



FEL-Auslandsstipendium Cosima Wörle

Dekarbonisierung und Digitalisierung in der Fernwärme

Schweden

Stipendiatin/Autorin: **Cosima Wörle**

Datum/Stand: **November 2025**

Allgemein

Stand Energiewende

Schweden verfolgt eine der ambitioniertesten Energiewende-Strategien Europas. Bis 2045 will das Land klimaneutral sein; gesetzlich verankerte Zwischenziele, ein Klimagesetz und ein Klimapolitikrat geben dafür den Rahmen vor. Das Energiesystem ist heute schon stark dekarbonisiert: Schweden gehört mit rund zwei Dritteln Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch zu den EU-Spitzenreitern, insbesondere dank Wasserkraft, Bioenergie und Wind (Eurostat, 2024; Government Offices of Sweden, 2021; Government of Sweden / UNFCCC, 2020).

Die Stromerzeugung ist nahezu vollständig fossilfrei und basiert im Wesentlichen auf Wasserkraft, Kernkraft und einem rasch wachsenden Windkraftanteil; Solarenergie ergänzt das Portfolio. Dieses saubere Stromsystem ist die Basis für die weitere Elektrifizierung von Industrie, Wärmeversorgung und Verkehr. In der Industrie werden mit Programmen wie „Industriklivet“ und der Initiative „Fossil Free Sweden“ Projekte zu grünem Stahl und wasserstoffbasierten Prozessen vorangetrieben (Swedish Energy Agency, o. J.; Government of Sweden / UNFCCC, 2020).

Im Verkehrssektor hat Schweden einen hohen Anteil an Elektrofahrzeugen und Biokraftstoffen, steht aber durch jüngste Rücknahmen einzelner Klimaschutzmaßnahmen unter Druck, seine anspruchsvollen Ziele für 2030 zu erreichen. Zentrale Herausforderungen der kommenden Jahre sind der beschleunigte Ausbau von erneuerbarer Erzeugung und Kernenergie, der zügige Netzausbau, schnellere Genehmigungen – insbesondere für Windenergieanlagen – sowie die Sicherstellung niedriger Energiepreise und gesellschaftlicher Akzeptanz (Government Offices of Sweden, 2021).

Status quo: Voraussetzungen für die Digitalisierung der Energiewende

Technische Voraussetzungen

- Nahezu 100 Prozent Rollout intelligenter Stromzähler (Automatic/Smart Metering) seit 2009, zweiter Rollout mit erweiterten Funktionen (höhere zeitliche Auflösung, bessere Kommunikations-schnittstellen) (IEA-ISGAN, 2021; Rajaguru, 2022)
- Hoher Digitalisierungsgrad der Netzinfrastuktur: Smart Grids, automatisierte Netzführung, Fernwirktechnik; geförderte Projekte zur Netzdigitalisierung (z. B. Blixt, Digitalisierung bei Svenska kraftnät) (Blixt, 2020; Metria, 2025; Hitachi Energy, 2024)
- Gut ausgebauter Breitband- und Mobilfunknetze sowie nationale Digitalentwicklungsstrategie als Basis für Datenplattformen, digitale Zwillinge und

Politische Voraussetzungen

- Gesetzlich verankertes Ziel der Klimaneutralität bis 2045 sowie Energie- und Klimagesetze, die Elektrifizierung und Effizienz als zentrale Säulen der Energiewende fest schreiben (Government Offices of Sweden, 2021; Government of Sweden / UNFCCC, 2020)
- Nationale Strategien für Digitalisierung und „Twin Transition“ (Verknüpfung von digitalem Wandel und Dekarbonisierung), die Kommunen, Regionen und Behörden eine gemeinsame Stoßrichtung vorgeben (Government of Sweden / UNFCCC, 2020; European Commission, 2025)
- Klare Regulierung intelligenter Messsysteme (Pflicht zur regelmäßigen Messung, Mindestfunktionen für Smart Meter) und Aufsicht durch die Energimarknadsinspektion



- Echtzeit-Monitoring im Energiesystem (European Commission, 2025; Business Sweden, 2024)
- Vielzahl an Forschungs- und Pilotprojekten zu Digitalisierung, KI und Energieeffizienz in Industrie und Energiewirtschaft (Swedish Energy Agency, AI Sweden, RISE u. a.) (Swedish Energy Agency, o. J.; IEA DHC, 2024)
- Breitband und digitale Kompetenz: sehr hohe digitale Durchdringung in Bevölkerung und Infrastruktur (European Commission, 2025; McKinsey & Company, 2024)

- tionen, wodurch Datenverfügbarkeit und -qualität gesichert werden (Government Offices of Sweden, 2021)
- Öffentliche Förderprogramme für Netzdigitalisierung, Innovation und Reallabore, EU-Programme zur Digitalisierung des Energiesystems (European Commission, 2025; IEA DHC, 2024)
- Starke Rolle staatlicher und kommunaler Akteure (Netzbetreiber, Versorger, Kommunen) bei Planung, Umsetzung und Finanzierung digitaler Energiewende-Projekte (Government Offices of Sweden, 2023; Länsstyrelserna, 2022)
- Politische Institutionen (Vinnova, Energimyndigheten – Swedish Energy Agency): hohe Innovationsförderung über Institutionen (Swedish Energy Agency, o. J.; Business Sweden, 2024)

Welche Faktoren sind für die Energiewende bzw. die Digitalisierung des Energiesektors förderlich und welche nicht?

Förderlich

- Hohe digitale Reife: Schweden zählt zu den digital führenden Ländern Europas mit flächendeckender Glasfaser- und 5G-Infrastruktur, die eine vernetzte Energieversorgung ermöglicht (European Commission, 2025; Business Sweden, 2024).
- Politischer Rückhalt und Förderprogramme: Staatliche Strategien wie die Digital Decade sowie Initiativen der Swedish Energy Agency und der Vinnova unterstützen Digitalisierungsprojekte im Energie- und Gebäudesektor (European Commission, 2025; Swedish Energy Agency, o. J.).
- Forschungs- und Innovationskultur: Enge Kooperationen zwischen Industrie, Universitäten (z. B. KTH, Lund, Luleå, Linköping) und Kommunen fördern praxisnahe Entwicklungen im Bereich Smart Grids, Wärmenetze und KI-Anwendungen (IEA DHC, 2024; Jansson & Trygg, 2024).
- Hohe gesellschaftliche Akzeptanz digitaler Technologien: Eine digital affine Bevölkerung erleichtert die Einführung neuer Anwendungen wie Smart Metering oder Energieplattformen (European Commission, 2025; McKinsey & Company, 2024).
- Fokus auf Nachhaltigkeit: Digitalisierung wird gezielt genutzt, um CO₂-Emissionen zu senken und die Energieeffizienz zu steigern (Government Offices of Sweden, 2021; IEA DHC, 2024).

Nicht förderlich

- Fehlende Standardisierung: Unterschiedliche Systeme und Datenformate erschweren die Integration über Sektoren hinweg (IEA DHC, 2024).
- Fragmentierte Zuständigkeiten: Energieversorgung, kommunale Planung und Gebäudemanagement sind oft organisatorisch getrennt (Länsstyrelserna, 2022; Government Offices of Sweden, 2023).
- Datenschutz und Dateneigentum: Rechtliche Unsicherheiten behindern die sektorübergreifende Datennutzung (IEA DHC, 2024).
- Investitionsbedarf: Der digitale Umbau bestehender Infrastrukturen und Netze ist kostenintensiv und erfordert langfristige Strategien (Energiföretagen Sverige, 2023; Forsberg, 2025).
- Ungleichmäßige Umsetzung: Während Großstädte stark digitalisiert sind, hinken ländliche Regionen bei der Energie-Digitalisierung teils hinterher (European Commission, 2025).

Allgemeine Digitalisierungstrends in Schweden



Schweden gilt als Vorreiter der digitalen Transformation. Eine nahezu flächendeckende 5G- und Glasfaserinfrastruktur ermöglicht datengetriebene Innovationen in Wirtschaft und Verwaltung (European Commission, 2025; Business Sweden, 2024). Zentrale Trends sind der Einsatz von KI, Automatisierung und Datenanalyse, insbesondere in den Bereichen Industrie, Energie und Fintech (McKinsey & Company, 2024; ProductDock, 2025). Ein starkes Start-up-Ökosystem treibt grüne und digitale Technologien voran (Tech.eu, 2025; Business Sweden, 2024). Mit dem „Digital Decade“-Programm investiert Schweden rund 3,5 Milliarden Euro in die vollständige digitale Vernetzung und Nachhaltigkeit bis 2030 (European Commission, 2025).

Dekarbonisierung und Digitalisierung in der Fernwärme

Neue Trends zur Dekarbonisierung und Digitalisierung in der Fernwärme

Schweden hat im Wärmesektor einen zielstrebigen Dekarbonisierungspfad eingeschlagen. Die Fernwärme leistet hierbei einen zentralen Beitrag, indem sie ca. ein Drittel der Wohngebäude in Schweden versorgt (in städtischen Gebieten ist der Anteil deutlich höher) und heute überwiegend aus Bioenergie in KWK-Anlagen gewonnen wird. Parallel dazu sind Wärmepumpen stark verbreitet und inzwischen in fast der Hälfte aller Haushalte installiert. Fossile Heizsysteme sollen bis 2040 vollständig durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Durch politische Maßnahmen wie Renovierungsstrategien, Effizienzstandards und Förderprogramme wird die Energiewende zusätzlich fokussiert. Aktuelle Herausforderungen bestehen darin, bezahlbare Fernwärmepreise sicherzustellen und den zusätzlichen Strombedarf durch den weiteren Ausbau von Wärmepumpen durch Effizienzmaßnahmen zu begrenzen (IEA DHC, 2024; Government Offices of Sweden, 2021; Government of Sweden / UNFCCC, 2020).

Datenbasierte Prognosen und Machine-Learning-Projekte

In Schweden werden datenbasierte Prognosen des Wärmeverbrauchs bislang vor allem in Forschungs- und Demonstrationsprojekten eingesetzt, in denen bereits reale Betriebs- und Verbrauchsdaten verwendet werden. Diese Projekte wie etwa an den Universitäten Lund, Luleå und Linköping oder im Fernwärmennetz Karlshamn erproben den Nutzen von Machine-Learning-Methoden zur Lastprognose, Effizienzsteigerung und Betriebsoptimierung (Jansson & Trygg, 2024; Carlsson & Olofsson, 2024; IEA DHC, 2024; Kalogirou & Åberg, 2023).

Der zentrale Trend liegt jedoch in der zunehmenden Digitalisierung der gesamten Wärmeinfrastruktur. Fernwärmennetze, Hausstationen und Gebäude werden zunehmend mit Sensorik und Smart Metering ausgestattet, wodurch eine durchgängige Datenerfassung von der Erzeugung über die Verteilung bis zum Endverbrauch möglich wird. Diese Vernetzung bildet die Grundlage für die plattformübergreifende Datenintegration. Dies ist ein entscheidender Schritt, um datengetriebene Prognosen künftig in die Praxis zu überführen (IEA DHC, 2024).

Schweden entwickelt sich damit zu einem digitalen Vorreiter im Wärmesektor, in dem Forschung und Industrie gemeinsam den Übergang von experimentellen Prognosen hin zu operativ nutzbaren, intelligenten Systemen vorbereiten (Jansson & Trygg, 2024; IEA DHC, 2024).

Welche Faktoren sind für die Dekarbonisierung und Digitalisierung in der Fernwärme förderlich und welche nicht?

Förderlich

- Use Cases aus Forschung und Industrie fördern den Wissenschaftstransfer: Zum Beispiel wurde in Südschweden eine großskalige Analyse von 1.222 Gebäuden durchgeführt, um mittels datengetriebener Clusterverfahren typische Wärmelastmuster zu identifizieren (Jansson & Trygg, 2024; Carlsson & Olofsson, 2024).
- Trend zur Digitalisierung der gesamten Wärmeinfrastruktur: Netzstationen, Substationen und Gebäude

Nicht förderlich

- Fehlende Standardisierung: Unterschiedliche Datenformate und Schnittstellen zwischen Produktion, Verteilung und Endkundensystemen erschweren den Aufbau interoperabler Plattformen (IEA DHC, 2024).
- Begrenzter Routineeinsatz: Die Nutzung von Prognosen und datengetriebenen Anwendungen bleibt auf Forschungs- und Demonstrationsprojekte beschränkt (Jansson & Trygg, 2024; Kalogirou & Åberg, 2023).



- werden zunehmend mit Sensorik, Smart Metering und IoT-Komponenten ausgestattet (IEA DHC, 2024).
- Plattformlösungen zur Vernetzung von Produktions-, Verteilungs- und Verbrauchsdaten werden etabliert – über Systeme, die Daten von der Wärmequelle bis zum Endkundenprofil integrieren (IEA DHC, 2024).
- Datenschutz und Eigentum: Rechtliche Unsicherheiten hinsichtlich der Nutzung von Endkundendaten bremsen die Integration gebäude- und nutzerbezogener Informationen (IEA DHC, 2024).

Wichtige Akteure

Anlaufstellen für Energie und Digitalisierung in Schweden

Vinnova Sweden's Innovation Agency

E.ON Sverige AB

Vattenfall AB

Swedish Energy Agency

RISE Research Institutes of Sweden

AFRY AB (Engineering, Consulting und Techunternehmen)

Referenzen

1. Blixt (2020): Energy Breakthrough! Blixt granted funding by the Swedish Energy Agency to develop digital circuit breaker technology. Aufgerufen von <https://blixt.tech/blixt-gets-e1-1m-grant/>
2. Business Sweden (2024): Digital technologies – Industry overview. Aufgerufen von <https://www.business-sweden.com/industries/digital-technologies/>
3. Carlsson, M., & Olofsson, T. (2024): Data-driven district heating demand prediction in Sweden: A case study using neural networks. Energy and Buildings, 315, 113055. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113055>
4. Energiföretagen Sverige (2023): Ny rapport: Så möter vi Sveriges elbehov 2045. Pressemitteilung, 15.02.2023
5. European Commission (2025): Digital Decade Country Report – Sweden 2025. Brussels: Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. Aufgerufen von <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/sweden-2025-digital-decade-country-report>
6. Eurostat (2024): Renewable energy statistics (Statistics Explained). Übersicht zu erneuerbaren Energien in der EU; Schweden mit rund zwei Dritteln (66 %) erneuerbarem Anteil am Bruttoendenergieverbrauch an der EU-Spitze. Aufgerufen von [Renewable energy statistics – Statistics Explained – Eurostat](#)
7. Forsberg, B. (2025): Effektivare elnät skulle spara Sverige miljarder. Svenska Dagbladet, 24./25.06.2025
8. Government Offices of Sweden (2021): Sweden's climate policy framework. Offizielle Darstellung des Klimarahmens mit Klimagesetz, Klimapolitikrat und Ziel der Netto-Null-Emissionen bis 2045. Aufgerufen von [Sweden's climate policy framework – Government.se](#)
9. Government Offices of Sweden (2023): Regeringens klimathandlingsplan – hela vägen till nettonoll. Government Communication 2023/24:59
10. Government of Sweden / UNFCCC (2020): Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions. Langfriststrategie mit Ausführung der Ziele bis 2045 und Einordnung von Effizienz, Elektrifizierung und erneuerbaren Energien. Aufgerufen von [Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions](#)
11. Hitachi Energy (2024): Hitachi Energy to help Sweden's transmission grid increase power capacity. Pressemitteilung, 18.11.2024
12. IEA-ISGAN (2021): Metering as an Enabler for Consumer-Focused Flexibility – Case Studies from Sweden. International Energy Agency / ISGAN Annex 6
13. International Energy Agency – District Heating and Cooling (IEA DHC) (2024): Smart district heating in Nordic countries: Digitalization and forecasting trends. Paris: IEA Publications
14. Jansson, F., & Trygg, L. (2024): Forecasting heat demand in district heating systems using machine learning approaches. Energies, 17(17), 4369. <https://doi.org/10.3390/en17174369>



15. Kalogirou, S. A., & Åberg, M. (2023): Long-term hourly district heat demand forecasting of a commercial building using neural networks. *Applied Energy*, 344, 120312. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120312>
16. Länsstyrelserna (2022): Lokal och regional klimatomställning – underlag inför klimatpolitisk handlingsplan 2023. Bericht der County Administrative Boards
17. McKinsey & Company (2024): An SEK 850 billion digital opportunity for Sweden. Stockholm: McKinsey Digital. Aufgerufen von <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/An%20SEK%20850%20billion%20digital%20opportunity%20for%20Sweden/An-SEK-850-billion-opportunity-for-Sweden.pdf>
18. Metria AB (2025): Svenska kraftnät streamlines land management with digital tool. Metria Knowledge Article
19. ProductDock (2025): Digitalization in Sweden: Finance and technology trends. Aufgerufen von <https://productdock.com/digitalization-sweden-finance-2025-trends/>
20. Rajaguru, R. (2022): Consumers' perspective on smartness compliance of electricity meters in Sweden. In: BIR Workshops 2022, CEUR-WS, Vol. 3223
21. Swedish Energy Agency: The Industrial Leap (Industriklivet). Programmübersicht zu Industriklivet, Förderung von dekarbonisierenden Industrieprojekten (z. B. grüner Stahl, Wasserstoffprozesse). Aufgerufen von [The Industrial Leap](#)
22. Tech.eu. (2025): Building the future: Sweden's thriving tech ecosystem. 13.02.2025. Aufgerufen von <https://tech.eu/2025/02/13/building-the-future-swedens-thriving-tech-ecosystem/>



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

KONTAKT

Jana Hammerer
Expertin Digitale Technologien

Tel.: +49 30 66 777-825
E-Mail: jana.hammerer@dena.de

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

www.dena.de | www.future-energy-lab.de

Stand 11/2025
Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.