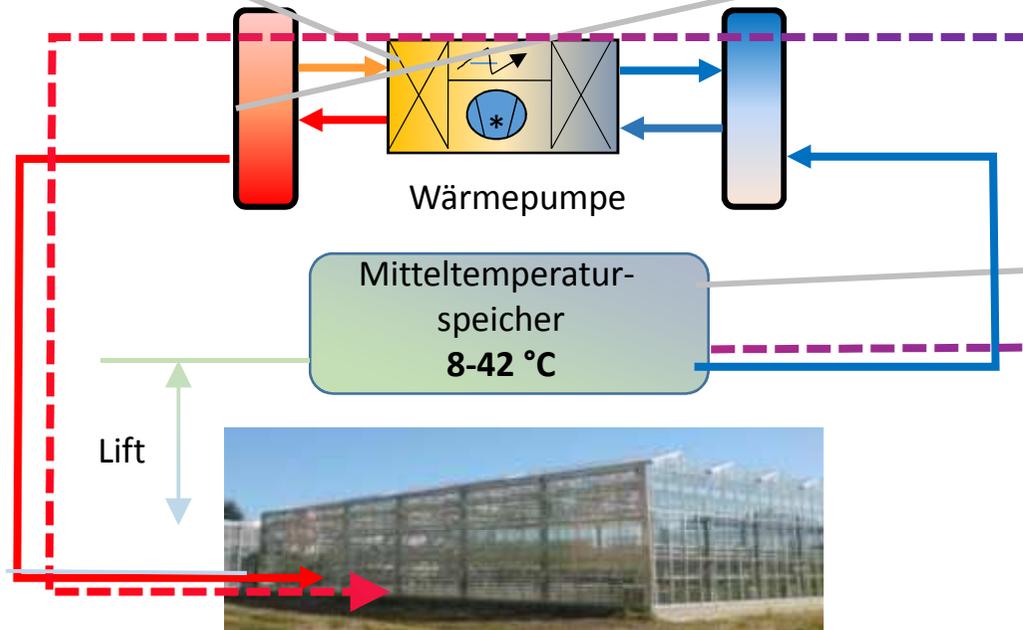
Gewächshaus kühlen - Speicher laden

# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Integration der Wärmepumpe



Wärmepumpe und deren Integration



Gewächshaus heizen - Speicher entladen

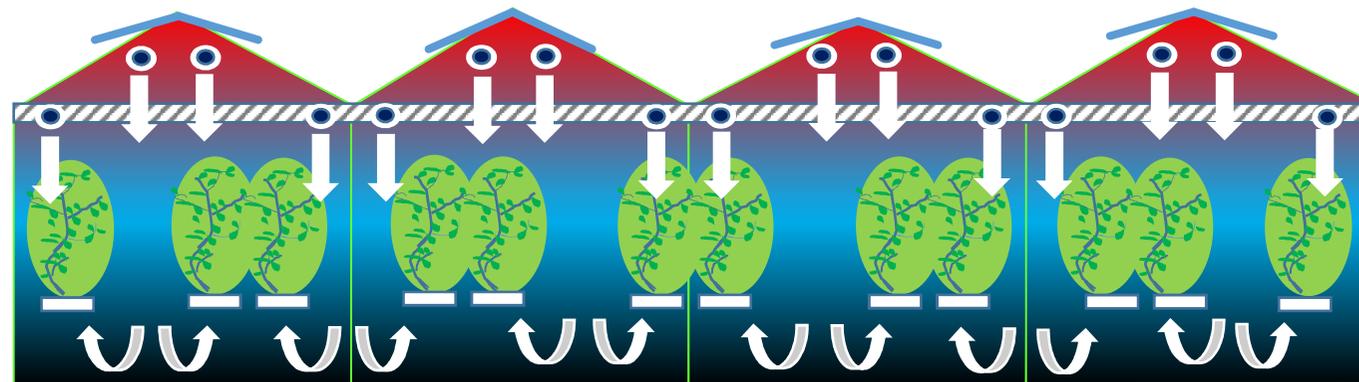
# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Kühlung



- gleichmäßige Temperatur-, Feuchte- und CO<sub>2</sub>-Verteilung durch Luftwalzen zwischen Dach und unter der hohen Rinne

- *stille* Kühlung im Dachraum mit Kondensatrinnen
- Nutzung der Pflanzenblätter als zusätzliche Kühlfläche über Rekondensation des Transpirationswasserdampfes



# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Wärmespeicherung



- Kombi-Speicher (Regenwasser & Wärmeenergie)
- oberirdisch in Nähe zur Wärmepumpe
- Wasser ( $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ) im Foliensack mit Minimalisolation an der Seitenwand zwischen Stahlmantel und Folie
- Dämmschichtauflage auf der Deckfolie (schwimmend), abgedeckt mit Fixierfolie
- Mischspeicher

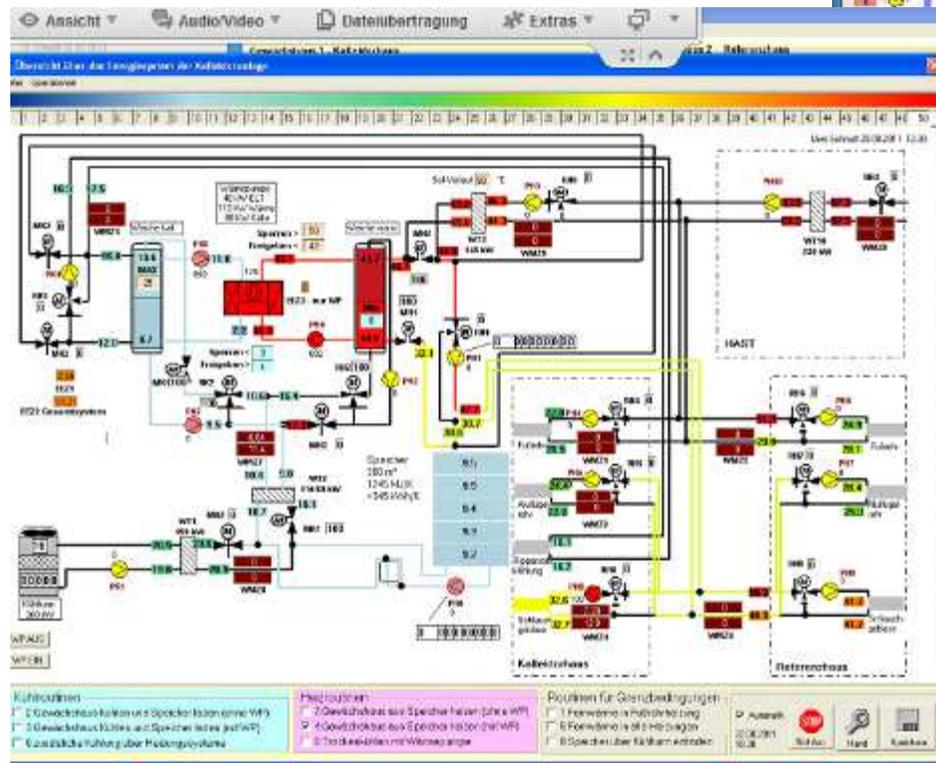
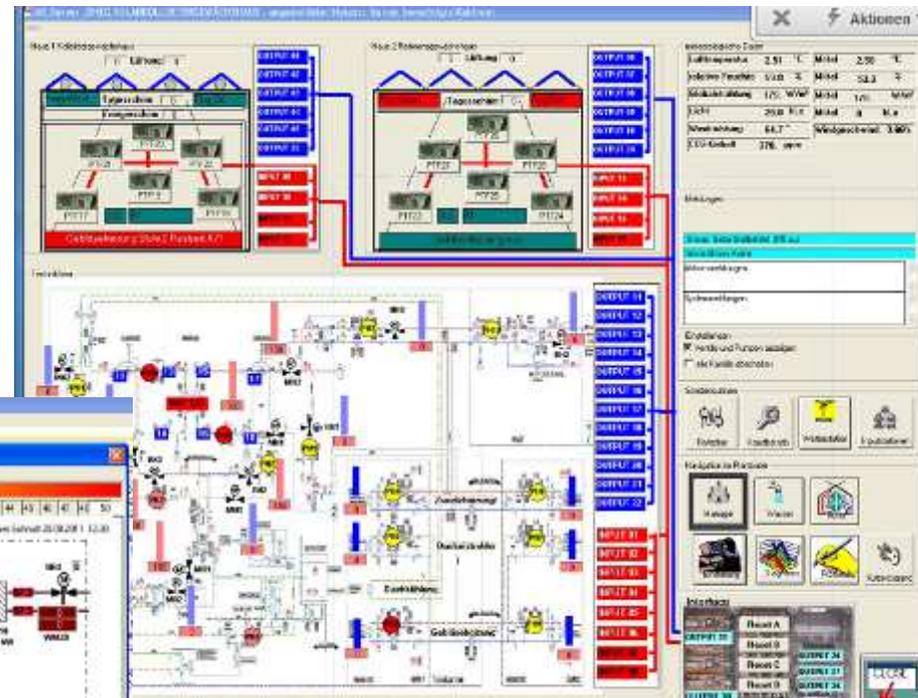


# Komponenten des Berliner Konzeptes

## Die Automation

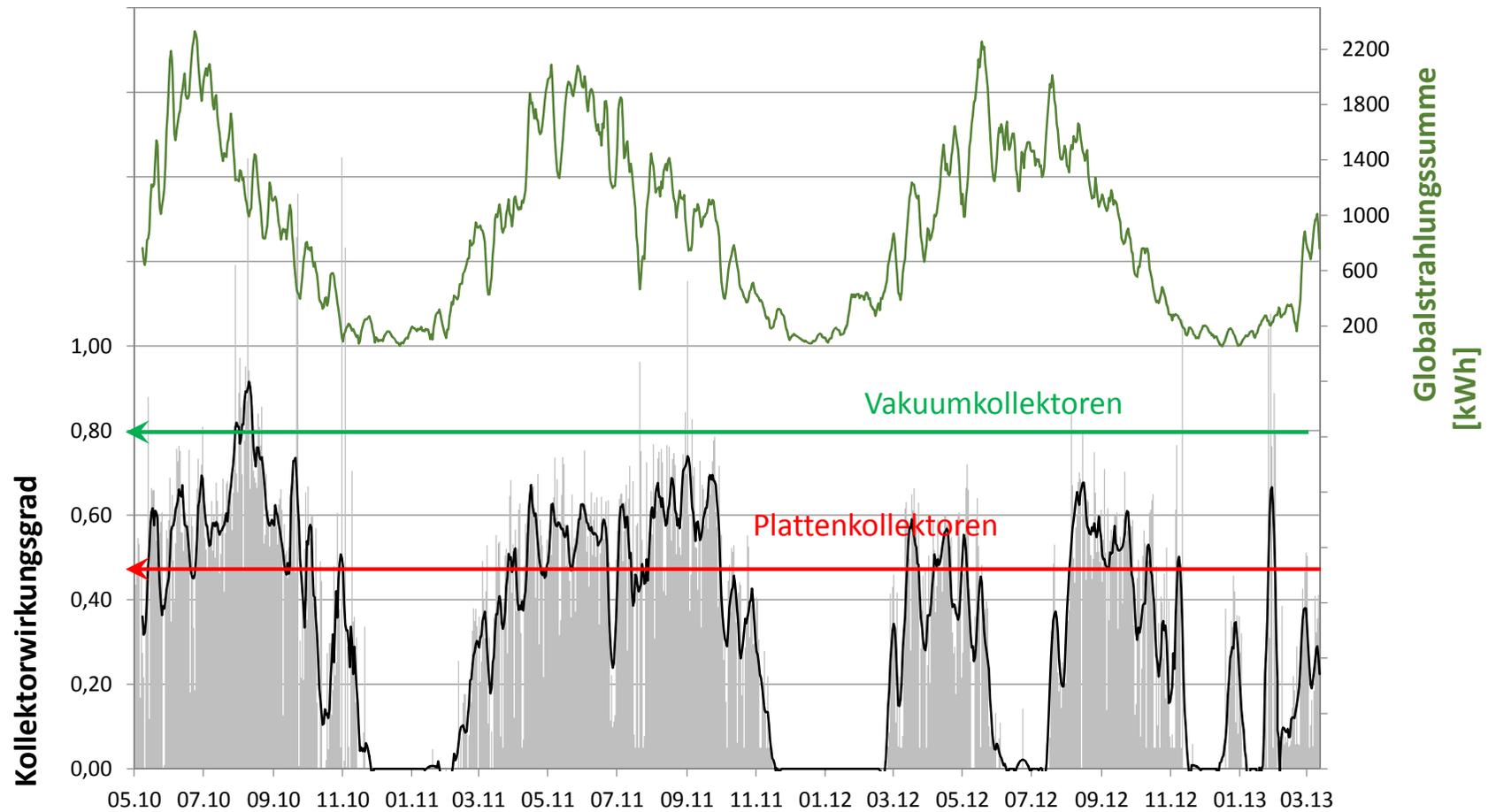


### Intelligente Steuerung unter Einbeziehung physiologischer Informationen



# Key Results

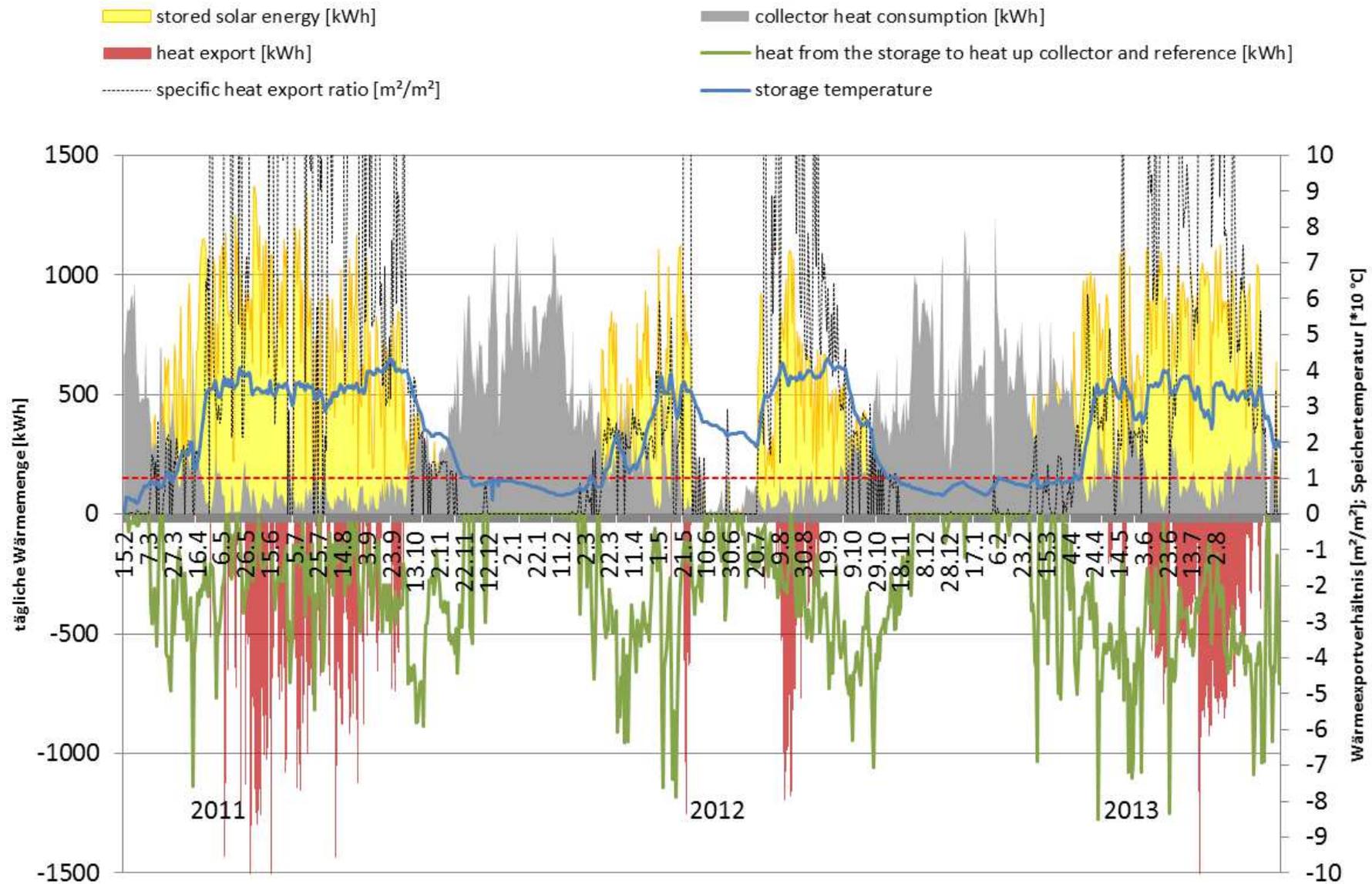
## Die Kollektorwirkung von Gewächshäusern



Parameter	2010	2011
Kollektoreffizienz	0,55	0,48
Netto-Kollektoreffizienz	0,47	0,42

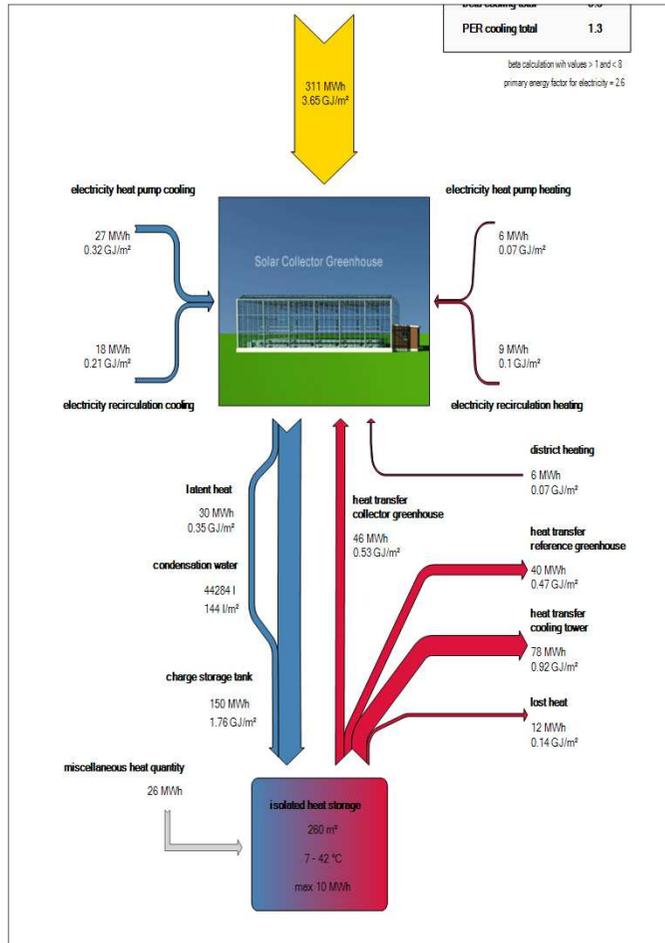
# Key Results

## Die Energiebilanz am Kollektor

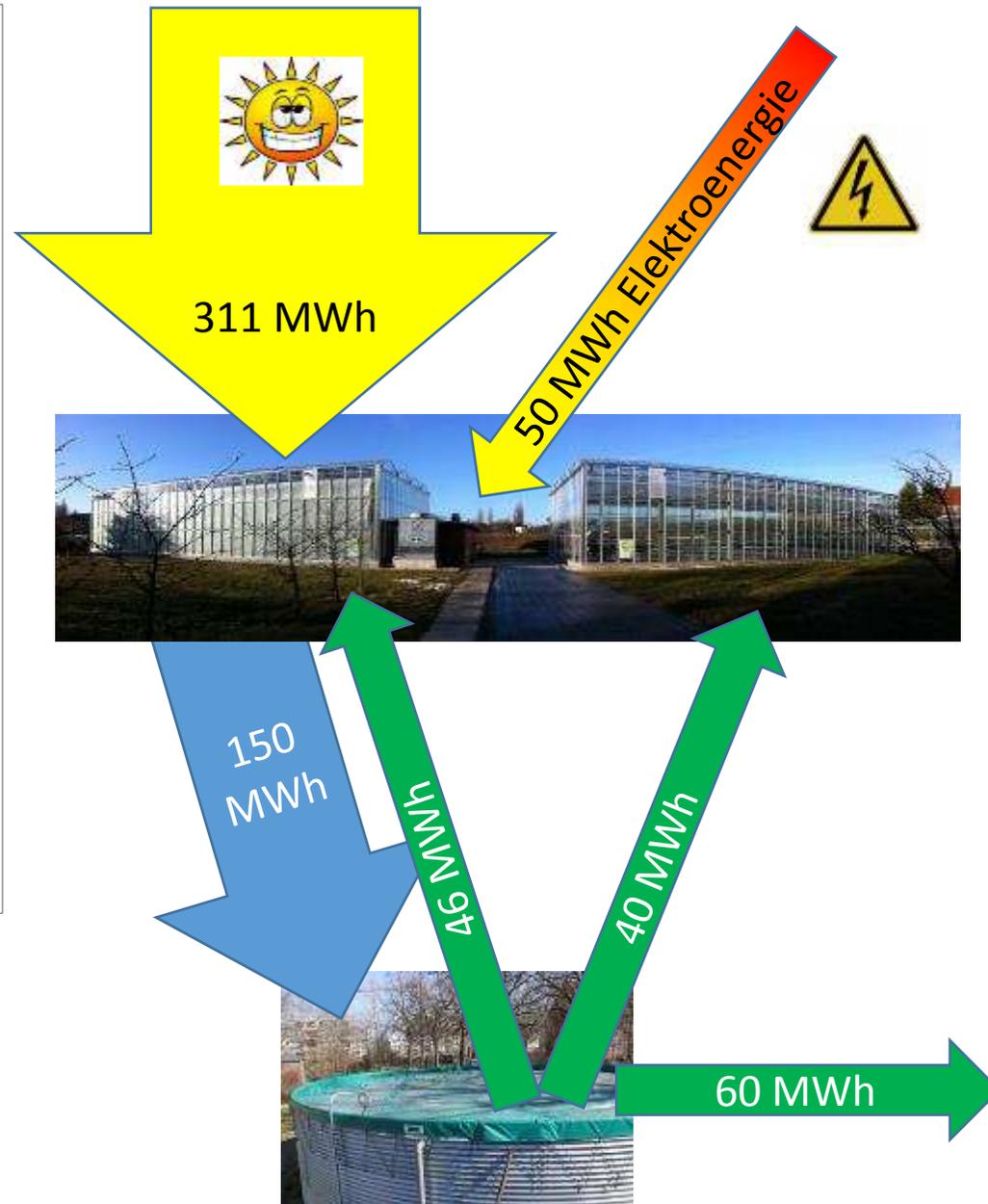


# Key Results

## Die Energiebilanz am Kollektor

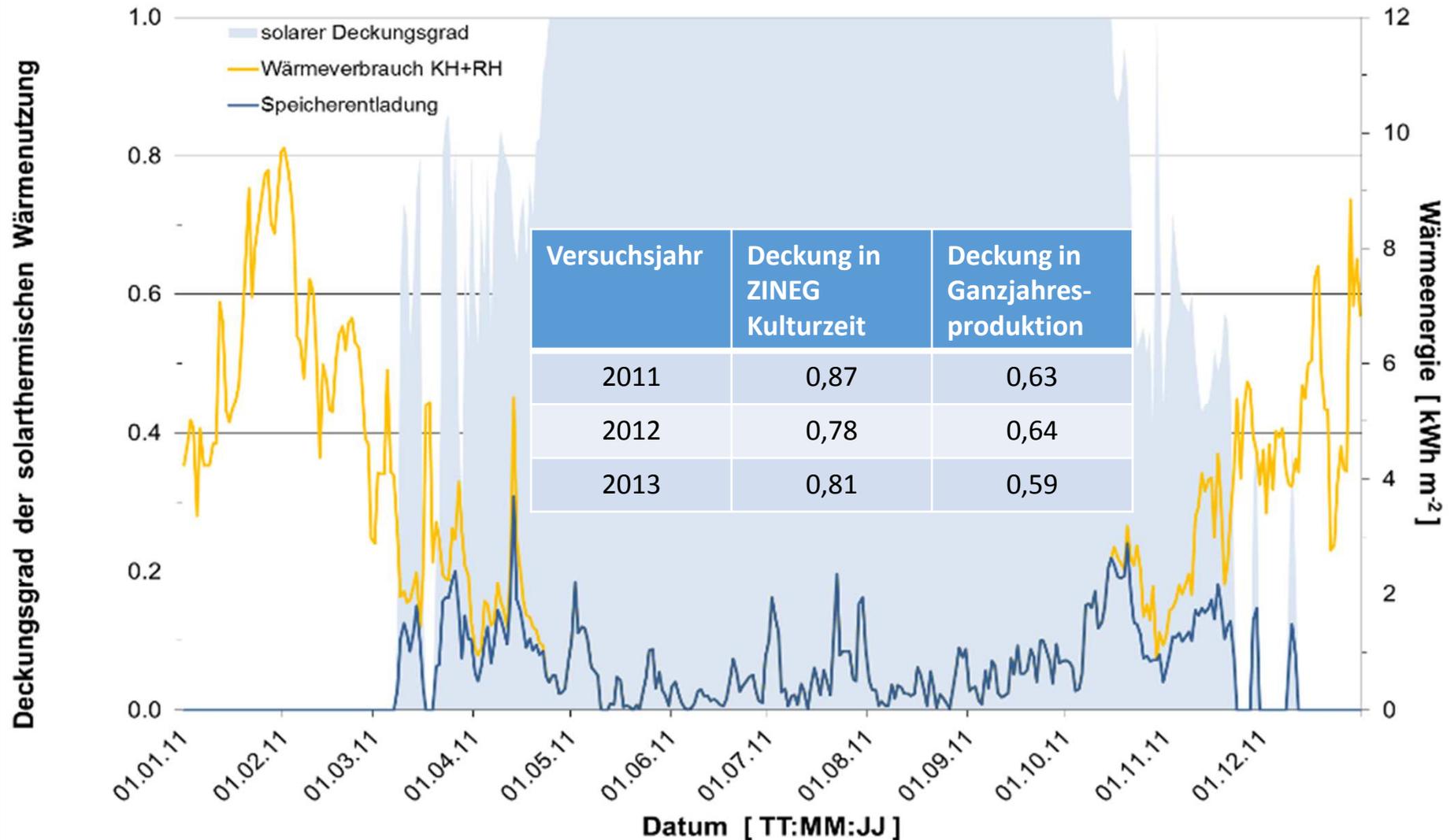


2/3 der Energie, die in einem Kollektorgewächshaus eingefangen werden, können „exportiert“ werden



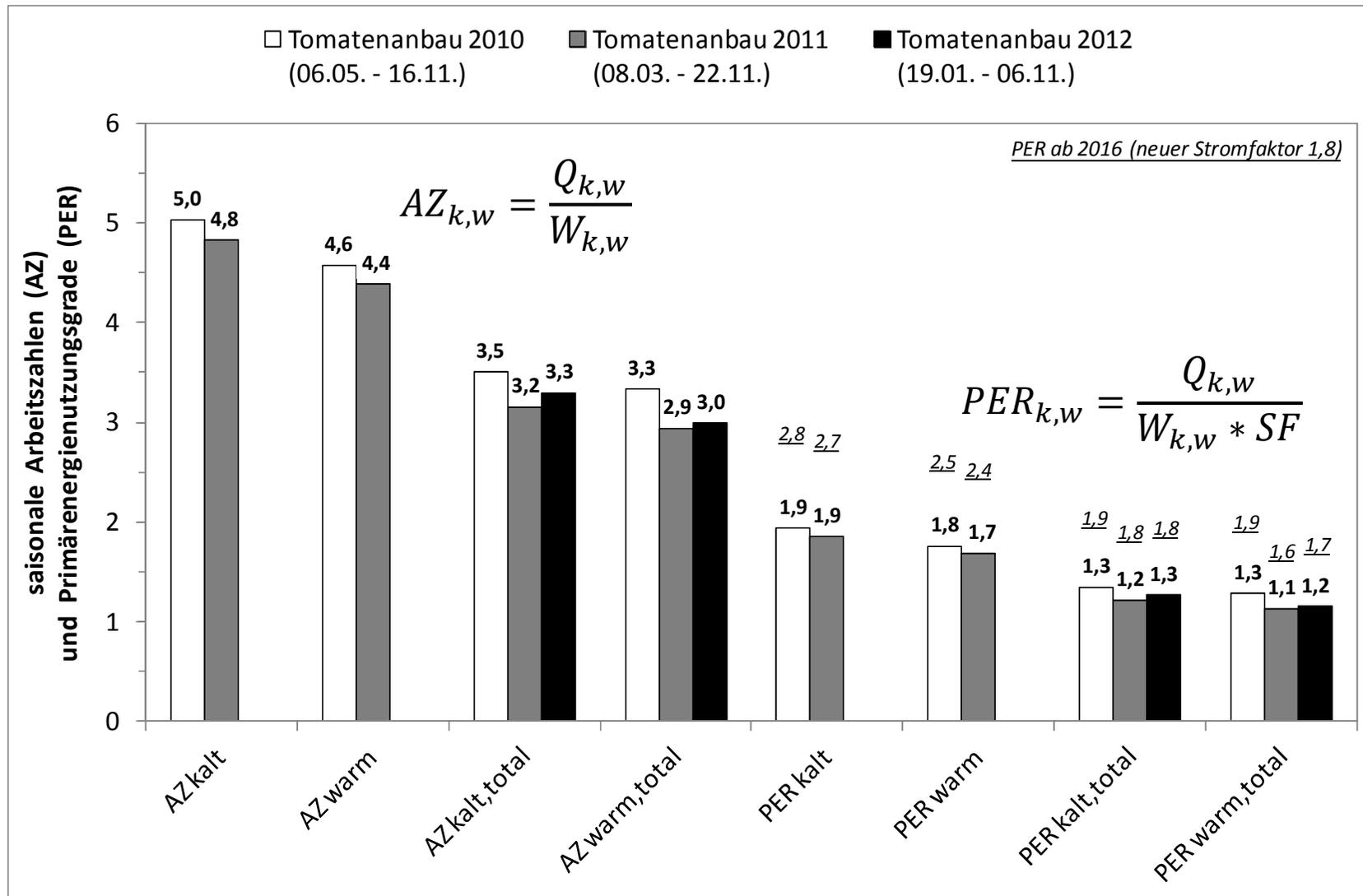


Solare Deckungsrate für ein 1 zu 2 System (1 m<sup>2</sup> Kollektorhaus heizt 2 m<sup>2</sup> Gewächshaus)





Arbeitszahlen (AZ) und Primärenergieverhältnis (PER) für Heizung und Kühlung





Luftfeuchteproblem:

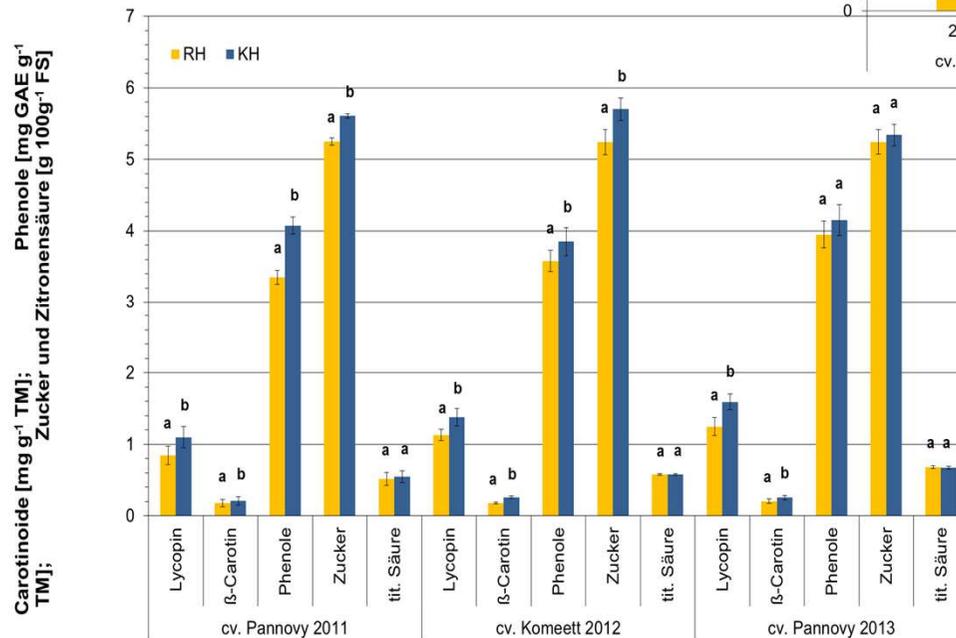
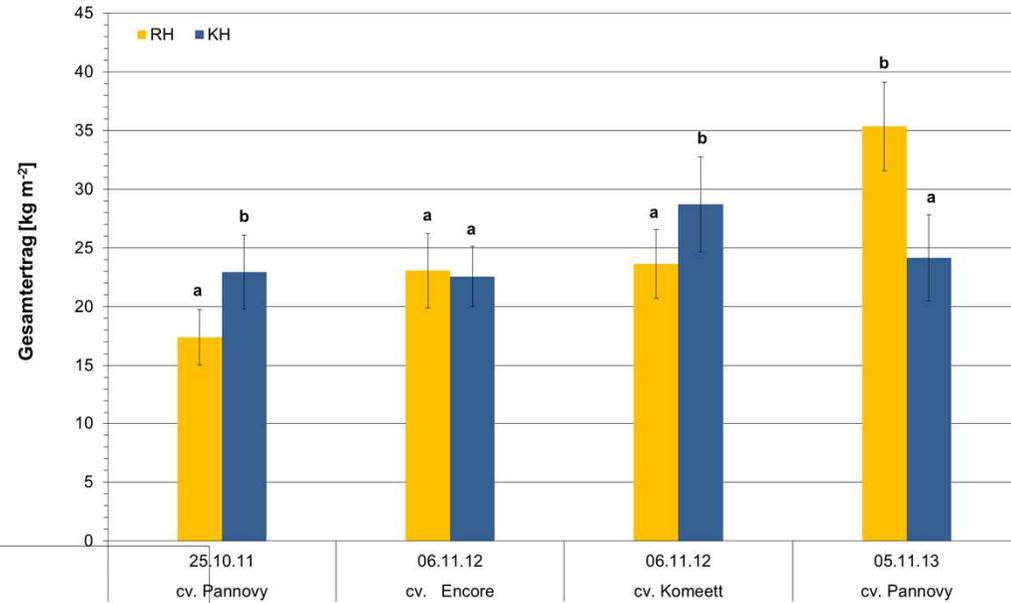
- Erzeugung von **kontinuierlichen Luftbewegungen** im Bestand durch konvektive Heizung von unten und konvektive Kühlung von oben
- Entwicklung eines **alternativen Verfahrens zur Entfeuchtungssteuerung** nach gemessenen Nachttranspirationsraten
- Entwicklung und Erprobung des **Schirmschleusens** zur Minderung der Taugefahr bei geschlossenen Doppelschirmen in der Nacht
- **Trockenkühlen** mit gleichzeitiger Kühlung und Heizung

Regelstrategien:

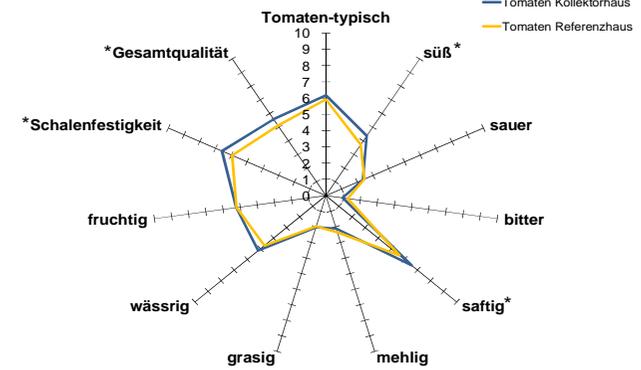
- Energieeinsparung durch **Steuerung des Energieschirms** nach gemessenen Photosyntheseleistungen des Bestandes
- **Präzise Wasserversorgung** der Bestände durch Bewässerungssteuerung nach gemessenen Transpirationsraten
- Lokalisierung von **optimalen Mikroklimabereichen** durch Mollier-plot-Methode
- **Prädiktive Fahrweise** der Anlage durch Integration von AI-Modellen und digitalen Wettervorhersagen

# Key Results

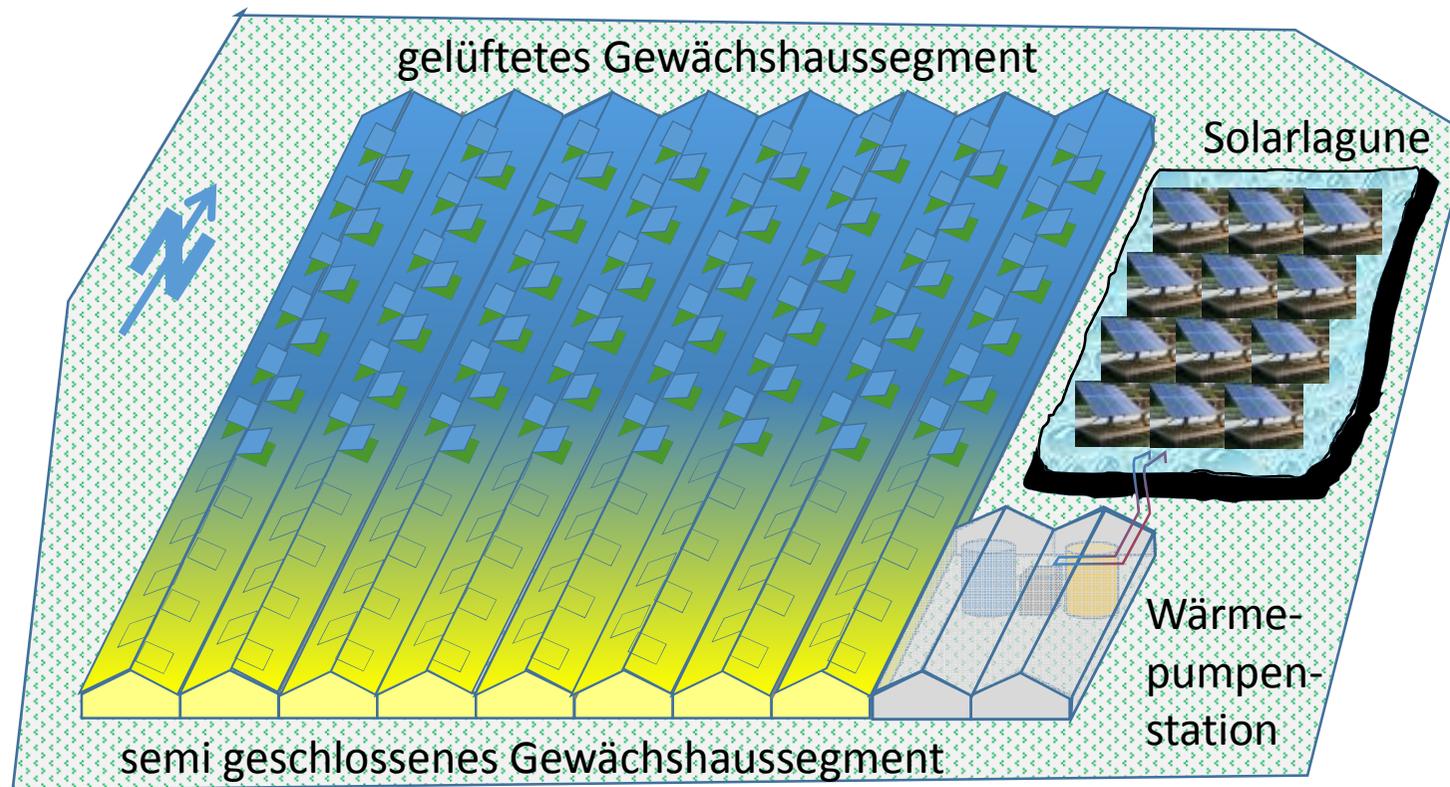
## Ertrag und Qualität



Tomartensorte und Versuchsende



Beurteilung der Tomatenfrucht anhand bestimmter Qualitätsparameter. Sternchen bedeuten signifikante Unterschiede (p < 0,05)



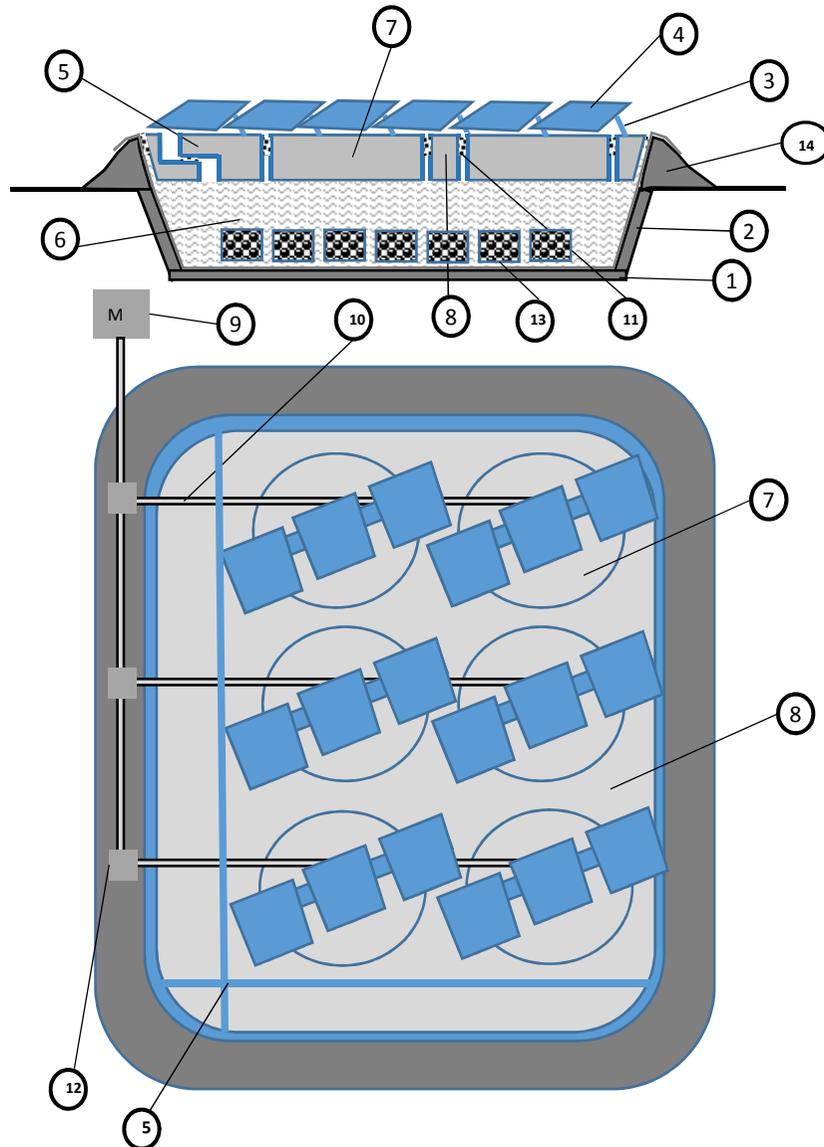
**Nutzung oberirdischer Wasserreservoirs zu kombinierter Speicherung von Wärme und Regenwasser**

Lösungen: ökonomisch sinnvolle Wassermenge, Oberflächenisolierung, keine Trennung Warm-/Kaltwasserspeicher, Wasserqualität, Flächennutzung,...



# technischer Lösungsvorschlag

## Solarlagunen als Wärme- und Wasserspeicher



- 1: Wärmedämmung
- 2: Teichfolie
- 3: Aufstütungen für Solarpaneele
- 4: PV-Zellen
- 5: Pontonverschiebespalten
- 6: Speicherwasser
- 7: kreisrunde Segmente
- 8: Rahmensegmente
- 9: Motor
- 10: Antriebsspindel
- 11: Regenwassereinläufe
- 12: Winkelgetriebe
- 13: PCM-Materialien
- 14: Teichböschung

technischer Lösungsvorschlag  
**Solarlagunen als Wärme- und Wasserspeicher**



Deutsches  
Patent- und Markenamt

Aktenzeichen: **10 2013 217 289.3**

**Ertellungsbeschluss**

In Sachen der/des

**Humboldt-Universität zu Berlin, 10099 Berlin, DE**

**Verfahrensbevollmächtigter: Malkowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707 Berlin, DE**

betreffend die Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2013 217 289.3

hat die Prüfungsstelle des Deutschen Patent- und Markenamts am 22.07.2014 beschlossen:

Das Patent wird mit den Unterlagen gemäß beigefügter Zusammenstellung der Publikationsunterlagen für die Patentschrift erteilt.

Die Laufzeit des Patents beginnt am 30.08.2013.

Das Patent führt die Nummer **10 2013 217 289**.

Auf die beigefügte Rechtsmittelbelehrung wird hingewiesen.

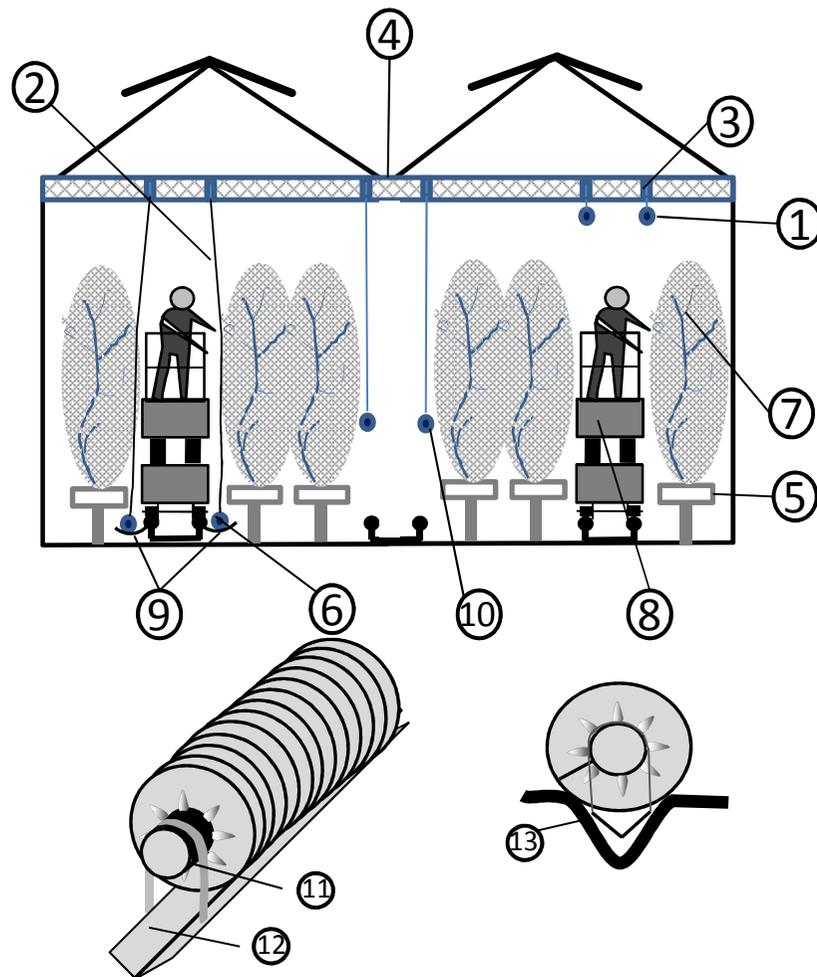


**Patent DE 10 2013 217 289**  
**Laufzeit ab 30.8.2013**

Prüfungsstelle für Klasse A01G

Dr. Horst Naumann





- 1: Spiralrippenrohre in Dachstellung
- 2: Drahtseile
- 3: Seilrollen
- 4: Unterzüge
- 5: Pflanzrinnen
- 6: Bodenstellung
- 7: Pflanzenbestand
- 8: Hubplattformwagen
- 9: Halterungen
- 10: Mittelstellung
- 11: Metallbänder
- 12: Kondensatrinnen
- 13: Halterungen mit Sicken

# technischer Lösungsvorschlag

## höhenbewegliches Kombi-Wärmetauscher-System



### Empfangsbescheinigung

Hiermit wird bestätigt, dass Ihr im folgenden bezeichneter Antrag auf Bearbeitung einer internationalen Anmeldung nach Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT) bei uns eingegangen ist:

Eingangsnummer	2964135
PCT-Aktenzeichen	PCT/EP2014/068092
Eingangsdatum	26. August 2014
Anmeldeamt	Europäisches Patentamt, Den Haag
Ihr Zeichen	HU101WO
Anmelder	HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN
Anzahl der Anmelder	1
Land	DE
Titel	WÄRMETAUSCHEREINRICHTUNG FÜR EIN GEWÄCHSHAUS

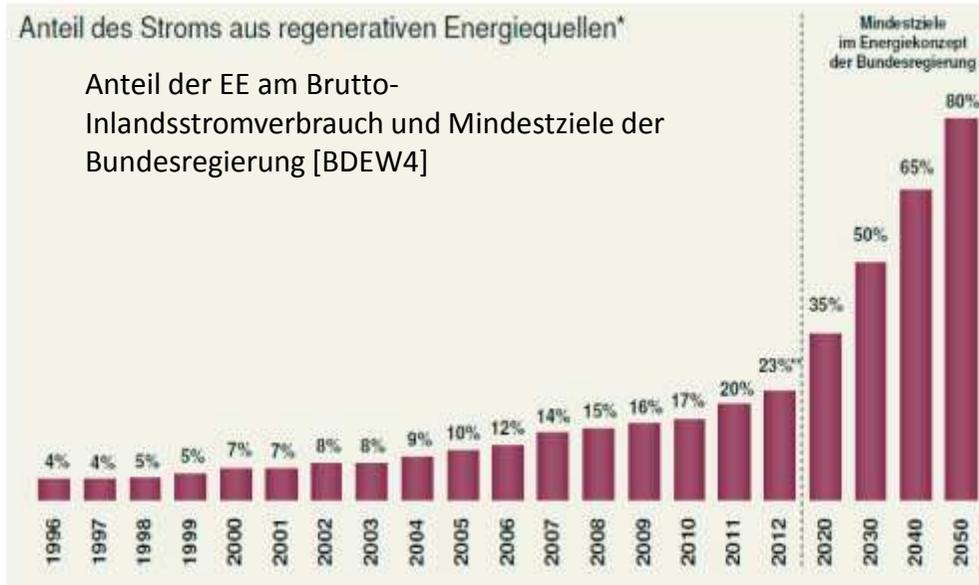


PCT-Länderliste

Patent DE 10 2013 217 286.9  
angemeldet am 29.8.2013

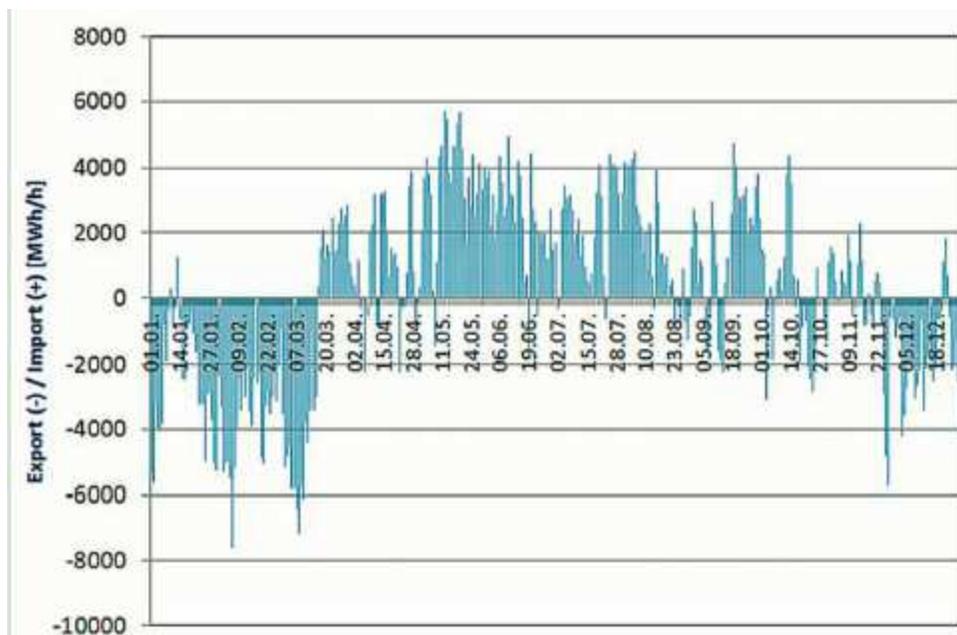
# technischer Lösungsvorschlag

## Energiequelle der Zukunft



### Wärmepumpen brauchen Elektroenergie. Wie sieht die Zukunft der Stromversorgung aus?

Im Jahr 2012 betrug der Anteil des Stroms aus regenerativen Quellen **23** Prozent. Die Bundesregierung will diesen Anteil bis 2020 auf **35** Prozent und bis 2050 auf **80** Prozent steigern.

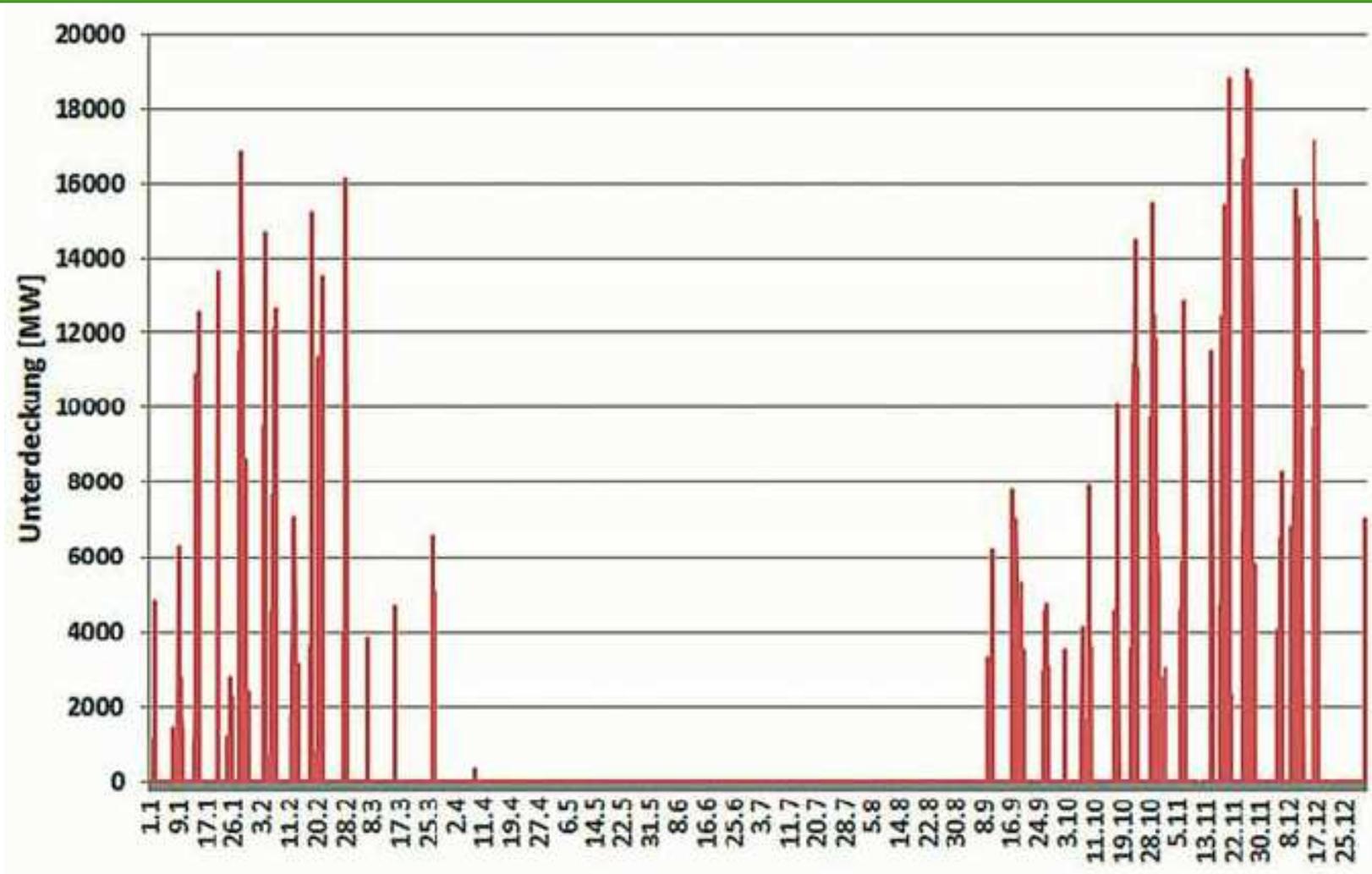


Damit wird sich auch die **Volatilität** der Versorgung steigern. Das bedeutet, dass Elektroenergiebedarf und -produktion **extremen Schwankungen** unterliegen. Innerhalb der europäischen Netze können diese Schwankungen bisher ausgeglichen werden.

Volatilität der Netze: Grenzüberschreitender Stromfluss im Jahr 2011

# technischer Lösungsvorschlag

## Energiequelle der Zukunft



Aus Szenarienrechnungen werden im Jahr 2030 starke Schwankungen bei Bedarfsunter- und -überdeckung erwartet.

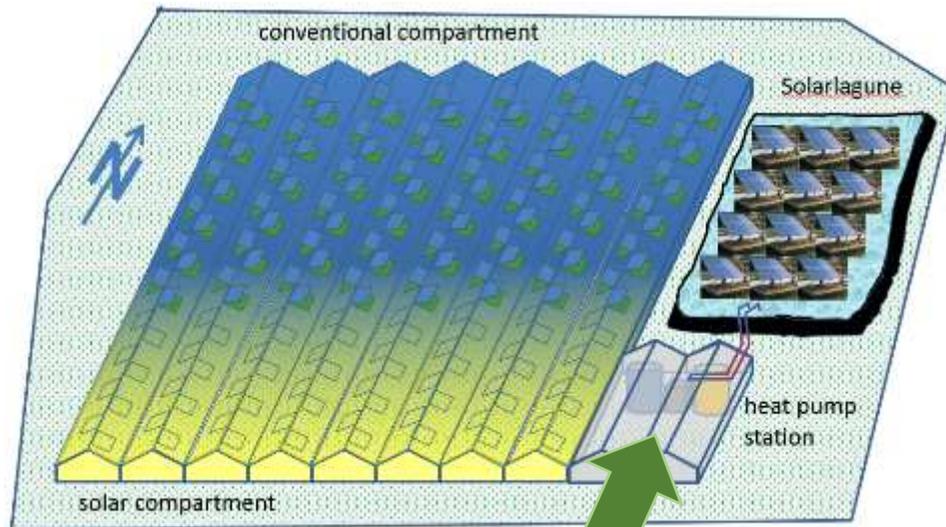
Tobias Federico: Volatilität – Der Preis der Energiewende gefährdet die Versorgungssicherheit

ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 62. Jg. (2012) Heft 1/2

technischer Lösungsvorschlag  
**Energiequelle der Zukunft**



Solarplant: The Berlin Solar Greenhouse Plant



Das Gewächshaus könnte zum großen Energiespeicher umgebaut werden, um so aus den Preisschwankungen ökonomischen Nutzen zu ziehen.

Dabei kann mit Kunstlichtsystemen die Pflanze selbst als Speicher arbeiten oder die für die Kühlung und Heizung notwendige Antriebsenergie für die Wärmepumpen wird dann aus dem Netz gezogen, wenn diese preiswert ist.

Die Wärmepumpe arbeitet in diesen Zeiten auf den Speicher, während in Zeiten hoher Strompreise die Wärmepumpen abgeschaltet und die Speicher entleert werden.



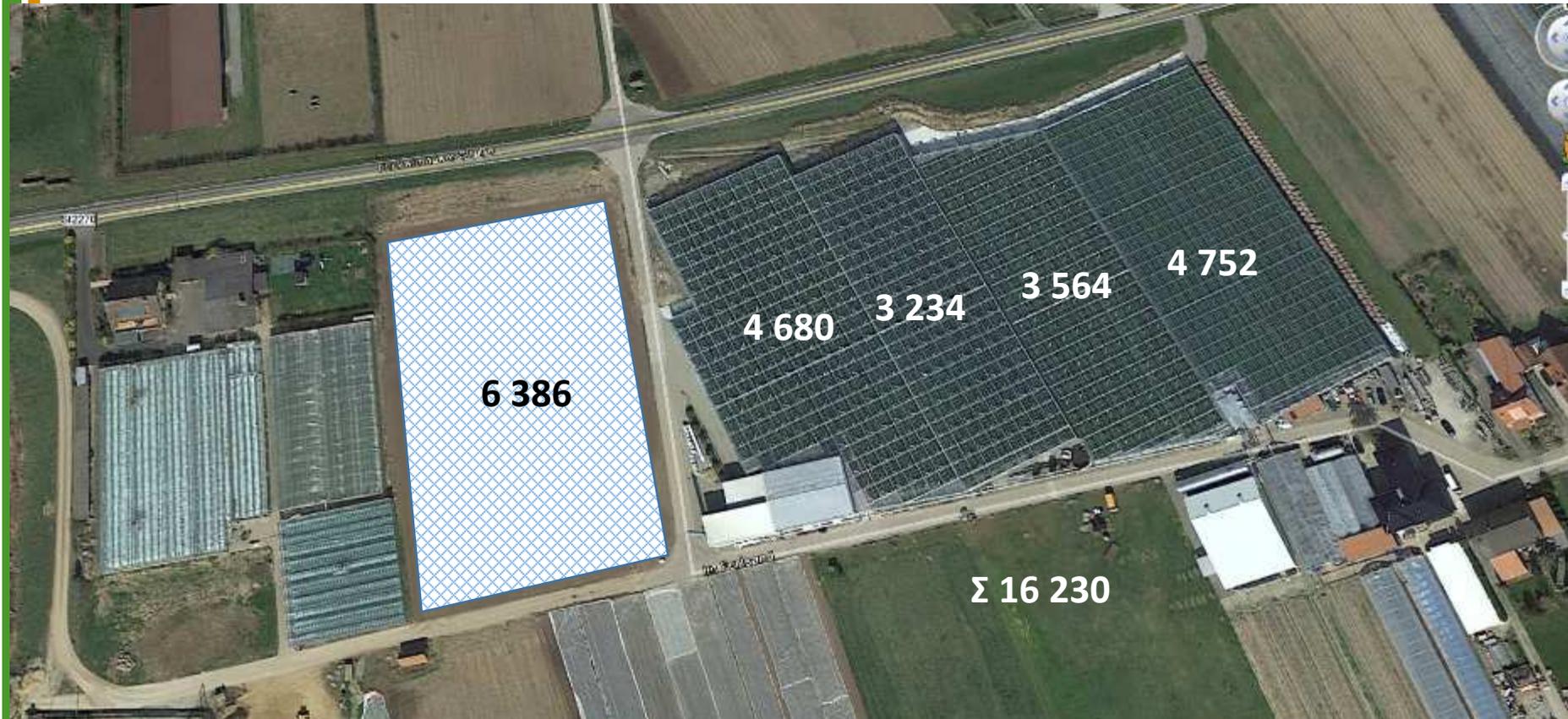
# ZINEG geht in die Praxis

## Betriebliches Planungsbeispiel



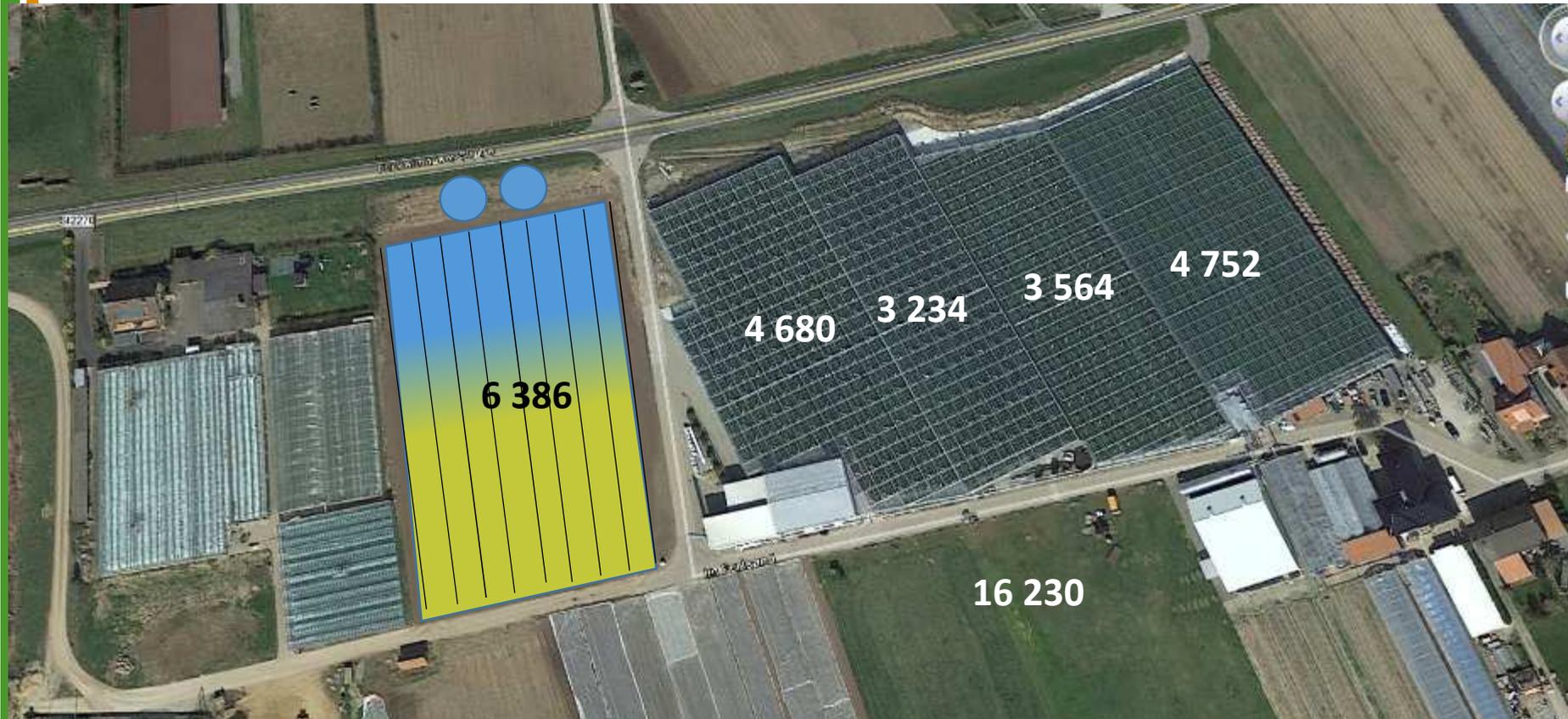
# ZINEG geht in die Praxis

## Betriebliches Planungsbeispiel



# ZINEG geht in die Praxis

## Betriebliches Planungsbeispiel



103,5 m (4,5 Binder) / 64 m (8 m Schiffe) / 6 m Stehwandhöhe, Bedeckungsmaterial Dach = ESG  
Stehwand = Doppelglas an allen Kulturseiten, Energieschirm, 2. Energieschirm ?

**Gaspreis:** ca 0,05 €/kWh, **Kohlepreis** 0,023 €/kWh, **Strom aus Eigenerzeugung** bei 0,12-0,13€/kWh,  
**Strom im Einkauf:** 0,18-0,19 €/kWh, Strompreissenkungen bei spez. Abnahmezeiten aber Skepsis gegenüber subventioniertem WP-Strom



zusätzliche Investitionskosten für Kühlung, Wärmepumpen und Speicher

Position	Angebot (2013)	spezifischer Preis	flächenspez. Preis (1:2)
Kompressor-Wärmepumpe (200kW <sub>elt</sub> )	70.000 €	0,35 €/W <sub>elt</sub>	23,33 €/m <sup>2</sup>
BHKW (200kW <sub>elt</sub> )	170.000 €	0,85 €/W <sub>elt</sub>	56,66 €/m <sup>2</sup>
Gasturbine (200kW <sub>elt</sub> )	250.000 €	1,25€/W <sub>elt</sub>	83,33 €/m <sup>2</sup>
Luftkühler (Gea)	20.000 €		6,66 €/m <sup>2</sup>
Speicher (2000m <sup>3</sup> ) mit Isolierung	152.000	76 €/m <sup>3</sup>	38 €/m <sup>2</sup>

# ZINEG geht in die Praxis

## Betriebliches Planungsbeispiel



Schätzung der Investitionskosten für Kühlung, Wärmepumpe und Speicher für eine 1:2 Kollektoranlage\*  
(Kosten gerundet je m<sup>2</sup> Gesamtanlage)

Position	Dahlem	KTBL	Planungs- büro	Angebot 2013**	Sonstige Quellen
Speicher	60	24	50	38	
Wärme- pumpe	30		33	46	
Kühlung	14	43	33	3***	25 € (Kempen, 2001) 20 € + (Installationsfirma)
MSR	5	3	5	7	
<b>SUMME</b>	<b>109</b>	<b>70</b>	<b>121</b>	<b>94</b>	

\* 1m<sup>2</sup> Kollektor versorgt 2 m<sup>2</sup> Gewächshaus

\*\* Angebot 2013: für den Neubau eines 6500 m<sup>2</sup> Gewächshauses als Betriebserweiterung

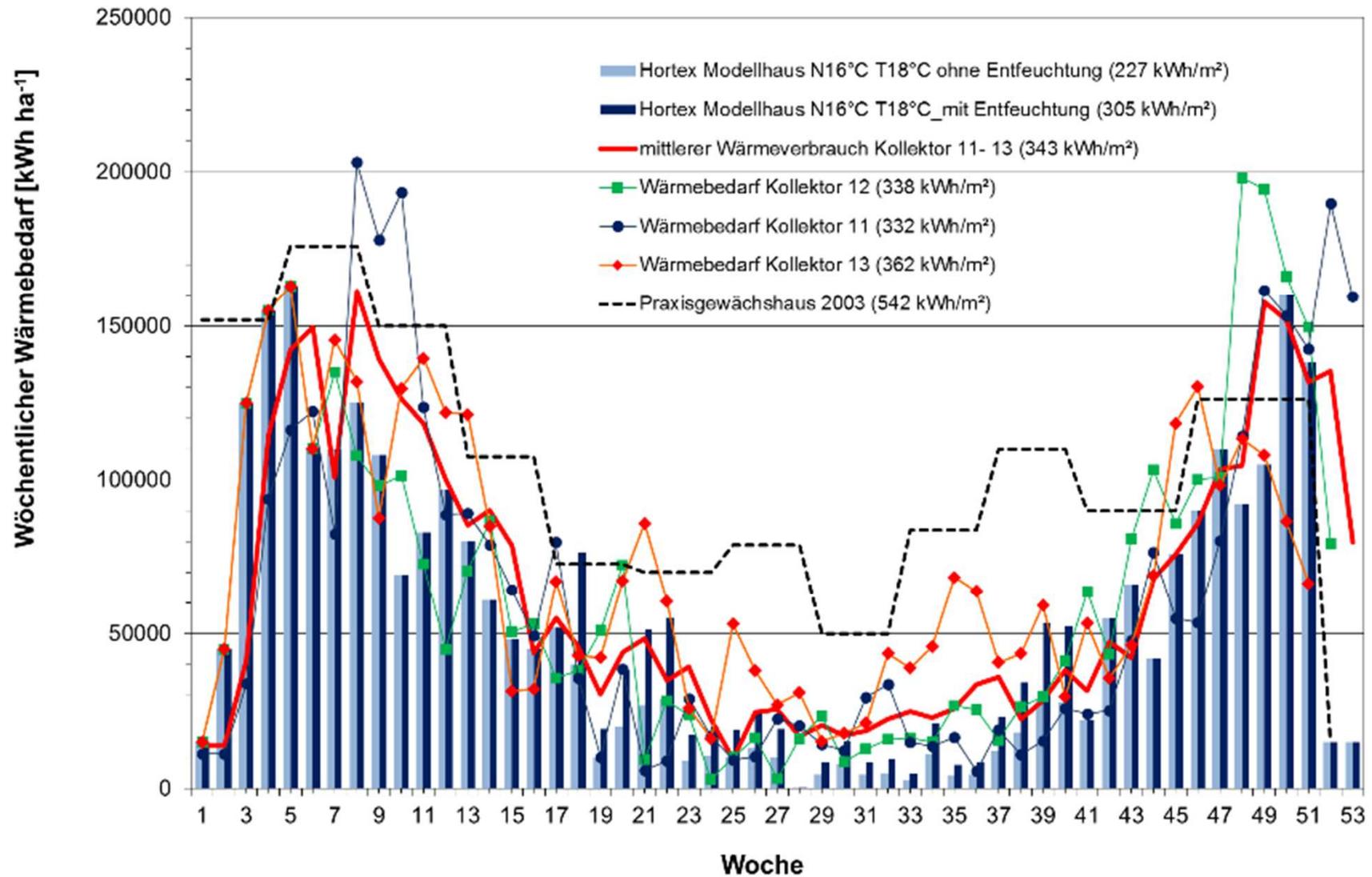
\*\*\* Kühlung über GEA-Lüfter

# ZINEG geht in die Praxis

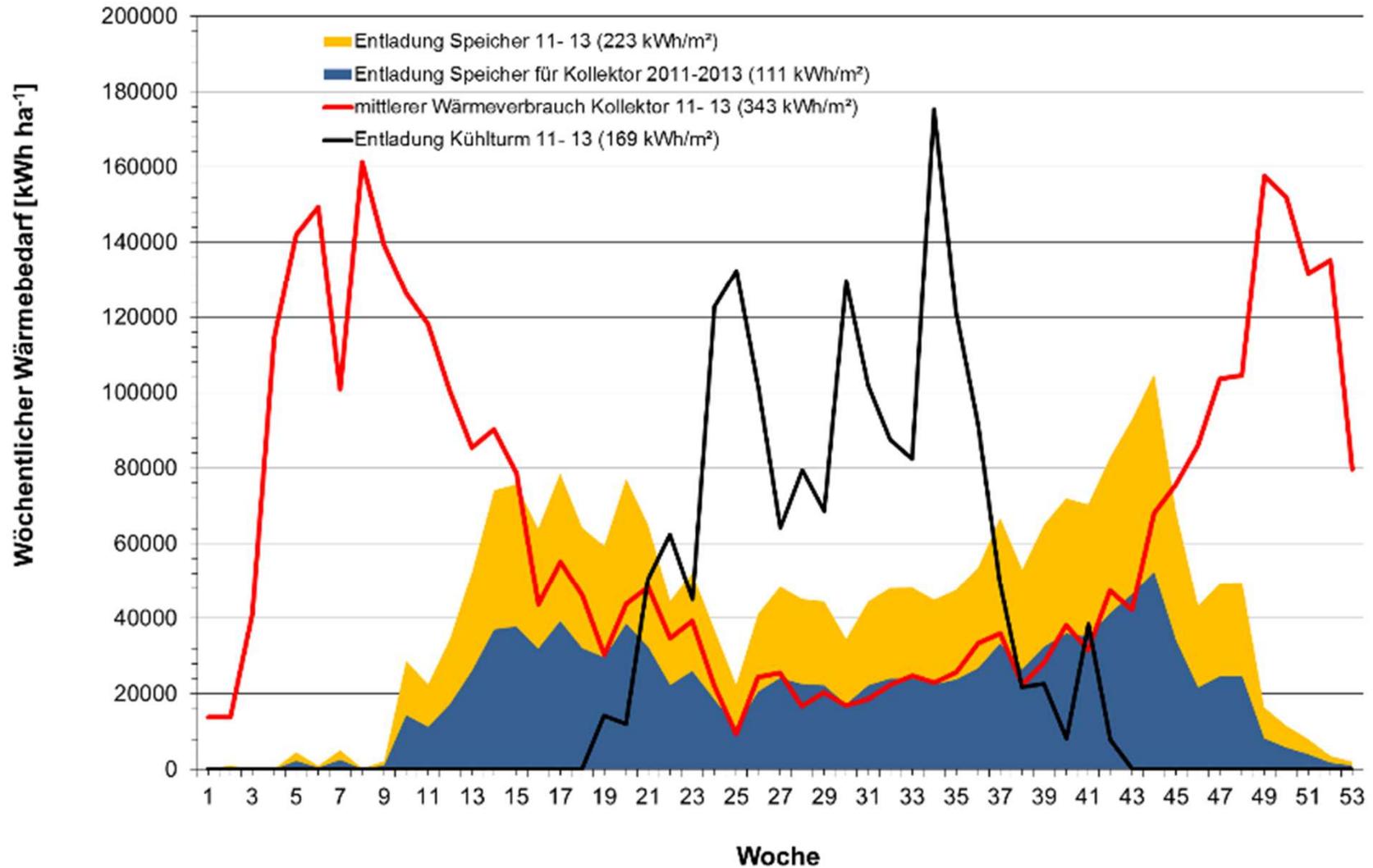
## Betriebliches Planungsbeispiel



### Abschätzung des Wärmebedarfs des Betriebes



Abschätzung der nutzbaren Solarenergie für die Beheizung des Betriebes





## **Spannweite des zu erwartenden Mehrertrags**

### **20 % Mehrertrag im geschlossenen GWH**

DE GELDER, A., HEUVELINK, E. and OPDAM, J. J. G. (2005). Tomato yield in a closed greenhouse and comparison with simulated yields in closed and conventional greenhouses. Acta Horticulturae, 691, 549–552.

### **An annual increase in production of 10 – 20% is realistic, with reduced amounts of supplied CO<sub>2</sub>.**

De Gelder, A., Dieleman, J.A., Bot, G.P.A., Marcelis, L.F.M., 2012. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. J. Hort. Sci. Biotech. 87, 193-202.

### **Yield increases during the first 2 years of operation of semiclosed greenhouses varied from 4 – 10% - tomatoes!**

RAAPHORST, M. G. M. (2011). Teeltbegeleiding geconditioneerde tomaat. Report 1063. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen, The Netherlands. 54 pp.

### **In semi-closed greenhouses (+DescFog) - 20 % yield increase!**

Dannehl, D., Huber, C., Rocks, T., Huyskens-Keil, S., Schmidt, U., 2012. Interactions between changing climate conditions in a semi-closed greenhouse and plant development, fruit yield, and health-promoting plant compounds of tomatoes. Sci. Hortic. 138, 235-243.

### **Semi-closed (maximum cooling) - 32 % yield increase!**

Dannehl, D., Schuch, I., Schmidt, U., 2013. Plant production in solar collector greenhouses - influence on yield, energy use efficiency and reduction in CO<sub>2</sub> emissions. J. Agr. Sci. 5, 34-45.



Berechnung der Amortisationszeit für die 4 Komponenten des Solarwärmesystems  
**Wärmepumpe + Kühlung + Speicher + Automation**

## **Varianten:**

### **Ertrag:**

+ 10 % Mehrertrag (nur auf der Kollektorfläche)\*

+ 30 % Mehrertrag (nur auf der Kollektorfläche)\*

### **Investition:**

hoher Investitionskostenaufwand (121 €/m<sup>2</sup>)

niedriger Investitionskostenaufwand (70 €/m<sup>2</sup>)

### **Energiepreise:**

Abstufung der Elektroenergiepreise (0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18 €/kWh)

Abstufung der Heizölkosten (0,50; 0,80; 1,00; 1,20 €/l)

(Rechnung nach der Durchschnittsmethode)

Durchschnittlicher Gewinn: Absenkung der Heizenergiekosten + Mehrertrag\*

Nutzungsdauer: 15 Jahre

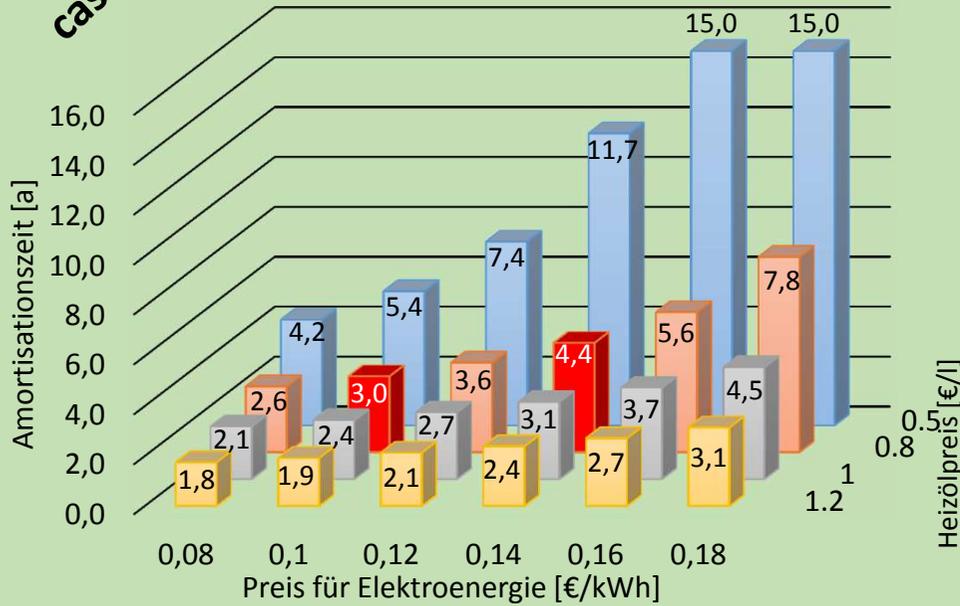
Zinssatz: 3% (Abschreibungsverlauf ist linear)

Jährliche Abschreibung: Kapitaleinsatz der 4 Komponenten / Nutzungsdauer

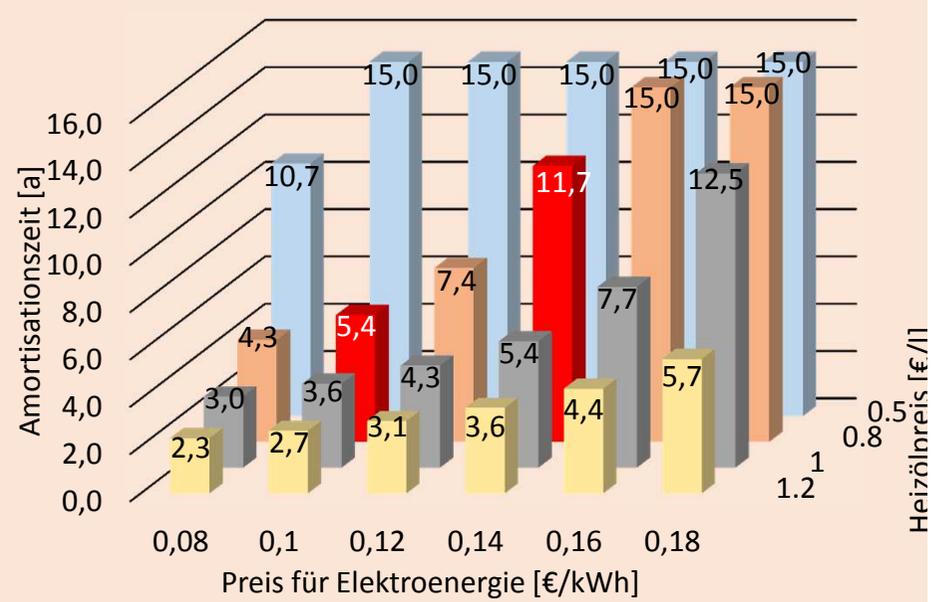
\* Basisertrag: 50 kg/m<sup>2</sup>a<sup>-1</sup>, durchschnittlicher Abgabepreis 1 €/kg

**best case**

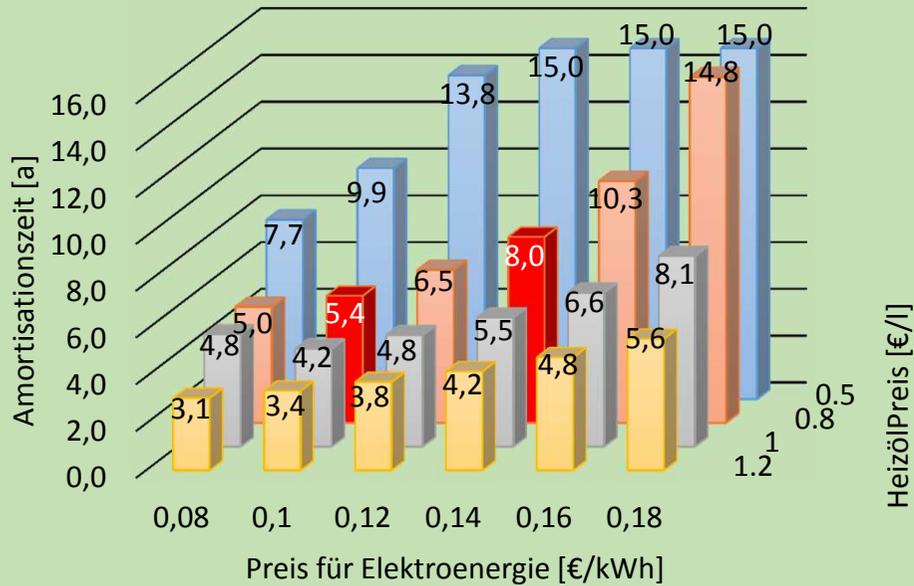
Amortisationszeiten für einen Investaufwand von 70 €/m<sup>2</sup> und 30% Mehrertrag



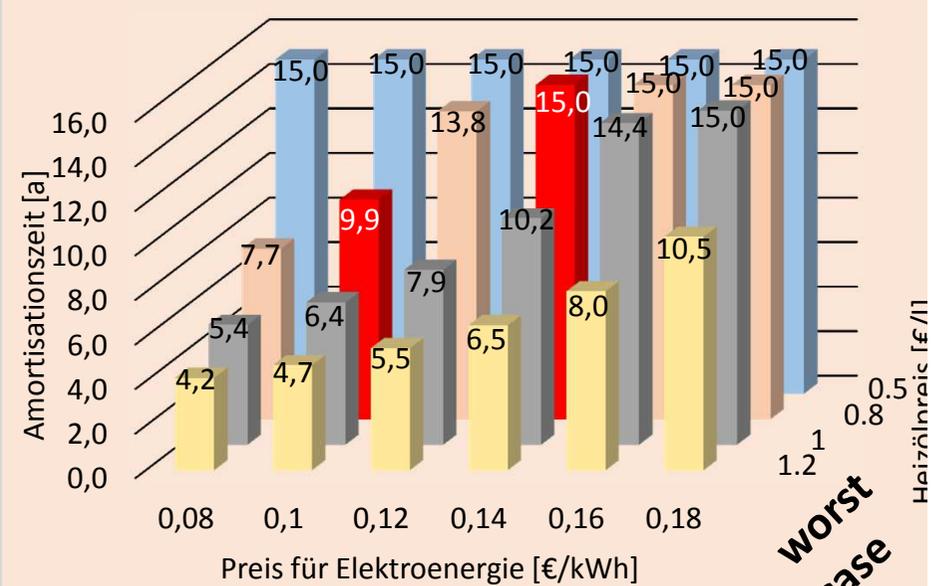
Amortisationszeiten für einem Investaufwand von 70 €/m<sup>2</sup> und 10% Mehrertrag



Amortisationszeiten bei einem Investaufwand von 121 €/m<sup>2</sup> und 30% Mehrertrag



Amortisationszeiten bei einem Investaufwand von 121 €/m<sup>2</sup> und 10% Mehrertrag



**worst case**

## Fazit:



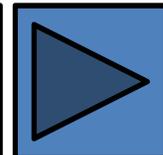
- Solarenergienutzung in Gewächshäusern ist mit hohen Kollektorwirkungsgraden (0,5) und hohen solaren Deckungsraten (0,65) möglich
- Für Kühl- und Heizprozesse sind Arbeitszahlen zwischen 4 und 5 zu erwarten. Gegenüber fossilen Brennstoffen ist bereits jetzt der Einsatz von Elektroenergie zum Antrieb von Wärmepumpen ökologisch sinnvoll.
- Ertragsanstiege bis zu 30 % können realisiert werden – jedoch in Bezug auf Temperatur und Feuchte ändert sich die Kulturführung und erfordert ein Umdenken (neue Nährlösungsversorgungsstrategien)
- Die Qualität der Früchte im Hinblick auf Geschmack und gesundheitsfördernde Inhaltsstoffen erhöht sich.
- Mit dem System können nicht nur fossil erzeugte Wärmeenergie, sondern auch bis zu 50 % Wasser eingespart werden. Auch eine Einsparung von CO<sub>2</sub> ist zu erwarten.
- Die ökonomische Machbarkeit hängt von der Preisentwicklung am fossilen Brennstoffmarkt ab. Bei gleichbleibenden Absatzpreisen für Tomaten ist thermische Solarenergie gegenüber Heizöl bereits jetzt rentabel. Bei Erdgas zum derzeitigen Preis von 5 Cent/kWh ist eine akzeptable Amortisation gegeben, wenn die Elektroenergiepreise unter 12 Cent/kWh liegen. Bei Beheizung mit festen Brennstoffen bei 2,5 bis 3 Cent/kWh ist gegenwärtig keine ökonomische Machbarkeit gegeben.

# Zukunftsinitiative Niedrig\_Energie\_Gewächshäuser

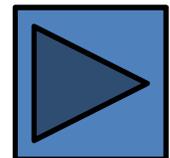
Abschlusspräsentation des Teilprojektes der  
Technischen Universität München und des  
Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum,  
Neustadt a. d. Weinstraße

Prof. Dr. Joachim Meyer

Start



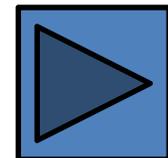
# Teilprojekt TUM/DLR



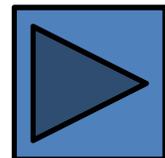
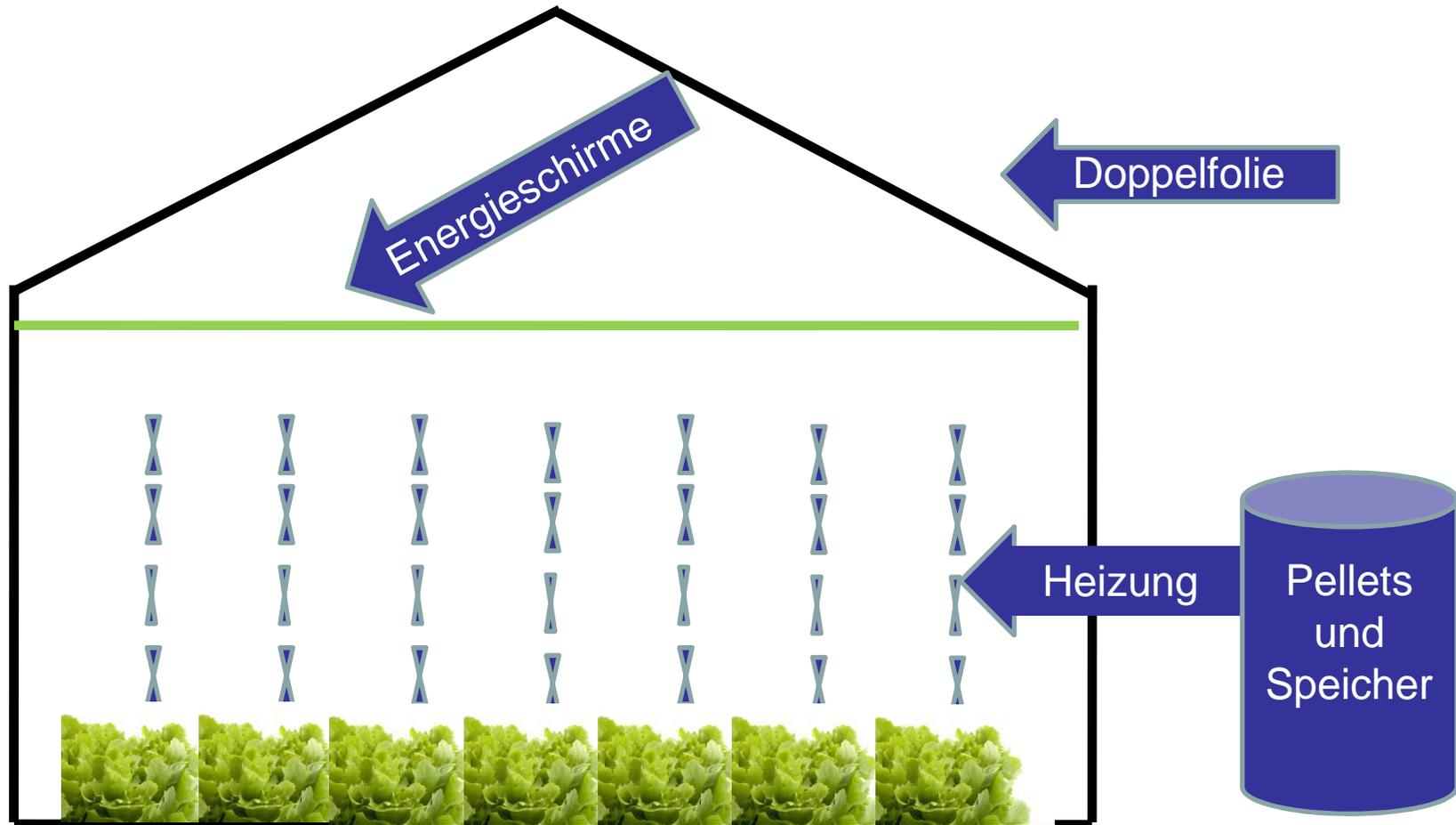
# Die spezifische Ausrichtung der Versuchsanlage am Queckbrunnerhof erfolgte in Abstimmung mit den Projektpartnern

## Auswahl der Komponenten

- Folienhausbauweise (Doppelfolie)
- maximale Isolierung durch Energieschirme
- Heizung ohne fossile Energieträger
- der Demonstrationscharakter wird als sehr wichtig angesehen und daher erfolgte die Komponentenauswahl „sehr nah“ an der Praxis
- Kultur im Boden (nach Bioland Richtlinien)



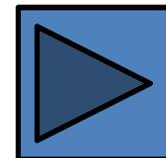
# Die wesentlichen Komponenten des ZINEG Gewächshauses am Queckbrunnerhof



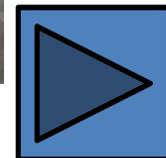
## Versuchsanlage am Queckbrunnerhof



Jede Kappe hat eine durchgehende Lüftungsklappe mit Drehpunkt an der Rinne. Den Zugang zur Bodenbearbeitung ermöglichen die Hebe-/Senktore an den Giebeln.

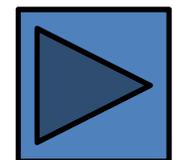


Der einlagige Energieschirm ist mit Schattierungsmaterial ausgeführt. Diese Variante dient als "Normalvariante" für ein im Winter beheiztes Gewächshaus mit mindestens temperierter Temperaturführung. Ein einlagiger Energieschirm sollte bei beheizten Gewächshäusern schon bei mittleren Temperaturen ökonomisch sein.



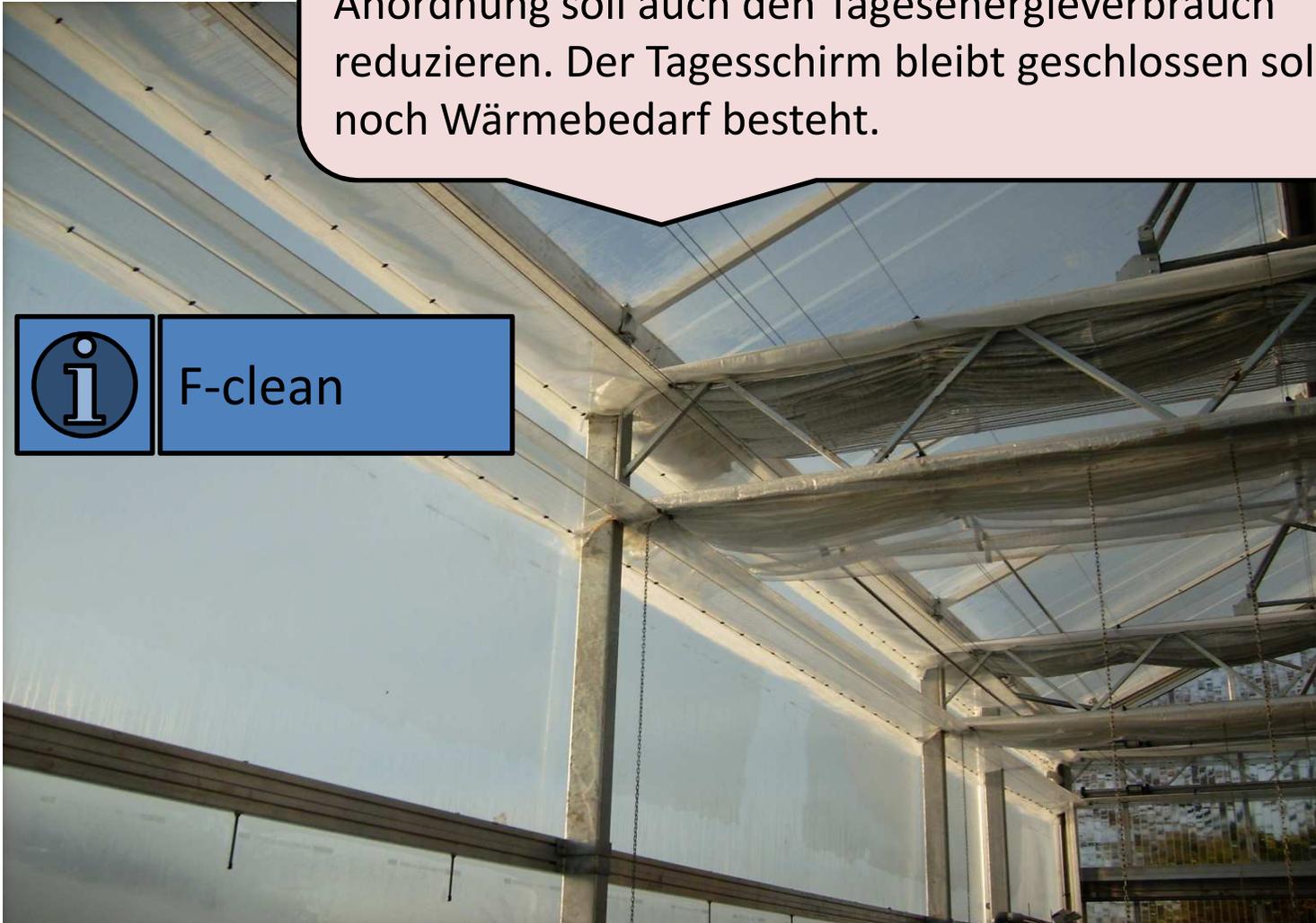
## Abteilung 2

Die Maximalisolierung ist ein 2-lagiger Schirm mit Wärmestrahlung reflektierenden Innenseiten für einen "Thermoskanneneffekt". Durch den Thermoskanneneffekt wird die Wärmestrahlung als Energieverlust weitgehend ausgeschaltet. Desweiteren sorgt das verwendete Material durch seine Ausführung für geringe Konvektionsverluste und damit zu einer hohen erwarteten Einsparung

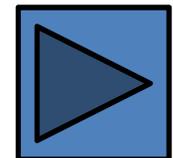


### Abteilung 3

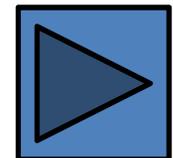
Ein doppelter Energieschirm aus Schattiermaterial und Tagesenergieschirm ist als Optimalvariante geplant; diese Anordnung soll auch den Tagesenergieverbrauch reduzieren. Der Tagesschirm bleibt geschlossen solange noch Wärmebedarf besteht.

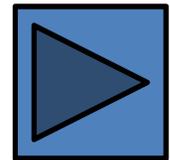


F-clean



Der Wärmespeicher dient zur Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch. Aus dem Speicher kann dadurch mehr Wärme entzogen werden als gleichzeitig produziert wird.





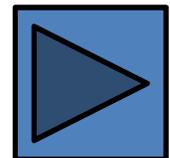
## Ergebnisse zur Strahlungsdurchlässigkeit

---

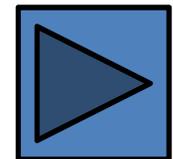
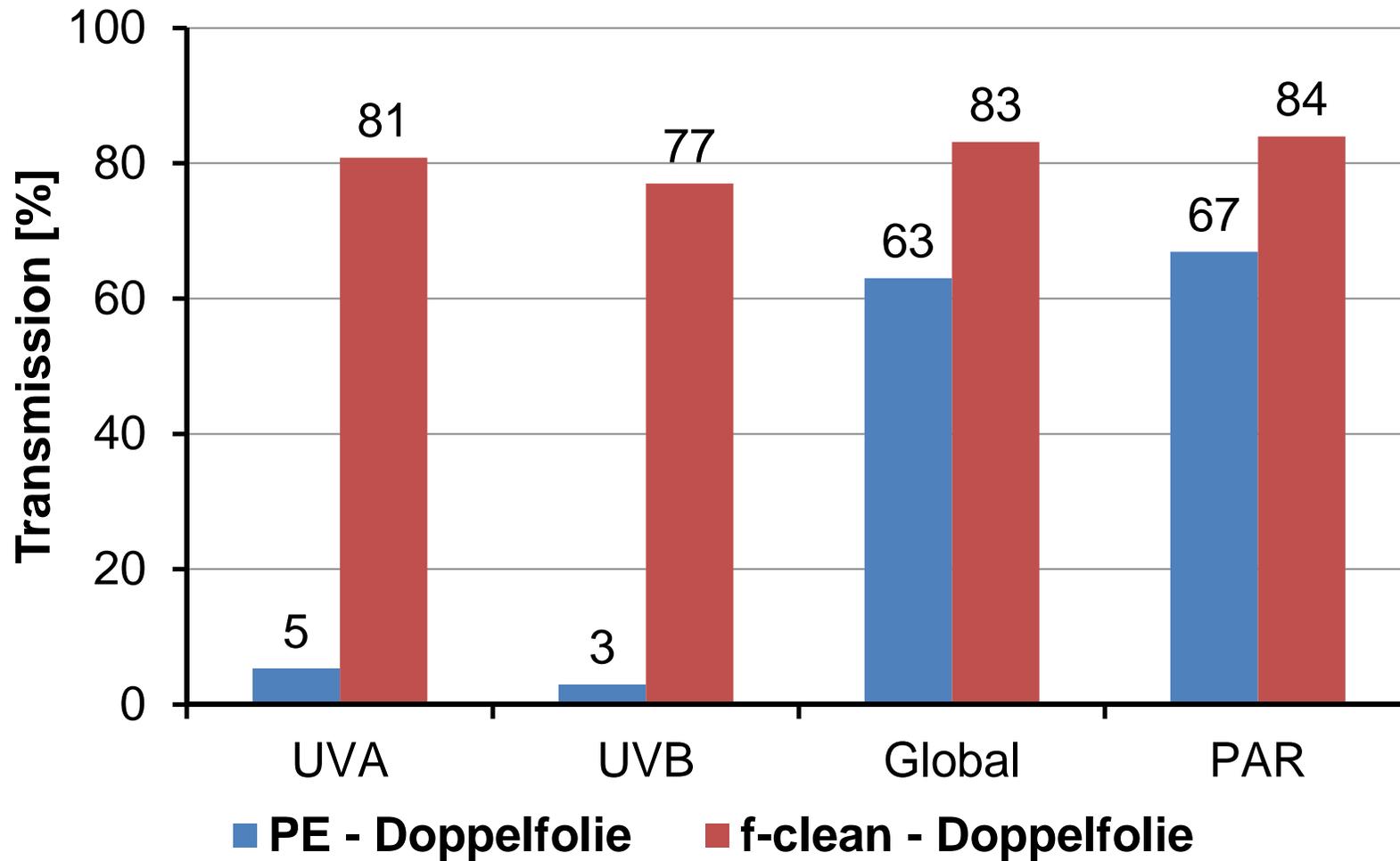
Der Lichteintrag in ein Gewächshaus ist ein wichtiger Faktor für den Kulturerfolg. Er wird durch die Gewächshauskonstruktion, das Bedachungsmaterial und die Energieschirmanlagen stark beeinflusst.

Bein den folgenden Ergebnissen wird in unterschieden in die Strahlungsdurchlässigkeit der Bedachung und in die Durchlässigkeit der gesamten Konstruktion unterschieden.

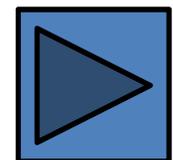
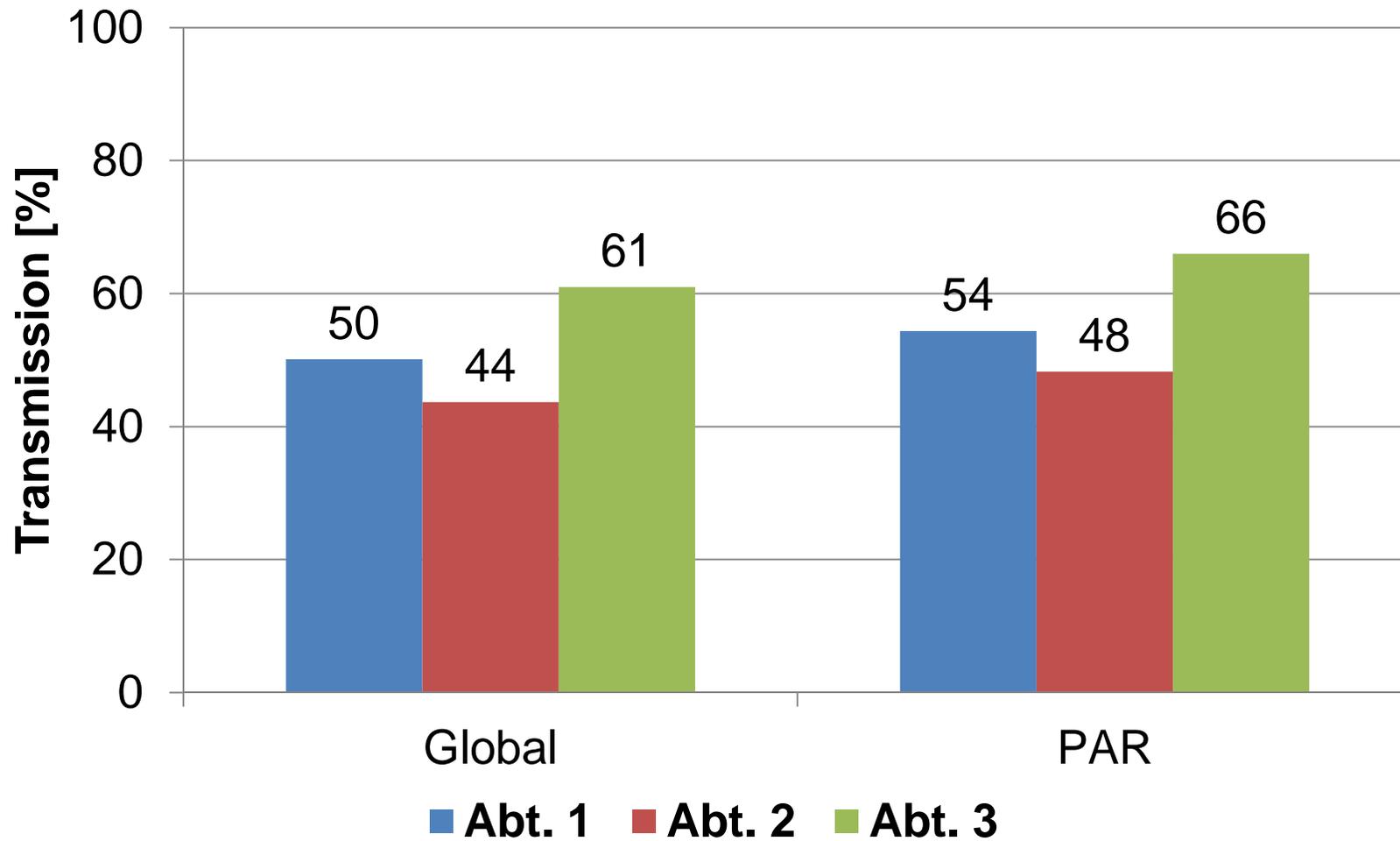
Erstere wird direkt unter der Bedachung mit horizontal ausgerichteten Sensoren gemessen; letztere wird durch einen rotierenden Fühler unter den Energieschirmen gemessen, berücksichtigt also alle Lichtverluste durch die Konstruktionselemente und das Schirmmaterial.



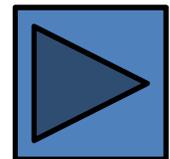
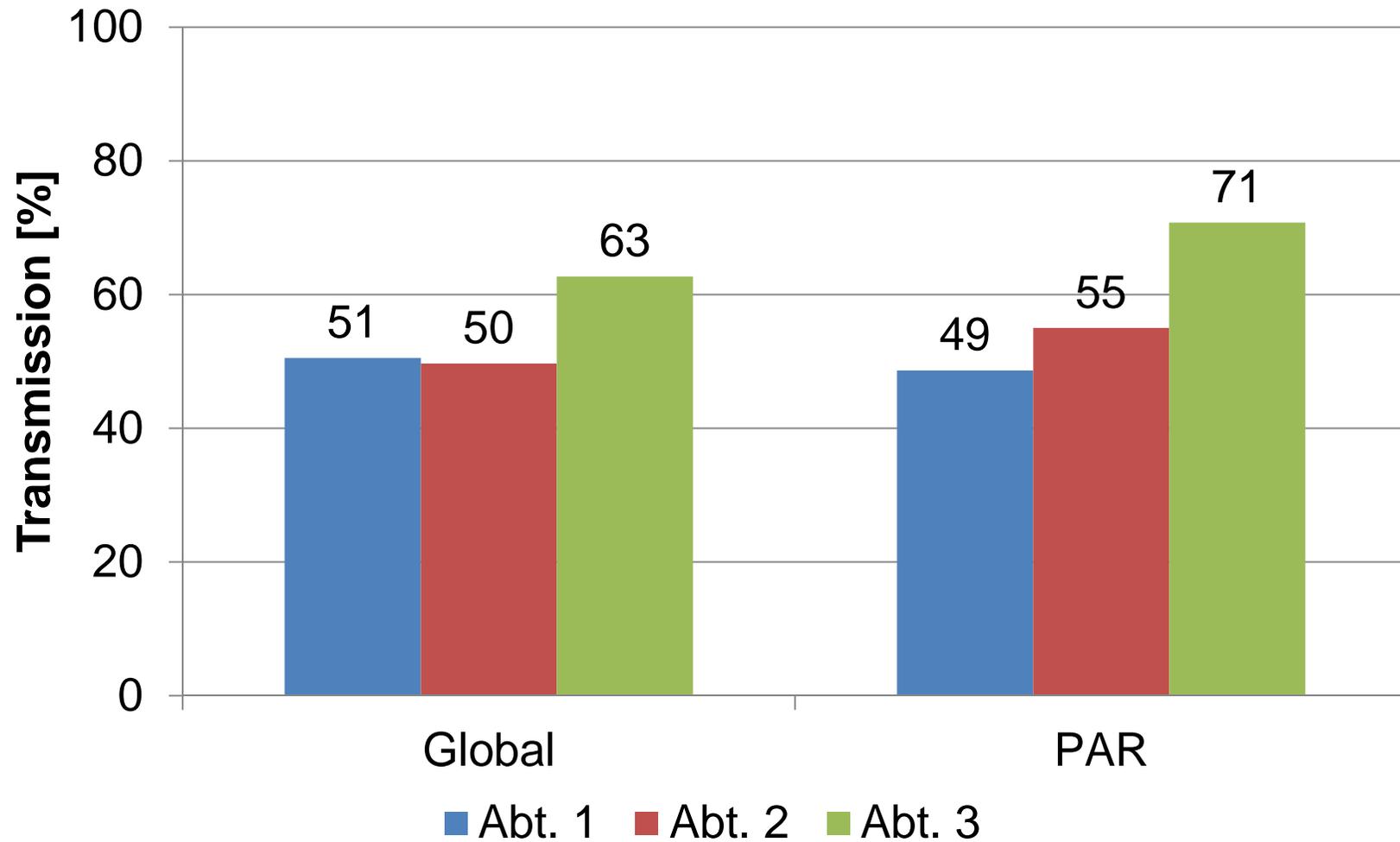
# Strahlungsdurchlässigkeit der Bedachung



# Konstruktionsdurchlässigkeit (hängende Schirme)



# Konstruktionsdurchlässigkeit (aufliegende Schirme)

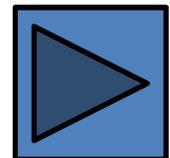


## Strahlungsdurchlässigkeit

---

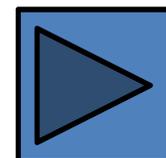
Die Messungen zur Strahlungsdurchlässigkeit zeigen den Einfluss der F-Clean Bedachung deutlich; dieser Unterschied wirkt sich auch im Wachstum aus.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen dass sich die Strahlungsdurchlässigkeit der PE – Folie mit der Zeit durch Verschmutzungs- und Alterungsprozesse quantitativ vermindert, was bei der F-clean Variante nicht in diesem Maße geschieht. .





**Länge der Fruchtstiele (F-Clean links, PE rechts)**

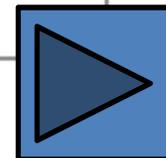
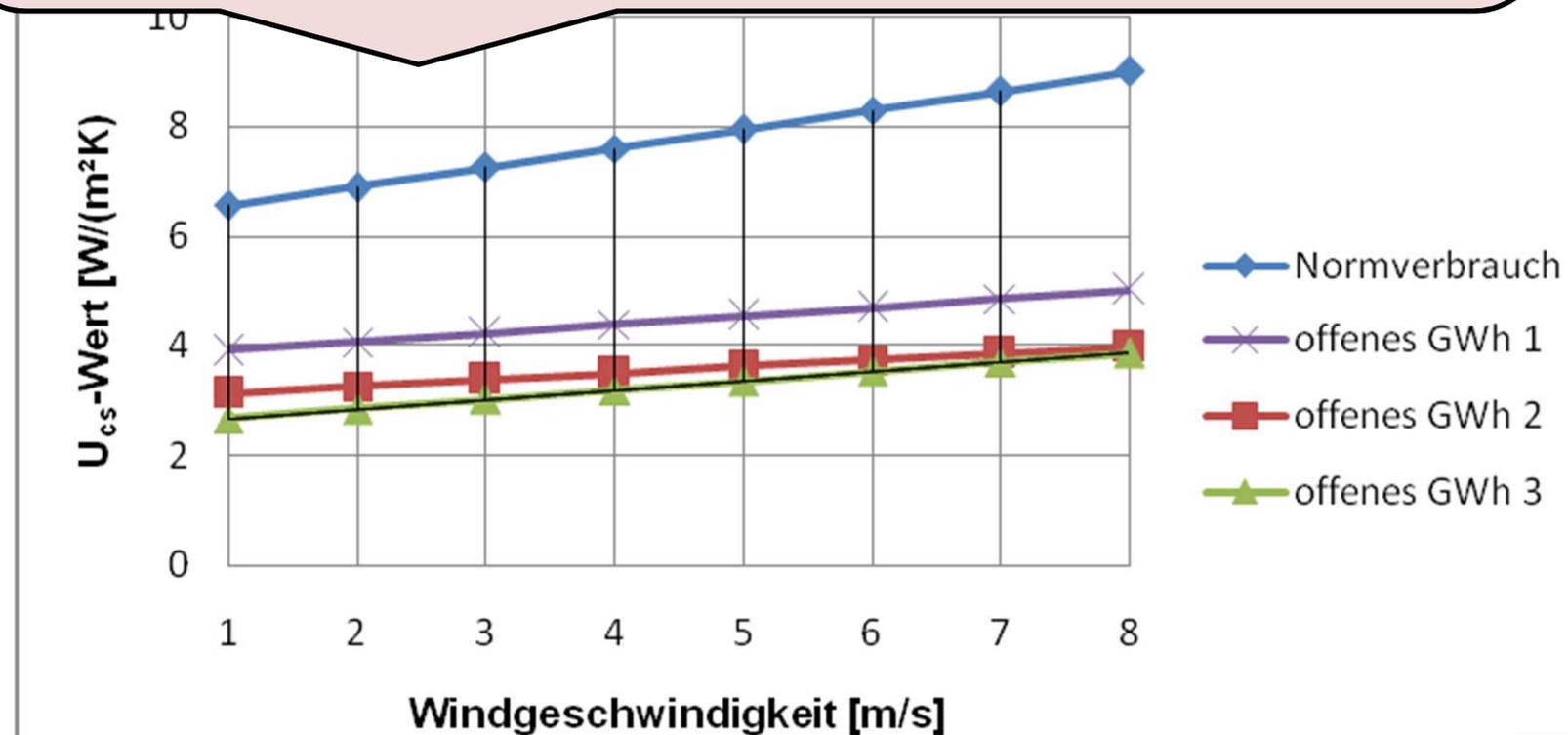


# **Zusammenfassung/Zwischenergebnis zu Art der Bedachung**

**Die Eindeckung mit Doppelfolie erbringt die gewünschten Einsparungen. Der Lichtverlust lässt Kulturverluste erwarten,. Andererseits bringt die verbesserte Strahlungsdurchlässigkeit von F-clean mehr Wachstum und auch kompaktere und besser ausgefärbte Pflanzen. Die Feuchteprobleme lassen sich durch die Regelung im Griff behalten.**

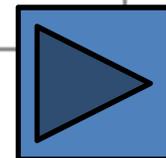
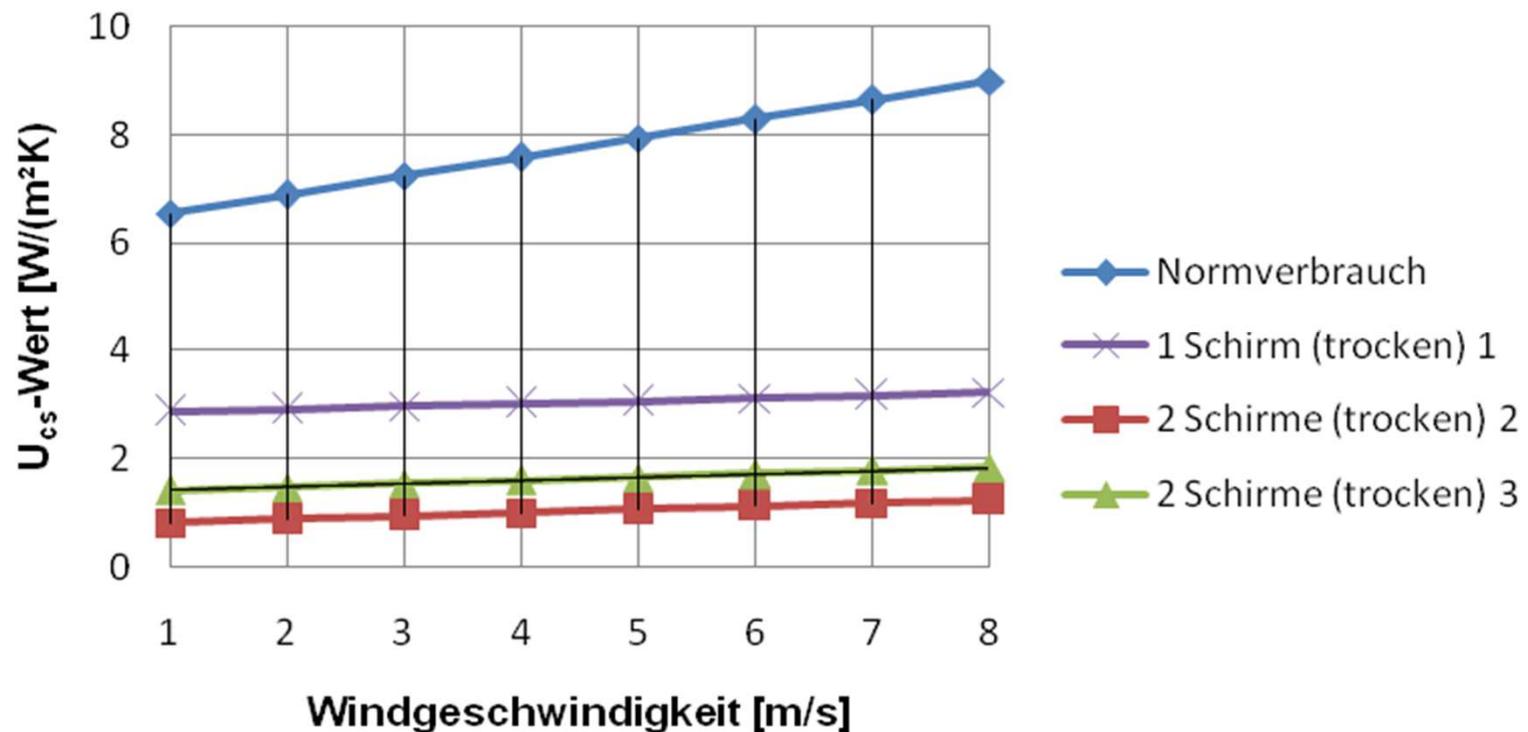


Die Abbildung zeigt den  $U_{cs}$  Wert in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit in den Abteilungen 1-3 bei offenen Energieschirmen. Obwohl alle Abteilungen mit Doppelfolie eingedeckt sind gibt es doch einige Unterschiede die sich durch die räumliche Anordnung der Stehwände ergeben. Die Abteilung 3 hat geringeren Wärmeverbrauch, da die verwendete Bedachungsfolie (F-clean) die Wärmestrahlung besser zurückhält.



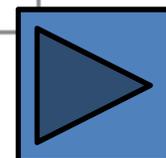
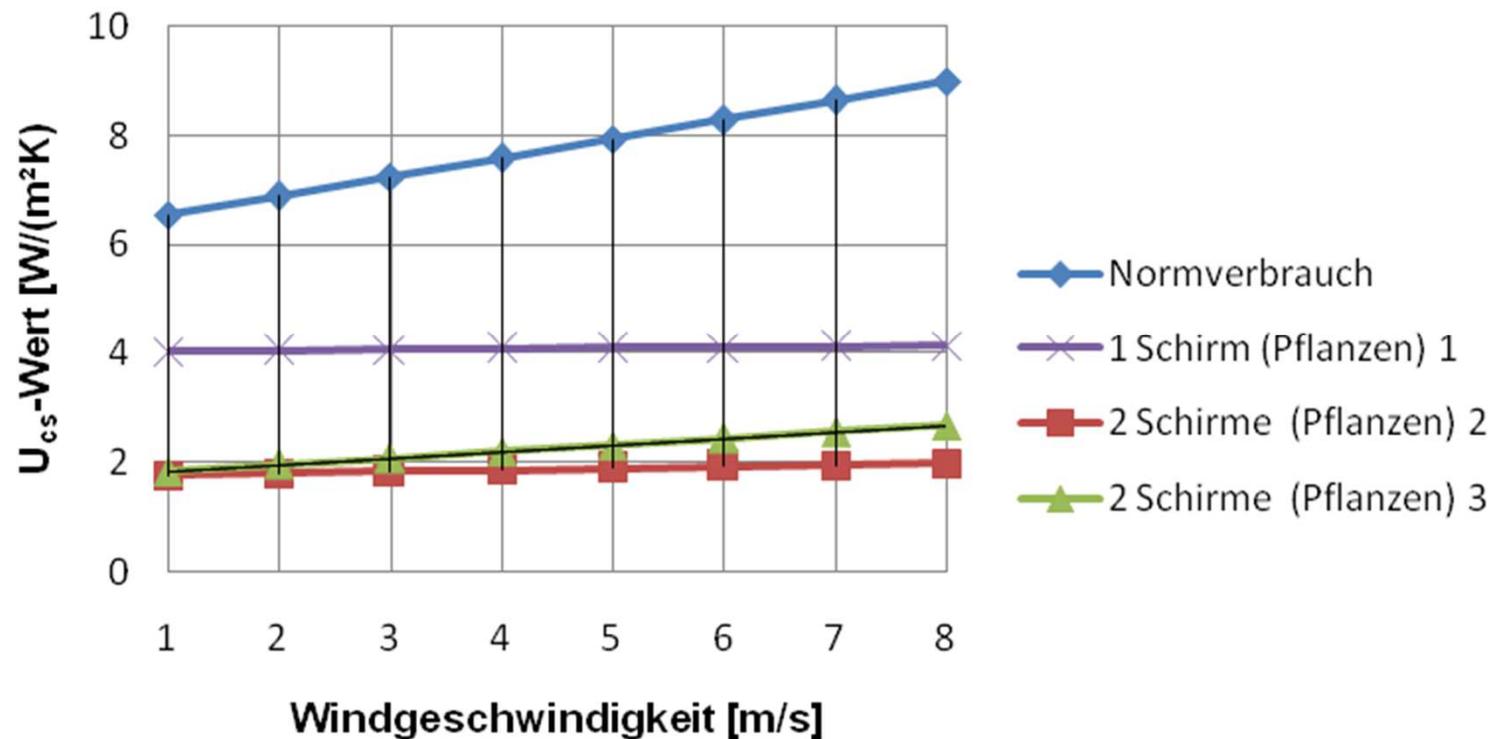
Die Messung bei einem gering verdunstenden Pflanzenbestand stellt die maximal zu erwartende Einsparung dar. In der Abteilung 2 wird dabei die beste Isolierung gemessen, Die Abteilung 3 zeigt ebenfalls eine sehr Isolierung; in der Abteilung 1 wird ebenfalls die erartete Einsparung erreicht.

### Schirme geschlossen (trocken)

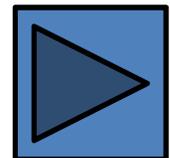


Die Messung bei einem stark verdunstenden Pflanzenbestand führt erwartungsgemäß zu geringeren Einsparungen. Dennoch bleiben die Werte in allen Abteilungen sehr hoch..

### alle Schirme geschlossen (mit Pflanzen)



Obwohl die technischen Erwartungen an die Energieeinsparung vollkommen erfüllt wurden bleibt insbesondere bei der Ausführung der Schirme noch Verbesserungsbedarf. Hierbei geht es im Wesentlichen um den Schattenwurf der installierten Anlagen. Dieses konnte unter industrieller Beteiligung durch eine veränderte Materialwahl und veränderte Aufhängung im Herbst 2013 optimiert werden.



## Abteilung 2



In Abteilung 2 wurde im Winter 2013/14 ein aufliegendes Schirmsystem installiert. Dieses sollte ein ähnliches Einsparpotenziale aufweisen. Durch kleinere Schirmpakete werden höher Tomatenerträge erwartet und ist durchaus in der Praxis denkbar.



Abteilung 2 ist als maximale Isolierstufe geplant und daher mit zwei Energieschirmen im Dachbereich und einem Energieschirm an den Stehwänden (Verdunklungsgewebe mit aluminisierte Seite nach unten und nach oben gerichtet) ausgestattet.



---

Der Wärmeverbrauchskoeffizient  $U_{cs}$  beschreibt die **mögliche Einsparung**.

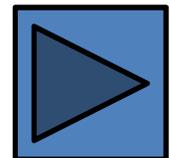
Wieviel von dieser **möglichen Einsparung** man nun **tatsächlich** realisieren kann hängt im Wesentlichen von 2 Dingen ab:

dem **Tagesenergieverbrauch**

Einwirken kann man hierauf durch den Tagesenergieschirm und die Temperaturführungsstrategie (z.B. Integrationsstrategien)

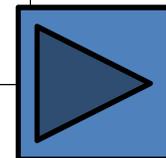
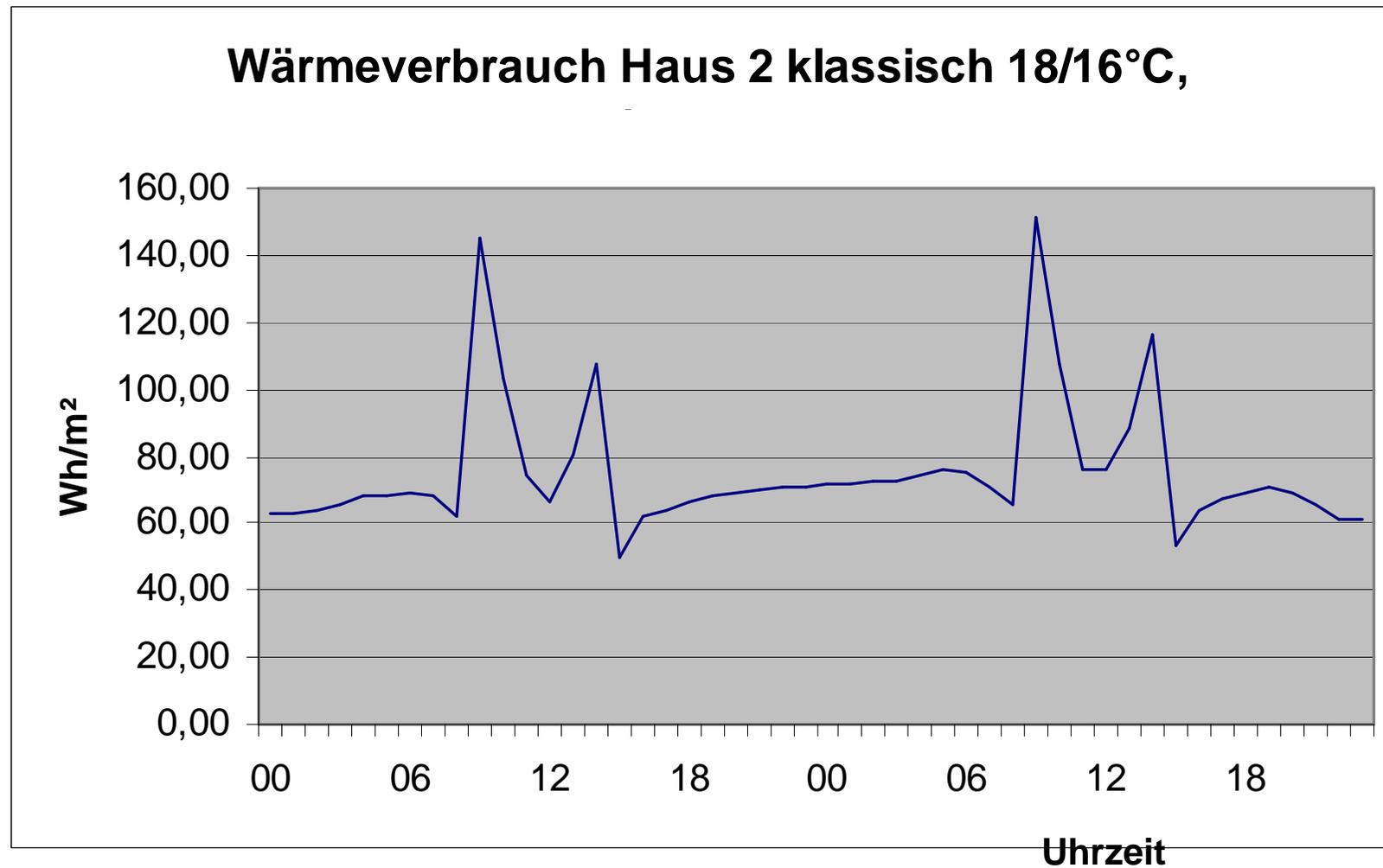
dem **Wärmeverbrauch für die Entfeuchtung**

Dieser Verbrauch ist sehr schwer allgemein gültig zu beschreiben und eines der Forschungsthemen im ZINEG Projekt



## Abteilung Doppelfolie, Energieschirm plus Verdunklung (Haus 2)

### Tagesgänge der Heizleistung

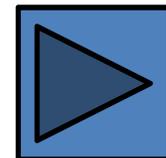


## Ergebnisse der Tomatenproduktion 2012

Versuchszeitraum: 28.02. – 29.11.12

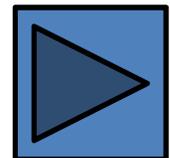
	Standardvariante Abteilung 1	IsoMax Abteilung 2	f – clean – Haus Abteilung 3	Normgewächshaus Einfachglas
Energie- verbrauch [kWh/m <sup>2</sup> ]	130,2	63,8	67,7	292,9
Ertrag [kg/m <sup>2</sup> ]	29,2	24,1	34,1	34,1
kWh/kg Ertrag	4,5	2,6	2,0	8,6
Holzpellets /Ertrag [kg/kg]	0,9	0,5	0,4	1,8
Heizöl EL/ Ertrag [l/kg]	0,4	0,3	0,2	0,8

Anmerkung zum Normgewächshaus: Der Energieverbrauch wurde mit den gleichen Klimadaten berechnet. Als Ertrag wurde der Ertrag von Abt. 3 des Versuchsgewächshauses angenommen.



# Paprika 2013

	Energieverbrauch [kWh/m <sup>2</sup> ]	Holzpellet [kg/m <sup>2</sup> ]	Öl (l/m <sup>2</sup> )	Einsparung [%]
<b>Abt. 1</b>	297,4	60,7	29,2	58
<b>Abt. 2</b>	132,7	27,1	13,0	81
<b>Abt. 3</b>	145,6	29,7	14,3	79
<b>Referenz</b>	704,0	143,8	69,1	0

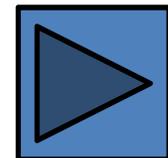




## Eine „automatische“ Prozessdokumentation als Hilfsmittel für einen produktspezifischen Carbon Footprint beim Gartenbau unter Glas

### Status Quo

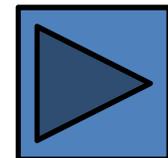
- Dokumentation folgender Ressourceneinsätze:
  - Wasser
  - Strom
  - Heizmaterial
  - Pflanzenschutzmittel
  - Düngemittel
- Funktionelle Einheit ist Gesamtverbrauch, Verbrauch pro Fläche, Verbrauch pro verkaufsfertiges Produkt (kg bzw. Stück)
- Einsatz und Test bei einer Tomatenproduktion (2011 und 2012)





## Zielsetzung

- Weitgehend automatische Dokumentation von Kulturverfahren im Gewächshaus
- Bewerten des Produktionsprozesses hinsichtlich des Ressourceneinsatzes
- Berechnung der verbrauchsgebunden CO<sub>2</sub>-Äquivalente



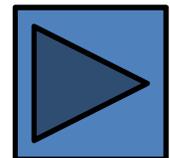
## Verbrauchsbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalente

---

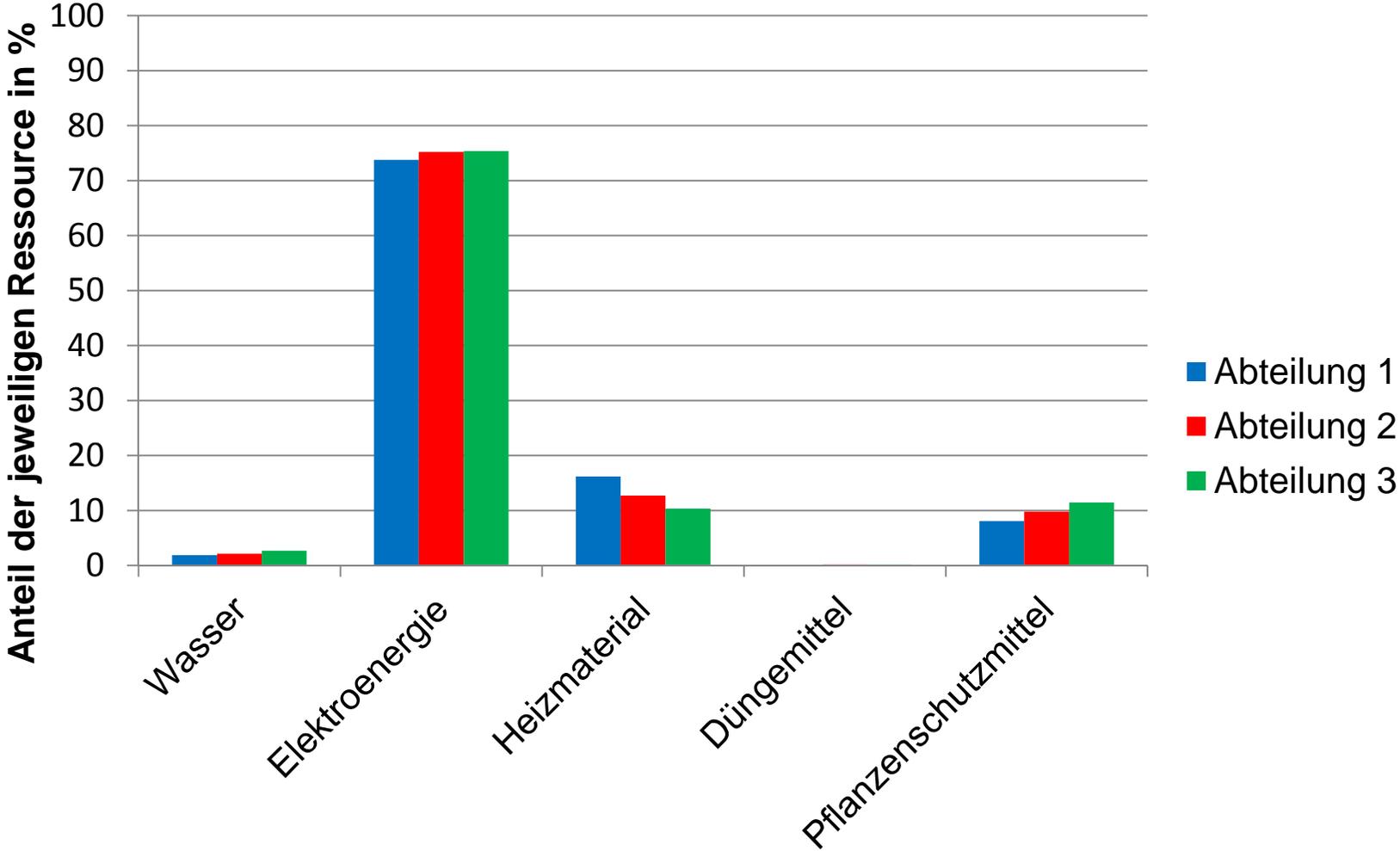
Im ersten Versuchsjahr 2010 wurden Salatpflanzen angebaut, die als Produkt der einmaligen Ernte gezählt werden können. In den darauffolgenden beiden Jahren 2011 und 2012 wurden Tomatenpflanzen kultiviert, deren Ernteprodukte der mehrmaligen Ernte zugeordnet werden können.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt für jede Kultur separat.

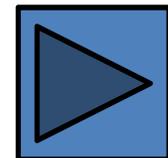
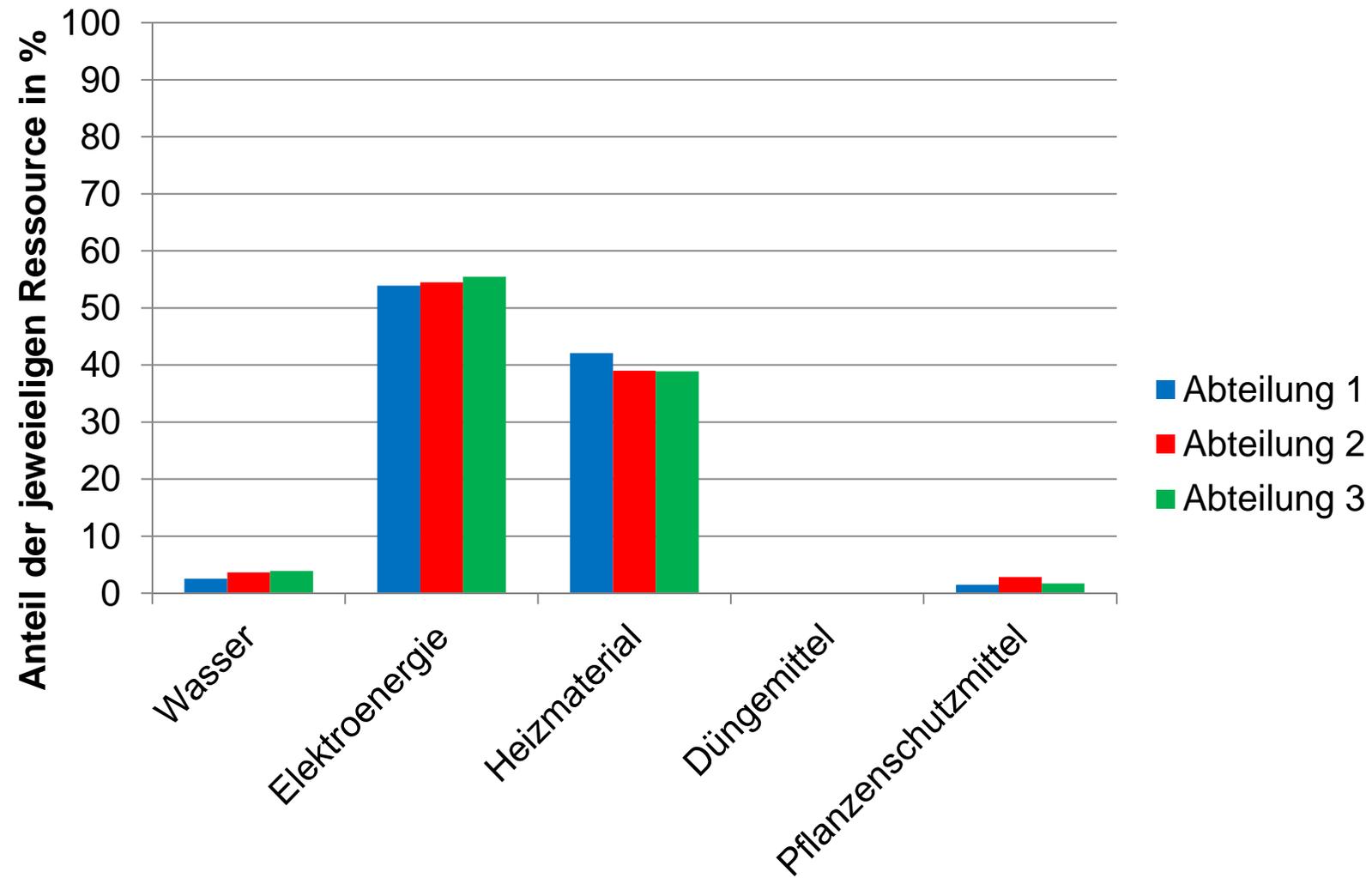
Als Ergebnis werden die einzelnen aufgeführten Ressourcenverbräuche und die sich daraus ergebenden verbrauchsgebundenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente gezeigt.



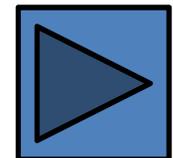
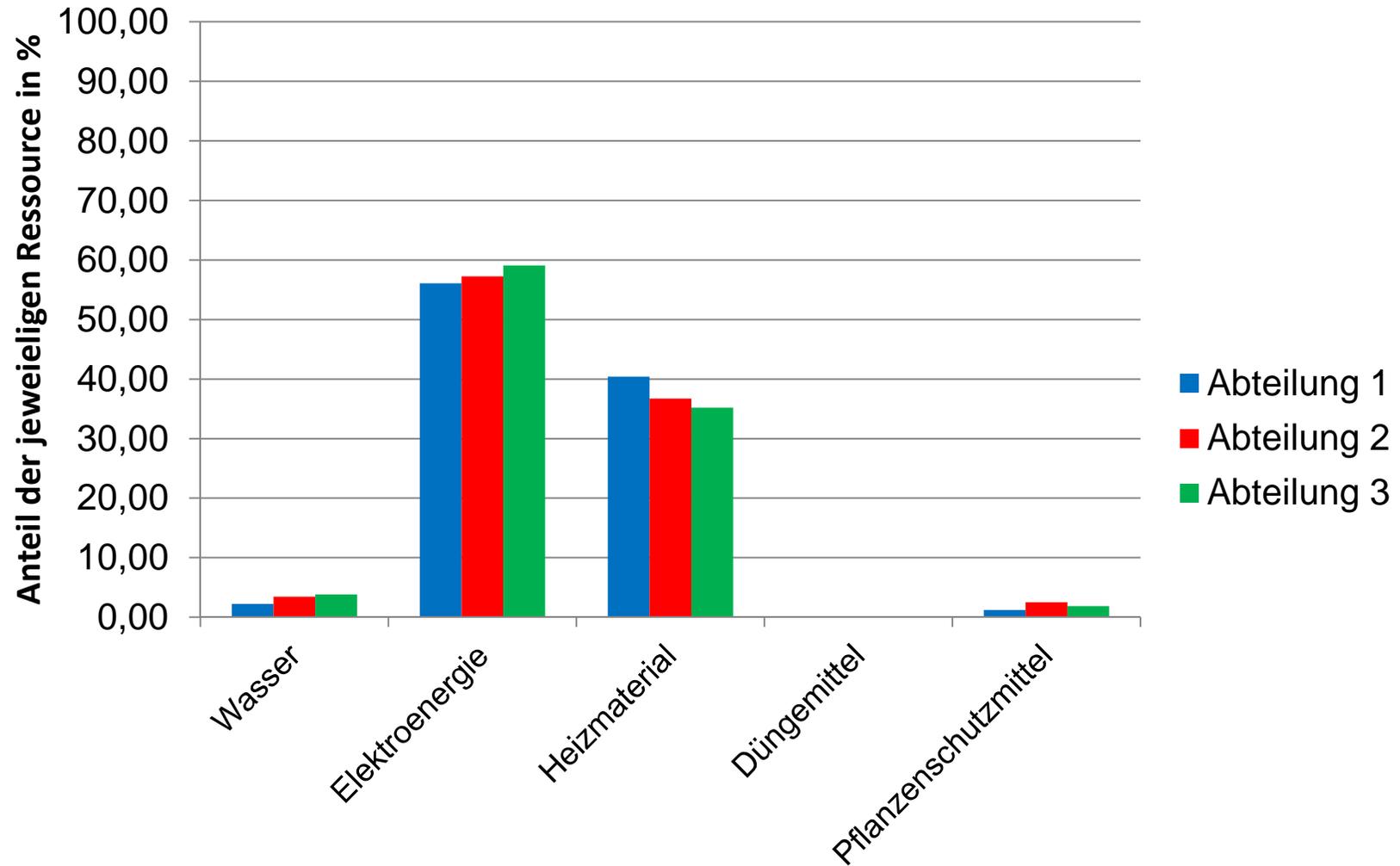
# Verbrauchsbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Salat



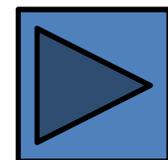
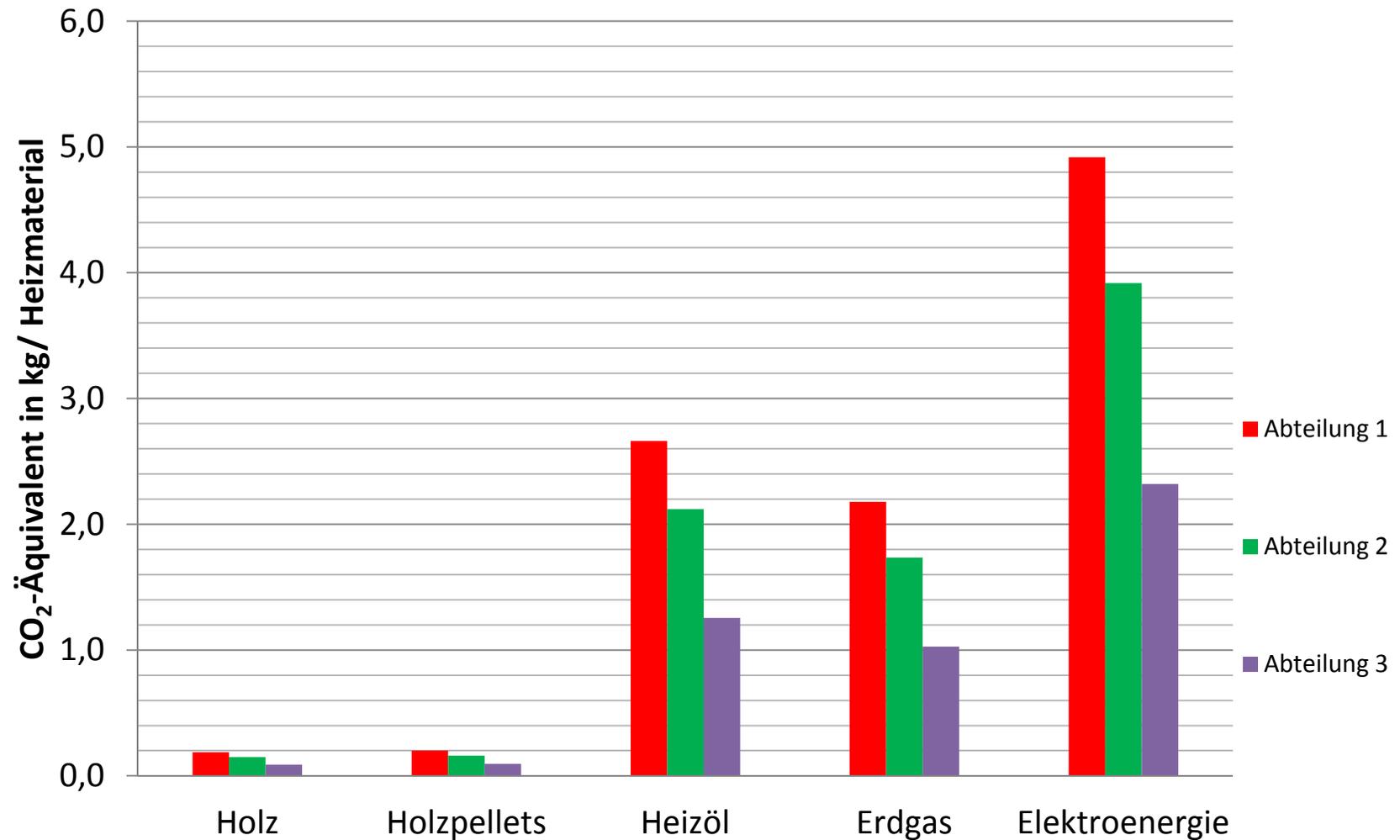
# Verbrauchsbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Tomate 2011



# Verbrauchsbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Tomate 2013



# CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kg Tomate (div. Energieträger)



## Verbrauchsbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalente

---

Es ist festzuhalten, dass beim Einsatz von fossilen Heizmaterialien Energieeinsparmaßnahmen von sehr großer Bedeutung sind, aber eine deutlich größere Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Äquivalents durch den Einsatz von erneuerbaren Heizmaterialien erreicht wird.

Die Bereitstellung des Wärmebedarfes für das ZINEG Versuchsgewächshaus erfolgt am Queckbrunnerhof mit Holzpellets als Heizmaterial. Durch den Einsatz dieses Heizmaterials ist es möglich, das CO<sub>2</sub>-Äquivalent deutlich zu reduzieren.

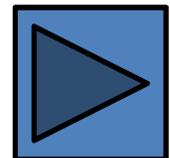


## Empfehlungen für die Praxis

---

### **Gewächshaushülle:**

Die Gewächshaushülle sollte über eine Doppelbedachung im Dachraum und an Stehwänden und Giebeln verfügen. Als Bedachungsmaterial kommen Doppelfolien, feste Kunststoffdoppelbedachungen und Doppelgläser in Betracht. Doppelfolien sind vorzugsweise mit Luftposter auszuführen. Die Materialwahl bei Folien ist offen, eine Mindestanforderung wäre eine Antitau-Ausrüstung. Wenn die UV-Durchlässigkeit aus kulturtechnischen Gründen erwünscht ist, kann der im Versuchsgewächshaus verwendeten F-clean Folie eine gute Eignung bestätigt werden. Eine ausreichende, vorzugsweise durchgehende Dachlüftung ist unerlässlich.



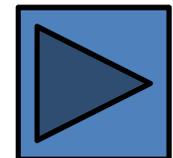
## Empfehlungen für die Praxis

---

### Gewächshaushülle:

Die Gewächshaushülle sollte über eine Doppelbedachung im Dachraum und an Stehwänden und Giebeln verfügen. Als Bedachungsmaterial kommen Doppelbedachungen aus Kunststoffdoppelbedachungen und Isoliergläser in Betracht. Doppelfolien sind vorzugsweise mit Antiposter auszuführen. Die Materialwahl bei Folien hat eine Mindestanforderung wäre eine Antitau-Ausrüstung. Die UV-Durchlässigkeit aus kulturtechnischen Gründen erwünscht ist, kann der im Versuchsaufbau verwendeten F-clean Folie eine gute Eigenschaft sein. Eine ausreichende, vorzugsweise durchgehende Dachlüftung ist unerlässlich.

**Gewünschter  $U_{cs}$ -Wert kleiner 2**



## Empfehlungen für die Praxis

---

### **Ausstattung mit Energieschirmen:**

Ein einfacher Standardenergieschirm ist Mindestausstattung. Zum Erreichen der hoch gesteckten Einsparungsziele sind aber zwei voneinander unabhängig steuerbare Energieschirme anzustreben; bei einem höheren Aluminiumanteil ist die reflektierende Seite nach oben hingerrichtet einzubauen. Schirm 2 wird als Tagesenergieschirm mit guter Strahlungsdurchlässigkeit vorgeschlagen. Er wird über dem Schattierschirm eingebaut und schützt dadurch die Reflexionsschicht vor Verschmutzung. Bei einem Heizbedarf am Tage bleibt der Tagesenergieschirm geschlossen, ebenso immer am frühen Morgen damit Lastspitzen vermieden werden. An sehr kalten Tagen kann der Tagesschirm ganztägig geschlossen bleiben.



## Empfehlungen für die Praxis

---

### **Ausstattung mit Energieschirmen:**

Ein einfacher Standardenergieschirm ist Mindestanforderung. Zum Erreichen der hoch gesteckten Einsparungsziele sind aber zwei voneinander unabhängig steuerbare Energieschirme anzustreben; bei einem höheren Anforderungsgrad ist die reflektierende Seite nach oben zu montieren. Schirm 1 wird als Tagesenergieschirm mit einer Strahlungsdurchlässigkeit vorgeschlagen. Er wird als Schattierschirm eingebaut und schützt dadurch die Glasschicht vor Verschmutzung. Bei einem Heizbetrieb bleibt der Tagesenergieschirm geschlossen und immer am frühen Morgen damit Lastspitzen vermieden. An sehr kalten Tagen kann der Tagesschirm geschlossen bleiben.

**2 Schirme (Isolierung + Tagesschirm)**



## Empfehlungen für die Praxis

---

### **Regelung:**

Die Regelung muss über verlässliche Messtechnik insbesondere auch für Feuchtemessungen und zur Feuchteregelung verfügen. „Sicherheitsaufschläge“ zur Feuchteregelung durch niedrige Feuchtesollwerte sind mit einer energiesparenden Betriebsweise unvereinbar. Gute Messtechnik wird dadurch extrem wichtig. Gute Messtechnik richtig einzusetzen bedeutet auch die wiederkehrende periodische Überprüfung und Eichung. Die Temperaturführung nach „Integrationsverfahren“ soll auf feste Sollwerte verzichten, damit die Ausnutzung der „kostenlosen“ Solarenergie maximiert werden kann.



## Empfehlungen für die Praxis

---

### Regelung:

Die Regelung muss über verlässliche Messtechnik verfügen, insbesondere auch für Feuchtemessungen und zur Feuchteüberwachung verfügen. „Sicherheitsaufschläge“ zur Feuchteregulierung durch niedrige Feuchtesollwerte sind mit einer entsprechenden Betriebsweise unvereinbar. Gute Messtechnik ist durch extrem wichtig. Gute Messtechnik richtig einsetzen bedeutet auch die wiederkehrende periodische Überprüfung und Eichung. Die Temperaturführung „Integrationsverfahren“ soll auf feste Sollwerte ausgelegt sein, damit die Ausnutzung der „kostenlosen“ Solarwärme maximiert werden kann.

**Gute Regelung, gute Entfeuchtungstrategie**

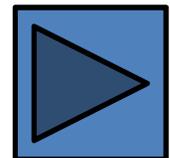


# Empfehlungen für die Praxis

---

## **Energieträger**

Das Ziel eines möglichst geringen Verbrauchs fossiler Energieträger kann durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe angestrebt werden. Denkbar sind hier insbesondere bei größeren Anlagen Holzhackschnitzel oder Abfallholz, bei kleineren Anlagen Holzpellets oder vergleichbares Heizmaterial. Zum Einsatz können aber auch Abwärme-Angebote aus allen denkbaren Quellen kommen. Hier ist insbesondere auch die Abwärme aus Biogasanlagen oder Erdwärmebohrungen zu nennen. Vorteilhaft ist dabei, dass durch die angestrebte Temperaturführung nach Integrationsstrategien Lastspitzen weitgehend vermieden werden können. Das ermöglicht eine deutliche Unterauslegung der Wärmeerzeugung.



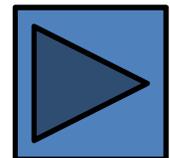
## Empfehlungen für die Praxis

---

### Energieträger

Das Ziel eines möglichst geringen Verbrauchs für die Erzeugung von Wärme aus Energieträgern kann durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe angestrebt werden. Denkbar sind hier bei größeren Anlagen Holzhackschnitzel oder bei kleineren Anlagen Holzpellets oder vergleichbares Material. Zum Einsatz können aber auch Abwärme-Anlagen aus allen denkbaren Quellen kommen. Hier ist insbesondere auch die Abwärme aus Biogasanlagen oder Erdwärmepumpenbohrungen zu nennen. Vorteilhaft ist dabei, dass die angestrebte Temperaturführung nach Integration in die Anlagen Lastspitzen weitgehend vermieden werden können. Dies ermöglicht eine deutliche Unterauslegung der Anlagen für die Wärmeherzeugung.

**Nachwachsende Rohstoffe, Abwärme**

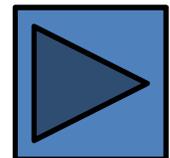


## Empfehlungen für die Praxis

---

### **Heizungsanlage im Gewächshaus.**

Zur Sicherstellung eines optimalen Kleinklimas wird eine kulturnahe Rohrheizung vorgeschlagen. Eine vertikale Anordnung zwischen den Pflanzenreihen ist bei Fruchtgemüse (z.B. Tomate oder Paprika) vorteilhaft weil damit auch ein besserer Feuchteabtransport aus dem Pflanzenbestand einhergeht. Die Auslegung der Heizungsanlage sollte entsprechend der Bedachung und der Energieschirme deutlich gegenüber einer Vollauslegung reduziert werden. Eine Auslegungsleistung von  $100 \text{ W/m}^2$  bei den Anlagen mit 2 Energieschirmen erscheint bei größeren Gewächshausanlagen ausreichend; auch bei einem Sicherheitsaufschlag für eventuell nicht schließende Schirme ist eine Auslegung auf  $150 \text{ W/m}^2$  ausreichend. Das gilt insbesondere wenn ein Tagesenergieschirm vorgesehen ist.



## Empfehlungen für die Praxis

### Heizungsanlage im Gewächshaus.

Zur Sicherstellung eines optimalen Kleinklimas wird kulturnahe Rohrheizung vorgeschlagen. Eine verbleibende Ordnung zwischen den Pflanzenreihen ist bei Frucht (z.B. Tomate oder Paprika) vorteilhaft weil damit auch ein besserer Feuchteabtransport aus dem Pflanzbereich einhergeht. Die Auslegung der Heizungsanlage ist entsprechend der Bedachung und der Energieverluste deutlich gegenüber einer Vollauslegung reduziert. Eine Auslegungsleistung von 100 W/m<sup>2</sup> bei den Anlagen mit 2 Energieschirmen erscheint bei größeren Gewächshäusern ausreichend; auch bei einem Sicherheitszuschlag für eventuell nicht schließende Schirme ist eine Auslegung auf 150 W/m<sup>2</sup> ausreichend. Das gilt insbesondere wenn ein Tagesenergieschirm vorgesehen ist.

**pflanzennahe, strahlende Heizflächen**

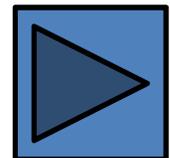


# Kostenbetrachtungen

---

## **Kostenbetrachtungen**

Entsprechend der vorgenannten Auswahlkriterien werden die Kosten des ZINEG TUM/DLR Gewächshauskonzeptes im Vergleich zu einer Standardanlage dargestellt. Verglichen werden ein nicht isoliertes, einfach bedachtes Gewächshaus als „Norm“ Konzept, ein einfach bedachtes Gewächshaus mit einem Energieschirm als Ausgangskonzept (aktuelle Praxislösung), ein Doppelfolienhaus mit einem Energieschirm als Normalausführung eines Doppelfolienhaus (aktuelle Praxislösung, Abteilung 1 der Versuchsanlage), ein Doppelfolienhaus mit 2 Energieschirmen (Abteilung 2 der Versuchsanlage) und das F-clean gedeckte Doppelfolienhaus mit Energieschirm und Tagesenergieschirm (Abteilung 3 der Versuchsanlage).



## Kostenbetrachtungen

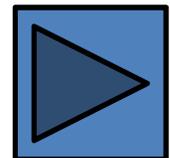
Entsprechend den beschriebenen Annahmen entstehen gegenüber dem ZINEG/DLR Konzept wesentliche Mehrkosten gegenüber der Referenzanlage (Einfachglas und Schutzschirm) sondern teilweise erhebliche Minderkosten. Eine überraschende Tatsache kommt insbesondere durch die Einsparungen an der Wärmeenergie und an der Heizungsanlage, die durch eine bessere Auslegung möglich werden. Die mit F-clear realisierte Anlage ist zwar von den Investitionen her die teurere Anlage, macht diesen Nachteil aber durch bessere Energieergebnisse und geringeren Energieverbrauch uneingeschränkt wieder wett. Diese Bauweise kann auch wegen der langen Haltbarkeit der Folie kulturtechnischer Vorteile uneingeschränkt empfohlen werden.

**Zusatzkosten reduzieren Heizungsauslegung**



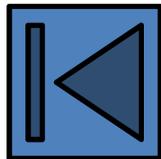
# Kostenbetrachtungen

	GWH-Typ	Norm	Referenz	QBH 1	QbH2	QBH 3
Investitionen	€ je qm	146,78 €	133,53 €	132,11 €	123,17 €	145,77 €
Jährliche Kapitalkosten	€ je qm	12,12 €	11,80 €	11,82 €	12,03 €	13,87 €



## Projektförderung

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie die Landwirtschaftliche Rentenbank unter Federführung des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mit Unterstützung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert.





# Öffentlichkeitsarbeit und Praxis-Transfer der ZINEG- Projektergebnisse

*Gabriele Hack*



## Teilprojekt „Öffentlichkeitsarbeit und wirksamer Wissenstransfer in die gärtnerische Praxis -



### Arbeitsziele:

- Präsentation von Ergebnissen und Erkenntnissen auf Weiterbildungsveranstaltungen und Messen für die gärtnerische Praxis und die Gartenbau-Industrie
- Organisation von Präsentationen in Wissenschaftler- und Beraterkreisen zur Diskussion der Ergebnisse
- Erstellung von Druckschriften (z.B. Hefte)
- Erstellung und Pflege der **ZINEG-Homepage** [www.zineg.de](http://www.zineg.de)
- Veröffentlichung von Untersuchungsergebnisse in HORTIGATE / Energieportal [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de)

ergänzend dazu **Arbeitsgruppe**

## **„Projekt begleitende Öffentlichkeitsarbeit und wirksamer Transfer in die Praxis – ZINEG**

**bestehend aus Vertretern von:**

**❖ Wissenschaft**

Ökonomie, Pflanzenbau, Technik

**❖ Beratung**

## **Veranstaltungen 2010 bis 2014**

### **Vorträge, Poster, Infotische zur ZINEG**

Messen	6
überregionale Veranstaltungen	20
regionale Veranstaltungen	28

### **Workshop Wissenstransfer ZINEG – Industrie**

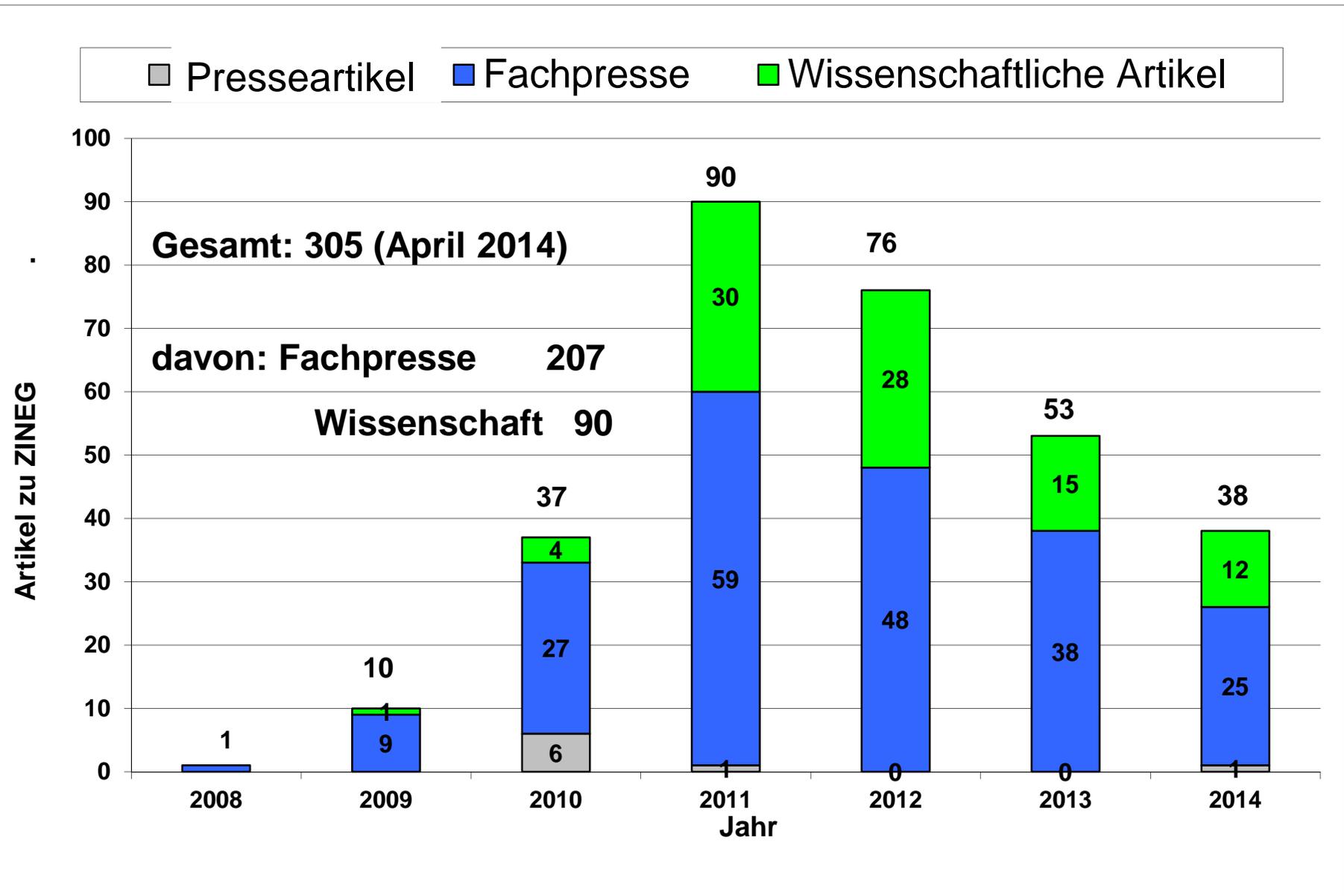
zur Information von Unternehmen der Gartenbauindustrie  
(Hersteller, Installateure, Vertrieb)  
Thema: Energieschirm

## ZINEG-Infodienst

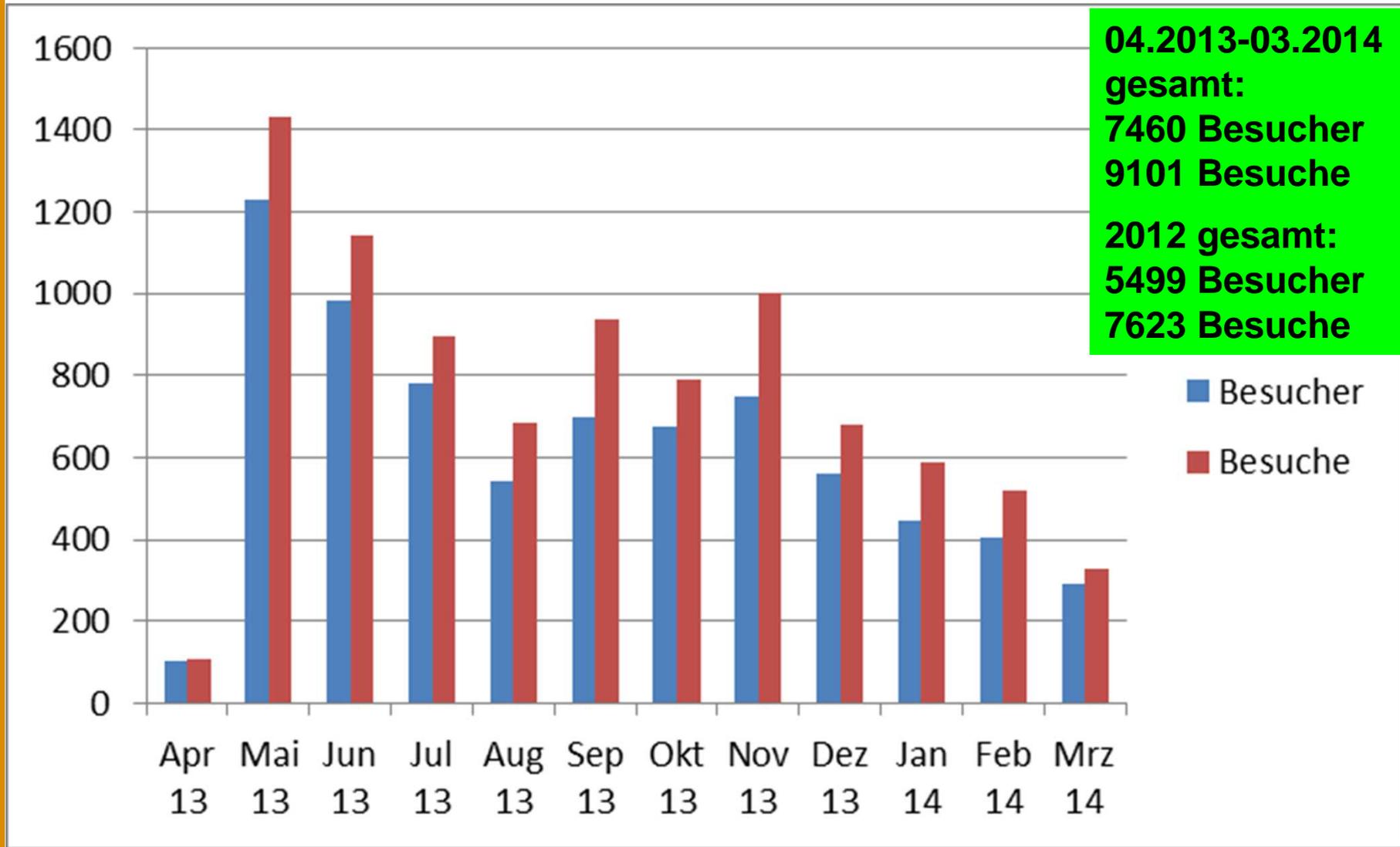
**38 Infodienste für die Fachpresse (Juni 2011 –August 2014)**

<b>Gemüse:</b>	<b>12</b>
<b>Zierpflanzen:</b>	<b>10</b>
<b>Ökonomie:</b>	<b>5</b>
<b>Übergreifend:</b>	<b>11</b>

daraus sind ca. **60 Veröffentlichungen in der Fachpresse** entstanden



# Internet- Zugriffe



## Wie geht es weiter nach 2014 ?

- **Weiterhin Veröffentlichungen in der Fachpresse und in Hortigate, wenn** Projektbetreuer/Projektbearbeiter weiterhin im ZINEG-Umfeld tätig, z.B. Demonstrationsbetriebe, Pilotprojekte ??
- **Übernahme von erarbeiteten Kalkulations- u. Bewertungsmodellen / Dokumentationsprogrammen / Strategien durch die Beratung** (Technik-, Betriebswirtschaftliche-, Unternehmens-Beratung)
  - Frage der Verfügbarkeit und Benutzerfreundlichkeit ??
  - Beratungspräsenz (Offizial-, Kostenpflichtige, Privat-Beratung) ??
- **ZINEG-Kontaktstelle** über das Projektende hinaus, **(Wunsch)** um den Wissenspool und das Potential für eine Niedrig-Energie- Produktion für die gärtnerischen Praxis verfügbar zu halten.  
??

ZINEG geht in die Praxis ...



Wer schon am Start nur Hindernisse sieht,  
kommt niemals ins Ziel

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



# ZINEG aus Sicht der gärtnerischen Praxis

*Thomas Koch*

## Übersicht: was Sie erwartet

- Vorstellung
- Einleitung
- Ergebnisse
- Probleme?
- Wünsche der Gärtner

## Vorstellung

Thomas Koch

Orchideen Koch  
Lindenhof  
57368 Lennestadt



- Orchideen Zuchtbetrieb  
mit angeschlossenem Vermehrungs-Labor
- Vorsitzender des ZVG-Technikausschusses

## Einleitung

- Betrachtung aus Sicht eines potenziellen ZINEG-Nutzers
- Unternehmerisches Ziel ist, sich am regionalen und internationalen Markt zu behaupten, um gewinnbringend zu verkaufen
- wesentlicher Produktionsfaktor neben der Arbeit ist Energie
- energieintensive Betriebe im Gartenbau haben mit ständig steigenden Energiekosten zu kämpfen
- Maßnahmen wie Isolierverglasungen, Klimarechner, mehrere Energieschirme oder ein adäquater Energieträger sind seit langem wichtige Voraussetzungen
- ZINEG bietet weitere interessante Ansätze, um den Faktor Energie zu minimieren

## Ergebnisse

Wesentliche Ziele im ZINEG-Projekt:

- Energieeinsparung
- Energiespeicherung
- angepasste Regelstrategien
- Einsatz regenerativer Energieträger

Hinzu kommen die sich daraus ergebenden Vorteile wie zum Beispiel Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## Probleme?

Lassen sich diese Ergebnisse so in die Praxis übertragen?

## Probleme?

### Beispiel Luftfeuchtigkeit

Bei einigen Versuchen entstand eine zum Teil sehr hohe Luftfeuchtigkeit, wo dann ein Teil des Wassers an den Außenwänden der Gewächshäuser kondensierte.

- anderes Verhalten in der Praxis aufgrund eines völlig anderen Grundfläche/Hüllfläche-Verhältnisses
- die entstandene Feuchtigkeit muss mit hohem Energieaufwand verringert werden

Welchen Einfluss hat das erheblich größere Puffervolumen, der größere Luftraum, auf die erzielten Ergebnisse?

## Probleme?

### Beispiel Kulturen

Die Übertragbarkeit der Erfahrungen mit den bei ZINEG verwendeten Kulturen ist nicht immer gegeben.

- es sind mehr Erfahrungen mit anderen Gattungen und Arten notwendig
- nicht alle Pflanzen sind für die getesteten Temperaturen und Luftfeuchtigkeitsbereiche geeignet
- Investitionen in die hochtechnisierten Gewächshäuser rentieren sich nur bei wirtschaftlichem Erfolg

## Probleme?

### Beispiel andere Regelstrategien

Bei der Kultur in Niedrigenergie-Gewächshäusern sind zum Teil große Eingriffe in die gewohnte Kulturweise der Gärtner erforderlich.

- neue Regelstrategien erfordern ein starkes Umdenken bei den Gärtnern
- es fehlen die entsprechenden Erfahrungen mit den jeweiligen Kulturen und was bei Abweichungen vom gewünschten Regelverhalten zu tun ist
- der Einsatz von dynamischen Regelstrategien ist nicht bei allen Kulturen möglich.

Hier müssen Alternativen gesucht werden.

## Probleme?

### Beispiel Finanzbedarf

Die durchgeführten Projekte erfordern einen zum Teil sehr hohen Finanzbedarf.

Wie viele Unternehmen können sich den Start in eine technisch so anspruchsvolle Zukunft leisten?

- eine Unterstützung der ersten Gartenbaubetriebe ist wünschenswert, die das Risiko der neuen Techniken und Strategien eingehen
- eine wissenschaftliche Begleitung und Auswertung würde den nachfolgenden Praxisbetrieben den Einstieg in die zukunftsweisenden Technologien erleichtern
- eine ökonomische Auswertung der Ergebnisse dieser Praxisbetriebe sollte durchgeführt werden

## Wunsch der Praxis

- Einführung eines entsprechenden Förderprogramms, das die Umsetzung der ZINEG-Technologie in der Praxis unterstützt
- wissenschaftliche Begleitforschung in ZINEG-Praxisbetrieben fördern, um die Praxistauglichkeit in großen Gewächshausanlagen betreuen zu können.
- Etablierung einer ZINEG-Kontaktstelle, die nach dem Projektende für Gärtner und Berater zur Verfügung steht
- Die „Leuchttürme“ der Versuchsgewächshäuser sollen in der Praxis den Weg in die Zukunft hell leuchten lassen!

## Dank an...

...ZINEG-Projektmitarbeiter für die geleistete Arbeit...

...sowie an die Förderer, ohne die ein solches Verbundprojekt über eine solange Zeit nicht möglich gewesen wäre.



Lassen Sie uns die neuen und guten Erfahrungen  
in die Praxis umsetzen!

Nur durch Projekte wie ZINEG  
können wir auch die Zukunft gestalten.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit.

