



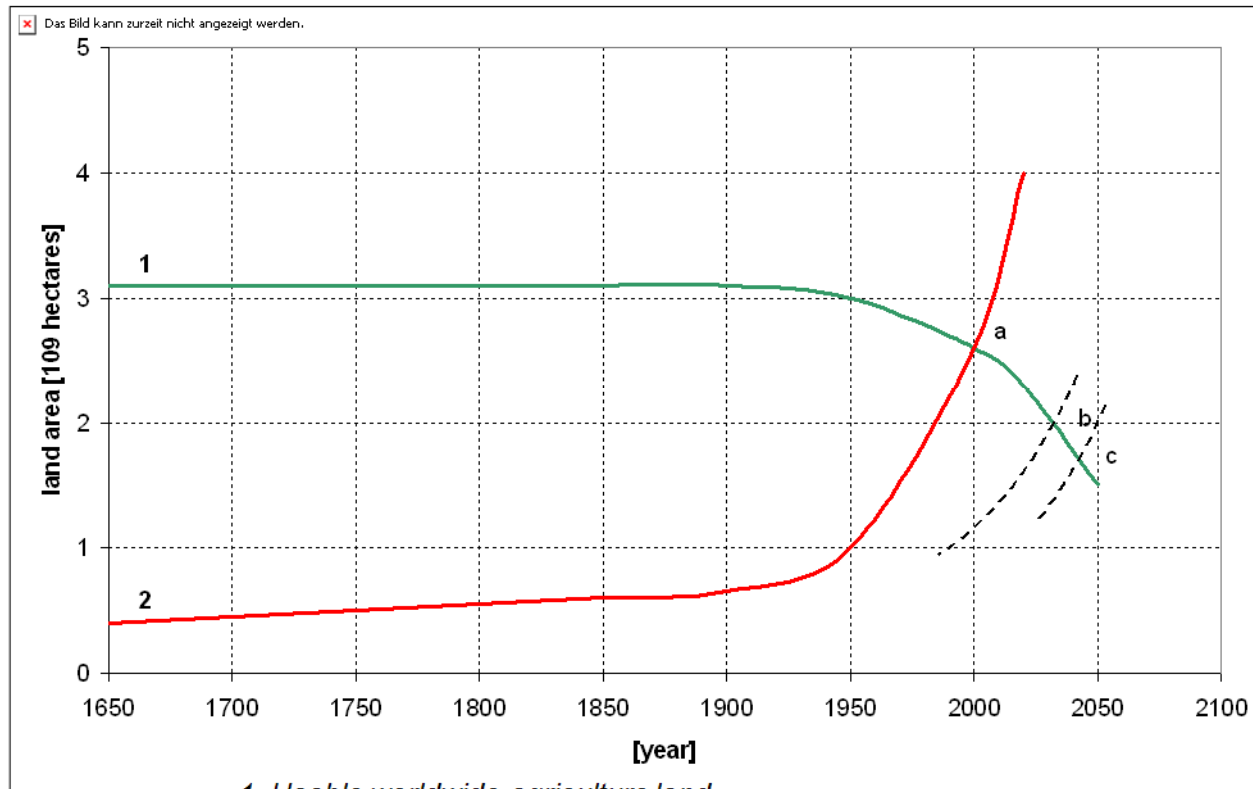
# Energieautarke Gewächshäuser

Horst Rüter, HarbourDom  
Thomas Kölbel, EnBW

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Motivation



1. Usable worldwide agriculture land

2. World population x 0,4 ha

a. Culmination point if 0,4 ha is needed to feed one person

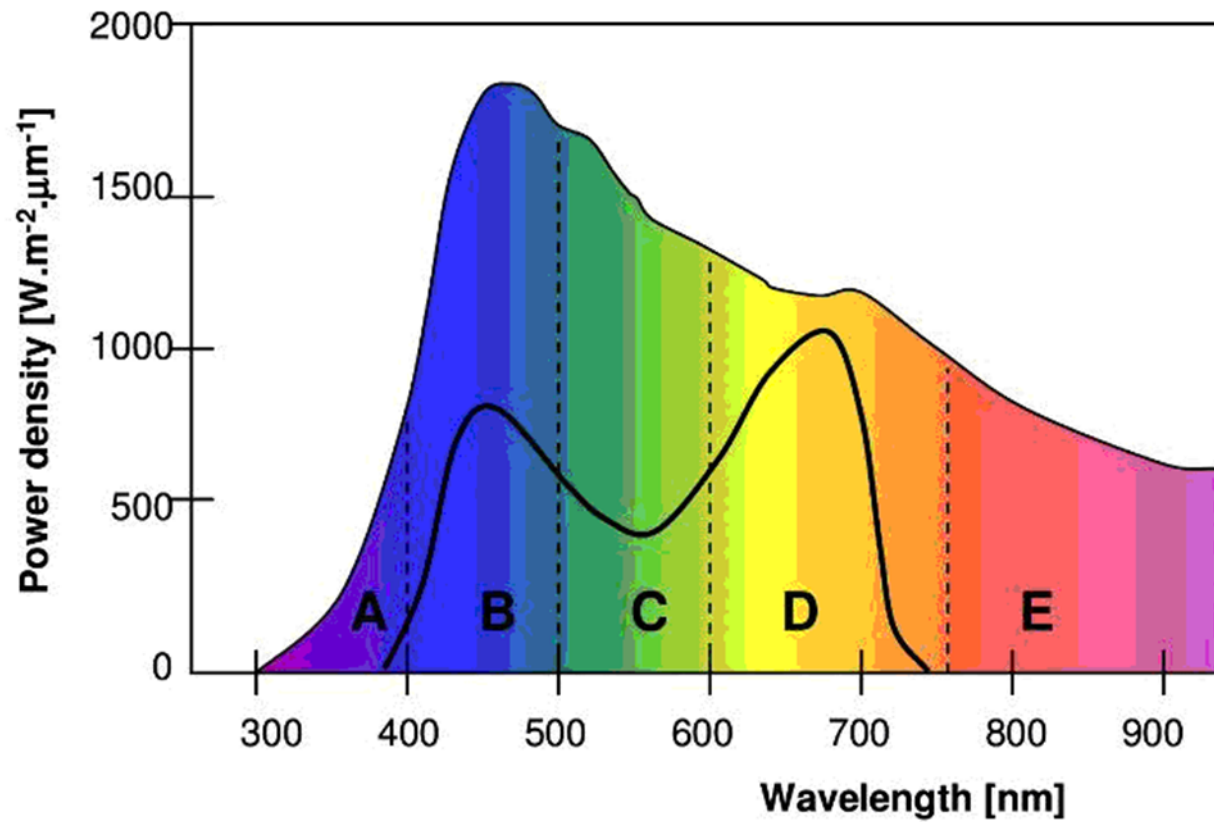
b. Culmination point if 0,2 ha is needed to feed one person

c. Culmination point if 0,1 ha is needed to feed one person

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Spektrum der fotosynthetisch aktiven Strahlung (PAR)

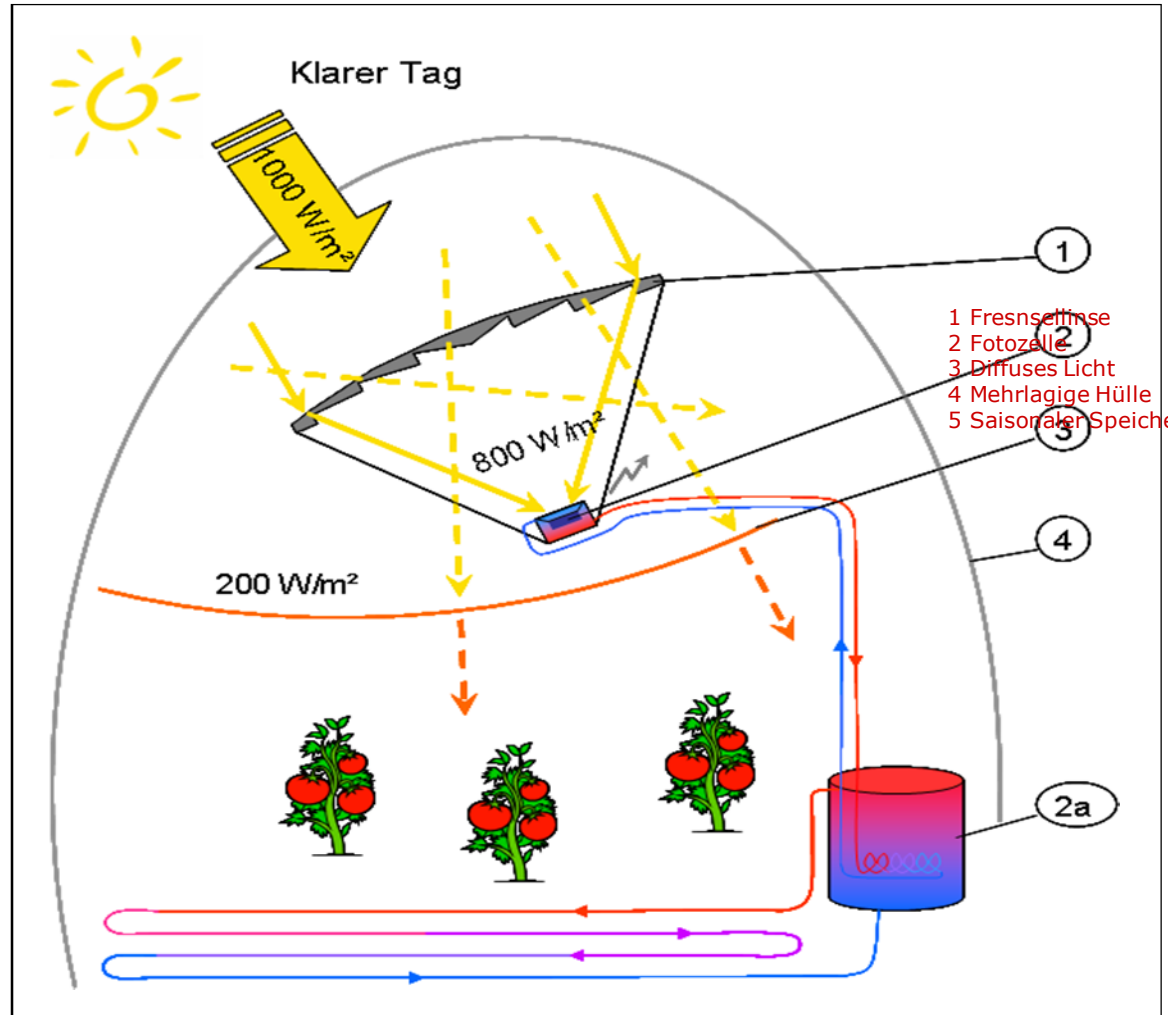


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Prinzip der Hauptkomponenten

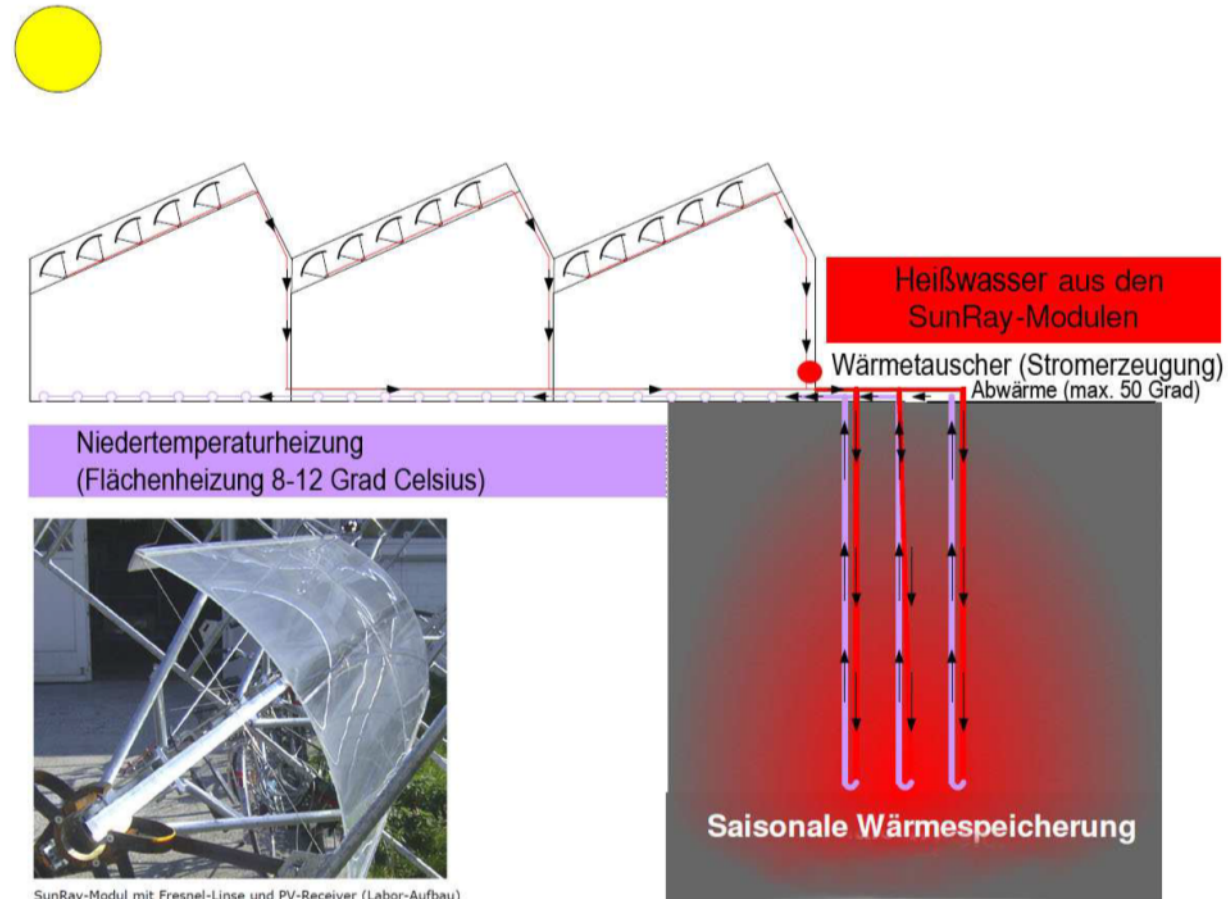
Gemeinsame Nutzung von Photovoltaik und Geothermie



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Gesamtkonzept Energieautarkes Gewächshaus

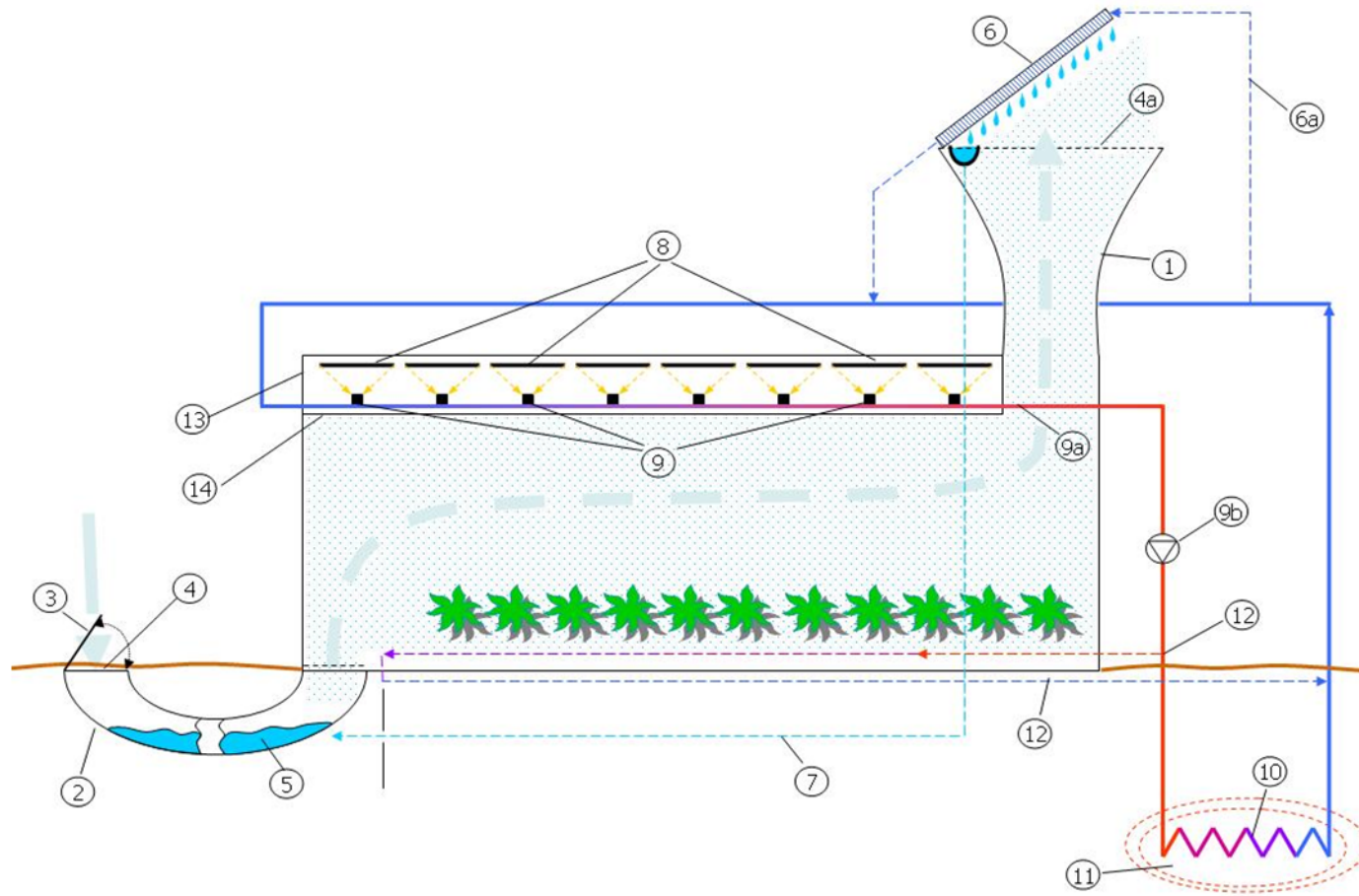


SunRay-Modul mit Fresnel-Linse und PV-Receiver (Labor-Aufbau)

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Gesamtkonzept mit Wasserrückgewinnung

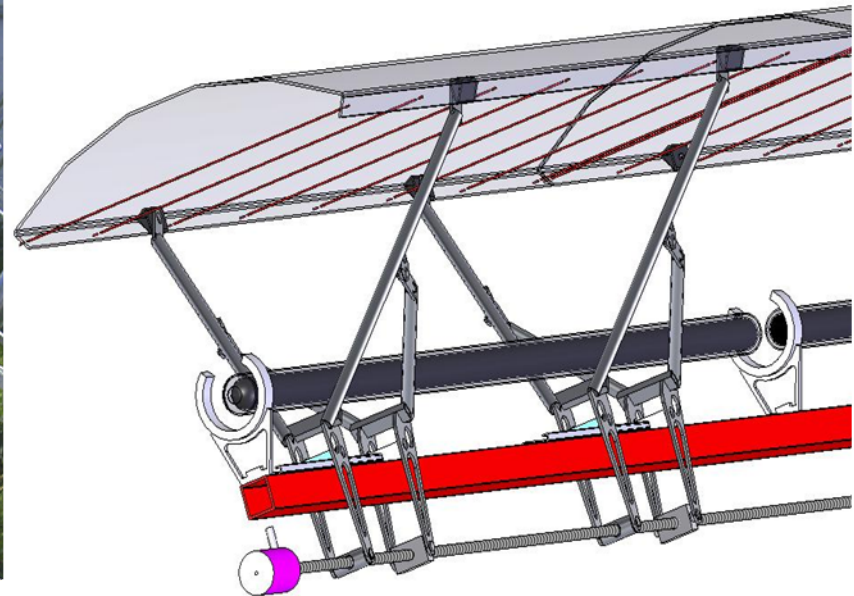


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Sunray Modul

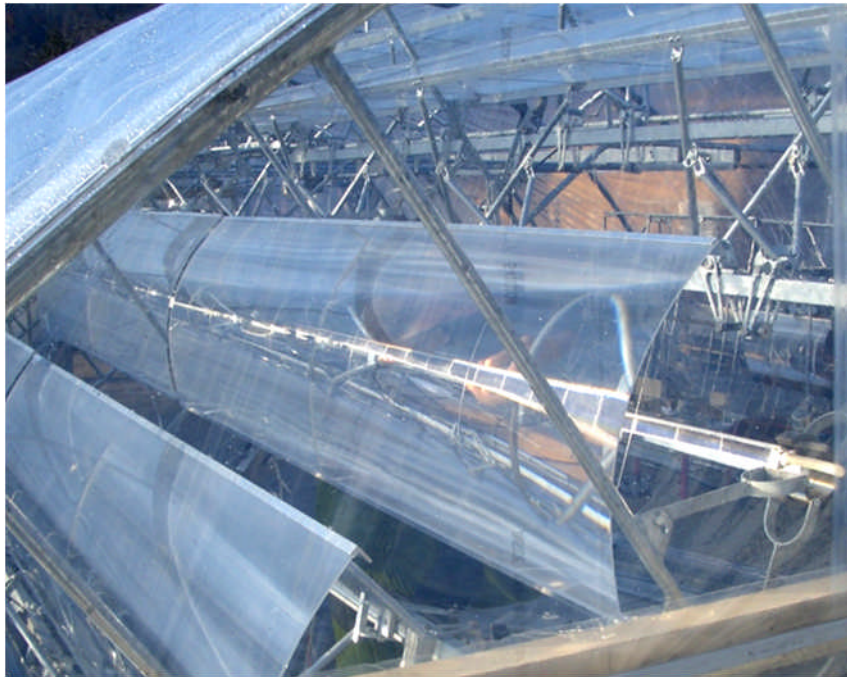
mit Fresnel-Linse und  
PV-Receiver



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Konzentrierte Photovoltaik



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel





# Kleines Versuchsmodell



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



## Projektgewächshaus auf dem Gelände der Gärtnerei Berg in Binzen



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel

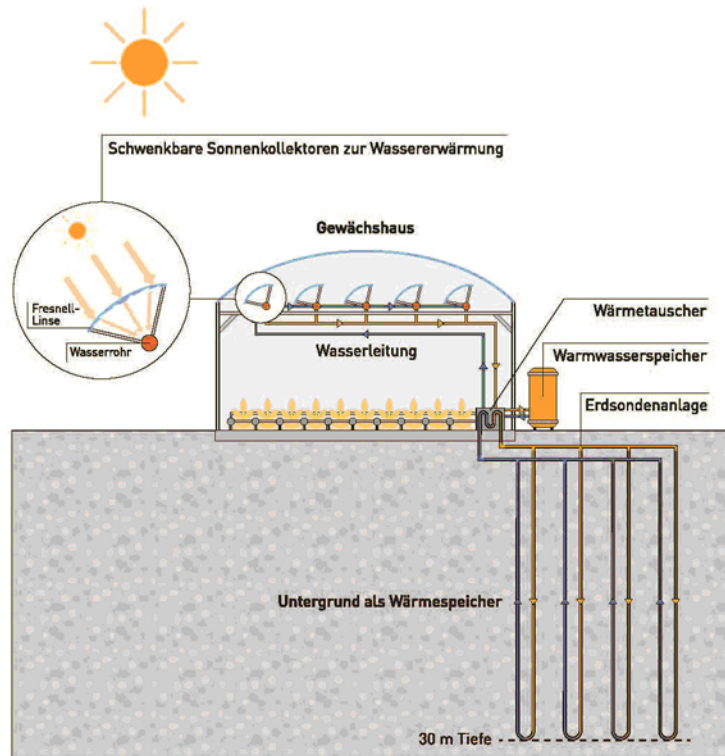


**HarbourDom**

# Funktionsschema des EPG

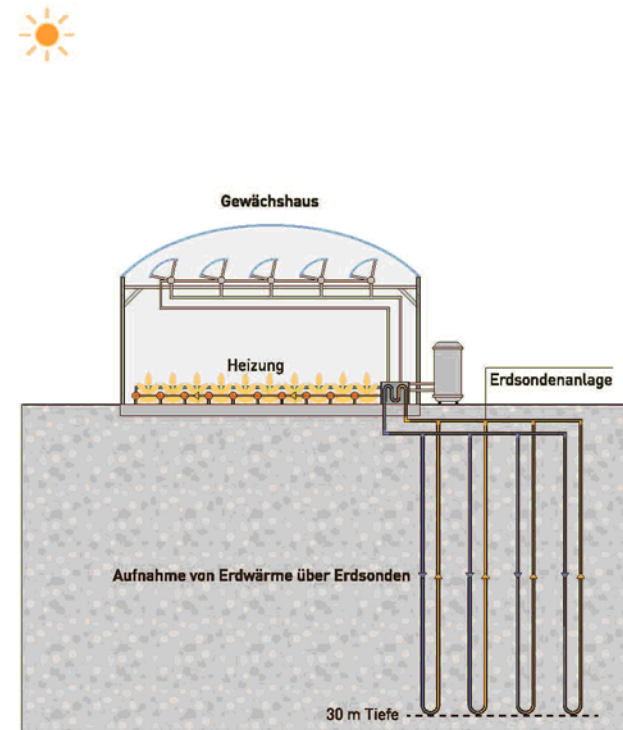
## Sommerbetrieb

Speichern von Sonnenwärme im Untergrund:  
Sonnenwärme wird von Sonnenkollektoren eingefangen und  
in den Warmwasserspeicher und den Untergrund abgeführt.



## Winterbetrieb

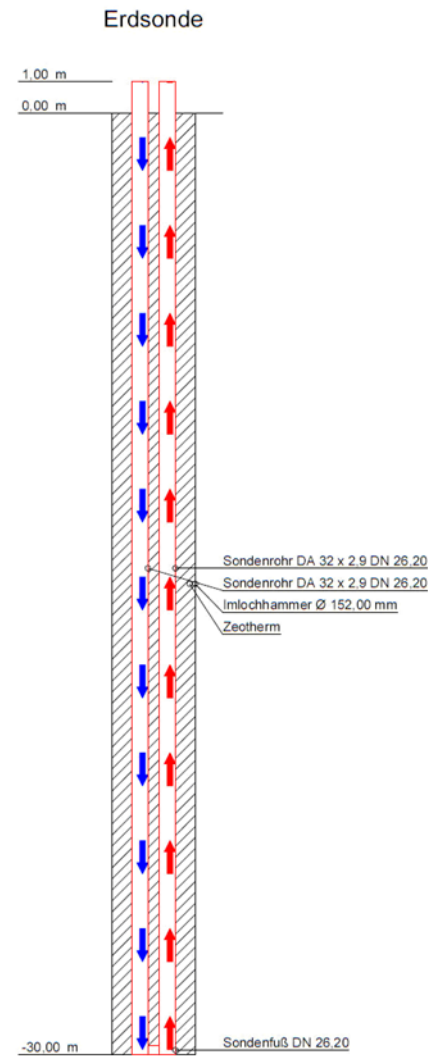
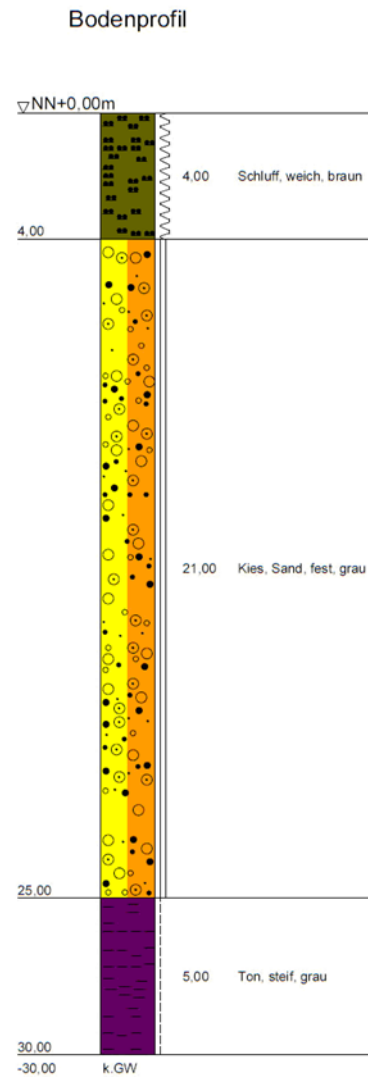
Erwärmen des Gewächshauses:  
CO<sub>2</sub>-freie Gewächshausbeheizung durch Erdwärme



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Bodenprofil und Ausbau der Erwärmsonden

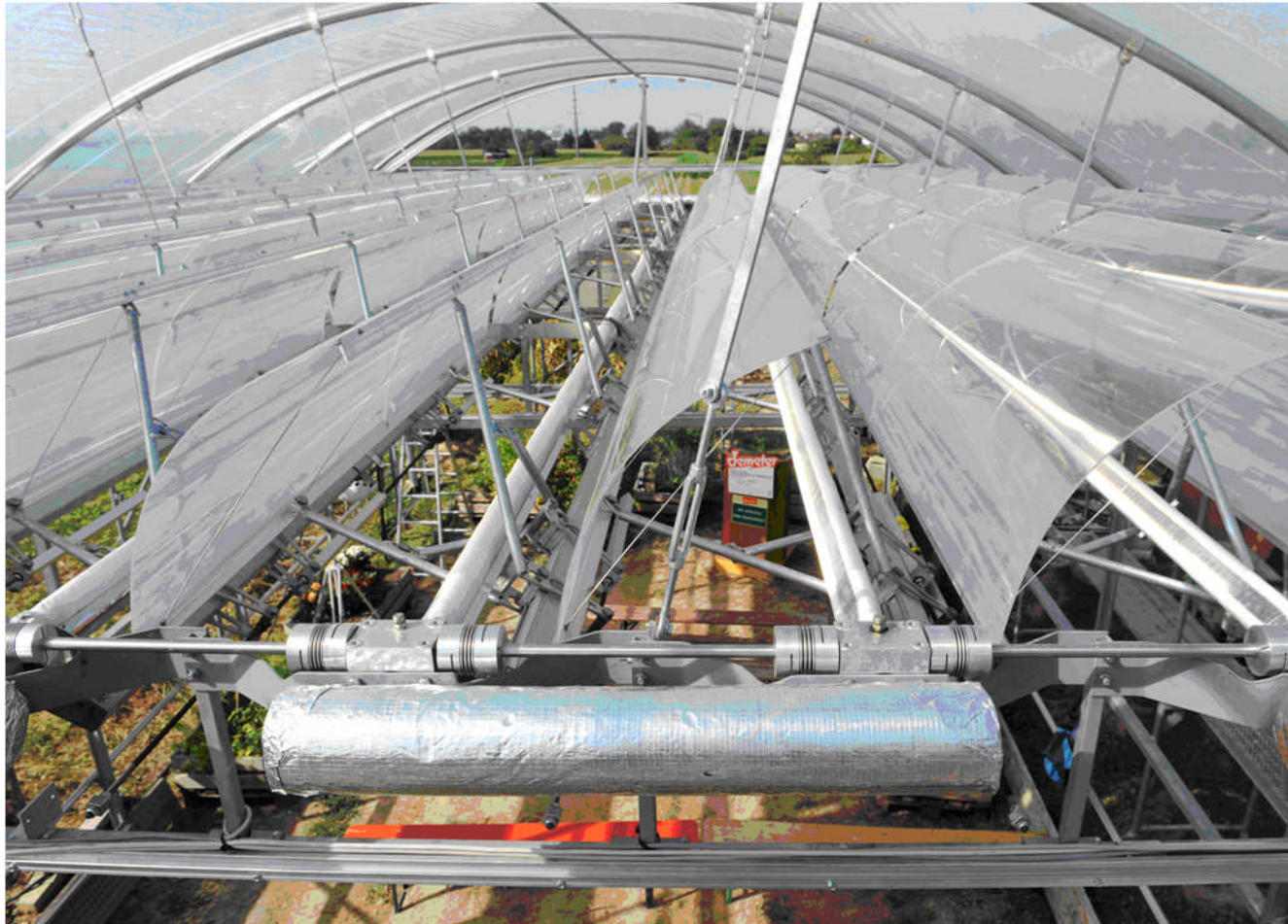


ET 30,00 m - 5 Abstandhalter eingebaut

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



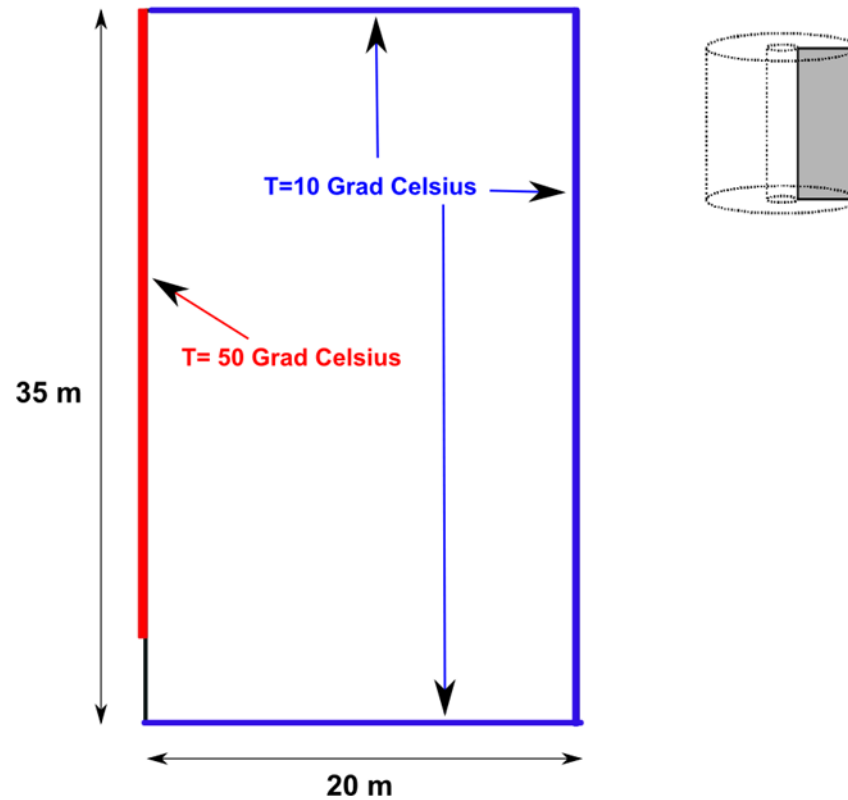
# Fresnellinsensystem mit automatischer Nachführmechanik.



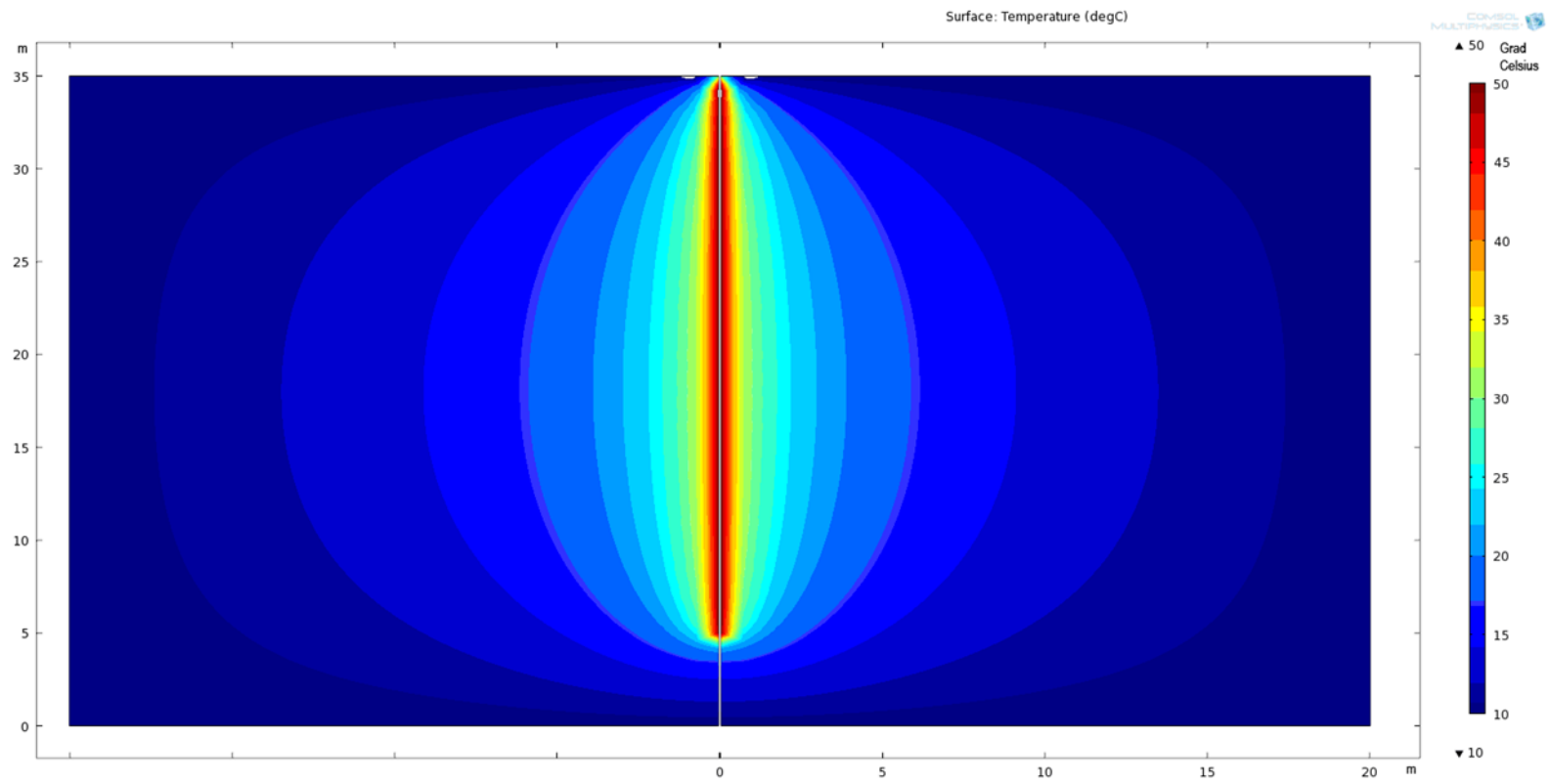
Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Zylindersymmetrisches Modell zur Abschätzung der Aufheizung des Bodens



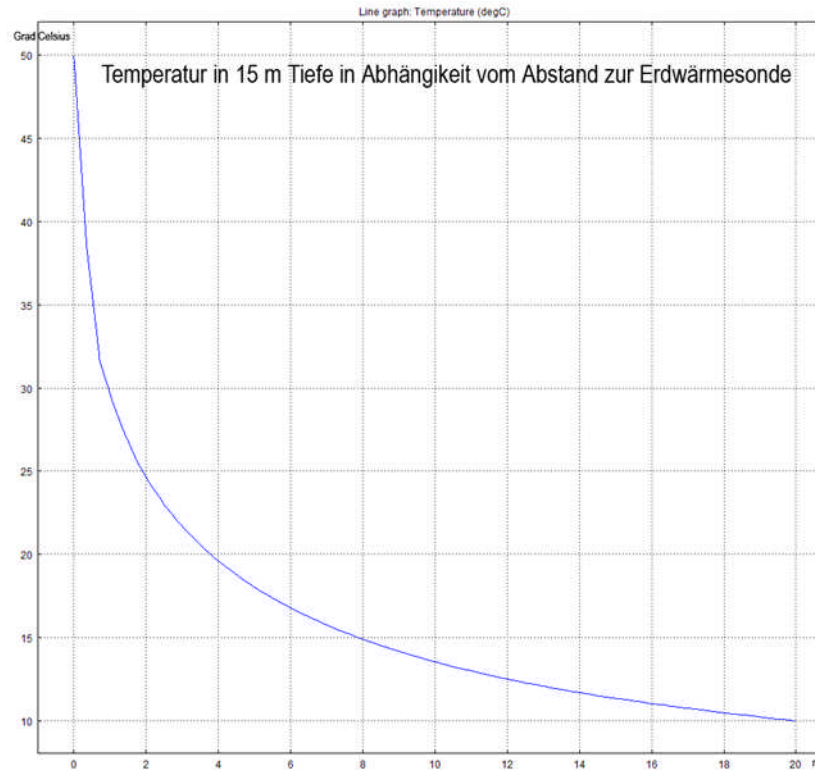
# Wärmeausbreitung um eine 50 Grad warme Erdwärmesonde im stationären Fall



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Horizontaler Temperaturverlauf im Untergrund in 15 m Tiefe. Die Erdwärmesonde befindet sich bei $X=0$ .

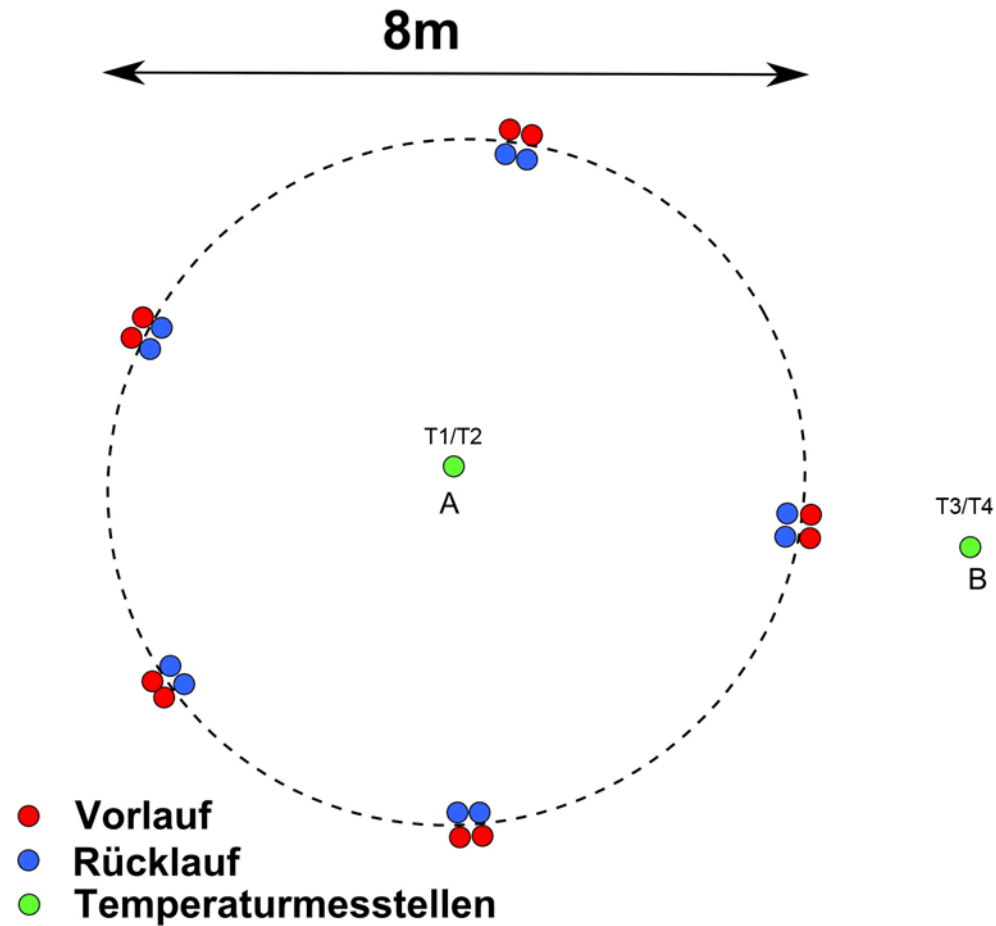


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel

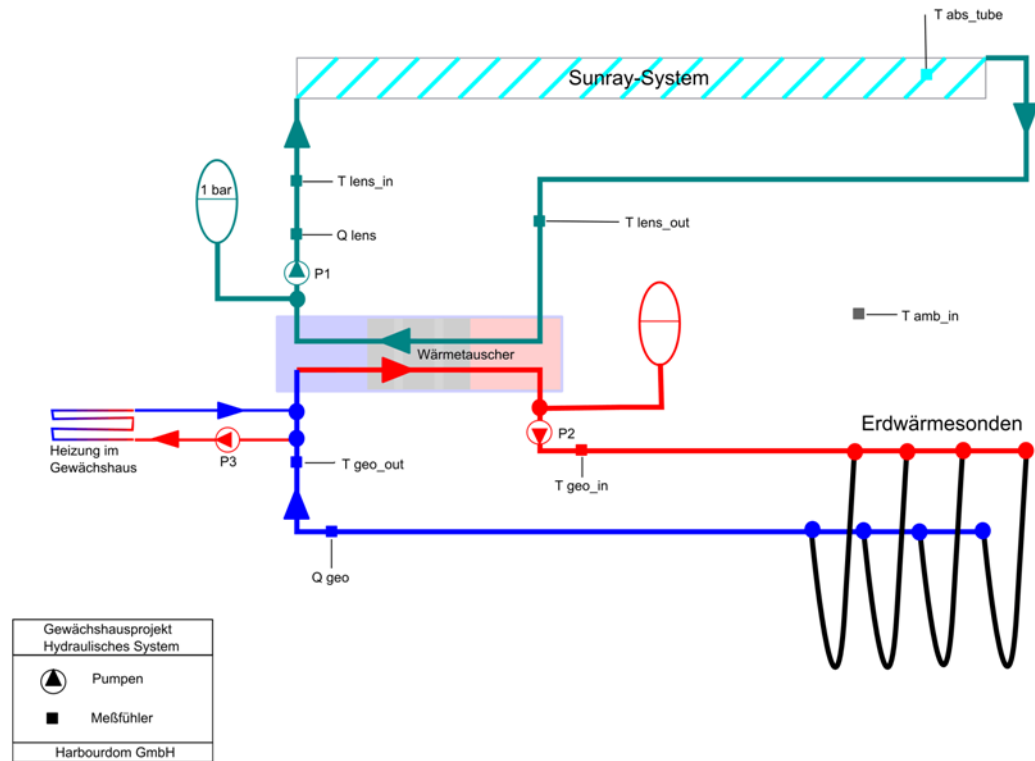




# Aufsicht auf die Erdwärmensondenanlage (rot/blau) sowie der Temperatursensoren (grün) in jeweils zwei Referenztiefen



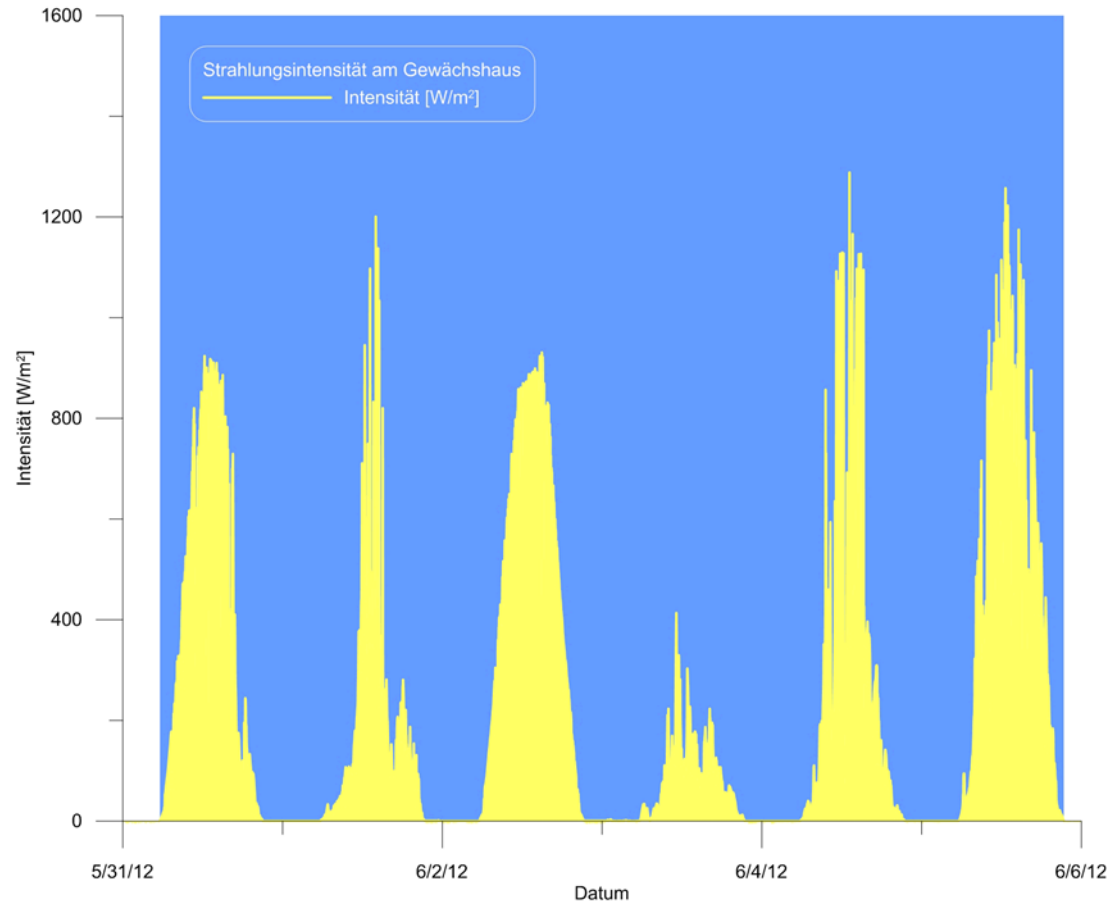
# Schematische Darstellung des hydraulischen Anlagenkonzepts



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Gemessene Sonnenstrahlung am Gewächshaus in $\text{W/m}^2$

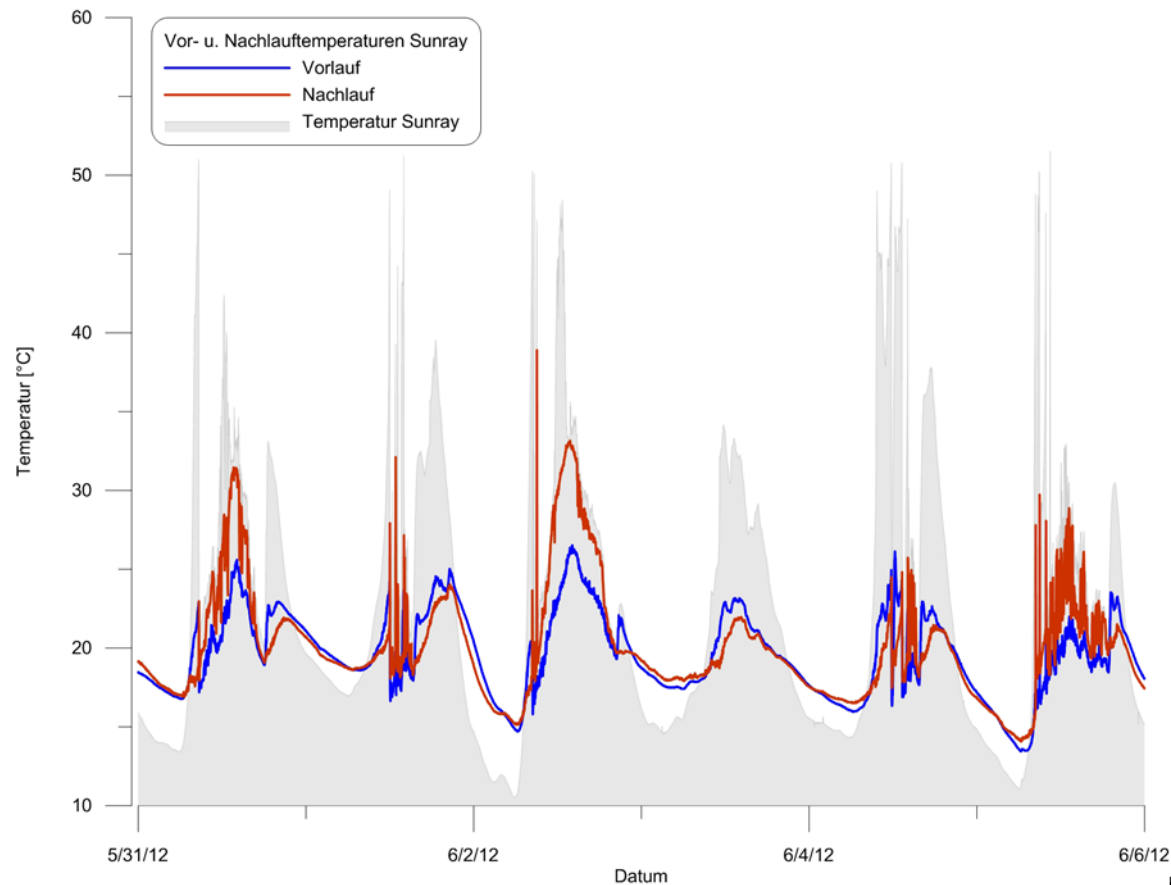


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Vor- und Nachlauftemperaturen in den Sunray Modulen

Der Temperaturverlauf in den Sunray Modulen ist grau hinterlegt

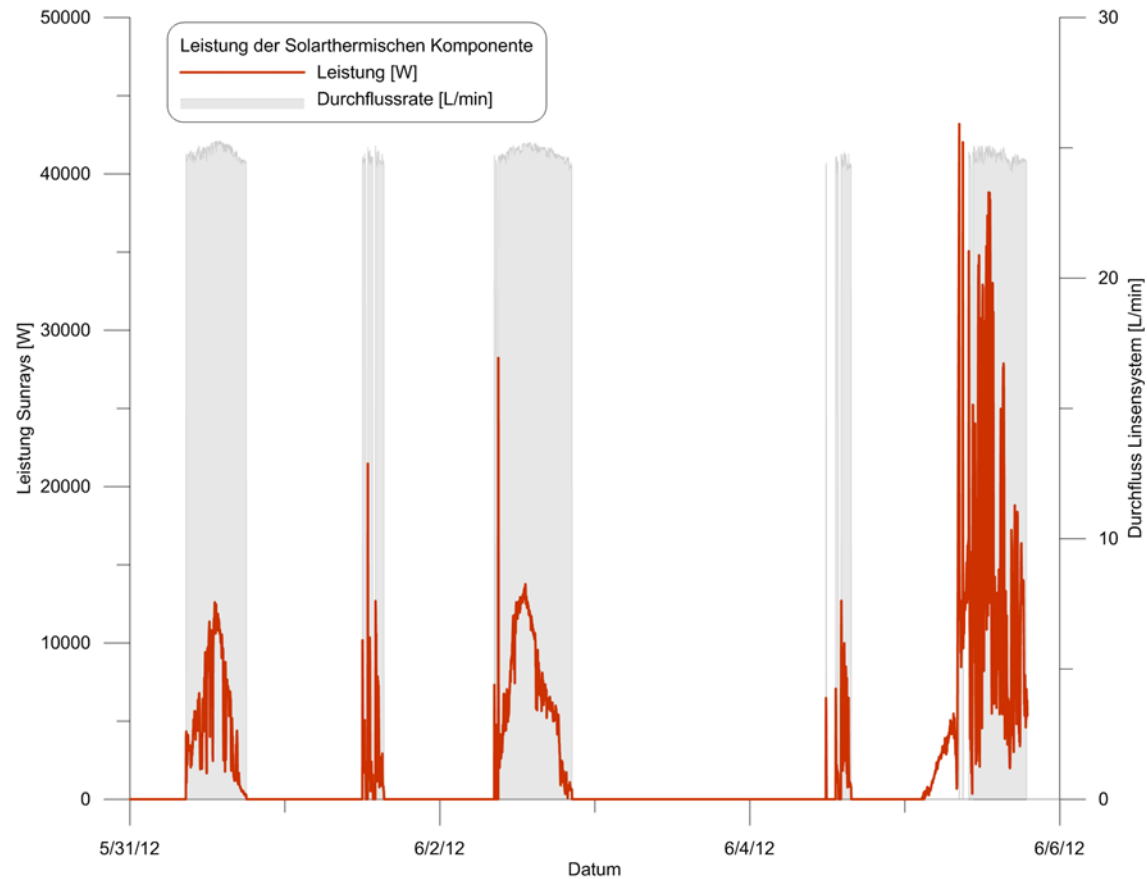


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Leistung der Sunray Komponenten

Die Durchflussrate in den Sunray Modulen ist grau hinterlegt

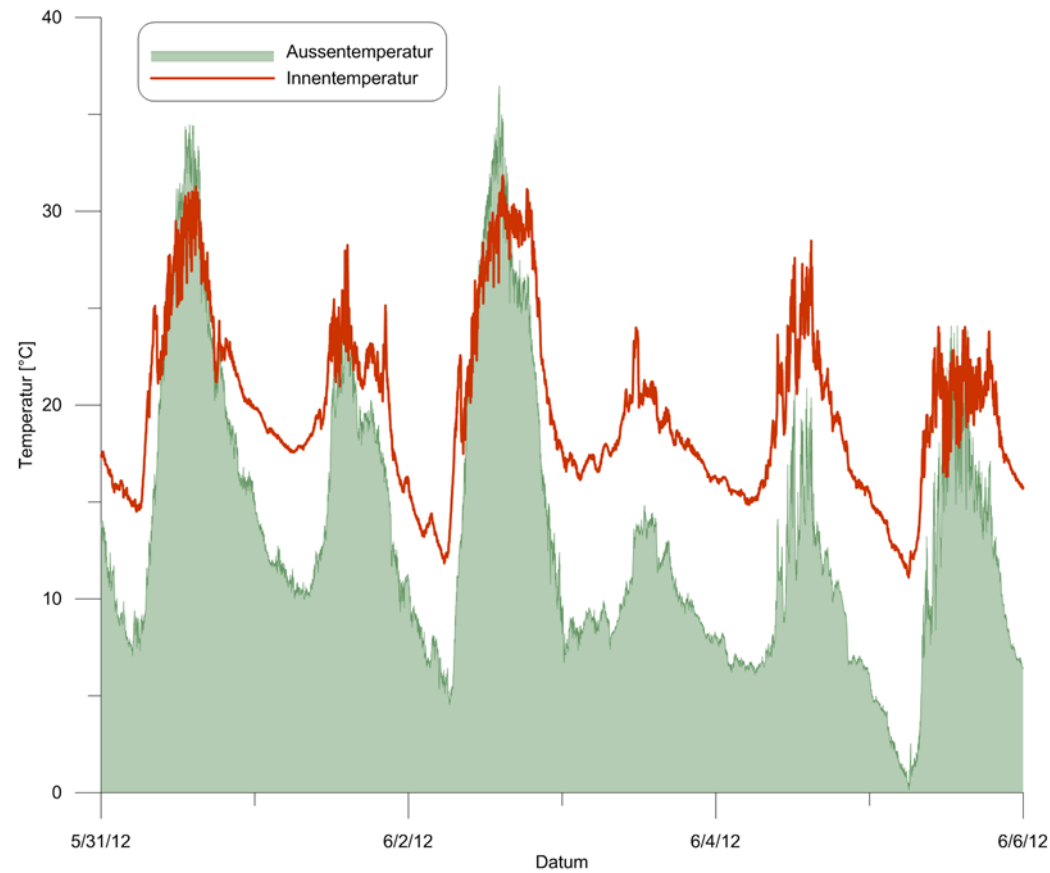


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Temperatur im Gewächshaus

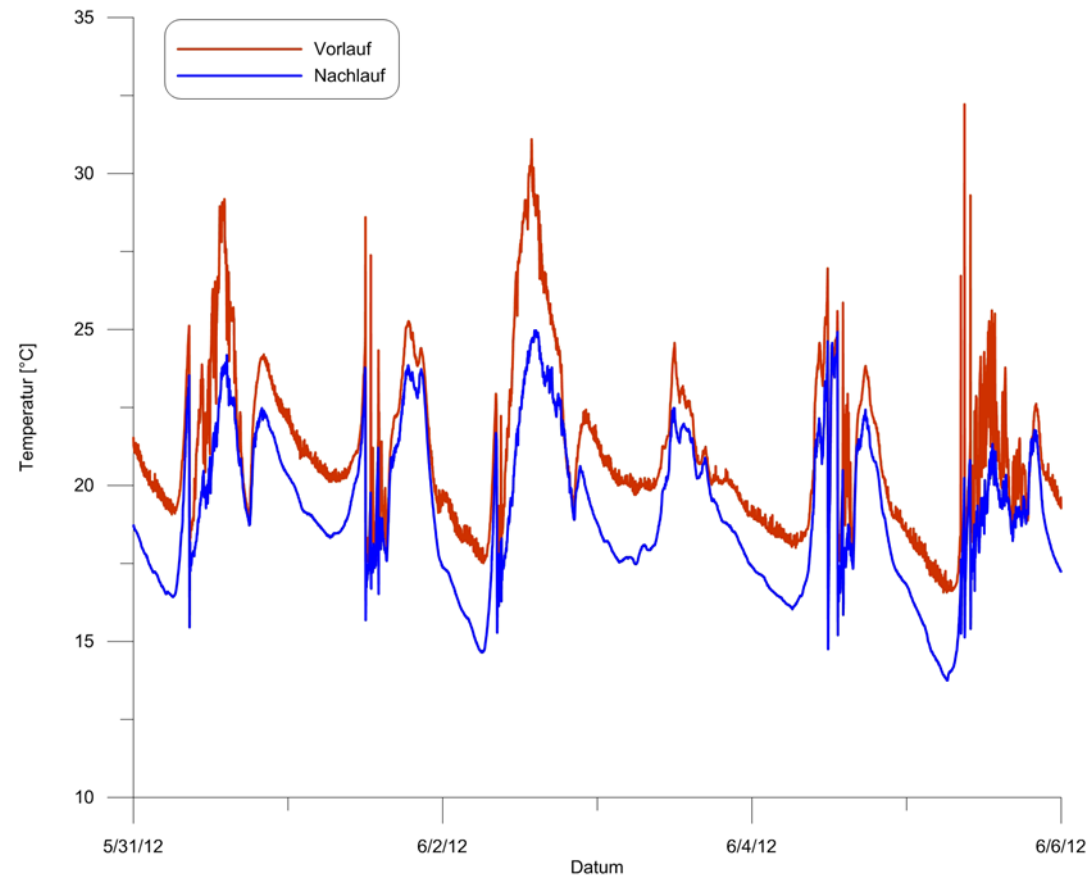
Innentemperatur / Außentemperatur



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Vor- und Nachlauftemperaturen ( $T_{geo\_in}$ , $T_{geo\_out}$ ) der geothermischen Komponente

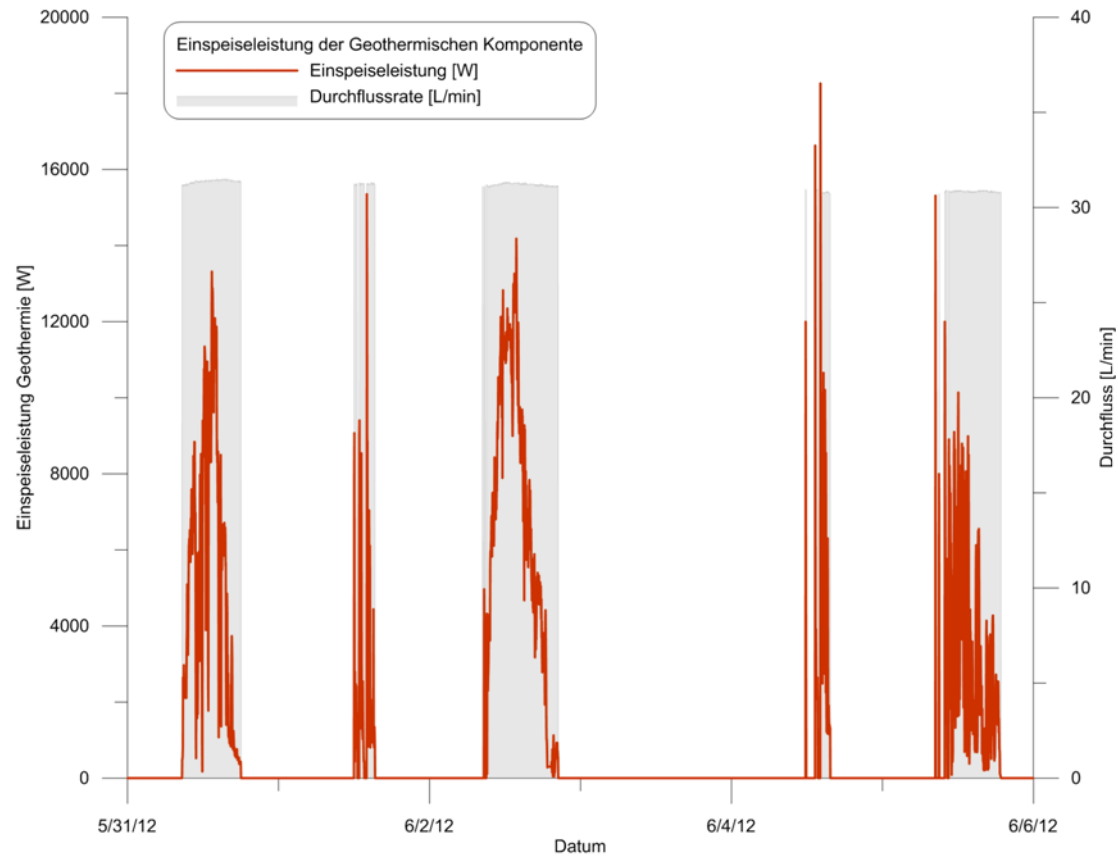


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Einspeiseleistung der geothermischen Komponente

Die Durchflussrate in den Erdwärmesonden ist grau hinterlegt



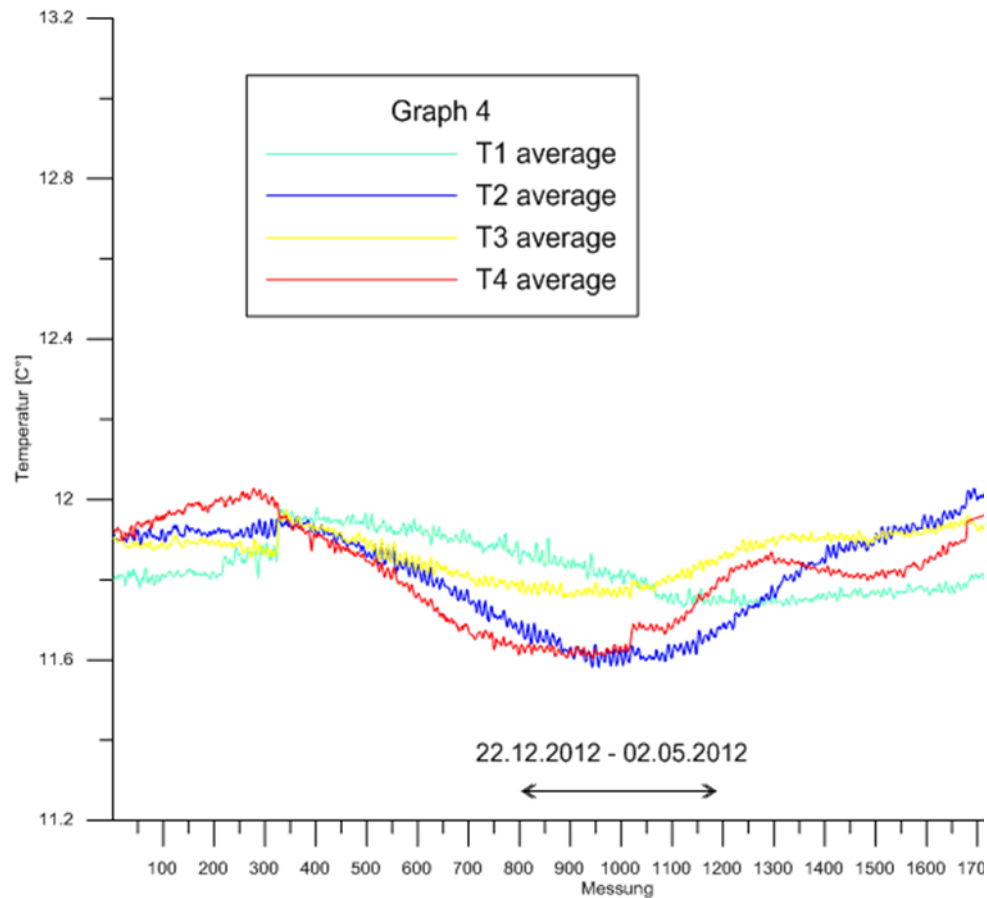
Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel





# Temperaturverlauf der Messsonden T1, T2, T3 und T4 vom 22.12.2011 bis 05.06.2012

Dargestellt ist jeweils der "running average"



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Sunray Anordnung



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Gewächshaus in neuer Anordnung, Stromerzeugung



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel





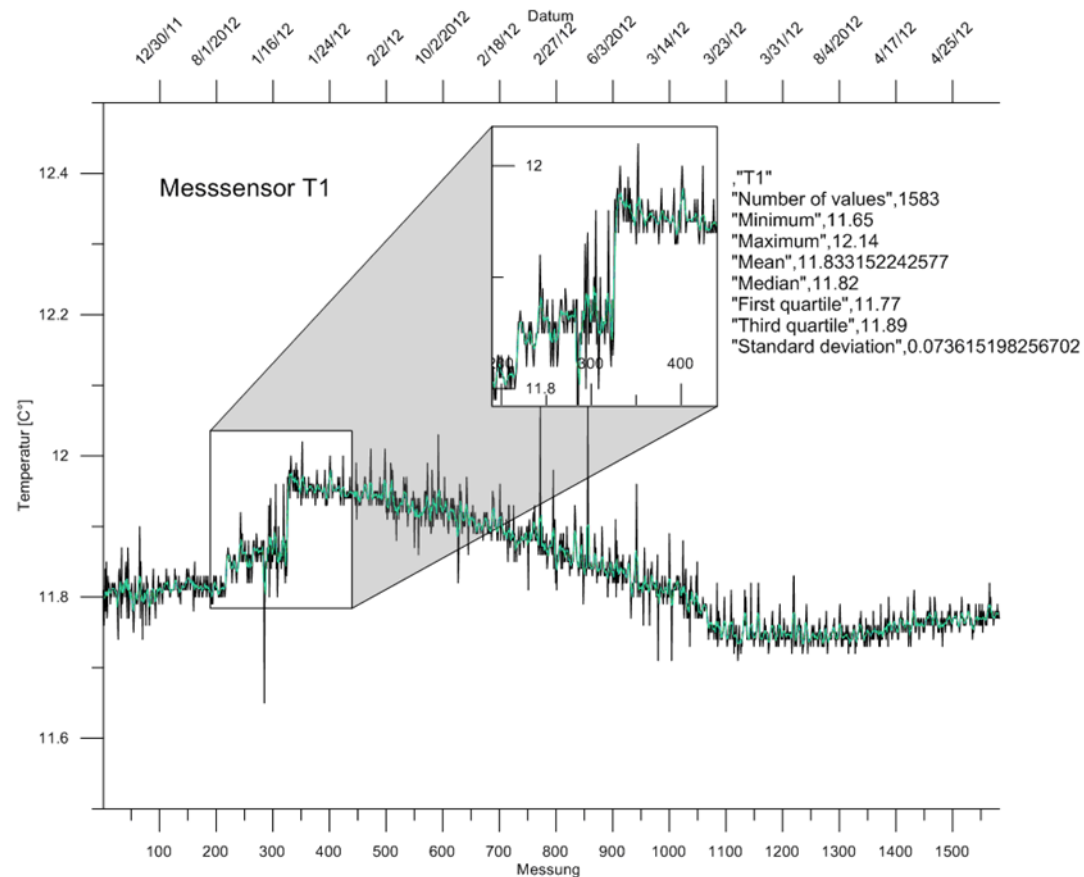
Danke

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Temperaturverlauf der Messsonde T1 vom 22. 12. 2011 bis 02. 05. 2012

Die schwarze Linie zeigt die Originaldaten während die grüne Linie  
den "running average" darstellt

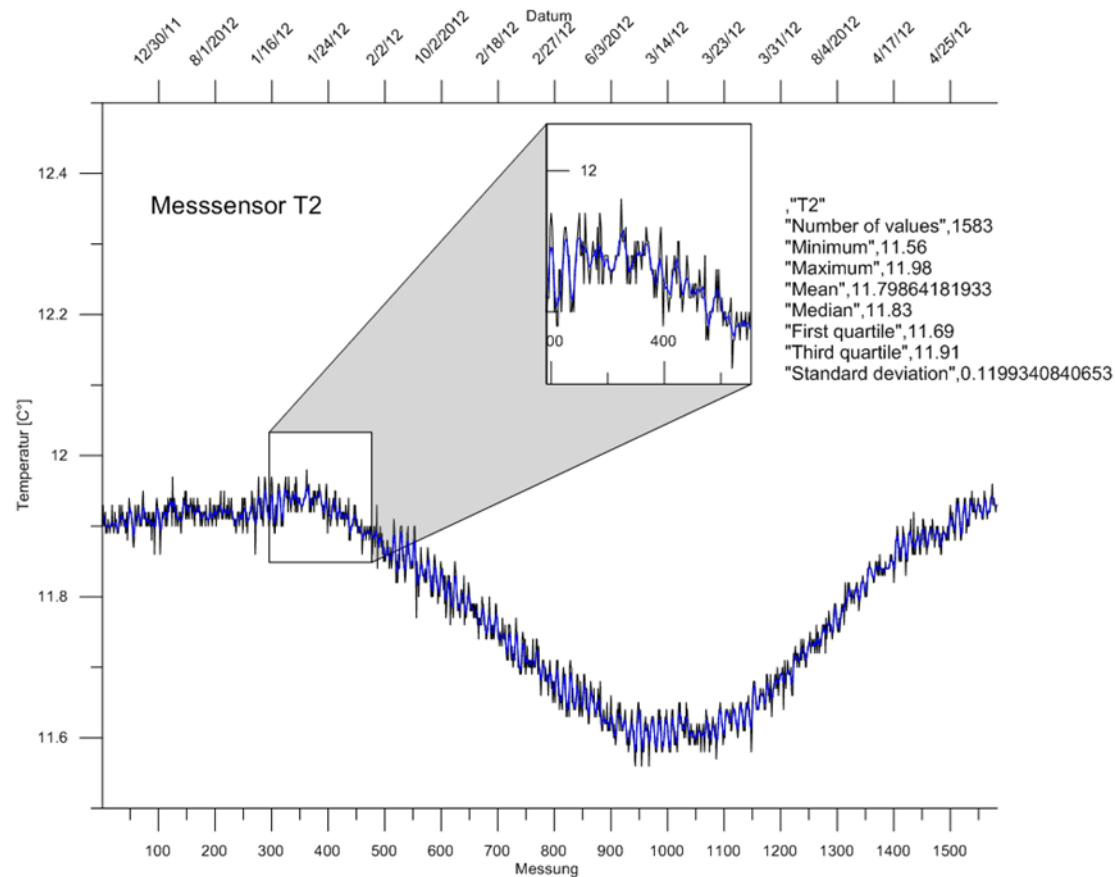


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Temperaturverlauf der Messsonde T2 vom 22. 12. 2011 bis 02. 05. 2012

Die schwarze Linie zeigt die Originaldaten während die blaue Linie den  
"running average" darstellt

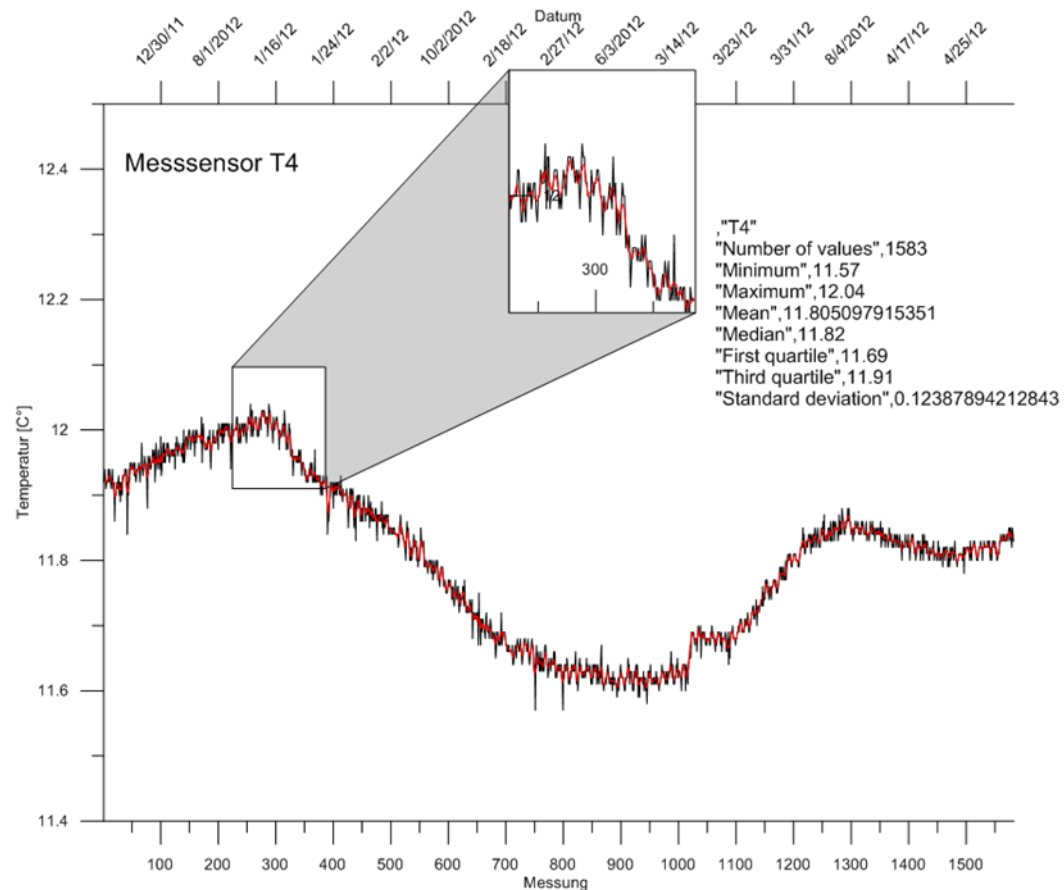


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Temperaturverlauf der Messsonde T4 vom 22. 12. 2011 bis 02. 05. 2012

Die schwarze Linie zeigt die Originaldaten während die rote Linie den "running average" darstellt

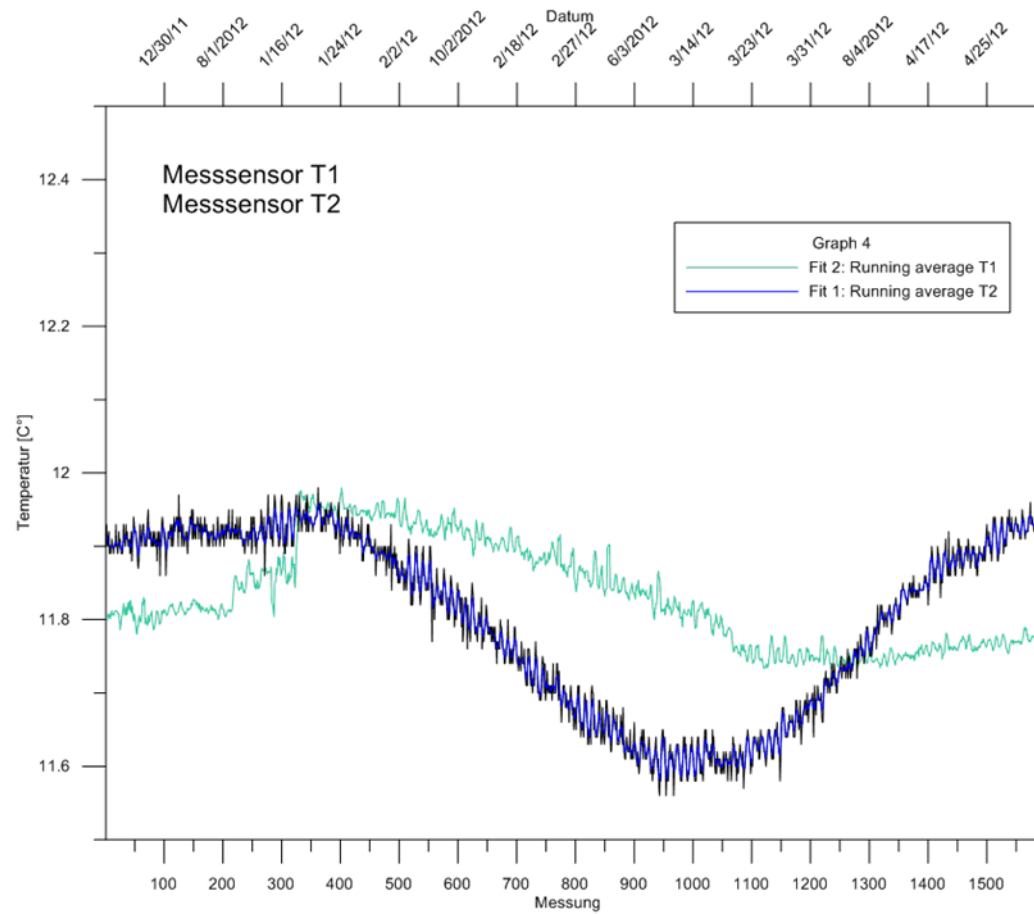


Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Temperaturverlauf der Messsonden T1 und T2 vom 22. 12. 2011 bis 02. 05. 2012

Dargestellt ist jeweils der "running average". T1 grün, T2 blau



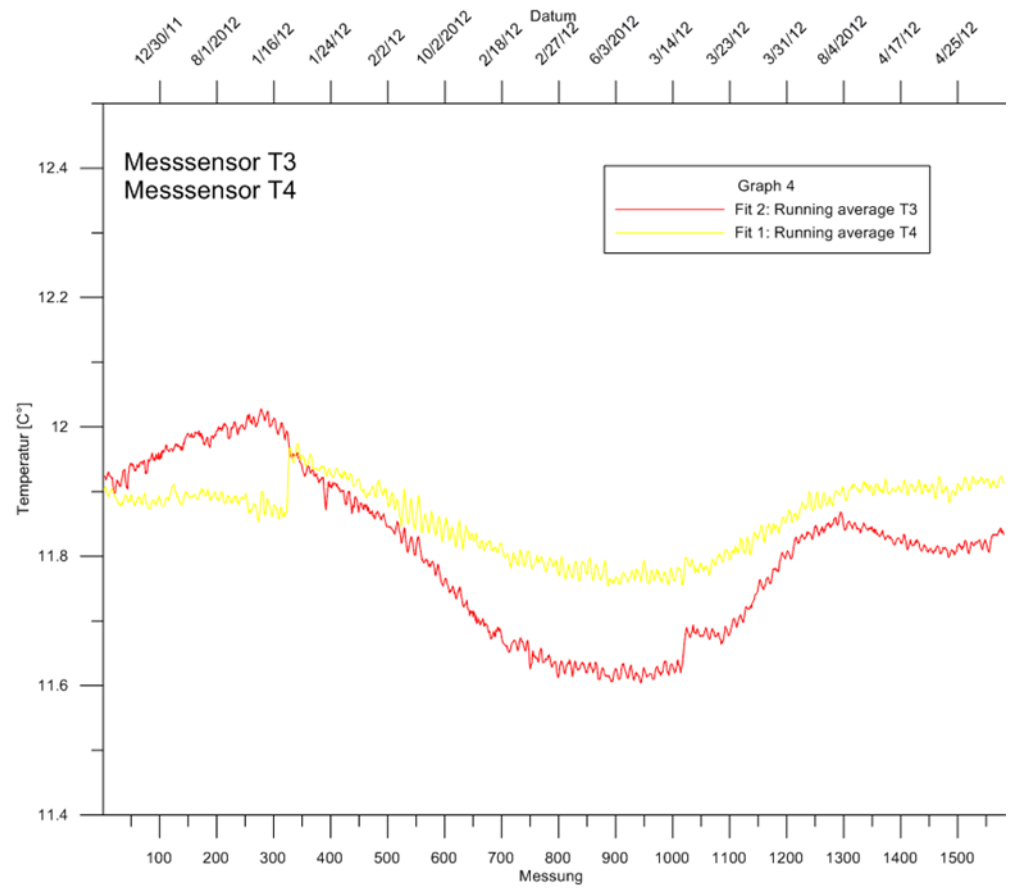
Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel





# Temperaturverlauf der Messsonden T3 und T4 vom 22. 12. 2011 bis 02. 05. 2012

Dargestellt ist jeweils der "running average". T3 rot, T4 gelb



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



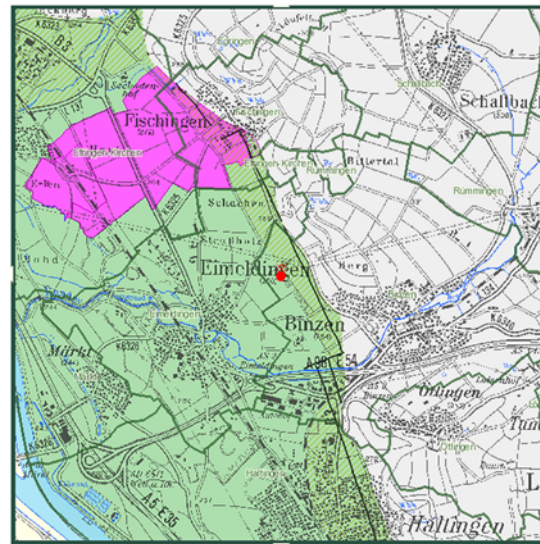
## Herstellung der Bohrungen



Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel



# Lage des Forschungsgewächshauses in Binzen (nähe Lörrach)



Lageplan 1:25.000

- Forschungsprojekt Energieautonomes Gewächshaus, Gärtnerei Berg, Binzen.



Grundlage:  
Informationssystem Oberflächennahe  
Geothermie für Baden-Württemberg  
(ISONG)

Energieautarke Gewächshäuser  
Horst Rüter, Thomas Koelbel

