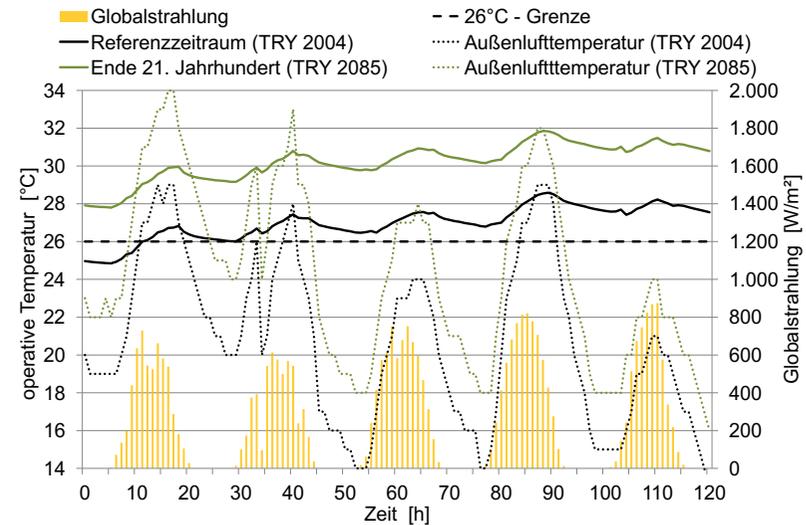
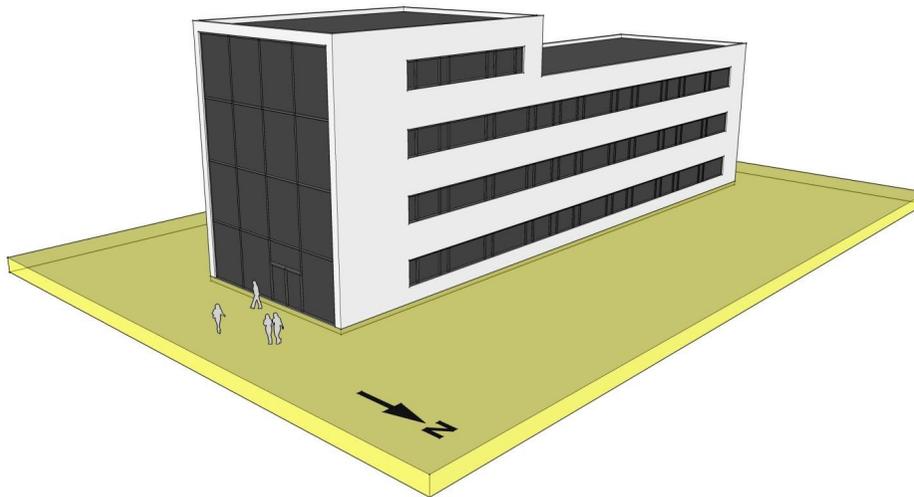


Auswirkungen des Klimawandels auf den Ertrag erneuerbarer Energien und den Energiebedarf von Gebäuden



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

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

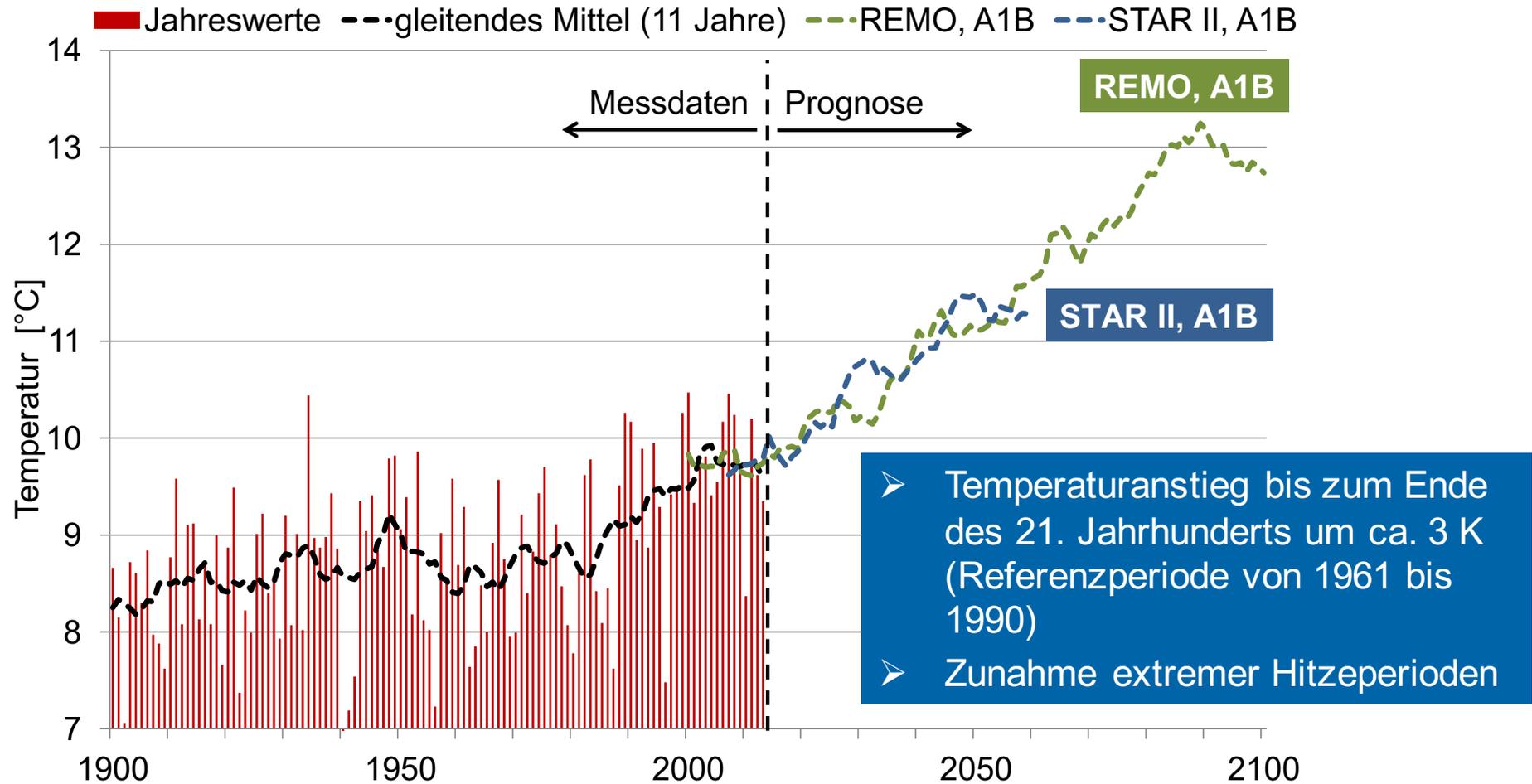
1. Prognostizierte Klimaänderung

MOTIVATION



1. Prognostizierte Klimaänderung

ENTWICKLUNG DER TEMPERATUR



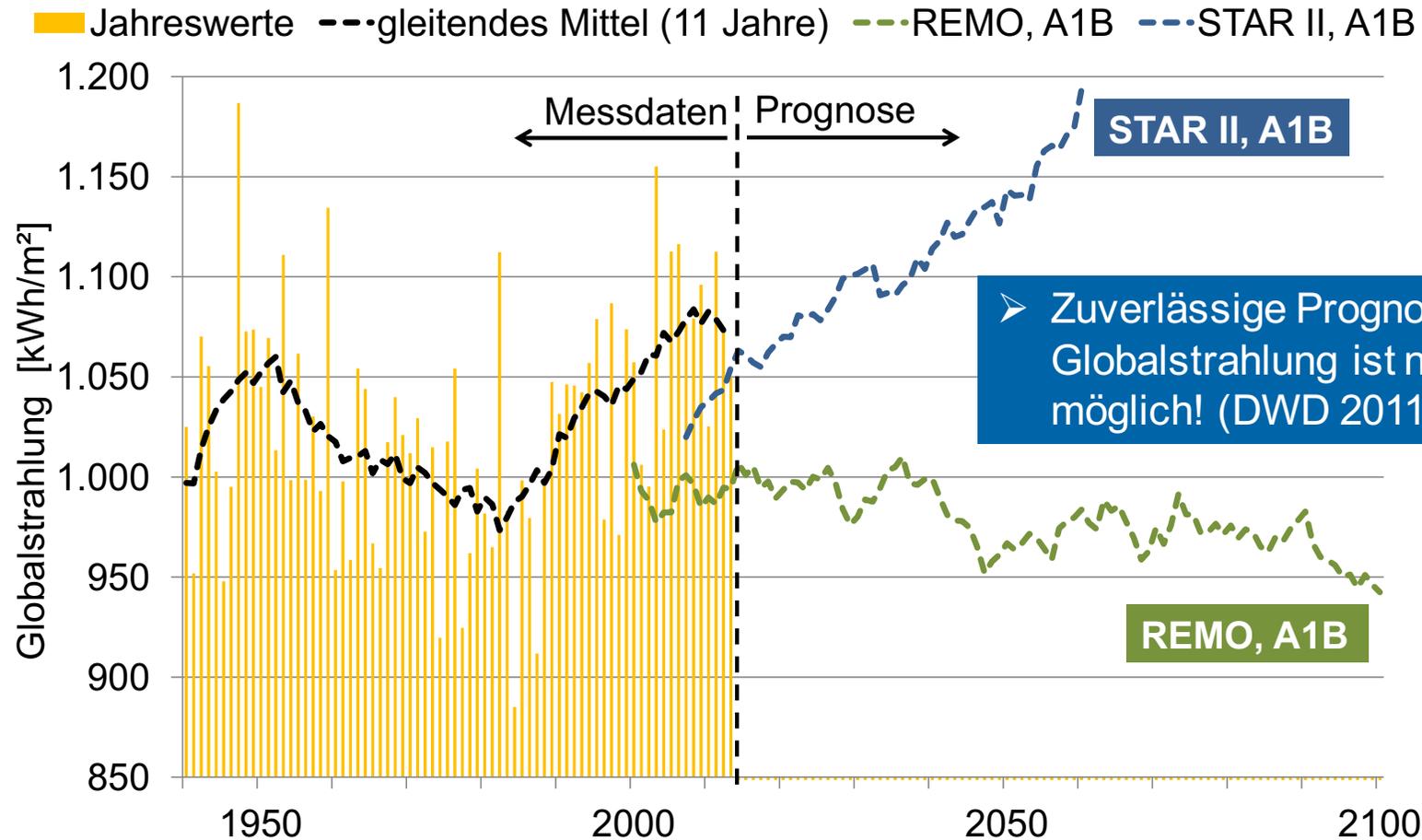
Temperaturen von 1900 bis 2100 für Potsdam
(Prognose mit den Regionalklimamodellen REMO und STAR II, A1B-Szenario)

Quelle:

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

1. Prognostizierte Klimaänderung

ENTWICKLUNG DER GLOBALSTRAHLUNG

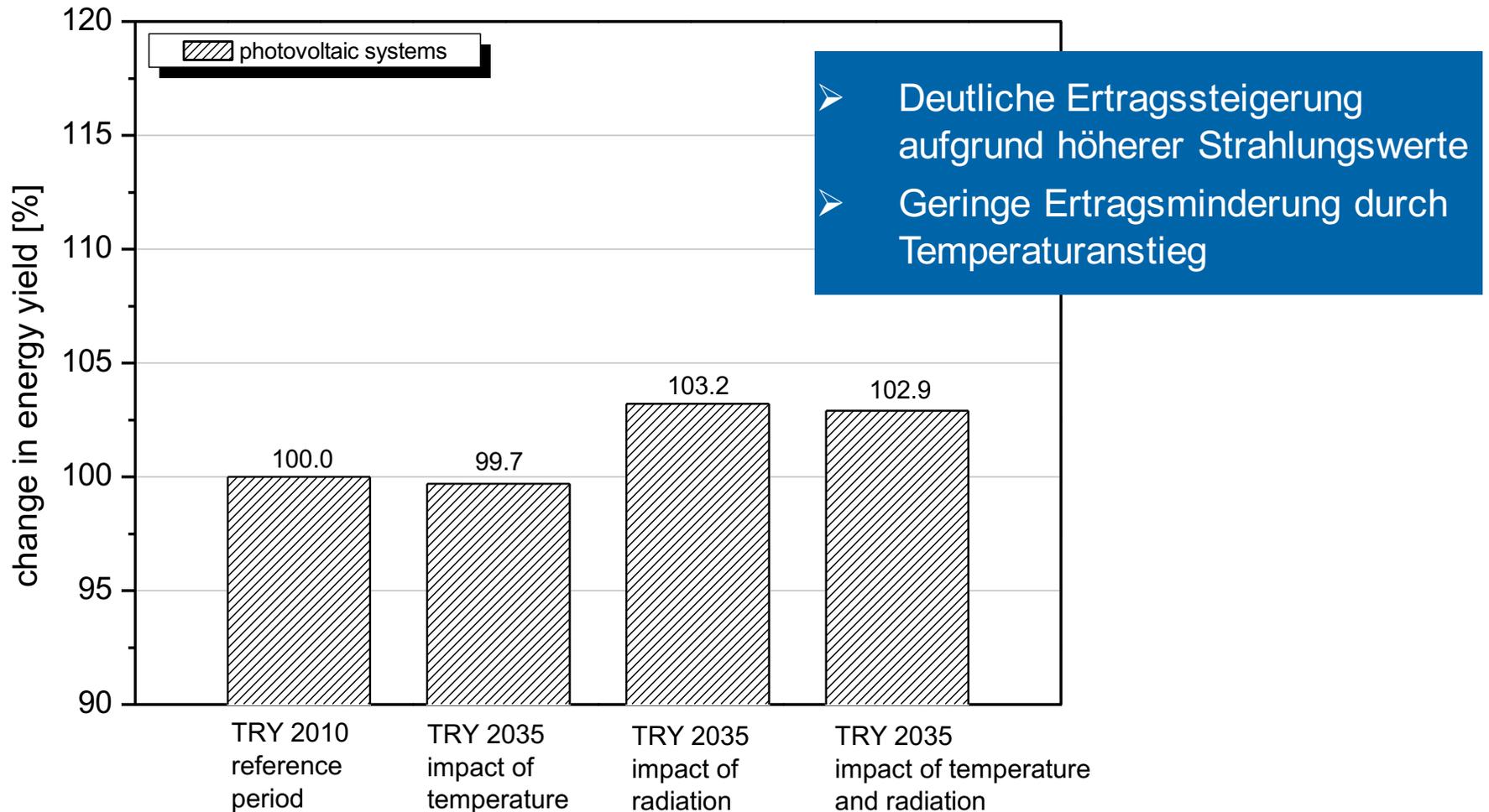


Jahressummenwerte der Globalstrahlung von 1940 bis 2100 für Potsdam (Prognose mit den Regionalklimamodellen REMO und STAR II, A1B-Szenario)

Quelle:

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

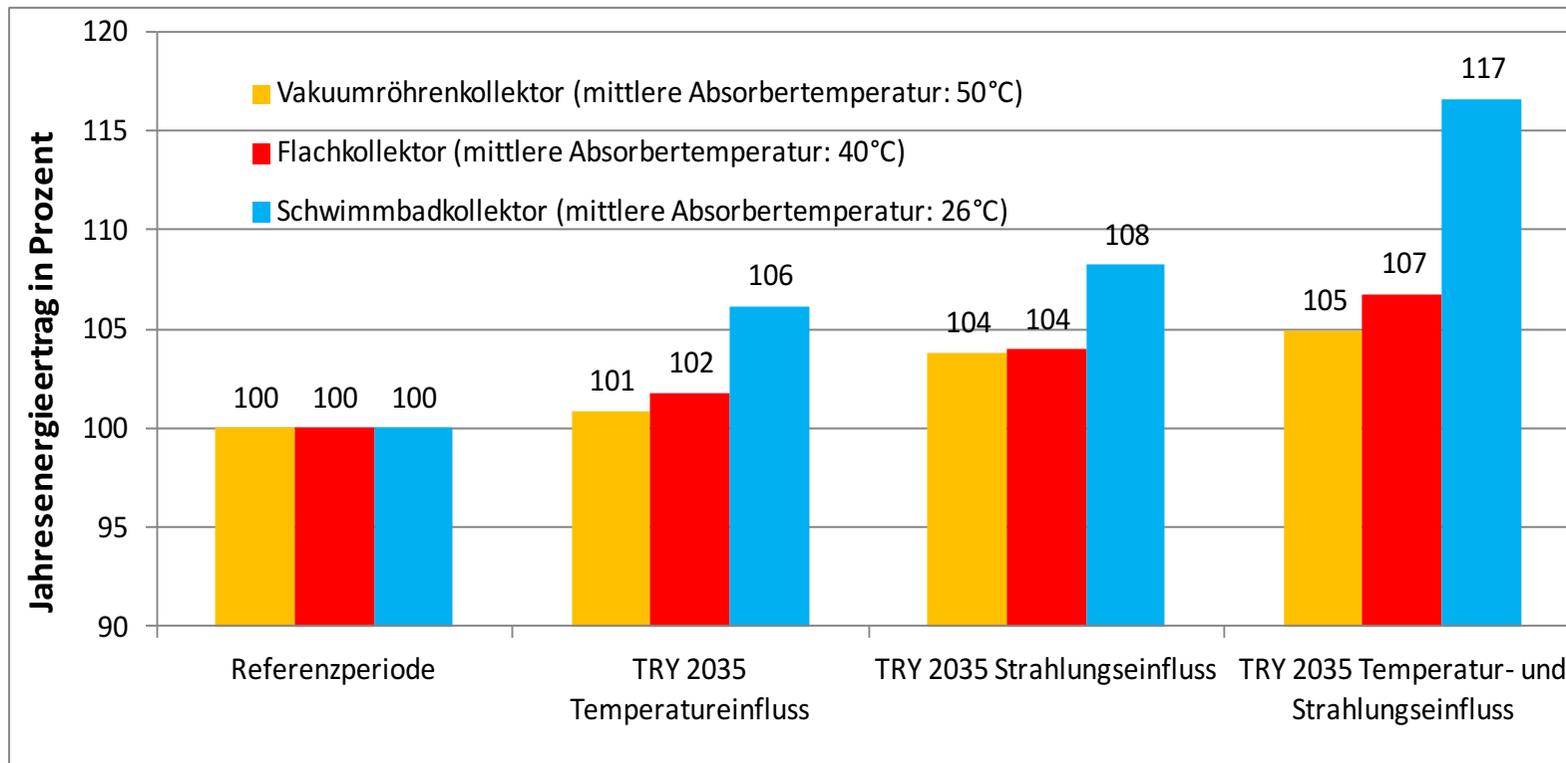
PV-ANLAGEN



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

SOLARTHERMISCHE ANLAGEN



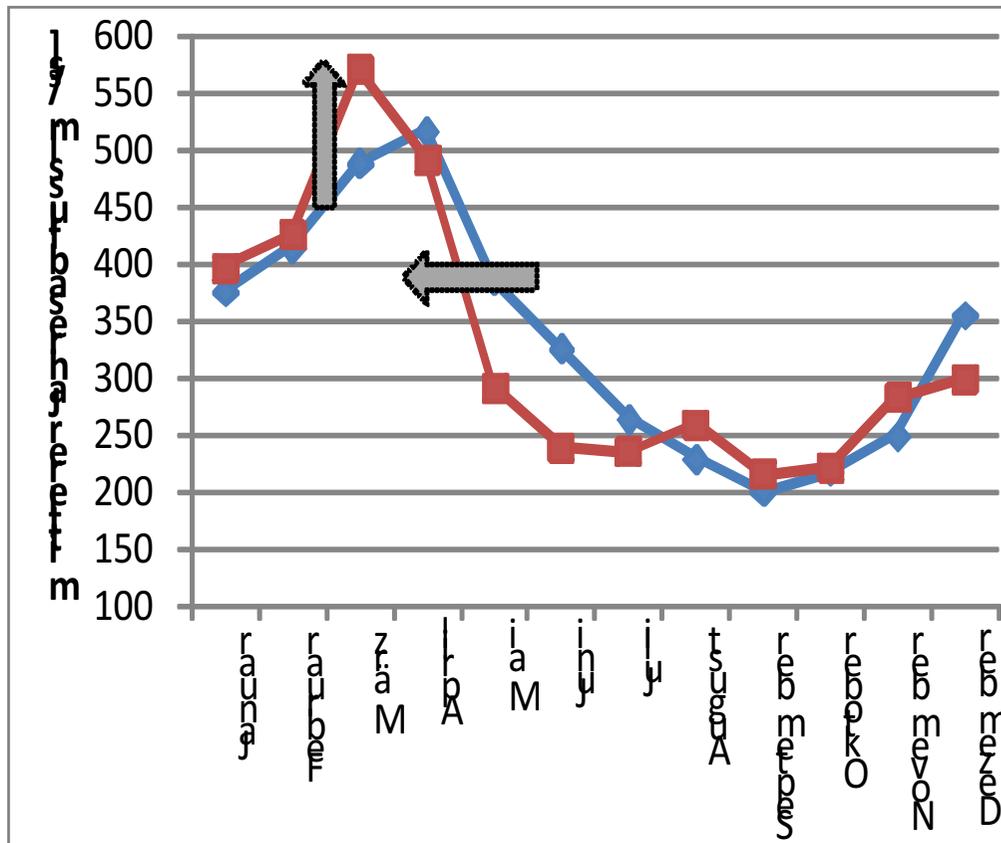
- Ertragssteigerung durch Strahlungs- und Temperaturanstieg
- Schwimmbadkollektoren profitieren am stärksten
- Strahlungseinfluss größer als Temperatureinfluss

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

Quelle:

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

3. Entwicklung des Energiebedarfs von Gebäuden

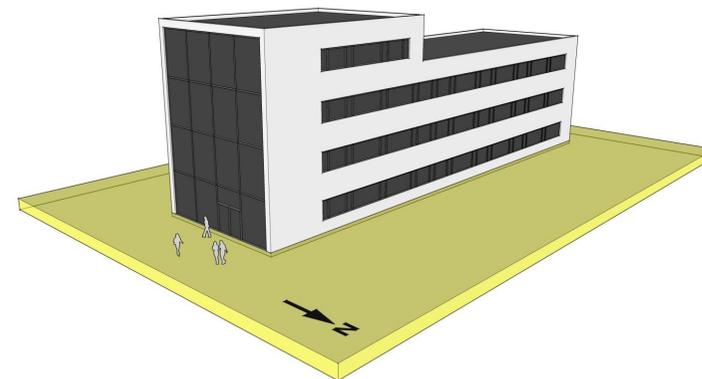
RANDBEDINGUNGEN

Verwendete Klimadatenansätze

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



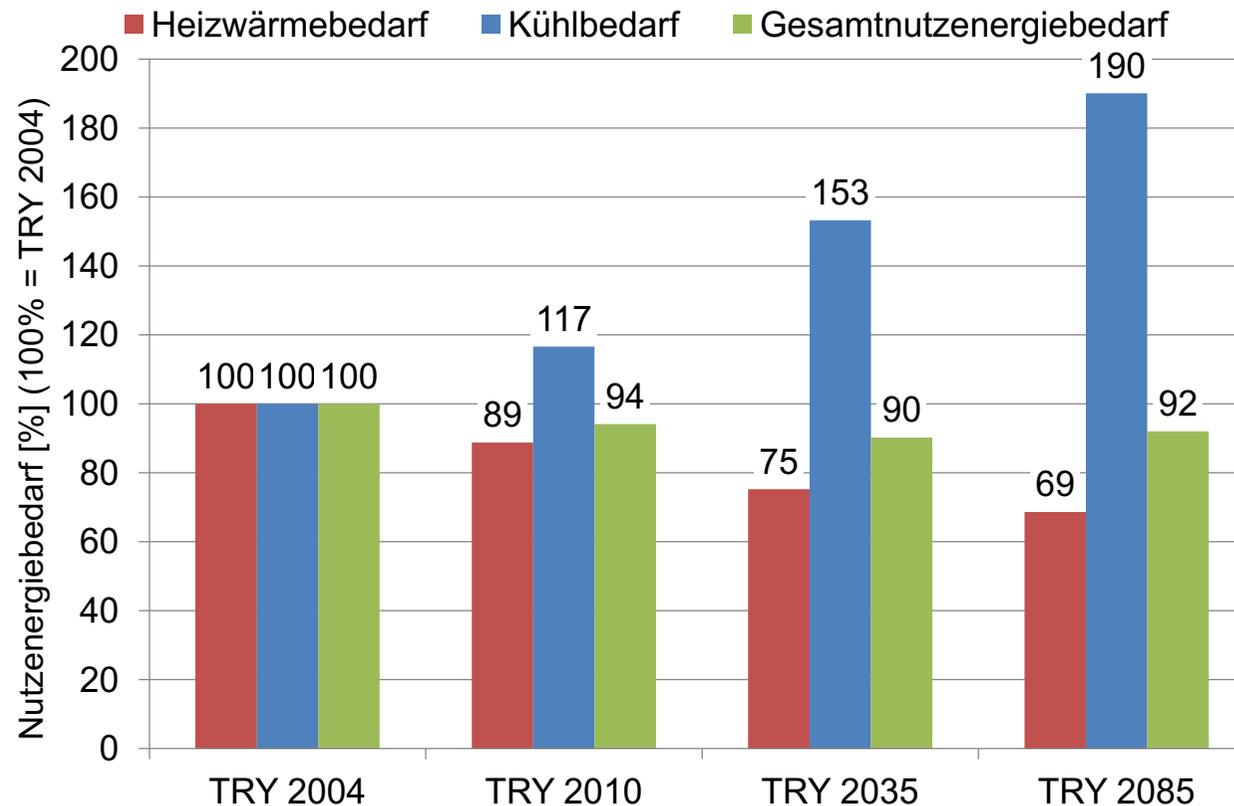
Modellgebäude

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



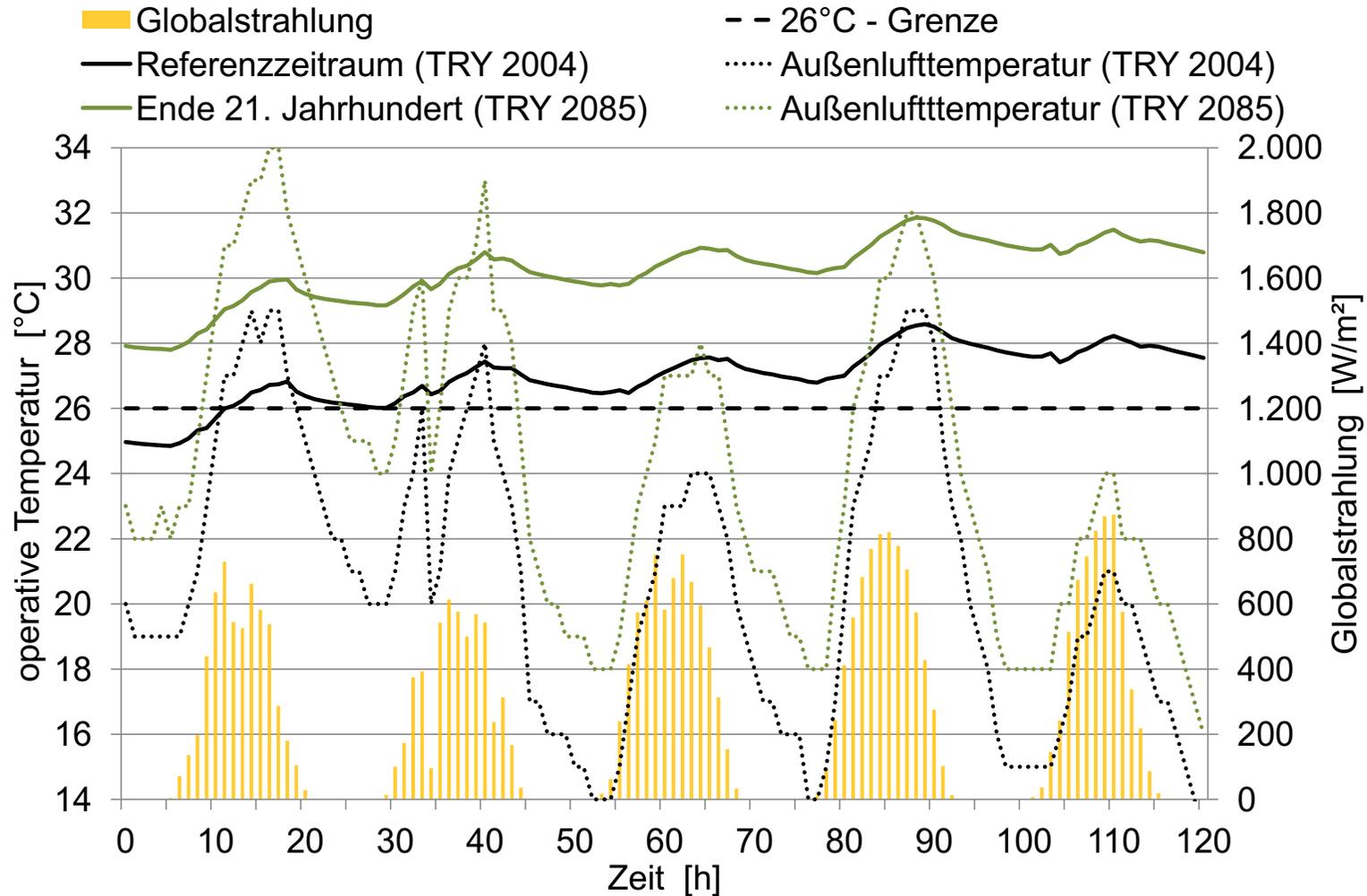
- Abnahme des Heizwärmebedarfs um ca. 30%
- Zunahme des Kühlbedarfs um ca. 90%
- Abnahme des Gesamtnutzenergiebedarfs um ca. 10%
...im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961 bis 1990)

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



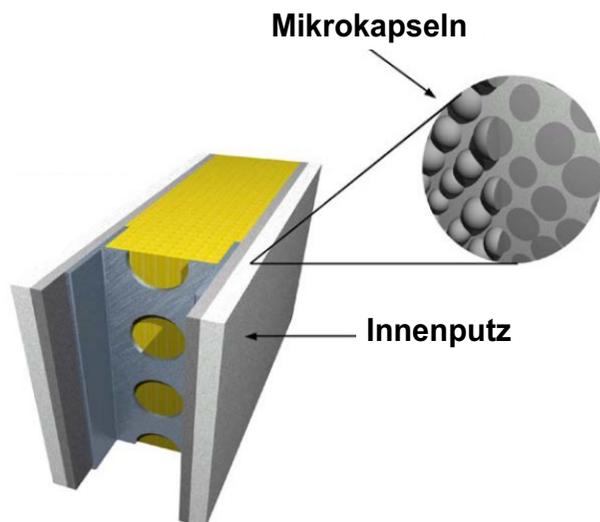
Quelle:

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)

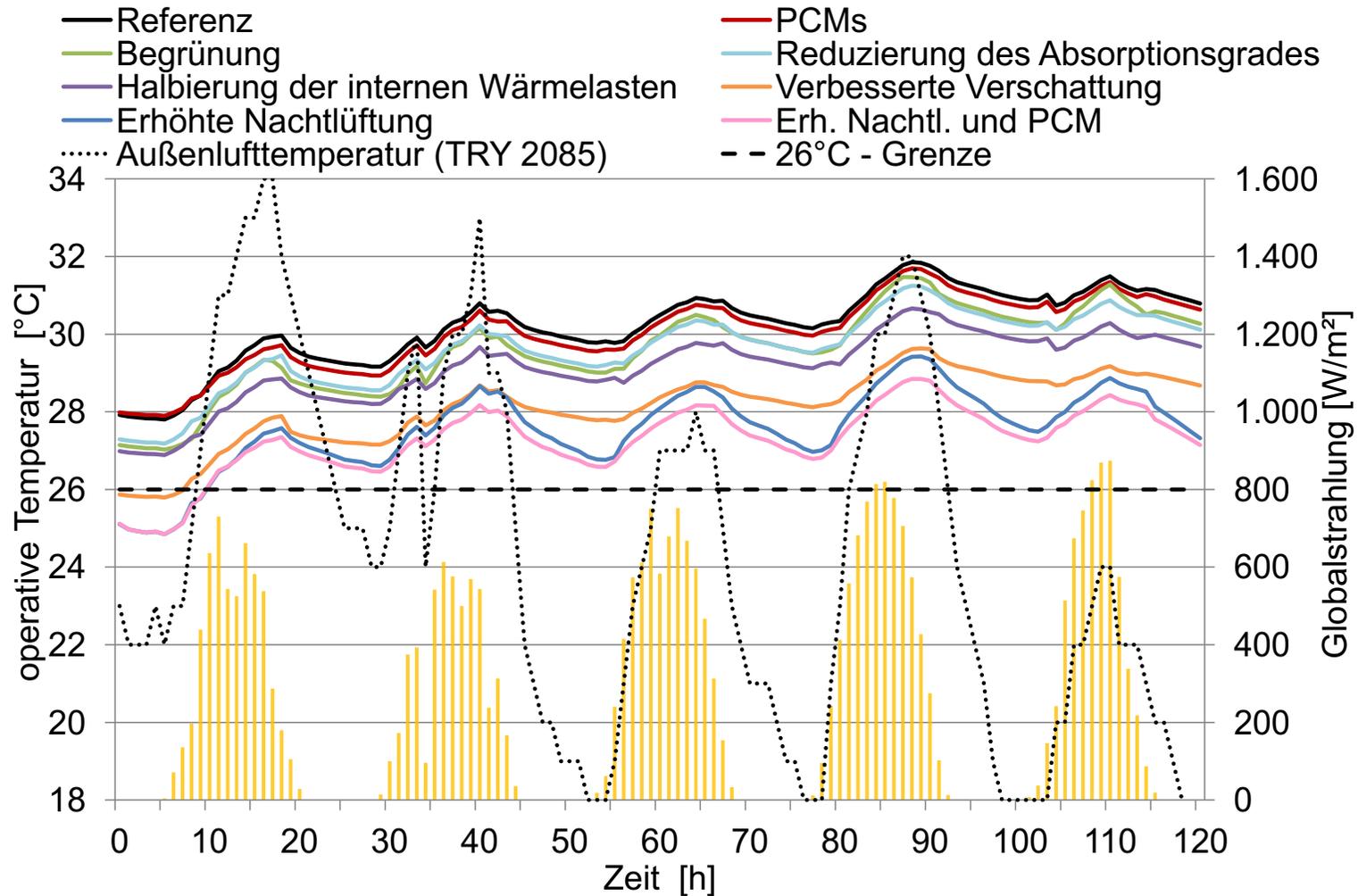


Gebäudebegrünung

Quelle:

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

AUSWIRKUNGEN DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN



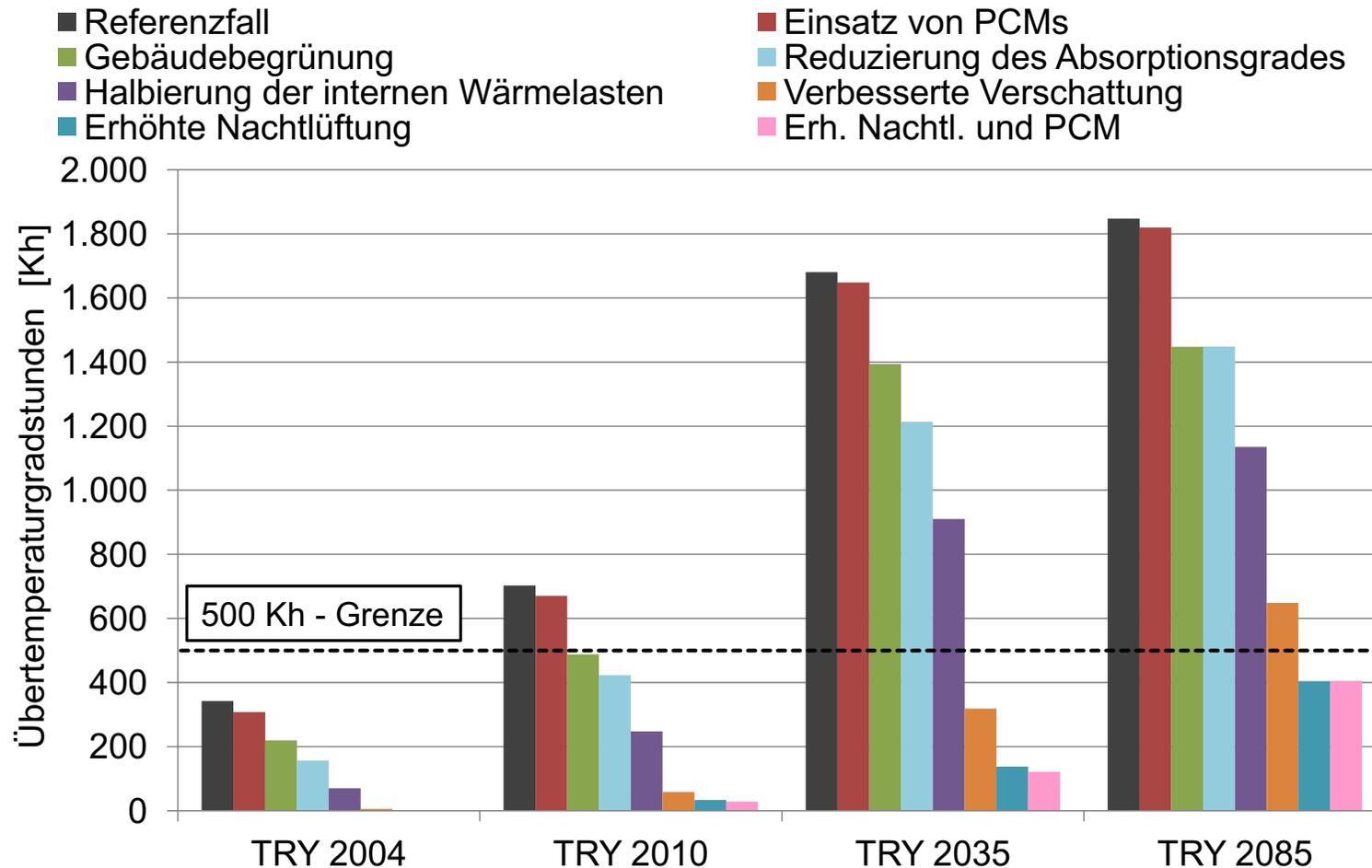
Verlauf der operativen Temperatur während eines Zeitraums von 5 Tagen unter Wirkung der Anpassungsmaßnahmen (TRY 2085)

Quelle:

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

4. Anpassungsmaßnahmen

DARSTELLUNG DER ÜBERTEMPERATURGRADSTUNDEN

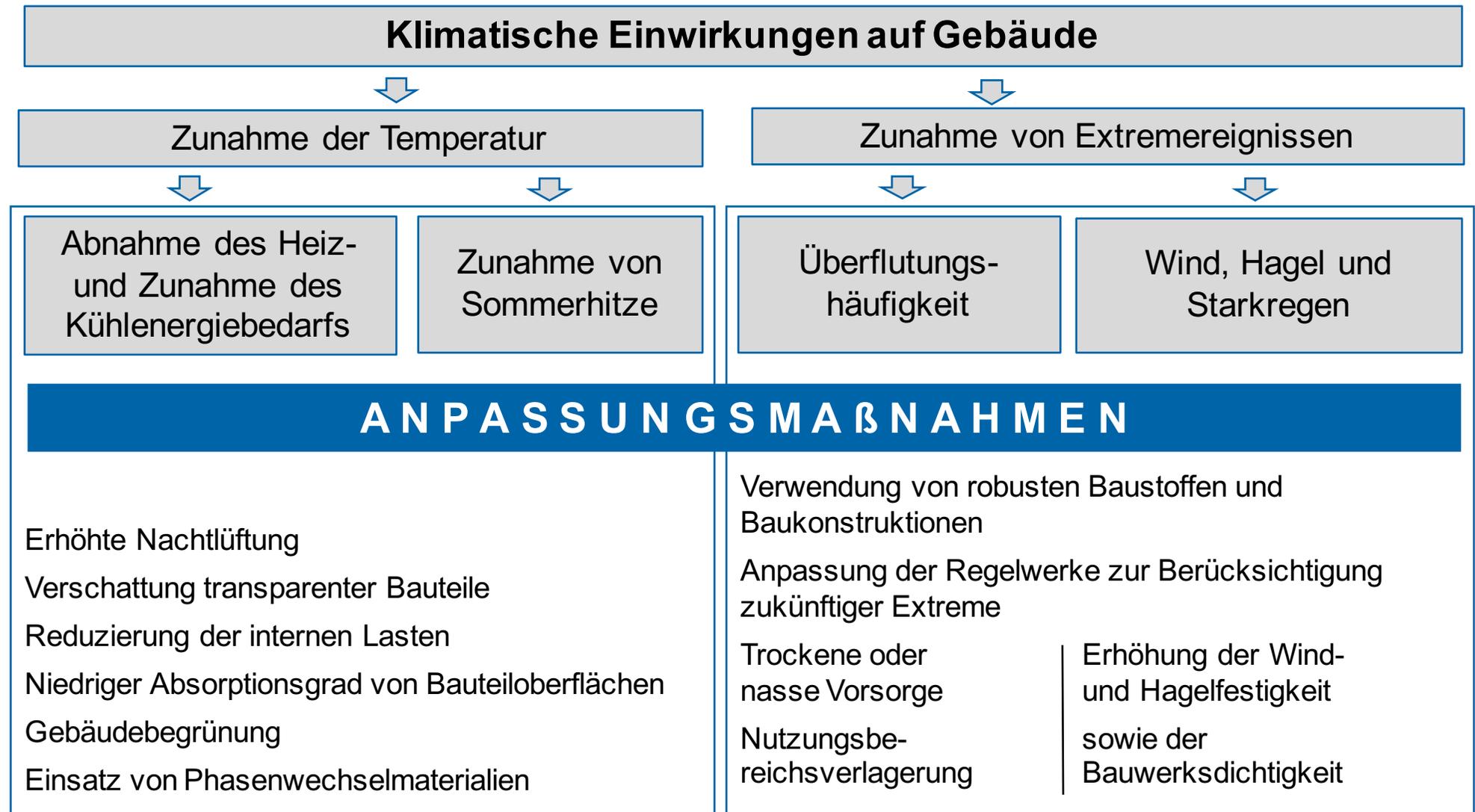


Einfluss der Anpassungsmaßnahmen auf die Übertemperaturgradstunden

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.
- Klimateffekte 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 Klimateffekte, 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