DZDconnect: mit vernetzten Daten gegen Diabetes

Angela Dedié¹ · Tim Bleimehl¹ · Justus Täger¹ · Martin Preusse² · Martin Hrabě de Angelis^{1,3,4} · Alexander Jarasch¹

¹ Deutsches Zentrum für Diabetesforschung (DZD), Helmholtz Zentrum München, Neuherberg, Deutschland

² Kaiser & Preusse GbR, Freiburg, Deutschland

³ Institute of Experimental Genetics, Helmholtz Zentrum München, Neuherberg, Deutschland

⁴ Chair of Experimental Genetics, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising, Deutschland

Zusammenfassung

Daten der translationalen Gesundheitsforschung sind hochkomplex und stark vernetzt. Erkenntnisse zu Volkskrankheiten wie Diabetes und Krebs sind umfangreich, heterogen und nehmen schnell zu. Die Daten sind auf verschiedene Standorte verteilt und weder mit anderen Datenquellen verknüpft noch durchsuchbar. Infolgedessen können Forschende die Menge der Fachliteratur nur schwer überblicken, und das Sammeln von Daten erfolgt immer noch durch den manuellen Vergleich starrer Tabellen.

Einen flexiblen und effizienten Ansatz in der Verarbeitung von biomedizinischen Daten bieten Graphdatenbanksysteme. Basierend auf der Open-Source-Graphdatenbank Neo4j wird am Deutschen Zentrum für Diabetesforschung (DZD) der Wissensgraph („knowledge graph“) DZDconnect entwickelt, der Daten aus der Grundlagenforschung und aus klinischen Studien standort-, disziplin- und spezieübergreifend mit externem Wissen verknüpft. In ihm werden verschiedene Daten und Informationen zu weit verbreiteten Krankheiten und deren Langzeitkomplikationen gesammelt, strukturiert und vernetzt und die Ergebnisse unkompliziert zur Verfügung gestellt. Informationen aus etablierten Datenbanken werden dabei auf Metadaten-, Ergebnis- sowie Rohdatenebene miteinander verbunden. Darüber hinaus können eigene Daten aus der translationalen Forschung integriert werden. Die Basistechnologie ist eine flexible und skalierbare Graphdatenbank. Damit gelingt der Brückenschlag zwischen Wissenschaft und moderner Informationstechnologie, um die Erforschung der Volkskrankheiten schneller und effizienter zu machen. Mit dem als Open-Source-Projekt entwickelten DZDconnect können Wissenschaftler*innen zügig und effizient Hypothesen darüber generieren, welche Mechanismen diesen Krankheiten zugrunde liegen und wie medizinisch eingegriffen werden kann.

Schlüsselwörter

Wissensgraph · Datenmanagement · Big Data · Text Mining · Diabetische Folgeerkrankungen

Die Autor*innen Angela Dedié, Tim Bleimehl und Justus Täger haben zu gleichen Anteilen beigetragen.

QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Big Data als Herausforderung in der Diabetesforschung

Diabetes mellitus ist eine der besterforschten Stoffwechselkrankheiten weltweit, und gleichzeitig ist das komplexe Zusammenspiel von Ursache, Ausprägung und Folgen dieser Volkskrankheit noch immer nicht vollständig entschlüsselt. Vor über 10 Jahren wurde das Deutsche Zentrum für Diabetesforschung (DZD) mit dem Ziel gegründet, Diabetesforschung und klini-

sche Anwendung zu verzahnen. Seither ist das Wissen über Diabetes mellitus stetig gewachsen. Immer mehr Forscher*innen tragen dazu bei, neue Erkenntnisse über diese vielschichtige Krankheit zu gewinnen und den Fachkreisen zur Verfügung zu stellen [1]. Doch damit wird auch eine neue Fragestellung dringlicher: Wie kann es gelingen, die gewonnenen Ergebnisse und Daten zu vernetzen? Wie kann dabei auf vorhandenem Wissen aufgebaut werden? Und wie lassen sich einzeln er-

Hier steht eine Anzeige.

Abb. 1 ▲ Die Struktur einer Graphdatenbank ähnelt dem Satzbau und ist daher besonders intuitiv. (Mod. nach [19])

hobene Patient*innendaten ordnen und gruppieren, um in ein größeres Ganzes eingefügt zu werden?

» Die stetig wachsende Datenmenge stellt Forschung und Praxis vor neue Herausforderungen

Die stetig wachsende Datenmenge stellt Forschung und Praxis hier vor neue Herausforderungen, denn die aktuellen Mengen an neuem Wissen und Erkenntnissen verlangen auch nach einer aktuellen Form der Speicherung, um sie weitflächig zugänglich zu machen. Doch während die Erforschung und Behandlung des Diabetes laufend Fortschritte machen, veränderte sich auf der technischen Seite im Hinblick auf die Speicherung und den Zugang zu den Daten nur wenig. Die bisher gebräuchlichen relationalen Datenmodelle speichern Daten in Listen und Tabellen ab, häufig müssen diese aufwändig von Hand gepflegt und aktualisiert werden. Beziehungen zwischen den Dateneinträgen werden durch speicher- und zeitintensive Berechnungen über Zwischentabellen erstellt (sog. Join-Operationen). Doch das Wissen rund um Diabetes ist zugleich he-

terogen und verknüpft, die Daten dazu sind verteilt, ineinandergreifend und häufig unstrukturiert. In der Praxis sind behandelnde Diabetolog*innen mit einer weiteren Herausforderung konfrontiert: Hier ist die Stoffwechselstörung Diabetes nur ein Teil in einem komplexen Zusammenspiel im individuellen Metabolismus eines Menschen, und auch hier müssen erhobene Proben und Befunde miteinander in Beziehung gesetzt werden, um ein vollständiges Bild zu ergeben [2]. Es stellt sich also die Herausforderung, das gespeicherte Wissen und die erhobenen Daten zu strukturieren und miteinander zu verbinden, um den bestmöglichen Erfolg in Forschung und Praxis zu erzielen [3].

Biomedizinischer Wissensgraph als strategisches Rückgrat der Forschung

Am DZD setzt sich seit 2017 eine eigene Abteilung für Datenmanagement mit der Fragestellung auseinander, wie verknüpftes Wissen aus unterschiedlichen Quellen besser zugänglich gemacht werden kann [4]. Ein vielversprechender Ansatz ist ein sog. Wissensgraph („knowledge graph“

[5, 6]), in dem Daten aus Forschung und Praxis miteinander in Beziehung gesetzt werden. Am DZD wird ein solcher Wissensgraph unter dem Namen DZDconnect gehostet, und der Programmcode wird als Open Source zur Verfügung gestellt. Das übergeordnete Ziel muss dabei bleiben, Daten nach den FAIR-Prinzipien nutzbar zu machen, die Daten sollen also leicht auffindbar („findable“), gut zugänglich („accessible“), miteinander vereinbar („interoperable“) und v.a. wiederverwendbar („reusable“) sein [7]. Hier zeigen sich die Vorteile der Graphtechnologie besonders deutlich. Denn gerade die Beziehungen der Daten untereinander sind es häufig, die einzelne Datenpunkte in einen größeren Zusammenhang bringen. Die wachsende Menge an Daten ist hier sogar von Vorteil: Somit können diese noch besser verstanden und analysiert werden. Mit Hilfe von speziellen Graphalgorithmen ist es sogar möglich, Muster zu erkennen und heuristische Prognosen zu treffen.

Abb. 2 ▲ Datenmodell des Wissensgraphs („knowledge graph“) von DZDconnect. Insgesamt werden nach diesem Schema derzeit knapp 350 Mio. Knoten und 1,2 Mrd. Kanten gespeichert und vernetzt. (Mod. nach [19])

Hintergrund: Graphen als Wegweiser durch den Datendschungel

Graphdatenbanken kommen überall dort zum Einsatz, wo Daten stark vernetzt und voneinander abhängig sind. Logistik und Transportwege sind der Ursprung von graphtheoretischen Überlegungen, soziale Netzwerke und moderne Suchmaschinen ihre derzeit populärsten Anwendungsgebiete [8]. So trug die Graphtechnologie maßgeblich dazu bei, die Dokumente der „Panama papers“ in Beziehung zu bringen und Muster zu erkennen. Aber auch in der medizinischen Forschung können Graphdatenbanksysteme ein Wegweiser durch sehr große Datenmengen sein und bieten die Möglichkeit zur Strukturierung und Nutzbarmachung in Recherche und Forschung [9, 10].

Eine Graphdatenbank speichert Informationen und ihre Zusammenhänge in Form von Knoten und Kanten (**Abb. 1**). Die Knoten stehen dabei für konkrete Entitäten wie einen *Patient* (**Abb. 1**, blau) oder eine *Blutprobe* (**Abb. 1**, grau). Die Kanten vernetzen diese Entitäten miteinander, zeigen also beispielsweise, welche *Krankheit* (**Abb. 1**, gelb) bei einem bestimmten Patient*in diagnostiziert oder welche Proben abgegeben wurden. Zusätzlich können Knoten und Kanten mit Eigenschaften, sog. „properties“, versehen werden. Als solche lassen sich eine Reihe weiterer Informationen zu einem Knoten oder Kanten abspeichern, z. B. das Alter, das Geschlecht und das Gewicht eines Erkrankten. Diese Art der Speicherung und Darstellung eignet sich besonders, um stark vernetzte Daten vielseitig nutzbar zu machen, da der Schwerpunkt auf den Beziehungen der Daten untereinander liegt [11, 12]. Mittels spezieller Graphalgorithmen lassen sich Aussagen treffen, die etwa Zentralität oder indirekte Zusammenhänge betreffen. So erfasst ein Graph auf native Art, wie eine diagnostizierte Krankheit mit bestimmten Patient*innengruppen zusammenhängt, und es lassen sich Cluster oder Subtypen erkennen.

Graphentechnologie in der Diabetesforschung

Wie wichtig es ist, einmal gewonnene Daten vielseitig und nachhaltig verfügbar zu

Abb. 3 ▲ Vergleich der Abfragezeiten bei der Recherche des mit Diabetes assoziierten Gens *TCF7L2* („transcription factor 7-like 2“) und seiner Verknüpfungen, **a** händische Suche über unverbundene Quelldatenbanken, **b** Suche über integrierte Datenbanken via DZDconnect, *DNA* Desoxyribonukleinsäure, *Ensembl* „Ensembl genome database“, *ENST* bzw. *NM* RNA Identifikationsnummern, *GO* „Gene Ontology“, *NCBI* „National Center for Biotechnology Information“, *RefSeq* „reference sequence database“, *RNA* Ribonukleinsäure, *TCF4* bzw. *TCF-4* „transcription factor 4“, *TCF7L2* „transcription factor 7-like 2“, *UniProt* „universal protein database“, *Wnt* Familie von Signalproteine kodierenden Genen, *ZAC1* „zinc activated ion channel“. (Mod. nach [19])

machen, wird aus der Praxis des DZD ersichtlich. Hier arbeiten deutschlandweit über 450 Forschende an 5 Hauptstandorten zusammen. Dazu kommen weitere Standorte, an denen Forschungsgruppen mit dem DZD kooperieren.

Ein Beispiel für die Anwendung von DZDconnect aus der Praxis sind klinische Studien, deren Metadaten in die Graphdatenbank überführt werden. In den zugrunde liegenden Forschungsarbeiten werden an allen Standorten Patient*innendaten erhoben, häufig in Langzeitstudien und mit Schwerpunktsetzungen auf verschiedene Disziplinen wie Ernährung, β -Zellen

oder Umwelteinflüsse. Diese erhobenen Daten unter der Wahrung der DSGVO (Datenschutz-Grundverordnung (GDPR („general data protection regulation“))) miteinander in Bezug setzen zu können, verspricht einen enormen Wissensgewinn. Die Informationen, die dabei verarbeitet werden, sind heterogen und komplex. Gerade Daten aus klinischen Studien sind z. T. äußerst unstrukturiert, umfassen eine Vielzahl abgefragter Parameter und stehen gleichzeitig mit den vielschichtigen Stoffwechselprozessen, die bei jedem einzelnen Menschen individuell ablaufen, im Zusammenhang. Die Metadaten aus kli-

nischen Studien in ein Graphdatenmodell zu überführen, liefert eine standortübergreifende Struktur, die von allen Beteiligten unkompliziert genutzt werden kann. Auf technischer Seite nutzt DZDconnect das Open-Source-Graphdatenbanksystem Neo4j. Über die für alle DZD-Forschungsgruppen freizugängliche Graphdatenbank und ihre verschiedenen Möglichkeiten der Visualisierung lassen sich Fragen an den Gesamtbestand der erhobenen Daten und Proben schnell und einfach beantworten: Wie viele Blutproben einer bestimmten Patient*innenuntergruppe sind vorhanden? Aus welchen Studien stammen die

Proben? Und welche Parameter wurden gemessen?

Besonders im Bereich der Prävention ist es essenziell, frühe Prädiktoren zu finden, die bereits lange vor dem Ausbruch der Erkrankung ein sicheres Signal der Veränderung im Körper widerspiegeln [2].

» Graphtechnologie in der Diabetesforschung macht verteiltes Wissen nutzbar

Ein weiteres Ziel des DZD ist es, die verschiedenen Subtypen des Typ-2-Diabetes zu erforschen und neue Erkenntnisse für die präzisere Prävention und Therapie zu gewinnen. Mit Hilfe der integrierten Clusterbildungsalgorithmen können Wissenschaftler*innen das Datenset entsprechend unterteilen. Der Community-Detektions-Algorithmus erkennt auf Basis vorab definierter Parameter Patient*innencluster, die anschließend von den Forscher*innen weiter untersucht werden können [13, 14]. Dabei lassen sich die jeweiligen Charakteristiken der Diabetessubtypen präzisieren und Gemeinsamkeiten (z.B. Größe, Gewicht, Medikation oder Gendefekt) bestimmen. Neben individuellen Patient*innendaten in beliebig großer und detailreicher Menge können hier auch bereits Zusammenhänge zu Stoffwechselprozessen hergestellt werden. Ist beispielsweise eine bestimmte Menge an Parametern in Blutproben einer Patient*innengruppe erhöht, lassen sich komplexe Schlussfolgerungen aufstellen: Zu welchen Stoffwechselpfaden gehören die auffälligen Proteine? Welche Gene sind an diesen Prozessen beteiligt? Worauf haben diese Gene noch Einfluss?

Anschluss an externes Fachwissen

Um die internen Ergebnisse aus den Studien des DZD um die genannten Rückschlüsse zu erweitern, ist der Anschluss an externes Fachwissen nötig. Zu diesem Zweck integriert DZDconnect zahlreiche weitere biomedizinische Datenquellen, die laufend aktualisiert und ausgewertet werden. Eine zentrale Quelle hierfür ist die literarische Referenzdatenbank PubMed®, in der über 30 Mio. Fachartikel aus den Bereichen Humanmedizin und Biologie abrufbar sind. Allein hier werden jähr-

DZDconnect: using connected data to fight diabetes

Data in translational healthcare research is complex and highly connected. Information on wide-spread diseases like diabetes and cancer is extensive, heterogeneous and rapidly growing. Data are available at various locations and are neither interconnectable with other data sources nor searchable. Consequently, it is difficult for researchers to access data and to cope with the amount of literature. Collecting data and knowledge is still done manually by comparing data tables. However, a flexible and efficient approach to processing biomedical data is offered by graph databases. Based on the open source Neo4j graph database, the German Center for Diabetes Research (DZD) developed DZDconnect—a knowledge graph that links data from basic research and clinical studies across sites, disciplines and species with external knowledge. DZDconnect collects, structures, interconnects and makes available various data and information on wide-spread diseases and its long-term complications. Information from well-established databases is connected on the metadata level, raw data level as well as on the insight level. In addition, in-house data from translational research can be integrated. The enabling technology is a flexible and scalable graph database. DZDconnect thus bridges the gap between healthcare research and state-of-the-art information technology and helps to make disease research faster and more efficient. With DZDconnect scientists can quickly and efficiently generate hypotheses regarding the underlying mechanisms of these diseases and how to intervene medically. DZDconnect is developed as an open-source project.

Keywords

Knowledge graph · Data management · Big data · Text mining · Diabetes complications

lich über 25.000 Artikel zum Schlagwort *Diabetes mellitus* veröffentlicht, insgesamt referenziert PubMed® zum Thema Diabetes über 500.000 wissenschaftliche Publikationen [15]. Würde eine einzelne Person versuchen, all diese Artikel zu überblicken und dafür 1 min je Publikation aufwenden, wäre sie knapp 10 Jahre rund um die Uhr beschäftigt. Es handelt sich um einen Datenschatz, der erst durch die Auswertung mittels künstlicher Intelligenz nutzbar gemacht werden kann. Hier setzt DZDconnect an. Der „knowledge graph“ erfasst sämtliche im Rahmen der Referenzdatenbank PubMed® veröffentlichte globale Publikationen. Die Artikel werden in ein Netzwerk aufgenommen, das die Zusammenarbeit der Forschenden themenübergreifend deutlich macht. Erfasst werden Autorschaft, Titel und Schlüsselwörter der Publikationen. Hier lässt sich direkt ablesen: Welche Themen in der Diabetesforschung sind derzeit besonders gut untersucht? Auf welche Erkenntnisse beziehen sich neue Publikationen? Wer arbeitet mit wem zusammen? Zusätzlich wertet ein Algorithmus die Artikel und ihre Zusammenfassungen auch inhaltlich anhand automatisierter Textanalysen aus. Die zentralen Forschungsschwerpunkte

werden mit den untersuchten Substanzen und mit gefundenen Genen oder Proteinen in Verbindung gesetzt. So können sämtliche erwähnte Gene, RNA (Ribonukleinsäure) und Proteine erfasst und annotiert werden. Um auch aus diesen Daten einen tieferen Wert zu schöpfen, vernetzt sie der „knowledge graph“ von DZDconnect mit Informationen aus zahlreichen weiteren Datenquellen. Dazu gehören neben den gängigen Gen- und Proteindatenbanken auch standardisierte Datenbanken zu Krankheiten, Medikationen und Stoffwechselprozessen (Abb. 2). Durch die Zusammenführung dieser unterschiedlichen Quellen können interessante Querverbindungen gezogen werden: Welche Gene werden in den aktuellen Publikationen besonders häufig im Zusammenhang mit Diabetes genannt? Und mit welchen weiteren Stoffwechselprozessen stehen diese Gene in Verbindung? Als besonders hilfreich erwiesen sich hier die Verknüpfungen mit Daten aus sog. OMICS-Experimenten (Transkriptomik [„transcriptomics“], Proteomik [„proteomics“] und Epigenomik [„epigenomics“]). So können automatisch auch synonyme Genbezeichnungen und umbenannte RNA-ID (ID: Identifikations-

nummer) erkannt oder sogar Querverbindungen zu anderen Modellorganismen wie Mäusen oder Fruchtfliegen gezogen werden.

Plattformübergreifendes Wissen am Beispiel des Gens *TCF7L2*

Die Vorzüge der Graphtechnologie werden auch in der Verbesserung der Abfragezeiten deutlich (Abb. 3). Das Gen *TCF7L2* („transcription factor 7-like 2“) ist laut aktueller Forschung mit Typ-2-Diabetes assoziiert. Die Frage, wie genau diese Assoziation zustande kommt und welche Publikationen sie bestätigen, lässt sich erst mittels einer detaillierten Aufschlüsselung der RNA in einer Kombination verschiedener öffentlicher Datenquellen nachvollziehen. Die Suche umfasst dabei mindestens 6 unabhängige Datenbanken, darunter literarische Referenzdatenbanken, Gendatenbanken, Sammlungen öffentlich verfügbarer Nukleotidsequenzen und ihrer Proteinprodukte bis hin zu Ontologien zu Phänotypen. Dabei müssen auch Varianten in der Benennung, Synonyme und Aktualisierungen berücksichtigt werden. Knapp 3 1/2 h würde eine umfassende Recherche zum Gen *TCF7L2* benötigen, sollte man sie per Hand ausführen, sämtlichen Synonymen nachgehen und die Zwischenergebnisse ebenfalls händisch abspeichern (Abb. 3a). In DZDconnect sind all diese Informationen und Datenquellen bereits miteinander verbunden und lassen sich angepasst an individuelle Filter bereits in wenigen Sekunden automatisch abfragen (Abb. 3b). Fehler, wie sie in der von Hand ausgeführten Recherche häufig auftreten, lassen sich dadurch vermeiden. Besonders vorteilhaft erweist sich das im Zusammenhang mit sog. „legacy identifiers“, wenn also die Kennnummer eines Gens oder einer Nukleotidsequenz in den letzten Jahren ausgetauscht oder ergänzt wurden.

DZDconnect als Brückenbauer zwischen Wissensinseln

Die Geschwindigkeit der Abfrage und die Zusammenführung der unterschiedlichen Datenquellen sind ein großer Vorteil von DZDconnect. Mit Hilfe der Speicherung der Daten in Graphform lassen sich Quellen und Ergebnisse aber nicht nur schnell tra-

versieren, sondern auch neue Zusammenhänge herstellen [16, 17]. Da DZDconnect auch Wissen aus anderen Disziplinen umfasst, lassen sich auch Rückschlüsse auf mit Diabetes assoziierte Krankheiten wie kardiovaskuläre oder neurodegenerative Erkrankungen ziehen und das Risiko für mögliche Spätfolgen besser abschätzen. Ein speziell trainierter Algorithmus kann damit auch heuristische Prognosen treffen und Hinweise auf zukünftige Zusammenhänge geben [18]. Das kann v.a. im Umfeld der evidenzbasierten Prävention eine zentrale Rolle spielen. Hinzu kommt, dass mittels DZDconnect Forschungsfragen beantwortet werden können, die man sich erst in Zukunft stellen wird. In der Praxis können durch das Vernetzen vorhandener Wissensinseln beispielsweise Medikationen durch die intelligente Nutzung der Algorithmen unterstützt werden.

Nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Behandlung und der kontinuierlichen Glukosespiegelmessung von Menschen mit Diabetes mellitus wurden in den letzten Jahren enorme Fortschritte erzielt. Dieses Wissen zu verknüpfen, leicht zugänglich und gemeinsam nutzbar zu machen, ist eine der großen zukünftigen Herausforderungen – und die Motivation hinter dem „knowledge graph“ DZDconnect.

Fazit für die Praxis

- Das Wissen über die Ursachen, Behandlungsmethoden und Spätfolgen der Volkskrankheit Diabetes ist vielschichtig und nimmt stetig zu.
- Die in der Diabetesforschung und -behandlung anfallenden Daten sind oft unstrukturiert, umfangreich und unverbunden. Um stark verknüpft Wissen besser zugänglich zu machen, bewährten sich Graphdatenbanksysteme und sog. Wissensgraphen.
- Bei DZDconnect handelt es sich um einen am Deutschen Zentrum für Diabetesforschung entwickelten Wissensgraph, der Daten aus der Grundlagenforschung und aus klinischen Studien standort-, disziplin- und spezieübergreifend mit externem Wissen verknüpft. Der Programm-Code ist open source.
- Der Schwerpunkt von DZDconnect liegt auf der Vernetzung der Datenpunkte. Mittels spezieller Graphalgorithmen können Daten effizient abgerufen und miteinander in Beziehung gesetzt werden.

- Damit lassen sich Zusammenhänge besser nachvollziehen und Muster aufdecken, die in der Präventionsmedizin eingesetzt werden und langfristig weitere Forschungsprojekte anstoßen können.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Martin Hrabě de Angelis
Institute of Experimental Genetics, Helmholtz Zentrum München
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg, Deutschland
hrabe@helmholtz-muenchen.de

Dr. Alexander Jarasch
Deutsches Zentrum für Diabetesforschung (DZD), Helmholtz Zentrum München
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg, Deutschland
jarasch@dzd-ev.de

Author Contribution. A. Jarasch leitet das Projekt; T. Bleimehl, A. Dedié, J. Täger, M. Preusse und A. Jarasch modellierten das Graphmodell und implementierten die Graphdatenbank; A. Dedié schrieb das Manuskript; A. Jarasch und M. Hrabě de Angelis waren mit der konzeptionellen Arbeit zu diesem Projekt befasst.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Dedié, T. Bleimehl, J. Täger, M. Preusse, M. Hrabě de Angelis und A. Jarasch 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. International Diabetes Federation (2019) IDF Diabetes Atlas, 9. Aufl.
2. Jarasch A et al (2018) Mit Big Data zur personalisierten Diabetesprävention. *Diabetologie* 14(7):486–492
3. Frame A (2020) Why connected data is crucial to pharmaceutical research. *IPI* 12(1):56–58
4. Deutsches Zentrum für Diabetesforschung (2018) Big Data für die Diabetesforschung. Die Digitalisierung ermöglicht Diabetesforschung in einer neuen Dimension. Jahresbericht 2017, S 32
5. Callahan T et al (2020) Knowledge-Based Biomedical data science. *Annu Rev Biomed Data Sci* 3:23–41
6. Yoon B-H et al (2017) Use of graph database for the integration of heterogeneous biological data. *Genomics Inform* 15(1):19–27
7. Wilkinson MD et al (2016) The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3:160018
8. Robinson et al (2015) Graph databases. O'Reilly Media,
9. Lysenko A et al (2021) Representing and querying disease networks using graph databases. *BioData Min* 9:23
10. Cernile G et al (2021) Network graph representation of COVID-19 scientific publications to aid knowledge discovery. *BMJ Health Care Inform* 28(1):e100254
11. Have CT, Jensen LJ (2013) Are graph databases ready for bioinformatics? *Bioinformatics* 29(24):3107–3108
12. Stothers JAM, Nguyen A (2020) Can Neo4j replace PostgreSQL in healthcare? *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc* 2020:646–653
13. Needham M, Hodler A (2019) Graph algorithms: practical examples in Apache Spark and Neo4j. O'Reilly Media,
14. Ulrich H et al (2018) Using graph tools on metadata repositories. *Stud Health Technol Inform* 253:55–59
15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=diabetes+mellitus>. Zugriffen: 16. Juni 2021
16. Simpson CM, Gnad F (2020) Applying graph database technology for analyzing perturbed co-expression networks in cancer. Database. <https://doi.org/10.1093/database/baaa110>
17. Wang L et al (2020) Construction of a knowledge graph for diabetes complications from expert-reviewed clinical evidences. *Comput Assist Surg* 25(1):29–35
18. Vukotic A et al (2015) Neo4j in action. Manning Publications,
19. www.dzd-ev.de

Klimawandel und Plastikverschmutzung Herausforderungen für den Gesundheitssektor

Im Laufe der letzten Jahre ist die Temperatur auf der Erde in einer nie gekannten Geschwindigkeit global angestiegen. Die Folgen dieser Erwärmung zeigen sich deutlich in Hitze- und Dürreperioden und Extremwetterereignissen. Auch wirkt sich der Klimawandel bereits nachteilig auf die menschliche Gesundheit sowie die Gesundheitssysteme aus [1,2]. Ohne weitere Maßnahmen ist in den nächsten Jahrzehnten ein erheblicher Anstieg der Morbidität und Mortalität z.B. durch Hitze, schlechte Luftqualität und Unterernährung zu erwarten [3].

Auf der internationalen Klimakonferenz in Glasgow im November 2021 haben Regierungen verschiedener Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer eindringlich auf die Notwendigkeit des weltweiten Klimaschutzes hingewiesen. Der IPCC-Report 2021 des Weltklimarates stellt klar, dass das 1,5-Grad-Ziel der Erderwärmung ohne weitere Maßnahmen vermutlich bereits 2030 überschritten werden wird. Um den globale Anstieg der Treibhausgase und Umweltverschmutzung durch Plastik zu reduzieren, muss der gesamte Gesundheitssektor auf den Prüfstand gestellt werden. Dieser war schon 2017 für ca. 5 % des weltweiten Ausstoßes klimaschädlicher Treibhausgase verantwortlich [4, 5], die größtenteils durch die Herstellung von Kunststoffmaterialien für den medizinischen Bereich verursacht werden. Kunststoffe erfüllen Hygienestandards, die im medizinischen Sektor unerlässlich sind. Aufgrund ihrer hohen Variabilität und Kosteneffizienz finden sie Einsatz bei zahlreichen Therapien, verursachen aber zugleich viele Umweltprobleme.

In den letzten Monaten schließen sich international Ärzte aller Fachrichtungen zusammen. National geschieht dies z.B. über Initiativen des Gesundheitssektors wie die *Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit* (KLUG e.V.), die Ärzte und Öffentlichkeit über die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels informiert und Präventivmaßnahmen für Kliniken sowie Niedergelassene erarbeitet.

Aktuell sind in Deutschland 409.121 Ärzt*innen (Stand 2020) berufstätig [7]. Durch Aufklärung und Angebote sind in diesem Berufsgebiet hohe Einsparpotentiale von Plastik und Treibhausgasemissionen möglich.

Erst drei von 34 medizinischen Fachbereichen haben bisher Initiativen und Arbeitskreise zum Klimawandel und Planetary Health gegründet, die Internisten (DGIM), Allgemeinmediziner (DEGAM) und Anästhesisten (BDI/DGAI). Auch wenn diese Fachbereiche den größten Anteil der berufstätigen Ärzte repräsentieren, können einige nachhaltige Maßnahmen nur durch Ärzte in ihrem jeweiligen spezifizierten Fachbereich identifiziert werden. Die 4. Initiative, der Arbeitskreis *Plastik und Nachhaltigkeit in der Dermatologie* (DDG), befasst sich bisher als einzige medizinische Fachgesellschaft zusätzlich mit den gesundheitlichen Auswirkungen von Mikroplastik und frei verkäuflichen umweltschädlichen Arzneien.

Langfristig kann die Schaffung eines nachhaltigen Gesundheitssektors nicht durch vereinzelte Initiativen der Fachgesellschaften und einige wenige Kollegen gelingen, die ehrenamtliche Arbeit leisten - es bedarf unbedingt der Unterstützung durch die gesamte Ärzteschaft.

Es wäre daher wünschenswert, wenn die Bundesärztekammer wie auf dem Deutschen Ärztetag angekündigt ein übergeordnetes Gremium aller medizinischen Fachdisziplinen schafft, damit ab sofort gemeinsam Konzepte zur Reduktion von Treibhausgasen und Plastik für den Gesundheitssektor entwickelt und umgesetzt werden.

Arbeitskreis Plastik und Nachhaltigkeit in der Dermatologie (DDG)

Dr. med. Dipl. Biol. Susanne Saha

Fachärztin für Dermatologie, Hautärzte am Marktplatz

Kaiserstr. 72, 76133 Karlsruhe

www.akdermaplastik.de

Literatur beim Verfasser