

Prof. Dr.med. Wolfram J. Herrmann

Charité – Universitätsmedizin Berlin, Institut für Allgemeinmedizin

Potenzialfelder für den Einsatz Künstlicher Intelligenz in der hausärztlichen Versorgung

1. Was ist KI?	66
2. Ausgangslage der hausärztlichen Versorgung	67
3. Potenzialfeld Intelligentes Benchmarking	69
4. Potenzialfeld Qualitätsmanagement	70
5. Potenzialfeld Aufbereitung von Patientendaten	71
6. Potenzialfeld Notfallinformationen	72
7. Potenzialfeld individuelle Behandlungsempfehlungen	73
8. Potenzialfeld automatisierte Auswertung von Messdaten und Erinnerungen	74
9. Potenzialfeld automatisierte Praxisorganisation	75
10. Potenzialfeld automatisierte Diagnostikauswertungen	76
11. Fazit	77
Referenzen	78

Künstliche Intelligenz (KI) als Unterstützung von Ärzt:innen in der Krankenversorgung macht den einen Angst und den anderen Hoffnung. Neben den möglichen Gefahren ist es wichtig, sich zu überlegen, welche Potenziale KI konkret in der ärztlichen Versorgung bieten könnte. In dem vorliegenden Beitrag skizziere ich daher die Potenzialfelder einer Unterstützung der hausärztlichen Versorgung mittels Anwendungen der KI.

1. Was ist KI?

Der Begriff KI ist nicht streng definiert. Im öffentlichen Diskurs wurde KI vielfach mit Maschinellern Lernen gleichgesetzt. Maschinelles Lernen beschreibt Methoden der Informatik zur Analyse von Daten und insbesondere Vorhersage von Endpunkten. Dabei gehören zum Maschinellern Lernen u.a. klassische statistische Methoden wie Regressionsmodelle, aber auch informatikspezifische Ansätze wie Support Vector Machines und Decision Trees bis hin zu neuronalen Netzen einschließlich Deep Learning, welche am ehesten einer strengeren Definition Künstlicher Intelligenz entsprechen. In der öffentlichen Diskussion der letzten Monate rückte vor allem Natural Language Processing wie ChatGPT in den Vordergrund. Einen gut lesbaren Überblick über die verschiedenen Ansätze bietet Gronwald.¹

1 Gronwald 2023

2. Ausgangslage der hausärztlichen Versorgung

Ich beziehe mich in diesem Artikel auf die Situation der hausärztlichen Versorgung in Deutschland. Die Situation in Österreich ist der deutschen recht ähnlich, daher sind die Folgerungen überwiegend übertragbar.

Zur Anwendung von KI in der hausärztlichen Versorgung gibt es spezielle Umgebungsfaktoren in Deutschland zu beachten: Hausärztliche Praxen in Deutschland sind vergleichsweise klein mit meist ein bis drei Hausärzt:innen und mehreren Medizinischen Fachangestellten. Neben hausärztlichen Praxen gibt es auch zahlreiche weitere Versorger:innen, im ärztlichen Bereich sind dies vor allem andere Spezialist:innen im niedergelassenen Bereich und in der stationären Versorgung. Darüber hinaus sind andere Berufsgruppen wie Ergotherapeut:innen und Pflege in anderen Einheiten tätig wie beispielsweise in ambulanten Pflegediensten oder Ergotherapiepraxen.

Es gibt zahlreiche Anbieter von elektronischen Praxisdokumentationssystemen; diese verfügen zwar theoretisch über eine Minimalschnittstelle, praktisch tauschen diese Systeme jedoch bisher keine Daten untereinander aus. Eine elektronische Patient:innenakte ist in Deutschland bisher noch nicht in der Breite etabliert, soll jedoch bald flächendeckend als Opt-out-Version umgesetzt werden. Dänemark arbeitet bereits seit 2004 erfolgreich mit einer cloudbasierten Lösung, die u.a. Krankengeschichte, Medikationspläne und Diagnosen enthält, und nahezu alle Überweisungen und Rezepte werden digital übermittelt.² In Deutschland gibt es zwar ein elektronisches Rezept, jedoch keine zentrale Datenbank, in der alle Verschreibungen eines Patienten dokumentiert werden wie beispielsweise in Norwegen.³

Während lange eine teilweise elektronische, teilweise papierbasierte Dokumentation in Hausarztpraxen üblich war, erfolgt die Dokumentation von Konsultationen inzwischen in den meisten Hausarztpraxen rein elektronisch, jedoch gibt es keine feste Form der Dokumentation, sondern diese ist häufig sehr individuell gehalten. Die unterschiedlichen Praxisdokumentationssysteme strukturieren die Dokumentation unterschiedlich stark. Darüber hinaus sind häufig individuell unterschiedliche Abkürzungen erhalten, meist noch aus Zeiten der analogen Dokumentation. Ein spezifisch deutscher Aspekt ist, dass Ärzt:innen in Deutschland ungern

2 Berger 2020

3 Hanseth 2017

anderen Einblick in die eigene Dokumentation geben und diese als ihr Eigentum betrachten. International ist die Implementation des Zugriffs von Patient:innen auf ihre Dokumentation üblicher, jedoch unterschiedlich gelungen umgesetzt.⁴

Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Einsatz von KI in der hausärztlichen Versorgung in Deutschland ist die große Anzahl von Arzt-Patienten-Kontakten mit vielen unterschiedlichen Ärzt:innen.⁵ Dadurch fällt eine große Menge an schriftlicher Information in Verbindung mit Abrechnungsziffern, Diagnosen und Laborwerten an, welche zur Auswertung von KI-Anwendungen besonders gut geeignet sind.⁶

Darüber hinaus spielt der zunehmende Mangel an Hausärzt:innen in ganz Europa eine wichtige Rolle in der hausärztlichen Versorgung. Während hausärztliche Unterversorgung mit negativen Outcomes assoziiert ist⁷, besteht eine zentrale Strategie, um den Hausarztmangel zu mitigieren, darin, den Workload von Hausärzt:innen zu verringern, beispielsweise mit Physician Assistants⁸.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich aus meiner Sicht für KI-Anwendungen in der hausärztlichen Versorgung acht Potenzialfelder, welche ich im Folgenden – ergänzt um zwei fiktive Patient:innenbeispiele zur Illustration – skizzieren werde.

4 Essén 2018

5 Herrmann 2017

6 Herrmann 2024

7 Baker 2023

8 Hooker 2012

3. Potenzialfeld Intelligentes Benchmarking

Das kontinuierliche Hinterfragen des eigenen ärztlichen Handelns mit dem Ziel einer besseren Versorgungsqualität gewinnt zunehmend an Bedeutung. Ein wichtiges Instrument ist dabei Benchmarking, d.h. eigene Kennwerte mit den Kennwerten anderer ärztlicher Kolleg:innen in Vergleich zu setzen. In Projekten konnte gezeigt werden, dass Benchmarking die Versorgungsqualität verbessern kann.⁹ Jedoch hat Benchmarking bisher zwei große Nachteile: Es erfolgt mit meist großer Zeitverzögerung, nicht direkt bei entsprechenden Entscheidungen und ohne detaillierte Adjustierung für das eigene Patient:innenklientel. Mit Hilfe von KI-Methoden wäre es möglich, ein aktuelles Benchmarking direkt während der Behandlung von entsprechenden Patient:innen den Hausärzt:innen zu präsentieren und gleichzeitig die Charakteristika des Patient:innenkollektivs der Praxis zu berücksichtigen.

Wenn eine Hausärztin also eine Patientin mit unkompliziertem Harnwegsinfekt in der Sprechstunde behandelt, erkennt dies das KI-basierte Dokumentationssystem automatisch und berichtet der Hausärztin direkt, wie ihre Qualitätsindikatoren aussehen. So zeigt das KI System beispielsweise an, dass sie mehr Fluorchinolone (ein hier nicht geeignetes Antibiotikum, vgl. Schmiemann 2022) bei dieser Indikation in den vergangenen zwölf Monaten verordnet hat als andere Kolleg:innen. Damit kann das Benchmarking direkt in der Konsultation von der Hausärztin genutzt werden, um ihre Behandlung zu verbessern.

9 Mahlkecht 2016, Schmiemann 2023

4. Potenzialfeld Qualitätsmanagement

Eng mit dem intelligenten Benchmarking verbunden sind Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement. Dazu gehören insbesondere automatisierte Warnungen bei potenziell ungeeigneten Verschreibungen. Moderne KI-Algorithmen werden dabei ein komplexeres Zusammenspiel von Risikofaktoren für Warnungen ermöglichen. Damit können sie über bereits bestehende Medikationschecks bei gleichzeitig verschriebenen Medikamenten deutlich hinausgehen. So könnten individuelle Risikoprofile für bestimmte Verschreibungen berechnet und angezeigt werden, um eine informierte Entscheidung von Hausärzt:innen und Patient:innen zu ermöglichen. So kann beispielsweise eine eingeschränkte Nierenfunktion automatisch aus den Laborparametern berücksichtigt werden. Resistenzlagen von Antibiotika könnten regional erkannt werden und angepasst direkt in die Behandlung einfließen.

Wenn wir auf unser Beispiel der Patientin mit akutem Harnwegsinfekt zurückkommen, so erkennt das KI-basierte Dokumentationssystem anhand der Eingaben der Hausärztin, dass es sich hier um eine solche Patientin handelt. Das KI-System kann dann der Hausärztin die aktuelle Resistenzlage in der Region bei vergleichbaren Patient:innen präsentieren. Und sollte die Hausärztin ein Fluorchinolon verschreiben, so kann das KI-System eine Warnung ausgeben und die Hausärztin informieren, so dass diese ihre Entscheidung überdenken kann. Sollte eine Nierenfunktionseinschränkung aufgrund von Laborparametern vorliegen, so wird die Hausärztin auch automatisch auf eine Anpassung der Dosis hingewiesen.

5. Potenzialfeld Aufbereitung von Patientendaten

Eine allgemeine elektronische Patientenakte wie in Dänemark kann in Deutschland aufgrund der vielen Kontakte mit vielen unterschiedlichen Ärzt:innen nicht gut funktionieren.¹⁰ Aufgrund der hohen Anzahl an Kontakten und beteiligten Versorger:innen wäre eine solche elektronische Patient:innenakte in Deutschland eine große unüberschaubare Datenmenge. Es bedarf daher einer durch künstliche Intelligenz gemanagten Patientenakte. Dazu gehören ein problemorientiertes Sortieren der Inhalte, ein intelligentes Suchen und vor allem die automatisierte Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte.

Bei Patient:innen mit komplizierten oder komplexen Erkrankungssituationen liegen zwischen zwei hausärztlichen Besuchen meist mehrere Besuche bei anderen Ärzt:innen und Versorger:innen. Bisher sind Hausärzt:innen auf die nur unzulänglich ankommenden Briefe oder die Berichte von Patient:innen angewiesen.¹¹ Durch KI sind automatisch erstellte kurze Briefings über das seit dem letzten Besuch Geschehene möglich, um schnell über das Wesentliche zu informieren. Gleichzeitig entfällt der Aufwand, mit großem Zeiteinsatz Befunden und Ergebnissen hinterher zu telefonieren.

Kommt also die Patientin mit akutem Harnwegsinfekt mit einem neuen Beratungsanlass wieder, kann die Hausärztin vor dem Gespräch eine kurze Zusammenfassung lesen, wo die Patientin in der Zwischenzeit war und was dort geschehen ist. So bekommt sie beispielsweise in der automatisch erstellten Zusammenfassung berichtet, dass die Patientin bei einer Urologin war und das Antibiotikum dort umgestellt worden war.

10 Herrmann 2024

11 Deselaers 2020

6. Potenzialfeld Notfallinformationen

Solche Zusammenfassungen sind auch im Bereitschaftsdienst und Noteinsatz sehr relevant. Aktuell sind wir als Hausärzt:innen im Bereitschaftsdienst auf die Aussagen von Patient:innen, ihren Verwandten oder mehr oder wenig zufällig vor Ort vorhandenen Entlassungsbriefen angewiesen. Der demographische Wandel mit Änderungen der Familienstruktur bringt es aber mit sich, dass die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass sich ein:e informierte:r Angehörige:r vor Ort befindet. Daher wird es umso wichtiger, direkt die wichtigsten Informationen zu unbekannten Patient:innen zusammengefasst zu bekommen. Dies geht dabei über unflexible Notfallinformationen wie die Blutgruppe hinaus.

In einem zweiten Fallbeispiel kommt ein diensthabender Hausarzt im Bereitschaftsdienst zu einem sehr aufgeregten Patienten mit Dyspnoe (Atemnot). Schnell zeigt sich in der Untersuchung, dass ein tachykardes Vorhofflimmern vorliegt. Der KI-generierte Bericht informiert den Arzt im Bereitschaftsdienst auf einen Blick, dass der Patient eine Koronare Herzerkrankung und eine Herzinsuffizienz bisher im Stadium NYHA I hat und dass diese mit dem Medikament Ramipril behandelt wurde. Der Arzt kann an das KI-System auch konkrete Fragen stellen, die der Patient in der Aufregung nicht beantworten kann, beispielsweise, ob eine Herzklappenerkrankung einmal diagnostiziert wurde. Damit kann die Versorgungsqualität und -effizienz in der Bereitschaftsdienstsituation deutlich gesteigert werden. Sehr gut denkbar sind darüber hinaus Monitoringkonzepte bei ambulant verbleibenden Patient:innen, die mit Wearables ausgestattet werden, welche KI-basiert kontinuierlich ausgewertet werden, um potenziell gefährliche Verläufe zu erkennen (s.u.).

7. Potenzialfeld individuelle Behandlungsempfehlungen

Es gibt bereits grafisch aufbereitete Risikorechner zur gemeinsamen Entscheidungsfindung wie beispielsweise *arriba*.¹² Allerdings erfordern diese die Eingabe von Daten per Hand und berücksichtigen nur eine fixe Anzahl von Parametern, aufbauend auf einem fest programmierten Modell. Zukünftig werden sich diese Modelle flexibel anpassen und kontinuierlich Patientendaten miteinspeisen, um immer besser zu werden. Dabei wird das KI-System die Daten automatisch aus der Dokumentation ziehen können. Die sich daraus ergebenden Risikoberechnungen können den Eigenschaften und Wünschen von Hausärzt:innen und Patient:innen angepasst und aufbereitet werden, beispielsweise automatisch eine Rot-Grün-Schwäche bei der Präsentation von Risiken berücksichtigen. Damit kann KI helfen, Shared Decision Making zu verbessern.

In unserem zweiten Fallbeispiel kommt der Patient nach einem kurzen stationären Aufenthalt zur ambulanten Weiterbehandlung in die Hausarztpraxis. Der Hausarzt konnte vorab eine Zusammenfassung der wesentlichen Ereignisse und diagnostischen Ergebnisse lesen. Gemeinsam soll nun eine Entscheidung darüber getroffen werden, ob und welche Form von Antikoagulation (Blutverdünnung) aufgrund des Vorhofflimmerns erfolgen soll. Dazu berechnet das KI-System automatisch für den Patienten die Risiken für einen thromboembolischen Schlaganfall (als gefährliches Risiko durch das Vorhofflimmern) und wie stark welches Medikament dieses Risiko verringern würde. Gleichzeitig werden Risiken für Blutungen aufgrund der Blutverdünnung berechnet. Da der Patient schlecht sieht, werden die Ergebnisse automatisch in einer passenden großen Schrift und mit passenden Grafiken präsentiert, so dass Hausarzt und Patient gemeinsam leichter eine Entscheidung treffen und das passende Medikament auswählen können.

12 Keller 2012

8. Potenzialfeld automatisierte Auswertung von Messdaten und Erinnerungen

Auch wenn Wearables und telemedizinische Messungen wie beispielsweise automatisierte Waagen bei Herzinsuffizienz an Bedeutung gewonnen haben, werden die deren Messergebnisse bisher noch durch Fachpersonal zentral ausgewertet¹³. Zukünftig kann diese Auswertung automatisiert erfolgen – mit einer Nachricht an die behandelnde Hausarztpraxis, wenn es zu einer relevanten Veränderung kommt. So kann es beispielsweise einen automatisierten Hinweis an die Praxis geben, wenn sich das Gewicht einer Patientin über ihre normale Schwankungsbreite hinaus ändert. Auch kann das Praxisinformationssystem einen Hinweis geben, wenn Muster sich ändern, beispielsweise ein Patient länger als sonst üblich nicht mehr zu einem Termin erschienen ist. Damit kann die Patient:innensicherheit verbessert werden.

In unserem Fallbeispiel wiegt sich der Patient einmal in der Woche und trägt als Wearable eine Uhr, die seinen Puls misst. Die Daten werden an die Praxissoftware übertragen und automatisiert ausgewertet. Sollte es Hinweise auf eine ungewöhnliche Veränderung geben, beispielsweise eine starke Gewichtszunahme über zwei Wochen, erhält das Praxisteam automatisiert einen entsprechenden Hinweis und kann beispielsweise einen Hausbesuch bei dem Patienten planen.

13 Goldberg 2003

9. Potenzialfeld automatisierte Praxisorganisation

Bei einer Tendenz zu größeren Praxiseinheiten steigt auch der Organisationsaufwand. KI-Anwendungen können hier helfen, die Praxisorganisation zu optimieren. So kann eine KI die Hausbesuchsrouten optimiert planen.

Bei unserem Fallbeispiel bekam das Praxisteam einen Hinweis auf das steigende Körpergewicht des Patienten, nach Freigabe durch die Medizinische Fachangestellte wird der Patient automatisch auf die Hausbesuchsliste gesetzt. Das KI-Praxisverwaltungssystem kann nun die ideale Fahrtstrecke planen und welche Utensilien für diese Patienten aufgrund von Vorerfahrungen einzupacken sind. Dabei lernt das System und erstellt für die einzelnen Mitarbeiter:innen individuell angepasste Pläne.

Auch beim Buchen von Terminen können KI-Anwendungen helfen, indem sie die Dringlichkeit von Terminen einschätzen und optimierte Terminplanungen vornehmen. Triage von Patient:innen nach Dringlichkeit mittels Algorithmen und Machine Learning zu unterstützen, wird schon seit einigen Jahren erprobt.¹⁴ Mit zukünftig besser funktionierenden Sprachrobotern kann die Terminvergabe voll automatisiert im Gespräch mit Patient:innen erfolgen. Die schlechte telefonische Erreichbarkeit von Praxen würde damit der Vergangenheit angehören. Die Terminvergabe und Terminplanung kann sich dabei als lernendes System auch nach den Vorlieben der einzelnen Ärzt:innen richten.

¹⁴ Graf von Stillfried 2019

10. Potenzialfeld automatisierte Diagnostikauswertungen

Während einerseits die Möglichkeiten der technischen Diagnostik in der Primärversorgung wachsen und so neben schon lange implementierten technischen Methoden wie EKG vermehrt auch Ultraschall beispielsweise als Point-of-Care-Ultraschall implementiert werden¹⁵, sinkt gleichzeitig die Zeit, welche Hausärzt:innen für Patient:innen zur Verfügung haben. Die technische Diagnostik wie ein Ultraschall ist aber besonders zeitintensiv, während das gemeinsame Gespräch mit dem Erstellen von Behandlungsplänen bei zunehmend chronisch-kranken und komplexen Patient:innen anspruchsvoller wird. Daher werden solche technischen Diagnostiken zunehmen durch nichtärztliches Personal übernommen werden müssen. KI bietet hier die Möglichkeit, die Befunde automatisiert auszuwerten. So wird ein Herzultraschall im Regelfall durch ein KI-System ausgewertet werden können, ebenso wie EKG, aber auch beispielsweise Bilder von Hautbefunden. Die ärztliche Durchführung wird vorrangig für besondere und komplexe diagnostische Befunde vorbehalten sein.

In unserem Fallbeispiel wird der Patient daher einmal im Jahr durch das Praxisverwaltungssystem in die Praxis einbestellt. Eine Medizinische Fachangestellte führt dann bei dem Patienten einen KI-gesteuerten Herzultraschall durch, bei dem die Berechnung von Ejektionsfraktion und Beschreibung von Klappen und Wandbeweglichkeit automatisiert durch die KI erfolgt und dann beim nächsten ärztlichen Gespräch grafisch aufbereitet zur Verfügung steht.

15 Andersen 2019

11. Fazit

KI bietet in der hausärztlichen Versorgung einerseits zahlreiche Möglichkeiten, die Versorgungsqualität zu verbessern. Andererseits ermöglicht KI es den Hausärzt:innen, sich auf die originär hausärztliche Arbeit, also im gemeinsamen Gespräch mit den Patient:innen Diagnosen und Probleme zu bewerten, Entscheidungen zu treffen und Behandlungspläne zu erstellen, zu konzentrieren. KI bietet damit neben anderen Maßnahmen eine Antwort auf den schon eintretenden Mangel an Hausärzt:innen.

Wichtig ist, dass für eine breite Akzeptanz von KI-Lösungen Datenschutzproblematiken gut und pragmatisch gelöst werden können und die Schritte und Prozesse von KI-Lösungen transparent dargelegt und mittels qualitativ guter Studien belegt sind.

Referenzen

- Andersen, C. A., Holden, S., Vela, J., Rathleff, M. S., & Jensen, M. B. (2019). Point-of-care ultrasound in general practice: a systematic review. *The Annals of Family Medicine*, 17(1), 61–69.
- Baker, R., Levene, L. S., Newby, C., & Freeman, G. K. (2023). Does shortage of general practitioners matter? Life expectancy in English general practices. *British Journal of General Practice*.
- Berger, E., Reichebner, C., Eriksen, A., Aurich, H., Kretzler, M., & Busse, R. (2020). Wie digitalisiert ist die Gesundheitsversorgung in Dänemark im Vergleich zu Deutschland?. *Gesundheits-und Sozialpolitik (G&S)*, 74(4-5), 39–48.
- Deselaers, T., Heintze, C., & Herrmann, W. (2020). Die hausärztliche Perspektive auf Arztberichte von Spezialisten. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin*, 96(9), 369–375.
- Essén, A., Scandurra, I., Gerrits, R., Humphrey, G., Johansen, M. A., Kierkegaard, P., ... & Ancker, J. S. (2018). Patient access to electronic health records: differences across ten countries. *Health policy and technology*, 7(1), 44–56.
- Goldberg, L. R., Piette, J. D., Walsh, M. N., Frank, T. A., Jaski, B. E., Smith, A. L., ... & WHARF Investigators. (2003). Randomized trial of a daily electronic home monitoring system in patients with advanced heart failure: the Weight Monitoring in Heart Failure (WHARF) trial. *American heart journal*, 146(4), 705–712.
- Graf von Stillfried, D., Czihal, T., & Meer, A. (2019). Sachstandsbericht: strukturierte medizinische ersteinschätzung in deutschland (smed). *Notfall+ Rettungsmedizin*, 22(7), 578–588.
- Gronwald, KD. (2023). Machine Learning, Deep Learning und Artificial Intelligence. In: Globale Kommunikation und Kollaboration. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39099-0_6
- Hanseth, O., Bygstad, B. (2017). The ePrescription Initiative and Information Infrastructure in Norway. In: Aanestad, M., Grisot, M., Hanseth, O., Vassilakopoulou, P. (eds) Information Infrastructures within European Health Care. Health Informatics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51020-0_6
- Herrmann WJ, Haarmann A, Bærheim A. A sequential model for the structure of health care utilization. *PLOS ONE* 2017; 12(5): e0176657, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176657>
- Herrmann, Wolfram J; Napierala, Hendrik; Henschke, Cornelia; Mendling, Jan. Using digital longitudinal health care data to improve health care quality. In: Herrmann WJ, Leser U, Mäöller S, Voigt-Antons J-N, Gellert P. The Digitalization of Healthcare for Older Adults. Berlin University Press 2024 (in press)

Hooker, R. S., & Everett, C. M. (2012). The contributions of physician assistants in primary care systems. *Health & social care in the community*, 20(1), 20–31.

Keller, H., Krones, T., Becker, A., Hirsch, O., Sönnichsen, A. C., Popert, U., ... & Donner-Banzhoff, N. (2012). Arriba: effects of an educational intervention on prescribing behaviour in prevention of CVD in general practice. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(3), 322–329.

Mahlknecht, A., Abuzahra, M.E., Piccoliori, G. et al. Improving quality of care in general practices by self-audit, benchmarking and quality circles. *Wien Klin Wochenschr* 128, 706–718 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00508-016-1064-z>

Schmiemann G, Greser A, Maun A, Bleidorn J, Schuster A, Miljukov O et al. Effects of a multimodal intervention in primary care to reduce second line antibiotic prescriptions for urinary tract infections in women: parallel, cluster randomised, controlled trial *BMJ* 2023; 383 :e076305 doi:10.1136/bmj-2023-076305

Schmiemann, G., Hoffmann, F., Hamprecht, A., & Jobski, K. (2022). Patterns and trends of antibacterial treatment in patients with urinary tract infections, 2015-2019: an analysis of health insurance data. *BMC primary care*, 23(1), 204. <https://doi.org/10.1186/s12875-022-01816-6>