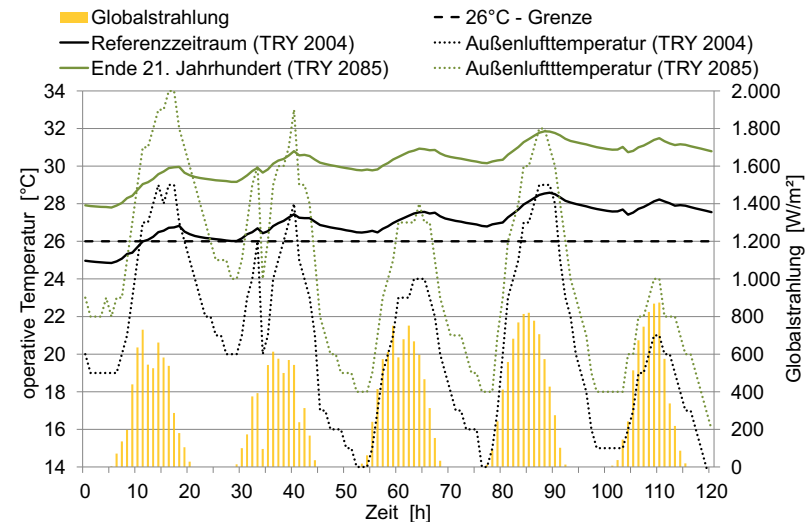
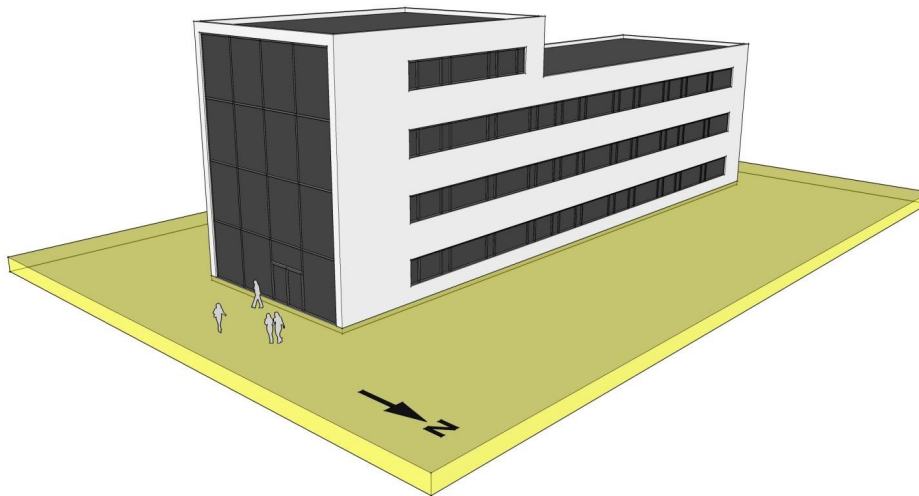


# Auswirkungen des Klimawandels auf den Ertrag erneuerbarer Energien und den Energiebedarf von Gebäuden



Dipl.-Ing. Andreas Herrmann, TU Bergakademie Freiberg/ Deutschland

14. Symposium Energieinnovation EnInnov2016, Graz/ Österreich,  
10.-12.02.2016

1. Prognostizierte Klimaänderungen
2. Ertragsänderungen erneuerbarer Energien
3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden
4. Anpassungsmaßnahmen
5. Thesen

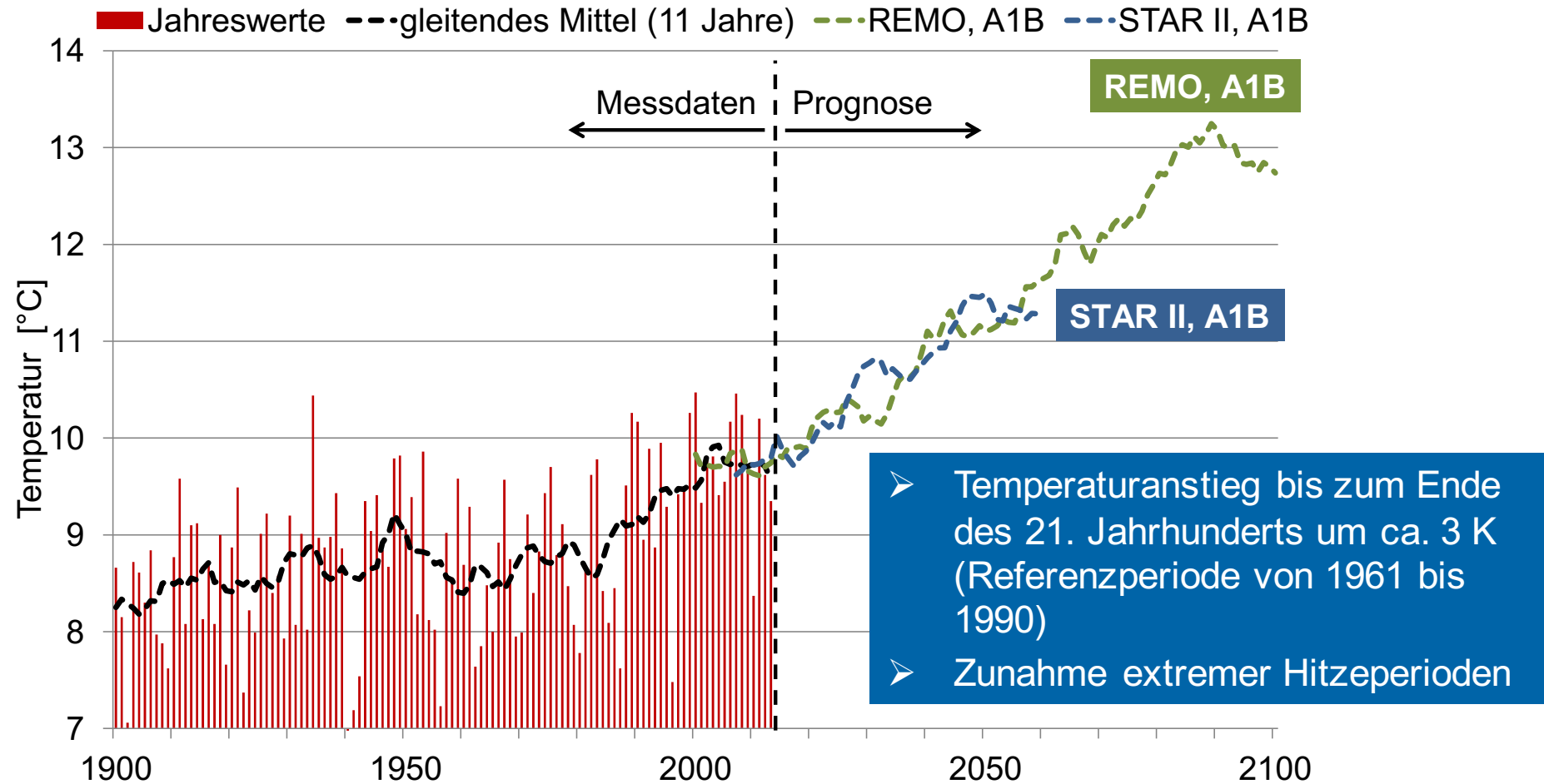
# 1. Prognostizierte Klimaänderung

## MOTIVATION



# 1. Prognostizierte Klimaänderung

## ENTWICKLUNG DER TEMPERATUR



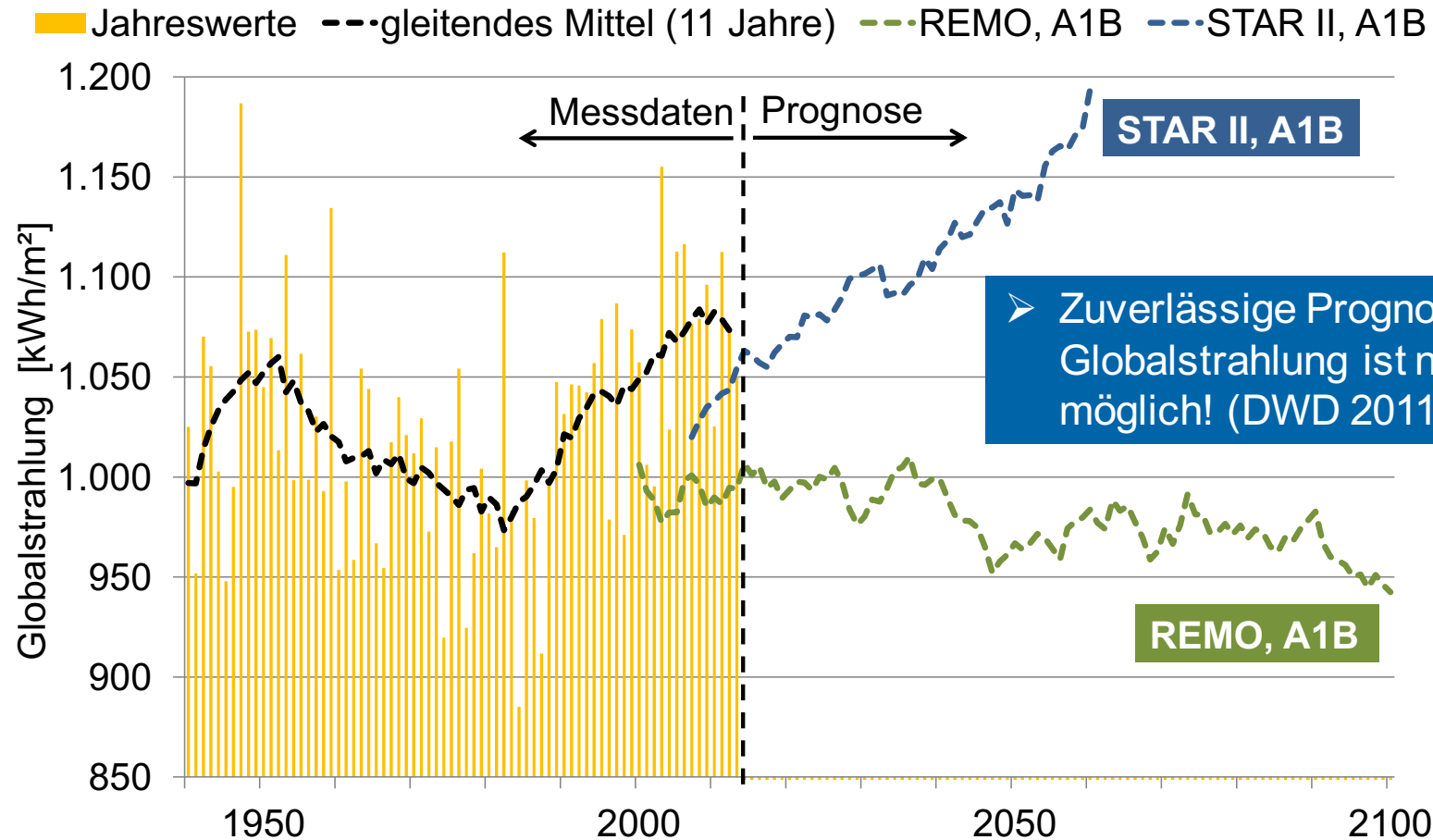
Temperaturen von 1900 bis 2100 für Potsdam  
(Prognose mit den Regionalklimamodellen REMO und STAR II, A1B-Szenario)

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

# 1. Prognostizierte Klimaänderung

## ENTWICKLUNG DER GLOBALSTRAHLUNG



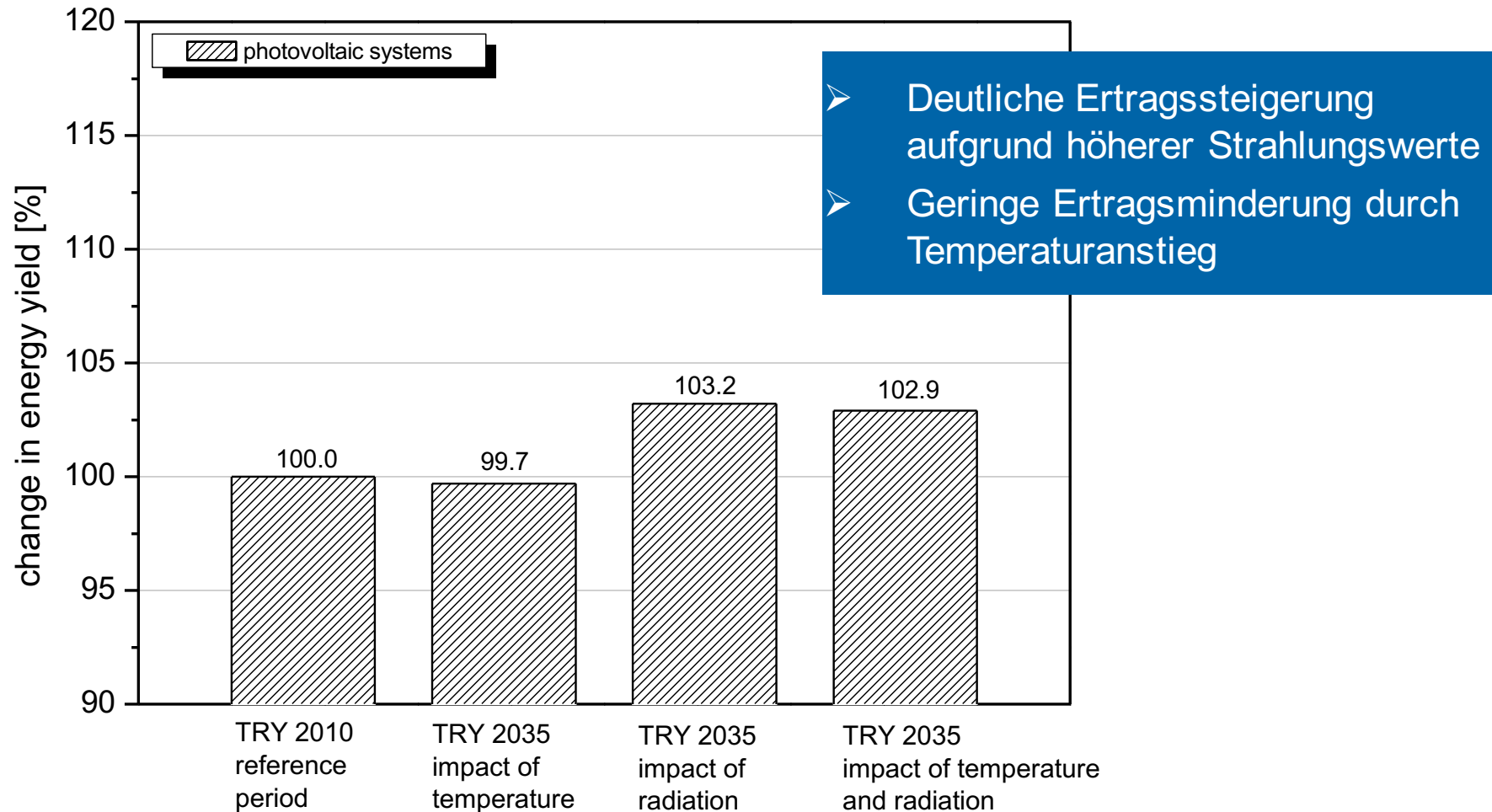
Jahressummenwerte der Globalstrahlung von 1940 bis 2100 für Potsdam (Prognose mit den Regionalklimamodellen REMO und STAR II, A1B-Szenario)

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 2. Ertragsänderungen erneuerbare Energien

### PV-ANLAGEN

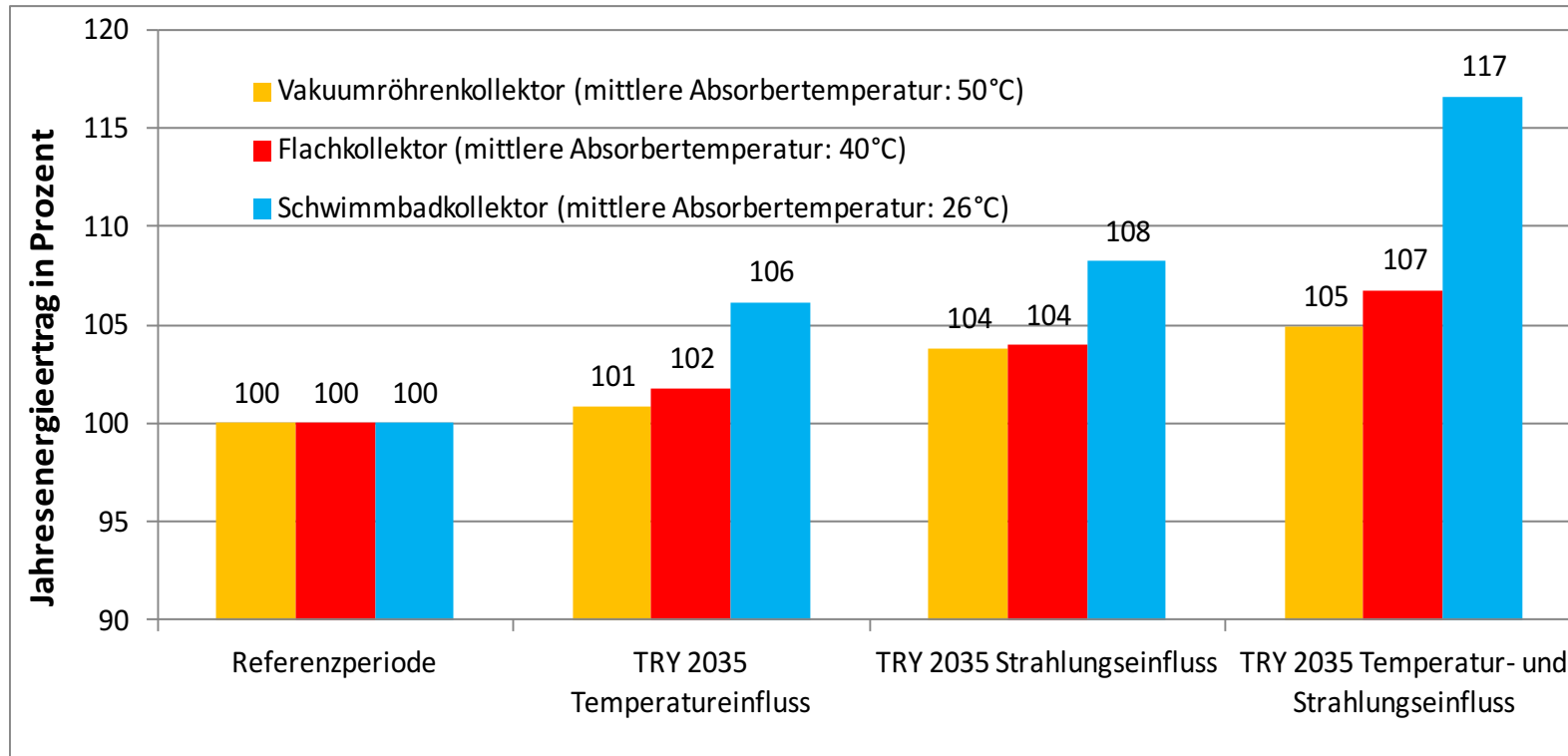


Quelle:

Herrmann et. al.: Climate change impacts on photovoltaics, solar thermal energy, transparent insulation and energy demand in the building sector conference proceedings EuroSun 2014, International Conference on Solar Energy and Buildings, Aix-les-Bains/ France;  
doi:10.18086/eurosun.2014.08.02

## 2. Ertragsänderungen erneuerbare Energien

### SOLARTHERMISCHE ANLAGEN



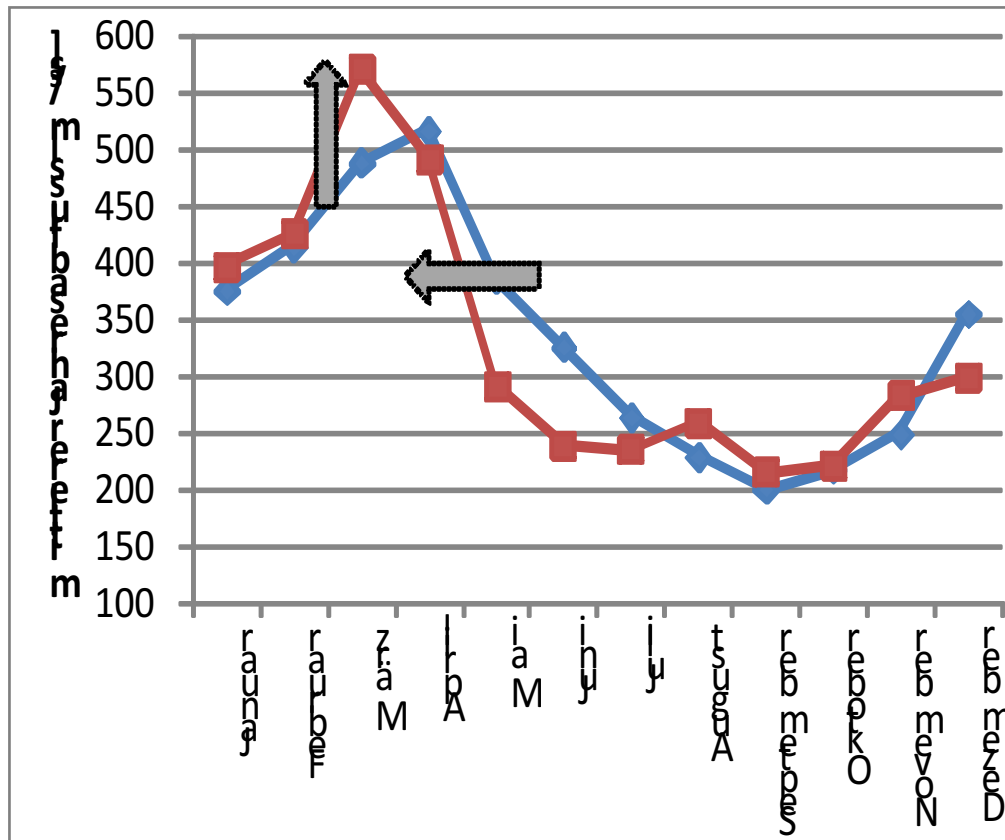
- Ertragssteigerung durch Strahlungs- und Temperaturanstieg
- Schwimmbadkollektoren profitieren am stärksten
- Strahlungseinfluss größer als Temperatureinfluss

Quelle: A. Herrmann, C. Dorn **Auswirkungen des Klimawandels auf den Ertrag von solarthermischen Anlagen und passiven Systemen** Tagungsband OTTI, 24. Symposium Thermische Solarenergie 2014, Bad Staffelstein/ Deutschland

A. Herrmann, C. Dorn: **Solarthermische Anlagen im Klimawandel** Tagungsband Gleisdorf SOLAR 2014, 11. Internationale Konferenz für solares Heizen und Kühlen 2014, Gleisdorf/ Österreich

## 2. Ertragsänderungen erneuerbare Energien

### WASSERKRAFTANLAGEN



◆ 1961-1990    ■ 1991-2011

- Geringe Ertragsminderung aufgrund der Dichteänderung des Wassers
- Ertragsverschiebung vom 2. in das 1. Quartal
- Kein eindeutiger Trend für 3. und 4. Quartal sowie für Jahreswerte

Quelle:

A. Herrmann: **Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft**, 1. DER-Seminar 2013, Freiberg, 23.05.2013



### 3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden

#### PROGNOSTIZIERTE KLIMAÄNDERUNG

Klimaparameter	Veränderung	Auswirkungen
Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturanstieg</li> <li>- Zunahme extremer Hitzeperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Änderung des Energiebedarfs</li> <li>- Einfluss auf die Behaglichkeit im Sommer</li> </ul>
Globalstrahlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine eindeutige Prognose möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Änderung des Energiebedarfs</li> <li>- Einfluss auf die Behaglichkeit im Sommer</li> </ul>
Niederschlag	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zunahme extremer Regenereignisse und Trockenperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasser- und Feuchtebelastung steigt</li> <li>- Überflutungsgefahr steigt</li> </ul>
Hagel, Wind	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zunahme der Intensität und extremer Windereignisse (Tornados)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schäden an Gebäuden und Energieinfrastruktur</li> </ul>
Schnee	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zunahme der Starkniederschläge im Winter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zunahme der Schneelasten</li> </ul>

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden

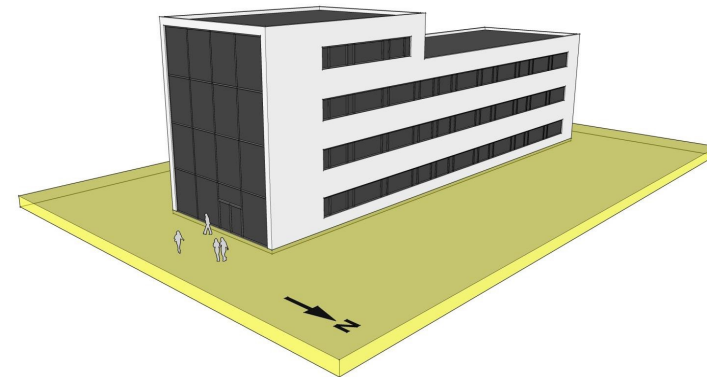
### RANDBEDINGUNGEN

#### Verwendete Klimadatensätze

Bezeichnung	Zeitraum	Jahresdurchschnittstemperatur	Erläuterung
TRY 2004	1961 - 1990	8,8°C	Standard-Referenzperiode
TRY 2010	1988 - 2007	9,5°C (+0,7 K)	derzeitiges Klima
TRY 2035	2021 - 2050	10,7°C (+1,9 K)	Klima zur Mitte des 21. Jahrhunderts
TRY 2085	2071 - 2100	12,2°C (+3,4 K)	Klima zum Ende des 21. Jahrhunderts

#### Modellgebäude

- Dämmstandard nach EnEV 2014
- Energetische Bilanzierung nach DIN V 4108-6: 2003-06 und DIN V 18599-2: 2011-12
- Simulation der Raumtemperatur mit THERAKLES



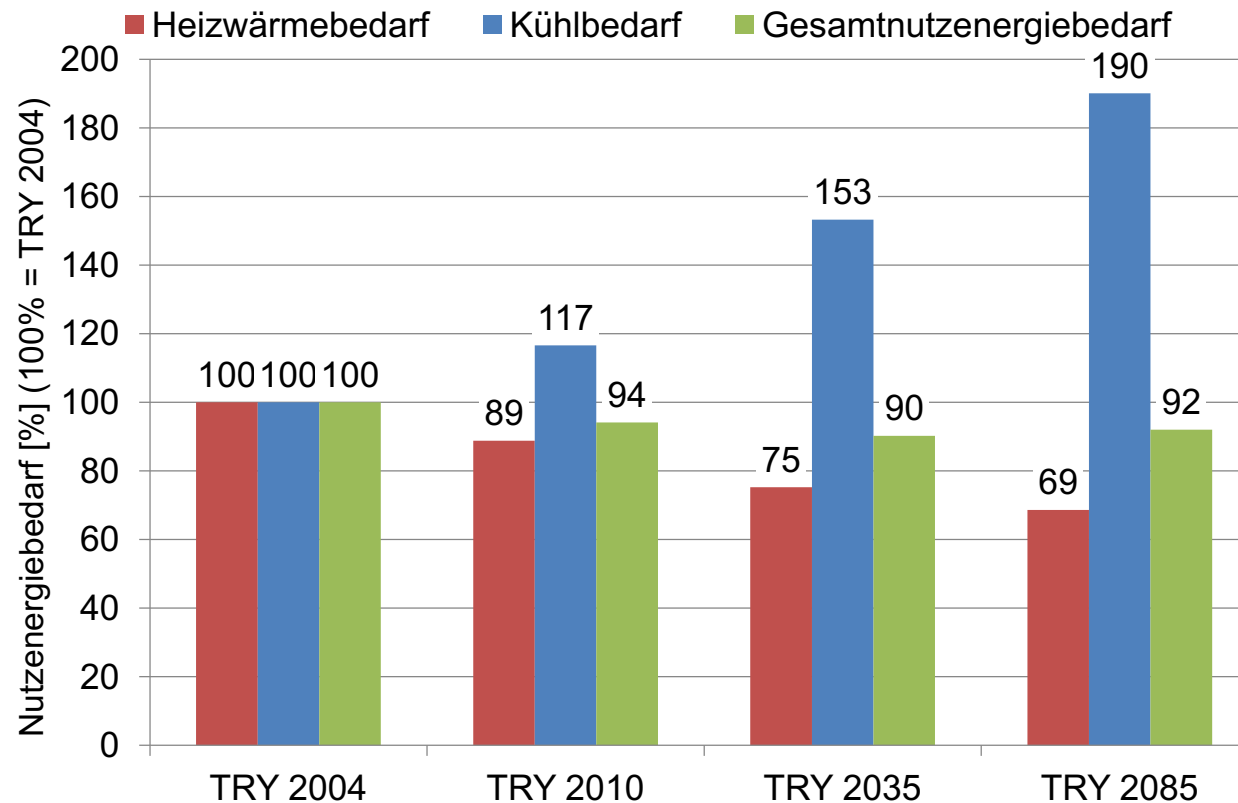
Modellgebäude

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

### 3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden

#### ENTWICKLUNG ENERGIEBEDARF



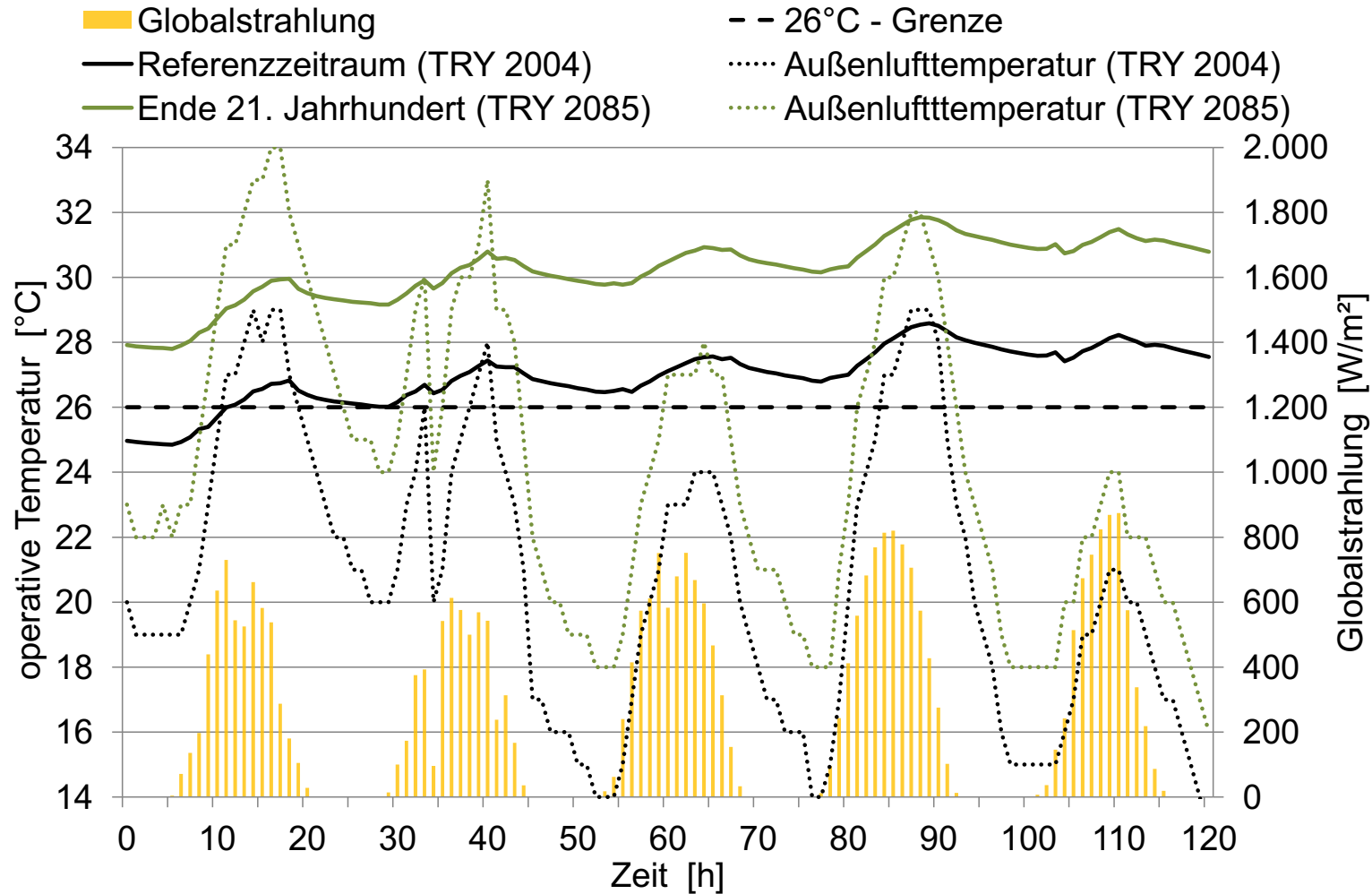
- Abnahme des Heizwärmebedarfs um ca. 30%
- Zunahme des Kühlbedarfs um ca. 90%
- Abnahme des Gesamtnutzenergiebedarfs um ca. 10%  
...im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961 bis 1990)

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

### 3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden

## ENTWICKLUNG DES SOMMERLICHEN RAUMKLIMAS



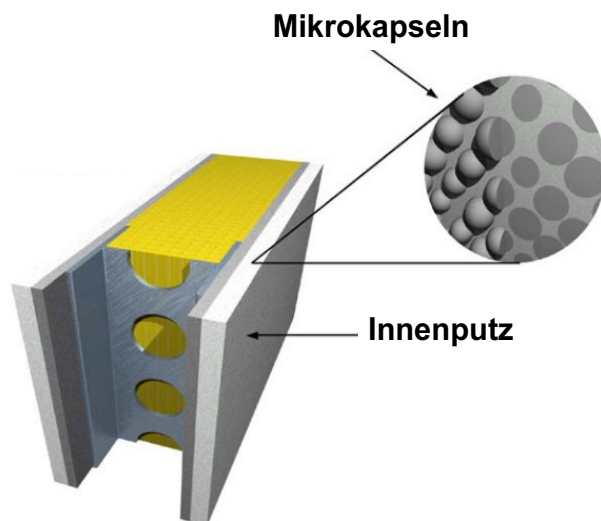
Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 4. Anpassungsmaßnahmen

### PASSIVE TECHNOLOGIEN ZUR GEBÄUDEKÜHLUNG

- Einsatz von Phasenwechselmaterialien (PCMs)
- Verbesserung der Verschattung transparenter Bauteile
- Reduzierung des Absorptionsgrades opaker Oberflächen
- Reduzierung der internen Gewinne
- Erhöhte Nachtlüftung
- Gebäudebegrünung
- Erhöhte Nachtlüftung + Einsatz von PCMs



Wandaufbau mit PCM (Schossig et al. 2005)



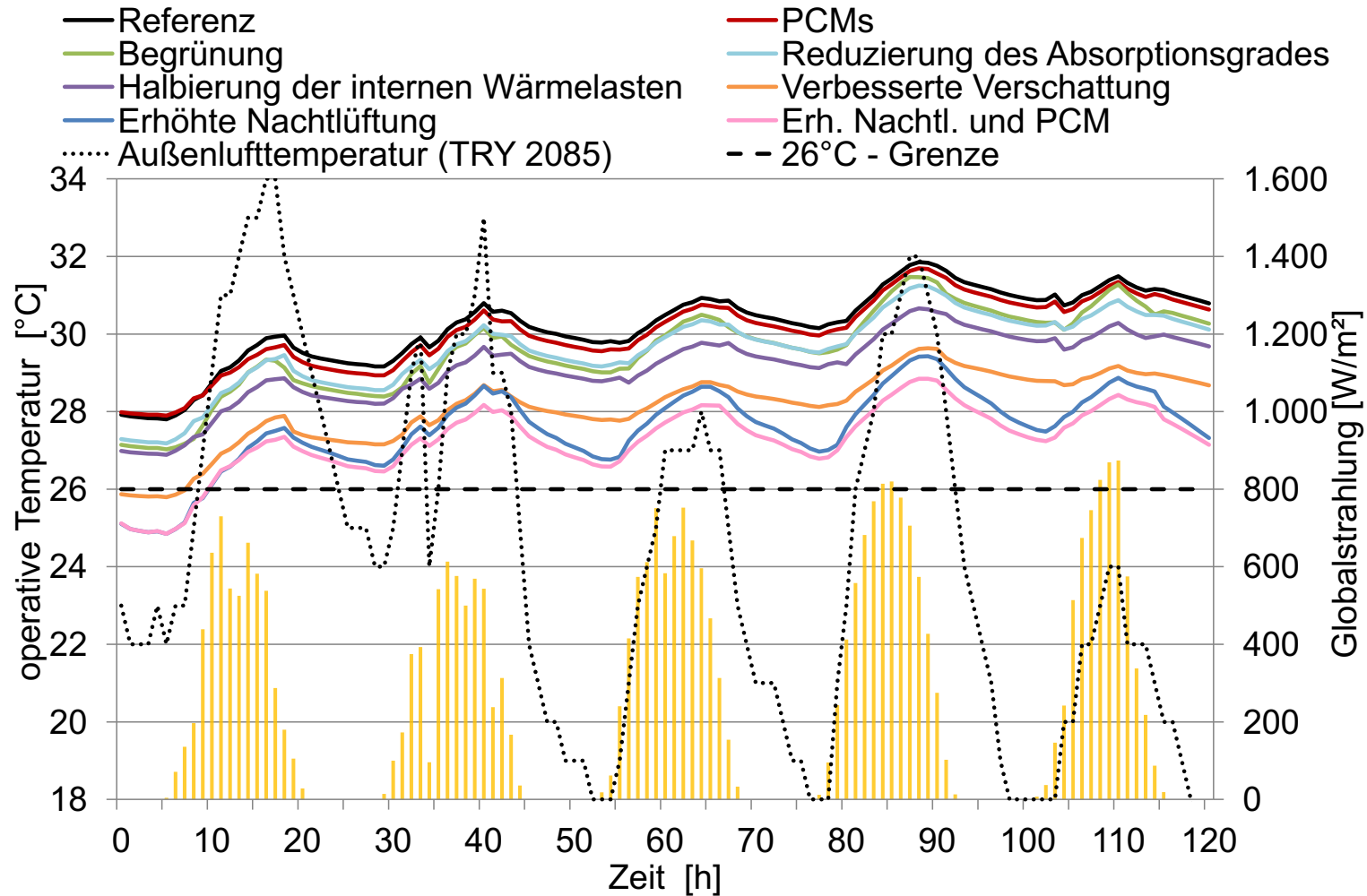
Gebäudebegrünung

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 4. Anpassungsmaßnahmen

### AUSWIRKUNGEN DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN



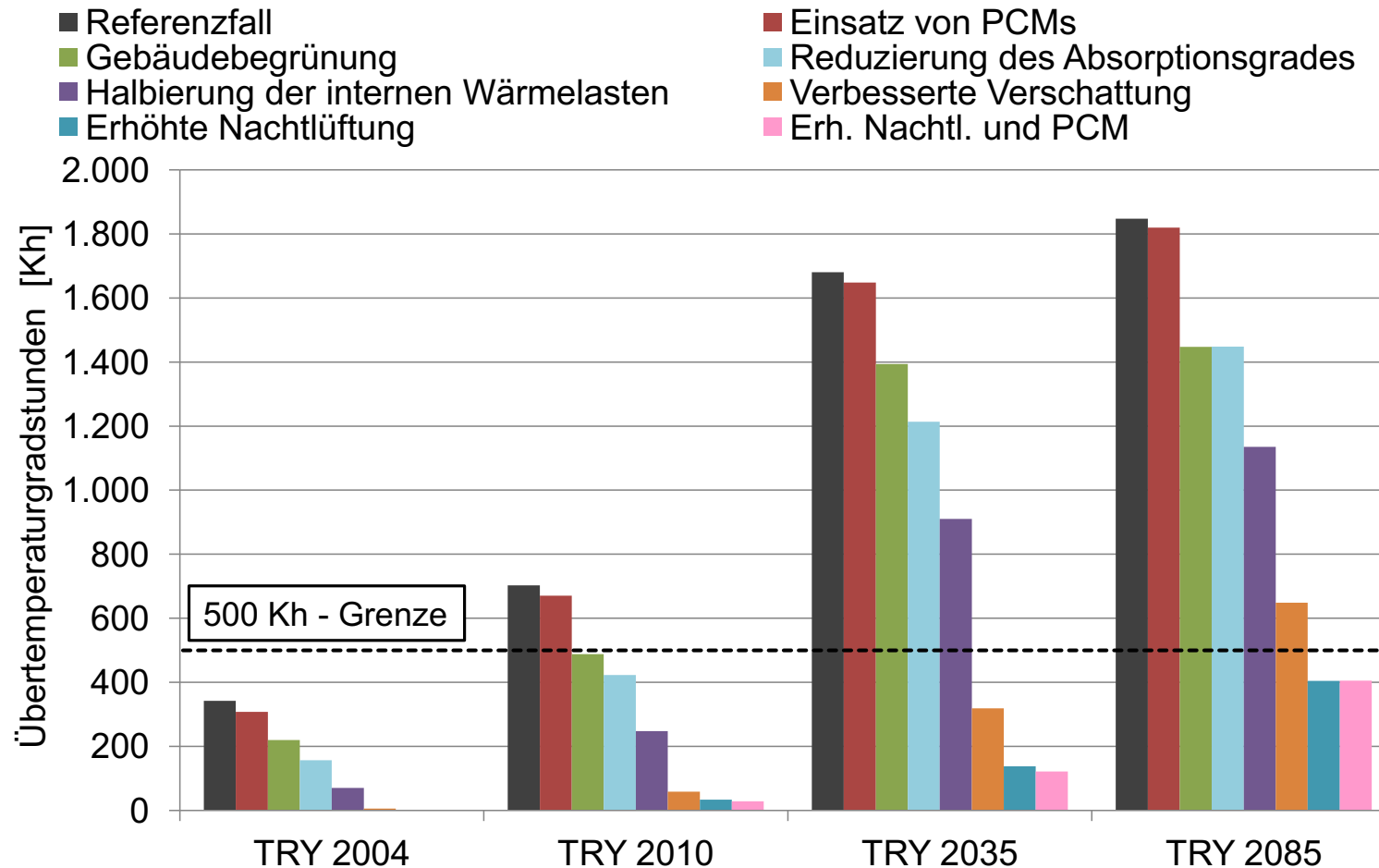
Verlauf der operativen Temperatur während eines Zeitraums von 5 Tagen unter Wirkung der Anpassungsmaßnahmen (TRY 2085)

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 4. Anpassungsmaßnahmen

### DARSTELLUNG DER ÜBERTEMPERATURGRADSTUNDEN

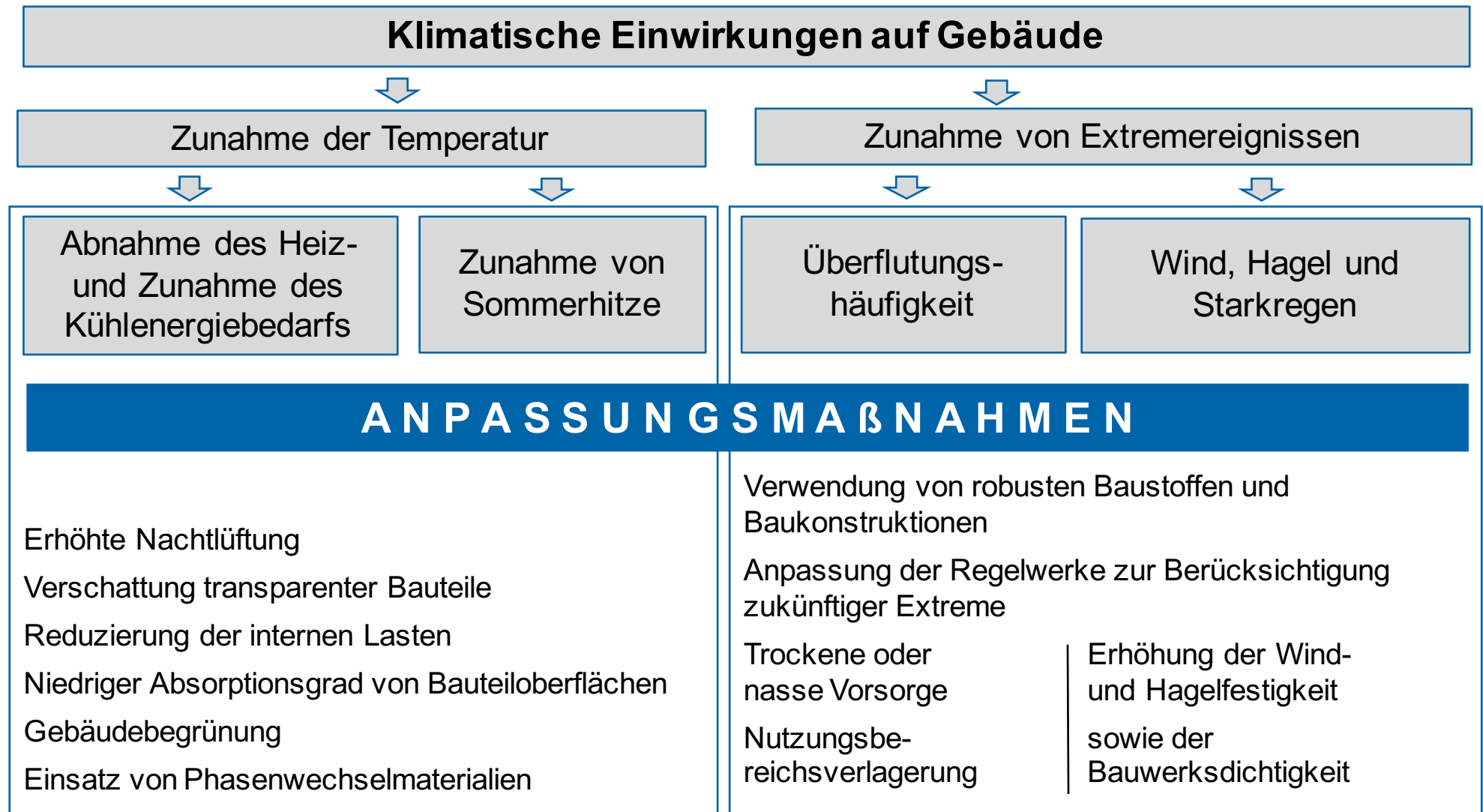


Einfluss der Anpassungsmaßnahmen auf die Übertemperaturgradstunden

Quelle:

Herrmann et. al.: **Gebäude im Klimawandel. Einwirkungen und Anpassungsmaßnahmen**, Tagungsband EffizienzTagung 2014, EffizienzTagung Bauen+Modernisieren, Hannover/ Deutschland

## 4. Anpassungsmaßnahmen



Quelle:

A. Herrmann, C. Dorn.: Industriegebäude im Klimawandel. Zusammenhänge und Anpassungsmaßnahmen in: Unternehmensstrategien zur Anpassung an den Klimawandel. Theoretische Zugänge und empirische Befunde, oekom verlag, München, 2014, S. 141-151



### ZUSAMMENFASSUNG (TEIL 1)

- Solarthermie: größte Gewinner des Klimawandels bzgl. der Erträge
- Photovoltaik: Ertragssteigerung durch höhere Strahlungswerte
- Wasserkraft: Ertragsverschiebung vom 2. ins 1. Quartal
- Windenergie: keine zuverlässige Prognose möglich
- Reduzierung der Betriebsstunden von wärmegeführten KWK-Anlagen um ca. 10 bis 15%
- Luftwärmepumpen: geringe Effizienzverbesserung
- Wirkungsgradreduzierungen für thermische Kraftwerke

### ZUSAMMENFASSUNG (TEIL 2)

- Die Auswirkungen des Klimawandels auf Gebäude sind größer und relevanter als auf Energieerzeugungstechnologien.
- Die veränderten Klimabedingungen gefährden zukünftig vor allem die Behaglichkeit in Innenräumen im Sommer.
- Durch den Klimawandel reduziert sich bis zum Ende dieses Jahrhunderts der Heizwärmebedarf um ca. 1/3. Im Gegensatz dazu verdoppelt sich der Kühlbedarf.
- Mit passiven Maßnahmen kann auch zum Ende des 21. Jahrhunderts die Behaglichkeit gewährleistet werden.
- Bei der Planung von Gebäuden müssen zukünftig die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden.

## 5. Thesen

- Vorhersagbar sind nur Tendenzen aufgrund der Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichen Änderungssignalen.
- Klimaeffekte bleiben größtenteils unbemerkt, weil:
  - Typische Schwankungen von Jahr zu Jahr liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die mittelfristigen Änderungen.
  - Vorhersage der Temperaturentwicklung ist vergleichsweise robust. Die Prognose aller anderen Klimaparameter ist mit großen Unsicherheiten verbunden.
  - Andere Effekte überlagern die Klimaeffekte, z.B. Energiepreisschwankungen, veränderte politische Rahmenbedingungen, Steuergesetze usw.
  - Deutschland ist bisher vergleichsweise wenig vom Klimawandel betroffen.

## Ausblick

- Detaillierte Untersuchung von ausgewählten Anpassungsmaßnahmen

# Vielen Dank!

**Dipl.-Ing. Andreas Herrmann**



**TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik  
Gustav-Zeuner-Str. 7  
09599 Freiberg**

**Andreas.Herrmann@iwtt.tu-freiberg.de**