

Masterarbeit

KI-basierte Netzplanung für regionale und lokale Mobilfunknetze mittels Reinforcement Learning

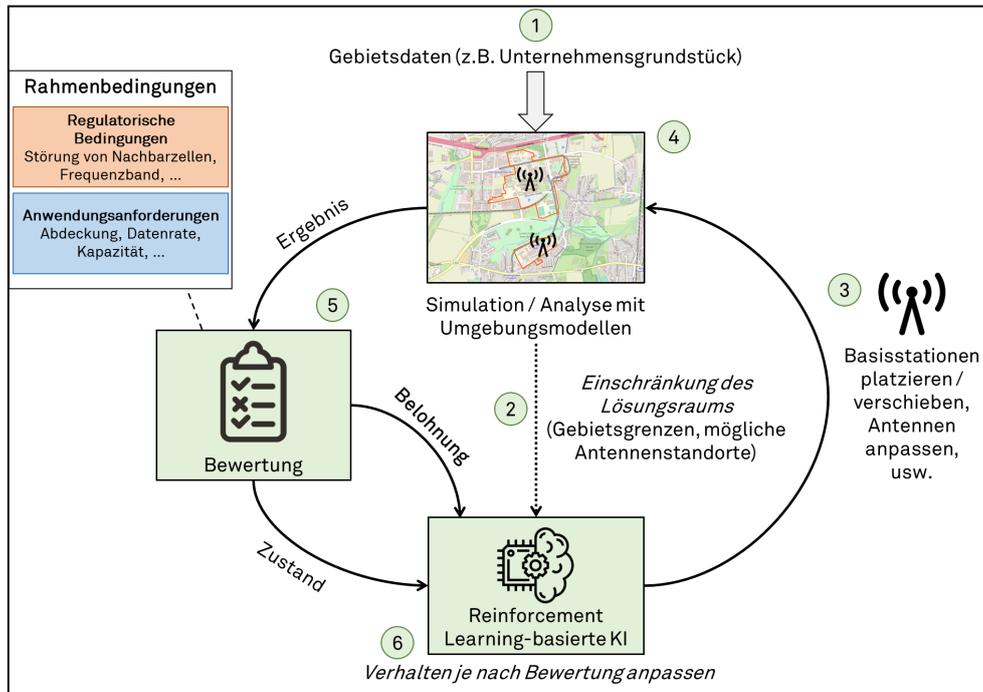


Abbildung 1: Benötigte Schritte bei der Realisierung einer KI-basierten Netzplanung mittels Reinforcement Learning

Die fünfte Generation der Mobilfunknetze (5G) fokussiert sich im Gegensatz zu ihren Vorgängern weniger auf Endnutzer und stärker auf die industrielle Kommunikation [1]. So soll 5G es ermöglichen, die hohen Datenraten- und Latenzanforderungen zu erfüllen, die beispielsweise für die sichere Steuerung von Energienetzen oder Produktionsanlagen benötigt werden [2]. Dementsprechend kommt bei vielen Unternehmen der Wunsch auf, 5G zu nutzen, da klassische Technologien wie IEEE 802.11 (WLAN oder Wi-Fi) diese Anforderungen nicht erfüllen können. Dies ist hauptsächlich der Tatsache geschuldet, dass Wi-Fi in einem unlizenziierten Frequenzband betrieben wird (z.B. ISM-Band bei 2.4GHz) und dementsprechend die eigenen Netze konstant Störungen durch andere Basisstationen ausgesetzt sind. Hinzu kommt, dass Datenraten- oder Latenzgarantien sehr eingeschränkt umgesetzt werden können. Ähnliches gilt für die Nutzung bereits bestehender, öffentlicher 4G bzw. 5G-Mobilfunknetze, da diese durch die hohe Anzahl von Endnutzern stark in der Kapazität und in der Fähigkeit, Dienstgütegarantien einzuhalten, eingeschränkt sind.

Dementsprechend wäre es wünschenswert, in einem kontrollierten Frequenzband exklusiv eigene, dedizierte Mobilfunknetze zu betreiben. Erst kürzlich wurde hierzu von der deutschen Bundesnetzagentur die Erlaubnis für den Betrieb regionaler und

lokaler Netze angekündigt. Die Vergabe der technologieneutralen Frequenzen von 3,7-3,8GHz wird damit auch für Unternehmen möglich, die bisher nicht im Telekommunikationssektor aktiv waren, jedoch einen starken Vernetzungsbedarf für ihre Produktionsanlagen haben. Laut der Verwaltungsvorschrift der Bundesnetzagentur für den Betrieb lokaler Netze werden dabei bei der Antragsstellung bereits eine vollständige Netzplanung erwartet, dessen Details teilweise nur von Mobilfunkexperten beantwortet werden können [3].

Somit werden Unternehmen vor hohen und bisher unbekanntem Herausforderungen gestellt, da diese meist über keinerlei Mobilfunkexpertise verfügen. Eine mögliche Lösung hierfür ist es, Künstliche Intelligenz (KI)- bzw. Machine Learning (ML)-basierte Systeme zu entwickeln, die insbesondere bei 5G stärker zum Einsatz kommen sollen [4]. Hierzu ist in Abbildung 1 eine mögliche KI-basierte Netzplanung auf Basis von Reinforcement Learning dargestellt. Die allgemeine Funktionsweise kann durch die abgebildeten Schritten 1 – 6 beschrieben werden, deren Implementierung und Analyse die zu erarbeitenden Kernaspekte dieser Abschlussarbeit darstellt:

1. **Gebietsdaten definieren:** In den meisten Fällen handelt es sich dabei um ein Unternehmensgrundstück oder Universitätscampus.
2. **Einschränkung des Lösungsraumes:** Um die Rechenzeit der KI zu beschleunigen, können einige Einschränkungen und Grenzen definiert werden. Beispielsweise können keine Basisstationen inmitten von Straßen gesetzt werden, sodass die KI diese Gebiete von vornherein nicht in Betracht zieht. Bevorzugte Orte sind beispielsweise hohe Gebäudedächer.
3. **Basisstationen platzieren:** Zunächst wählt die KI zufällige, initiale Basisstationsstandorte.
4. **Simulation / Analyse mit Umgebungsmodellen:** Die Qualität des durch die zunächst zufällig ausgewählten Basisstationen aufgespannten Mobilfunknetzes werden in einer simulativen oder analytischen Berechnung evaluiert. Dabei werden passende Kanal- und Umgebungsmodelle verwendet (z.B. 3D-Modell in einer Raytracing-Simulation).
5. **Bewertung:** Das Ergebnis der Evaluation wird mittels eines Bewertungsmodells eingeschätzt. Zum Einsatz kommen hierbei Rahmenbedingungen, die sowohl regulatorische als auch anwendungsspezifische Bedingungen einschließen. Am Ende wird eine Bewertung in Form einer Belohnung (z.B. Punktzahl) und der Zustand des Systems an die KI weitergegeben.
6. **Verhaltensanpassung:** Die KI entscheidet auf Grundlage der vergebenen Belohnung und des Systemzustandes über ihr vorheriges Verhalten und passt diese gegebenenfalls mehr oder weniger an, um die Punktzahl noch weiter zu erhöhen. Dabei können zum Beispiel die Standorte der Basisstationen verschoben oder eventuell andere Antennen gewählt werden. Danach beginnt der Ablauf wieder bei Schritt 3 und wird fortgesetzt, bis eine maximale Belohnung erhalten wurde.

Voraussetzungen:

- Grundverständnis von Kommunikationsnetzen- und -protokollen
- Wünschenswert: Programmierkenntnisse in C++ und Python

[1] C. Johnson, 5G New Radio in Bullets, 1st ed. Farnham, England: Independently published, 2019.

[2] 3GPP, "Policy and charging control architecture," 3rd Generation Partnership Project (3GPP), TS 23.203, Release 15.4, Tech. Rep., Sep. 2018.

[3]: Bundesnetzagentur, "Regionale und lokale Netze. Frequenzen für das Betreiben regionaler und lokaler drahtloser Netze zum Angebot von Telekommunikationsdiensten", 2019. [Online]. Available: www.bundesnetzagentur.de/lokalesbreitband

[4]: M. Elsayed and M. Erol-Kantarci, "AI-Enabled Future Wireless Networks: Challenges, Opportunities, and Open Issues," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 14, no. 3, pp. 70-77, Sept. 2019.

[5] CEPT ECC (Electronic Communications Committee), "CEPT Report 67 to develop harmonized technical conditions for spectrum use in support of the introduction of next-generation (5G) terrestrial wireless systems in the Union", 2018. [Online]. Available: <https://www.ecodocdb.dk/download/561367fd-1ac6/CEPT%20Report%2067.pdf>

[6]: CEPT ECC (Electronic Communications Committee), "ECC Report 296. National Synchronization regulatory framework options in 3400-3800 MHz: a toolbox for coexistence of MFCNs in synchronised, unsynchronised and semi-synchronised operation in 3400-3800 MHz", 2019. [Online]. Available: <https://www.ecodocdb.dk/download/19d5a467-c234/ECC%20Report%20296.pdf>