

KI Wärmebedarfsprognose

Heat AI

Strom und Wärmenetze



Ennatururlijk und Gadyent

<https://ennatuurlijk.nl/thuis/klantenservice>

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126661>



© Watt Analytics

TRL ●●●●●●●●

- Datenkomplexität ●●●
- Kosten & Energie ●●●
- Umfang ●●●
- Wirkung ●●●
- Machbarkeit ●●

● Gering, ●● Mittel, ●●● Hoch

Verbesserung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Fern- und Nahwärmenetzen basierend auf KI-gestützten Lastprognosen

ANWENDER

Energieversorger,
Magistratsabteilung für
Energie und Stadtentwicklung



KI-gestützte Wärmebedarfsprognosen kombinieren maschinelle Lernverfahren mit digitalen Abbildern des städtischen Wärmenetzes. Auf Basis historischer Lastgänge, Wetterprognosen, Anlagenparametern und Netzstruktur werden stündliche Bedarfsprofile erstellt, die eine präzise Planung der Erzeugung ermöglichen. Maschinelle Lernverfahren wie Random Forest, Gradient-Boosting oder LSTM-Netze werden eingesetzt, um Muster im Verbrauchsverhalten zu erkennen und die Prognosegenauigkeit gegenüber klassischen linearen Modellen zu erhöhen. Wissenschaftliche Arbeiten sowie Versorgungsprojekte in Europa bestätigen den Einsatz solcher Modelle in realen Fernwärmenetzen.

Parallel dazu ermöglicht ein Digital Twin die Simulation hydraulischer und thermischer Prozesse im Wärmenetz. Durch die Kombination aus physikalischen Modellen und KI werden Netztemperaturen, Speicherladezustände und die Fahrweise von Erzeugern optimiert. Dies verbessert die Einbindung erneuerbarer Wärmequellen wie Großwärmepumpen, Solarthermie und Abwärme, die besonders von präziser Bedarfsplanung abhängig sind.

Projekte wie die Kooperation von Wien Energie und Gradyent zeigen, dass durch diese Technologie Vorlauftemperaturen reduziert und Energieverluste

minimiert werden können, was langfristig zu niedrigeren Betriebskosten führt.

Für die Datenverarbeitung werden Zeitreihen (Last, Temperatur, Druck) und geobasierte Netzdaten benötigt. Die Hardwareanforderungen umfassen serverseitige Rechenkapazität oder Cloud-Infrastruktur, abhängig von Netzgröße und Modellkomplexität. Der Energieverbrauch der Modelle ist moderat und primär in der Trainingsphase relevant. Die Finanzierung erfolgt häufig über Pilotprogramme oder Innovationsbudgets städtischer Versorger und kann durch erwartete Energie- und Betriebskosteneinsparungen refinanziert werden.



VERWENDETE KI-TECHNOLOGIE

Prozessoptimierung

Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI

KI gestützte IoT und Sensorik





IMPLEMENTIERUNG

Die Einführung einer KI-gestützten Prognose- und Optimierungsplattform erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Netzbetrieb, IT-Abteilung und externen Technologiepartnern. In der Praxis werden Digital-Twin-Systeme meist als Cloud-Service bereitgestellt, ergänzt durch lokale Schnittstellen zur Leitwarte und den bestehenden SCADA-Systemen. Eine zentrale Voraussetzung ist die Bereitstellung konsistenter Daten: Zeitreihen zu Netzlasten, Wetterdaten, Anlagenparametern, Sensorwerten, Gebäudeinformationen sowie digitale Netzkarten.

Organisatorisch empfiehlt sich eine schrittweise Implementierung. Zunächst erfolgt ein Daten-Audit zur Identifikation notwendiger Messpunkte, Lücken und Qualitätsprobleme. Anschließend wird ein digitaler Prototyp (Demo Twin) erstellt, dessen Simulationsergebnisse mit realen Messwerten verglichen werden. Auf dieser Basis erfolgt die Integration in Betriebsplanung und Leitwartenprozesse. Pilotprojekte wie jene mit Gradyent zeigen, dass Schulung des Personals und klare Festlegung der Verantwortlichkeiten entscheidend sind, insbesondere bei der Nutzung der Prognosetools für tägliche Entscheidungsprozesse.

Technologisch können kommerzielle Lösungen wie Gradyent, Leanheat oder Open-Source-Modelle genutzt werden. Cloud-basierte Systeme ermöglichen schnelle Skalierung, während In-House-Modelle eine stärkere Anpassung an lokale Anforderungen erlauben. Rechtlich ist die Verarbeitung meist unkritisch, da aggregierte Netzdaten keine personenbezogenen Informationen enthalten. Relevante EU-Rahmen umfassen die Energieeffizienzrichtlinie (EED III) und die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III), die die Dekarbonisierung urbaner Wärmenetze fördern. Der EU-AI-Act ist relevant, jedoch gilt dieser Use Case in der Regel als geringeres Risiko, da er keine sicheren oder personenbezogenen Entscheidungen autonom trifft.



LESSONS LEARNED

Die Einführung KI-gestützter Wärmeprognosen und Digital Twins zeigt in europäischen Projekten ein hohes Effizienzpotenzial. Risiken und Herausforderungen sind mittel, vor allem aufgrund unvollständiger Messdaten, heterogener Datenquellen, fehlender Sensorik sowie organisatorischer Anpassungen im Netzbetrieb. Die erwartete positive Wirkung ist hoch: präzisere Bedarfsprognosen, reduzierte Spitzenlasten, verbesserte Integration erneuerbarer Wärme, geringere Netztemperaturen und damit niedrigere Betriebskosten. Erfolgsfaktoren sind eine qualitativ hochwertige Datenbasis, klare Zuständigkeiten im Betrieb und die frühzeitige Einbindung von IT-, GIS- und Netzexpertinnen und -experten. Das Transferpotenzial in andere Städte ist hoch, sofern eine Mindestdatengrundlage vorhanden ist.

Nachhaltige Nutzung entsteht durch den Aufbau eigener Trainingsdaten, die Modelle lokalspezifisch stabilisieren. Relevante Praxisquellen sind u. a. Gradyent, Danfoss Leanheat und Projekte von Wien Energie und Ennatuurlijk.





REGULIERUNGEN

Datenschutz-Grundverordnung (EU) 2016/679 (DSGVO)¹

Die DSGVO ist immer dann relevant, wenn im Rahmen einer KI-gestützten Wärmebedarfsprognose oder Betriebsoptimierung personenbezogene Daten verarbeitet werden. Das betrifft insbesondere Gebäudedaten, Verbrauchsdaten oder Standortinformationen, sofern sie Rückschlüsse auf einzelne Haushalte oder Personen zulassen. Werden Prognosen auf Haushaltsebene erstellt oder Verbrauchsprofile analysiert, liegt regelmäßig ein Personenbezug vor. Für die Verarbeitung kommen unterschiedliche Rechtsgrundlagen nach Art 6 DSGVO in Betracht. Daten dürfen nur für klar definierte Zwecke verarbeitet und nicht über das erforderliche Maß hinaus erhoben werden (Zweckbindung und Datenminimierung, Art 5 DSGVO). Ebenso verpflichten Privacy by Design und Privacy by Default nach Art 25 DSGVO dazu, Datenschutz bereits in die Systemarchitektur zu integrieren und datenschutzfreundliche Voreinstellungen zu wählen. Schließlich verlangt Art 32 DSGVO angemessene technische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherheit der Verarbeitung, etwa Verschlüsselung, Zugriffsbeschränkungen und Protokollierung. Insgesamt ist damit sicherzustellen, dass die Verarbeitung personenbezogener Energiedaten transparent, zweckgebunden und sicher erfolgt.

Verordnung über künstliche Intelligenz (EU) 2024/1689 (KI-VO)²

KI-gestützte Wärmebedarfsprognosen und Betriebsoptimierungssysteme fallen unter die KI-VO und gelten, sofern sie lediglich der Analyse und Optimierung dienen, keine automatisierten Entscheidungen treffen und die Verantwortung bei menschlichen Personen liegt, als Systeme mit begrenztem Risiko. Es gelten Transparenz-, Dokumentations- und Schulungspflichten.

NIS-2-Richtlinie³

<https://www.nis.gv.at/fragen-und-antworten/nis-2-richtlinie/allgemeine-informationen-zu-nis-2.html>

Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWG)⁴

Unterstützt das Ziel, den Gebäudesektor bis 2040 klimaneutral zu gestalten;

Abstimmung mit den Vorgaben des EWG bei der Wärmeplanung (zB Infrastrukturplanung);

Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 – EIWOG 2010⁵

Datenformat- und VerbrauchsinformationsdarstellungsVO 2012 – DAVID-VO 2012⁶

Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung – IME-VO⁷

Vorgaben zu Netzzugang;

Netzstabilität, Prognosepflichten und Abweichungsabwicklung;

KI muss Einspeiseprognosen netzdienlich optimieren;

Anforderungen an Markttransparenz; Förderung erneuerbarer Energien;

Anforderungen an Monitoring, Prognosequalität, Messung

Diese Angaben stellen keine abschließende rechtliche Beurteilung dar. Sie dienen ausschließlich der allgemeinen Orientierung. Insbesondere können, abhängig vom konkreten Sachverhalt und der detaillierten Ausgestaltung der jeweiligen Use Cases, weitere rechtliche Regelungen einschlägig sein.

¹ Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), ABl L 2016/119, 1.

² Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 und (EU) 2019/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU, (EU) 2016/797 und (EU) 2020/1828 (Verordnung über künstliche Intelligenz), ABl L 2024/1689, 1.

³ Richtlinie (EU) 2022/2555 des Europäischen Parlaments und Rates vom 14. Dezember 2022 über Maßnahmen für ein hohes gemeinsames Cybersicherheitsniveau in der Union, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 910/2014 und der Richtlinie (EU) 2018/1972 sowie zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2016/1148 (NIS-2-Richtlinie), ABl L 2022/333, 80.

⁴ Bundesgesetz über die erneuerbare Wärmebereitstellung in neuen Baulichkeiten (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWG) BGBl I 2024/8.

⁵ Bundesgesetz, mit dem die Organisation auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft neu geregelt wird (Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 – EIWOG 2010) BGBl I 2010/110.

⁶ Verordnung des Vorstands der E-Control, mit der die Anforderungen an die Datenübermittlung von Netzbetreiber zu Lieferant und die Verbrauchsinformationen an die Endkunden festgelegt werden (Datenformat- und VerbrauchsinformationsdarstellungsVO 2012 – DAVID-VO 2012) BGBl II 2012/313.

⁷ Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend, mit der die Einführung intelligenter Messgeräte festgelegt wird (Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung – IME-VO) BGBl II 2012/138.

