



Abschlussworkshop „Kesselprojekt“

Integration von Heizkesseln in Wärmeverbundsysteme
mit großen Solaranlagen

Simulationsergebnisse – Einbindung und Hydraulik

Dipl.-Phys. Hans Peter Wirth

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

Fachhochschule Düsseldorf

E² - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

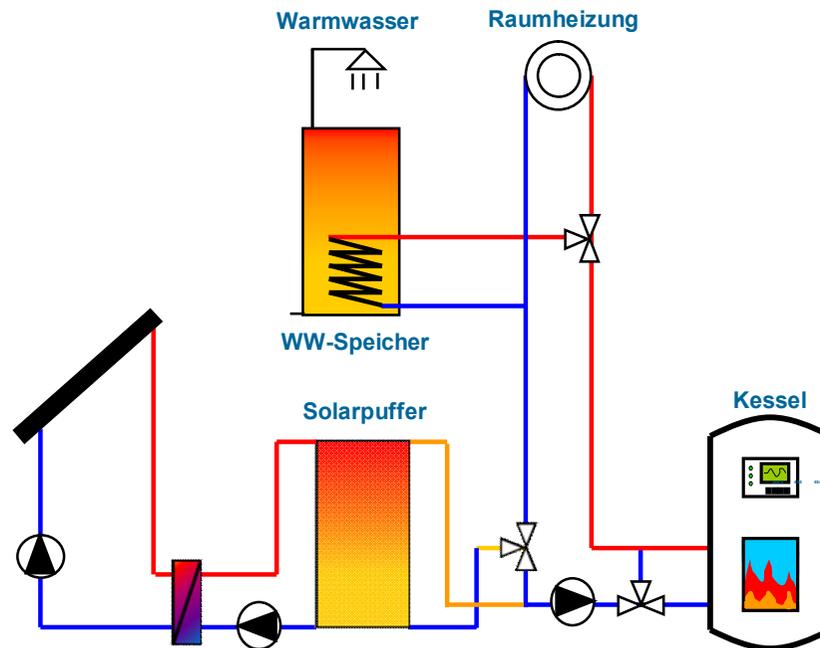
Jens Glembin

Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)

Anwendungsbeispiel



Solarthermisches Kombisystem mit solarem Pufferspeicher zur Rücklaufanhebung



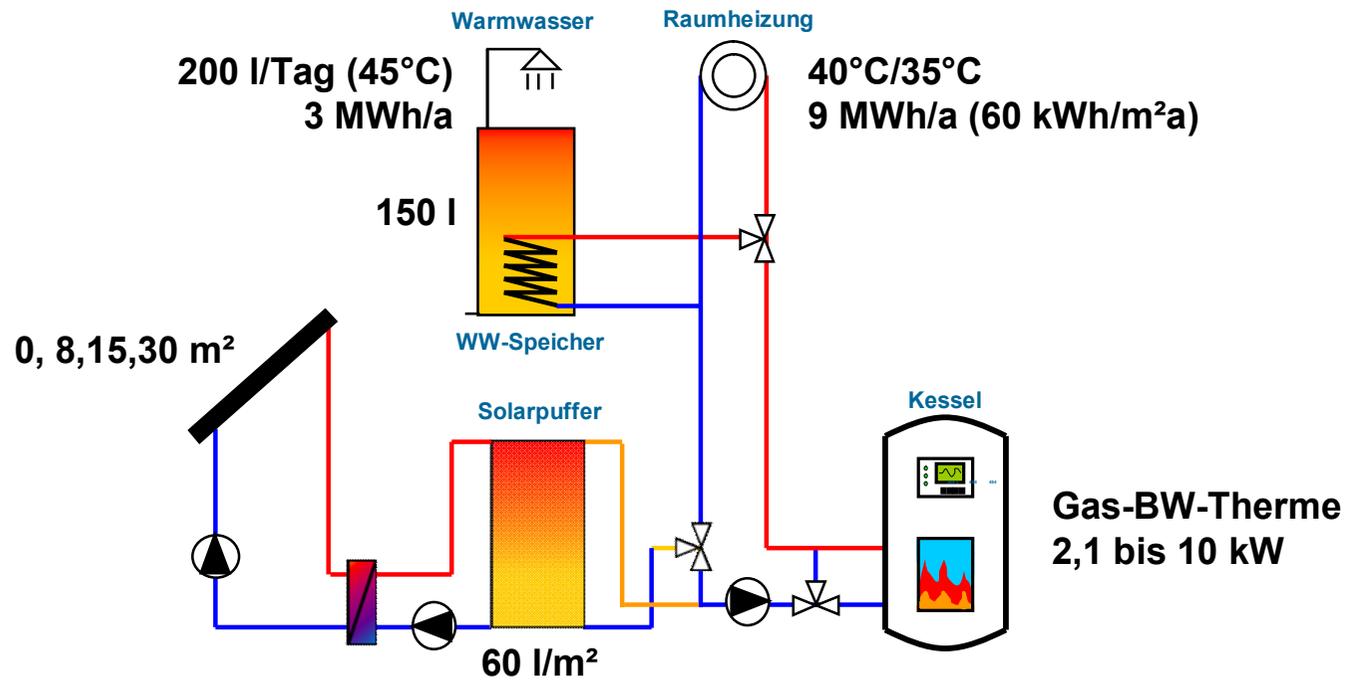
These: **Solaranlage reduziert die Vollbenutzungsstunden und führt so zur Reduktion im Kesselnutzungsgrad durch:**

- **Anhebung der Kesseleintrittstemperatur, weniger Kondensat**
- **Erhöhung der Taktzahl des Kessels**
- **Reduktion der mittleren Betriebszeit des Kessels**

Anwendungsbeispiel



Solarthermisches Kombisystem mit solarem Pufferspeicher zur Rücklaufanhebung



Simulation des Gesamtsystems in Trnsys

Anwendungsbeispiel

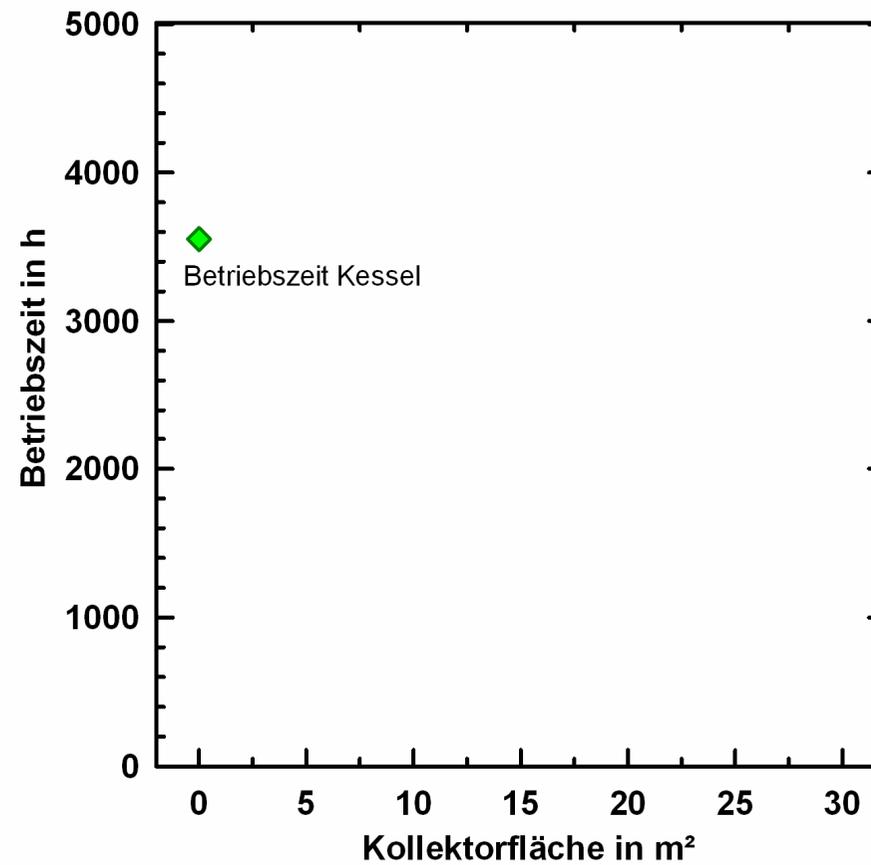


Kenndaten des Brennwertkessels

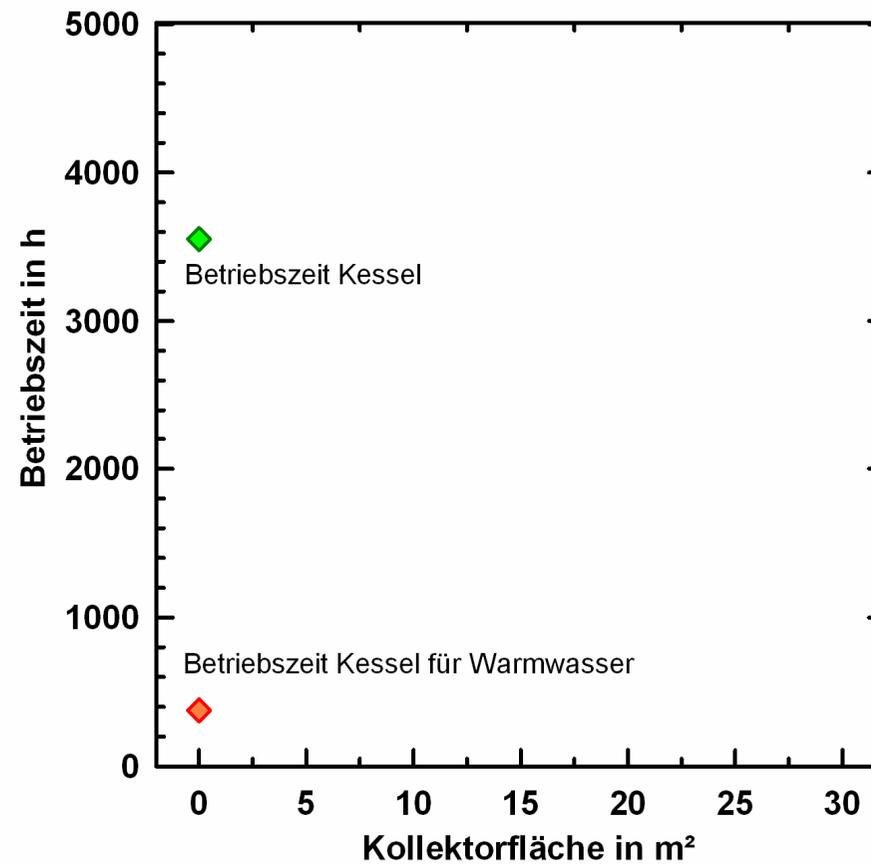
Brennstoff	Erdgas
Modulationsbereich	2.1 – 10 kW
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung unter Prüfbedingungen nach EN 303-3	95.5% (heizwertbezogen)
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad bei Nennleistung unter Prüfbedingungen nach EN 303-3	97.7% (heizwertbezogen)
Elektrische Leistungsaufnahme bei Nennleistung unter Prüfbedingungen nach EN 303-3	45 W
Kondensationsparameter (Abgasfeuchte bei Nennleistung und 35°C Eintrittstemperatur/Abh. von Kesselleistung/Abh. von Wassereintrittstemperatur)	100%/0/0
Wasserinhalt/Masse	2.5 l/46 kg
Mindestein-/ausschaltzeit	18 s/0 s
Vorspül-/Nachspülzeit	20 s/0 s
Interner Zeitschritt in Type 204	1 s
Dynamische Charakterisierung (Anteil Masse an gasseitiger Kapazität, Anteil Masse und Wasserinhalt an wasserseitiger Kapazität, Anteil Wasserinhalt an der Totzeit)	0.01/0.5/0.5
Schalthysteresen	5 K



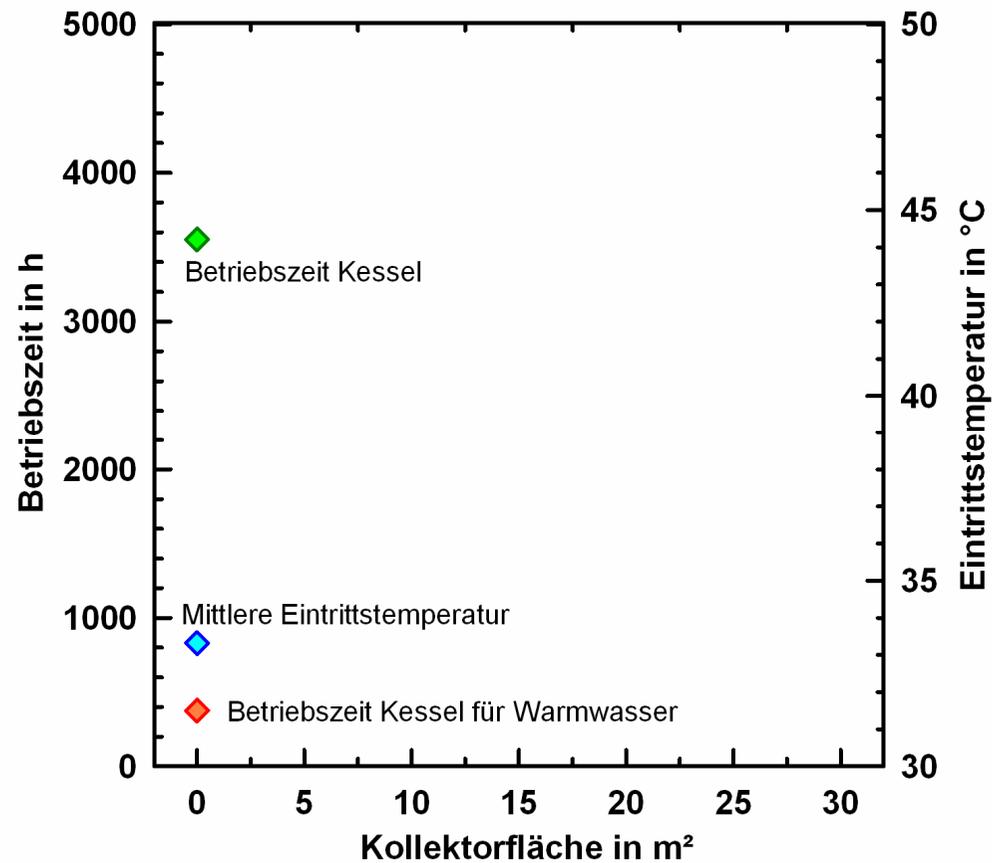
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Anwendungsbeispiel: Ergebnisse

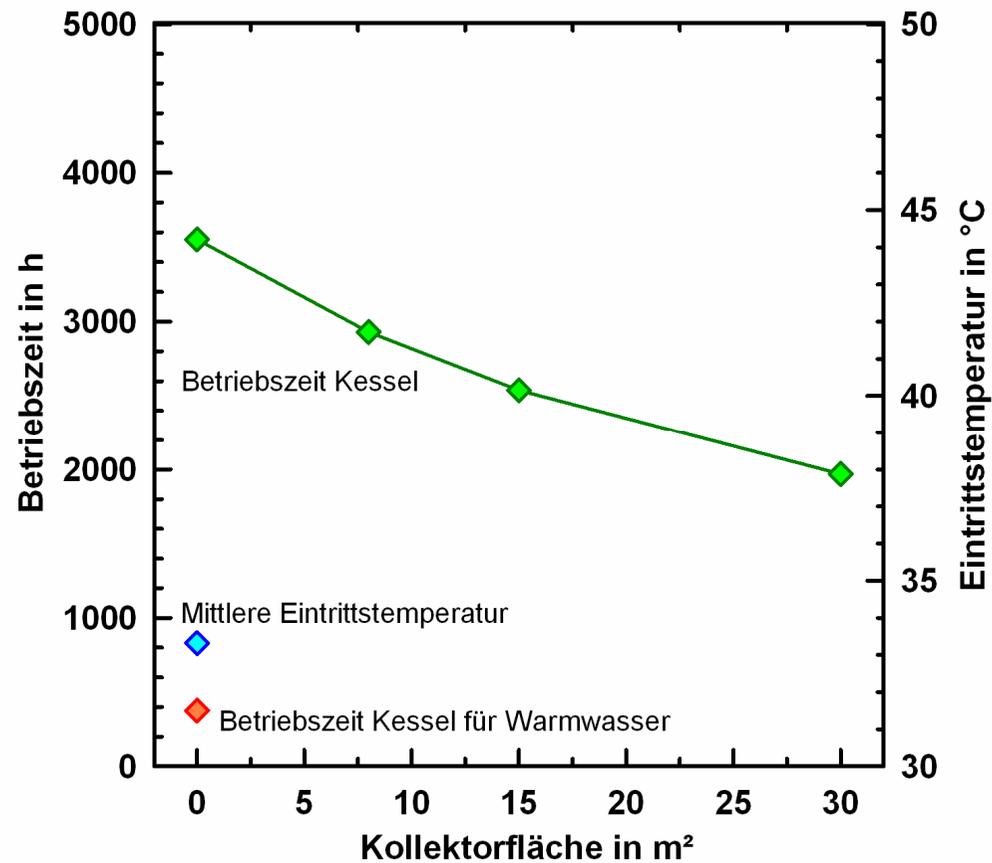


Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



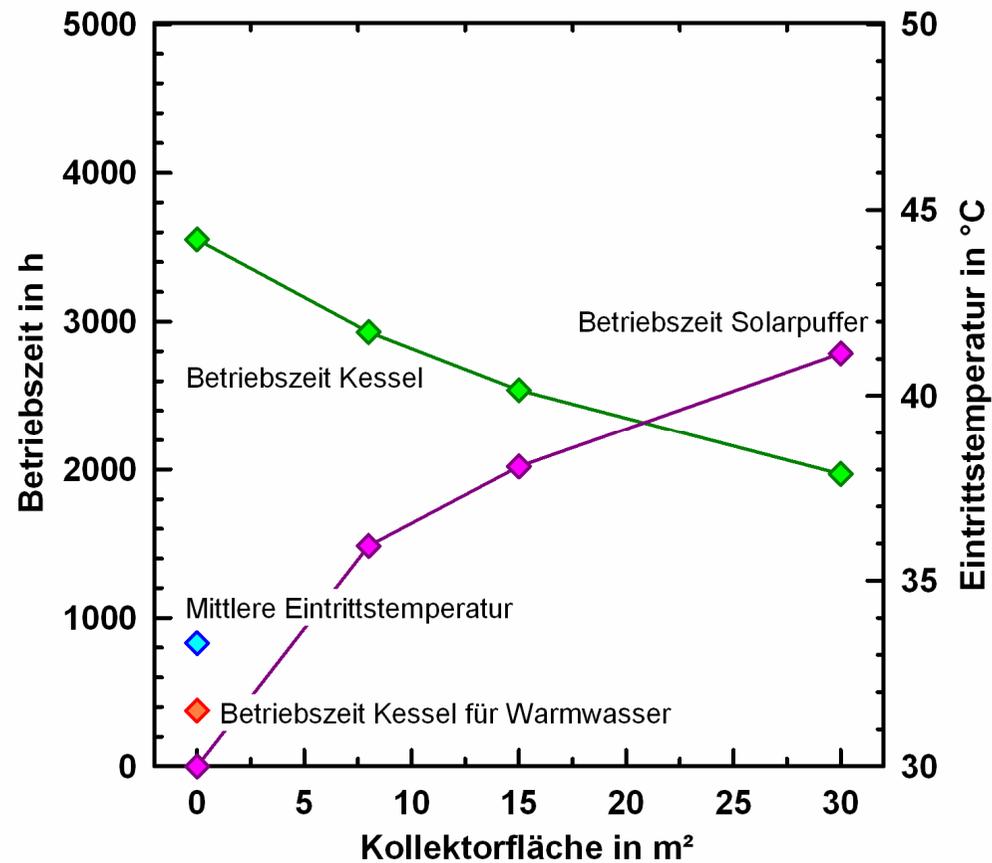
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



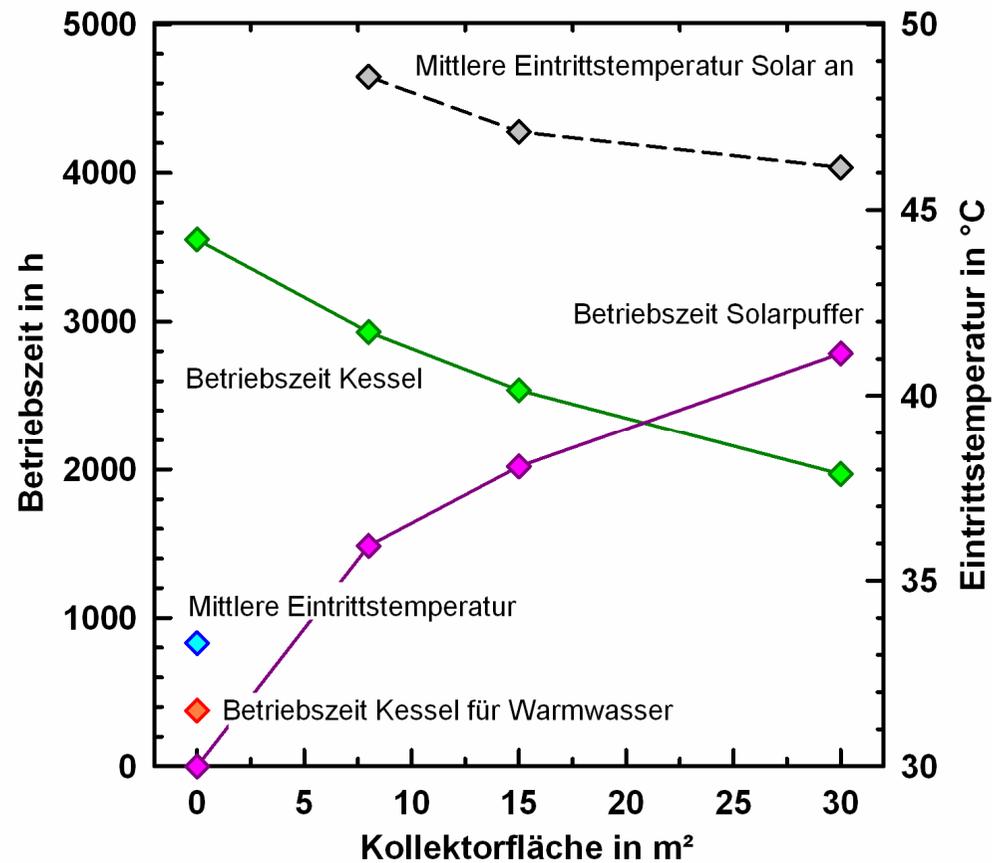
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



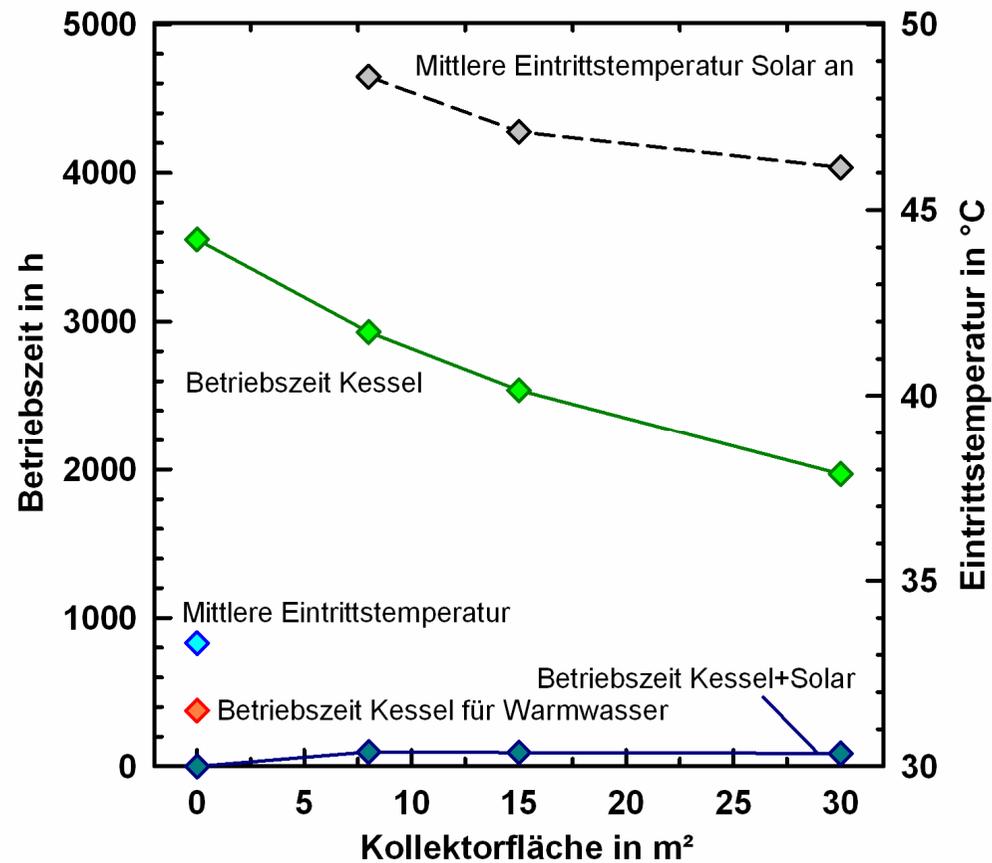
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



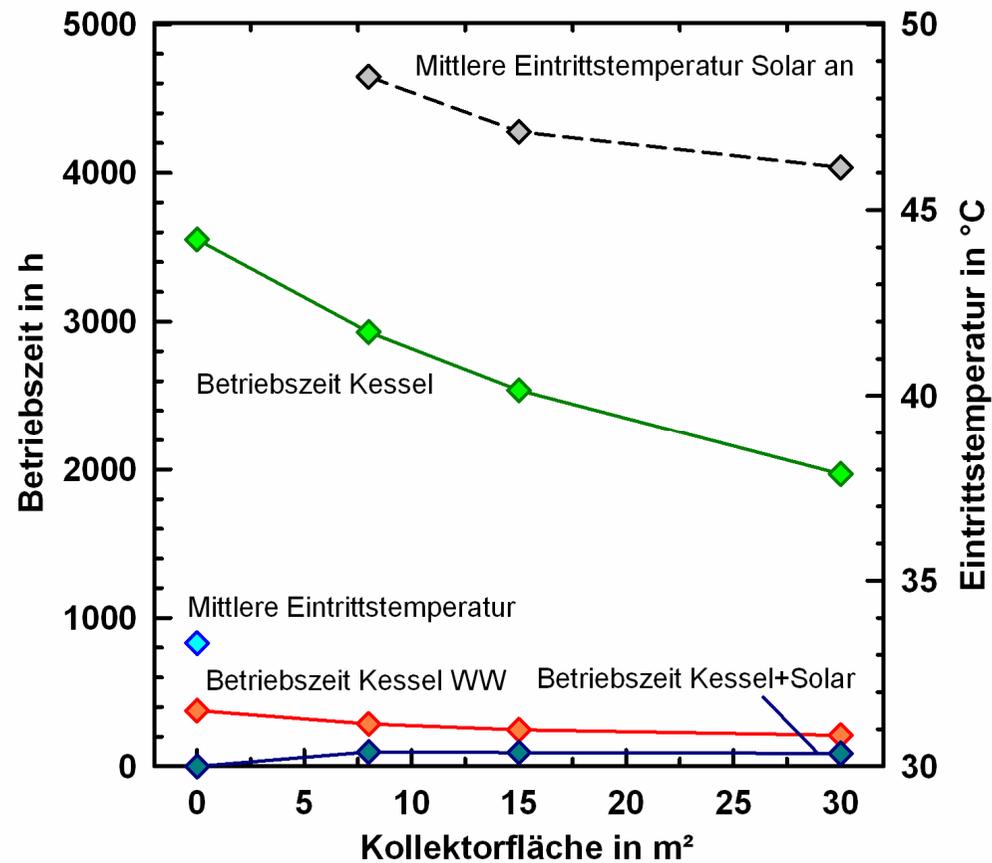
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



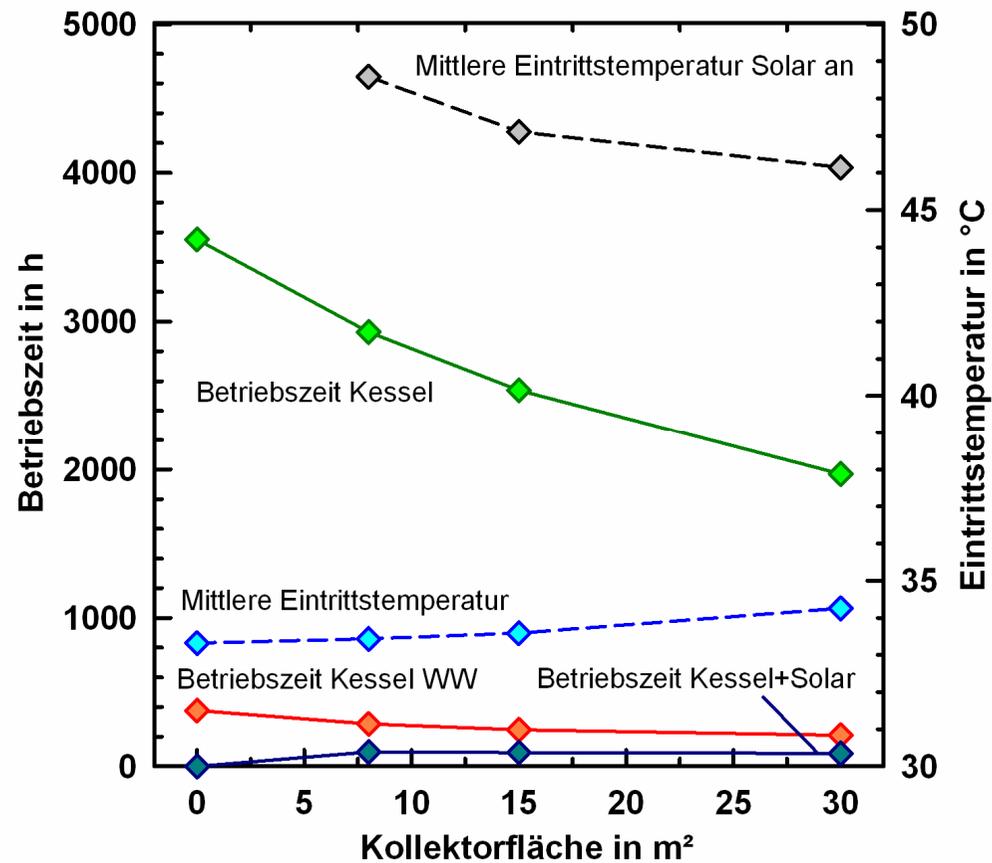
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



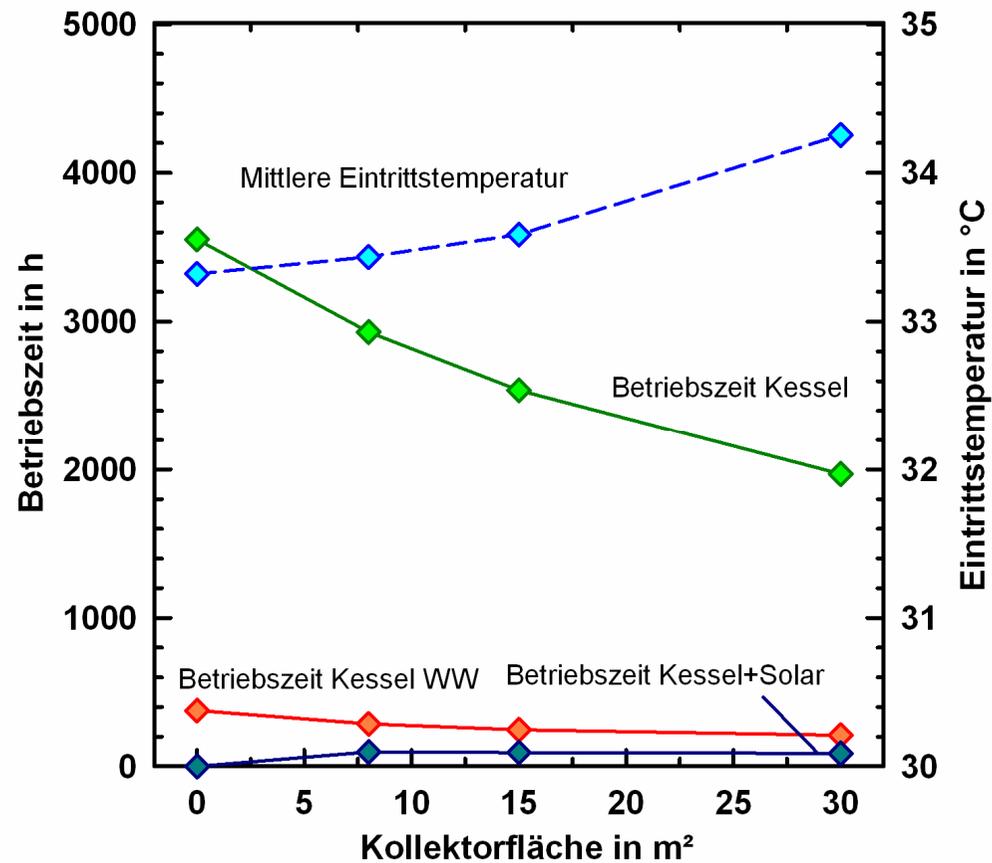
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



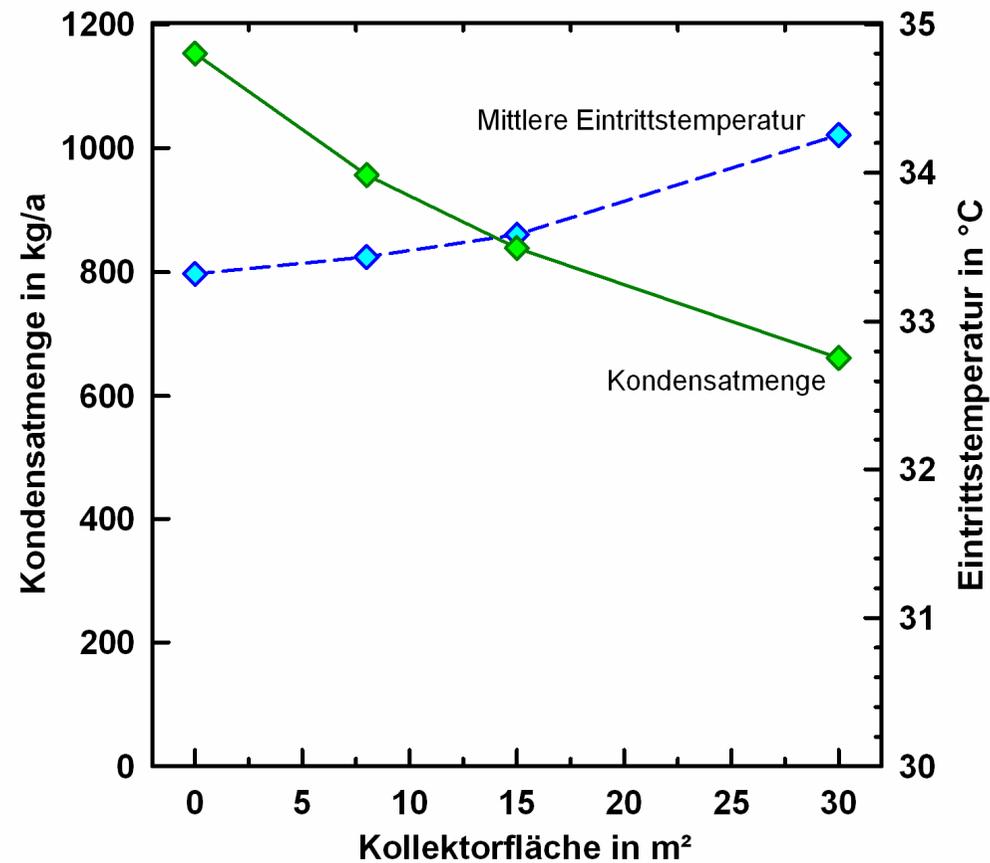
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



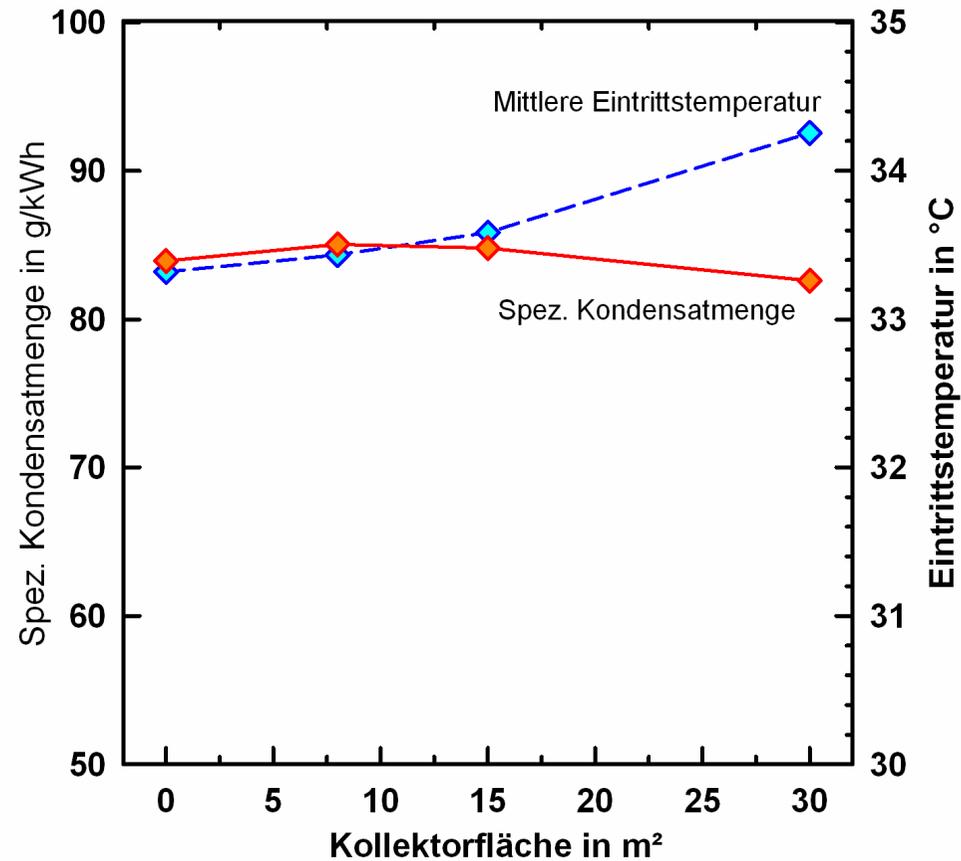
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



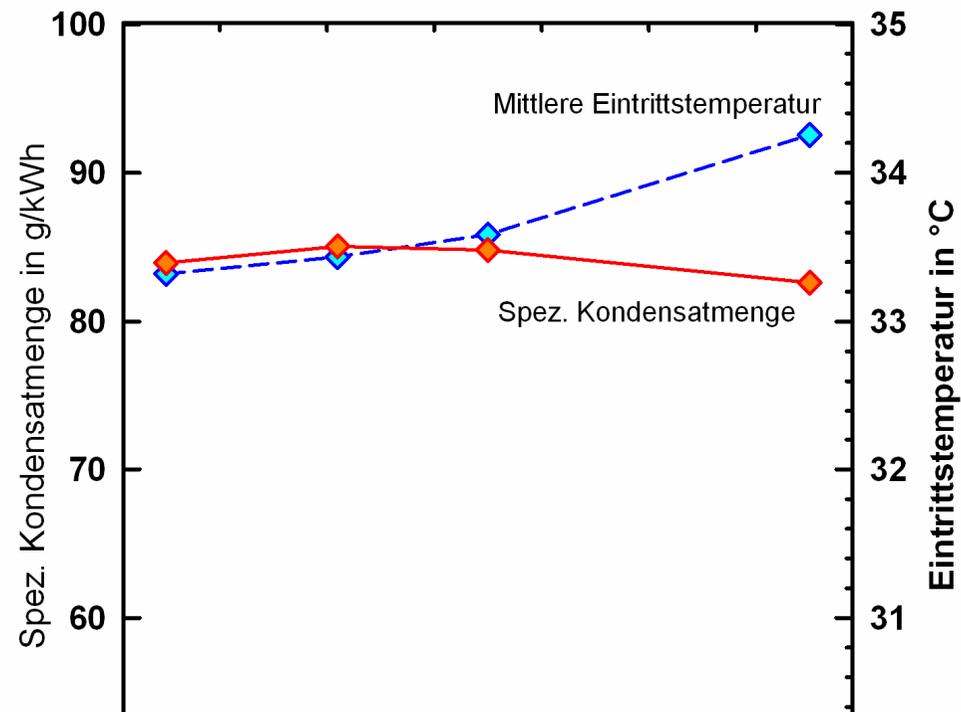
Temperaturen sind energetisch gemittelt

Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Temperaturen sind energetisch gemittelt

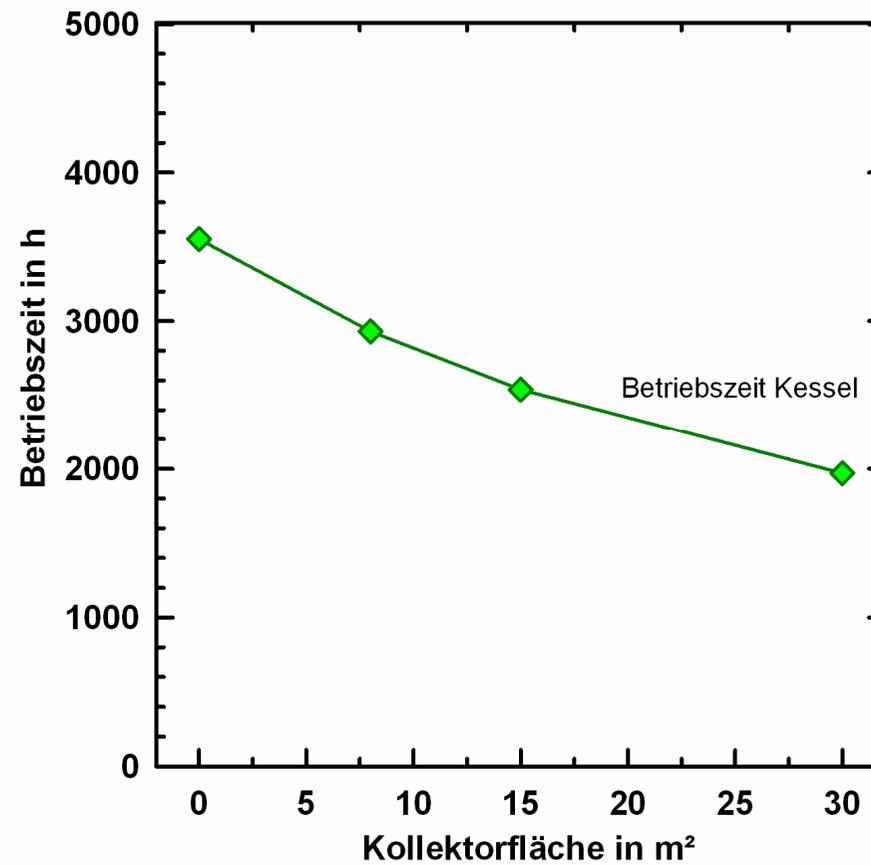
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



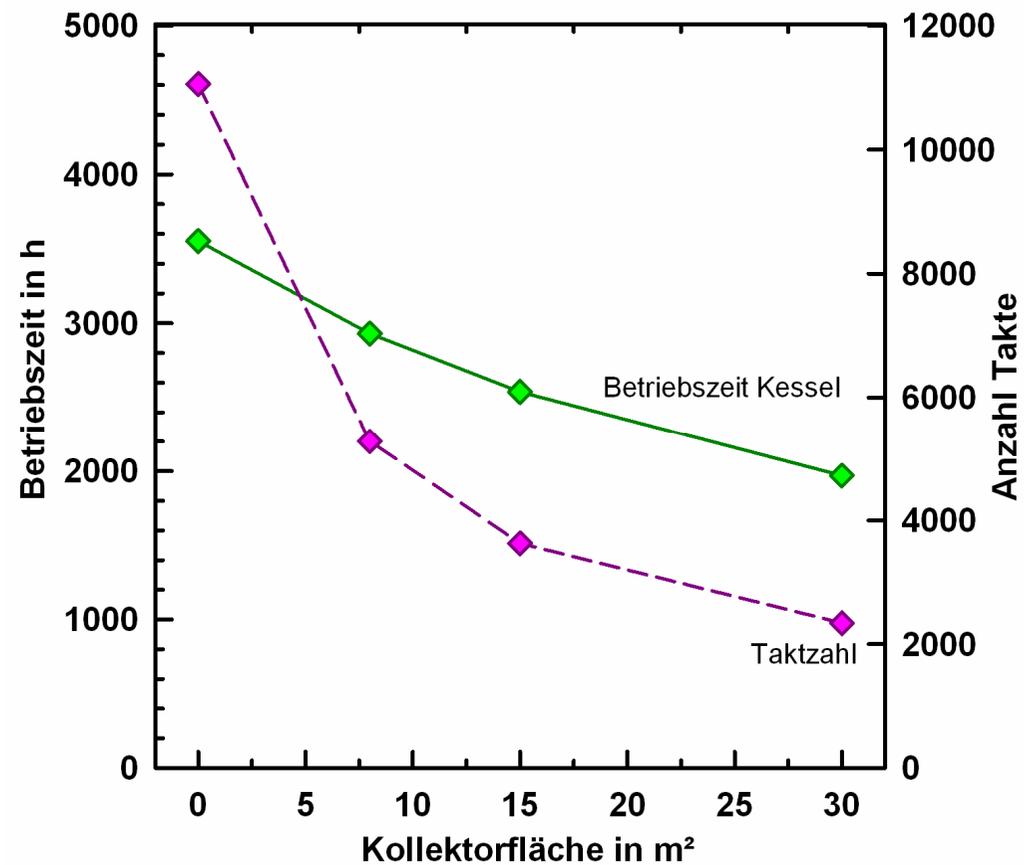
Ergebnis:

- Eintrittstemperatur wird durch Solaranlage nur leicht erhöht
- Kondensation nahezu konstant, ebenso Wirkungsgrad im Betrieb
- Grund: Negativer Effekt durch höhere Eintrittstemp. im Parallelbetrieb und positiver Effekt durch Wegfall WW-Betrieb im Sommer

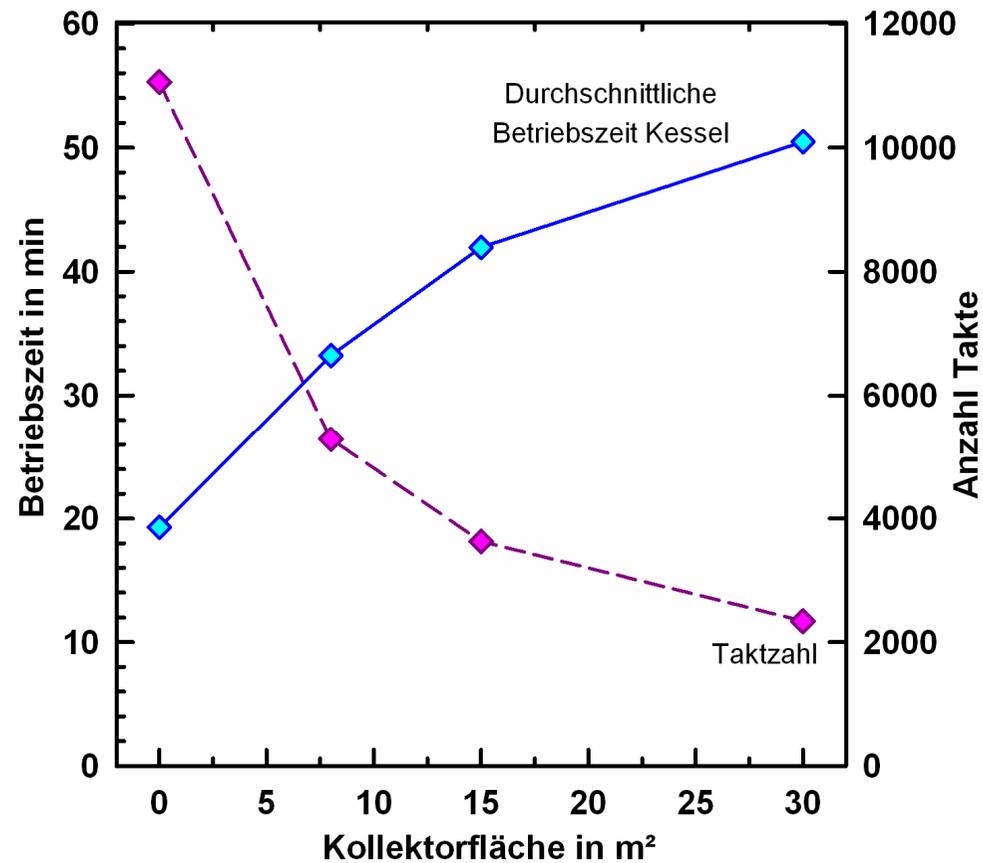
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



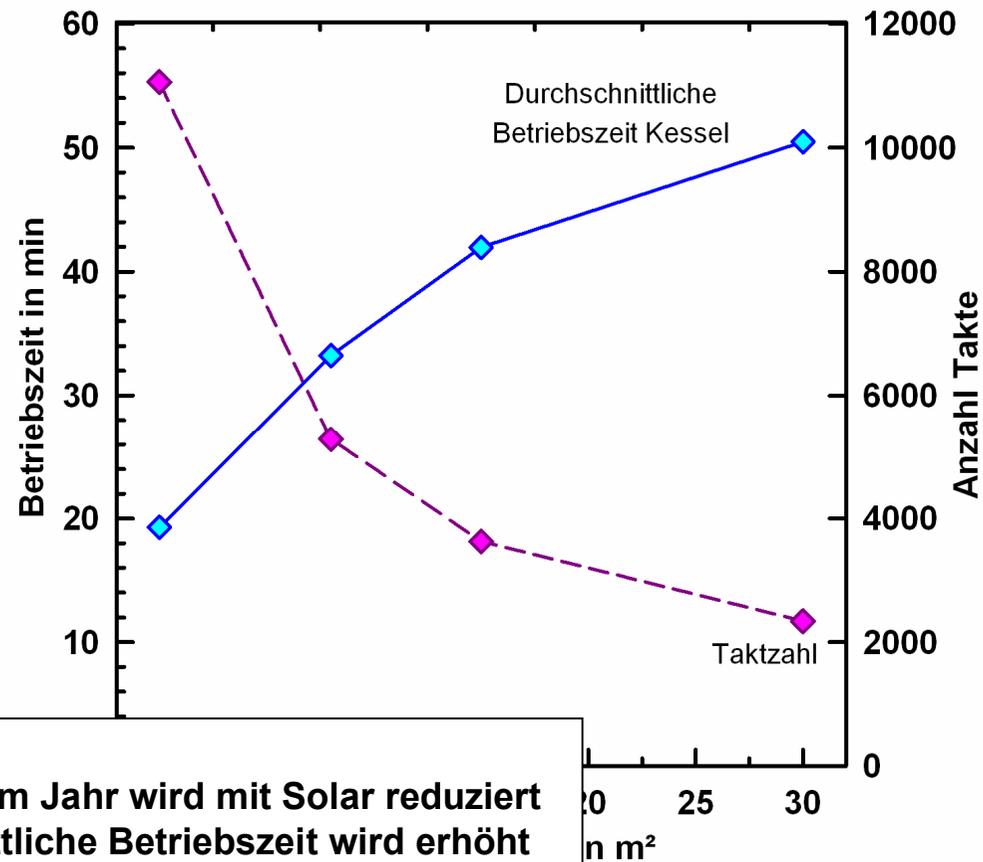
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Anwendungsbeispiel: Ergebnisse

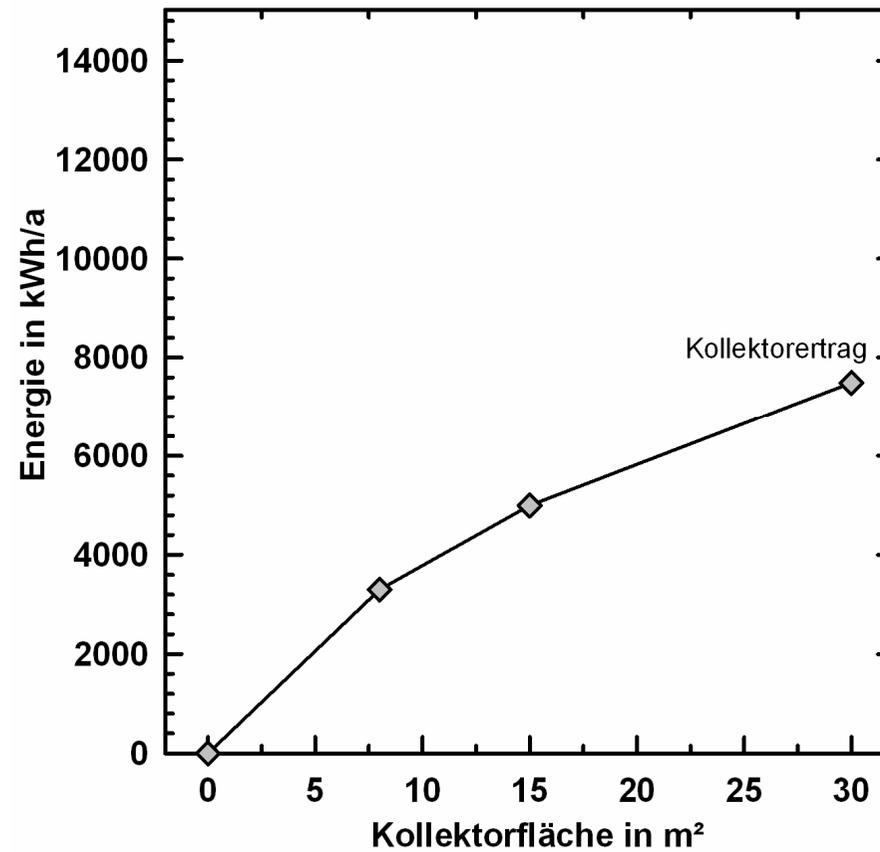


Anwendungsbeispiel: Ergebnisse

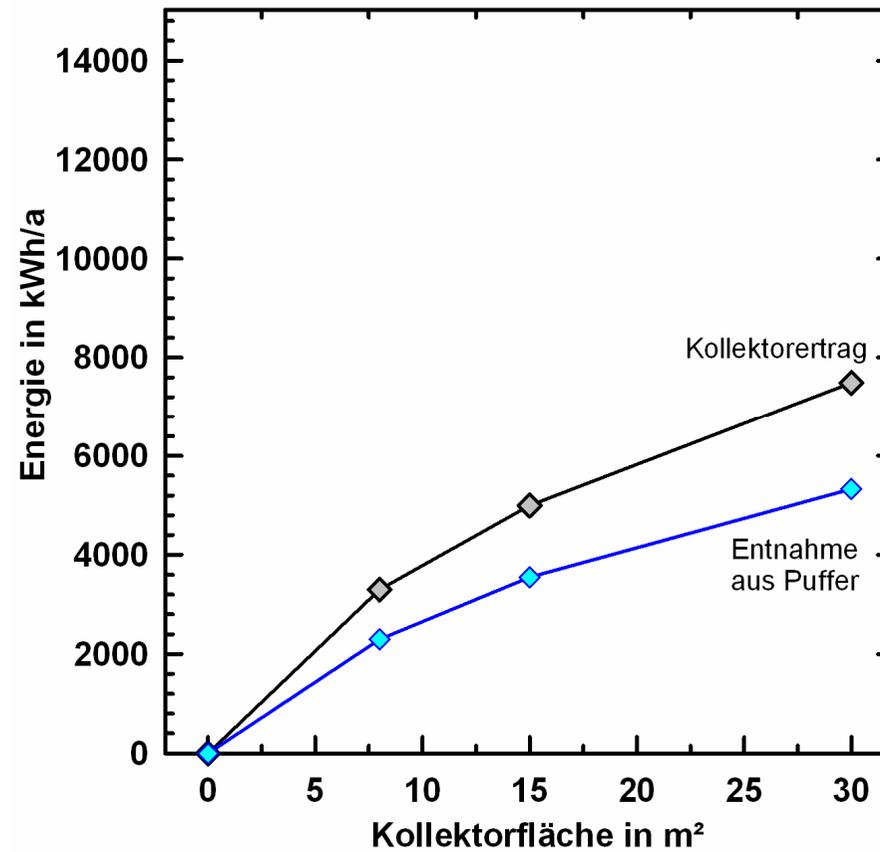


Ergebnis:
- Taktanzahl im Jahr wird mit Solar reduziert
- Durchschnittliche Betriebszeit wird erhöht

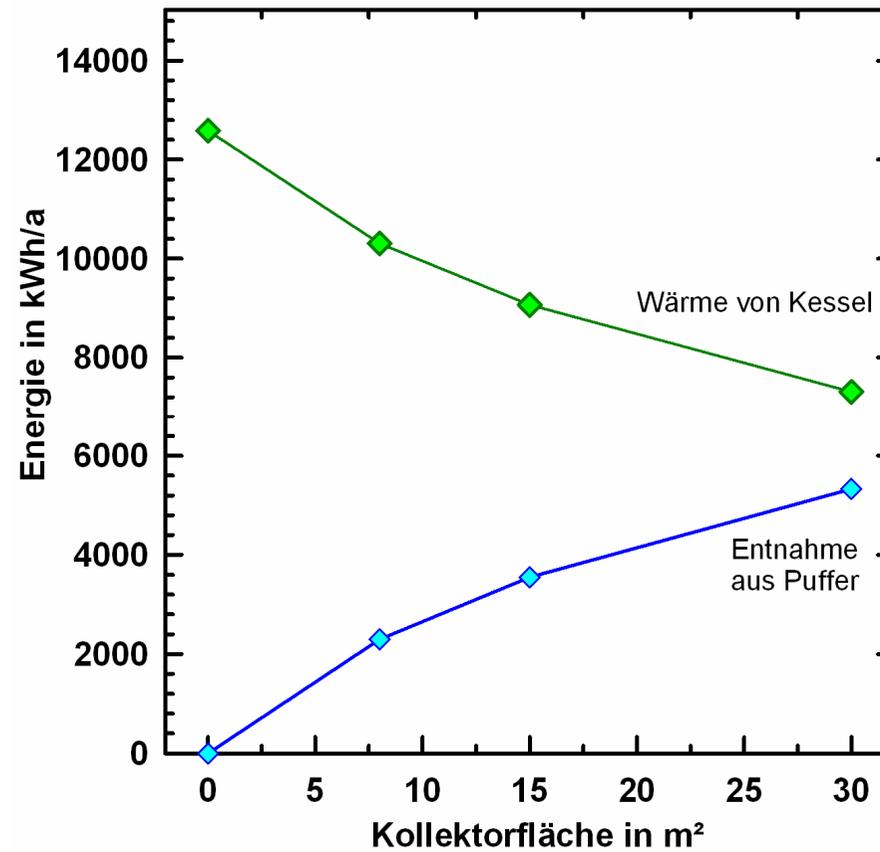
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



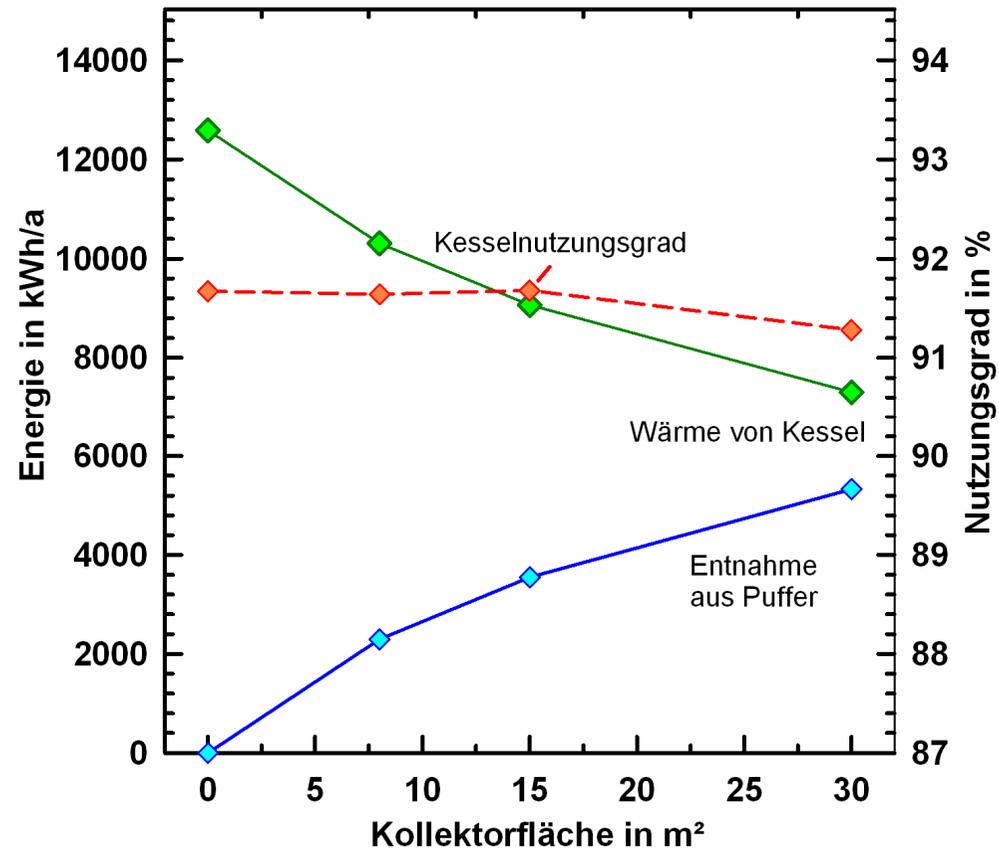
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



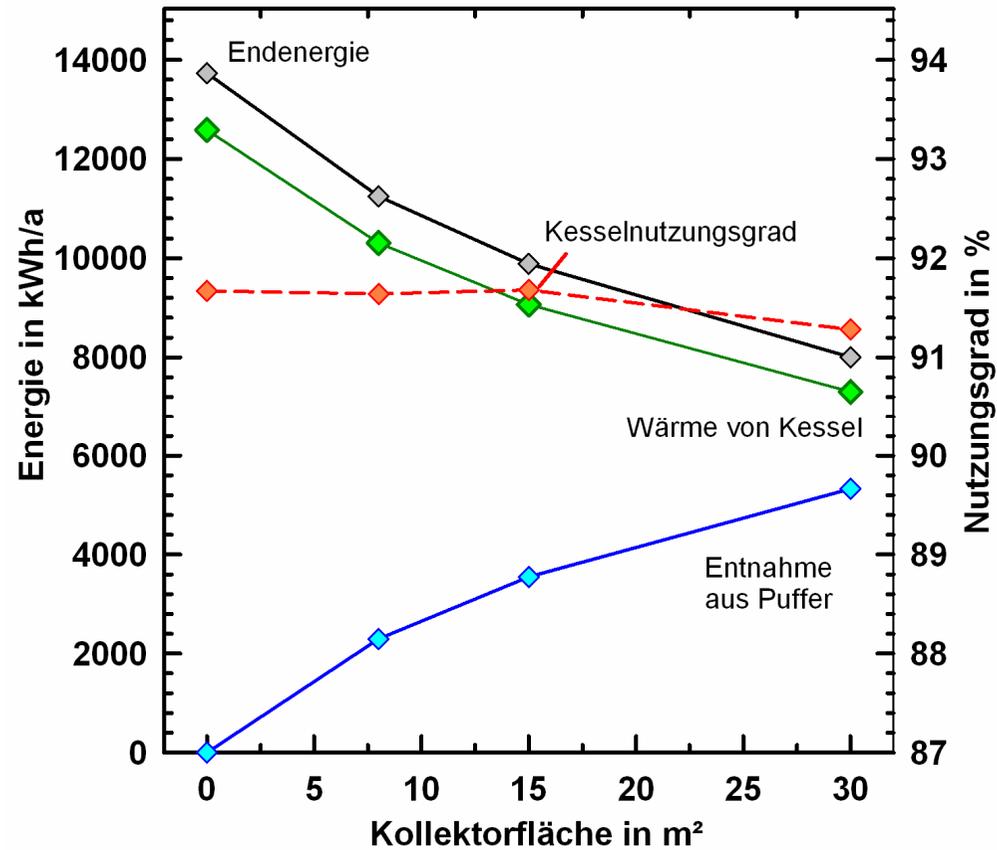
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



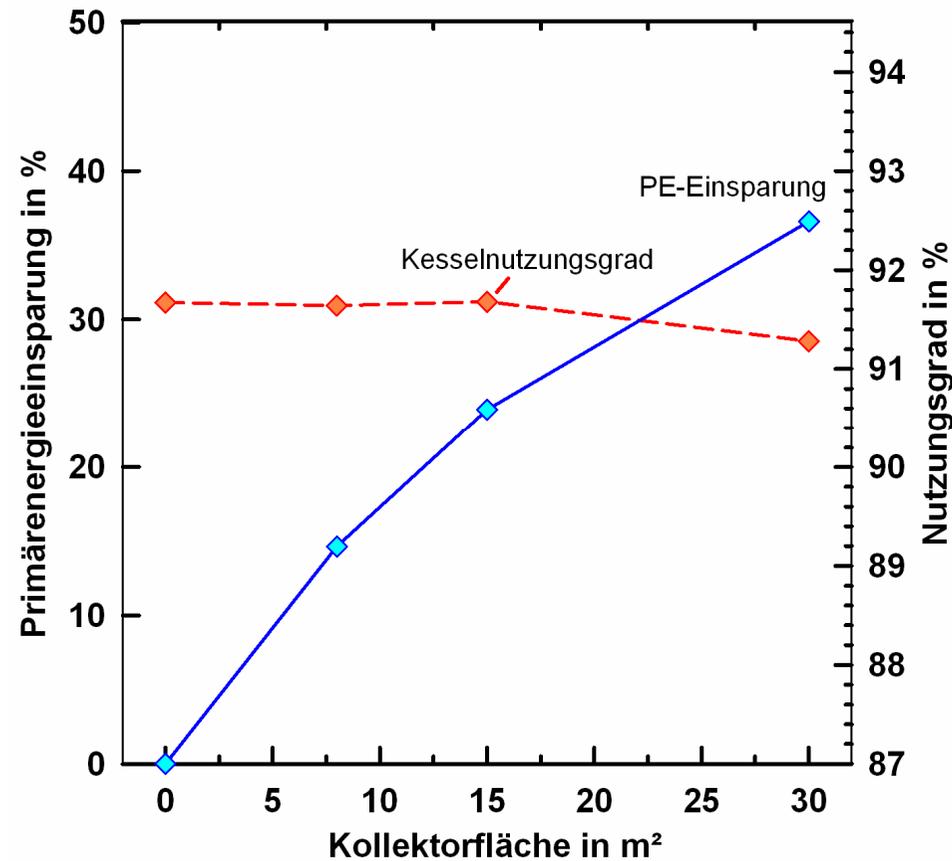
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



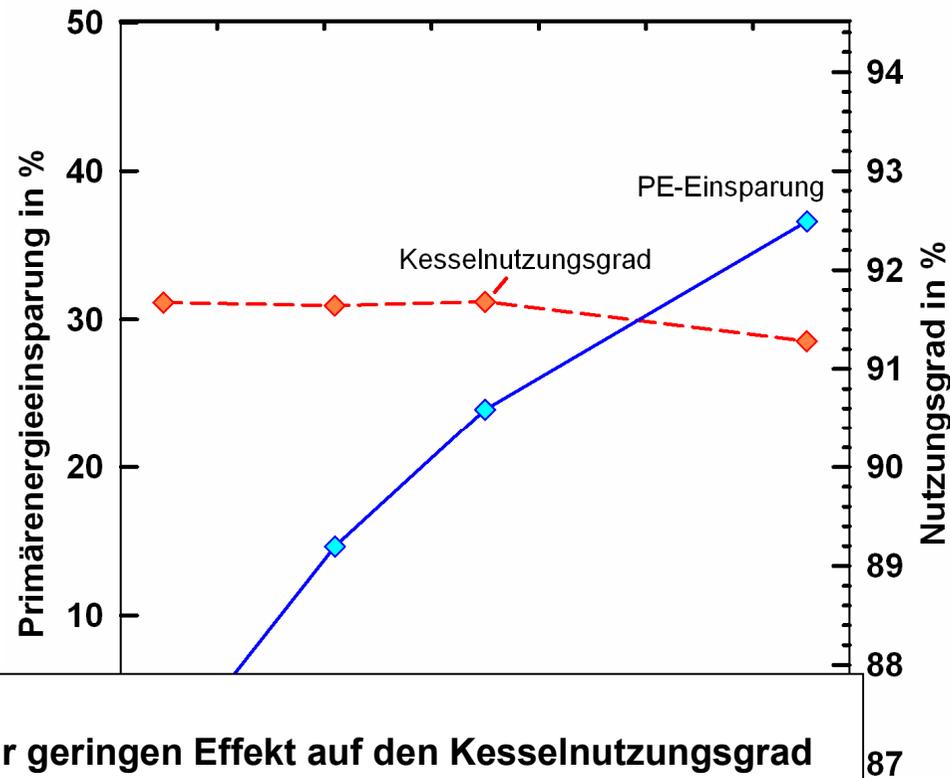
Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Anwendungsbeispiel: Ergebnisse



Ergebnis:

- Solar hat nur geringen Effekt auf den Kesselnutzungsgrad
- Gültig für das hier untersuchte System
- Einfluss Solar auf Nutzungsgrad hängt ab von: Kesseltyp, Systemschaltung und Nutzerprofilen (Warmwasser- und Raumheizungsbedarf, Lasttemperaturen)



Teilthema - Systemsimulation

Nutzung des neuen ISFH-Kesselmodells zur Simulation von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung (Kombianlagen) unter Variation von

- Hydraulische Verschaltung des Systems
- Heizwärmebedarf des Gebäudes (MFH)
- Größe der Solaranlage
- Typ des Heizkessels

Ziel:

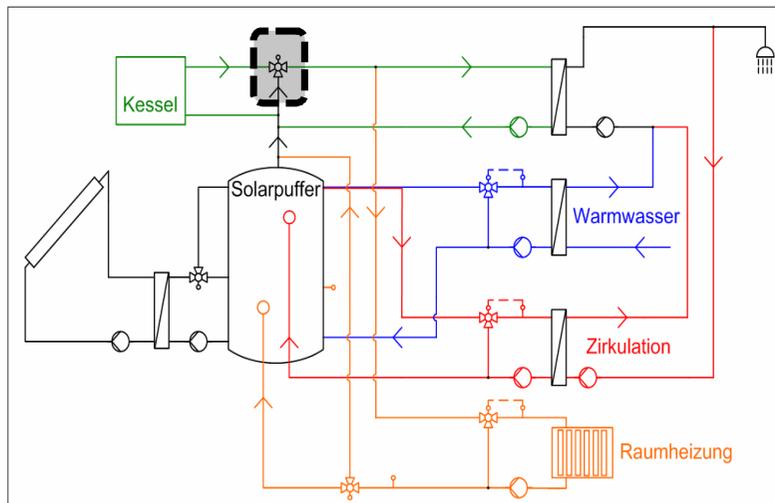
Ermittlung des Einflusses der Solaranlage auf

- Kesselbetrieb: Nutzungsgrad, Taktverhalten
- Endenergieeinsparung (unter Berücksichtigung der Rückwirkungen der Solaranlage auf den Kesselbetrieb)

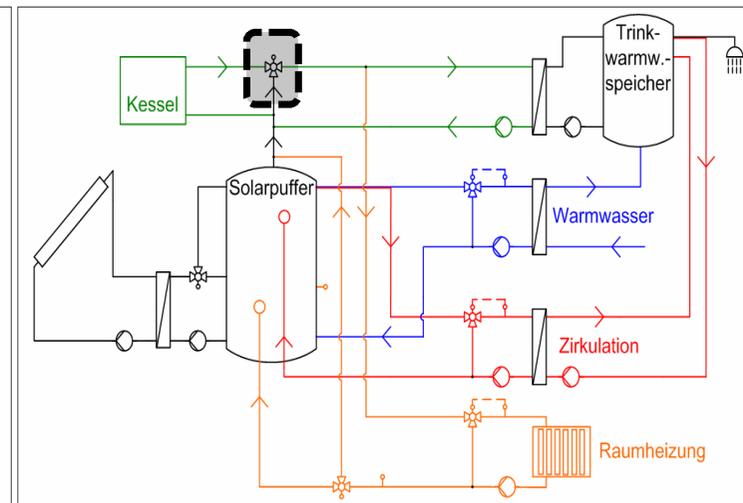


Systemvarianten - Hydraulische Systemverschaltung

Ansatz: „optimal“ eingebundenes Solarsystem mit maximalem Solarertrag



mit Frischwasserstation

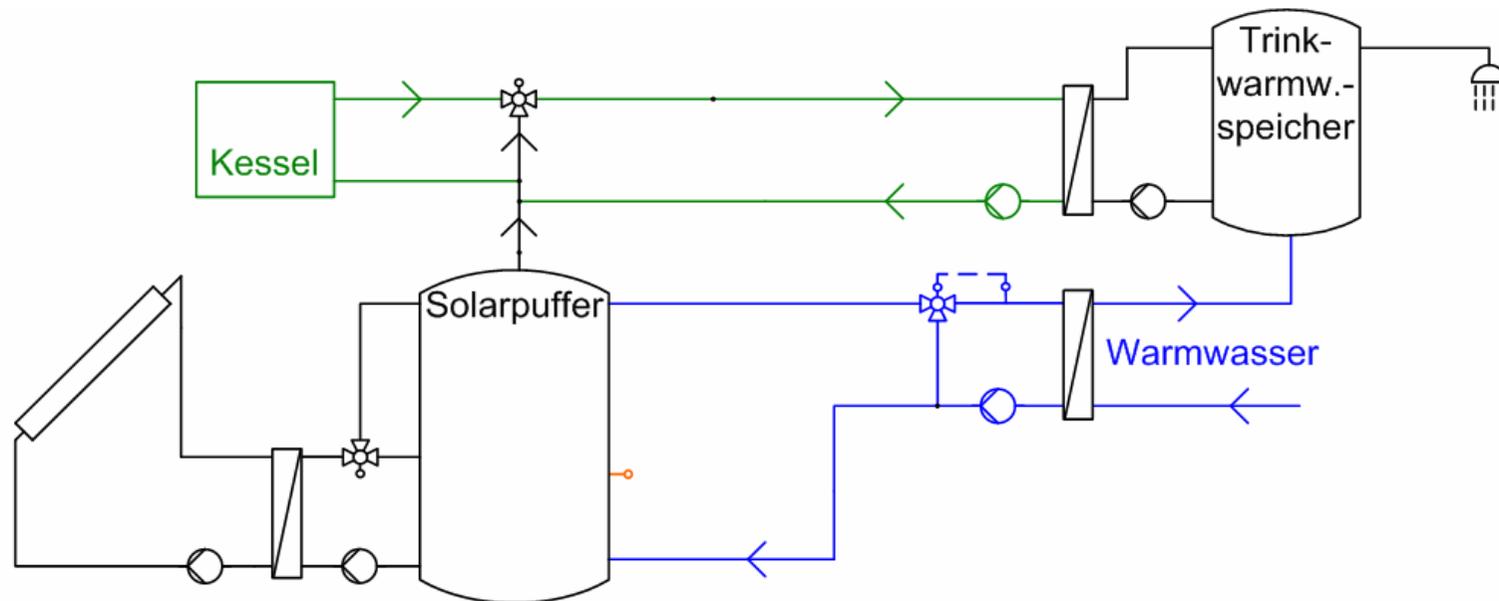


mit Trinkwarmwasser-Speicher

mit / ohne Kessel-Puffer

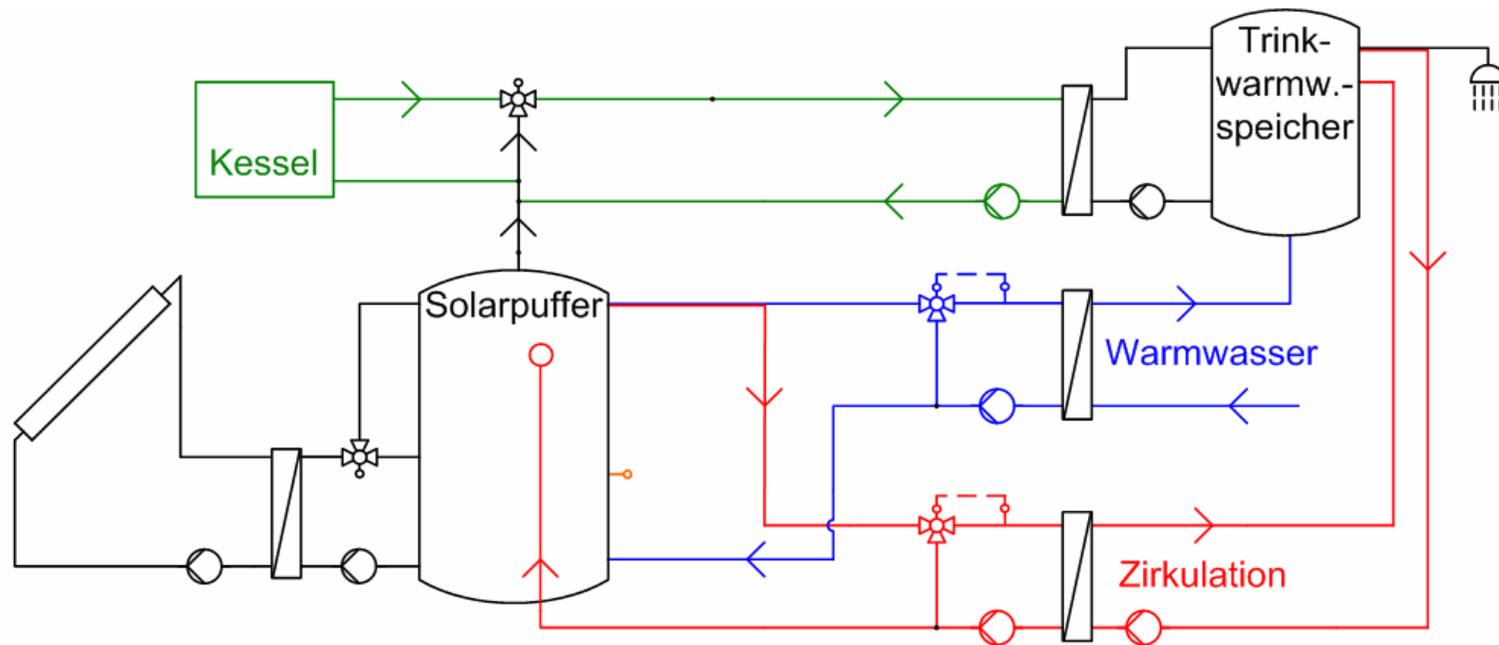


System mit Warmwasserspeicher



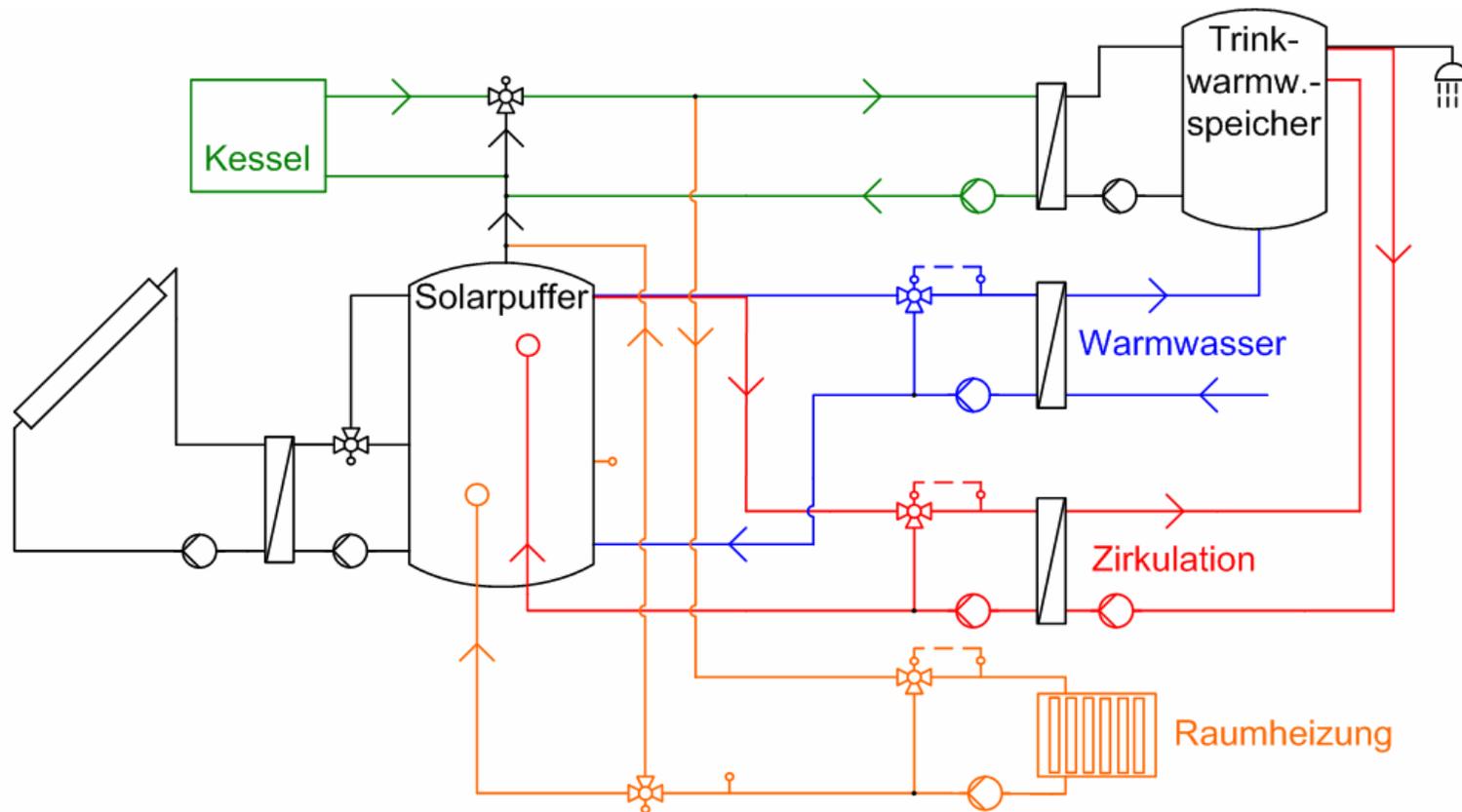


System mit Warmwasserspeicher



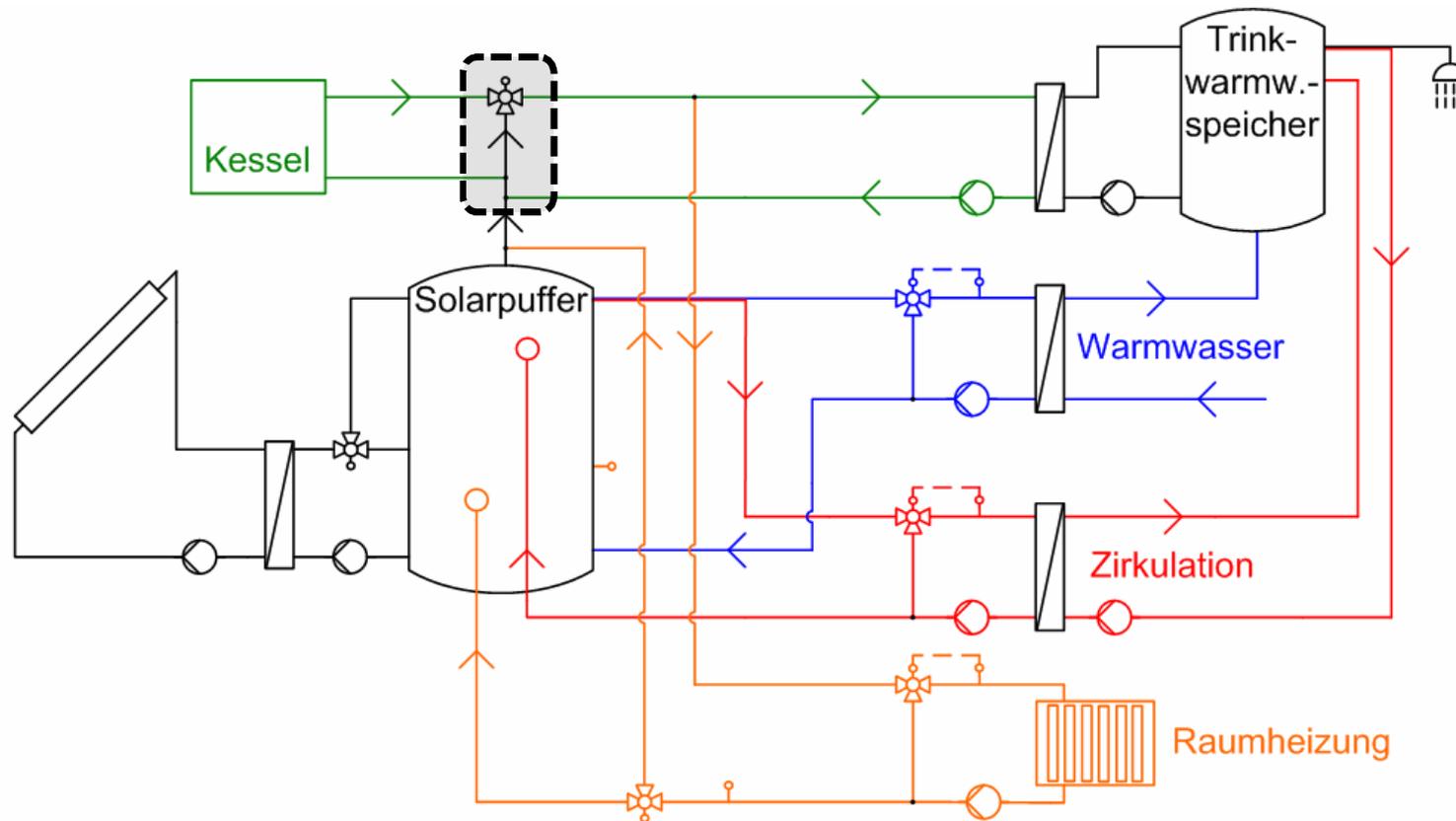


System mit Warmwasserspeicher



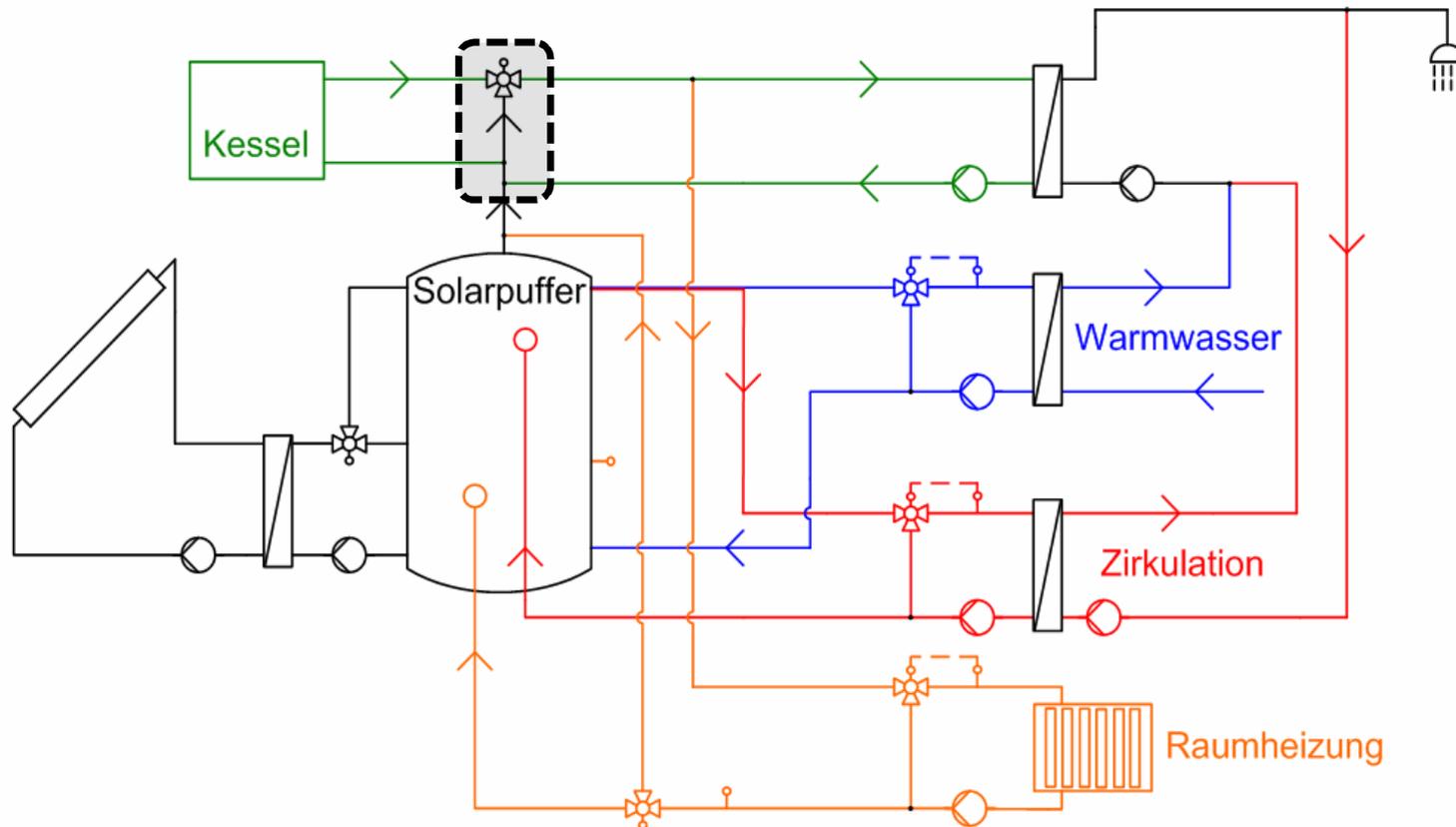


System mit Warmwasserspeicher (ohne / mit Kesselpuffer)





System mit Frischwasserstation (ohne / mit Kesselpuffer)





Systemvarianten - Wärmebedarf

Gebäude

- 1200 m² Wohnfläche
- 3 Geschosse, 12 Wohneinheiten
- Auslegung Raumheizung:
 NEH: 55°C/45°C
 Bestand: 75°C/55°C

Warmwasser

- 32 Bewohner, 25 l/(P.d) bei 60°C
- TWW-Bedarf: 18 % vom Gesamtbedarf
 beim NEH (8 % bei Bestand)
- 24 h Zirkulation: 15 % vom Gesamtbedarf
 beim NEH (6 % bei Bestand)

Wärmebedarf	NEH	NEH	Bestand	Bestand
	MWh/a	kWh/(m ² a)	MWh/a	kWh/(m ² a)
Nutzwärme TWW	15	13	15	13
Zirkulationsverluste	13	11	12	10
Raumheizung	56	47	166	138
Gesamtwärmebedarf	84	70	193	161



Systemvarianten - Solaranlagengröße

- Basis: TWW-Vorwärmesystem nach VDI 6002
- Multiplikationsfaktoren: 1, 2, 4, 8
 - Kollektorflächen: 8, 16, 32, 64 m²
- Zum Vergleich:
 - 64 m² Kollektorfläche / 1200 m² Nutzfläche = 5,4 %
(bzw. 5,4 m² Kollektorfläche pro 100 m² Nutzfläche)
 - Bei 64 m²: 0,76 m²Kf / MWh beim NEH (Stagnationszeit: ca. 60 h)



Systemvarianten - Kesseltypen (Brennwertkessel)

Wandhängende Therme / bodenstehender Kessel, Erdgas / Heizöl

	Beispiel :	Stahlkessel	Therme
Gebäudetyp		NEH	NEH
Brennstoff		Erdgas	Erdgas
Modulationsbereich		10 - 50 kW	10 - 50 kW
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung		87,80%	87,80%
Betriebsbereitschaftsverlust (DIN V 18599)		0,84%	0,84%
Wasserinhalt/Masse		175 l / 250 kg	4 l / 100 kg
Mindestein-/ -ausschaltzeit		0 s / 0 s	0 s / 0 s
Vorspül-/Nachspülzeit		20 s / 0 s	20 s / 0 s
Interner Zeitschritt in Type 204		1 s	1 s
Anteil Masse an gasseitiger Kapazität		0,01	0,01
Anteil Masse und Wasserinhalt an wasserseitiger Kapazität		0,4	0,6
Anteil Wasserinhalt an der Totzeit		0,3	1

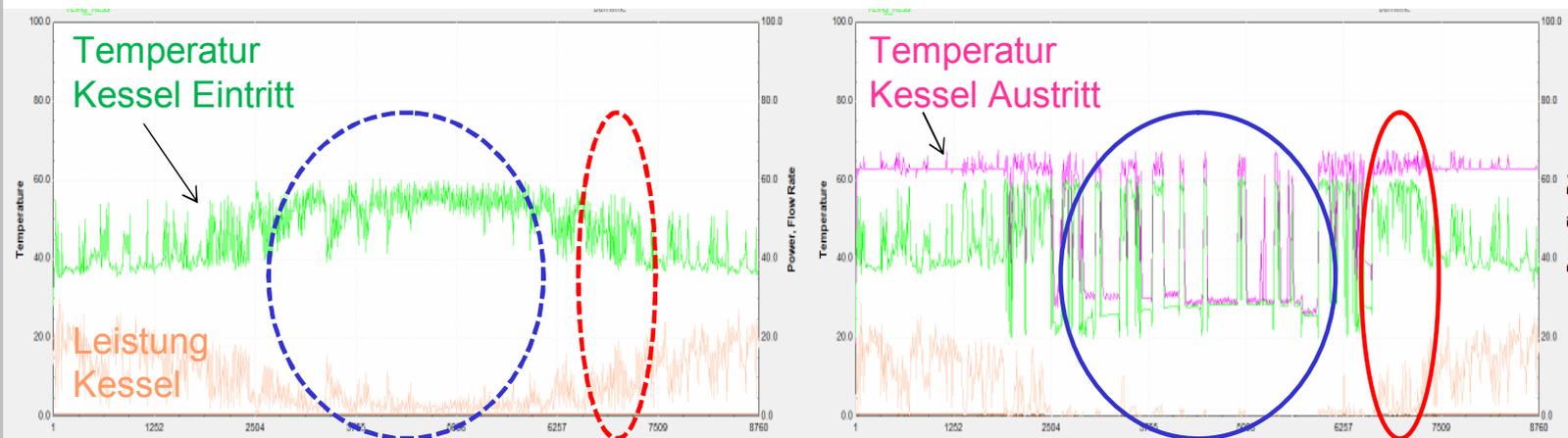


Beispielhaftes Simulationsergebnis

System mit Kessel, Frischwasserstation, NEH

ohne Solaranlage

mit 64 m² Solaranlage



Mit Solaranlage

- Sommer: Kessel ist seltener in Betrieb
- Übergangszeit: Kesseleintrittstemperatur wird angehoben, mehr Teillastbetrieb



Ergebnisgrößen

$$\text{Solarer Deckungsanteil} = \frac{\text{Solarenergie}}{\text{Summe Energieerzeugung}}$$

(keine Berücksichtigung elektrischer Hilfsenergie)

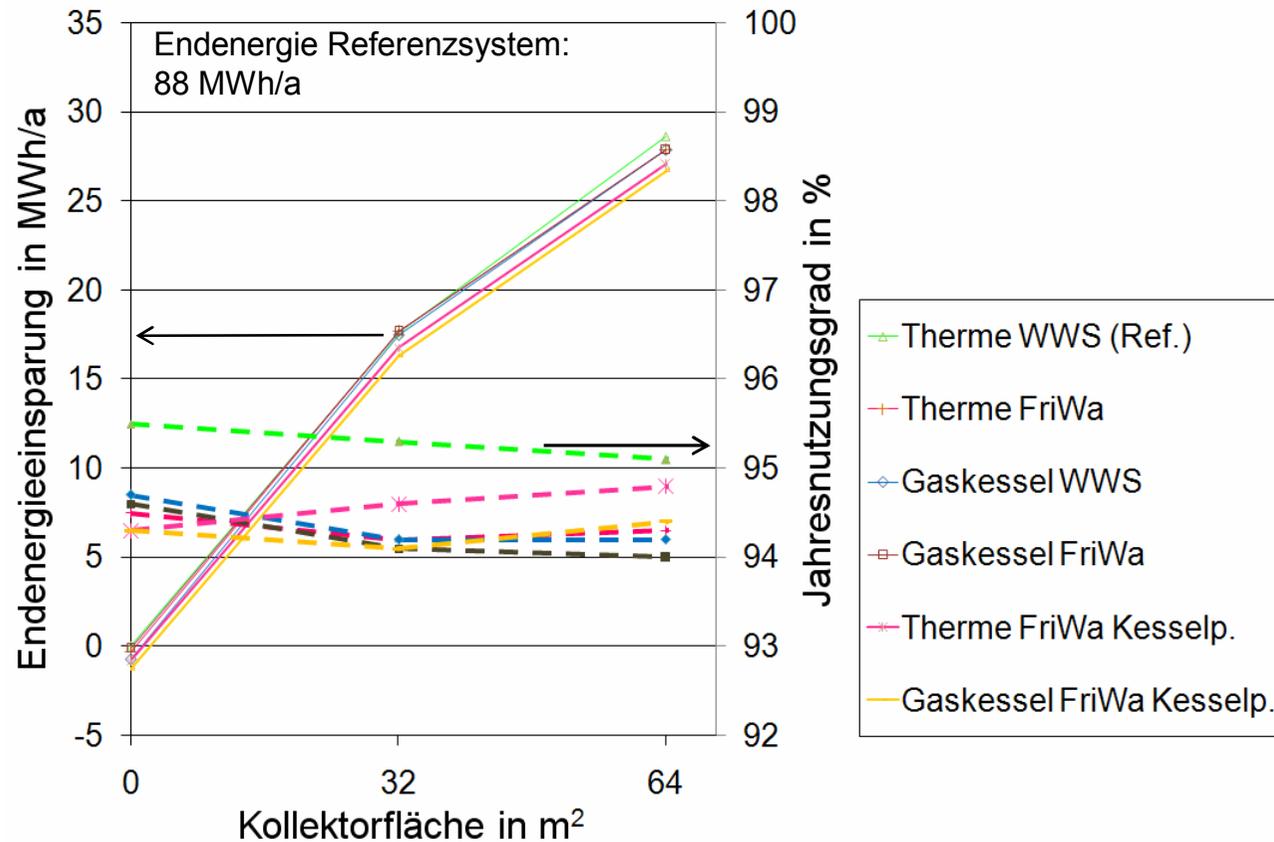
$$\text{Endenergieeinsparung} = \text{Endenergieeinsatz Referenzsystem} \\ - \text{Endenergieeinsatz simuliertes Systems}$$

(keine Berücksichtigung elektrischer Hilfsenergie)

Kesselnutzungsgrad, Takthäufigkeit

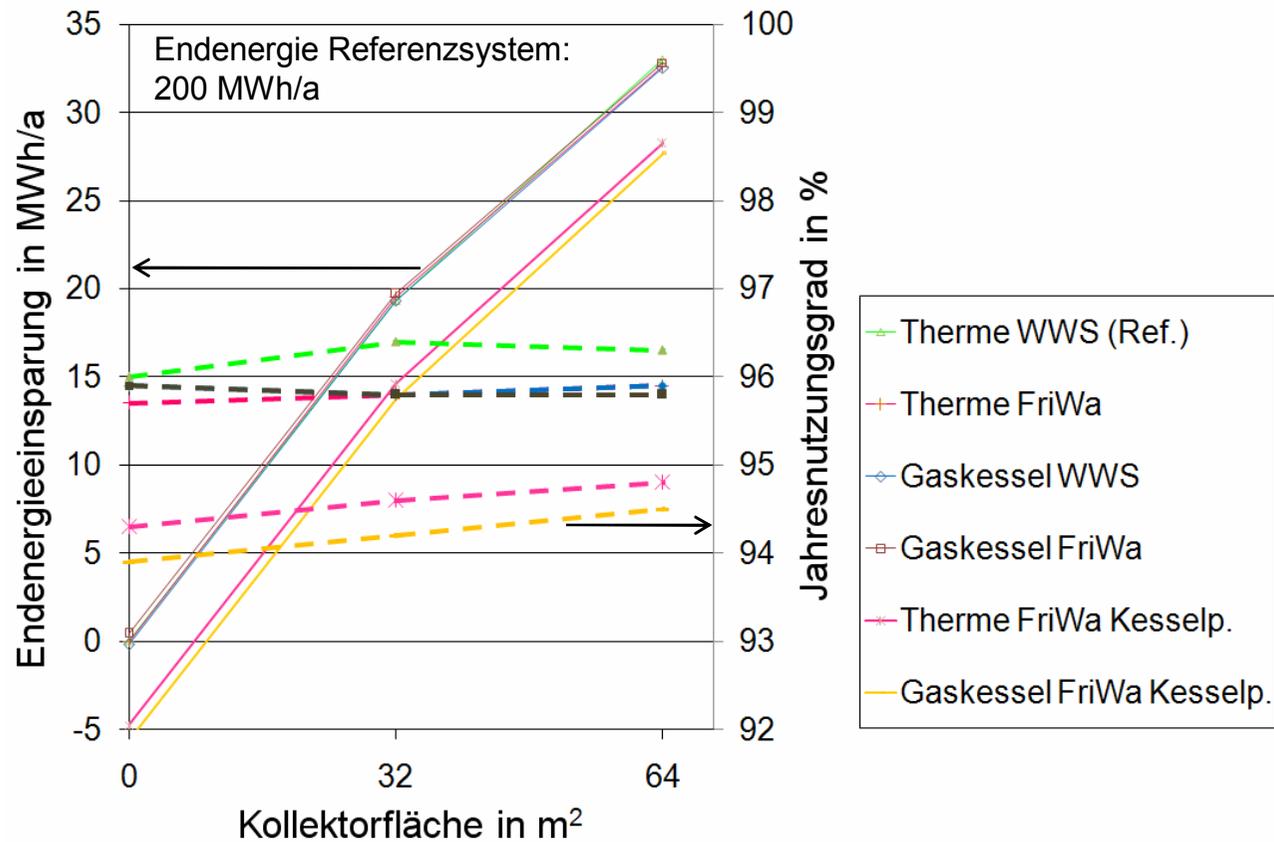


Simulationsergebnisse - Niedrigenergiehaus



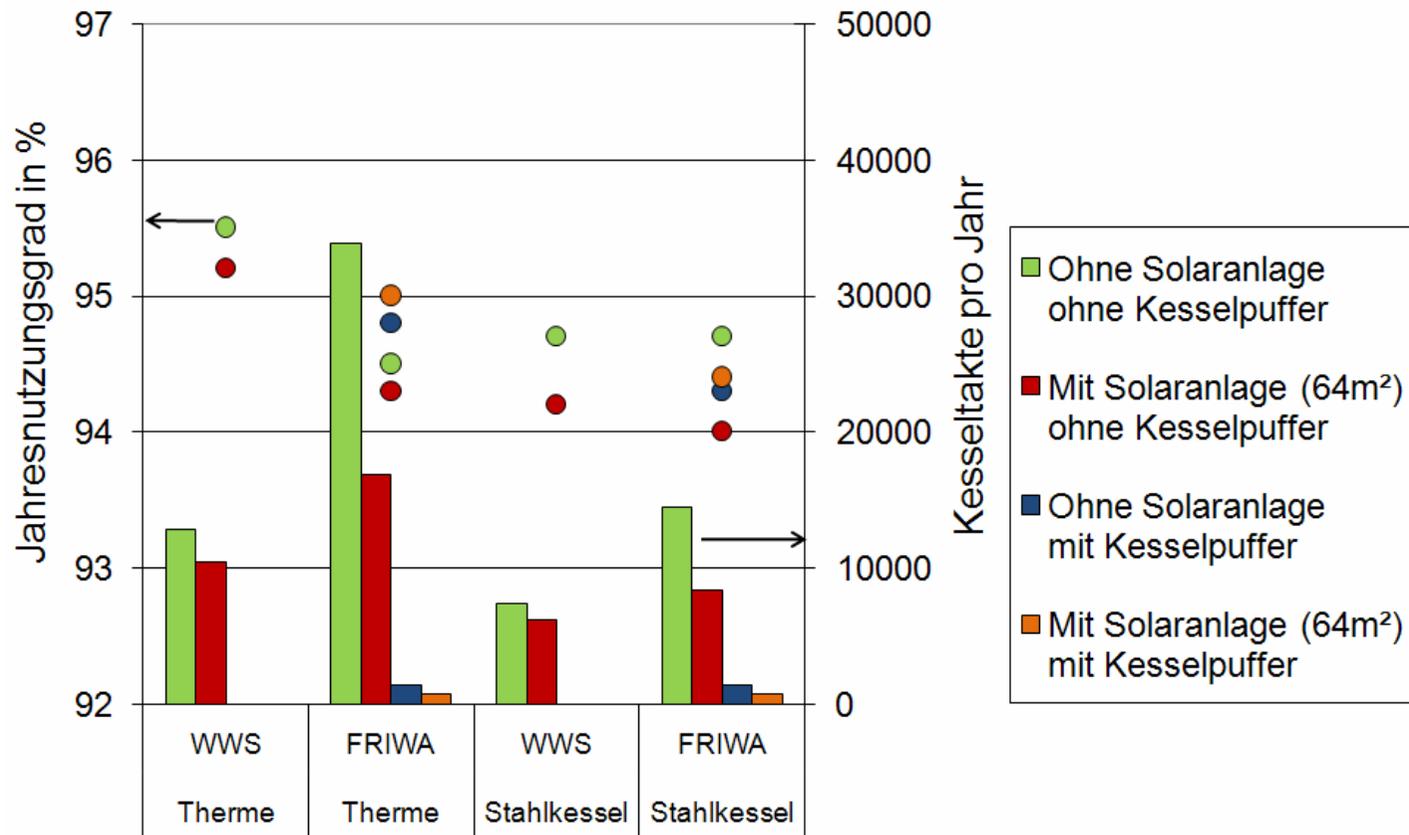


Simulationsergebnisse - Bestandsgebäude



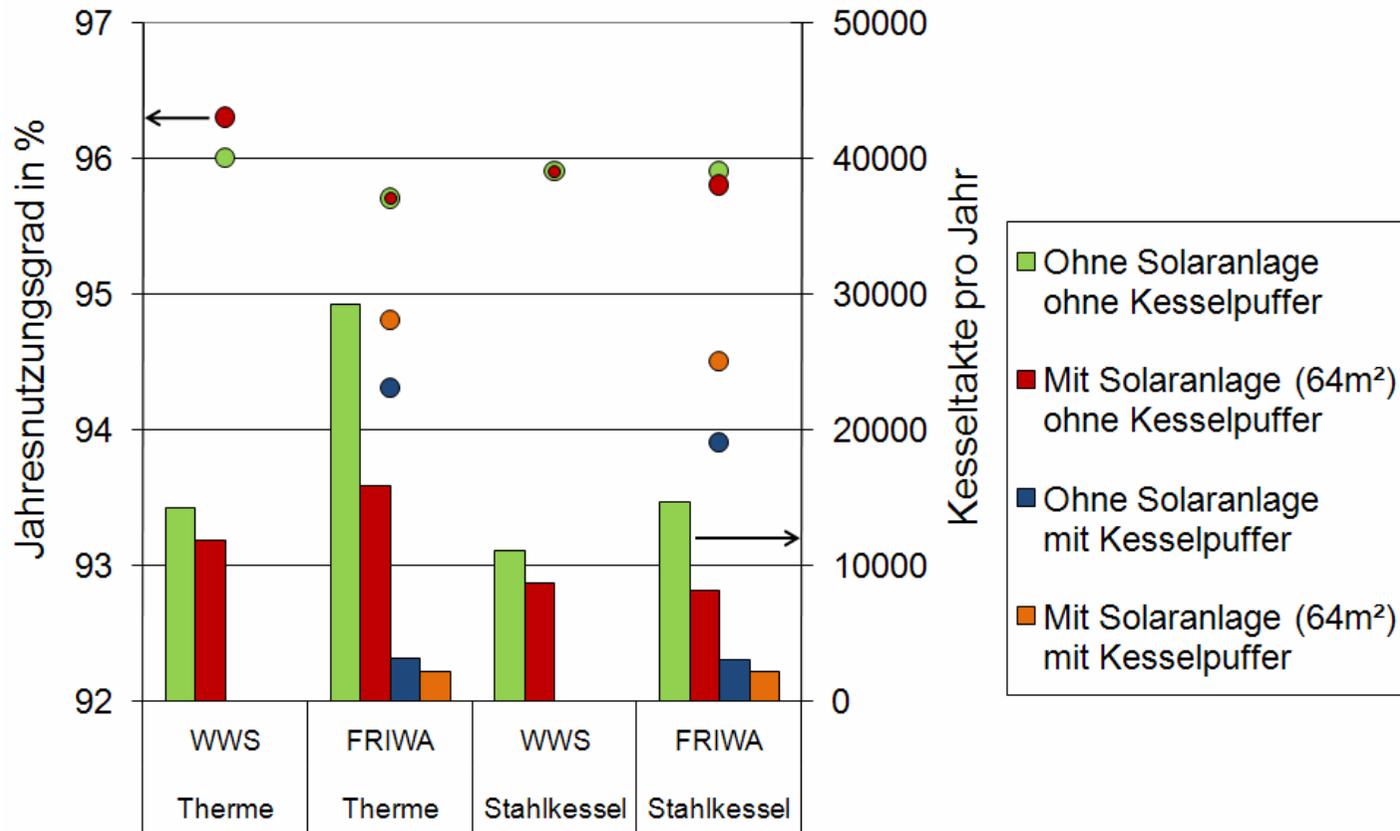


Simulationsergebnisse - Kesseltakten, Niedrigenergiehaus





Simulationsergebnisse - Kesseltakten, Bestandsgebäude





Fazit - Einfluss Solaranlage

- Auf Kessel-Nutzungsgrad: leicht negativ bis leicht positiv
 - von - 0,6 %-Punkte bei NEH / ohne Kesselpuffer / Kessel
 - bis + 0,6 %-Punkte bei Bestandsgebäude / mit Kesselpuffer / Kessel
- Gegenseitige Kompensation negativer und positiver Effekte
 - Negativ: Anhebung der Kessel-Rücklauftemperatur
 - Positiv: Wegfall energetisch ungünstigen Sommerbetriebs, Reduzierung der Kesseltaktrate, mehr Teillastbetrieb modulierender Brennersysteme
- Einfluss auf Endenergieeinsparung
 - Gemäß Kesselnutzungsgrad (siehe oben)
 - Eingesparte Endenergie in allen Systemen etwas höher als die solare Nutzwärme!

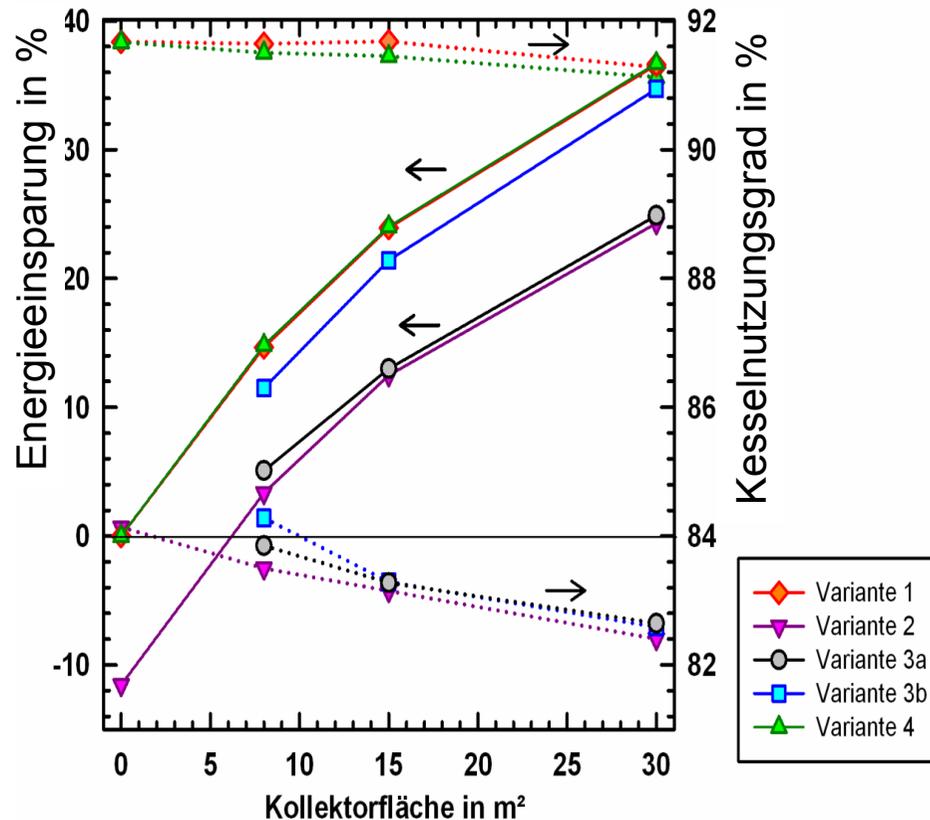


Fazit - Einfluss Kesselpuffer

- Einfluss auf Kessel-Nutzungsgrad: negativ bis leicht positiv
 - Von -2,0 %-Punkte bei Bestand / ohne Solaranlage / Kessel
 - bis +0,7 %-Punkte bei NEH / mit Solaranlage / Therme
- Gegenseitige Kompensation negativer und positiver Effekte
 - Negativ: Heizwärmebereitstellung auf hohem Temperaturniveau, Durchmischung des Puffers bei hohen Heizwasser-Volumenströmen und damit Anhebung der Heizgeräte-Rücklauftemperaturen
 - Positiv: reduzierter Taktbetrieb des Heizgerätes
- Einfluss auf Endenergieeinsparung
 - Gemäß Kesselnutzungsgrad (siehe oben)
 - Zusätzlicher negativer Einfluss: zusätzliche Wärmeverluste des Puffers
 - Endenergieeinsparung mit Kesselpuffer immer geringer als ohne



Simulationsergebnisse - ISFH



Andere Randbedingungen:

- EFH
- Größere Solaranlage:
max. 2,5 m² Kf / MWh
- Höherer Warmwasserverbrauch
- Keine WW-Zirkulation
- Höhere Rücklauf-Temperatur aus
der WW-Bereitung

Ähnliche Ergebnisse:

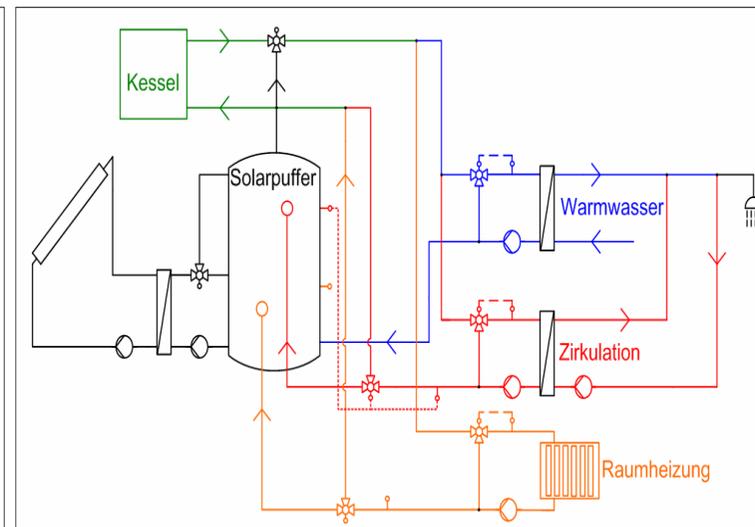
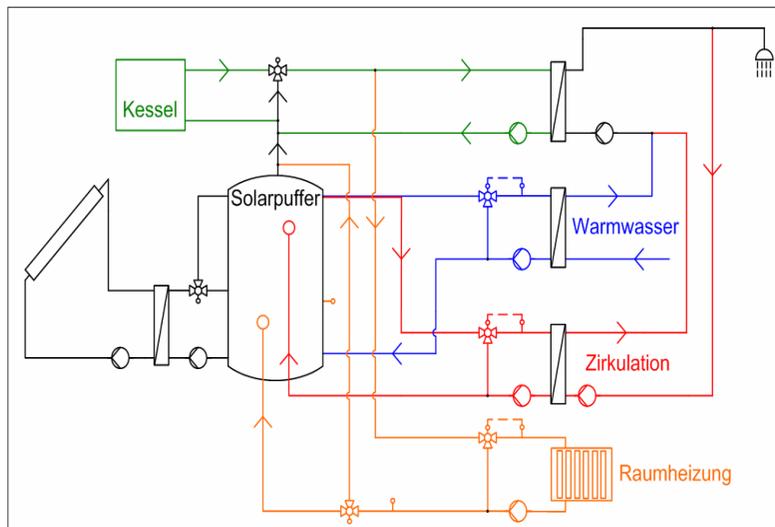
- Geringer Einfluss der Solaranlage
auf den Kesselnutzungsgrad: bei
Varianten ohne / mit Kesselpuffer
bis - 0,5 % / bis - 2%-Punkte
- Höchste Endenergieeinsparungen
ohne Kesselpuffer
- Reduzierung von Taktrate und
Betriebszeit des Kessels



Vergleich - optimale / häufig realisierte Hydraulik

Optimale Entkopplung von Kessel und Solaranlage bei WW-Bereitung

Negative Rückkopplung des Kessels auf die Solaranlage bei WW-Bereitung



1,4 MWh/a höhere Endenergieeinsparung im NEH (1,6 %-Punkte)
 2,4 MWh/a (2,8 %-Punkte) bei zusätzlichem Regelfehler



Zusammenfassung

- Solaranlagen wirken jahreszeitabhängig sowohl positiv wie auch negativ auf den Nutzungsgrad des Kessels. Bei den hier untersuchten Systemen heben sich beide Einflüsse in etwa auf, so dass der Jahres-Kesselnutzungsgrad nur gering beeinflusst wird.
Teils unzureichende Endenergieeinsparungen bei Feldanlagen sind demnach durch andere Aspekte verursacht, z.B. hohe Wärmeverteilverluste, unnötige Speicherverluste, hydraulische Weichen (siehe auch Vortrag von Prof. Wolff).
- Kesseltakten wird durch den Betrieb der Solaranlage reduziert!
- Die Endenergieeinsparung liegt in Höhe der solaren Nutzwärme und darüber.
- Bei optimal entkoppelten Systemen findet durch die Warmwasserbereitung keine Verschleppung von Kesselwärme in den Solarpuffer statt.