

Künstliche Intelligenz in Wärmepumpen

Prof. Dr. Andreas Witzig

Leiter des Institute of Computational Physics, ZHAW School of Engineering, www.zhaw.ch/icp

Präsident des Vereins Gebäudesimulation Schweiz, www.gebaeudesimulation.ch

Gründer und VR der Firma Vela Solaris AG, www.polysunsoftware.com

Künstliche Intelligenz in Wärmepumpen

Inhalt

- Begriffsklärung
- Chatbots (wie z.B. Chat-GPT) für den Einsatz in Vertrieb und Support
- Gute Wärmepumpensysteme mit Regelparametern, die laufend «nachtrainiert» werden
- Wärmepumpensysteme mit einem neuronalen Netz im Regler
- Fazit: Wo bringt künstliche Intelligenz einen Nutzen für die Wärmepumpenbranche?

Begriffsklärung

Künstliche Intelligenz in Vertrieb und Kundensupport

1990: «...möchten Sie einen Brief schreiben?» → war nicht genug gut

2025: Chatbots wie ChatGPT mit aussagekräftigen Dialogen auf Basis von Large Language Models (=LLM), nachtrainiert mit firmenspezifischem Wissen → Effizienzsteigerung, Qualitätsgewinn



Künstliche Intelligenz in Wärmepumpen

- Herkömmliche Regelungstechnik + mitlaufende Parameteroptimierung → OK! ...KI?
- Neuronales Netz, trainiert mit lokalen Messdaten → zu wenig Trainingsdaten
- Neuronales Netz, trainiert mit Simulation → noch nicht bewiesen, dass es funktioniert



ChatGPT

Instagram-Werbung
(Oktober 2023) →

Empfehlung: probieren Sie ChatGPT aus!

- Gratisversion auf <https://chat.openai.com/>
- Nicht nur eine Frage stellen, sondern in einen *Dialog* eintreten. Präzisieren, wenn die erste Antwort nicht befriedigt.
- Achtung! Keine vertraulichen Daten eingeben. Alle Eingaben werden weiterverwendet.

Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz
Anzeige

Habe ich meine Wärmepumpe korrekt eingestellt?

Wie

Registrieren

2'720 Aufrufe

Der Schweizer Club für alle Besitzer*innen von Wärmepumpen... mehr

ChatGPT

Empfehlung: probieren Sie ChatGPT aus!

- Gratisversion auf <https://chat.openai.com/>
- Nicht nur eine Frage stellen, sondern in einen *Dialog* eintreten. Präzisieren, wenn die erste Antwort nicht befriedigt.
- Achtung! Keine vertraulichen Daten eingeben. Alle Eingaben werden weiterverwendet.

You:

Habe ich meiner Wärmepumpe korrekt eingestellt?

ChatGPT:



Um zu beurteilen, ob Ihre Wärmepumpe korrekt eingestellt ist, bräuchte ich spezifische Informationen über die Wärmepumpe selbst, Ihre Heizungsanlage, Ihr Wohngebäude und Ihre persönlichen Komfortansprüche. Hier sind einige allgemeine Punkte, die Sie überprüfen können:

1. Typ der Wärmepumpe: Handelt es sich um eine Luft-, Erd- oder Wasser-Wärmepumpe? Jeder Typ hat unterschiedliche optimale Betriebsparameter.

2. Vorlauftemperatur: Die Vorlauftemperatur sollte so niedrig wie möglich eingestellt sein, um die Effizienz zu maximieren, aber dennoch hoch genug, um Ihr Haus effektiv zu beheizen.

3. Heizkurve: Die Heizkurve sollte so eingestellt sein, dass die Vorlauftemperatur bei unterschiedlichen Außentemperaturen richtig reguliert wird. Sie sollte den Bedingungen Ihres Hauses angepasst werden (Dämmung, Raumgrößen, etc.).

4. Warmwasser: Die Einstellung für die Warmwasserbereitung sollte Ihren Bedürfnissen entsprechen, ohne übermäßig heiß zu sein. Eine typische Einstellung liegt zwischen 45°C und 55°C.

5. Raumthermostat: Falls vorhanden, sollte das Raumthermostat so eingestellt sein, dass es mit der Wärmepumpe effizient zusammenarbeitet und die Raumtemperaturen nach Ihren Wünschen reguliert.

6. Pufferspeicher: Wenn Ihr System über einen Pufferspeicher verfügt, überprüfen Sie, ob die Steuerung korrekt konfiguriert ist, um unnötige Verluste zu vermeiden.

7. Laufzeiten: Die Laufzeiten der Wärmepumpe sollten so eingestellt sein, dass sie den tatsächlichen Bedarf abdecken, ohne ständiges Ein- und Ausschalten (kurze Taktung), was ineffizient wäre.

8. Jahreszeitliche Anpassungen: Manchmal müssen die Einstellungen saisonal angepasst werden, um optimal zu arbeiten.

9. Energieverbrauch: Überprüfen Sie Ihren Energieverbrauch. Ist er höher als erwartet, könnte dies ein Zeichen für eine ineffiziente Einstellung sein.

10. Wartung: Regelmäßige Wartung ist entscheidend für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe.

Wenn Sie möchten, dass ich Ihnen genauer helfe, bräuchte ich detailliertere Informationen über Ihre Einstellungen und Ihre Anlage.

ChatGPT

Empfehlung: probieren Sie ChatGPT aus!

- Gratisversion auf <https://chat.openai.com/>
- Nicht nur eine Frage stellen, sondern in einen *Dialog* eintreten. Präzisieren, wenn die erste Antwort nicht befriedigt.
- Achtung! Keine vertraulichen Daten eingeben. Alle Eingaben werden weiterverwendet.

You: Habe ich meiner Wärmepumpe korrekt eingestellt?

ChatGPT: Um zu beurteilen, ob Ihre Wärmepumpe korrekt eingestellt ist, bräuchte ich spezifische Informationen über die Wärmepumpe selbst, Ihre Heizungsanlage, Ihr Wohngebäude und Ihre persönlichen Komfortansprüche. Hier sind einige allgemeine Punkte, die Sie überprüfen können:

You: **Gib mir eine Kurzwantwort, die für den Installateur nützlich ist**

ChatGPT: Um sicherzustellen, dass die Wärmepumpe korrekt eingestellt ist, sollten folgende Aspekte überprüft werden:



- **Vorlauftemperatur:** Sollte für die gegebenen Isolationsverhältnisse und die Heizkörper oder Fußbodenheizung so niedrig wie möglich sein.
- **Heizkurve:** Muss an das Gebäude angepasst sein, um auch bei unterschiedlichen Außentemperaturen effizient zu heizen.
- **Warmwasser-Temperatur:** Sollte den Bedarf abdecken, jedoch nicht unnötig hoch eingestellt sein.
- **Taktung:** Die Wärmepumpe sollte lange Laufzeiten haben und nicht zu häufig ein- und ausschalten.
- **Raumthermostate:** Müssen korrekt kalibriert und auf die gewünschten Raumtemperaturen eingestellt sein.
- **Pufferspeicher:** Falls vorhanden, sollte die Größe und die Steuerung auf den Bedarf abgestimmt sein.
- **Energieeffizienz:** Überprüfen Sie die Effizienz über Stromverbrauchsmessungen.

Eine korrekte Einstellung sichert die Effizienz der Anlage und optimiert den Komfort sowie die Betriebskosten.

ChatGPT

Empfehlung: probieren Sie ChatGPT aus!

- Gratisversion auf <https://chat.openai.com/>
- Nicht nur eine Frage stellen, sondern in einen *Dialog* eintreten. Präzise die erste Antwort nicht befriedigt
- Achtung! Keine vertraulichen eingeben. Alle Eingaben werden weiterverwendet.

Für meine Arbeit interessant:

«Wie funktioniert eine Wärmepumpe? Gib mir eine Beschreibung für FH-Studierende, die in der Physik die Thermodynamik bereits gehabt haben; kein Blabla...»

You: Habe ich meiner Wärmepumpe korrekt eingestellt?

ChatGPT: Um zu beurteilen, ob Ihre Wärmepumpe korrekt eingestellt ist, bräuchte ich spezifische Informationen über die Wärmepumpe selbst, Ihre Heizungsanlage, Ihr Wohngebäude und Ihre

You: **Gib mir eine Kurzantwort, die für den Installateur nützlich ist**

ChatGPT: Um sicherzustellen, dass die Wärmepumpe korrekt eingestellt ist, sollten folgende Aspekte überprüft werden:

- **Vorlauftemperatur:** Sollte für die gegebenen Isolationsverhältnisse und die Heizkörper oder Fußbodenheizung so niedrig wie möglich

You:

Gib mir eine Kurzantwort, die für den Hausbesitzer nützlich ist

ChatGPT:

Als Hausbesitzer sollten Sie folgende Einstellungen Ihrer Wärmepumpe überprüfen:

- **Raumtemperatur:** Stellen Sie sicher, dass die Raumtemperatur Ihren Komfortansprüchen entspricht.
- **Warmwassertemperatur:** Sollte warm genug für Ihren Bedarf sein, üblicherweise zwischen 45°C und 55°C.
- **Nachtabenkung:** Nutzen Sie die Möglichkeit der Nachtabenkung, um Energie zu sparen.
- **Energieverbrauch:** Behalten Sie Ihren Energieverbrauch im Auge, um sicherzustellen, dass die Wärmepumpe effizient läuft.
- **Wartung:** Achten Sie darauf, dass die Wärmepumpe regelmäßig gewartet wird, um eine optimale Leistung zu gewährleisten.

Bei Unsicherheiten oder Problemen sollten Sie sich an einen Fachmann wenden, um die Einstellungen zu überprüfen und anzupassen.

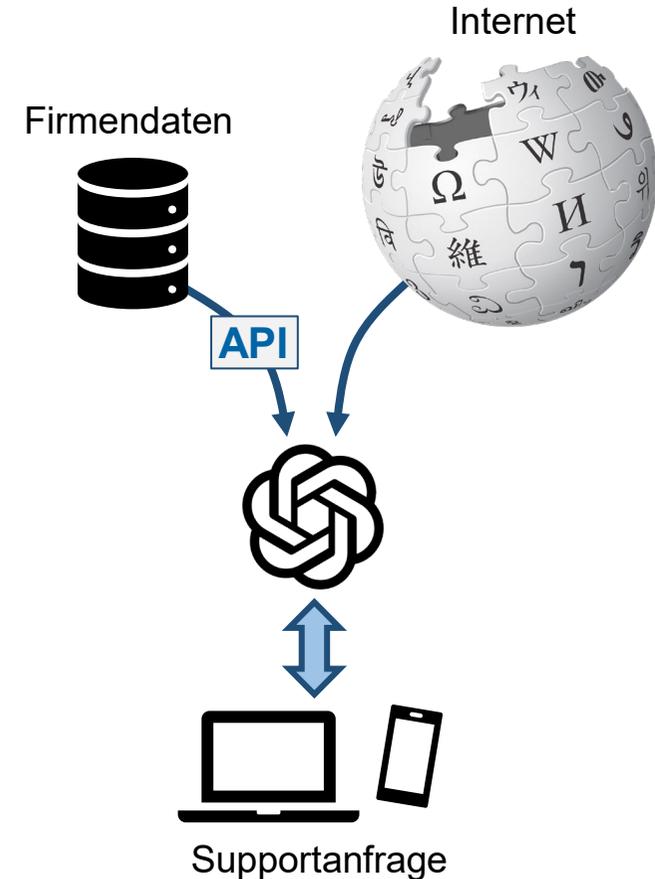
Eine korrekte Einstellung sichert die Effizienz der Anlage und optimiert den Komfort sowie die Betriebskosten.

Chat-GPT = Large Language Model (LLM) = «Chatbot»

Ähnlich: Bard, Neuroflash, YouChat, Perplexity, Claude 2, ...

- LLMs firmenspezifisch angepasst in Firmenwebsite
- LLMs optimieren über programmierbare Schnittstelle (API = Application Programmable Interface)
 - Chatbot erhält dadurch zusätzliches Wissen (z.B. den Inhalt eines Benutzermanuals) und
 - man kann den Teil des Wissens unterdrücken, der im Kontext von Supportanfragen nicht nützlich ist.
- Gute Firmenanwendungen basieren auf einer grossen Wissensdatenbank (z.B. grosse Sammlung von Kundenanfragen mit korrekten Antworten)
- Ziel: effizienter und qualitativ sehr guter Kundensupport
- Sorgfältiger Umgang mit den Daten: SwissGPT PrivateGPT
- Hilfe bei der Umsetzung bekommt man z.B. hier:

<https://alpineai.ch/co-creation>



Künstliche Intelligenz **in Vertrieb und Kundensupport**

- Chatbots wie ChatGPT mit aussagekräftigen Dialogen auf Basis von Large Language Models (=LLM), nachtrainiert mit firmenspezifischem Wissen → Effizienzsteigerung, Qualitätsgewinn

Künstliche Intelligenz **in Wärmepumpen**

- Herkömmliche Regelungstechnik + mitlaufende Parameteroptimierung
- Regelungstechnik basierend auf Neuronalen Netzen

Heute gibt es viele sehr gute Wärmepumpensysteme mit *optimalem Energiemanagement*

- Vorausschauende Energieoptimierung (z.B. aktives Kühlen mit Wärmepumpe bereits am frühen Morgen beginnen, wenn man weiss, dass es ein heisser Tag wird, dafür mit tieferer Kühlleistung und höherer Gesamtsystemeffizienz)
- Auch die Trägheit des Gebäudes nutzen. 1-2 Kelvin Temperaturhub spürt der Bewohner noch nicht → erhebliche Speicherleistung in der Gebäudestruktur. Oder: der Bewohner kann es einstellen.
- Achtung: Fix installierte Batteriespeicher sind in der Regel weder ökologisch noch ökonomisch empfehlenswert ([Webinar](#) mit Prof. Dr. David Zogg). Aber es gibt vielleicht andere Systeme mit elektrischer Zwischenspeicherung, die sich lohnen, z.B. PV-Eigenverbrauchs-optimierung mit E-Mobilität.

Allen Systemen gemeinsam:

Sensorik → herkömmliche Regelungstechnik und **mitlaufende Parameteroptimierung**
...oft wird dies (marketingwirksam) als «künstliche Intelligenz» oder «KI» bezeichnet

Künstliche Intelligenz = mitlaufende Parameteroptimierung

Es gibt sehr gute Lösungen auf dem Markt



Bildnachweis:
Alain Aerni, Soleco



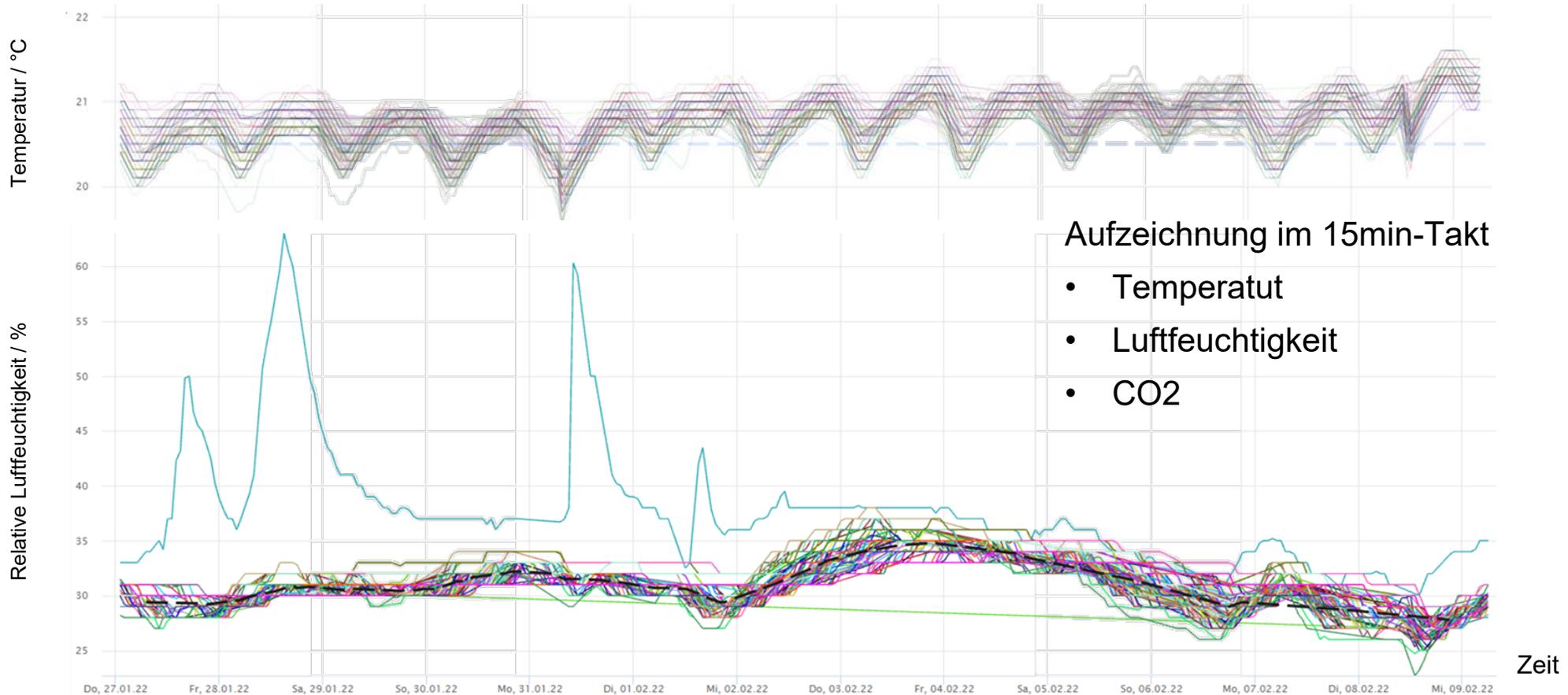
Mehrwert:

- Energieeinsparung
- Gutes Monitoring

Ecco2: Daten aus Heizzentrale und Sensoren in allen Wohneinheiten

Mitlaufende Parameteroptimierung + Monitoring

Sensorik mit Speicherung in der Cloud → Interessante Analysemöglichkeiten



Mitlaufende Parameteroptimierung + Monitoring

Anlagedaten

- Wärmepumpe (Kennlinienfeld Leistung und COP)
- Gebäude (Wärmeverluste, Trägheit, Fenster)
- Warmwasserspeicher (Volumen)
- Erdsondenfeld (Anzahl, Länge, Typ)
- Batteriespeicher (Kapazität, Verluste, Leistung)
- Elektroautos

Nutzerverhalten (Eingabe durch Bewohner)

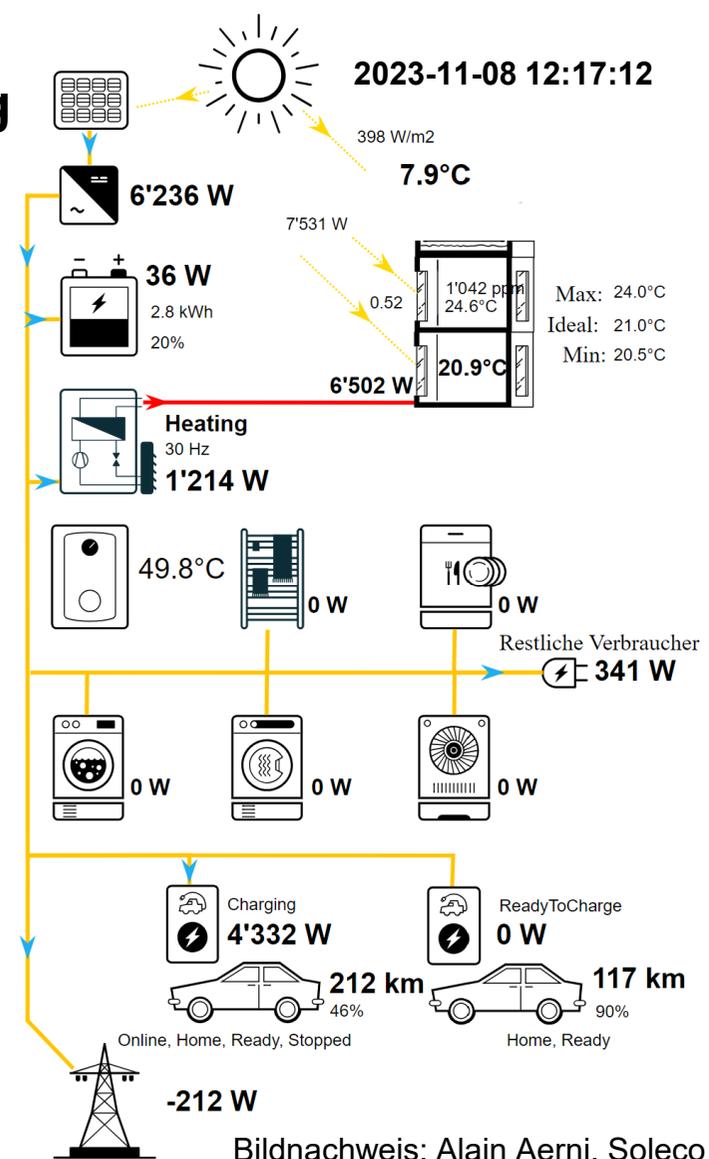
- Raumtemperatur: Sollwert und Toleranzband
- Nutzungsplan des Elektroautos

Steuergrößen

- Lade-/Entladeleistung von Batterie und Elektroautos
- Wärmepumpe: Betriebsart und Leistungssollwert

Optimierung und Benefit

- Das System optimiert mit 3-Tages-Prognose
- Kosteneinsparung für ein EFH: 250 bis 460 Fr/Jahr
- Echtzeitdaten online zugänglich



KI-Regelungstechnik

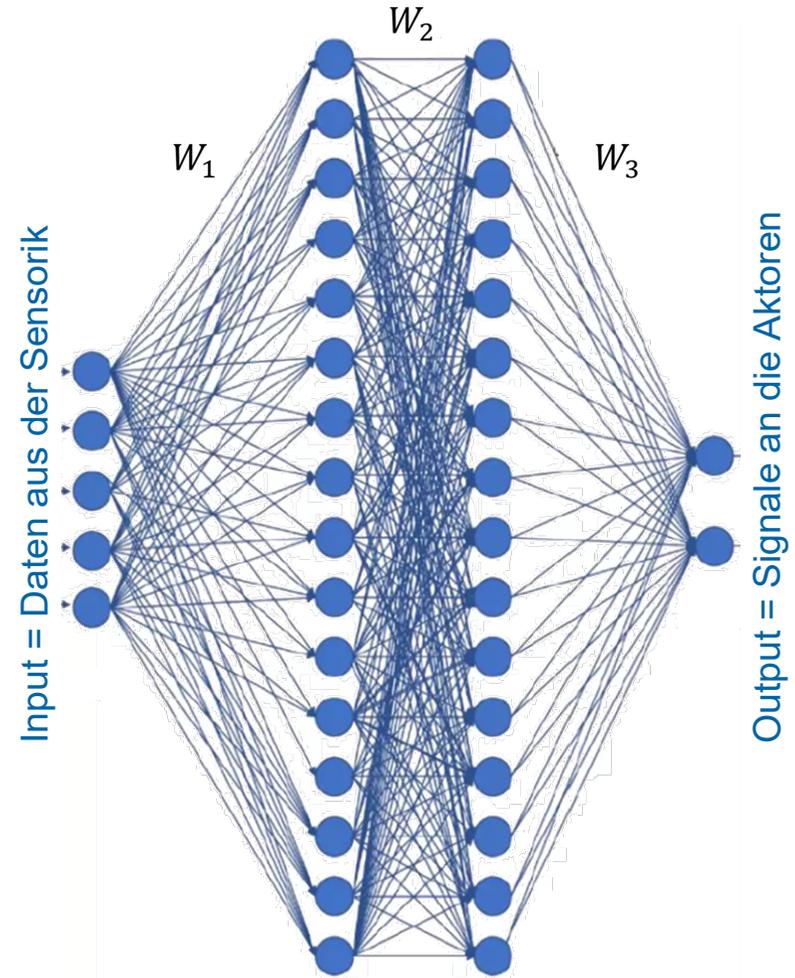
Einsatz von *Neuronalen Netzwerken* für Heizungssystem-Regelungstechnik

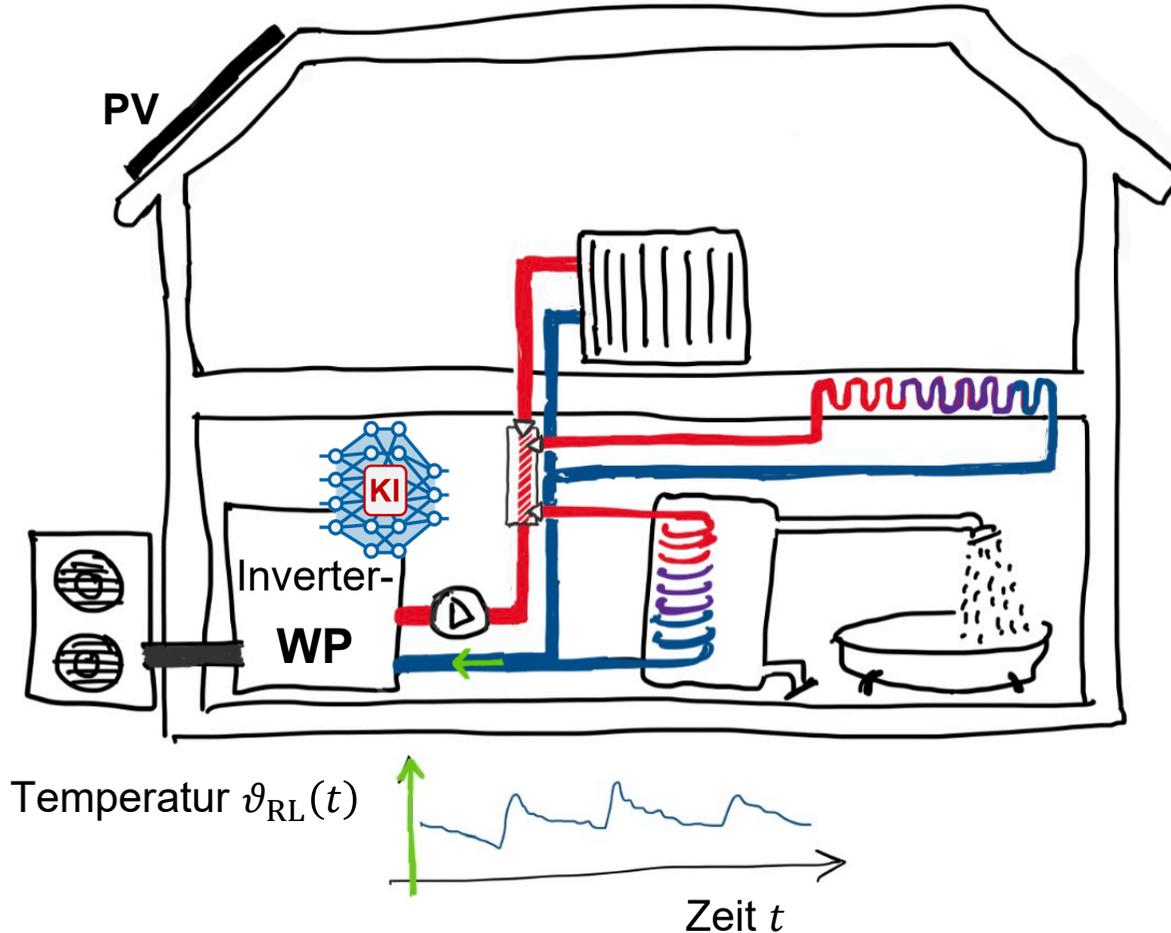
Verknüpfung von Input- und Outputdaten, hier mit zwei versteckten Schichten, *hidden layer*.

Mit Simulationsdaten trainieren: Wenn die Resultate gut sind (Heizwärme- und Warmwasserbedarf gedeckt und wenig Heizkosten), dann werden die Gewichtungen verstärkt.

ZHAW-Bachelorarbeit 2022 von Selina Pfyffer und Laurenz Joos, Betreut von ICP und IAMP

<https://www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/icp/gebaeudesimulation/kuenstliche-intelligenz-ki-waermepumpen-regler/>





Output: WP-Regelung:

- Verdichterdrehzahl
- Pumpenleistung
- Sekundärkreislauf
- Misch- und Schaltventile
- Abtauzyklen Ausseneinheit

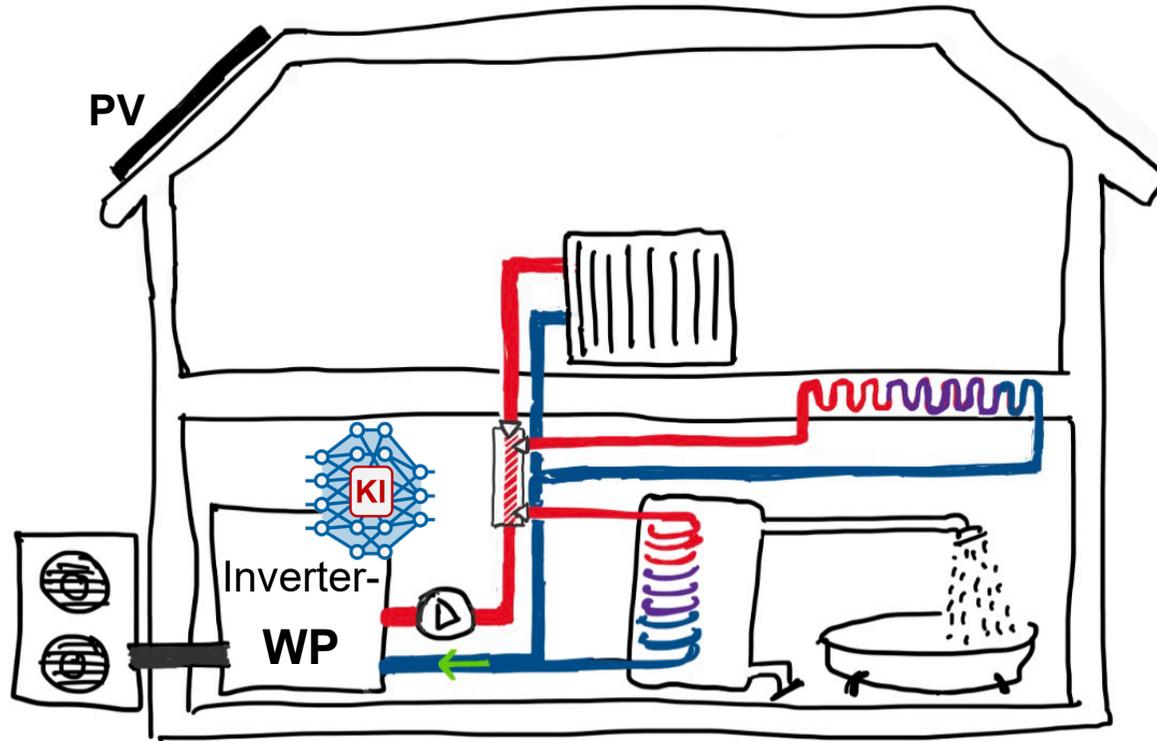
Input aus den Sensoren:

- Rücklauftemperatur $\vartheta_{RL}(t)$
- Raumtemperatur
- Aussentemperatur
- Warmwasserspeicher

Optimierungsziele:

- Kosten
- PV-Eigenverbrauch

KI-WP-Forschungsprojekt



Ziel:

Kosten senken, indem man die Wärmepumpensysteme *einfacher* macht

- Weniger Aufwand bei der Installation der WP
- Schlankes System, einfach zu installieren

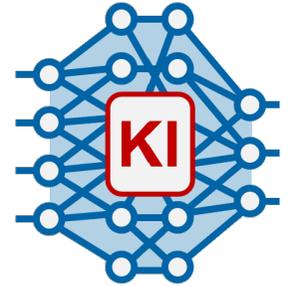
Performance sollte gleich gut werden, wie die besten Systeme mit adaptiven Parametern.

Robuste Systeme, d.h. sie reagieren richtig bei extremen Wetterbedingungen oder Variation im Benutzerverhalten

KI-WP-Forschungsprojekt

Wärmepumpe, die nicht eingestellt werden muss, sondern selber alles richtig macht

- Wenig Sensorik! Zusätzlicher Wissensgewinn aus Temperaturverläufen in Vor- und Rücklauf
- Keine Wetterdaten nötig
- Training der KI anhand von Simulationen (ca 1000 Episoden): Variation von Wetter, Benutzerverhalten, Passivsolargewinne, Gebäudehülle, Gebäudespeicherfähigkeit, Strompreise inkl. PV
- Wenig Benutzerinteraktion, Monitoring kann eingespart werden



→ Proof of Concept ist erbracht, aber nur in der Simulation

→ Nächster Schritt: Laborversuch

→ Forschungsprojekt: Feldversuch



Bild: BS2-Wärmepumpenregler

Fazit I: KI für die Wärmepumpenbranche

→ KI wird in Vertrieb und Support nützlich sein (Chatbot, z.B. auf Basis von ChatGPT).

→ Wir nennen nachgeführte Optimierung in deterministisch gesteuerten Wärmepumpensystemen auch «KI». Dazu gibt es bereits gute Produkte auf dem Markt.

→ KI im engeren Sinn wurde in der Forschung schon für WP-Systeme eingesetzt. Der Nutzen muss noch bewiesen werden. Die Performance wird durch die KI-Regler nicht besser, aber man kann mit KI die *Systeme einfacher* machen, die *Kosten senken* und *Risiken reduzieren*.



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser

A review of advanced ground source heat pump control: Artificial intelligence for autonomous and adaptive control

Sarah Noye^{a,*}, Rubén Mulero Martínez^a, Laura Carnieletto^b, Michele De Carli^b, Amaia Castelruiz Aguirre^a

^a TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Mikeletegi Pasealekua 2, Donostia-San Sebastián, 20009, Spain
^b Department of Industrial Engineering, University of Padova, via Venezia 1, Padova, 35131, Italy

A B S T R A C T

Geothermal energy has the potential to contribute significantly to the CO₂ reduction targets as a renewable source for building heating and cooling but is yet under exploited, mostly due to its high initial investment cost. A lot of research is being carried out to optimise Ground Source Heat Pump (GSHP) systems' design, but a good control strategy is also fundamental to achieve long-term performance and reduced payback time.

GSHP control optimisation is a non-linear dynamic optimisation problem that is influenced by multiple parameters. It can thus not be fully optimised with traditional methods. Artificial Intelligence, and in particular Machine Learning, is suited for this type of optimisation as it can learn implicit relations between parameters and can address non-linearity.

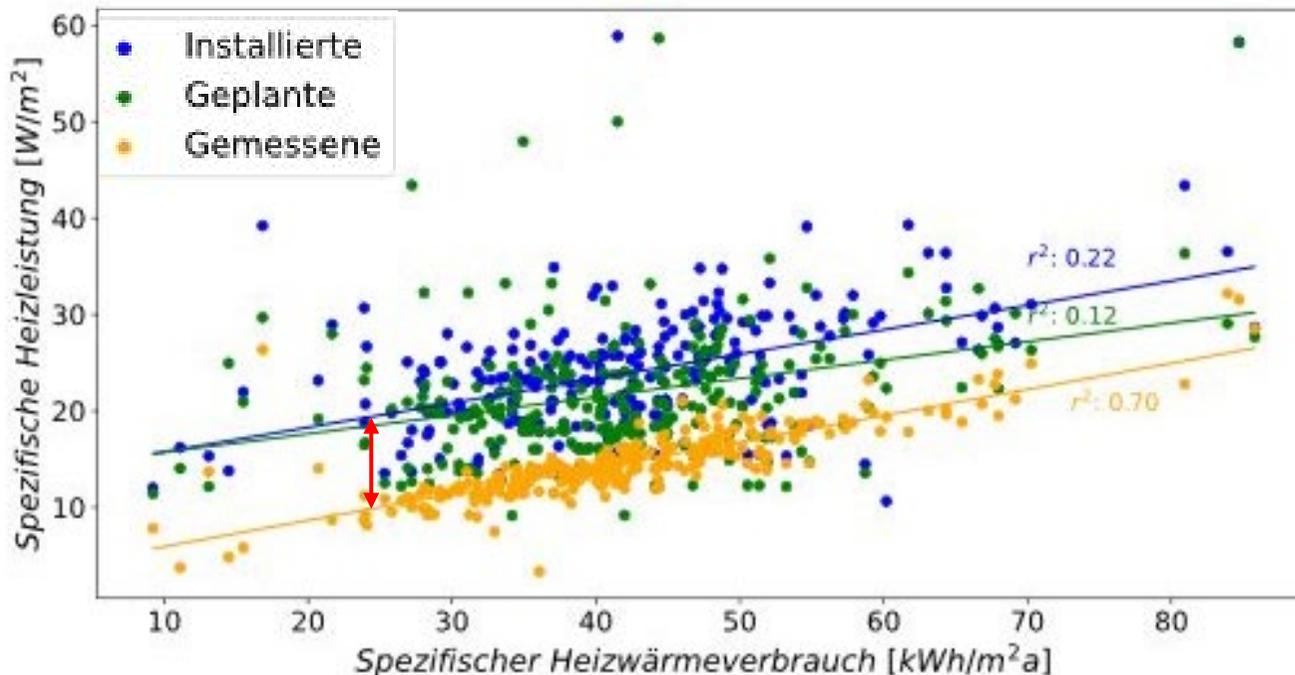
This paper reviews the challenges of GSHP control and the strategies for control optimisation found in

However, the examples found in the literature are limited and the need to further explore the benefits of Machine Learning is identified. The latest developments in the field are reviewed to explore their potential to further improve GSHP control. The challenges of the full implementation of such algorithms are also discussed.

Fazit II: KI ist auch nicht für alles eine Lösung...

Aktuelle Forschungsergebnisse

Grosses Einsparpotenzial durch Vermeiden von überdimensionierten Wärmepumpen (Referenz: BFE-Studie [OptiPower](#), OST, Rapperswil)



Wärmepumpen sind überdimensioniert.

- Wohngebäude +40%
- Verwaltungsgebäude +200%

Egal, ob mit künstlicher oder menschlicher Intelligenz, hier gibt es Handlungsbedarf.



Danke für die Aufmerksamkeit

zhaw School of Engineering
ICP Institute of Computational Physics

www.gebaeudesimulation.ch

