

Hautarzt 2022 · 73:735–739
<https://doi.org/10.1007/s00105-022-04998-3>
Angenommen: 5. April 2022
Online publiziert: 28. April 2022
© The Author(s), under exclusive licence to
Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2022

Rubrikherausgeber*in
Natalia Kirsten, Hamburg
Alexander Zink, München



Netzwerkanalysen als nützliche Ergänzung konventioneller Statistik

Robert Kaczmarczyk · Sebastian Sitaru · Hannah Wecker · Alexander Zink

Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie, München Rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland

Netzwerkanalysen bezeichnen klassischerweise eine Reihe von Methoden zur Visualisierung und Erforschung von Datensätzen, die Interaktionen in sozialen Netzwerken abbilden. In den letzten Jahrzehnten hat sich ihre Anwendung auf weitere Fachgebiete außerhalb der Sozialwissenschaften ausgeweitet. Mit der folgenden Übersicht sollen ein grundlegendes Verständnis für Netzwerke und deren Analyseverfahren übermittelt sowie praktische medizinische Anwendungsbeispiele aufgezeigt werden.

Das ist neu!

Probleme der konventionellen Statistik

In der konventionellen Statistik werden Hypothesen aufgestellt, die unter anderem mithilfe von Signifikanztests auf ihre Richtigkeit untersucht werden. Dies ist jedoch nur dann sinnvoll möglich, wenn der Untersucher ein grundlegendes Verständnis des zu untersuchenden Sachverstandes besitzt. Empirische Beobachtungen oder auch die deskriptive und explorative Statistik können dafür bei einfachen Datensätzen von Nutzen sein.

In einem einfachen Beispiel bei der Untersuchung von Körpergewicht und -größe könnte die Hypothese, dass größere Menschen generell mehr wiegen, nach empirischer Durchsicht von Patientendaten oder Erfahrungswerten aus der persönlichen Umwelt des Wissenschaftlers aufgenommen sein (Abb. 1a).

I think the next century will be the century of complexity – Stephen Hawking

Im Zuge der „Big Data“-Bewegung und der damit verbundenen Aufzeichnung von immer größer werdenden multidimensionalen Datensätzen in einer wachsenden Anzahl an Fachgebieten zeigt sich immer mehr die Notwendigkeit für eine ergänzende, unkonventionelle Analyse, da darunterliegende, komplexe Interaktionen auch nach tabellarischer Durchsicht nur schwer zu erahnen sind (Abb. 1b). „Big Data“ beschreibt sehr große, unübersichtliche oder schnelllebige Datensätze, die nur sehr schwer mit traditionellen Methoden zu analysieren sind.

Verfahren des maschinellen Lernens nutzen „Big Data“ zum Trainieren von Modellen, um anschließend in neuen, zuvor ungesehenen Daten Vorhersagen zu treffen (Abb. 2). Die Vorteile des maschinellen Lernens im Vergleich zur konventionellen Statistik sind zum einen die Möglichkeit des Einspeisens von beliebigen Datensätzen (Größe, Variablentypen etc.), und zum anderen müssen vorher keine grundlegenden Annahmen und Hypothesen formuliert werden, da die Heuristiken aus den Daten „erlernt“ werden. Lediglich die grundlegende Struktur des maschinellen Algorithmus, z. B. in Form eines neuronalen Netzes, muss zuvor definiert werden.

Das maschinelle Lernen führt jedoch ein neues Problem ein: Die erlernten Heuristiken stellen häufig eine „Black box“ dar und können für Menschen meist nicht verständlich dargestellt werden [1]. Der Be-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

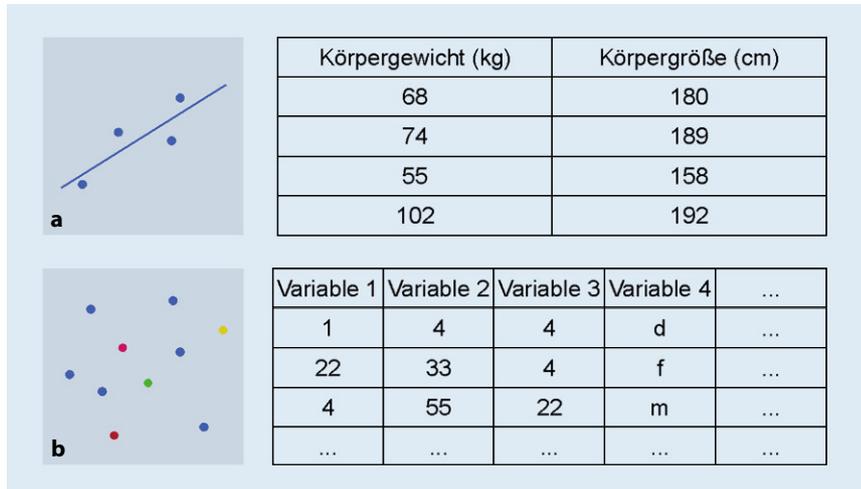


Abb. 1 ▲ Vereinfachter Vergleich der Prinzipien und Datensätze in der konventionellen (a) gegenüber einer unkonventionellen (b) Statistik. a Hypothese am Anfang der konventionellen Analyse (z. B. lineare Regression) → „Je größer der Patient, desto mehr wiegt er.“ b Datenexploration am Anfang der unkonventionellen Analyse (z. B. Netzwerkanalyse) → Agnostische Datenanalyse

griff „Black box“ beschreibt dabei ein System, in dem nur die Ein- und Ausgaben, nicht jedoch die innere Funktionsweise betrachtet werden kann.

Die Anwendung von maschinellem Lernen schließt die konventionelle Statistik keinesfalls aus, sondern sollte eher als Erweiterung des Werkzeugkoffers angesehen werden. Sie kann im zweiten Schritt dazu genutzt werden, neue Hypothesen aufzustellen oder Vorhersagen zu treffen, die im klinischen Alltag erprobt oder mit der konventionellen Statistik überprüft werden können.

Definition

Eine Lösung für das beschriebene Grenzgebiet zwischen konventioneller Statistik und maschinellem Lernen können Verfahren wie die Netzwerkanalyse sein. Im Allgemeinen beschreiben *Netzwerke* Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen einzelnen Akteuren. Die Verbindungen mitsamt Akteuren können in einem sog. *Netzwerkgraphen* dargestellt werden. Je nach verwendetem Layout lassen sich auch Gruppen von eng miteinander in Verbindung stehenden Datenpunkten intuitiv identifizieren, da diese in räumlicher Nähe zueinander dargestellt und farblich kodiert werden können. Die *Netzwerkanalyse* umfasst dabei die Gesamtheit der mathematischen und visuellen Methoden für die

Beschreibung und das Verständnis dieser Netzwerke.

Netzwerke können überall dort genutzt werden, wo sich Zusammenhänge zwischen Datenpunkten zeigen. Auf diese Weise können nicht nur menschliche Beziehungen, sondern auch Datensätze aus unterschiedlichen Bereichen von der Genomanalyse über Proteininteraktionen bis zu Themenschwerpunkten medizinischer Kongresse analysiert werden.

Geschichte der Netzwerkanalysen

Die soziale Netzwerkanalyse, die ursprünglich als „soziale Physik“ nach Comte im 19. Jahrhundert beschrieben und für die empirische Sozialforschung zur Erfassung von menschlichen Beziehungen in den 1930er-Jahren weiterentwickelt wurde, zeigte ihre Renaissance in den 1970er-Jahren in den Sozialwissenschaften mit neuen Möglichkeiten einer systematischen und quantitativen Analyse von Netzwerken [2]. Heutzutage stellen Netzwerkanalysen auch außerhalb der modernen Soziologie ein häufig verwendetes Werkzeug dar.

Medizinische Anwendungsbeispiele

Am Beispiel der frei verfügbaren PubMedgelisteten COVID-19-Publikationen und den kooperierenden Städten lässt sich der Nutzen der Netzwerkgraphen leicht ver-

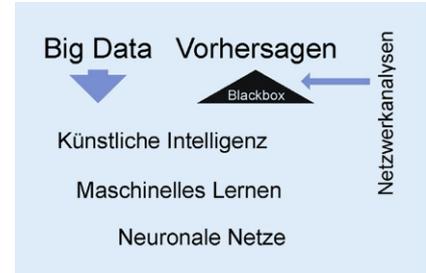


Abb. 2 ▲ Big Data als „Treibstoff“ für das Trainieren von künstlicher Intelligenz, deren Teilgebiete maschinelles Lernen und neuronale Netze sind, die sich die Verschaltungsprinzipien des menschlichen Nervensystems zu eigen machen

ständig veranschaulichen. Wenn für jede Publikation die daran beteiligten Städte im Netzwerkgraphen aufgezeichnet und miteinander verbunden werden, resultiert eine Übersichtskarte aller an COVID-19-Publikationen beteiligten Städte mitsamt deren Kooperationspartnern. Die Schriftgröße der Städte spiegelt dabei die Anzahl der Publikationen wider. Mithilfe von bestimmten Netzwerkanalyseparametern, wie z. B. Modularitätsklassen, können eng miteinander kooperierende Städtegruppen farblich dargestellt werden. Einheitlich gefärbte Verbindungslinien zwischen den Städten zeichnen sich dabei durch vergleichsweise häufige Kooperationen aus (■ **Abb. 3**).

Auf dieselbe Weise konnten Netzwerkanalysen und -graphen auch dazu genutzt werden, um Themenschwerpunkte automatisiert aus über 100 Seiten langen Programmheften dermatologischer Fachkongresse herauszuarbeiten [3–6]. Dies bringt potenziellen Kongressinteressenten den Vorteil, Themengebiete schon vor der Kongressanmeldung überblicken zu können. Als Knotenpunkte dienten dabei unter anderem Autoren, Städte, Schlüsselwörter und die Titel der Beiträge (Poster, freie Vorträge etc.).

In den letzten Jahren erschienen auch in weiteren medizinischen Fachdisziplinen vermehrt wissenschaftliche Arbeiten zu Netzwerkanalysen, die z. B. zu einem besseren Krankheitsverständnis bei psychischen Erkrankungsbildern und assoziierten Komorbiditäten geführt haben, welche mit konventioneller Methodik nur schwer einzuordnen gewesen wären [7]. So konnten zuvor unbekannte Persönlichkeitsstörungen aufgedeckt werden.



CITYCUBE BERLIN
13.-16. NOVEMBER 2022
www.dkk2022.de
#dkk2022

Deutscher Krebskongress 2022

Krebsmedizin: Schnittstellen zwischen Innovation und Versorgung

Vom 13. bis 16. November 2022 tauschen sich Vertreter*innen aus Wissenschaft, Medizin, Gesundheitswesen, Politik, Pflege sowie Studierende auf dem Deutschen Krebskongress (DKK) aus. Der größte und wichtigste onkologische Fachkongress im deutschsprachigen Raum bietet in über 300 Sitzungen im City Cube Berlin Neues aus der Krebsmedizin unter dem Motto „Krebsmedizin: Schnittstellen zwischen Innovation und Versorgung“.

Kongressschwerpunkt: Schnittstellen



Ein kritischer Schritt ist der Übergang von onkologischen Innovationen in die Versorgung. Am Krankenbett kommen verbesserte Therapiemöglichkeiten tatsächlich nur an, wenn dieser Schritt gelingt. „Auf dem DKK 2022 wollen wir unter anderem über den adäquaten Umgang mit Schnittstellen diskutieren und bisher

ungenutzte Potenziale identifizieren“, sagt Kongresspräsident Prof. Dr. Michael Ghadimi von der Universitätsmedizin Göttingen. Dabei geht es nicht nur um die Schnittstelle zwischen Innovation und Versorgung. Im Fokus stehen unter anderem auch die Schnittstellen zwischen operativen Verfahren zur Radioonkologie und systemischer Krebstherapie, zwischen ökonomischem Denken und sozialer Verantwortung sowie zwischen stationärer und ambulanter Versorgung.

Interdisziplinärer Austausch im Fokus

Was sind die Neuigkeiten in der Onkologie? Welche diagnostischen und therapeutischen Verfahren sind vielversprechend? Und wohin geht die Präventionsforschung? Über diese Themen können sich Teilnehmer*innen zu vielen Krebsentitäten auf dem DKK austauschen und informieren. Für einen interdisziplinären Diskurs sind in den einzelnen Sitzungen stets Expert*innen verschiedener an der Onkologie beteiligter Fachrichtungen vertreten.

Vielfältige Sitzungsformate

Die Teilnehmer*innen können sich bei Plenar-, Highlight- und Schnittstellensitzungen zu medizinischen und versorgungsrelevanten Inhalten sowie in interaktiven Tumorkonferenzen und Fortbildungsveranstaltungen informieren. Gesundheitspolitische Foren bieten die Möglichkeit, aktuelle Problemstellungen – etwa zur Finanzierung im Gesundheitswesen – zu verfolgen.

Programm für junge Onkolog*innen

Die Teilnahme am DKK lohnt sich auch für Young Professionals: In den meisten Sitzungen übernehmen junge Expert*innen im Tandem mit erfahrenen Kolleg*innen den Vorsitz und sind so gezielt in den fachlichen Austausch eingebunden. Ein Studierendentag bietet zudem Orientierung für den künftigen Berufsweg. Der Tag der jungen Onkologen ermöglicht einen Blick über den Tellerrand. Die Teilnehmenden können sich zu Fördermöglichkeiten schlau machen, die für sie relevanten Arbeitsgemeinschaften kennenlernen. Weitere Themen sind die Grundlagenforschung und die Kommunikation mit Krebsbetroffenen.

Nicht verpassen: Termine rund um den DKK

Frühbucherpreise bis zum 21.09.2022

Spätbucherpreise ab dem 22.09.2022

Alle Informationen zum DKK 2022 sind hier zu finden: www.dkk2022.de



Die DKK-App



Die interaktive Kongress-App kann ab Oktober 2022 kostenfrei in App-Stores heruntergeladen werden. Neben dem Programm und vielen weiteren Infos rund um den Kongress können App-Nutzer*innen auch interaktive Funktionen nutzen, wie etwa die TED-Abstimmung in den Tumorkonferenzen.

Publikation	Stadt 1	Stadt 2	Stadt 3	...
1	München	Wien	London	...
2	Wien	Mailand		...
3	Berlin	Hamburg	Orlando	...
...

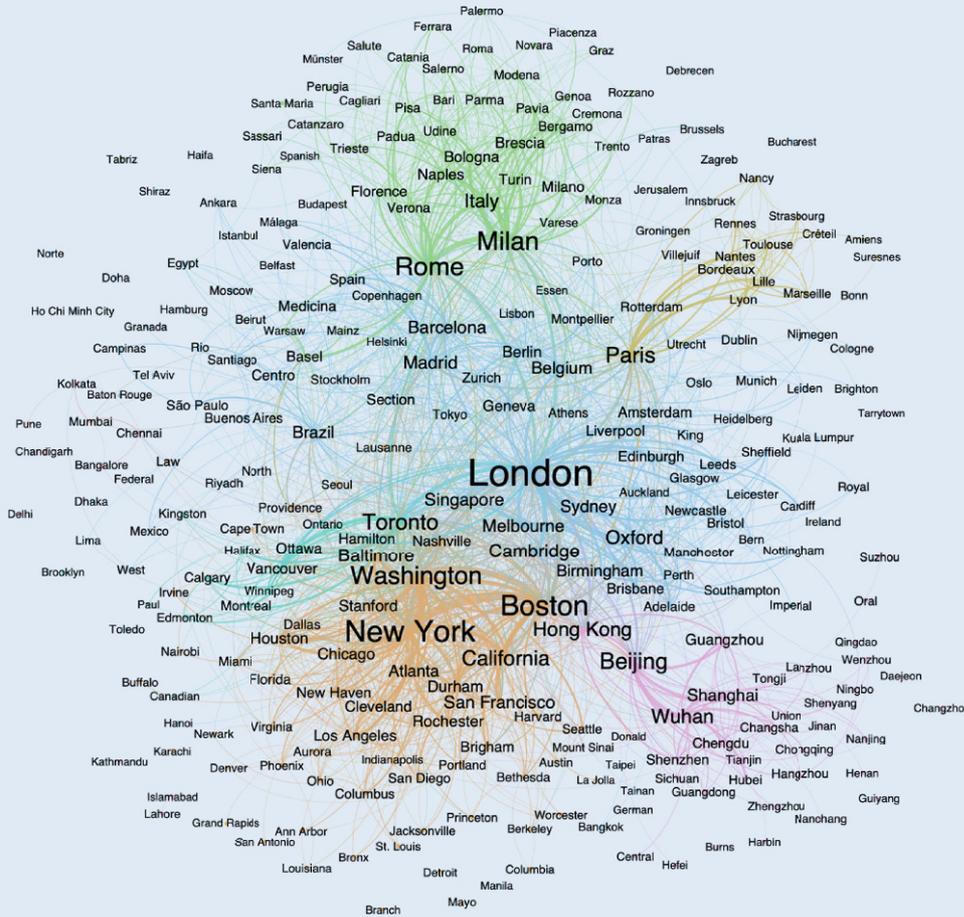


Abb. 3 ◀ Städtekooperationen von COVID-19-Publikationen auf PubMed. Ein Netzwerkgraph zur Veranschaulichung von Städtekooperationen in COVID-19-Publikationen. Größere Knotenpunkte spiegeln eine größere Anzahl an Publikationen aus der jeweiligen Stadt wider (nicht-linear), einzelne Cliquen mit besonders vielen Kooperationen sind farblich getrennt voneinander aufgezeichnet. Die darüber liegende Tabelle zeigt den Ausgangsdatensatz für die Visualisierung dieses Netzwerkgraphen – Städte innerhalb einer Zeile weisen im Netzwerkgraphen Verbindungslinien auf

Aber auch in der Corona-Pandemie wurden zahlreiche neue Anwendungsgebiete für Netzwerkanalysen erschlossen. Das komplexe Geschehen um mRNA-Impfungen [9] oder SARS-CoV-2-Genomanalysen [10] konnten so verständlich aufgeschlüsselt werden.

Eine Autorenanalyse in der kardiovaskulären Forschung zeigte durch geschickte Kombination von Netzwerkanalysen und Algorithmen des maschinellen Lernens Kooperationsnetzwerke auf, die für die Planung zukünftiger Kollaborationen genutzt werden können [8].

Weiter profitiert die Domäne der künstlichen Intelligenz beim sog. *Natural Language Processing* von Netzwerkanalysen

[11], also der Anwendung von maschinellem Lernen bei der Verarbeitung von natürlicher Sprache. Zukünftig werden maschinelle Algorithmen in der Lage sein, relevante Informationen aus Arztbriefen oder Audioaufnahmen von Patientengesprächen zu extrahieren und für Diagnostik- und Therapieempfehlungen zu verwenden. Auch ist ein praktischer Nutzen durch Therapieempfehlungen in der Präzisionsmedizin der Krebstherapie denkbar [12]. Da die Architektur des maschinellen Lernens einen Netzwerkcharakter hat, könnte diese auch mithilfe von Netzwerkgraphen dargestellt und analysiert werden, was letztendlich ein besseres Verständnis liefern und eine Plausibilitätsprüfung

der Vorhersagen zulassen könnte – ein weiterer Schritt in Richtung erklärbare künstliche Intelligenz.

Ausblick

Netzwerkanalysen werden eine immer größer werdende Rolle bei der statistischen Auswertung einnehmen sowohl als Werkzeug zur explorativen und verständlichen Visualisierung als auch zur Aufdeckung von Wechselwirkungen in immer größer und komplexer werdenden Datensätzen.

Die synergistische Nutzung konventioneller Statistik, Netzwerkanalysen und maschinellem Lernen bietet zukünftig das Po-

tenzial für neue Entdeckungen in immer mehr Forschungsbereichen.

Fazit für die Praxis

Netzwerkanalysen können ergänzend zur konventionellen statistischen Auswertung für die visuelle Darstellung komplexer Datensätze genutzt werden. Sie finden aber auch Anwendung in der Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse des maschinellen Lernens. Zukünftig werden immer mehr Forschungsbereiche nicht nur in der Medizin von synergistischer Nutzung von konventioneller Statistik, Netzwerkanalysen und künstlicher Intelligenz profitieren.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Robert Kaczmarczyk

Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie, München Rechts der Isar, Technische Universität München
Biedersteiner Str. 29, 80802 München, Deutschland
robert.kaczmarczyk@tum.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Kaczmarczyk, S. Sitaru, H. Wecker und A. Zink geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. London AJ (2019) Artificial intelligence and black-box medical decisions: accuracy versus explainability. *Hastings Cent Rep* 49(1):15–21. <https://doi.org/10.1002/hast.973>
2. Borgatti SP, Mehra A, Brass DJ, Labianca G (2009) Network analysis in the social sciences. *Science* 323(5916):892–895. <https://doi.org/10.1126/science.1165821>
3. Kaczmarczyk R, King F, Biedermann T, Zink A (2021) What's driving dermatology? Contribution title analysis of the largest German Dermatology Congress 2019. *Digit Health* 7:205520762110121. <https://doi.org/10.1177/20552076211012138>
4. Kaczmarczyk R, King F, Tizek L, Biedermann T, Zink A (2021) Visualising the past to plan the future: a network analysis of the largest European dermatology conference. *Eur J Dermatol* 31(2):161–169. <https://doi.org/10.1684/ejd.2021.4010>
5. Kaczmarczyk R, Bauerdorf F, Tizek L, Biedermann T, Zink A (2020) A network analysis of the EADV 2019 conference. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 34(12):e820–e822. <https://doi.org/10.1111/jdv.16700>
6. Bauerdorf F, Kaczmarczyk R, Zink A, Florestan T, Biedermann T (2020) Trends and perspectives for dermatological research in Europe: an abstract title analysis of ESDR and IID congresses 2010–2019. *J Invest Dermatol* 140(9):S197–S200. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2020.04.022>
7. Contreras A, Nieto I, Valiente C, Espinosa R, Vazquez C (2019) The study of psychopathology from the network analysis perspective: a systematic review. *PPS* 88(2):71–83. <https://doi.org/10.1159/000497425>
8. Higaki A, Uetani T, Ikeda S, Yamaguchi O (2020) Co-authorship network analysis in cardiovascular research utilizing machine learning (2009–2019). *Int J Med Inform* 143:104274. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104274>
9. Gaviria M, Kilic B (2021) A network analysis of COVID-19 mRNA vaccine patents. *Nat Biotechnol* 39(5):5. <https://doi.org/10.1038/s41587-021-00912-9>
10. Forster P, Forster L, Renfrew C, Forster M (2020) Phylogenetic network analysis of SARS-CoV-2 genomes. *Proc Natl Acad Sci USA* 117(17):9241–9243. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004999117>
11. Bail CA (2016) Combining natural language processing and network analysis to examine how advocacy organizations stimulate conversation on social media. *Proc Natl Acad Sci USA* 113(42):11823–11828. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607151113>
12. Ozturk K, Dow M, Carlin DE, Bejar R, Carter H (2018) The emerging potential for network analysis to inform precision cancer medicine. *J Mol Biol* 430(18 Pt A):2875–2899. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2018.06.016>

MED UPDATE SEMINARE

2022

Derma Update 2022

16. Dermatologie-Update-Seminar

11.–12. November 2022

Berlin und Livestream

25.–26. November 2022

Mainz und Livestream

Wiss. Leitung:

Prof. Dr. Thomas Werfel, Hannover

Prof. Dr. Carola Berking, Erlangen

Prof. Dr. Thomas Dirschka, Wuppertal

Prof. Dr. Thomas Schwarz, Kiel

www.derma-update.com

Auskunft für alle Update-Seminare:

med update GmbH

www.med-update.com

Tel.: 0611 - 736580

info@med-update.com



medupdate