KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR DIE KOSTENGÜNSTIGE UND ENERGETISCH OPTIMIERTE REGELUNG VON HEIZUNGSANLAGEN

Dr. Wolfgang Kramer,

Fraunhofer Institut für Solare Energie Systeme ISE

GET Nord, Hamburg, 23.11.2018

www.ise.fraunhofer.de

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer ISE

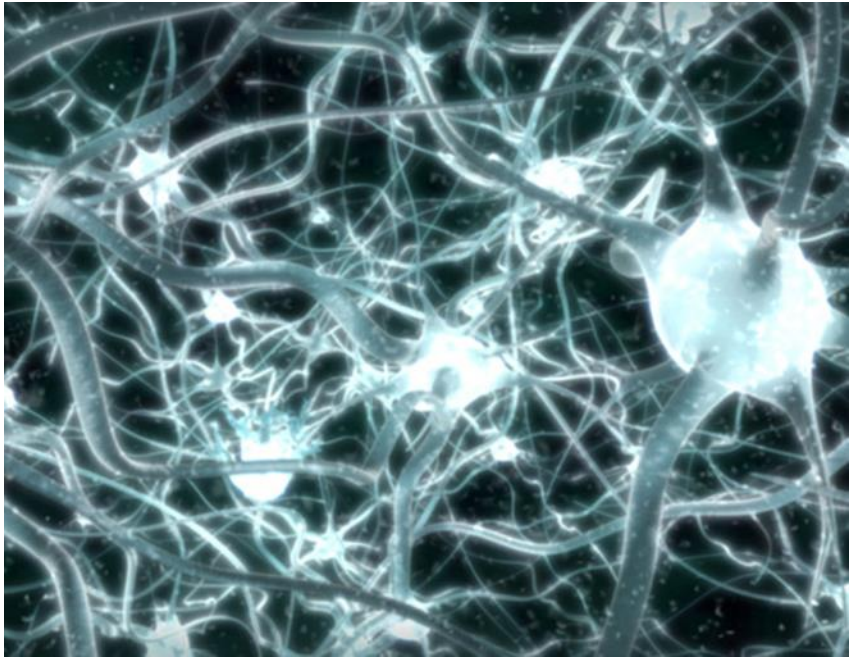
AGENDA

- Einführung Künstliche Neuronale Netzwerke (ANN)
- Heizungsregelung mit ANN
- Bewertung Energieeffizienzsteigerung und Kostenreduzierung

© Fraunhofer ISE

Einführung künstliche neuronale Netzwerke

- Das menschliche Gehirn besitzt 100,000,000,000 Nervenzellen.
- Jede Nervenzelle des Gehirns ist mit 1000 bis 10000 Nachbarzellen über Synapsen verbunden

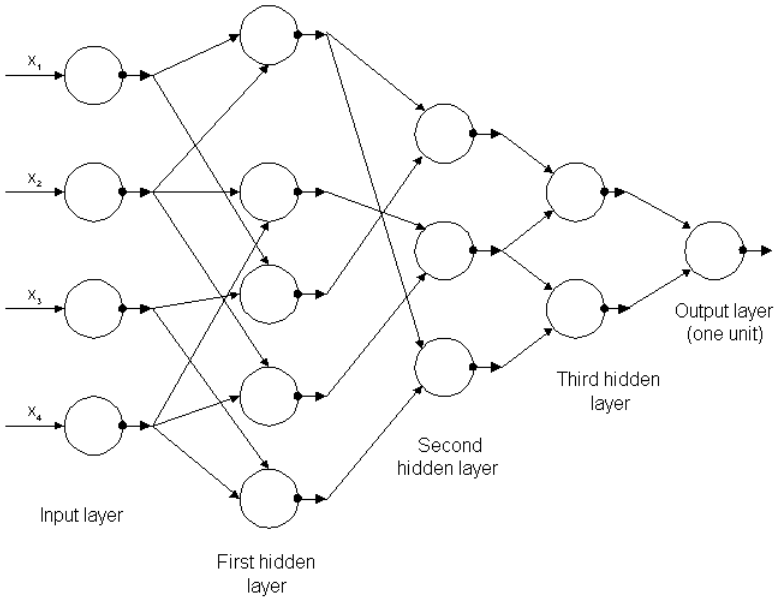


Neuronales Netzwerk des Gehirns

© Fraunhofer ISE

Einführung künstliche neuronale Netzwerke

Ein künstliches neuronales Netzwerk besteht aus miteinander verbunden Neuronenschichten welche Rechenoperationen ausführen

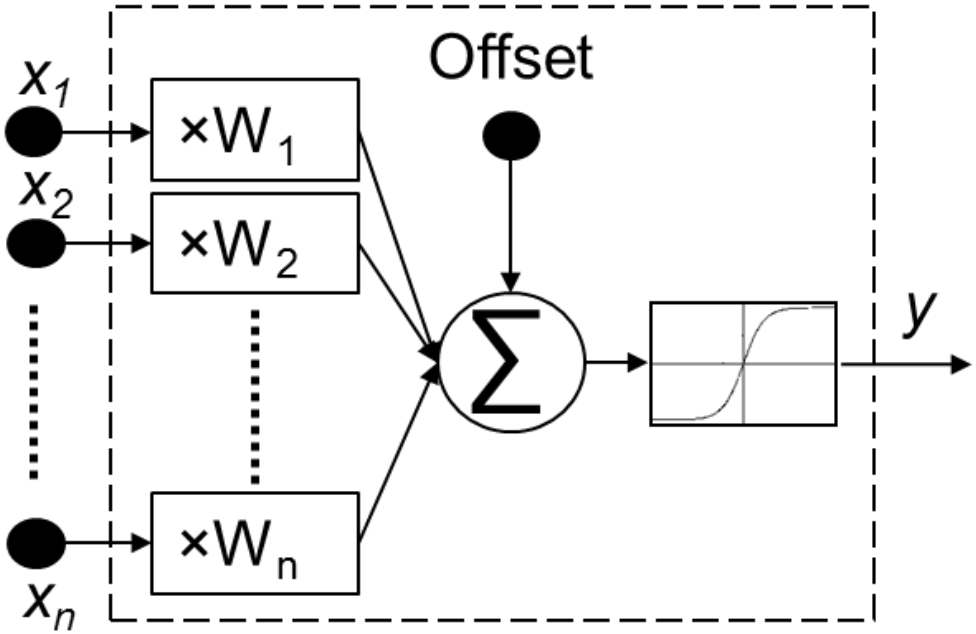


Beispiel eines ANN – Vorwärtskonfiguration

© Fraunhofer ISE

Einführung künstliche neuronale Netzwerke

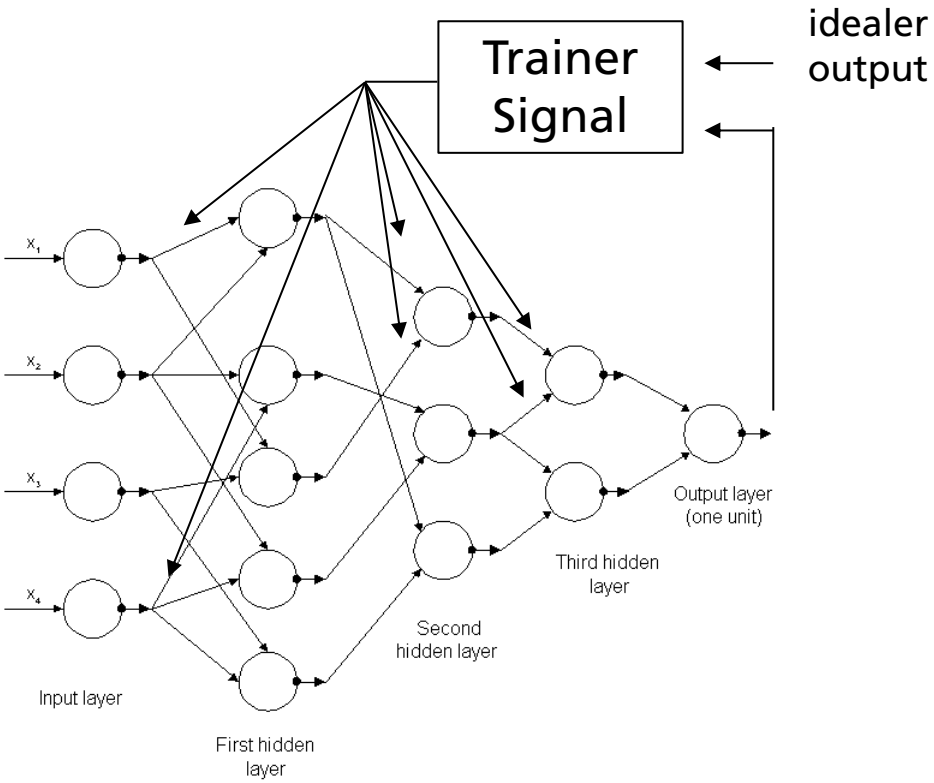
Mathematisches Modell eines Neurons:



© Fraunhofer ISE

Einführung künstliche neuronale Netzwerke

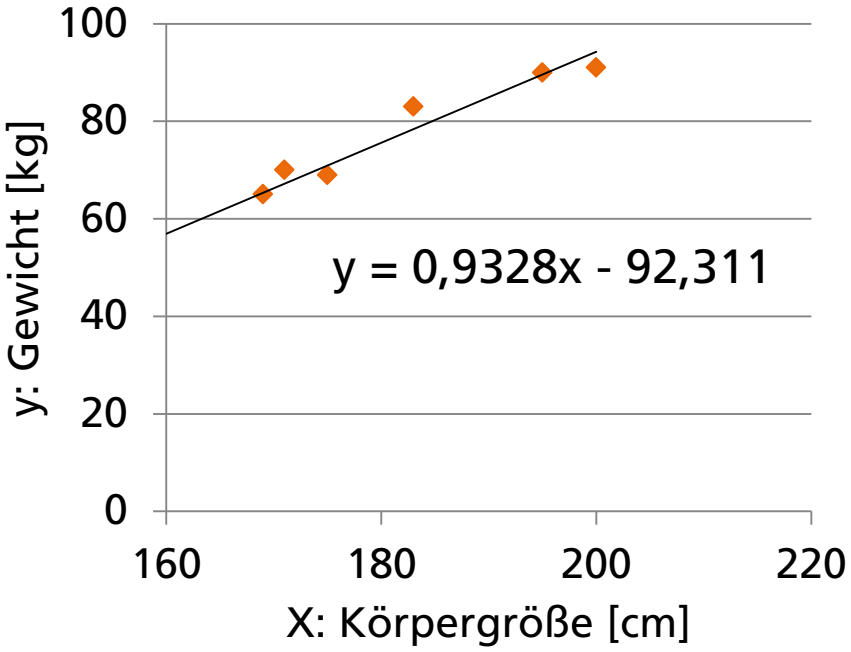
- Das Netzwerk wird durch einen Trainingsalgorithmus optimiert. Dabei wird jedes der Gewichte variiert, um die bestmöglichen Übereinstimung mit dem gewünschten Output zu erreichen.



© Fraunhofer ISE

Einführung künstliche neuronale Netzwerke

- ANN können Korrelationen zwischen Eingangs- und Ausgangswerten erlernen
- ANN sind dabei in der Lage mehrdimensionale, nichtlineare und dynamische Systeme zu beschreiben



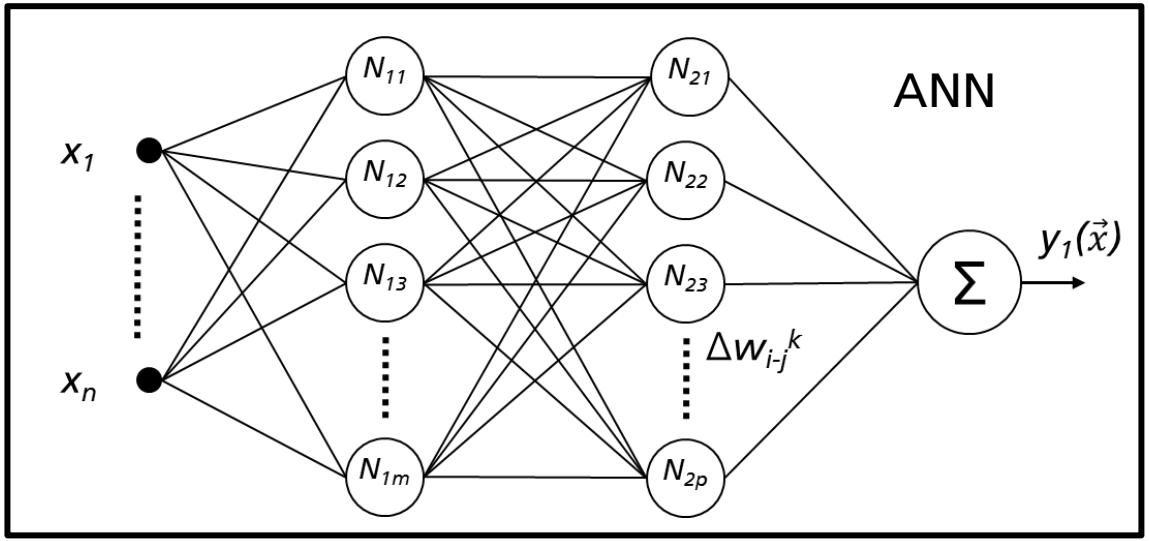
© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

ANN- Regelungsansatz

- ANN Netze
  - Vorhersage von Raumtemperatur
  - Vorhersage von Speichertemperaturen
- Mögliche Inputs der Netze:
  - Temperaturen im Haus und im Heizungssystem
  - Datum, Uhrzeit und Wochentag
  - Wetterprognosedaten von meteoblue

© Fraunhofer ISE

ANN zur Prognose der Raumtemperatur

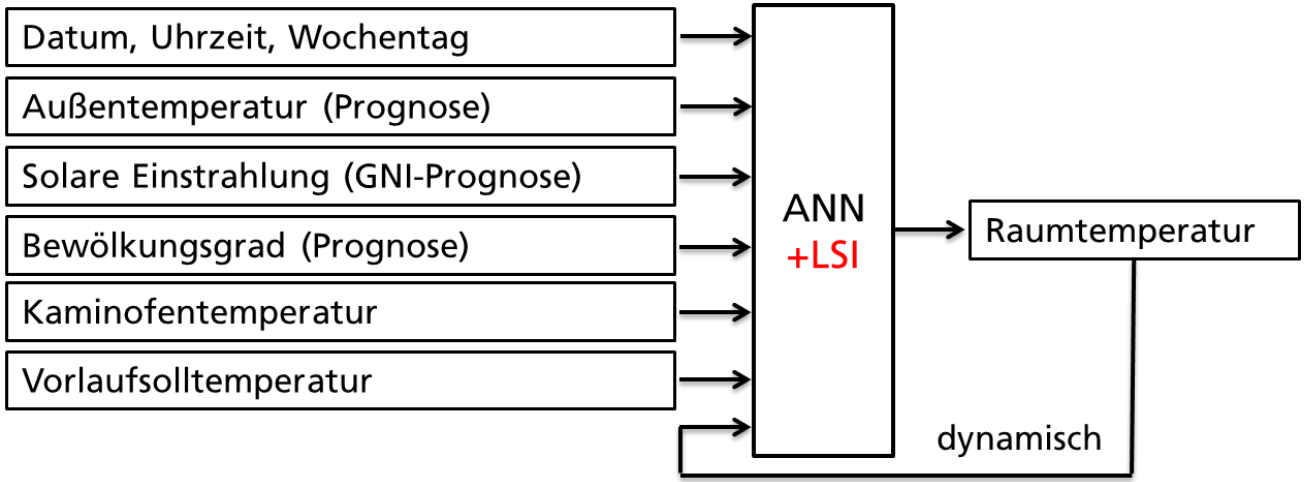


Netztopologie: 10-12-12-1

© Fraunhofer ISE

ANN zur Prognose der Raumtemperatur

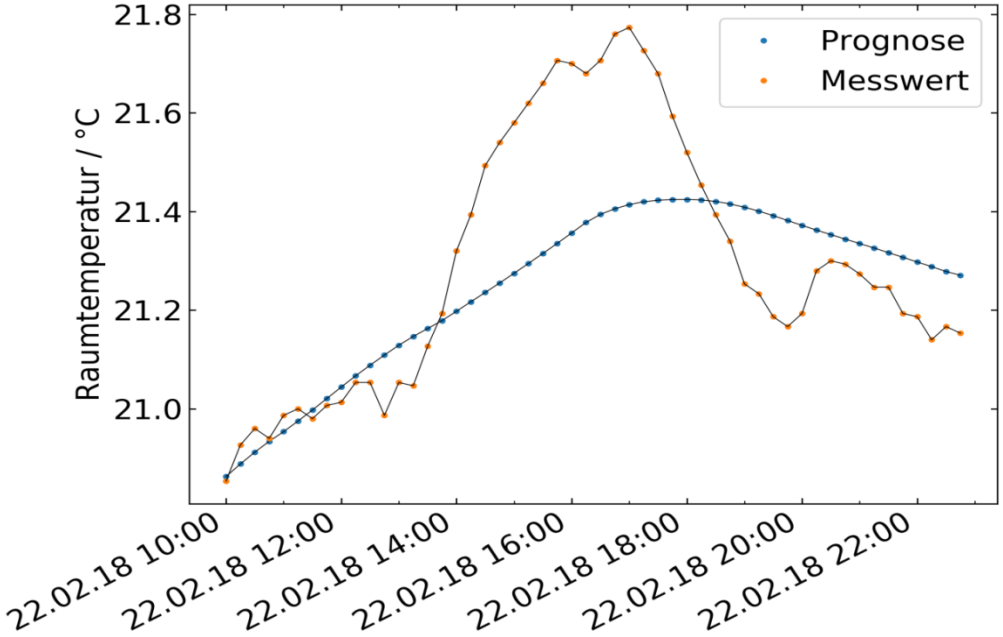
- Vorhersage der Messwerte des Temperaturfühlers im Wohnzimmer
- Berechnung der Raumtemperatur im 15-Minuten-Takt



© Fraunhofer ISE

ANN zur Prognose der Raumtemperatur
Rollierendes Training 4 Wochen-Zeitraum

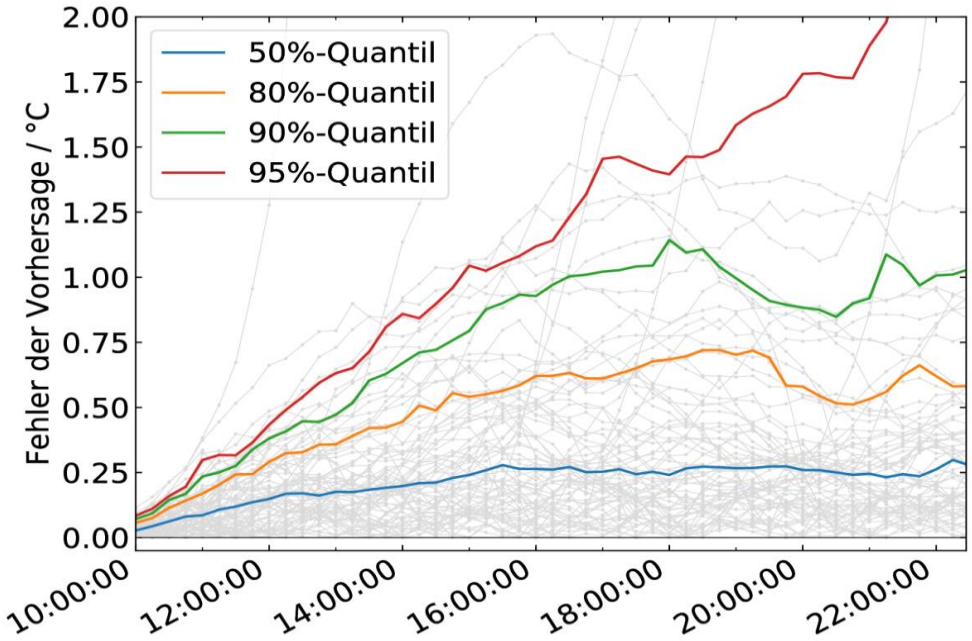
- Beispiel für die Vorhersage der Raumtemperatur durch das ANN und Vergleich mit den realen Werten
- Training mit vierwöchigem Traingszeitraum.



© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

ANN zur Prognose der Raumtemperatur
Rollierendes Training 4 Wochen-Zeitraum

- Training mit vierwöchigem Trainingszeitraum
- Auswertung an über 100 Tagen
- Genauigkeit der Vorhersagen im Bereich von **wenigen 1/10 °C** über die ersten Stunden



© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

ANN zur Prognose der Raumtemperatur – Ergebnisse

- Die Raumtemperatur im vorhanden Gebäude kann mit einem dynamischen System auf wenige Zehntel Grad genau für mehrere Stunden vorhergesagt werden
- Das Training im rollierenden System mit kurzen Trainingszeiträumen ist ohne großen Verlust der Prognosegenauigkeit möglich
- Die Mindestlänge des Trainingszeitraumes muss so angepasst werden, dass möglichst alle Anlagezustände darin vertreten sind (Kaminofen! oder Solarertrag im Winter)

© Fraunhofer ISE

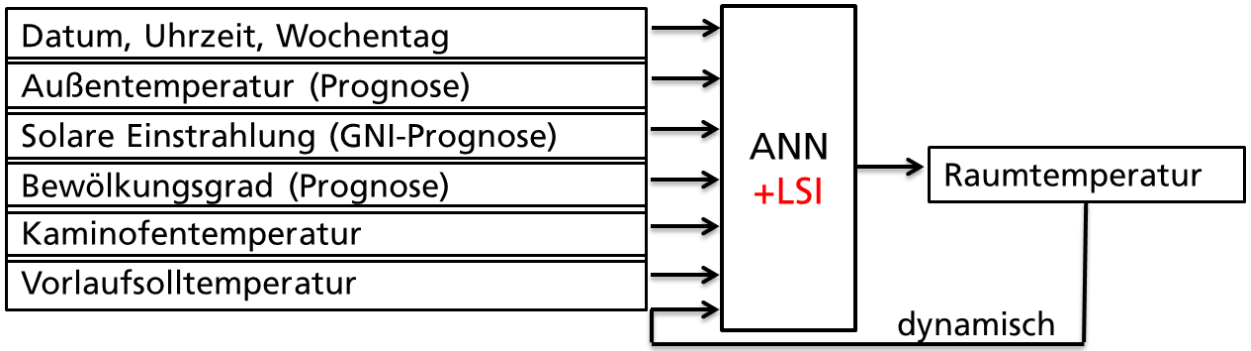
ANN-Regelungsansatz

- ANN-Funktionalitäten
  - Automatische und optimierte Erzeugung der „Heizkurve“
    - Berücksichtigung prognostizierte Außentemperatur, prognostizierte passive solare Gewinne, Kaminofenbetrieb
    - Abschaltung bzw. Reduzierung der Heizkreisleistung bei zu erwartender passiver solarer Erwärmung, bei Kaminofenbetrieb und vor Erreichen des Nachtabsenkungszeitraumes
  - Minimierung der konventionellen Nachheizung
    - Prognose des Speicherladezustandes

© Fraunhofer ISE

Vorlaufsolltemperaturermittlung mit ANN

- Prinzip:
  - ANN-Prognose der Raumtemperatur für die nächsten Stunden
  - Vergleich mit Raumsolltemperatur (Vorgabe durch den Nutzer)
  - Vorlaufsolltemperatur einziger **steuerbarer** Input
  - Anpassung der Vorlaufsolltemperatur bis Raumsolltemperatur erfüllt



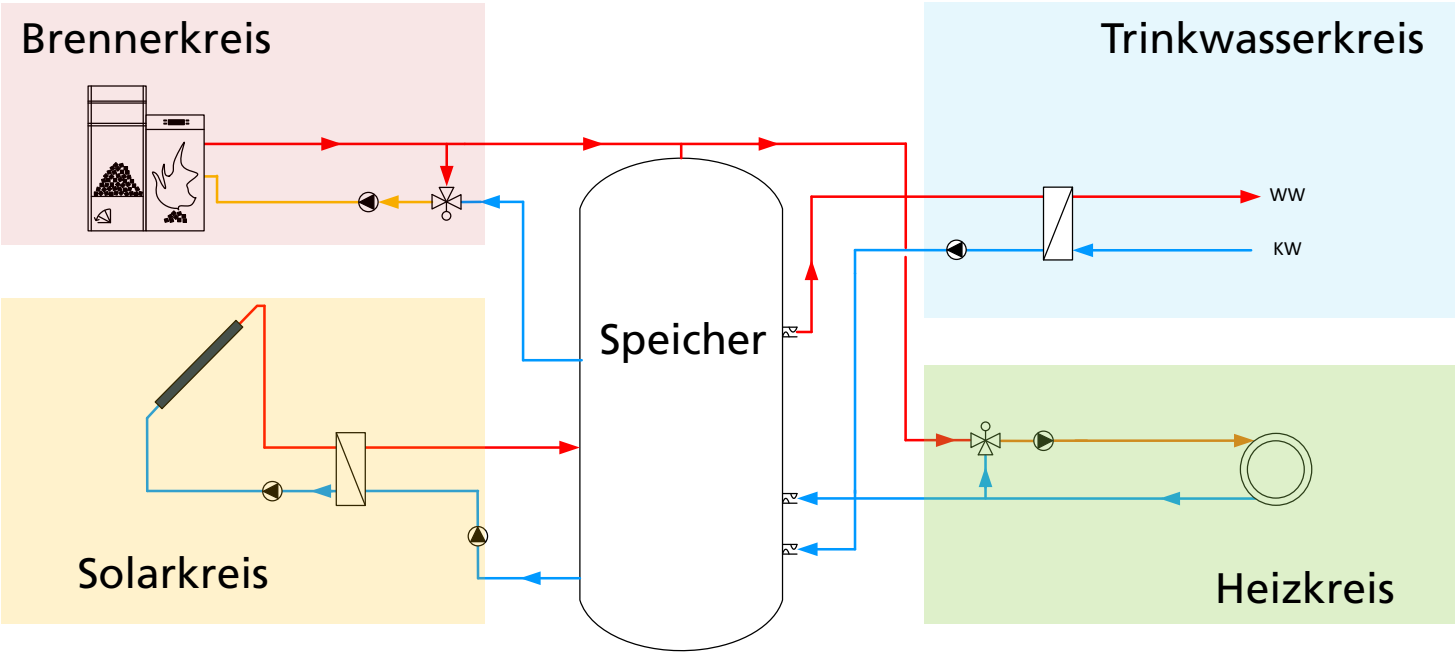
© Fraunhofer ISE

Darstellung Test-Anlage

- 18 m² Flachkollektor Fassaden-montage Südausrichtung Süd
- 1000 L thermischer Speicher
- 10 kW Pelletkessel
- Dämmstandard
  KFW 40 (ENEV 2007)
- Jährlicher Brennstoffbedarf
  1,3 to Pellet
- Wohn- und Nutzfläche 245 m²

© Fraunhofer ISE

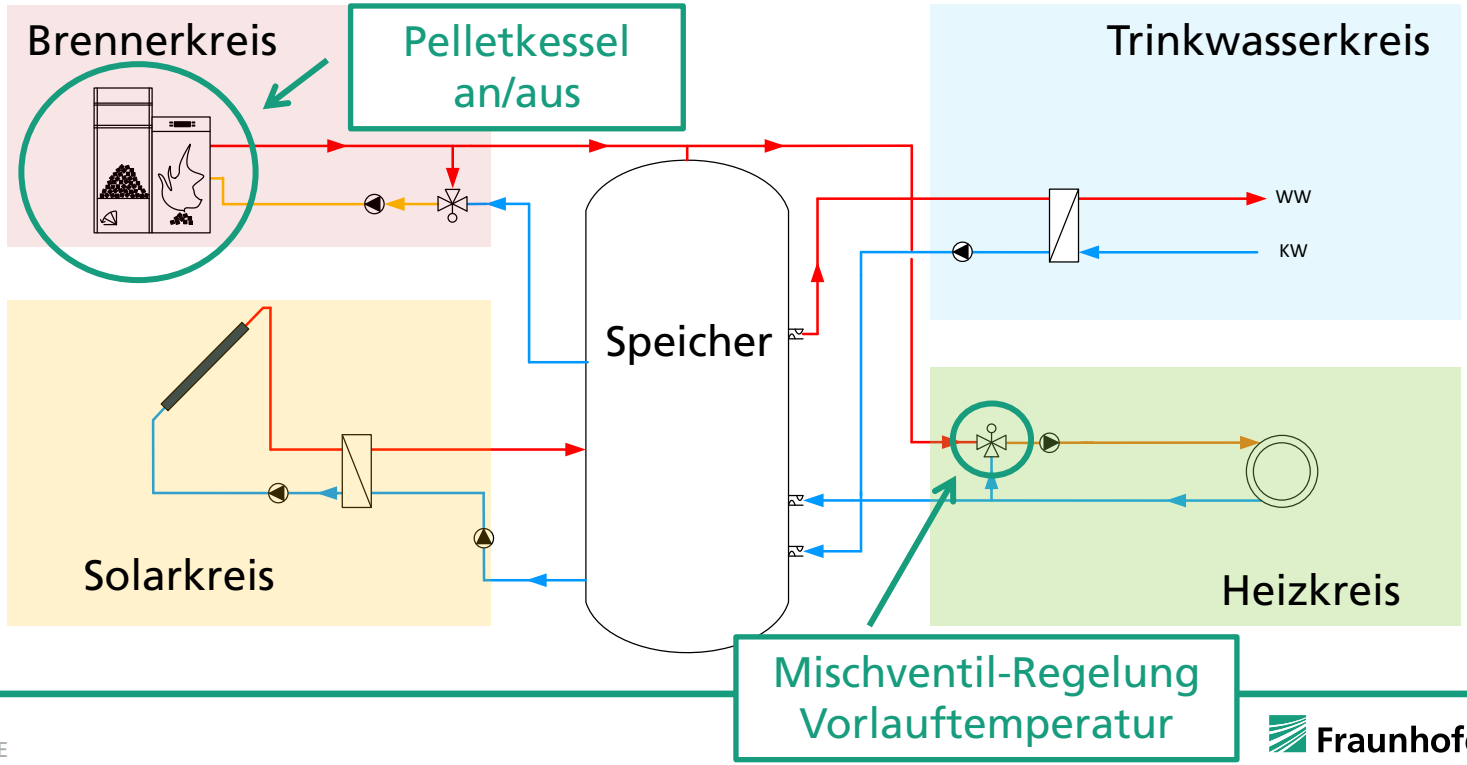
Kreisläufe der Hydraulischen Anlage



© Fraunhofer ISE

Kreisläufe der Hydraulischen Anlage

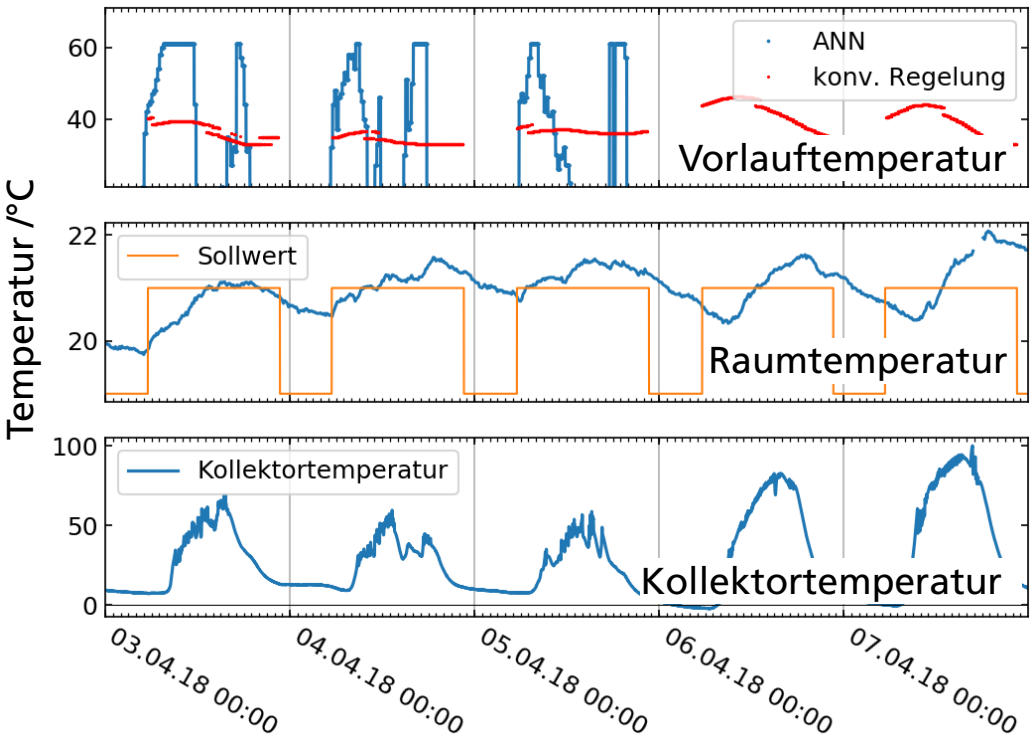
ANN-Aktuatoren



© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

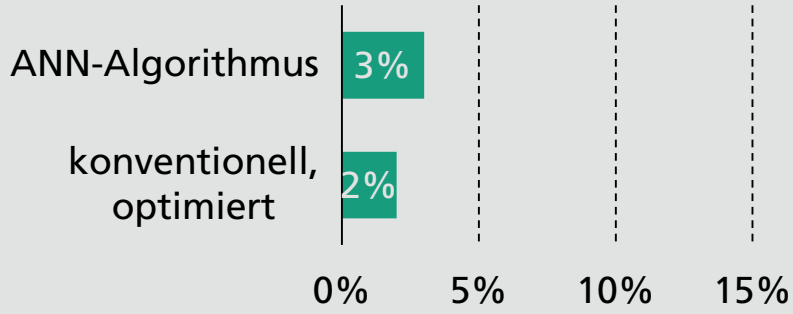
Verhalten ANN-Regelung im realen Gebäude

- Prognostizierte Solarstrahlung > Reduzierter Betrieb der Heizung

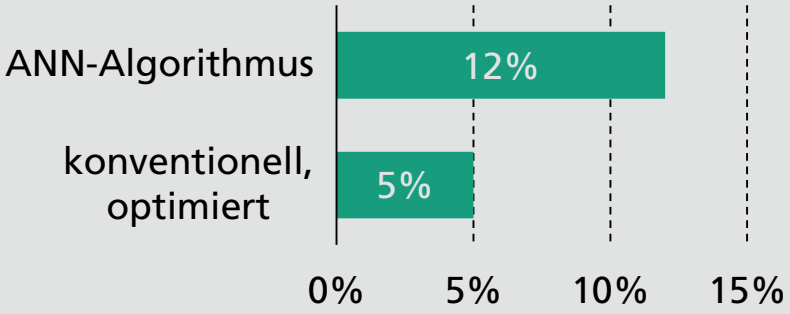


© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

Energieeinsparung



Bestandsgebäude	**BJ 2008**
Wärmebedarf:	45kWh/m²a incl. TWW
Ort :	Freiburg
Kollektor:	18m² Fassade
Therm. Speicher :	1000 L



Bestandsgebäude	**BJ 1950er**
Wärmebedarf:	150kWh/m²a incl. TWW
Ort :	Freiburg
Kollektor:	18m² Fassade
Therm. Speicher :	1000 L

© Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

Bewertung Kostenreduzierung/Energieeffizienzsteigerung

- Reduzierung des Aufwandes der Parametrisierung und Optimierung der Regelung (Heizkreis)
- Energieeffizienzsteigerung gegenüber konventioneller Regelung durch bessere Berücksichtigung weitere Wärmequellen wie passive Solarstrahlung, Kaminofen, Nachtabsenkung
- Energieeffizienzsteigerung gegenüber Anlagen, deren Heizkurve aus Aufwands- und Kostengründen nicht optimiert wurden
- Energieeffizienzsteigerung durch ANN-Prognosefunktion für Raumtemperaturentwicklung und Speicherentwicklung

© Fraunhofer ISE

Herzlichen Dank den Projektpartnern und dem Fördermittelgeber

Die Autoren danken PTJ und BMWi für die Förderung des Projekts ANNsolar (FKZ 325548)

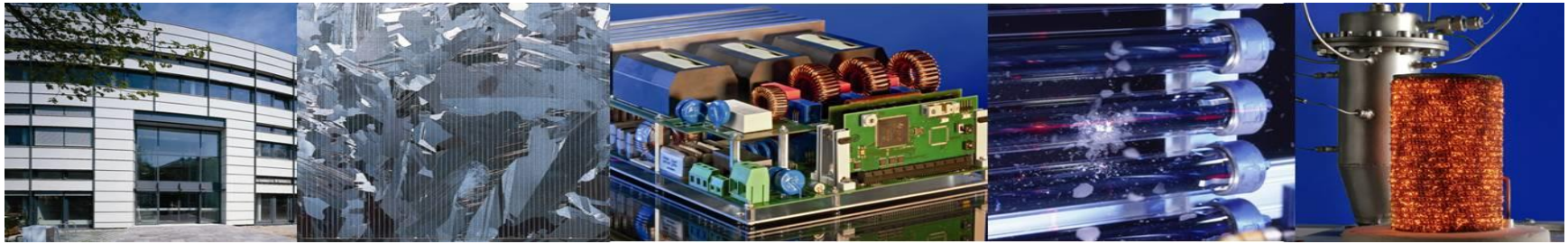
Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

© Fraunhofer ISE

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

Dr. Wolfgang Kramer

www.ise.fraunhofer.de

Wolfgang.kramer@ise.fraunhofer.de

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer ISE