Umwelt-Campus Birkenfeld | HOCHSCHULE TRIER

ISS Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prognose von Wärmeverbräuchen

Matthias Dziubany, Jens Schneider, Anke Schmeink, Guido Dartmann, Klaus-Uwe Gollmer, Stefan Naumann

25. September 2018

Ziele von Wärmeverbrauchsprognosen:

Verschränkung von Erzeugern und Verbrauchern im Wärmebereich

Bedarfsgerechte Produktion

Unmittelbare Abnahme

=> Reduzierte Speicherbedarfe

=> Geringere Verluste

=> Beitrag zur Energiewende

Datenherkunft

REGENA

=> Heizenergieverbrauch von einzelnen Gebäude
=> Raumtemperaturen einzelner Räume

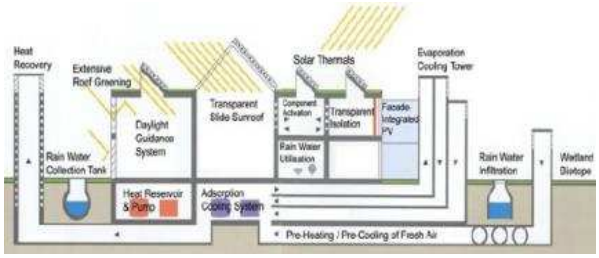
Ressourceneffizienz im **Ge**bäudebetrieb durch **N**utzerintegration und **A**utomation

=> Außentemperatur
=> Globalstrahlung

Lokale Wetterstation

Umwelt-Campus Birkenfeld | HOCHSCHULE TRIER

CO_2-neutrale Versorgung des Umwelt-Campus mit Wärme und Strom durch ein Biomasse-Heizkraftwerk

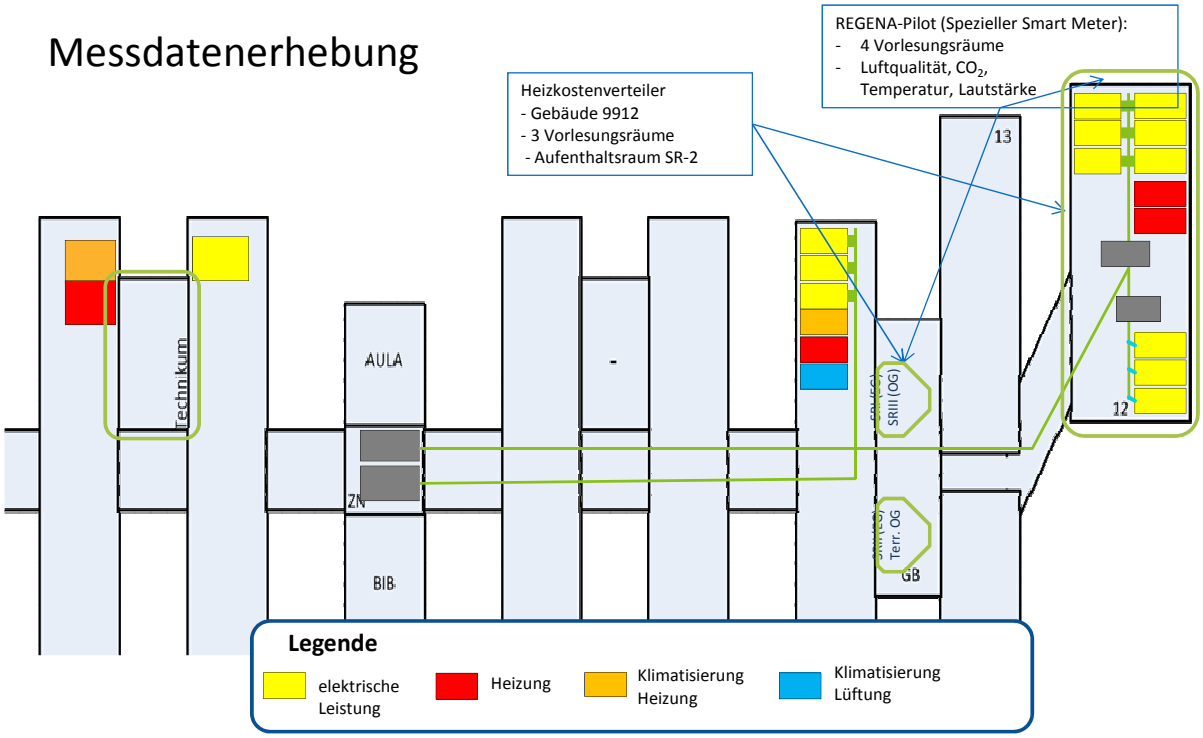


Innovative Gebäudetechnik:

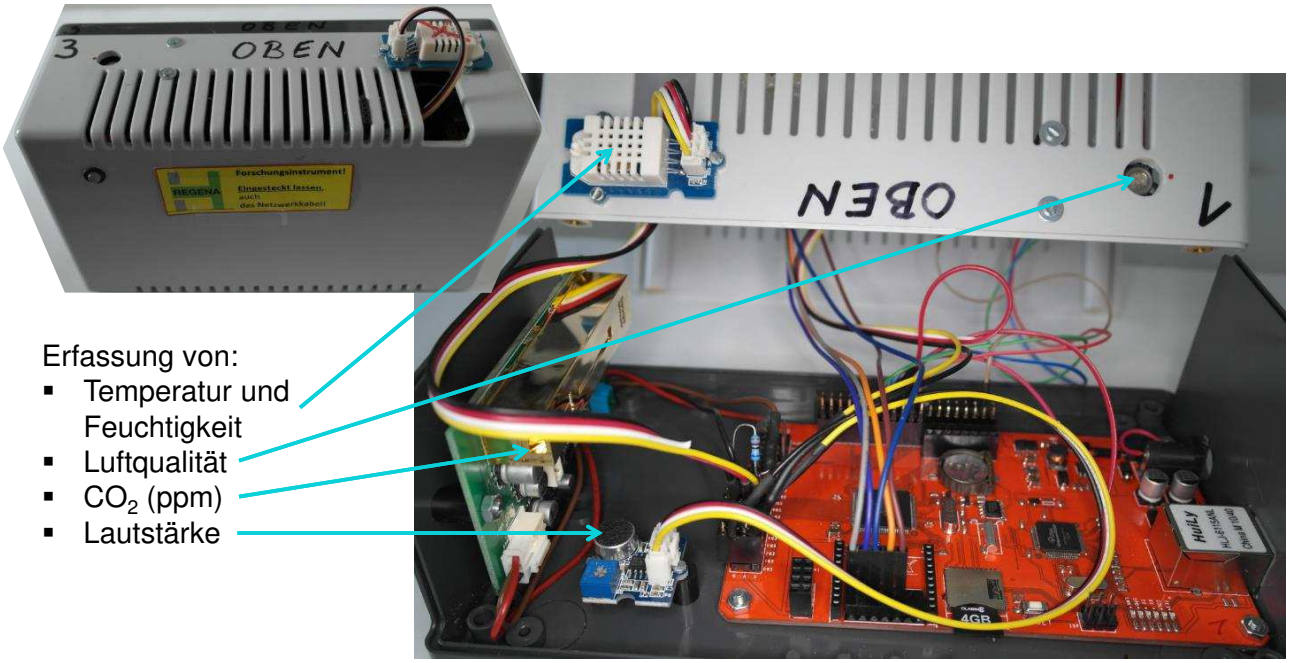
- Erdkollektoren zur optimierten Außenluftversorgung
- Wärmetauscher für die Abluft
- Massivabsorber zur Restwärmenutzung
- Transparente Wärmedämmelemente u. a. vor Massivwänden
- Tageslicht-Lenksysteme
- Automatische Belüftungsanlage
- Solarkollektoren und -zellen
- Regenwassernutzung

- Deutschlands erster Zero Emission Campus
- Deutschlands grünster Hochschulstandort, unter den Top 10 der Welt

Messdatenerhebung



Beispiel für entwickelte Messtechnik: Der REGENA-Pilot für Hörsäle und Seminarräume



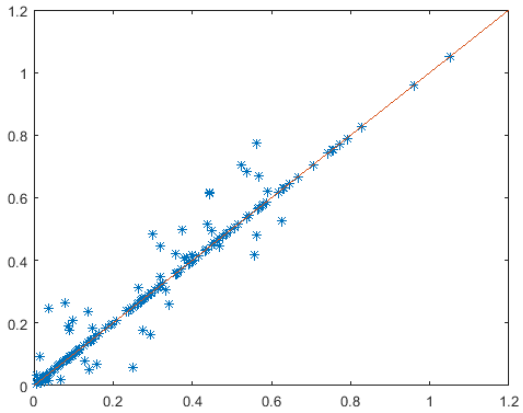
Erfassung von:

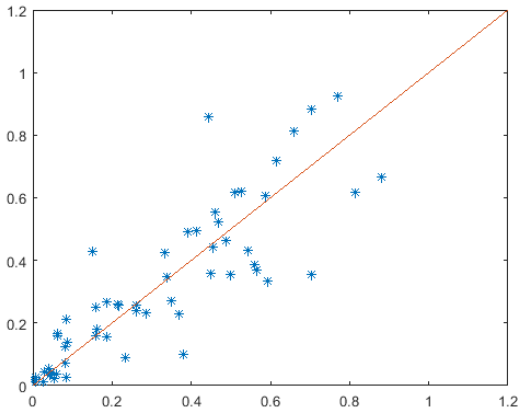
- Temperatur und Feuchtigkeit
- Luftqualität
- CO_2 (ppm)
- Lautstärke

Featureauswahl (1)

- Globalstrahlung nicht relevant

- **Einzelne Raumtemperaturen** besitzen viele fehlende Werte und führen zu **Overfitting**





Sehr gut auf Trainingsdaten **Schlecht auf Testdaten**

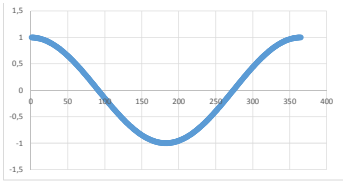
Featureauswahl (2)

Verwendete Features:

- Wärmeverbräuche Q(t),…,Q(t-13) der letzten 14 Tage
- Gemittelte Außentemperaturen T(t),..,T(t-13) der letzten 14 Tage
- Saisionkomponente S(t)
- Werktagsindikator W(t) mit Werktag=0 und Feiertag=1

S(t) ist ein Indikator für Jahreszeit und berechnet sich wie folgt:

$$S(t) = \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot t\right), t \in \{1, \dots, 365\}$$



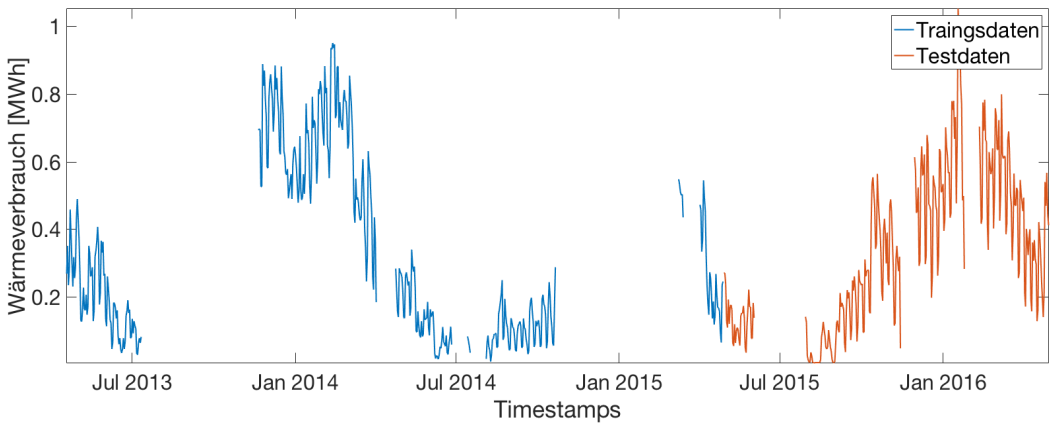
(Am 1.1 und 31.12 gleich 1 und am 2.7 gleich -1)

Übersicht der verwendeten Features:

	Vortagesverbräuche			Vortagestemperaturen			Saison-komponente	Werktag
	1	...	14	1	...	14		
18.04.2013	0,2170	...	0,5890	16,0594	...	3,1189	-0,2844	0
19.04.2013	0,2690	...	0,6760	12,1705	...	0,3735	-0,3008	0
20.04.2013	0,3510	...	0,5290	8,4966	...	1,5584	-0,3172	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
29.04.2016	0,4450	...	0,2979	3,5902	...	10,1240	-0,4750	0

Aufteilung in Trainings und Testmenge

Trainingsmenge vom 18.04.2013 bis zum 28.04.2015 mit m=400 Samples
Testmenge vom 29.04.2015 bis zum 29.04.2016 mit n=280 samples

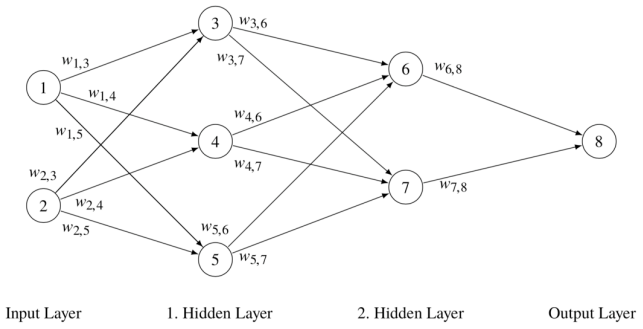


Prognosemodelle:

Lineare Regression: Minimiere $\sum_{t=1}^{m}(Q(t+1) - x(t) \cdot p)^2$ mit

$$\begin{aligned} x(t) \cdot p = p_0 \ &+ p_1 \cdot Q(t) + p_2 \cdot Q(t-1) + \cdots + p_14 \cdot Q(t-13) \\ &+ p_{15} \cdot T(t) + p_{16} \cdot T(t-1) + \cdots + p_{28} \cdot T(t-13) \\ &+ p_{29} \cdot S + \ p_{30} \cdot W(t+1) \end{aligned}$$

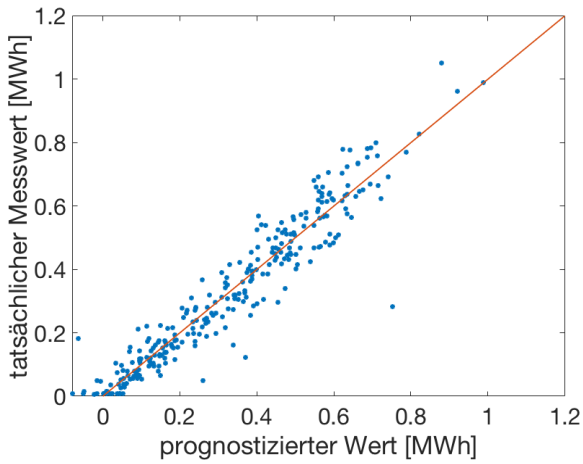
Neuronales Netz:
(kann auch nicht lineare Zusammenhänge abbilden)



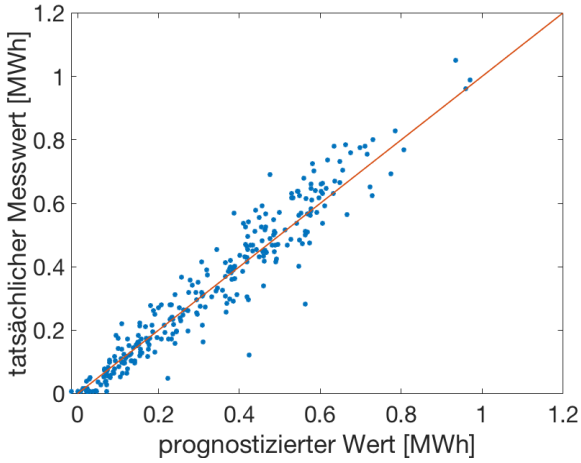
In unserem Fall: 30 Input-Units, eine Output-Unit und zwei Hidden Layer mit jeweils 3 Neuronen (heuristisch bestimmt)

Vergleich der Prognosemodelle (1)

Lineare Regression:

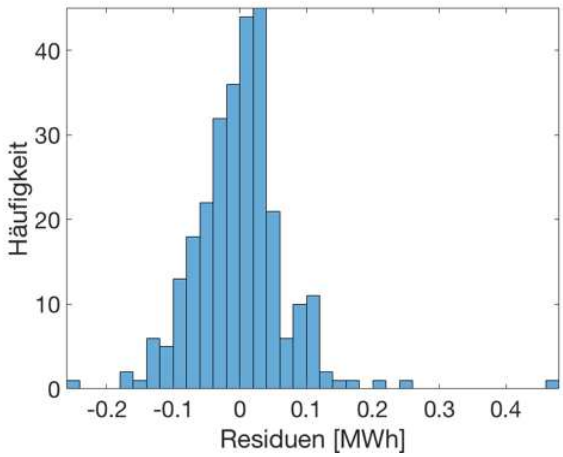


Neuronales Netz:

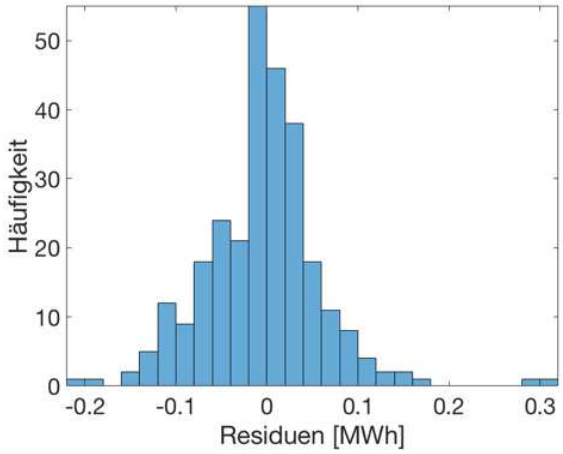


Vergleich der Prognosemodelle (2)

Lineare Regression:

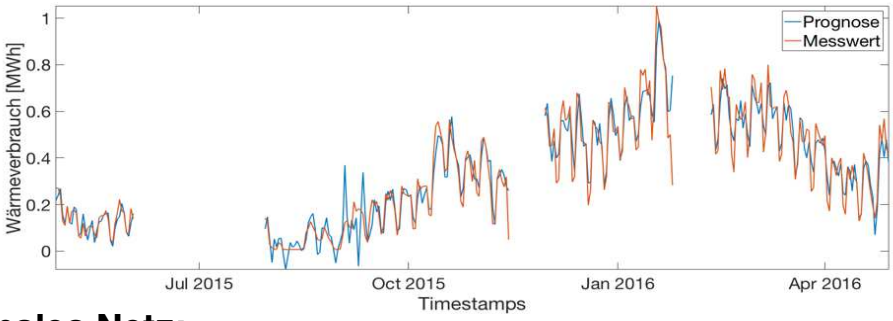


Neuronales Netz:

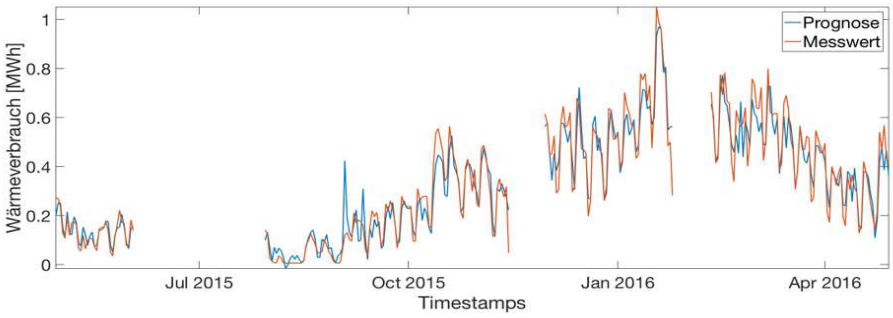


Vergleich der Prognosemodelle (3)

Lineare Regression:



Neuronales Netz:



Fazit

	Lineare Regression	Neuronales Netz
RMSE [MWh]	0,0687	0,0634
r^2	0,9093	0,9248
SMAPE [%]	11,6235	11,6116

Lineare Regression und Neuronale Netze besitzen eine **ähnliche Genauigkeit.**

Aber:

Das Neuronale Netz wurde so gewählt, dass es die „beste“ Güte auf der Testmenge besitzt.

Das Neuronale Netz ist rechenintensiver als die Lineare Regression.

=> **Lineare Regression** ist auf unseren Daten **besser geeignet**

Umwelt-Campus Birkenfeld | HOCHSCHULE TRIER

Zusammenfassung und Ausblick

REGENA

- „What you can‘t measure you can‘t manage“
- Umfangreiche Datenerhebungen zur Erfassung und Klassifizierung der Energieströme Wärme, Kälte und Strom notwendig
- Fortlaufende und lückenlose Überprüfung der Datenvollständigkeit und Datenqualität, überprüft auf Kausalität (Energie gespart oder Sensor defekt?)
- (Echtzeit-)Visualisierung der Messergebnisse erhöht Nutzersensibilität
- Möglichst umfangreiche Automatisierung und/oder direkte Einsparanreize bei „Almende“-Gebäuden; umweltpsychologische Maßnahmen greifen oft nur temporär
- Heterogene und proprietäre Gebäudeleittechniksysteme erschweren das Finden und vor allem die Umsetzung von Maßnahmen erheblich (Besprechungsräume)
- offene Standards sind notwendig, verbunden mit umsetzungsreifen Maßnahme-Checklisten, sensibilisierten Nutzern und geschultem Betriebspersonal
- -> Prognoseverfahren helfen in allen Anwendungsfeldern des Gebäudemanagements