

# Abschlussarbeit - Bestimmung des CO<sub>2</sub> Fußabdrucks von ML Methoden im Energiesektor

Marcel Arpogaus

October 1, 2021

## 1 Kontext

Im Forschungsprojekt AI4Grids sollen Machine Learning (ML) basierte Algorithmen entwickelt werden, um elektrische Verteilnetze zu planen und eine optimale Integration regenerativer Erzeuger und fluktuierender Lasten im Betrieb zu gewährleisten. Dabei soll u. a. ein Betriebsführungsalgorithmus entwickelt werden, welcher mithilfe von Messdaten eine echtzeitfähige Regelung des Stromnetzes erlaubt. Dieser soll kritische Netzzustände erkennen und passende Gegenmaßnahmen vorschlagen.

Außerdem soll ein ML basierendes Verfahren zur optimalen Platzierung von Mess- und Betriebsmitteln im Stromnetz auf der Verteilnetzebene entwickelt werden. Mit Hilfe dieser neuen Algorithmen sollen der weitere Ausbau der erneuerbaren Energieerzeuger und die für eine sektorübergreifende Energiewende erforderlichen zusätzlichen Lasten, wie Elektroladestationen und Wärmepumpen im Verteilnetz, ohne große Investitionen ermöglicht werden.

## 2 Motivation

Der Energiesektor ist der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen [1]. Daher ist der Übergang zu einer auf erneuerbaren Energien basierenden Energieerzeugung in allen Sektoren das anspruchsvollste Ziel auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft [2]–[4]. Mit der zunehmenden Einspeisung erneuerbarer Energiequellen steigen die Schwankungen im Netz und die Elektrifizierung der Sektoren Mobilität und Wärme führt zu höheren Lastspitzen. Für eine zuverlässige Integration erneuerbarer Energiekapazitäten ohne das Risiko von Stromausfällen müssen Stromnetze daher deutlich flexibler und anpassungsfähiger werden, um Erzeugung, aktive Nachfrage und Energiespeicherung in Echtzeit auszugleichen [5].

Viele aktuelle Studien [5]–[7] kamen zu dem Schluss, dass ML-Technologien ein hohes Potenzial haben, bei der Erreichung der anspruchsvollen Ziele im Energiesektor beizutragen. Einerseits eröffnen sich so neuartige Möglichkeiten Lasten zu verteilen, Fehler zu erkennen und die Energieeffizienz im Netz zu steigern [8], [9], gleichzeitig bergen jene aber auch das Risiko, den Gesamtenergiebedarf zu erhöhen, da sie eine aufwändige Sensorinfrastruktur und rechenintensive Datenverarbeitung erfordern [10]. Solange der zusätzliche Energiebedarf nicht höher ist als das Einsparpotential, kann ML die Schlüsseltechnologie sein, um die Komplexität zu bewältigen, die mit einer dezentral integrierten Energiewende einhergeht. Obwohl ML-Anwendungen im Energiesektor zu einem aufstrebenden Forschungsthema geworden sind, sind Veröffentlichungen über deren Energieeffizienz kaum zu finden.

## 3 Zielsetzung

Zu Beginn der Abschlussarbeit soll zunächst ein Überblick über die geplanten Methoden und Anwendungen von KI im Projekt AI4Grids gesammelt werden. Schließlich soll nach Möglichkeiten gesucht werden, die während der Entwicklung und des Betriebs durch die Nutzung der Messmittel und Computer Infrastruktur emittierten Treibhausgase in CO<sub>2</sub>-eq abzuschätzen. Falls möglich soll hier der komplette Lebenszyklus der verwendeten Geräte von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung betrachtet werden, insbesondere sind aber die durch die Rechenzeit entstandenen Emissionen von Interesse. Abschließend sollen die Emissionen mit einem Szenario, welches ohne ML-Methoden auskommt, verglichen werden. Das Ziel der Abschlussarbeit ist es, mit der so gewonnenen Erkenntnissen das CO<sub>2</sub> Einsparpotential durch die entwickelten Algorithmen abzuschätzen.

## References

- [1] World Resources Institute, *World greenhouse gas emissions in 2016*, 2020. [Online]. Available: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2016>.
- [2] T. Bründlinger, J. E. König, O. Frank, D. Gründig, C. Jugel, P. Kraft, O. Krieger, S. Mischinger, D. P. Prein, H. Seidl, S. Siegemund, C. Stolte, M. Teichmann, J. Willke, and M. Wolke, “Dena-Leitstudie integrierte energiewende. Impulse für die gestaltung des energiesystems bis 2050,” Deutsche Energie-Agentur, Tech. Rep., Jul. 2018. [Online]. Available: <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/dena-analyse-kuenstliche-intelligenz-fuer-die-integrierte-energiewende/> (visited on 11/07/2019).
- [3] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*. Routledge, Mar. 2016, ISBN: 978-1-315-76943-1. DOI: 10.4324/9781315769431. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315769431> (visited on 11/13/2019).
- [4] J. Rockström, O. Gaffney, J. Rogelj, M. Meinshausen, N. Nakicenovic, and H. J. Schellnhuber, “A roadmap for rapid decarbonization,” en, *Science*, vol. 355, no. 6331, pp. 1269–1271, Mar. 2017, ISSN: 0036-8075, 1095-9203. DOI: 10.1126/science.aah3443. [Online]. Available: <https://science.sciencemag.org/content/355/6331/1269> (visited on 11/14/2019).
- [5] L. Vogel, P. Richard, M. Brey, S. Mamel, and K. Schätz, “Künstliche intelligenz für die integrierte energiewende,” Deutsche Energie-Agentur, Tech. Rep., Sep. 2019. [Online]. Available: <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/dena-analyse-kuenstliche-intelligenz-fuer-die-integrierte-energiewende/> (visited on 11/07/2019).
- [6] D. L. Einhellig, M. Herrmann, J. Kappl, O. Stumpp, and D. K. Zech, “Smart grid studie 2019: Netzdienliche leistungen über smart metering,” Deloitte, Tech. Rep., May 2019. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/energy-and-resources/articles/smart-grid-studie-2019.html> (visited on 12/02/2019).
- [7] G. Zinke, “Anwendung künstlicher Intelligenz im Energiesektor,” de, Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Tech. Rep., May 2019, p. 26. [Online]. Available: <https://vdivde-it.de/de/publikation/anwendung-kuenstlicher-intelligenz-im-energiesektor>.
- [8] B. Yildiz, J. I. Bilbao, J. Dore, and A. B. Sproul, “Recent advances in the analysis of residential electricity consumption and applications of smart meter data,” en, *Applied Energy*, vol. 208, pp. 402–427, Dec. 2017, ISSN: 0306-2619. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.10.014. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917314265> (visited on 12/06/2019).
- [9] Y. Wang, Q. Chen, T. Hong, and C. Kang, “Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, no. 3, pp. 3125–3148, May 2019, ISSN: 1949-3061. DOI: 10.1109/tsg.2018.2818167.
- [10] D. Rolnick, P. L. Donti, L. H. Kaack, K. Kochanski, A. Lacoste, K. Sankaran, A. S. Ross, N. Milojevic-Dupont, N. Jaques, A. Waldman-Brown, A. Luccioni, T. Maharaj, E. D. Sherwin, S. K. Mukkavilli, K. P. Kording, C. Gomes, A. Y. Ng, D. Hassabis, J. C. Platt, F. Creutzig, J. Chayes, and Y. Bengio, “Tackling Climate Change with Machine Learning,” en, *arXiv:1906.05433 [cs, stat]*, Nov. 2019. arXiv: 1906.05433 [cs, stat]. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1906.05433> (visited on 12/02/2019).