

Die Perfusion

Technische Medizin · Perfusion · Organprotektion · Rhythmologie · Medizininformatik

Schreiben mit künstlicher Intelligenz: Revolution oder Risiko für die Wissenschaft – eine Umfrage

J. Turra, L. Saemann, S. Mayer

Vorstellung und Einordnung der europäischen Guideline zur Anwendung des kardiopulmonalen Bypasses 2024

A. Bauer, E. Joubert-Hübner, S. Schmidt

Pulsatile veno-arterielle Beinperfusion mittels CARL® während 10-stündiger endovaskulärer Multibranch-Operation bei komplexer Stanford B-Dissektion

E. Gamon, M. Feldmann, W.A. Osthaus

Statistik Teil 17: Diagnostische Plots für die lineare Regression

Wenn Zeit Leben bedeutet.

ECLS im Fokus.

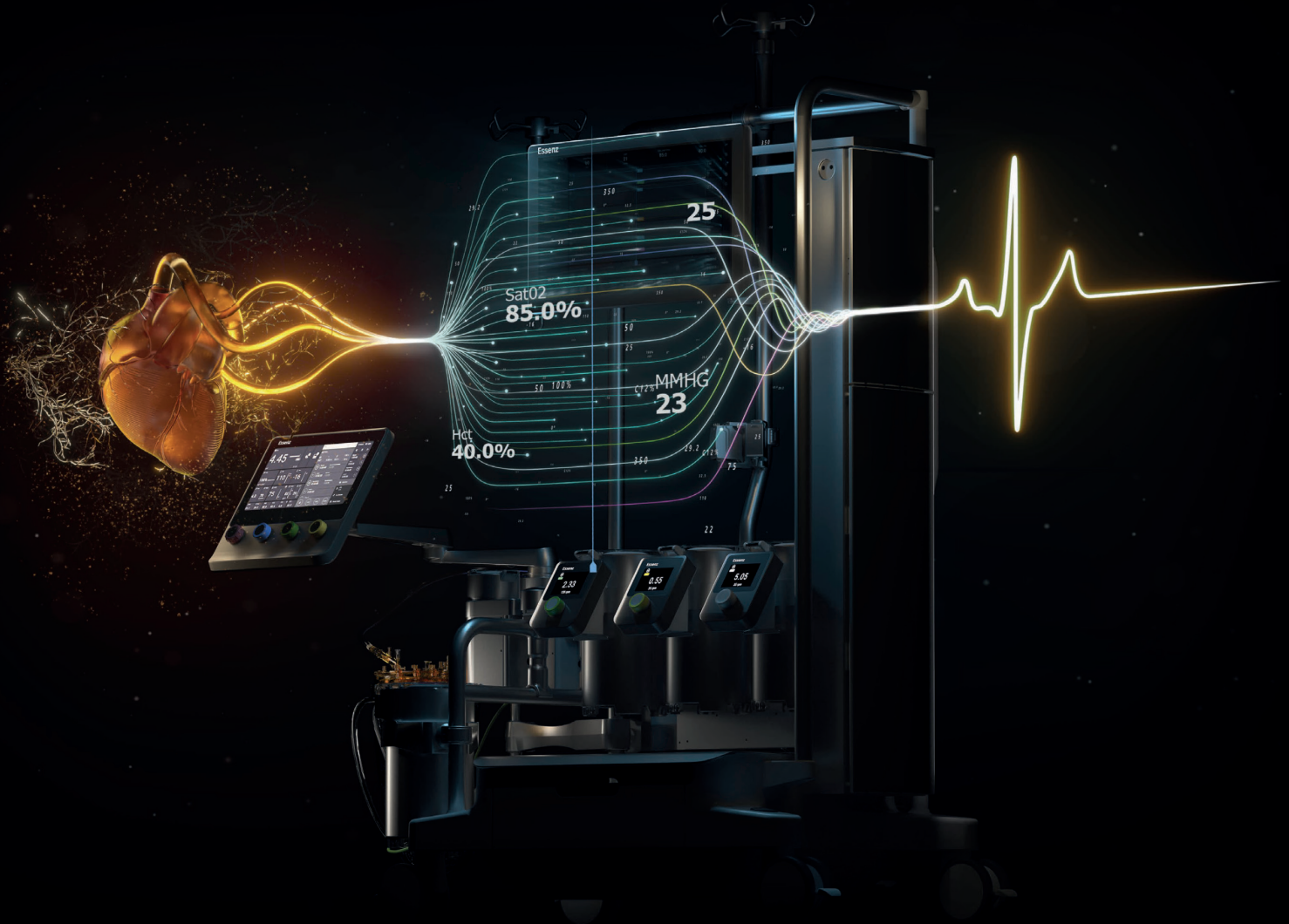


Erfahren Sie mehr über ECLS

GETINGE 
PASSION FOR LIFE

Essenz™

Perfusion System



Elevating Perfusion into a New Era



Die Perfusiologie · German Journal of Perfusion
 Offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin e. V.
 The Official Publication Organ of the German Society for Perfusion and Technical Medicine

Publisher Deutsche Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin e. V., Rödelstraße 13, 04229 Leipzig
Editor-in-Chief Lars Saemann, PhD
Editor Deutsche Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin e. V.
Associate Editor Dr. Johannes Gehron, PD Dr. Frank Münch, Benjamin Haupt, Prof. Sven Maier, Dr. Maik Foltan
Editorial Board Prof. Dr. Bernd Niemann, Prof. Dr. Christina Feldmann, Prof. Dr. Thomas Schiepp, Dr. Adrian Bauer, Dr. Dirk Buchwald, Dipl. Ing. Sebastian Tiedge., Dipl. Ing. Sebastian Schmidt, Jan Turra MSc.
Managing Editor Dipl. Ing. Petra Kirsten-Treptow

Die Zeitschrift **Die Perfusiologie** veröffentlicht im Peer-Review-Verfahren Originalartikel, klinische und experimentelle Arbeiten, Fallberichte, Übersichtsreferate, Leserbriefe und Buchbesprechungen aus dem Bereich technische Medizin, Perfusion, Organprotektion, Rhythmologie und Medizininformatik.

The German Journal of Perfusion is a peer-reviewed journal. It publishes original articles, clinical and experimental papers, case reports, review articles, letters to the editors and book reviews in the field of technical medicine, perfusion, organ protection, rhythmology and medical informatics.

Redaktion Die Perfusiologie <https://die.Perfusiologie.de>

Gelistet und indiziert in Current Contents Medizin, EMBASE – Excerpta Medica, SCImago Journal and Country Rank, SCOPUS

Inhalt Ausgabe 1 Februar 2026

Editorial	2
Schreiben mit künstlicher Intelligenz: Revolution oder Risiko für die Wissenschaft – eine Umfrage	3
J. Turra, L. Saemann, S. Mayer	
Vorstellung und Einordnung der europäischen Guideline zur Anwendung des kardiopulmonalen Bypasses 2024	9
A. Bauer, E. Joubert-Hübner, S. Schmidt	
Pulsatile veno-arterielle Beinperfusion mittels CARL® während 10-stündiger endovaskulärer Multibranch-Operation bei komplexer Stanford B-Dissektion	16
E. Gamon, M. Feldmann, W.A. Osthaus	
Statistik Teil 17: Diagnostische Plots für die lineare Regression	22
M. Kohl, F. Münch	
Kongressnotizen	30
Industrie	31
Journalclub	32
Buchrezension	35
Aktuell	36
Blaue Seiten	38

Termine

Die Perfusiologie 2-2026 | Erscheinungstermin 31.5.2026
 Einsendeschluss für redakt. Beiträge 10.3.2026 | Anzeigenschluss 22.4.2026

Die Perfusiologie 3-2026 | Erscheinungstermin 2.9.2026
 Einsendeschluss für redakt. Beiträge 29.5.2026 | Anzeigenschluss 3.8.2026

Impressum

Verlag, Herausgeber Deutsche Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin e. V., Rödelstraße 13, 04229 Leipzig
 E-Mail: geschaeftsstelle@dgptm.de

Anschrift für Autoren bzw. Fachbeiträge Lars Saemann, PhD, Editor-in-Chief
 Universitätsklinik und Poliklinik für Herzchirurgie, Universitätsklinikum Halle
 Ernst-Grube-Straße 40, 06120 Halle (Saale), Telefon: +49 345 557 7655
 E-Mail: Lars.saemann@uk-halle.de

Redaktion, Firmenporträts, Abbonnentenservice, Anzeigenverwaltung Dipl.-Ing. Petra Kirsten-Treptow, Managing Editor
 Telefon 040 27809144
 E-Mail: pkt@kirsten-treptow.de

Lektorat, Schlussredaktion Gestaltung Friederike Meltendorf
 Tobias Kurtz

Druck Strube Druck & Medien GmbH

Erscheinungsweise 4 x jährlich: Februar, Mai, September, November

Druckauflage 1.000 Exemplare

ISSN 2941-556X (Print), 3052-6256 (Online)

Veranstaltungen



Mit dem Scan dieses QR-Codes gelangen Sie auf die aktuelle Veranstaltungsseite der DGPTM, auf der Sie alle relevanten Veranstaltungen finden.

Preis Jahresabonnement € 34,- (Deutschland), € 40,- (Ausland)
Preis Einzelheft € 10,- (Deutschland), € 12,- (Ausland)
 jeweils zzgl. Versandkosten. Inlandspreise inkl. ges. MwSt.
 Abonnementbestellung schriftlich beim Verlag, Mindestbezugsdauer 1 Jahr, Verlängerung jeweils um 1 Jahr, wenn keine Abbestellung erfolgt.
 Kündigung 3 Monate zum Jahresende.

Von Autoren gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung des Editor in Chief wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernehmen Herausgeber, Editor in Chief und Verlag keine Haftung. Mit der Annahme der Manuskripte von Erstveröffentlichungen erwirbt der Verlag das ausschließliche Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung. Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in andere Sprachen, Mikroverfilmung, Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen einschl. Aufnahme auf die Internetseite der DGPTM, auch auszugsweise, sind dem Herausgeber/Verlag vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise, sind nur mit Genehmigung und mit Quellenangabe gestattet. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Die Perfusiologie wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Wissenschaft, Künstliche Intelligenz und die Perfusiologie



Lars Saemann, PhD

Universitätsklinik und Poliklinik für Herzchirurgie,
Universitätsklinikum Halle
Ernst-Grube-Straße 40, 06120 Halle (Saale)
Telefon: +49 345 557 7655
E-Mail: Lars.saemann@uk-halle.de

Lars Saemann: 0000-0003-1516-3286

Liebe Kolleg:innen,

die Wissenschaft nimmt in der Perfusiologie sowohl in der Bedeutung als Fach als auch in diesem gleichnamigen Journal eine zentrale Rolle ein. Mit Erfolg hat Dr. Johannes Gehron dieses Journal über viele Jahre als Editor-in-Chief maßgeblich begleitet und damit einen wichtigen Beitrag für die Wissenschaft innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin (DGPTM) geleistet. Ein Dienst, für den ihm die Fachgesellschaft in hohem Maße dankt. Nun liegt es bei mir, diese Verantwortung im Rahmen der Position als neuer Editor-in-Chief der Zeitschrift **Die Perfusiologie** zu übernehmen und ich bedanke mich für das mir entgegengebrachte Vertrauen.

In dieser Ausgabe erscheint die zweite Episode zur Vorstellung und Einordnung der europäischen Guideline zur Anwendung des kardiopulmonalen Bypasses 2024, geschrieben von einem Team um Dr. A. Bauer. Weiterhin beschäftigt sich ein Team um J. Turra, bestehend aus Autoren mehrerer deutscher Zentren, mit dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) bei einem essenziellen Teil der Wissenschaft, dem Schreiben wissenschaftlicher Fachartikel. Der Einsatz von KI und maschinellem Lernen (ML) nimmt in der Forschung immer weiter zu und wird in einigen Fällen in Forschungsförderungsausschreibungen sogar explizit gefordert. KI und ML werden verschiedene Vorteile wie Effizienzsteigerung [1] und verbesserte Entscheidungsfindung, auch bei klinischen Fragestellungen, zugeschrieben [2]. Weiterhin soll es die „Human-Machine-Interaction“ verbessern können und bei der Auswertung großer Datenmengen und der Auswahl kritischer Variablen helfen [3]. Beide Aspekte sind für das Fach Perfusiologie, in der Perfusionist:innen kontinuierlich mit hochspezialisierten medizinischen Geräten die Zirkulation des Körpers oder von einzelnen Organen in vivo oder ex situ aufrechterhalten oder unterstützen, besonders relevant. Als passendes Beispiel



Lars Saemann

beschäftigt sich ein weiterer Fachartikel dieser Ausgabe, von einem Team um E. Gamon, mit dem Einsatz der CARL-Technologie (Controlled Automated Reperfusion of the WhoLe Body) bei einem langen gefäßchirurgischen Eingriff.

Neben Vorteilen ist KI aktuell aber auch mit bestimmten Nachteilen assoziiert, wie beispielsweise der Darstellung inkorrekt Informationen, auch bekannt als „Halluzination“, die vor allem in gesundheitsrelevanter bzw. medizinischer Forschung ein Problem darstellen kann [4,5]. Folglich müssen Forschungsergebnisse weiterhin von „Human-Vertretern“ der Wissenschaft kritisch überprüft werden. Eine Herausforderung, die insbesondere die Perfusiologie betrifft, die stets mit der Erzeugung großer Mengen an Perfusionsdaten verbunden ist, die sich mit der Anwendung von KI auswerten und analysieren ließen.

Ich wünsche viel Spaß beim Lesen der Artikel und kritischen Hinterfragen der Forschungsergebnisse,

Ihr Lars Saemann

Literatur

1. Aronson JK. When I use a word . . . ChatGPT: a differential diagnosis. *BMJ* 2023; 382:1862. <https://doi.org/10.1136/bmj.p1862>
2. Buch VH, Ahmed I, Maruthappu M. Artificial intelligence in medicine: current trends and future possibilities. *Br J Gen Pract* 2018; *Pract* 68:143–144. <https://doi.org/10.3399/bjgp18X695213>
3. Sundar SS. Rise of machine agency: A framework for studying the psychology of human-AI interaction (HAI). *Journal of Computer-Mediated Communication* 2020; 25:74–88. <https://doi.org/10.1093/jcmc/zmz026>
4. Ji Z, Lee N, Frieske R, Yu T, Su D, Xu Y, Ishii E, Bang YJ, Madotto A, Fung P. Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Comput Surv* 2023; 55:1–38. <https://doi.org/10.1145/3571730>
5. Yoon SM, Lyu J, DJunadi TA, Song J, Kim HS, Min RS, Sakellakis M, Chae YK. Navigating artificial intelligence (AI) accuracy: A meta-analysis of hallucination incidence in large language model (LLM) responses to oncology questions. *JCO* 2025; 43. https://doi.org/10.1200/JCO.2025.43.16_suppl.e13686

Schreiben mit künstlicher Intelligenz: Revolution oder Risiko für die Wissenschaft – eine Umfrage

Writing with Artificial Intelligence: Revolution or Risk for Science – A Survey

Zusammenfassung

Einleitung: Die rasante Entwicklung künstlicher Intelligenz (KI), insbesondere von Sprachmodellen wie ChatGPT, hat vielfältige Anwendungsbereiche im wissenschaftlichen Schreiben erschlossen und wirft grundlegende Fragen hinsichtlich Unterstützung, Eigenleistung und wissenschaftlicher Integrität auf.

Material und Methodik: Ziel dieser Studie war es, die Potenziale und Herausforderungen der Nutzung von ChatGPT im wissenschaftlichen Schreibprozess empirisch zu untersuchen. Hierfür wurde eine quantitative Online-Umfrage unter 117 Studierenden und wissenschaftlich Mitarbeitenden an deutschsprachigen Hochschulen durchgeführt, davon stammten 90,6 % aus der Medizin und den Gesundheitswissenschaften. Der standardisierte Fragebogen umfasste geschlossene und offene Fragen zu Demografie, Nutzungshäufigkeit, Anwendungsbereichen, subjektiver Bewertung sowie ethischen und rechtlichen Einschätzungen.

Ergebnisse: Eine deutliche Mehrheit der 81 KI-Nutzenden (69,2 %) haben bereits Erfahrungen mit KI-Tools gesammelt. Die häufigsten Anwendungen waren Formulierungshilfen und Sprachoptimierung (63 %), Übersetzungen (53,1 %) und die Erstellung von Zusammenfassungen/Literaturübersichten (46,9 %). Während KI als zeitsparendes Werkzeug hoch (Mittelwert (M = 4,14) von 5 möglichen Punkten) bewertet wird, bleibt die Nützlichkeit beim wissenschaftlichen Schreiben ambivalent (M = 3,53) und die Qualität der generierten Inhalte wird kritisch beurteilt (M = 3,01). Eine Mehrheit der Befragten überprüft die KI-Ausgaben stets kritisch (M = 4,62).

Diskussion: Zentrale Bedenken betreffen das Potenzial von KI als Risiko für die wissenschaftliche Integrität und die schwer erkennbaren Grenzen zwischen Hilfsmittel und Plagiat. Folgerichtig forderten die Teilnehmenden mit höchster Zustimmung klare Richtlinien zur KI-Nutzung im wissenschaftlichen Arbeiten. Ethische Bedenken sind verhalten und die Sorge um den Arbeitsplatzverlust durch KI ist gering. Der Vorbereitungsstand und das Nutzen der KI in den Bildungseinrichtungen wurde jedoch als mangelhaft eingeschätzt und es besteht Sorge vor einer Verschlechterung des Lese- und Schreibverständnisses durch dauerhafte KI-Nutzung. Die Ergebnisse betonen die Notwendigkeit klarer, einheitlicher Richtlinien und einer besseren Vorbereitung der Bildungseinrichtungen für den verantwortungsvollen Umgang mit KI.

Schlüsselwörter

Künstliche Intelligenz, ChatGPT, wissenschaftliches Schreiben, Umfrage, akademische Integrität, Bildungseinrichtungen, Richtlinien



Jan Turra, M.Sc., ECCP
Universitätsklinikum Heidelberg
Chirurgische Klinik
Im Neuenheimer Feld 420
69120 Heidelberg
Telefon: 06221/56-34675
E-Mail: jan.turra@med.uni-heidelberg.de



FACHARTIKEL

J.Turra¹, L.Saemann², S.Mayer³

Jan Turra: 0000-0003-1452-625X; Lars Saemann: 0000-0003-1516-3286; Simon Mayer: 0000-0003-0229-6231

¹ Universitätsklinikum Heidelberg, Abteilung Perfusionologie, Deutschland

² Universitätsklinik und Poliklinik für Herzchirurgie, Universitätsklinikum Halle, Halle (Saale), Deutschland

³ Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart, Abteilung Perfusionologie, Deutschland

Abstract

Introduction: The rapid development of Artificial Intelligence (AI), particularly of language models like ChatGPT, has opened up a wide range of applications in academic writing and raises fundamental questions regarding support, independent work, and academic integrity.

Materials and Methods: The aim of this study was to empirically investigate the potential and challenges of using ChatGPT in the academic writing process. For this purpose, a quantitative online survey was conducted among 117 students and research assistants at German-speaking universities, of which 90.6% were from the fields of medicine and health sciences. The standardized questionnaire included closed and open-ended questions about demographics, frequency of use, areas of application, subjective evaluation, and ethical and legal assessments.

Results: A clear majority of the 81 AI users (69.2%) already have experience with AI tools. The most frequent applications were wording assistance and language optimization (63%), translations (53.1%), and the creation of summaries/literature reviews (46.9%). While AI is highly valued as a time-saving tool (mean (M) = 4.14 of 5 possible points), its usefulness in academic writing remains ambivalent (M = 3.53), and the quality of the generated content is critically assessed (M = 3.01). A majority of respondents always critically check the AI outputs (M = 4.62).

Discussion: Key concerns relate to the potential of AI as a risk to academic integrity and the difficulty in distinguishing between a tool and plagiarism. Consequently, participants most strongly called for clear guidelines on the use of AI in academic work. Ethical concerns are moderate and worries about job security due to AI are low. However, the level of preparation and use of AI in educational institutions was rated as inadequate, and there is concern that permanent use of AI could lead to a deterioration of reading and writing comprehension. The results emphasize the need for clear, uniform guidelines and better preparation of educational institutions for the responsible use of AI.

Keywords

Artificial Intelligence, ChatGPT, academic writing, survey, academic integrity, educational institutions, guidelines

Einleitung

Die rasante Entwicklung von KI hat in den letzten Jahren vielfältige Anwendungsbereiche erschlossen, darunter auch den Bereich des wissenschaftlichen Schreibens. Insbesondere sogenannte Large Language Models (LLM) wie zum Beispiel ChatGPT gewinnen zunehmend an Bedeutung als digitale Schreibassistenten. Diese Werkzeuge bieten eine Vielzahl an Funktionalitäten – von der Ideen- und Bildgenerierung über die Strukturierung von Texten bis hin zur sprachlichen Optimierung [1,2].

Die Nutzung solcher KI-Systeme im akademischen Kontext wirft jedoch grundlegende Fragen auf:

Inwiefern können Chatbots die wissenschaftliche Arbeit unterstützen, ohne den Anspruch auf Eigenleistung und wissenschaftliche Integrität zu untergraben?

Wo liegen die Chancen – etwa in der Effizienzsteigerung oder der Erweiterung kreativer Prozesse – und wo lauern potenzielle Risiken, wie etwa eine unkritische Übernahme generierter Inhalte, Verlernen von eigenen Ideen und der Schreibvielfalt oder ethische Grauzonen hinsichtlich Urheberchaft und Plagiat [1,3,4]

Diese Arbeit setzt sich zum Ziel, die Potenziale und Herausforderungen der Nutzung von KI-Chatbots im wissenschaftlichen Schreibprozess kritisch zu analysieren. Dabei wird sowohl auf die technischen Möglichkeiten als auch auf didaktische, ethische und rechtliche Implikationen eingegangen. Ziel ist es, einen differenzierten Beitrag zur aktuellen Debatte über den verantwortungsvollen Einsatz von KI in der Wissenschaft zu leisten.

Material und Methoden

Um die Potenziale und Herausforderungen der Nutzung von KI-Chatbots im wissenschaftlichen Schreiben empirisch zu untersuchen, wurde eine quantitative Online-Umfrage unter Studierenden und wissenschaftlich Mitarbeitenden an perfusiologieassoziierten deutschsprachigen Hochschulen sowie an verschiedenen Kliniken durchgeführt. Zu den befragten Hochschulen gehörten die Akademie für Kardiotechnik des Deutschen Herzzentrums Berlin, Hochschule Furtwangen, FH Aachen, FH Münster und die medizinische Fakultät Heidelberg. Des Weiteren wurden die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin (DGPTM) mittels E-Mail eingeladen, sich an der Umfrage zu beteiligen. Ziel der Befragung war es, sowohl die Nutzungshäufigkeit und Einsatzbereiche von KI-Chatbots als auch die Einstellungen und Bedenken gegenüber dem Einsatz der KI im wissenschaftlichen Kontext zu erfassen.

Die Studie wurde als deskriptive Querschnittserhebung konzipiert. Die Erhebung erfolgte mittels eines standardisierten Online-Fragebogens, der über verschiedene hochschulinterne Verteiler und soziale Netzwerke verbreitet wurde. Die Teilnahme war anonym und freiwillig. Die Umfrage wurde im Zeitraum vom 01.06.2025 bis 30.06.2025 durchgeführt.

Der Fragebogen umfasste insgesamt 20 geschlossene sowie drei offene Fragen und gliederte sich in folgende Themenbereiche:

- Demografische Daten (z. B. Studiengang, Fachsemester, wissenschaftliche Tätigkeit)
- Nutzung von KI-Chatbots (Häufigkeit, Anwendungsbereiche wie Literaturrecherche, Textüberarbeitung, Ideengenerierung)
- Subjektive Bewertung (z. B. wahrgenommene Nützlichkeit, Einfluss auf den Schreibprozess, Vertrauen in die generierten Inhalte)
- Ethische und rechtliche Einschätzungen (z. B. Urheberrecht, Plagiatsrisiken, Verantwortungsbewusstsein)
- Offene Fragen zur individuellen Einschätzung von Chancen und Risiken

Die Fragen wurden als Likert-Skala (1 = stimme nicht zu bis 5 = stimme voll zu) oder als Multiple Choice formuliert. Der Fragebogen stellte sich wie folgt dar:

I. Allgemeine Angaben

1. In welchem Fachbereich sind Sie tätig?

Antwortmöglichkeiten:

Geisteswissenschaften, Sozialwissenschaften, Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, Medizin/Gesundheitswissenschaften und Sonstiges (Freitext).

2. Wie lange arbeiten Sie bereits in der Wissenschaft?

Antwortmöglichkeiten:

< 1 Jahr, 1–3 Jahre, 4–6 Jahre, > 6 Jahre

3. Welche Position trifft am besten auf Sie zu?

Antwortmöglichkeiten:

Postdoc, Doktorand:in, Professor:in, Student:in, ärztliches Personal, nichtärztliches Personal

II. Nutzung von KI in wissenschaftlichen Arbeiten

4. Haben Sie bereits KI genutzt?

Antwortmöglichkeiten:

Ja oder Nein (-> Weiter zu Abschnitt V)

5. Wie häufig verwenden Sie KI in Ihrem wissenschaftlichen Alltag?

Antwortmöglichkeiten:

täglich, wöchentlich, monatlich, seltener, nie

6. In welchen Bereichen setzen Sie KI ein?

(Mehrfachauswahl möglich)

Antwortmöglichkeiten:

Ideenfindung/Themenfindung, Gliederung/Strukturierung von Texten, Formulierungshilfe/Sprachoptimierung, Zusammenfassungen/Literaturübersichten, Übersetzungen, Programmierhilfe (z. B. bei Datenanalysen), Sonstiges (Freitext)

III. Wahrnehmung und Bewertung

7. Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

(1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu)

KI unterstützt mich effektiv beim wissenschaftlichen Schreiben.

Aussage 1 2 3 4 5

Die Nutzung von KI spart mir Zeit bei bestimmten Aufgaben.

Aussage 1 2 3 4 5

KI generiert überwiegend inhaltlich brauchbare Vorschläge.

Aussage 1 2 3 4 5

Ich überprüfe die Ausgaben von KI stets kritisch.

Aussage 1 2 3 4 5

KI beeinflusst meine eigene Schreibweise.

Aussage 1 2 3 4 5

KI unterstützt mich dabei, unliebsame Aufgaben effizienter zu erledigen, sodass ich mehr Zeit für spannendere Themen habe.

Aussage 1 2 3 4 5

IV. Ethische und rechtliche Einschätzungen

8. Wie schätzen Sie die folgenden Aussagen ein?

(1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu)

Aussage 1 2 3 4 5

Der Einsatz von KI stellt ein Risiko für die wissenschaftliche Integrität dar.

Aussage 1 2 3 4 5

Die Grenzen zwischen Hilfsmittel und Plagiat sind beim Einsatz von KI schwer erkennbar.

Aussage 1 2 3 4 5

Für wissenschaftliches Arbeiten sollte es klare Richtlinien zur KI-Nutzung geben.

Aussage 1 2 3 4 5

Ich empfinde ethische Bedenken bei der Nutzung von KI.

Aussage 1 2 3 4 5

Ich mache mir Sorgen, dass KI meinen Arbeitsplatz ersetzen könnte.

Aussage 1 2 3 4 5

Die Bildungseinrichtungen sind gut auf künstliche Intelligenz sowie die damit verbundenen Veränderungen vorbereitet oder haben sich bereits entsprechend angepasst.

Aussage 1 2 3 4 5

Das allgemeine Niveau des Lese- und Schreibverständnisses von Menschen wird sich bei dauerhafter Nutzung von Chatbots verschlechtern.

Aussage 1 2 3 4 5

V. Offene Fragen

9. Welche Chancen sehen Sie in der Nutzung von KI für die wissenschaftliche Praxis?

10. Welche Risiken oder Herausforderungen sehen Sie im Umgang mit KI?

11. Welche Regelungen oder Leitlinien würden Sie sich für den Einsatz von KI-Tools im wissenschaftlichen Kontext wünschen?

Statistik

Die Auswertung der quantitativen Daten erfolgte mittels der integrierten Funktion von Google Forms, wobei für die Fragen mit Bewertungsskala der Mittelwert berechnet wurde. Für die qualitative Analyse der offenen Fragen wurde der KI-Chatbot Gemini (Google) zur thematischen Zusammenfassung herangezogen [5].

Ergebnisse

An der Umfrage nahmen insgesamt 117 Personen teil. Mit 106 Personen (90,6 %) stammte der überwiegende Teil aus der Medizin und den Gesundheitswissenschaften. Weitere Fachbereiche waren die Ingenieurwissenschaften (4 Personen, 3,4 %), Sozialwissenschaften (3 Personen, 2,6 %), Naturwissenschaften (2 Personen, 1,7 %) sowie die Geisteswissenschaften und das Scientific Marketing mit jeweils einer Person (0,9 %).

Hinsichtlich der wissenschaftlichen Erfahrung gaben die meisten Befragten (64 Personen, 55,2 %) an, seit über sechs Jahren wissenschaftlich tätig zu sein. 22 Personen (19 %) hatten 4–6 Jahre Erfahrung, 23 (19,8 %) 1–3 Jahre und 7 (6 %) weniger als ein Jahr (Abb. 1). Das Teilnahmefeld setzte sich aus jeweils 40 ärztlichen und nichtärztlichen Mitarbeitenden (je 34,5 %), 17 Studierenden (14,7 %), 8 Postdocs (6,9 %), 6 Professor:innen (5,2 %) und 5 Doktorand:innen (4,3 %) zusammen.

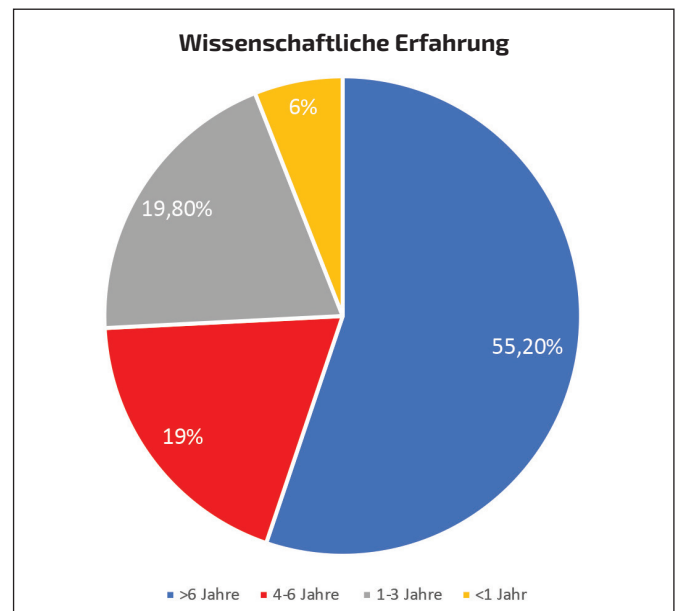


Abb. 1: Antwortverteilung zur Frage: Wie lange arbeiten Sie bereits in der Wissenschaft?

Bei der KI-Nutzung und deren Anwendungsbereichen gaben von 81 der 117 Teilnehmenden (69,2 %) an, bereits Erfahrungen mit KI-Tools gesammelt zu haben. Unter den KI-Nutzenden waren die häufigsten Anwendungen Formulierungshilfe und Sprachoptimierung (63 %), gefolgt von Übersetzungen (53,1 %), der Erstellung von Zusammenfassungen/Literaturübersichten (46,9 %), der Gliederung von Texten (42 %), der Ideenfindung (37 %) sowie der Programmierhilfe (27,2 %) (Abb. 2).

Die Bewertung der KI-Nutzung wurde auf einer Skala von 1 bis 5 bezüglich der Nützlichkeit von KI bewertet. Während die Aussage „KI unterstützt mich effektiv beim wissenschaftlichen Schreiben“ eine mittlere Zustimmung erhielt ($M = 3,53$), wurde der zeitsparende Aspekt deutlich positiver gesehen. Die Aussage „Die Nutzung von KI spart mir Zeit bei bestimmten Aufgaben“ erreichte eine hohe Zustimmung ($M = 4,14$), wobei 46,9 % der Nutzenden die volle Punktzahl vergaben.

Die Qualität der generierten Inhalte wurde kritischer beurteilt („KI generiert überwiegend inhaltlich brauchbare Vorschläge“,

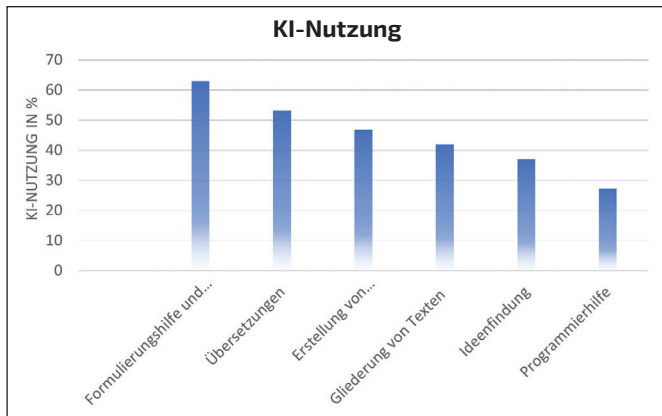


Abb. 2: Antwortverteilung zur Frage: In welchen Bereichen setzen Sie KI ein?

($M = 3,01$)). Passend dazu gaben die Befragten mit einer Mehrheit an, die Ausgaben der KI stets kritisch zu überprüfen ($M = 4,62$).

Der KI-Einsatz wurde als potenzielles Risiko für die wissenschaftliche Integrität wahrgenommen ($M = 3,38$), und viele Teilnehmende stimmten zu, dass die Grenzen zwischen Hilfsmittel und Plagiat schwer erkennbar sind ($M = 3,87$). Folgerichtig war die Forderung „Für wissenschaftliches Arbeiten sollte es klare Richtlinien zur KI-Nutzung geben“ eine der Aussagen mit der höchsten Zustimmung im gesamten Fragebogen ($M = 4,26$) (Abb. 3).

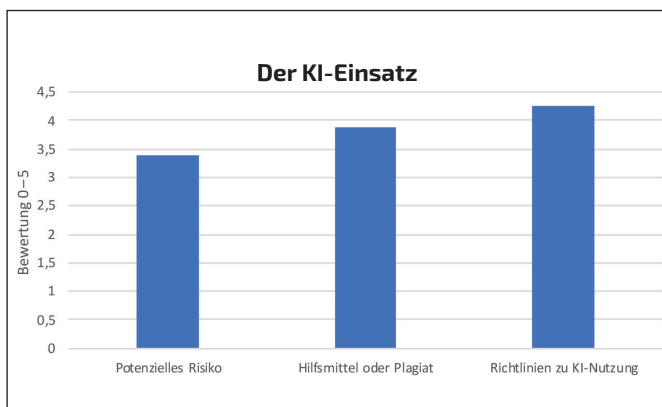


Abb. 3: Antwortverteilung zum Einsatz von KI in der Wissenschaft

Ethische Bedenken wurden nur verhalten geäußert ($M = 2,71$). Die Angst, der eigene Arbeitsplatz könnte durch KI ersetzt werden, bekam die niedrigste Durchschnittsbewertung der Umfrage ($M = 1,56$). Sehr kritisch beurteilten die Teilnehmenden den Vorbereitungsstand der Bildungseinrichtungen, den

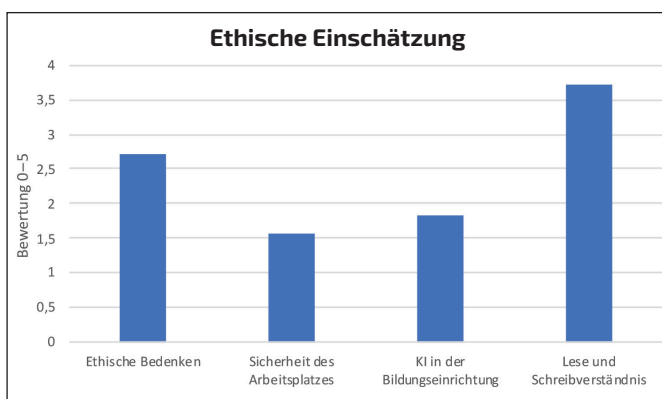


Abb. 4: Antwortverteilung zu ethischen Bedenken der KI

sie als mangelhaft einschätzten ($M = 1,82$). Gleichzeitig bestand die Sorge, dass sich das allgemeine Lese- und Schreibverständnis durch die dauerhafte Nutzung von Chatbots verschlechtern könnte ($M = 3,71$) (Abb. 4).

Diese quantitativen Ergebnisse spiegeln sich auch in den Antworten auf die offene Frage wider, zu der sich 47 (40,2 %) Personen äußerten. Die zentrale und häufigste genannte Forderung war eine verpflichtende und detaillierte Kennzeichnung der KI-Nutzung in der Wissenschaft. An zweiter Stelle stand der Wunsch nach klaren, einheitlichen Richtlinien durch Hochschulen oder Fachgesellschaften. Zudem wurde wiederholt angeregt, den Einsatz von KI auf unterstützende Tätigkeiten zu begrenzen, und Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Einhaltung der Datenschutz-Grundverordnung wurden explizit formuliert.

Diskussion

Die vorliegende Umfrage beleuchtet die Erfahrungen, Bewertungen und Erwartungen von Wissenschaftler:innen hinsichtlich des Einsatzes von KI in ihrer Arbeit. Die Ergebnisse zeigen ein differenziertes Bild, das die Potenziale von KI hervorhebt, aber auch kritische Aspekte und den Bedarf an klaren Rahmenbedingungen aufzeigt.

Die Zusammensetzung der Stichprobe, die überwiegend aus den Medizin- und Gesundheitswissenschaften stammt, spiegelt möglicherweise eine spezifische Perspektive wider, die durch die Anforderungen und ethischen Standards dieser Disziplinen geprägt ist. Die wissenschaftliche Erfahrung der Befragten (55,2 % mit über sechs Jahren Erfahrung) deutet darauf hin, dass es sich um eine Gruppe handelt, die bereits weit in wissenschaftliche Prozesse eingebunden ist und daher fundierte Einschätzungen zur KI-Nutzung geben kann.

Akzeptanz und Anwendungsbereiche von KI

Eine deutliche Mehrheit der Teilnehmenden hat bereits Erfahrungen mit KI-Tools gesammelt, was die rasche Integration dieser Technologien in den wissenschaftlichen Alltag unterstreicht. Die beliebtesten Anwendungsbereiche – Formulierungshilfe, Sprachoptimierung, Übersetzungen und Zusammenfassungen – zeigen, dass KI vorrangig als unterstützendes Werkzeug für textbasierte Aufgaben wahrgenommen wird. Dies stimmt mit der generellen Annahme überein, dass KI repetitive oder zeitaufwändige Aufgaben effizienter gestalten kann, um Forschenden mehr Kapazitäten für komplexere analytische oder kreative Prozesse zu schaffen [6–8].

Bewertung von Nutzen, Qualität und Zeitersparnis

Die Nützlichkeit von KI im wissenschaftlichen Schreiben wird ambivalent bewertet, während der zeitsparende Aspekt mit einer hohen Zustimmung deutlich positiver gesehen wird. Dies legt nahe, dass KI zwar als Effizienzsteigerung wahrgenommen wird, die Qualität der generierten Inhalte jedoch weiterhin kritisch betrachtet wird. Die Mehrheit der Befragten überprüft die Ausgaben der KI stets kritisch [9]. Dies ist eine entscheidende Aussage, die die Notwendigkeit menschlicher Kontrolle im Umgang mit KI-generierten Inhalten betont und vor unreflektierter Übernahme warnt [10]. Die kritische Beur-

teilung der inhaltlichen Brauchbarkeit bestätigt die Notwendigkeit dieser Überprüfung [11].

Ethische Bedenken und die Notwendigkeit von Richtlinien

Die Wahrnehmung von KI als potenzielles Risiko für die wissenschaftliche Integrität und die Schwierigkeit, die Grenzen zwischen Hilfsmittel und Plagiat zu erkennen, sind zentrale Bedenken. Dies unterstreicht die dringende Notwendigkeit klarer Richtlinien zur KI-Nutzung im wissenschaftlichen Arbeiten. Diese Forderung wurde auch in den offenen Antworten am häufigsten genannt, zusammen mit dem Wunsch nach verpflichtender und detaillierter Kennzeichnung der KI-Nutzung und einheitlichen Richtlinien von Hochschulen oder Fachgesellschaften. Ähnliche Forderungen werden auch in der aktuellen Fachliteratur diskutiert, um Missbrauch vorzubeugen und Transparenz zu gewährleisten [12–14]. Aktuell existieren auf europäischer Ebene bereits Gesetzesentwürfe, die die zukünftige Kennzeichnungspflicht von KI-generierten Inhalten regeln sollen und sich derzeit im Prüfverfahren befinden [12]. Parallel dazu entwickeln und implementieren auch Hochschulen eigene Vorstellungen und verbindliche Regelungen hinsichtlich der Ausgestaltung dieser Kennzeichnungspflicht [13–15].

Interessanterweise wurden in der Umfrage ethische Bedenken nur verhalten geäußert und die Angst vor einem Arbeitsplatzverlust durch KI war praktisch nicht vorhanden. Eine naheliegende Interpretation dieses Befundes ist, dass die Befragten KI primär als ergänzendes Werkzeug und weniger als Ersatz für menschliche Arbeit wahrnehmen – eine Sichtweise, die auch in aktuellen Diskussionen über die Chancen der Zusammenarbeit von Mensch und KI hervorgehoben wird [15]. Allerdings muss dieses Ergebnis kritisch eingeordnet werden, insbesondere im Hinblick auf die spezifische Zusammensetzung der Stichprobe. Da der Großteil der Teilnehmenden im Gesundheitssektor beschäftigt ist – einer Branche, in der die menschliche Komponente als zentral gilt – ist die geringe Sorge vor Verdrängung möglicherweise branchenspezifisch. Dass in anderen Sektoren bereits ein Wandel stattfindet, deuten externe Analysen an: Eine Erhebung von Revelio Labs zeigt, dass die Anzahl von Stellenausschreibungen für Tätigkeiten, die durch KI automatisiert werden können, seit 2022 bereits kontinuierlich rückläufig ist. Das Ergebnis der vorliegenden Studie spiegelt also womöglich eher die optimistische Haltung einer spezifischen Berufsgruppe wider, während in der Gesamtbevölkerung oder in anderen Branchen eine differenziertere oder besorgtere Haltung vorherrschen könnte [16].

Herausforderungen für Bildungseinrichtungen und Lese- und Schreibkompetenz

Die sehr kritische Einschätzung des Vorbereitungsstands der Bildungseinrichtungen ist alarmierend. Sie weist auf eine erhebliche Lücke zwischen der rasanten Entwicklung von KI-Technologien und der Anpassung der Lehr- und Lernumgebungen hin. Gleichzeitig besteht die Sorge, dass sich das allgemeine Lese- und Schreibverständnis durch die dauerhafte Nutzung von Chatbots verschlechtern könnte. Diese Sorge wird durch experimentelle Befunde untermauert, wie

eine Studie von Kosmyna et al. zeigt, in der die neurologischen Auswirkungen des Schreibens mit LLM-Unterstützung untersucht wurden. In dieser Studie wurde die Gehirnaktivität von drei Gruppen verglichen: eine, die mit einem LLM arbeitete, eine, die eine Suchmaschine nutzte, und eine Kontrollgruppe ohne Hilfsmittel. Die Ergebnisse zeigten, dass die LLM-Gruppe die schwächste neuronale Konnektivität aufwies, während die Gruppe ohne Hilfsmittel die stärkste zeigte [4]. Dieser Befund liefert eine neurologische Grundlage für die Befürchtung, dass eine übermäßige Abhängigkeit von KI zu einer kognitiven Passivität führen könnte. Dieses Ergebnis ist ein wichtiger Punkt, der im Hinblick auf die langfristigen Auswirkungen von KI auf kognitive Fähigkeiten und Bildungsziele Beachtung finden sollte [6][17].

Schlussfolgerung

Die vorliegenden Ergebnisse belegen die weitreichende Verankerung von KI, insbesondere von LLMs, im wissenschaftlichen Alltag, wo sie primär als Effizienzsteigerungswerkzeug bei textbezogenen Aufgaben wahrgenommen werden. Trotz dieses erkennbaren Nutzens ist die Nutzung dieser generativen Technologien mit erheblichen Risiken für die wissenschaftliche Integrität verbunden, deren Management dringend erforderlich ist. Die zentrale Herausforderung liegt in der mangelnden Verlässlichkeit der generierten Inhalte. Das kritischste Problem ist die Neigung zu sogenannten Halluzinationen, bei denen Modelle faktisch inkorrekte Informationen mit hoher sprachlicher Plausibilität ausgeben. Diese Problematik wird im wissenschaftlichen Kontext durch das Risiko des ungenauen oder erfundenen Zitierens verschärft, da die Modelle keine korrekten und verifizierbaren Quellen gewährleisten können. Hinzu kommt der Black-Box-Charakter der Modelle, der die mangelnde Nachvollziehbarkeit logischer Schlussfolgerungen und Auswertungen bedingt und somit grundlegenden Forderungen nach Transparenz und Reproduzierbarkeit widerspricht. Ebenso bedenklich ist die Verstärkung von Bias und Stereotypen aus den Trainingsdaten, die systematische Verzerrungen in generierten Texten und Datenauswertungen verursachen kann. Im Bereich der Bildgenerierung führen Urheberrechtsverletzungen und die leichte Erzeugung von Deepfakes zu weiteren ethischen und desinformativen Risiken. Schließlich stellen auch technische Sicherheitslücken eine Gefahr für die Datensicherheit dar. Die Umfrageergebnisse unterstreichen somit die dringende Notwendigkeit für klare, einheitliche und fächerübergreifende Richtlinien zur KI-Nutzung. Angesichts der dokumentierten Zuverlässigkeitsprobleme ist die kritische menschliche Überprüfung aller KI-generierten Ergebnisse unerlässlich. Bildungseinrichtungen müssen ihre Vorbereitung verbessern, um Forschende und Studierende im verantwortungsvollen Management der Chancen und Risiken zu schulen und damit die langfristige Sicherung der wissenschaftlichen Integrität zu gewährleisten.

Ausblick

Um den verantwortungsvollen Einsatz von KI im wissenschaftlichen Kontext zu gewährleisten, sind weitere Schritte notwendig. Dazu gehört die Entwicklung und Implementie-

zung umfassender Leitlinien für den Umgang mit KI-Tools durch Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Fachgesellschaften. Diese Richtlinien sollten nicht nur die Kennzeichnungspflicht von KI-generierten Inhalten regeln, sondern auch klare Empfehlungen für den ethischen Einsatz und die Sicherstellung der Datenhoheit und des Datenschutzes formulieren. Für Bildungseinrichtungen ergibt sich die Herausforderung, Curricula anzupassen und Lehrende sowie Studierende im kompetenten und kritischen Umgang mit KI zu schulen. Dies beinhaltet nicht nur die technische Anwendung, sondern auch die Schulung im Quellenmanagement, in der Plagiatsprävention und in der Förderung des kritischen Denkens, um einer möglichen Verschlechterung des Lese- und Schreibverständnisses entgegenzuwirken. Zukünftige Forschung sollte die spezifischen Auswirkungen von KI auf verschiedene wissenschaftliche Disziplinen detaillierter untersuchen und Best Practices für den Einsatz von KI-Tools in der Forschung und Lehre entwickeln. Nur so lässt sich das volle Potenzial von KI ausschöpfen, ohne die Grundprinzipien wissenschaftlicher Exzellenz und Integrität zu gefährden.

Limitation

Die vorliegende Umfrage reflektiert weitgehend die aktuelle Einstellung zur Nutzung von KI im wissenschaftlichen Kontext. Für eine umfassendere und diversifiziertere Perspektive wäre eine höhere Beteiligung von Teilnehmenden aus anderen Fachbereichen wünschenswert gewesen. Dies hätte einen breiteren Querschnitt der wissenschaftlichen Gemeinschaft abgebildet und die Generalisierbarkeit der Ergebnisse potenziell erhöht.

Danksagung

Unser aufrichtiger Dank gebührt allen Personen, die an der Umfrage teilgenommen und somit die Generierung dieser Ergebnisse ermöglicht haben.

Transparenzhinweis

Für die Erstellung dieser Umfrage wurden ChatGPT (OpenAI, San Francisco, USA) und Google Gemini (Google, Mountain View, USA) zur sprachlichen Optimierung und zur Auswertung der offenen Fragen verwendet.

Interessenkonflikt

Die Autoren haben keine finanziellen Interessen oder Beziehungen, die zu Interessenkonflikten führen können.

Kurzer wissenschaftlicher Lebenslauf

Jan Turra ist seit 2019 stellvertretender Leiter der Perfusiologie am Universitätsklinikum Heidelberg. Er studierte Cardiovascular Perfusion (B.Sc.) an der Akademie für Kardiotechnik und absolvierte anschließend den Masterstudiengang Technical Physician (M.Sc.) an der Hochschule Furtwangen. Seit 10/2024 befindet sich Jan Turra berufsbegleitend im Promotionsverfahren für den Dr. sc. hum. Seit 08/18 ist Jan Turra verantwortlich für die Betreuung von Studierenden verschiedener Fachhochschulen, Master- und Bachelorarbeiten in seinem Fachgebiet. Sein aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Grundlagenforschung in der Perfusiologie.

Literatur

1. Luterbach KJ. Considering the History of Technologies in Education, the Distinctiveness of AI Apps, and the Future of Educational Systems. Xi Lin, Roy Y. Chan, Shyam S, Krishna Bista, editors. STAR SCHOLARS PRESS. STAR SCHOLARS PRESS; 2024. 19–46 p.
2. Christen M, Mader C, Čas J, Abou-Chadi T, Bernstein A, Braun Binder N, et al. Wenn Algorithmen für uns entscheiden: Chancen und Risiken der künstlichen Intelligenz - Google Books. 1st ed. Vol. Band 72, VDF Hochschulverlag. TA-Swiss; 2020
3. Revell T, Yeadon W, Cahilly-Bretzin G, Clarke J, Manning G, Jones J, et al. ChatGPT versus human essayists: an exploration of the impact of artificial intelligence for authorship and academic integrity in the humanities. *International Journal for Educational Integrity*. 2024 Dec;20(1):1–19.
4. Kosmyna N, Hauptmann E, Yuan YT, Situ J, Liao XH, Beresnitsky AV, et al. Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task. 2025 Jun 10
5. Google. Google Gemini [KI Modell] [Internet]. Google DeepMind; 2025.
6. Khalifa M, Albadawy M. Using artificial intelligence in academic writing and research: An essential productivity tool. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*. 2024 Jan 1; 5:100145.
7. Findenig A. Künstliche Intelligenz im HR-Bereich und deren Anwendungsbereiche. [Graz]: Campus Graz 02; 2024.
8. Wirtz BW, Meyerer JC. Wissenschaftliche Beiträge Künstliche Intelligenz: Erscheinungsformen, Nutzungspotenziale und Anwendungsbereiche. 2019 Nov; 10:4–10.
9. Fenwick C, Qureshi Z. Risks from power-seeking AI systems. 2025. 80000hours
10. Sonntagbauer M, Haar M, Kluge S. Artificial intelligence: How will ChatGPT and other AI applications change our everyday medical practice? *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2023 Jun 1; 118(5):366–71.
11. Universität Augsburg. KI in der Literaturrecherche 2024.
12. EU AI Act: first regulation on artificial intelligence | Topics | European Parliament.
13. Universität Basel. Leitfaden «Aus KI zitieren» Umgang mit auf Künstlicher Intelligenz basierenden Tools. 2025 Aug; 3.0:1–5.
14. KI-Kennzeichnung – Universitäts- und Landesbibliothek – TU Darmstadt.
15. Universität Leipzig. Kennzeichnung von KI-generierten Inhalten | Knowledge Base | E-Learning 2024.
16. Zweig B. The Tasks You Won't See in Job Postings Anymore | Revelio Labs. 2025.
17. Wang J, Fan W. The effect of ChatGPT on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications* 2025 12:1. 2025 May 6; 12(1):1–21.

Vorstellung und Einordnung der europäischen Guideline zur Anwendung des kardiopulmonalen Bypasses 2024

Presentation and classification of the European guideline on the use of cardiopulmonary bypass 2024

Einleitung

Wie schon die erste Episode dieser Reihe, soll auch Teil 2 den Leser:innen eine Hilfe zur Einordnung und Umsetzung der aktuellen Empfehlungen der 2024-EACTS/EACTAIC/EBCP-Guideline zum kardiopulmonalen Bypass (CPB) in den klinischen Alltag geben. Mittlerweile gehört diese Guideline (GL) zu den meistgelesenen Artikeln im Fachbereich Perfusion, Kardiologie und -anästhesie, im renommierten British „Journal of Anaesthesia“ ist sie sogar der fünft-meistgelesene Artikel 2025 (DOI: 10.1016/j.bja.2025.01.015). Dies zeigt das hohe Interesse an der extrakorporalen Technologie und dem Fachgebiet Perfusion.



[https://www.bjanaesthesia.org/article/S0007-0912\(25\)00047-9/fulltext](https://www.bjanaesthesia.org/article/S0007-0912(25)00047-9/fulltext)

In diesem Teil werden zwei Kapitel mit 30 Empfehlungen besprochen. Einige der vorgestellten Verfahren sind bereits sehr ausführlich in der Guideline beschrieben, andere wiederum werden in ihrer Anwendung weniger detailliert erklärt. Die Autor:innen der vorliegenden Publikation beschreiben aus diesem Grund manche Verfahren hier genauer, während andere im Text der Originalpublikation nachzulesen sind. Zum besseren Verständnis sollten beide Publikationen komplementär verwendet werden.

Der hier besprochene Teil der GL beschäftigt sich mit dem Monitoring und Sicherheitseinrichtungen der Herz-Lungen-Maschine sowie patientennahen nichtinvasiven und hämodynamischen Überwachungsmöglichkeiten und den Möglichkeiten des Organschutzes während und nach dem kardiopulmonalen Bypass. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit dem Schutz der Organe und enthält sehr viele neue Empfehlungen, während im Kapitel Monitoring nur zwei neue Empfehlungen, jedoch einige Aktualisierungen, hinzugekommen sind.

Mit einem vom European Board of Extracorporeal Perfusion (EBCP) für diese Guideline entwickelten Excel-Tool können die Empfehlungen kompakt und im Abgleich zu 2019 angesehen werden. Weiterhin kann dieses Tool genutzt werden, um die Empfehlungen leichter in die Routine und Standards der Klinik zu übernehmen. Das Tool und die Guideline sind unter folgendem Link auf der Website des EBCP zu finden.



<https://www.ebcp.eu/?oid=454&pid=169284>

Monitoring

Erweiterte Sensorik und detaillierte Überwachungsmaßnah-

Episode 2

- Monitoring
- Organprotektion (Herz, Gehirn, Lunge, Niere)

Adrian Bauer, Elrina Joubert-Hübner, Sebastian Schmidt

men während des CPBs sind integraler Bestandteil einer modernen Perfusionsführung. Eine effektive Überwachung sollte dabei strukturiert, multimodal und risikoadaptiert erfolgen, mit klar definierten Zielbereichen für Perfusion, Organfunktion und Hämodynamik.

Über prädiktive Messungen können einerseits unerwünschte Zwischenfälle, wie zum Beispiel das Versagen des Oxygenators durch die Delta P-Messungen, besser vorhergesagt oder vermieden werden. Andererseits werden aber auch Minder- oder Malperfusionen schneller erkannt, insbesondere dann, wenn patientennahe Parameter überwacht werden. In der GL 2024 zeigt sich ein eindeutiger Trend zu mehr Empfehlungen, welche sich auf direkte und patientennahe Überwachung beziehen. So sind Empfehlungen zur Neuro- und der erweiterten hämodynamischen Überwachung neu hinzugekommen.

Obligatorische Überwachungen für eine sichere Perfusion

Als wichtige Basisgrößen für physiologische Patientenparameter gelten nach wie vor die Druckmessungen, die Pumpenflüsse und regelmäßige Blutgasanalysen (I C). Auch werden weiterhin der Messung der venösen Sauerstoffsättigung und der kontinuierlichen Blutgasüberwachung eine erhebliche Bedeutung zugesprochen (I B).

Bezüglich der zu überwachenden Temperaturen werden neben der Messung der arteriellen Auslasstemperatur des Oxygenators nun auch multiple Blut- und Gewebemessungen empfohlen, um lokale Hyperthermien zu vermeiden (Neu: I C). Bei der Anwendung von Rollenpumpen als arterielle Pumpe wird traditionell oft noch ein rein berechneter Fluss als Wert aus den Umdrehungen verwendet. Dies birgt ein hohes Risiko für falsche Werte, auf die sich dann wiederum die gesamte Perfusionsführung wie die Berechnungen zum Sauerstofftransfer (Goal directed perfusion), aber auch die Gabe von vasoaktiven Medikamenten bezieht. Dieses Risiko lässt sich mit einer Echtzeitmessung des arteriellen Pumpenflusses mittels Ultraschalls deutlich minimieren, der Empfehlungsgrad hierfür wurde von IIa C auf I C erhöht. Es wird außerdem empfohlen, dass der Fluss möglichst patientennah (nach allen Shunts des CPB) gemessen werden soll, um korrekte Messwerte zu gewährleisten.

Nicht-invasive Überwachungen des Gehirns

Die Leitlinie empfiehlt das kontinuierliche Monitoring der regionalen zerebralen Sauerstoffsättigung (rScO₂) mittels Nahinfrarote Regionale Spektroskopie (NIRS), um eine zerebrale

Empfehlungen		2024		2019	
		Class	L.O.E.	Class	L.O.E.
ÜBERWACHUNG: Obligatorische Ausrüstung für eine sichere Perfusion					
47	Es wird empfohlen, den Blutfluss zum Patienten durch Ultraschall-Flussmessungen an der arteriellen Linie zu überwachen.	I	C	Ila	C
48	Es wird empfohlen, während des CPB Drucküberwachungen an der arteriellen Linie (vor und nach dem Oxygenator) und den Kardioplegiezuführungssystemen zu verwenden.	I	C	I	C
49	Eine kontinuierliche Überwachung der arteriellen Ausgangstemperatur des Oxygenators wird empfohlen.	I	C	I	C
50	Es wird empfohlen, SvO ₂ und HCT-Werte während des CPB kontinuierlich zu überwachen.	I	B	I	B
51	Es wird empfohlen, während des CPB in regelmäßigen Abständen eine Blutgasanalyse durchzuführen oder eine kontinuierliche Blutgasmessung vorzunehmen.	I	C	I	C
52	Es wird empfohlen, die Blut- und Gewebetemperatur der Patient:innen während des CPB an mehreren Stellen gleichzeitig zu messen, um eine (regionale) Hyperthermie zu vermeiden.	I	C		

Desaturation frühzeitig zu erkennen und die Perfusionsparameter gezielt anpassen zu können. Hierbei wird der Einsatz der NIRS-Messung, insbesondere bei Hochrisikopatient:innen und komplexen Eingriffen, nahegelegt. Sie kann aber auch bei dem Routine-CPB als Bestandteil eines erweiterten Monitorings dienen. Die Empfehlungsgrade für die nahinfrarote Spektroskopie zur Beurteilung der regionalen Sauerstoffversorgung des Hirngewebes und die Elektroenzephalogramm (EEG)-basierte Überwachung der Narkosetiefe wurden bei einer jeweiligen Literaturstärke von B von IIb auf IIa erhöht. Das Monitoring der Narkosetiefe (Depth of Anaesthesia, DOA) wird zur Reduktion von Awareness-Risiko und zur Optimierung der Anästhesiedosierung während der Herzoperation mit CPB besonders empfohlen. Die Leitlinie argumentiert die Erhöhung des Empfehlungsgrades von IIb B auf IIa B damit, dass die „intraoperative Awareness“ bei kardiochirurgischen Patient:innen häufiger auftritt als in der Nicht-Herzchirurgie, weshalb ein strukturiertes DOA-Monitoring hier besonders relevant ist. Der Einsatz der transkraniellen Dopplersonographie (TCD) (Neu: IIb C) wurde der Leitlinie neu hinzugefügt und gilt als ergänzendes Verfahren des Neuromonitorings zur Embolie- und Perfusionsüberwachung während des CPB. Die Leitlinie hebt hervor, dass der TCD die Embolielast, Perfusionsmuster und mögliche Seitenunterschiede sichtbar machen kann, der direkte Einfluss auf harte klinische Endpunkte (z. B. Schlaganfall, Neurokognition) aber bislang limitiert und heterogen belegt ist. Empfohlen ist der TCD vor allem bei Hochrisikoeingriffen (z. B. Aorten-/Aortenbogenchirurgie) und in Zentren mit entsprechender Expertise und Ressourcen. Auch sind die Einsatzmöglichkeiten eingeschränkt, da für die Anwendung geschultes Personal, geeignete Akustikfenster (meist A. cerebri media) und standardisierte Protokolle zur Interpretation von Emboliesignalen und Flussveränderungen erforderlich sind.

Hämodynamische Überwachung

Dieser Abschnitt beschreibt die hämodynamische Überwa-

chung während des CPB und fordert ein strukturiertes, multimodales Monitoring von Druck, Volumen, Herzfunktion und Organperfusion über das reine EKG hinaus. Ziel ist eine individualisierte Steuerung von Pumpfluss und Blutdruck, um Organdysfunktionen und Komplikationen zu minimieren.

Pulmonalarterienkatheter (PAK)

Obwohl der Pulmonalarterienkatheter (PAK) nicht routinemäßig bei allen CPBs eingesetzt werden soll, wird sein Stellenwert als invasives erweitertes hämodynamisches Monitoringinstrument in ausgewählten Hochrisikosituationen als sinnvoll anerkannt und der Empfehlungsgrad hat sich für diese Patientengruppe von IIb B auf IIa B erhöht.

Minimalinvasive hämodynamische Monitore

Minimalinvasive hämodynamische Monitore können auf Basis der Pulsokturanalyse als Alternative bzw. Ergänzung zum Pulmonalarterienkatheter zur Steuerung von Volumen- und Kreislauftherapie verwendet werden. Da die Anwendung jedoch methodisch eingeschränkt ist (z. B. unter CPB, bei Arrhythmien, stark veränderter vaskulärer Compliance, offenen Thoraxbedingungen, niedrigen Tidalvolumina) und somit die Genauigkeit reduziert sein kann, bleibt auch der Empfehlungsgrad mit IIb B vergleichsweise niedrig.

Transösophageale Echokardiographie (TEE/TOE)

Die transösophageale Echokardiographie (TEE/TOE) erhält in der Guideline eine Erhöhung von IIa B auf I B. Sie gilt laut Guideline als zentrales erweitertes hämodynamisches Monitoring- und Diagnostiktool in der Herzchirurgie, das in vielen Zentren faktisch zum Standard gehört. Die Evidenzbasis sowie die Verfügbarkeit des TEEs hat seit der letzten GL klar zugenommen. Seit 2019 liegen mehr Daten vor, so dass durch ein TEE relevante Befunde entdeckt werden können (z. B. residuelle Klappenfehler, Thromben, LV/RV-Dysfunktion, Aortenerkrankungen), die unmittelbar zu Therapieänderungen führen,

Empfehlungen		2024		2019	
		Class	L.O.E.	Class	L.O.E.
ÜBERWACHUNG: nicht-invasive Überwachung des Gehirns					
53	Die Verwendung von NIRS-gesteuerten Algorithmen sollte in Betracht gezogen werden, um zerebrale Hypoperfusion jeglicher Ursache zu erkennen.	IIa	B	IIb	B
54	Die Verwendung eines verarbeiteten EEG-Monitorings sollte in Betracht gezogen werden, um das Auftreten von intraoperativem Bewusstsein und übermäßiger Narkosetiefe zu verringern.	IIa	B	IIb	B
55	Der Einsatz von transkraniell Doppler-Ultraschall zur Beurteilung des zerebralen Blutflusses kann während selektiver zerebraler Perfusion erwogen werden.	IIb	C		
ÜBERWACHUNG: Hämodynamische Überwachung					
56	Ein PAK (Pulmonalarterienkatheter) sollte in ausgewählten Fällen in Betracht gezogen werden, um die Krankenhausaufenthaltsdauer zu verkürzen.	IIa	B	IIb	B
57	Bei ausgewählten Patient:innen kann eine Herzzeitvolumenmessung mit Pulsconturanalyse in Betracht gezogen werden.	IIb	B	IIb	B
58	Eine transösophageale Echokardiografie (TEE) wird bei herzchirurgischen Eingriffen empfohlen, es sei denn, es besteht eine absolute Kontraindikation.	I	B	IIa	B

Therapieanpassungen, aber auch Re-Operationen und hämodynamische Instabilität verhindern können. Die 2024-Leitlinie beschreibt TEE ausdrücklich als integralen Bestandteil des hämodynamischen Monitorings und nicht nur als „zusätzliches“ Verfahren und hebt dabei besonders seinen Nutzen beim Weaning von dem CPB und der Ursachensuche bei hämodynamischer Instabilität hervor.

Organprotektion

Dieses Kapitel behandelt den Themenkomplex Organprotektion während der Herzoperation mit CPB. Er bündelt die Evidenz zu Strategien, mit denen Herz, Gehirn, Niere, Lunge und andere Organe vor CPB-assoziierten Ischämie-Reperfusion, Entzündung und Embolie geschützt werden sollen. Zu diesen Maßnahmen gehören die Remote Ischaemic Preconditioning oder auch induzierte ischämische Präkonditionierung, pharmakologische Maßnahmen wie Statine oder beta-adrenerge Blocker sowie organspezifische Maßnahmen in Bezug auf Gehirn, Herz, Nieren und Lunge.

Remote Ischaemic Preconditioning

Beim Verfahren der Remote Ischaemic Preconditioning (RIPC) wird eine wiederholte kurzzeitige Ischämie eines peripheren Gewebes (meist Arm oder Bein) mittels Blutdruckmanschette erzeugt, um das Myokard und andere Organe vor Ischämie-Reperfusionsschäden während des CPB zu konditionieren und damit zu schützen. Die Leitlinie bewertet RIPC als praktisches, kostengünstiges und weitgehend risikofreies Zusatzverfahren mit gemischter, aber vielversprechender Evidenz und empfiehlt (IIa A) sie optional als Bestandteil eines umfassenden Organprotektion-Konzepts, dies allerdings nicht als verpflichtenden Standard.

Dies gilt zurzeit allerdings nur für Patient:innen unter Narkose mit volatilen Anästhetika, da neuere Metaanalysen zeigen konnten, dass Propofol und andere Narkosedikamente einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse der ischämischen

Präkonditionierung haben können [DOI: 10.1093/ndt/gfx210]. Zu den weiteren unklaren Störfaktoren gehören Medikamente wie Nitrate und Sulfonylharnstoffe und unterschiedliche Anästhesieprotokolle. Somit, so argumentieren die GL-Autor:innen, könnte sich die Variabilität in den Studienergebnissen zumindest teilweise erklären.

Statine

Der Einsatz von Statinen als pharmakologische Organprotektion im Kontext der Herzchirurgie mit CPB, vor allem mit Blick auf kardiovaskuläre und entzündungsmodulierende Effekte, wird durch die Leitlinie anerkannt. Eine bereits bestehende Medikation (Beginn mind. 30 Tage vor OP) mit Statinen sollte (IIa B) daher perioperativ fortgesetzt werden.

Allerdings wird die kurzfristige Einnahme direkt vor der OP nicht empfohlen (III A), da die aktuelle Studienlage, die zunächst vermuteten Vorteile nicht bestätigen konnte (DOI: 10.1056/NEJMoa1507750) und es zudem in einigen Studien sogar zu einem erhöhten Auftreten von postoperativem Nierenversagen kam, wenn Statine kurzfristig vor der Operation eingenommen wurden (DOI: 10.1001/jama.2016.0548).

Beta-Blocker

Dieser Abschnitt behandelt den Einsatz von Beta-Blockern im perioperativen Setting der Herzchirurgie mit CPB als Bestandteil der Organprotektion, insbesondere zum Schutz des Myokards und zur Rhythmuskontrolle. Beta-Blocker werden mit einem geringeren Risiko für perioperative Myokardischämien und Arrhythmien (insbesondere Vorhofflimmern) in Verbindung gebracht und gelten daher als etablierter Bestandteil der kardiovaskulären Dauermedikation.

Viele Patient:innen kommen bereits mit einer chronischen Betablocker-Therapie zur Operation; sofern keine Kontraindikationen (z. B. schwerer Schock, relevante Bradykardie) vorliegen, wird empfohlen, die Therapie perioperativ fortzuführen (I A).

Die Leitlinie sieht dabei einen Nutzen v. a. in der Prävention postoperativer Vorhofflimmerepisoden und in einer Reduktion der myokardialen Belastung, betont aber, dass Dosierung und Zeitpunkt individuell und in Abhängigkeit von der Hämodynamik gewählt werden müssen.

Ein routinemäßiger Neu-Beginn mit hochdosierter Betablocker-Gabe als ausschließliche „CPB-Organprotektion“ wird nicht gefordert, kann aber erwogen werden (IIb B), entscheidend ist vielmehr die sinnvolle Fortführung/Anpassung der bestehenden Therapie im Rahmen eines ganzheitlichen peripheren Konzepts.

Ultrafiltration (Hämofilter)

Die Ultrafiltration ist eine Technik, die während des CPB zum Volumenmanagement und/oder zur Reduzierung schädlicher Bestandteile eingesetzt wird. Die am häufigsten verwendeten Techniken sind die konventionelle Ultrafiltration (CUF), die Null-ausgeglichene Ultrafiltration (ZBUF) und die modifizierte Ultrafiltration (MUF). Die modifizierte Ultrafiltration (MUF) wird als Technik beschrieben, bei der nach Beendigung des CPB über einen separaten Kreislauf Ultrafiltrat entfernt wird, um die Hämodilution durch das HLM-Restblut zu reduzieren. Somit können unter Erhalt der Proteine und Elektrolyte der Hämoglobin-/Hämatokritwert erhöht und potenziell auch Entzündungsmediatoren entfernt werden.

Die Leitlinie sieht potenzielle Vorteile für die Regulierung des Volumenstatus, der Lungenfunktion und ggf. einer Reduktion der Blutungsneigung, weist aber auf eine begrenzte und heterogene Evidenz im Erwachsenenkollektiv hin und empfiehlt MUF (I A) als optionale Technik, nicht jedoch als Standard für alle Patient:innen.

Myokardmanagement – Kardioplegie

Dieser Abschnitt behandelt das myokardiale Management mittels Kardioplegie und fasst Empfehlungen zu Auswahl, Dosierung und Anwendung von Kardioplegielösungen während des CPB zusammen. Es werden verschiedene Konzepte (z. B. kristalloide vs. Blutkardioplegie, antegrade vs. retrograde Applikation, intermittierende vs. kontinuierliche Gabe, Temperaturregime) beschrieben und hinsichtlich Evidenz und Praktikabilität verglichen. Adressiert werden zudem Qualitätskriterien der Myokardprotektion (z. B. Druck, Volumen, Intervalle der Re-Dosis, Monitoring von Temperatur und Rhythmus), dabei wird besonders auf die hohe Bedeutung standardisierter, protokollbasierter Vorgehensweisen hingewiesen.

Ziel jeder Form von Kardioplegie ist die Myokardprotektion, also ein möglichst vollständiger, aber reversibler Herzstillstand mit optimalem Schutz vor Ischämie-Reperfusionsschäden im Rahmen der Aortenklammung. Die Leitlinie betont, dass nicht eine einzelne „ideale Kardioplegiestrategie“ existiert, sondern dass das Verfahren an den Patient:innen, den Eingriff und die Zentrums erfahrung angepasst werden sollen. Im Text der Leitlinie werden die Prinzipien der Kardioplegie, sowohl klassische als auch moderne Kardioplegieverfahren, ausführlich beschrieben. Zudem findet sich ein Abschnitt zur Diagnostizierung von postischämisch geschwächtem Myokard (myocardial stunning) durch suboptimalen Myokardschutz.

Für die Leitlinie gehören zum Myokardmanagement auch die Kontrolle der myokardialen Funktion. Somit sind zwei Empfehlungen in der 2024er Version hinzugekommen: Mit Grad I wird empfohlen, bei allen Patient:innen, ohne Kontraindikation zum transösophageale Echo (TEE) sowohl intraoperativ (I B) als auch postoperativ (I C) ein TEE durchzuführen.

Für Patient:innen mit niedriger Körperoberfläche und/oder Neigungen zu Blutungen sollte eine Blutkardioplegie in Betracht gezogen werden, um die Hämodilution, Blutungskomplikationen und den Transfusionsbedarf zu reduzieren (IIa B).

Zerebrale Protektion durch Temperaturkontrolle während des CPB

Hier wird die zerebrale Protektion durch Temperaturkontrolle während des CPB beschrieben. Im Zentrum des Textes stehen Empfehlungen zu Hypo-/Normothermie, Messung und Wiedererwärmung, um neurologische Schäden zu vermeiden.

In der Leitlinie werden die Rollen von Hypo- und Normothermie diskutiert und kritisch bewertet. Die physiologischen Auswirkungen der Hypothermie insbesondere auf die cerebrale Toleranz bei inadäquater Versorgung mit Sauerstoff (reduzierter DO_2) lassen die Autor:innen unbestritten, dennoch weisen sie auch auf die Risiken wie einen möglichen neuronalen Zelluntergang, Koagulopathie und Hyperthermie während der Aufwärmphase hin. Hier ist die Empfehlung mit I A sehr klar nicht über 37 °C Austrittstemperatur am Oxigenator zu wärmen.

Für Routineeingriffe wird somit eher eine milde Hypothermie oder Normothermie empfohlen (IIa B), während die tiefe Hypothermie speziellen Indikationen (z. B. komplexe Aortenbogenchirurgie) vorbehalten bleibt.

Zudem wird ein standardisiertes Temperaturmanagement mit multiplen Kern- und peripheren Messstellen (z. B. nasopharyngeal, Ösophagus, Blase) gefordert, um reale zerebrale Temperaturen besser abzubilden.

Die Leitlinie empfiehlt, Temperaturgradienten zwischen Oxigenator-Auslass und venösem Rücklauf sowie die Aufwärmgeschwindigkeit zu begrenzen (angelehnt an STS/SCA-Empfehlungen), um Gasblasenbildung und zerebrale Hyperthermie zu verhindern.

Nierenschutz

Der Abschnitt fasst Strategien zusammen, die über eine reine Modifikation von CPB-Techniken, Temperatur oder Kardioplegie hinausgehen und direkt auf zelluläre Mechanismen von Ischämie-Reperfusion, Entzündung und oxidativem Stress abzielen.

Das akute Nierenversagen (AKI) tritt bei 5–40 % der kardiochirurgischen Patient:innen auf, ist mit erhöhter Morbidität, Mortalität und einem anhaltenden Risiko für chronische Nierenerkrankungen (CKD) assoziiert und wird durch multiple perioperative Noxen einschließlich der extrakorporalen Zirkulation verursacht.

Blutdruck

Die GL diskutiert intensiv die Vor- und Nachteile der Führung der Perfusion bezüglich des mittleren arteriellen Blutdrucks

(MAP). Sie kommt dabei zu dem Schluss, dass ein hoher Blutdruckzielwert (je nach Studie MAP > 60 bis MAP > 80) nur geringe bis gar keine Auswirkungen auf die Patientenergebnisse, einschließlich AKI und Todesfälle, haben kann. Es ist den Autor:innen wichtiger, einen normalen DO₂ anzustreben, den Blutfluss des CPB zu optimieren und Marker der Gewebepfusion (NIRS und SvcO₂) zu überwachen und normalwertig zu halten, als Vasopressoren zur Erhöhung des MAP einzusetzen (III A).

Aminosäuren zur Nierenprotektion

Hier wird die intravenöse Gabe von Aminosäuren zur Nierenprotektion während des CPB beschrieben. Begründet wird die Intervention mit potenziell renoprotektiven Effekten durch eine verbesserte renale Durchblutung, osmotische Diurese und Unterstützung des Stoffwechsels der Niere im Stresszustand. Allerdings ist die Evidenzlage gering, es werden wenige, überwiegend kleine Studien beschrieben, in denen parenterale Aminosäuren perioperativ bzw. intraoperativ gegeben wurden, um akute Nierenschäden (AKI) nach Herzoperationen zu reduzieren. Dennoch empfehlen die Autor:innen der GL die Therapie mit einem Grad von IIa B.

Gabe von N-Acetylcystein zur Nierenprotektion

N-Acetylcystein wirkt an der Niere vor allem über antioxidative und vasodilatatorische Effekte, die Tubuluszellen vor Schäden schützen und die renale Durchblutung (Mikrozirkulation) verbessern sollen (PMCID: PMC8129408 PMID: 34017406). NAC wirkt dabei über die Erhöhung der NO-Verfügbarkeit und Modulation von Vasokonstriktoren (DOI: 10.34172/npj.2023.11658).

Allerdings kommen die Autor:innen der GL zu dem Schluss, dass N-Acetylcystein (NAC) zur Nierenprotektion bei herzchirurgischen Patient:innen unter CPB nicht höher als mit IIb B empfohlen werden kann, da der vorhandene Evidenzkörper keinen klinisch relevanten Nutzen zeigt. Ein klinischer Nutzen tritt nur dann ein, wenn das Medikament intravenös mit adäquater hoher Dosierung gegeben wird.

Strategien zum Lungenschutz während des CPB

In diesem Kapitel werden Strategien zum Lungenschutz während und nach CPB beschrieben, die Verfahren sind die selektive pulmonal arterielle Perfusion, verschiedene Ventilationsformen während des CPB und Steroide zum Schutz der Lunge.

Selektive Pulmonalarterien-Perfusion

Die selektive Pulmonalarterien-Perfusion während des CPB bedeutet, dass die Lunge trotz aortaler Klemmung gezielt weiter durchströmt wird, um den Ischämie-Reperfusionsschaden zu begrenzen. Bei dem Verfahren wird die Lunge während des CPB gezielt mit einem niedrigen, kontrollierten Fluss weiter perfundiert, meist mit oxygeniertem Blut oder gelegentlich mit HTK-Lösung. Ziel ist es, die klassische CPB-bedingte „Lungenstilllegung“ (Hypoperfusion und Kollaps) zu vermeiden und so Ischämie-Reperfusionsschäden, endotheliale Dysfunktion und inflammatorische Aktivierung im Lungengewebe zu reduzieren (doi: 10.1002/14651858.CD011098.pub2).

Die Leitlinie beschreibt, dass kleinere Single-Center-RCTs zeigen, dass insbesondere die pulsatile Perfusion der Pulmonalarterie mit oxygeniertem Blut biochemische Zeichen von Lungenschäden reduzieren kann und sich teilweise die Oxygenierung verbessert, jedoch ohne klaren klinischen Benefit bei harten Endpunkten. Auch eine zitierte Cochrane-Analyse stuft die Evidenzqualität als sehr niedrig ein; Effekte auf Mortalität, schwere Nebenwirkungen und PaO₂/FiO₂-Ratio bleiben unsicher, weshalb der Nutzen insgesamt als nicht belegt gilt. Konsequenterweise ist der Empfehlungsgrad niedrig, allerdings und insbesondere bei hohem pulmonalem Risiko kann selektive pulmonale Perfusion erwogen werden (IIb B).

Ventilationstechniken während des CPB

Zu den verschiedenen Möglichkeiten von Ventilationstechniken gehören die fortgesetzte Anwendung von Continuous Positive Airway Pressure (CPAP), Vital-Capacity-Manöver und niedrig-volumige Ventilation während CPB. Diese Verfahren sollen konsistent die frühe postoperative Oxygenierung verbessern.

Bei CPAP bleiben die Patient:innen während des CPB kontrolliert beatmet (offen ventilierte Lunge), typischerweise mit einem kontinuierlichen, positiven Atemwegsdruck (z. B. 5–10 cm H₂O) ohne oder mit minimalem Atemzugvolumen (doi: 10.1213/ANE.000000000001118).

Das Verfahren soll dabei die alveolären Strukturen stabilisieren, ein zyklisches Kollabieren/Re-Recruitment reduzieren, die funktionelle Residualkapazität und das V/Q-Verhältnis verbessern und so frühe postoperative Atelektasen und Shuntbildung verringern.

Bei der sogenannten „Low-Tidal-Volume-Ventilation“ wird die Lunge während des CPB mit sehr niedrigen Tidalvolumina (z. B. 3 ml/kg, ca. 5 Atemzüge/min) plus PEEP (ca. 5 cm H₂O) kontinuierlich mechanisch ventiliert. Diese protektive Ventilation kombiniert PEEP-vermittelte Alveolarstabilisierung mit minimaler zyklischer Dehnung, um eine Volutrauma- und Atelektasetrauma-bedingte Inflammation zu vermindern, gleichzeitig aber den Gasaustausch und Surfactant-Funktion zu erhalten (doi: 10.1213/ANE.000000000001118).

Das Verfahren des „Vital-Capacity-Manövers (VCM)“ bedeutet, dass kurzzeitige Rekrutierungsmanöver mit hohen inspiratorischen Drücken (z. B. 30–40 cm H₂O für einige Sekunden), die intermittierend während des CPB oder unmittelbar vor Weaning durchgeführt werden, einhergehen (doi.org/10.3389/fcvm.2016.00047). Dabei sollen die Manöver kollabierte Alveolen schlagartig öffnen, Atelektasen reduzieren und somit kurzfristig die Compliance und den PaO₂/FiO₂-Quotienten verbessern. Dabei kann es aber auch zu hohen Drücken und zu einem Barotrauma oder hämodynamischer Beeinträchtigung kommen.

Obwohl die vorgestellten Ventilationstechniken eine Verbesserung im Vergleich zu einer vollständig „stillgelegten“ Lunge zeigen, finden sich in Meta-Analysen und größeren RCTs jedoch bislang keine klaren Vorteile bei harten Endpunkten wie Mortalität, Beatmungsdauer oder ARDS-Inzidenz. Die Techniken werden daher zwar primär als physiologisch plausibel und sicher, aber mit begrenztem nachgewiesenem Outcome-

Empfehlungen		2024		2019	
		Class	L.O.E.	Class	L.O.E.
ORGANSCHUTZ: Induzierte ischämische Präkonditionierung					
59	Induzierte ischämische Präkonditionierung (RIPC) sollte in Betracht gezogen werden, um die klinischen Ergebnisse zu verbessern und Myokard- und Nierenschäden bei Patient:innen in Narkose durch volatile Narkosemitteln zu verringern.	IIa	A		
ORGANSCHUTZ: Statine					
60	Es wird nicht empfohlen, kurz vor einer elektiven Herzoperation mit CPB eine Statintherapie einzuleiten, da dies mit dem Risiko einer akuten Nierenschädigung verbunden ist.	III	A		
61	Es sollte erwogen werden, die Statintherapie während einer Herzoperation mit CPB in der derzeitigen Dosierung fortzusetzen.	IIa	B		
ORGANSCHUTZ: Beta-adrenerge Blocker					
62	Es wird empfohlen, dass bei chronischer Anwendung von beta-adrenergen Blockern die Therapie während der perioperativen Phase einer Herzoperation mit CPB fortgesetzt wird, um postoperative Arrhythmien zu vermeiden.	I	A		
63	Eine kurzzeitige, niedrig dosierte orale Beta-Adreno-Blocker-Therapie kann bei mit dieser Therapie noch unbehandelten Patient:innen in Betracht gezogen werden, um postoperative Arrhythmien bei Herzoperationen mit CPB zu verhindern.	IIb	B		
ORGANSCHUTZ: Ultrafiltration					
64	Es wird empfohlen, MUF oder CUF in Kombination mit MUF bei Hochrisikopatient:innen oder anämischen Patient:innen zu verwenden, um Nachblutungen aus der Thoraxdrainage und Bluttransfusionen zu reduzieren.	I	A		
ORGANSCHUTZ: Myokardmanagement – Kardioplegie					
65	Es wird empfohlen, myokardprotektive Strategien patientenorientiert und auf der Grundlage der klinischen und pathoanatomischen Bedingungen und der Komplexität des Verfahrens anzuwenden, anstatt sich auf eine feste institutionelle kardioplegische Lösung zu verlassen.	I	C	I	C
66	Bei ausgewählten Patient:innen sollte eine Blutkardioplegie in Betracht gezogen werden, um Hämodilution, Blutungskomplikationen und Transfusionsbedarf zu verringern.	IIa	B	IIa	B
67	Es wird empfohlen, bei allen herzchirurgischen Patient:innen eine intraoperative Beurteilung der LV- und RV-Funktion mittels TEE vor und nach CPB zur unmittelbaren Qualitätskontrolle der Myokardschutzstrategie durchzuführen, sofern keine Kontraindikation für TEE besteht.	I	B		
68	Es wird empfohlen, die RV- und LV-Funktion, insbesondere die Septalbewegung und die Freisetzung herzspezifischer Enzyme, innerhalb der ersten 24 Stunden postoperativ routinemäßig zu überprüfen.	I	C		
ORGANSCHUTZ: Schutz des Gehirns – Temperaturkontrolle während des CARDIOPULMONALEN BYPASSSES					
69	In Situationen, in denen eine angemessene Sauerstoffversorgung aufrechterhalten werden kann, sollte ein normothermer CPB in Betracht gezogen werden, um das Risiko einer postoperativen neurokognitiven Dysfunktion zu verringern.	IIa	B		
70	Es wird empfohlen, eine systemische Hyperthermie während des CPB zu vermeiden, indem die arterielle Austrittstemperatur des Oxygenators auf maximal 37 °C begrenzt wird.	I	A		
ORGANSCHUTZ: Schutz der Nieren					
71	Es wird nicht empfohlen, während des CPB routinemäßig einen hohen MAP mit Vasokonstriktoren anzustreben, um akute Nierenschädigungen zu reduzieren.	III	A		
72	Die intravenöse Infusion einer ausgewogenen Aminosäurenmischung sollte perioperativ auch während des CPB in Betracht gezogen werden, um das Auftreten einer AKI zu verringern.	IIa	B		
73	Die perioperative Anwendung von intravenösem NAC (N-Acetylcystein) kann bei Patient:innen mit chronischem Nierenversagen in Betracht gezogen werden, um akute Nierenschädigungen nach Herzoperationen zu reduzieren.	IIb	B		

Empfehlungen		2024		2019	
		Class	L.O.E.	Class	L.O.E.
ORGANSCHUTZ: Schutz der Lunge					
74	Die selektive Perfusion der Lungenarterien kann zur Verbesserung der pulmonalen Funktion in Betracht gezogen werden, insbesondere bei Patient:innen mit einem hohen Risiko für Lungenkomplikationen.	IIb	B		
75	Die Fortsetzung der Beatmung oder CPAP während der aortalen Klemmzeit wird nicht empfohlen.	III	A		
76	Die routinemäßige Verwendung von Steroiden zum Schutz der Lunge während des CPB wird nicht empfohlen.	III	A	III	A

Benefit eingestuft. Sie werden aus diesem Grund in der Leitlinie nicht empfohlen (III A).

Steroide

Der CPB triggert über Blut-Fremdoberflächenkontakt, Ischämie-Reperfusion und Endothelaktivierung eine SIRS-artige Antwort mit Freisetzung von TNF- α , IL-6, IL-8, Komplementaktivierung und Endothelschaden, was zu Hypotonie, Myokarddepression und pulmonalem Gasaustauschdefizit führen kann (<https://doi.org/10.1378/chest.112.3.676>). Steroide werden im Kontext vom CPB gegeben, sie sollen die überschießende systemische Inflammationsreaktion dämpfen und so eine mögliche Organdysfunktion der Lunge begrenzen; ihre Wirkung beruht auf breiter immunmodulatorischer und endothelialer Stabilisierung.

Aufgrund der aktuellen Studienlage kommt die Leitlinie zu dem Schluss, dass die prophylaktische Steroidgabe zur Lungenschutz-Strategie bei CPB zwar die Inflammationsantwort dämpft, aber keinen klaren Nutzen in harten klinischen Endpunkten zeigt und zum Teil sogar die kardialen Risiken erhöhen kann.

Ein möglicher Nutzen könnte für Subgruppen mit hoher vorbestehender inflammatorischer Last bestehen, ist aber bislang nur hypothesengenerierend und rechtfertigt keine routinemäßige Anwendung.

Eine prophylaktische Steroidgabe wird nicht als generelle Standardmaßnahme zur Lungenschutz-Prophylaxe bei CPB empfohlen (III A).

Fazit

Die Kapitel Monitoring und Organprotektion der 2024-EACTS/EACTAIC/EBCP-Guideline zeigen, dass eine sichere Anwendung des kardiopulmonalen Bypasses nicht primär durch einzelne spektakuläre Interventionen, sondern durch das Zusammenspiel aus strukturiertem Monitoring und organorientierter Protektion erreicht werden kann. Das Monitoring stellt dabei die Voraussetzung für eine individualisierte Steuerung von Blutfluss, MAP, Temperatur und Gastransfer dar, während evidenzbasierte Protektionsstrategien für Herz, Gehirn, Niere und Lunge darauf abzielen, die systemische Ischämie-Reperusions- und Inflammationslast zu begrenzen. Für die klinische Praxis bedeutet dies, dass Standardmaßnahmen mit hoher Evidenz (z. B. qualitätsgesichertes Basismonito-

ring, optimierte Hämodynamik, sorgfältige Myokardprotektion, kontrollierte Temperaturführung) konsequent umgesetzt und potenziell protektive, aber schwächer belegte Verfahren (z. B. selektive pulmonale Perfusion, bestimmte Pharmaka) risikoadaptiert und im Kontext der Gesamtevidenz eingesetzt werden sollten.

Biosketch: Dr. Adrian Bauer, PhD, MCT, ECCP

Dr. Adrian Bauer is a clinical perfusionist and Head of the Department of Perfusion at the Evangelic Heart Center Coswig, Germany. He holds a PhD in Health Sciences from Aarhus University, a Master in Cardiovascular Technology, and the European Certificate in Cardiovascular Perfusion.

After early training as a nurse and perfusionist, Dr. Bauer progressed from Deputy Chief Perfusionist at the University Heart Centre Leipzig to leading the perfusion team at Heart Centre Coswig since 2003. His educational journey includes international qualifications and a strong focus on advancing clinical standards in perfusion.

Dr. Bauer's research emphasizes minimal invasive extracorporeal circulation (MI-ECC), blood and transfusion management, coagulation, and perfusion technology innovation. He has authored or co-authored over 20 peer-reviewed publications and book chapters and contributed to key European guidelines and consensus statements on perfusion and cardiac surgery.

He has served in leadership and editorial roles, including President and Vice President of the German Society for Cardiovascular Engineering (DGfK), board member of the European Board of Cardiovascular Perfusion (Vice Chair, EBCP), and editorial boards of major journals. Further, he is a dedicated mentor and lecturer at universities and perfusion schools across Europe.

Dr. Bauer has received several awards recognizing his contributions to minimized extracorporeal circulation and clinical perfusion practices. His professional memberships span national and international societies, reflecting his commitment to innovation, education, and excellence in cardiac surgery and perfusion science.

Pulsatile veno-arterielle Beinperfusion mittels CARL® während 10-stündiger endovaskulärer Multibranch-Operation bei komplexer Stanford B-Dissektion

Pulsatile veno-arterial leg perfusion using CARL® during a 10-hour endovascular multibranch procedure for complex stanford B dissection



Dr. med. Eike Gamon
Klinikum Links der Weser
Klinik für Anästhesie, Operative und
Allgemeine Intensivmedizin, Notfallmedizin
Senator-Weßling-Str. 1
28277 Bremen
E-Mail: e.gamon@mail.de



E. Gamon¹, M. Feldmann², W.A. Osthaus³

E. Gamon: 0000-0002-5554-8343; W.A. Osthaus: 0009-0004-7618-1933

¹ Klinikum Links der Weser Bremen, Klinik für Anästhesie, Operative und Allgemeine Intensivmedizin, Notfallmedizin, CA Dr. J. Boelsen MBA

² AGAPLESION DiakonieKlinikum Rotenburg gGmbH, Klinik für Gefäßchirurgie und Endovaskuläre Chirurgie

³ AGAPLESION DiakonieKlinikum Rotenburg gGmbH, Institut für Anästhesie und Intensivmedizin

Zusammenfassung

Während einer 10-stündigen Implantation eines multiviszeral gebrachten Aortenstents bei einem 63-jährigen Patienten mit komplexer Stanford B-Dissektion wurde ein veno-arterieller Bypass mittels pulsatiler ECMO (CARL®-Technologie Resuscitec) über die Iliakalgefäße in beiden Beinen des Patienten etabliert. Ziel war es, über die Pulsatilität der ECMO eine bessere Perfusion und damit Oxygenation der Peripherie zu erreichen, als dies mit einem laminaren Fluss bzw. ohne Bypass der Fall gewesen wäre. Die Überwachung der Perfusion erfolgte anhand einer Gewebs-Oxymetrie beider Beine sowie kontinuierlichen Blutgas-Analysen. Postoperativ gab es keinerlei Ischämie- oder Hyperperfusionskomplikationen, laborchemische Auffälligkeiten oder neurologische Störungen.

Schlüsselwörter

Pulsatile ECMO, Bypass, Beinperfusion, Multibranch, veno-arteriell

Abstract

During a 10-hour implantation of a multivisceral branched aortic stent in a 63-year-old patient with a complex Stanford B dissection, a veno-arterial bypass was established using pulsatile ECMO (CARL technology Resuscitec) via the iliac vessels in both legs. The goal was to use the pulsati-

ty of ECMO to achieve better perfusion and thus oxygenation of the periphery than would have been possible with laminar flow or without a bypass. Perfusion was monitored using tissue oximetry of both legs and continuous blood gas analyses. Postoperatively, there were no ischemia or hyperperfusion complications, laboratory abnormalities, or neurological disturbances.

Keywords

Pulsatile ECMO, bypass, perfusion, multibranch, veno-arterial

Kasuistik

Im Herbst 2023 wurde bei dem damals 62-jährigen Mann als Zufallsbefund im Rahmen einer urologisch veranlassten CT-Untersuchung eine komplexe thorakoabdominelle Aortendissektion Typ Stanford B diagnostiziert. Distal setzte sich die Dissektion in ein mutmaßlich vorbestehendes infrarenales Aortenaneurysma fort und bildete ein Aneurysma dissecans von 8 cm Durchmesser. Die Dissektion endete in der linken A. iliaca externa. Zudem bestanden Aneurysmata der A. iliaca externa. Das wahre Lumen war schwächig im Sinne eines subtotalen True-lumen-Kollaps.

Klinisch bestanden ätiologisch nicht sicher einzuordnende Rückenschmerzen, die spontan sistierten. Es bestanden keine Zeichen einer Ischämie.

In interdisziplinären Fallkonferenzen wurden die möglichen Versorgungsoptionen diskutiert und schließlich fiel unter Einbeziehung des Patienten die Entscheidung zu einer dreizeitigen endovaskulären Versorgung. Zunächst erfolgte eine Versorgung der thorakalen Aorta mittels Stentgrafts, die proximale Landezone musste dabei nach vorherigem Debranching mittels Carotido-Carotido-Subclavia-Bypass bis in die Zone 1 nach Ishimaru ausgeweitet werden. Distal erfolgte eine Versorgung der Dissektion der Beckenarterien mit Ausschaltung der Iliacaneurysmata durch eine beidseitige Implantation eines Iliac-Side-Branch-Devices (Abb. 1 a–c).

Im Dezember 2023 war die abschließende Versorgung mittels individuell angefertigtem thorakoabdominellen Multibranch-Aortenstent mit Landezone in den zuvor implantierten Stents suprarenal bzw. iliacal beidseits geplant. Anatomisch waren zu diesem Zeitpunkt verschiedene Aspekte bekannt und wurden in die OP-Planung, auch zeitlich, mit eingeschlossen.

Aufgrund des schwächtigen wahren Lumens sollten Truncus coeliacus, A. mesenterica superior und rechte Nierenarterie mittels Inner-Branches (Custom Design der Firma Jotec/Artivion) erhalten werden. Die linke Nierenarterie wurde explizit nicht miteingeschlossen, da von einem initial funktionslosen Organ ausgegangen wurde.

Als anatomische Normvariante zeigte sich in der Bildgebung ein isolierter Abgang der A. hepatica sin. aus der Aorta entspringend. Geplant war, diesen mit einem Twin-Branch (A. hepatica sin./Truncus coeliacus) zu erhalten. Leider kam es nach der Implantation in den Truncus coeliacus zu einer Kompression und damit zu einem Verschluss der A. hepatica sin. Der entsprechende Anteil des Twin-Branches wurde mittels Vascular-Plug verschlossen.

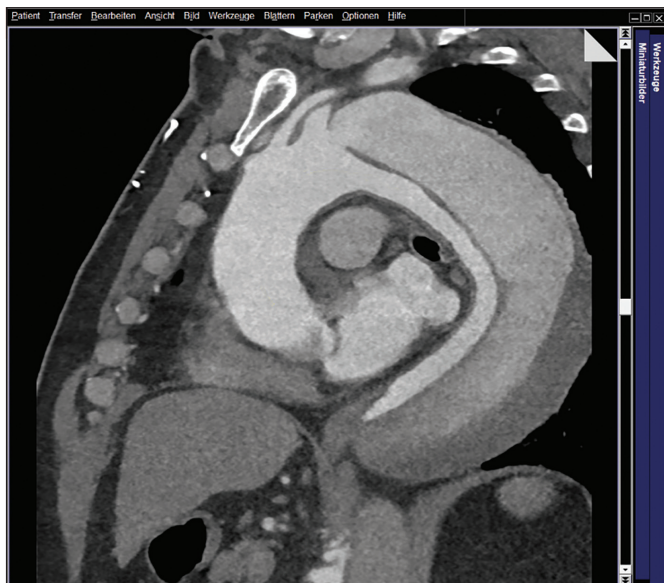


Abb. 1 a: Ausgangsbefund thorakal

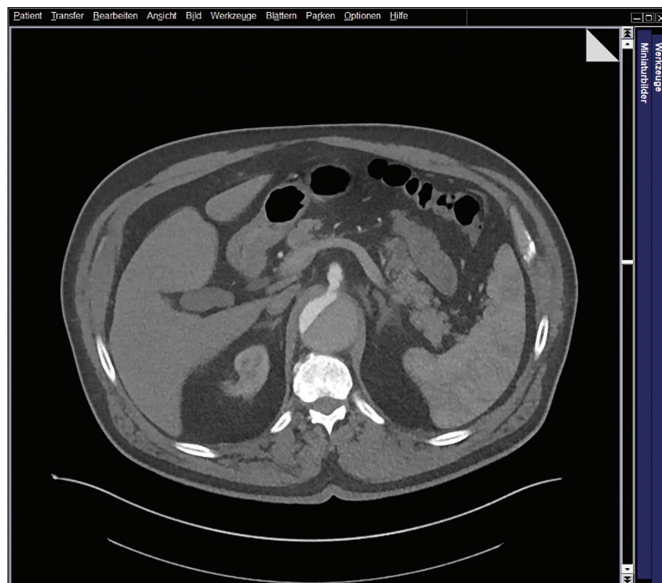


Abb. 1 b: Ausgangsbefund axial Höhe AMS-Abgang: subtotaler True-Lumen-Kollaps

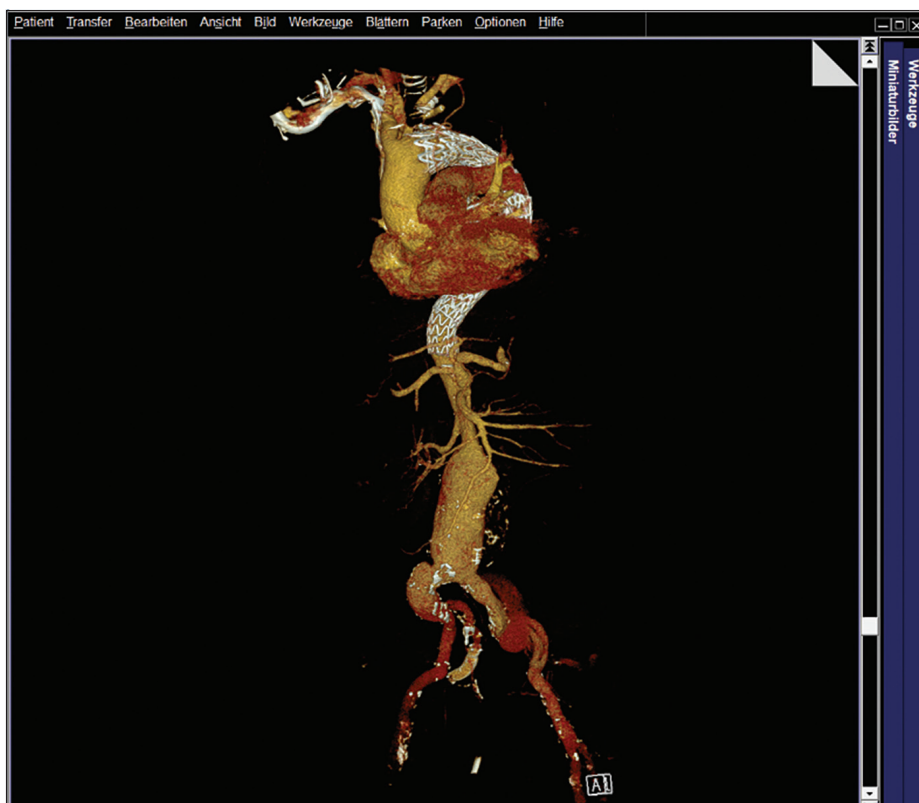


Abb. 1 c: Präoperative 3-D-CT-Rekonstruktion nach den ersten beiden Eingriffen mit Kontrolle nach thorakalem Stent mit Landezone

Aufgrund der bereits erfolgten Voroperationen gab es neben der Anatomie weitere Überlegungen, die eine Verlängerung der Operationsdauer erwarten ließen.

Normalerweise werden die Inner-Branches im Aortenstent von kranial über einen links axillären Zugang sondiert, wonach die Stents in die jeweiligen Zielgefäße eingebracht werden. In dem hier beschriebenen Fall war der übliche Zugang von der rechten Axilla aufgrund des vorherigen Debranchings nicht möglich. Auf einen Zugang von der rechten Axilla sollte primär verzichtet werden, da hier ein erhöhtes Apoplex-Risiko bestand. Dieses ergab sich aufgrund der langen Liegedauer der Schleusen im Truncus brachiocephalicus mit allen supraor-

talen Ästen. Daher wurde versucht, die Inner-Branches von kaudal durch eine steuerbare Schleuse zu sondieren. Dies war durch den True-Lumen-Kollaps deutlich erschwert. Letztlich gelang auf diesem Wege nur eine Sondierung der A. mesenterica sup., die Sondierung der anderen Gefäße gelang nicht. Aus diesem Grund musste schließlich der vorher abgelehnte Zugang rechts axillär gewählt werden, mit entsprechender Umlagerung des Patienten und Schaffung eines chirurgischen Zugangs.

Da aufgrund der genannten Komplexität von einer verlängerten OP-Dauer mit entsprechender möglicher peripherer Ischämiezeit auszugehen war, wurde sich für eine intraoperative Bypass-Versorgung beider Beine mittels pulsatile va-ECMO entschieden. Die Hypothese war eine durch die simulierte Pulsatilität reduzierte Extremitäten-Minderperfusion. Zeitgleich sollte die technische und physiologische Machbarkeit eines solchen

ECMO-Bypasses gezeigt und die physiologische Flusseigenschaften simuliert werden, um bei größeren und umfangreicheren Eingriffen eine ausreichende pulsatile Organperfusion, beispielsweise über die Nierenarterien, herstellen zu können. In diesem Zuge wurden auch die erheblich höheren Kosten des CARL-Systems gegenüber anderen etablierten Lösungen, wie beispielsweise passiver Schleusenperfusion oder anderen Bypassen, in Kauf genommen. Die Nutzung einer Herz-Lungen-Maschine (HLM) mit Rollerpumpe schied aufgrund der Nichtverfügbarkeit in der Klinik aus.

Ein ECMO-Bypass wird bei solchen Operationen in diversen gefäßchirurgischen und maximalversorgenden Zentren ange-

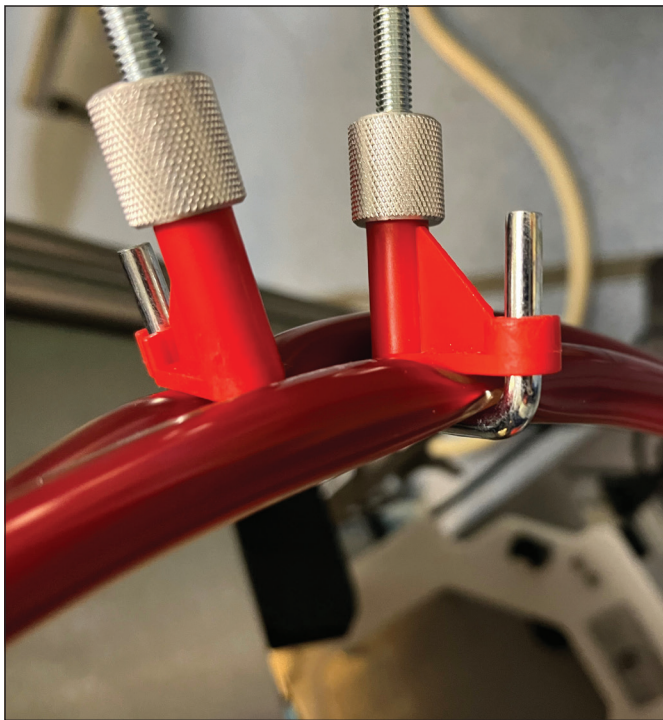


Abb. 2: Schlauchklemmen zur Flussreduktion an den arteriellen Kanülen



Abb. 4: intraoperative ECMO

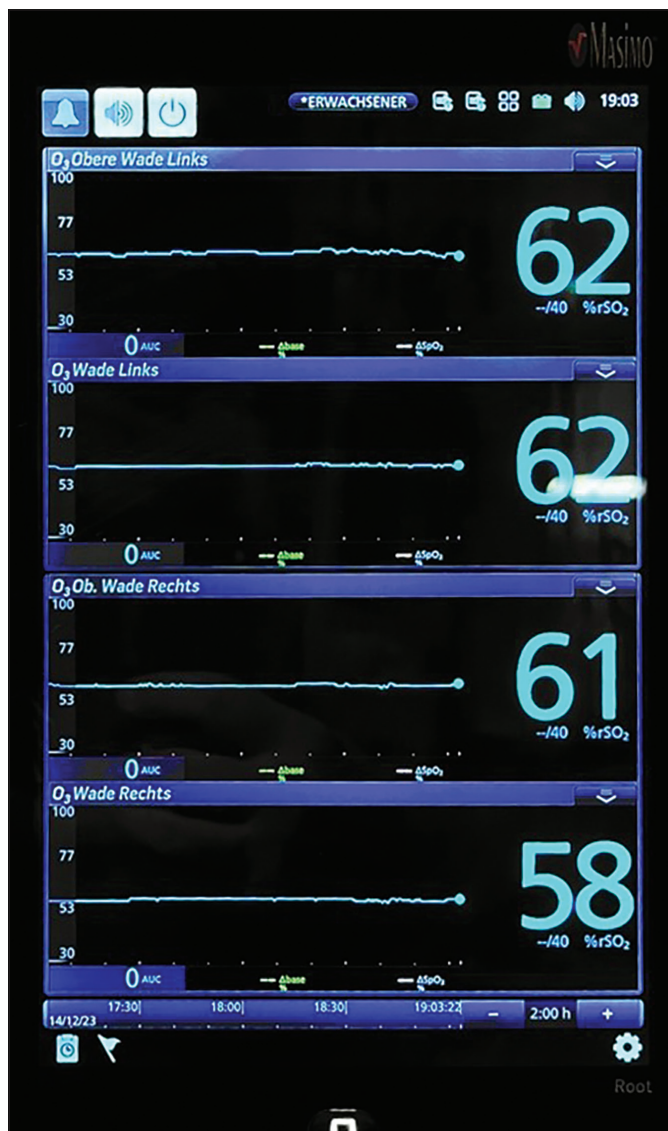


Abb. 3: Gewebsoxymetriewerte der Beine während der Operation

wendet, da einer der Vorteile die relativ niedrige Heparinisierung unter ECMO gegenüber anderen Verfahren ist und damit eine niedrigere Blutungskomplikation darstellt.

Während der gefäßchirurgischen Aufklärung zu besagtem Eingriff wurde dem Patienten und seinen Angehörigen das Verfahren des extrakorporalen Bypasses dargestellt und auf die erhofften positiven Effekte, wie aber auch auf das erhebliche Komplikationspotenzial hingewiesen. Der Patient willigte in diese OP und das beschriebene Verfahren des ECMO-Bypasses ein.

Verwendet wurde für den ECMO-Bypass eine CARL® ("controlled automated reperfusion of the whole body") der Firma Resuscitec. Diese ECMO hat in der aktuellen Softwareversion standardmäßig zwei Betriebsmodi, neben dem ECLS-Modus mit Pulsation einen ECMO-Modus, bei dem die zweite Pumpe mit einer Umdrehungsdifferenz von maximal 3000/Minute im laminaren Fluss betrieben werden kann. Im aktuellen Set ist der Oxygenator der Fresenius-Konsole Xenios verbaut. Dieser hat ein Coating, um Thrombenbildung zu verringern, hingegen ist das Schlauchsystem nicht beschichtet. Daher wird das Set regelhaft mit Albumin geprimt. Der Einsatz der CARL für dieses Verfahren war ein Off-Label-Use.

Für den Fluss des Bypasses wurde der pulsatile ECLS-Modus der CARL gewählt.

Folgende va-ECMO-Konfiguration wurde gewählt: Als Drainage-Kanüle wurde eine 19 Fr.-HLS-Kanüle der Firma Getinge in die V. cava inferior über die rechte V. femoralis eingelegt. Die Rückgabe erfolgte über zwei BioMedicus 10 Fr.-Kanülen der Firma Medtronic jeweils in die A. femoralis superficialis beidseits. Die Schläuche wurden über Adapter von

$\frac{3}{8}$ " auf $\frac{1}{4}$ " reduziert. Gleichzeitig wurden die beiden arteriellen Linien mit Flussminderern bestückt (Abb. 2). Die Implantation der Kanülen und Etablierung des ECMO-Flusses erfolgte vor der eigentlichen OP und vor der Okklusion der Gefäße.

Die Überwachung der Beinperfusion wurde mittels einer NIRS (Nahinfrarot Spektroskopie) der Firma Masimo in der jeweils vorderen und hinteren Muskelloge beider Waden dargestellt. Zusätzlich gab es eine beidseitige Messung der Sauerstoffsättigung (Abb. 3).

Von Beginn der Okklusion an wurden dauerhaft konstante Flüsse der ECMO mit 1,0–1,2 l/min etabliert und über die gesamte Zeitdauer eine Pulsationsfrequenz von 50/min. (Abb. 4).

Da eine Heparinisierung schon aufgrund der Operationsmethode notwendig war, wurden zur Steuerung der Gerinnung regelmäßige pTT-Kontrollen mit einem Zielwert um 60 Sekunden vorgenommen. Begleitende ACT-Werte waren in dem Aufbau zu ungenau und wichen häufig von den pTT-Werten ab.

Die kumulative OP-Dauer betrug ca. 10 Stunden, davon der ECMO-Bypass ca. 8 Stunden, da durch die Voroperationen und das massiv veränderte Gefäßsystem des Patienten im Verlauf der Operation ein alternativer Zugangsweg geschaffen werden musste.

Nachdem alle Gefäße nach Implantation der Stents und Branches wieder geöffnet waren, wurden der ECMO-Fluss beendet, alle Kanülen entfernt und die Gefäßzugänge chirurgisch verschlossen. Zur postoperativen Überwachung wurde der Patient auf der Intensivstation nachbeatmet, allerdings nach Kontrolle von laborchemischen Parametern, Temperatur, hämodynamischem und respiratorischem System zeitnah ins Weaning genommen und schließlich noch am gleichen Tag extubiert.

Hinsichtlich der primären Hypothese der Vermeidung einer Minderperfusion der Beine zeigten sich alle postoperativen Untersuchungen positiv. Makroskopisch gab es keine Farbveränderungen der Haut und keine Schwellungen oder Ödeme. Auch waren keine Anzeichen hinsichtlich einer Hyperperfusion zu erkennen. Die abgeleiteten peripheren Sauerstoffsättigungen waren unauffällig, ebenso die in festen Intervallen erhobenen Dopplersignale und die laborchemischen Laktat- und CK-Werte.

Trotz dieser positiven Befunde wurde ein langer intensivstationärer Aufenthalt notwendig, da es postoperative Komplikationen wie ein akutes Nierenversagen, eine Pneumonie und ein Delir gab. Allerdings entwickelte sich der Gesamtverlauf schließlich positiv und der Patient konnte über die Reha in die Häuslichkeit entlassen werden. Bildgebend waren die Aneurysmata (abgesehen von einem kleinen Typ 2 Endoleak) ausgeschaltet und die Dissektion regelhaft angelegt. Die Stentgrafts waren einschließlich der viszeralen und iliacalen Branches regelhaft perfundiert (Abb. 5 a und b).

In der weiteren Compliance des Patienten zeigte sich nach Entlassung aus der Reha ein lost-to follow-up, die Nachsorge-Kontrollen in der Klinik wurden nicht wahrgenommen, ebenso gelang eine Kontaktaufnahme bisher nicht.

Diskussion

Dass ein pulsatile Fluss vorteilhaft für die Organperfusion und Mikrozirkulation ist, ist hinreichend bekannt. Schon 1979 konnte tierexperimentell gezeigt werden, dass die Funktionen von Leber und Pankreas nach Etablierung eines laminaren Flusses deutlich abnehmen [1]. Viele Jahre später konnte an aortokoronaren Bypasspatienten gezeigt werden, dass ein pulsatile Fluss eine bessere Mikrozirkulation zur Folge hat und dies an niedrigeren Laktatwerten als Surrogatparametern festgemacht werden kann [2].

Dies veranlasste das Team zu der Hypothese, dass die Technik des ECMO-Bypasses bei großen gefäßchirurgischen Eingriffen mit langer OP-Dauer durch die Erweiterung mittels eines pulsatilen Flusses positive Auswirkungen auf die Mikrozirkulation haben könnte und damit konsekutiv eine Abnahme von Ischämie-Komplikationen einhergehen könnte. Um eine Machbarkeit mit dem CARL-System zu untersuchen, wurde das System im ersten Schritt allerdings lediglich zur Beinperfusion angewendet, um es später auf die gesamte Organperfusion zu erweitern.

Für die reine Beinperfusion bei Gefäßoperationen stehen heutzutage verschiedene etablierte Konzepte zur Verfügung, etwa pulsatile Systeme unter Verwendung von Schleusen oder axillofemorale Bypässen, wie sie auch in der Literatur beschrieben sind [3]. Diese Alternativen, ebenfalls funktionierende Systeme, sollten bei der Bewertung pulsatiler Beinperfusion mittels ECMO berücksichtigt werden, aus medizinischer und ökonomischer Sicht.

An der Uniklinik Dresden werden bereits seit 2015 gefäßchirurgische Eingriffe unter va-ECMO-Bypass erfolgreich durchgeführt [4]. Neben verminderten Organischämien ist die relativ niedrige Notwendigkeit für eine Heparinisierung ein großer Vorteil für den Operateur. In Dresden wurde bis dato die Cardiohelp der Firma Getinge verwendet, die lediglich einen laminaren Fluss herstellt und nicht wie in unserem CaseReport eine CARL mit pulsatilem Fluss.

Die Technik wurde in Dresden mit Prof. Reps neu eingeführt, jedoch ist das grundsätzliche Konzept, thorakoabdominelle Aorteneingriffe unter Einsatz eines extrakorporalen Bypasses bzw. ECMO-ähnlicher Verfahren durchzuführen, bereits seit vielen Jahren bekannt; es existieren hierzu größere Serien insbesondere von Coselli aus Houston/Texas, die die Sicherheit und Effektivität solcher extrakorporalen Bypass-Strategien bei komplexen Aorteneingriffen zeigen. Dies ordnet die vorliegende Kasuistik in einen bereits länger bestehenden, international etablierten Kontext ein [5].

Im Vergleich des extrakorporalen Bypasses mittels ECMO mit alternativen Perfusionsverfahren zur Beinperfusion (z. B. axillofemorale Bypass, distale Perfusionskanüle, Shunt Systeme über Schleusen) zeigt sich, dass ECMO-basierte Systeme den Vorteil einer sehr gut steuerbaren, potenziell pulsatilen Perfusion mit präziser Kontrolle von Fluss, Druck und Gaswechsel bieten, dafür aber technisch komplexer sind und ein höheres Maß an Perfusionserfahrung sowie ein aufwendigeres Monitoring erfordern. Ebenfalls sind die Kosten für Material und Personal wesentlich höher. Alternative Verfahren wie axillofemorale Bypässe oder temporäre Shunts

über Schleusen sind demgegenüber meist schneller und mit weniger apparativem Aufwand zu etablieren. Sie können die Extremitätenischämie effektiv verhindern und kommen ohne vollständiges ECMO-Setup aus, liefern jedoch häufig nur einen weniger gut kontrollierbaren, teilweise nicht-pulsatilen Fluss und sind hinsichtlich Volumensteuerung und Oxygenierung limitiert. Für endovaskuläre Aorteneingriffe mit längerer femoraler Okklusion und hohem Ischämierisiko kann ein

pulsatiler ECMO-Bypass wie im beschriebenen Setting daher eine besonders attraktive Option darstellen, solange die höhere Komplexität gerechtfertigt ist; in Situationen mit kürzerer Okklusionsdauer oder limitierten Ressourcen bleiben die etablierten Shunt- und Bypasstechniken sinnvolle und in vielen Zentren gut funktionierende Alternativen.

Aus Daten von akuten Aortendissektionen und kardialen operativen Interventionen weiß man, dass die viszerale Malperfusion nicht trivial ist und mit einer

Mortalitätsrate von 50 % eine schwerwiegende Komplikation darstellt. Zwar dreht es sich dabei häufig um Ischämien zu Beginn der Dissektion, es verdeutlicht aber die Brisanz einer Minderperfusion [6].

Wichtige Faktoren sind hierbei der viszerale Perfusionsdruck und die konsekutive Sauerstoffversorgung. So kann beispielsweise der Darm bis zu einem Blutdruck von 40 mmHg über eine Erhöhung der Sauerstoffextraktion aus der Rekrutierung mesenterialer Gefäße die fortwährende Versorgung mit Sauerstoff gewährleisten. Unterhalb dieses Wertes wird das Gewebe ischämisch, wobei die Ischämietoleranz des Intestinaltrakts lediglich bei 2 bis 3 Stunden liegt [7,8].

Es erscheint also zwingend notwendig bei möglichen Minderperfusionsen der viszeralen Organe, auch durch iatrogene Okklusionen während einer Operation, den Aspekt „Zeit“ im Auge zu behalten oder alternativ bei langen komplexen Operationen die viszerale Perfusion beispielsweise mit einem ECMO-Bypass sicherzustellen.

Verschiedene Untersuchungen konnten die Relevanz der Malperfusion bei Typ B-Dissektionen zeigen. Gargiulo et al. fassten diese Ergebnisse zusammen und stellten eine Verbindung zwischen Durchblutungsstörungen der Beine und parallelen Durchblutungsstörungen der renalen und viszeralen Organe her [9]. Zwar wurden hier akute Typ B-Dissektionen betrachtet, es konnte aber somit während und nach der Dissektion über die Extremitäten eine Abschätzung der möglichen Organschäden gemacht werden.

Wie wichtig die Auseinandersetzung mit der Minderdurchblutung bei der Aortendissektion ist, stellten Sievers et al. in einer Untersuchung dar, nachdem sie die Dissektionen in A, B und non-A/non-B anhand des TEM-Systems klas-



Abb. 5a und b: 3-D-CT-Rekonstruktion nach Abschluss mit allen eingebrachten Stents

sifizierten. Während sich koronare Minderperfusionsstörungen lediglich bei Typ A-Dissektionen zeigten, waren viszerale oder ilia-cale Perfusionsdefizite in allen Klassifizierungen relevant [10]. Zwar beschäftigt sich der überwiegende Teil der Untersuchungen mit schon bestehenden Durchblutungsstörungen bei Aufnahme bzw. Diagnostik der Dissektion, die Folgen können aber auf eine lange intraoperative Minderperfusion übertragen werden. Alle Autor:innen heben die Dringlichkeit einer Intervention bei bestehender Minderperfusion hervor und die möglichst rasche Wiederherstellung der normalen Durchblutung. Das unterstreicht die Relevanz ein möglichst physiologisches Flussprofil in den distalen Gefäßbetten zu erhalten. Die derzeit verfügbaren Techniken zur pulsatilen Perfusion der unteren Extremitäten bei endovaskulären und offenen Aorteneingriffen sind heterogen und reichen von distalen Perfusionskanülen bei femoraler Kanülierung über axillofemorale Bypässe bis hin zu komplexen Shuntlösungen mit Schleusen oder zusätzlichen Pumpensystemen. Das hier vorgestellte CARL-System reiht sich in diese Gruppe ein. Es erlangt dann eine besondere Bedeutung, wenn die Daten zur Beinperfusion auf die Perfusion der viszeralen Organe übertragen werden und auch hier eine Pulsatilität Anwendung findet.

Schlussfolgerung

Bei langwierigen Gefäßoperationen ist der extrakorporale Bypass mittels ECMO zur Vermeidung von Perfusionsstörungen an Organen und Extremitäten eine mittlerweile an Zentren etablierte Option, um die postoperativen Komplikationsraten zu vermindern. Hauptaspekt ist dabei die Aufrechterhaltung einer Perfusion, wobei verschiedene technische Ansätze zur Beinperfusion – einschließlich alternativer pulsatiler Systeme – verfügbar sind. Durch die Entwicklung von Systemen mit pulsatilem Flussprofil könnte die bisherige Bypass-Perfusion um eine simulierte physiologische Mikrozirkulation erweitert werden. In dieser Kasuistik konnte, während einer 10-stündigen Multibranch-OP, gezeigt werden, dass eine über mehrere Stunden dauernde pulsatile Perfusion der unteren Extremität

möglich und sicher ist. Darüber hinaus können Ischämie-Komplikationen über die notwendige Gefäß-Okklusion effektiv verhindert werden. In weiteren Anwendungen müsste das Verfahren verfeinert werden; anschließende Untersuchungen sollten zunächst die Beinperfusion systematisch mit anderen verfügbaren Techniken vergleichen und könnten danach eine Erweiterung auf andere Organbereiche, beispielsweise viszerale Endorgane, evaluieren.

Interessenkonflikt

Die Autoren haben keine finanziellen Interessen oder Beziehungen, die zu Interessenkonflikten führen können.

Herr Dr. Eike Gamon erhält Berater- und Vortragshonorare von der Firma Resuscitec und der Firma Becton Dickinson (BD).

Literatur

1. Bača, I. et al: Vergleichende Studie über pulsatile und kontinuierlichen Fluß während des extrakorporalen Kreislaufs. Auswirkungen auf die Leberfunktion und endokrine Pankreassekretion. In: Linder, F., Röher, HD., Mittmann, U. (eds) Chirurgisches Forum '79. Deutsche Gesellschaft für Chirurgie, vol. 79. 1979, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67291-0_10
2. Hanke T, Gerdes A: Gibt es einen Vorteil der pulsatilen Perfusion gegenüber der nicht-pulsatilen Perfusion hinsichtlich der Morbidität, Mortalität oder weiterer Surrogatparameter?. In: Bartels, C., et al. Extrakorporale Zirkulation – wissenschaftlich begründet? 2001 Steinkopff, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-21896-9_2
3. Kalder J, Jalaie H, Greiner A, Jacobs MJ: A new shunting concept to prevent lower limb ischaemia/reperfusion injury in prolonged fenestrated stent-graft procedures. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2014 Apr;55(2 Suppl 1):183-5. PMID: 24796912.
4. Neue OP-Methode in Dresden: ECMO-Einsatz unterstützt Austausch der Hauptschlagader. *Kardiotechnik, German Journal of Perfusion* 2015, Heft 4/2015, 24. Jahrgang, 104
5. Coselli JS: The use of left heart bypass in the repair of thoracoabdominal aortic aneurysms: current techniques and results. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2003 Oct;15(4):326-32. doi: 10.1053/s1043-0679(03)00090-x. PMID: 14710373.
6. Ghosh S, Roberts N, Firmin RK, Jameson J and Spyt TJ: Risk factors for intestinal ischaemia in cardiac surgical patients. *European journal of cardiothoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery* 2002. 21(3):411-416.
7. Lange H: [Differential diagnostic significance of lactate in acute abdominal diseases]. *Der Chirurg* 1989; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin 60(5):356-360.
8. Bradbury AW, Brittenden J, McBride K and Ruckley CV: Mesenteric ischaemia: a multidisciplinary approach. *The British Journal of Surgery* 1995; 82(11):1446-59.
9. Gargiulo M, Bianchini Massoni C, Gallitto E, Freyrie A, Trimarchi S, Faggioli G, Stella A. Lower limb malperfusion in type B aortic dissection: a systematic review. *Ann Cardiothorac Surg*. 2014 Jul;3(4):351-67. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.07.05. PMID: 25133098; PMCID: PMC4128931.
10. Sievers HH, Rytski B, Czerny M, Baier ALM, Kreibich M, Siepe M, Beyersdorf F: Aortic dissection reconsidered: type, entry site, malperfusion classification adding clarity and enabling outcome prediction. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020 Mar 1;30(3):451-457. doi: 10.1093/icvts/ivz281. PMID: 31755925.

Die **Perfusiologie** stellt in der Rubrik TUTORIAL in Folge relevante Methoden für wissenschaftliche Arbeiten zur klinischen Perfusiologie und technischen Medizin vor.

Statistik Teil 17: Diagnostische Plots für die lineare Regression

Prof. Dr. Matthias Kohl
Department of Health, Medical and Life Sciences
Institute of Precision Medicine
Hochschule Furtwangen
Jakob-Kienzle-Str. 17, 78054 Villingen-Schwenningen (Germany)
Phone: +49 (0) 7720 307-4635
E-Mail: matthias.kohl@hs-furtwangen.de
www.hs-furtwangen.de · www.life-data-science.org

M. Kohl, F. Münch

Einführung

Lineare Modelle zählen zu den am häufigsten verwendeten Modellen in der Statistik. Wie alle Modelle stellen auch sie nur eine Annäherung an die Realität dar. Die Gültigkeit der gewonnenen Ergebnisse hängt außerdem davon ab, ob die getroffenen Modellannahmen erfüllt sind [1]. In diesem Tutorial werden wir eine Reihe von diagnostischen Plots besprechen, die sich zur Überprüfung dieser Modellannahmen eignen. Die meisten dieser Plots basieren auf den sogenannten Residuen [1]. Man spricht deshalb auch von Residuendiagnostik. Es können auch verschiedene statistische Signifikanztests für diesen Zweck verwendet werden. Darauf werden wir im Rahmen dieses Tutoriums aber nicht näher eingehen. Zur Veranschaulichung der Plots werden wir verschiedene Szenarien verwenden und diese auf lineare Modelle von realen Daten anwenden.

Residuen versus gefittete Werte

Wir beginnen mit dem zentralen Plot für die Residuendiagnostik, bei dem die Residuen gegen die gefitteten Werte aufgetragen werden. Dieser Plot ist auch als **Tukey-Anscombe-Plot** bekannt. Wenn wir davon ausgehen, dass die Voraussetzungen für das lineare Modell erfüllt sind, sollten die Residuen in diesem Fall zufällig um den Wert 0 herum schwanken. Insbesondere sollten keine Strukturen, Kurvenverläufe oder Trends erkennbar sein. Schwanken die Residuen jedoch um einen anderen Wert, ist dies ein Zeichen dafür, dass der Erwartungswert des Zufallsfehlers nicht gleich 0 ist (vgl. Voraussetzung (3) in [1]). Eine kegelförmige Struktur weist auf eine **Heteroskedastizität** der Residuen hin, was einer Abweichung von der angenommenen **Homoskedastizität** (vgl. Voraussetzungen (1) und (3) in [1]) entspricht. Kurvenverläufe entstehen, wenn das Modell unvollständig ist und

Fazitbox

Pro und Contra diagnostische Plots für die lineare Regression:

Pro

- Diagnostische Plots eignen sich sehr gut dazu, um die Voraussetzungen für die lineare Regression zu prüfen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Residuendiagnostik, da die meisten Plots auf den Residuen des berechneten linearen Modells basieren.
- Durch die zusätzliche Verwendung von nichtparametrischen Kurvenanpassungen lassen sich auffällige Strukturen in den diagnostischen Plots besser erkennen und beurteilen.

Contra

- Es ist Erfahrung im Umgang mit diagnostischen Plots erforderlich, um auffällige Abweichungen zu erkennen. Gerade bei kleinen bis moderaten Fallzahlen ist es generell schwierig, eine zuverlässige Aussage zu treffen.

noch nicht alle Informationen, die in den Daten enthalten sind, erfasst wurden. Dies kann beispielsweise bedeuten, dass noch eine wichtige Variablen fehlt oder dass zusätzlich noch ein weiterer Term mit einer Transformation einer bereits enthaltenen Variablen aufgenommen werden müsste (vgl. Voraussetzung (0) in [1]). Zeigt sich ein Trend, kann dies ein Hinweis dafür sein, dass die Residuen nicht (stochastisch) unabhängig sind (vgl. Voraussetzung (2) in [1]). Wir werden die angesprochenen Abweichungen im Folgenden unter Verwendung verschiedener Szenarien veranschaulichen. Dabei erzeugen

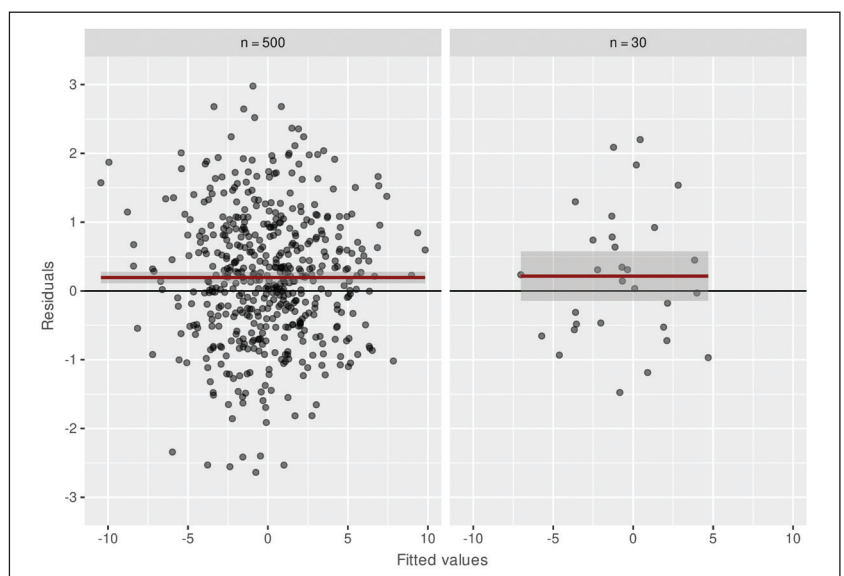


Abb. 1: Tukey-Anscombe-Plot mit einem Erwartungswert der Residuen, der von 0 verschieden ist (erstellt mit dem Paket ggplot2 [2] der Statistiksoftware R [3])

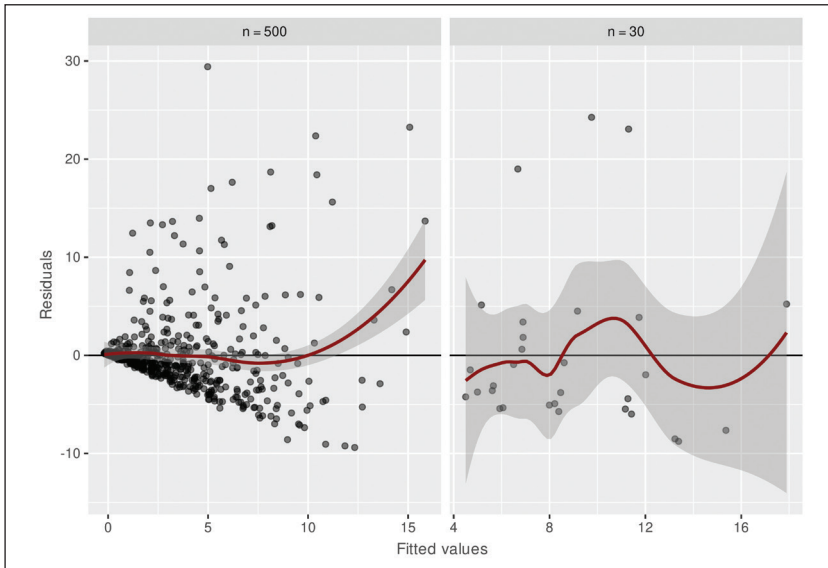


Abb. 2: Tukey-Anscombe-Plot mit lokal polynomialem Regressionsfit (loess) bei einem multiplikativen Fehler (erstellt mit dem Paket ggplot2 [2] der Statistiksoftware R [3])

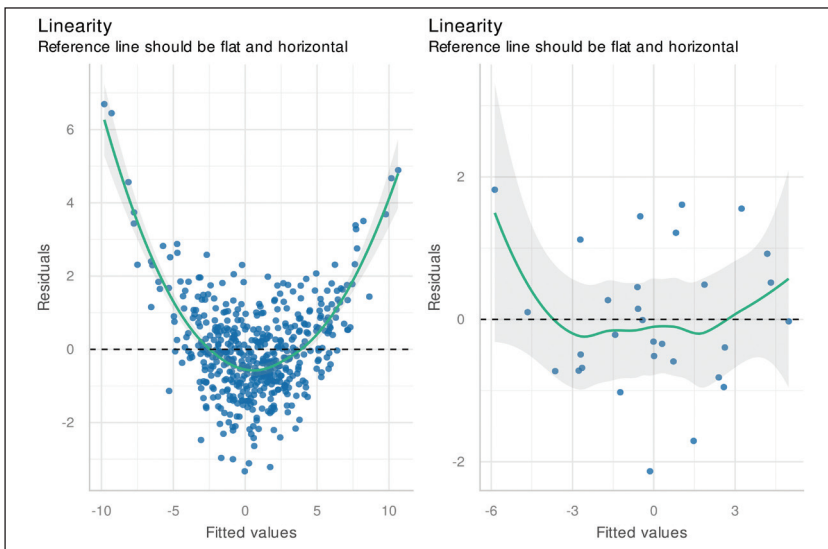


Abb. 3: Tukey-Anscombe-Plot mit lokal polynomialem Regressionsfit (loess) für ein unvollständiges Modell, in dem ein quadratischer Anteil nicht berücksichtigt wurde (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

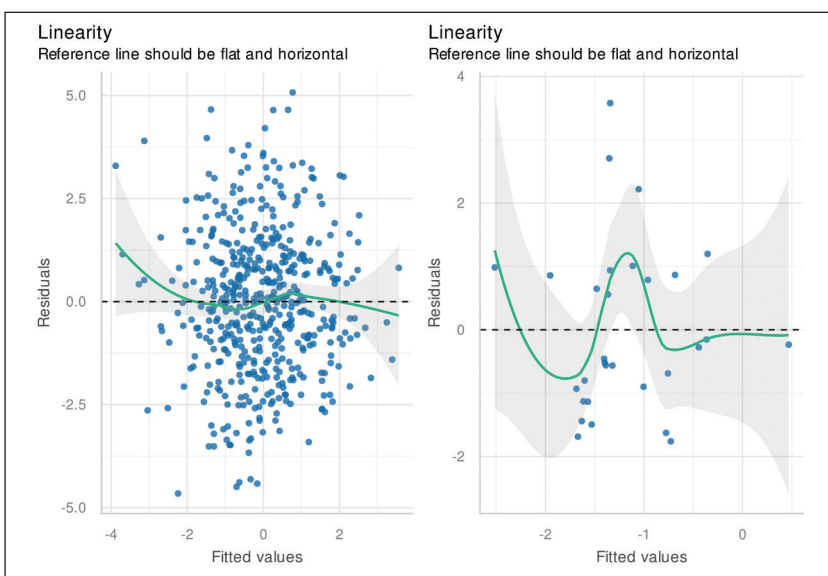


Abb. 4: Tukey-Anscombe-Plot mit lokal polynomialem Regressionsfit (loess) bei Vorliegen einer Zeitreihe (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

wir jeweils zwei Varianten der Tukey-Anscombe-Plots. Im ersten Fall erzeugen wir die Plots auf Basis von 500 Beobachtungen, um die Effekte deutlich sichtbar zu machen. Im zweiten Fall, der das identische Szenario zeigt, verwenden wir „nur“ 30 Beobachtungen. Letzteres entspricht einer Situation, wie sie häufig bei praktischen Anwendungen vorzufinden ist. Dies soll verdeutlichen, wie schwierig es in diesem Fall ist, die entsprechende Abweichung sicher zu erkennen.

In Abbildung 1 sehen wir, dass die Residuen nicht um den Wert 0 herum schwanken. Alle anderen Voraussetzungen für das lineare Modell sind erfüllt. Dieses Problem lässt sich relativ einfach beheben, indem ein konstanter Term (Achsenabschnitt) in das Modell aufgenommen wird. Da es generell üblich ist, dass das lineare Modell einen konstanten Term enthält, tritt diese Situation in der Praxis aber nur sehr selten auf.

In Abbildung 2 ist eine Situation dargestellt, in der die Varianz der Residuen von der Größe der Beobachtungen abhängt. Während im linken Plot eine Kegelform der Punktwolke deutlich erkennbar ist, wirkt der rechte Plot in dieser Hinsicht unauffällig. Eine kegelförmige Struktur deutet häufig auf einen multiplikativen Fehler hin, d. h. $y = x \cdot \epsilon$. In diesen Fällen kann daher oft der Logarithmus als varianzstabilisierende Transformation helfen. Wir erhalten $y = \log(x \cdot \epsilon) = \log(x) + \log(\epsilon)$ und damit einen additiven Fehler mit einer von x unabhängigen Varianz. Neben einer Variablentransformation kann bei Vorliegen einer Heteroskedastizität auch der Übergang zu einer gewichteten linearen Regressionsanalyse oder einem verallgemeinerten linearen Modell, welches eine allgemeine Fehlerkovarianz erlaubt, helfen (vgl. Abschnitt 8.2.5 in [4]).

In der Regel wird diesem Residuenplot zusätzlich eine nichtparametrische Kurvenanpassung hinzugefügt, um mögliche Strukturen leichter erkennen zu können. Im vorliegenden Fall wurde hierfür eine lokal polynomiale Regression (kurz: loess) verwendet [5].

In Abbildung 3 sehen wir den Fall, dass das Modell unvollständig ist. Es fehlt ein quadratischer Anteil. Im besten Fall kann man aus der Struktur der Residuen recht gut schließen, welche Form die noch nicht durch das Modell abgedeckte Information besitzt (vgl. linker Plot). Im rechten Plot würde man nicht von einer signifikanten Abweichung von der Null-Linie ausgehen, was anhand des eingezeichneten Konfidenzbandes zu sehen ist. Zeigt sich eine Struktur in den Residuen, kann diese oft durch die Aufnahme weiterer Regressoren bzw. zusätzlicher Terme der

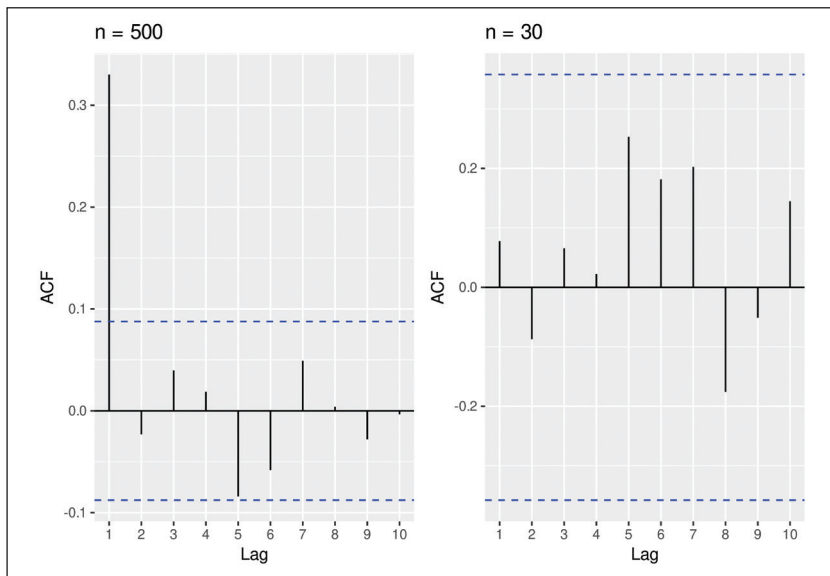


Abb. 5: Plot der Autokorrelationsfunktion (ACF) der Residuen bei Vorliegen einer Zeitreihe (erstellt mit dem Paket forecast [7] der Statistiksoftware R [3])

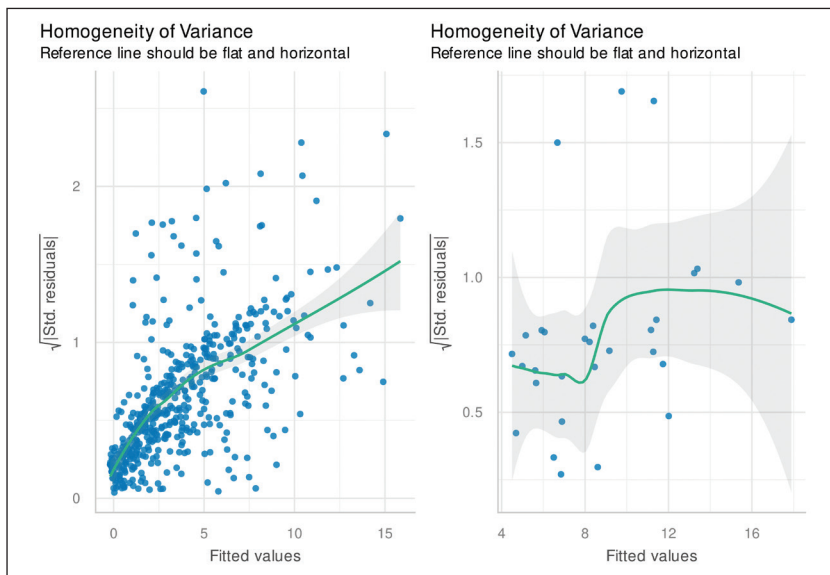


Abb. 6: Skala-Lokation-Plot mit lokal polynomialem Regressionsfit (loess) bei Vorliegen von Heteroskedastizität (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

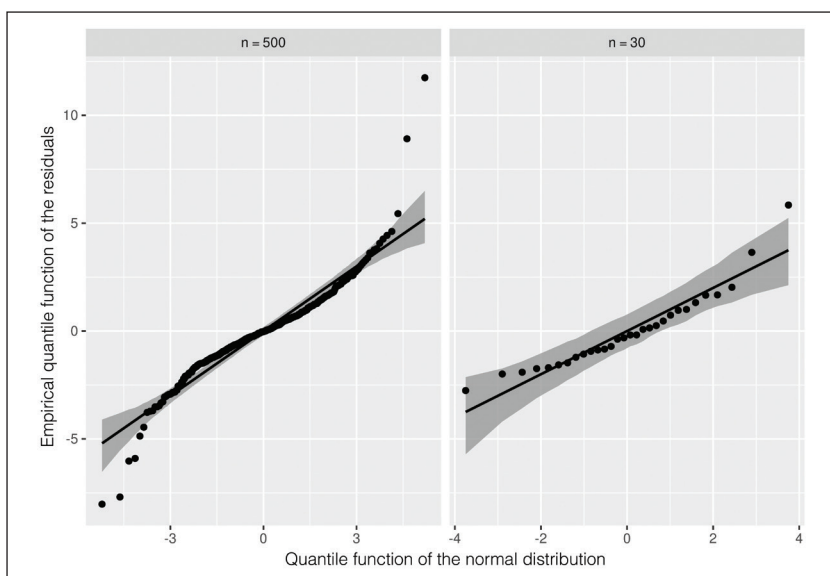


Abb. 7: qq-Plot der Residuen bei Vorliegen einer Fehlverteilung, die breiter als eine Normalverteilung ist (erstellt mit den Paketen qqplotr [9] und ggplot2 [2] der Statistiksoftware R [3])

bereits enthaltenen Regressoren (z. B. nicht nur lineare, sondern auch quadratische Terme) beseitigt werden.

Die Abbildung 4 zeigt den Fall, dass keine unabhängigen Beobachtungen, sondern eine Zeitreihe vorliegt. In beiden Fällen ist trotzdem kein starker Trend erkennbar. In der Praxis kann dieser Fall aber meist durch fachliche Überlegungen ausgeschlossen werden.

Sollte dies nicht möglich sein, empfiehlt sich zusätzlich ein Plot der Autokorrelationsfunktion (ACF). Diese Funktion erhält man, indem man die Residuen als Zeitreihe auffasst und die Korrelationen zwischen dieser Zeitreihe und den um einen oder mehrere Zeitpunkte (lags) nach rechts verschobenen Zeitreihen berechnet. In Abbildung 5 sind die Ergebnisse für die Residuen aus Abbildung 4 zu sehen. Im linken Plot ist eine signifikante Korrelation zwischen den Residuen und den um einen Zeitpunkt (lag) verschobenen Residuen zu erkennen (die Linie zum lag 1 reicht bis über die blau gestrichelte Grenze hinaus). Im rechten Plot werden hingegen keine signifikanten Korrelationen angezeigt. Liegt tatsächlich eine Zeitreihe vor, sollte statt des linearen Modells ein Zeitreihenmodell verwendet werden.

Skala-Lokation-Plot

Beim Skala-Lokation-Plot werden die Quadratwurzeln der standardisierten Residuen gegen die gefitteten Werte aufgetragen. Dieser Plot eignet sich besser als der Tukey-Anscombe-Plot, um Abweichungen von der Homoskedastizität zu erkennen. In Abbildung 6 sehen wir das Ergebnis für die in Abbildung 2 dargestellten Residuen. Im linken Plot erkennen wir eine deutlich ansteigende Linie, die ein klares Zeichen für das Vorliegen von Heteroskedastizität ist. Im rechten Plot fällt die Entscheidung schwer und es könnte durchaus eine homoskedastische Situation vorliegen. Wie bereits beim Tukey-Anscombe-Plot erläutert, können eine Variablentransformation oder die Verwendung einer gewichteten oder verallgemeinerten linearen Regression dabei helfen, die Heteroskedastizität zu verringern bzw. zu entfernen (vgl. Abschnitt 8.2.5 in [4]).

qq-Plot

Der qq-Plot wird verwendet, um die Normalverteilung der Residuen zu untersuchen [8]. In Abbildung 7 sind qq-Plots für eine Situation dargestellt, in der die Fehlverteilung breiter als eine Normalverteilung ist (vgl. auch Abb. 3 in [8]). Während im linken Plot eine klare Struktur erkennbar ist, könnte man im rechten Bild durchaus von einer Normalverteilung der Resi-

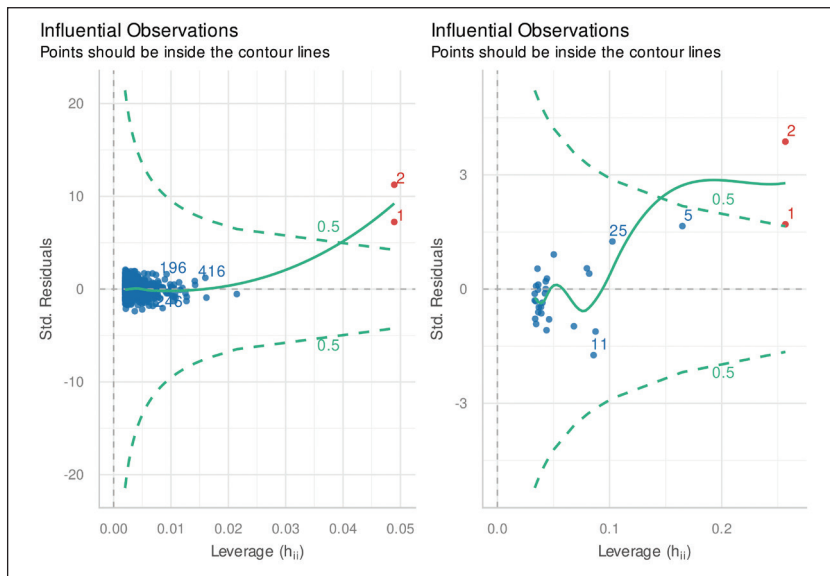


Abb. 8: Plot der Residuen versus die Hebelwerte für eine Situation mit zwei auffälligen Beobachtungen (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

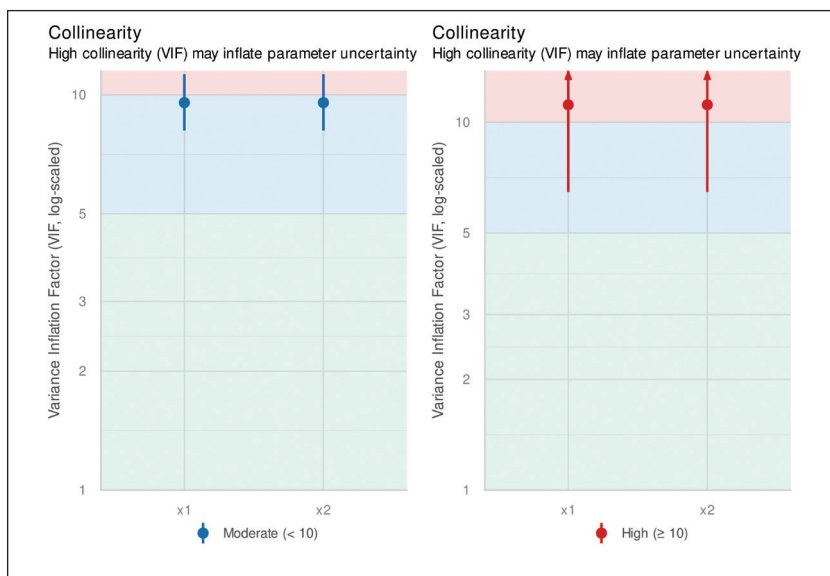


Abb. 9: Grafische Darstellung des Varianzinflationsfaktors (VIF) für zwei Variablen, die eine Korrelation von 0,95 aufweisen (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

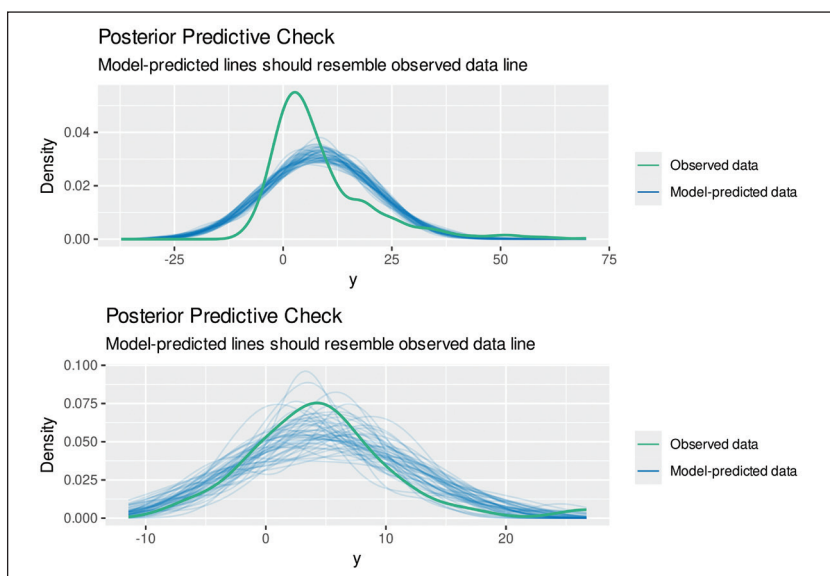


Abb. 10: Posterior Vorhersage für ein Modell, in dem eine wichtige Variable nicht berücksichtigt wurde (erstellt mit dem Paket performance [6] der Statistiksoftware R [3])

duen ausgehen. Liegt eine Abweichung von der Normalverteilung vor, kann versucht werden, durch eine Variablentransformation eine Normalisierung zu erreichen. Alternativ kann auch der Übergang zu einem generalisiert linearen Modell in Erwägung gezogen werden.

Residuen versus Hebelwerte

In diesem Plot werden die standardisierten Residuen gegen die Hebelwerte aufgetragen. Der **Hebelwert** einer Beobachtung beschreibt dabei deren Einfluss auf das gefittete Modell. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der **Hebelwirkung** der Beobachtung (vgl. Abschnitt 8.2.4 in [9]). Generell sind beim Vorliegen von n Beobachtungen Werte zwischen $1/n$ und 1 möglich. Der Mittelwert der Hebelwerte ist $(k+1)/n$, wobei k die Anzahl der im Modell enthaltenen Variablen ist. Werte größer als $3(k+1)/n$ werden bei kleinen Fallzahlen und Werte größer als $2(k+1)/n$ bei großen Fallzahlen als auffällig angesehen. Zusätzlich zum Hebelwert wird oft auch der Cook-Abstand D eingezeichnet (vgl. Abschnitt 8.2.4 in [9]). Als Faustformeln für auffällige Werte bezüglich des Cook-Abstands werden häufig $D > 1$ oder $D > 4/n$ verwendet. In Abbildung 8 sind zwei einflussreiche Hebelpunkte zu sehen, wobei hier eine Grenze von $D = 0,5$ angenommen wird.

Tritt eine solche auffällige Beobachtung auf, sollte man sorgfältig prüfen, ob die Werte dieser Beobachtung korrekt sind bzw. sein können, oder ob es sich wahrscheinlich um einen Ausreißer handelt. Handelt es sich um korrekte Werte, sind diese sogar hilfreich und können die Genauigkeit des Modells erhöhen. Handelt es sich hingegen um potenzielle Ausreißer, sollte man im Rahmen einer **Sensitivitätsanalyse** das Modell auch ohne diese auffälligen Werte berechnen und beide Modelle miteinander vergleichen.

Multikollinearität

Eine Situation, die bei einer multiplen Regressionsanalyse auftreten kann, ist die sogenannte Multikollinearität. Sie führt zu einer Instabilität des Modells, sodass kleine Veränderungen der Daten zu großen Veränderungen der geschätzten Koeffizienten führen können. Auf die vorhergesagten Werte hat eine Multikollinearität aber oft nur einen geringen Einfluss [1]. In Abbildung 9 ist der Varianzinflationsfaktor (VIF) [1] für eine Situation dargestellt, in der ein Modell die beiden Variablen x_1 und x_2 enthält, welche eine Korrelation von 0,95 zueinander besitzen. Die Multikollinearität lässt sich beheben, indem einer der hochkorrelierten Regressoren aus dem Modell entfernt wird.

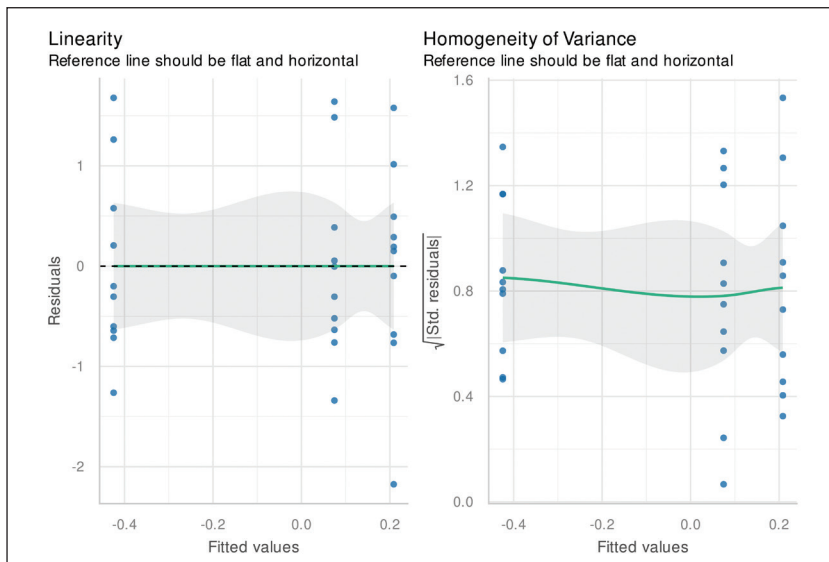


Abb. 11: Ausgewählte Residuenplots im Fall einer 1-Weg-ANOVA, in der die Modellannahmen erfüllt sind (erstellt mit dem Paket `performance` [6] der Statistiksoftware R [3])

Posterior Vorhersage

Auf Basis des berechneten Modells simulieren wir wiederholt Daten und vergleichen anschließend deren Verteilung mit der Verteilung der tatsächlich beobachteten Daten. So können systematische Unterschiede zwischen dem Modell und den beobachteten Daten ermittelt werden [10]. In Abbildung 10 sehen wir ein Beispiel, in dem das Modell nicht zu den Daten passt. In diesem Fall wurde eine wichtige Variable im Modell nicht berücksichtigt. Derartige Abweichungen sind dann üblicherweise auch in einem oder mehreren der anderen diagnostischen Plots zu sehen und erfordern eine genauere Analyse. Je nach vermuteter Situation kann eine der im Rahmen der anderen diagnostischen Plots beschriebenen Lösungsmöglichkeiten dabei helfen, das Problem zu beheben.

In den bisherigen Szenarien waren nur quantitative unabhängige Variablen beteiligt. Bei einer ANOVA bzw. ausschließlich diskreten Regressoren zeigt sich ein etwas anderes Bild. In Abbildung 11 sind zwei der zuvor vorgestellten Residuenplots für eine 1-Weg-ANOVA mit drei Gruppen zu sehen. In diesem Fall liegen keine Abweichungen von den Modellannahmen vor.

Beispiel

Wir erweitern das Beispiel aus dem Tutorium [1] zur glomerulären Filtrationsrate (GFR) nach einer Herzoperation mit extrakorporaler Zirkulation (EKZ). Dazu berücksichtigen wir neben den GFR-Werten vor der OP auch das Alter und die Körpergröße der Kinder sowie die Dauer des Bypasses und der Ischämie. Da es sich um voneinander (stochastisch) unabhängige Patient:innen handelt, schließen wir das Vorliegen einer (stochastischen) Abhängigkeit aus. Wir verzichten daher auf den Plot der Autokorrelationsfunktion. In Abbildung 12 sind die verbleibenden, zuvor vorgestellten diagnostischen Plots für das berechnete lineare Modell zu sehen. Auch nach der Hinzunahme weiterer Variablen sehen wir ähnliche Auffälligkeiten, wie in [1] berichtet. Es deutet sich eine leichte Heteroskedastizität sowie eine leichte Abweichung von der Normalverteilung an. Darüber hinaus zeigt die posterior Vorhersage eine Abweichung zwischen dem Modell

und den Daten. Für die Körpergröße der Kinder ergibt sich eine moderate Multikollinearität. Dies ist nicht überraschend, da die Kinder sehr jung sind (max. 5 Jahre) und somit eine hohe Korrelation zum Alter zu erwarten ist. Tatsächlich liegt die Spearman-Korrelation zwischen Alter und Größe bei 0,892. Da die Multikollinearität jedoch nur moderat ist, stellt dies kein großes Problem dar. Wir belassen daher beide Variablen im Modell.

Wie im Tutorium [1] besprochen, führt die Quadratwurzel zu einer Varianzstabilisierung und Normalisierung. Wir wiederholen daher die Analyse und verwenden dabei die Quadratwurzel der GFR-Werte. Die diagnostischen Plots in Abbildung 13 zeigen eine Abnahme der Heteroskedastizität und der Abweichung von der Normalverteilung sowie eine gute Übereinstimmung

zwischen Daten und Modell. Die Adjustierung auf weitere Variablen beeinflusst auch die Unterschiede zwischen den drei betrachteten Gruppen (Gruppe 1: „venöses Pooling“ mit Nitroprussid, Gruppe 2: „venöses Pooling“ mit Nitroglycerin, Gruppe 3: ohne Intervention). Im Unterschied zur Analyse in Tutorium [1], ist der Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 nicht (mehr) signifikant ($p = 0,066$), während die Unterschiede zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 ($p < 0,001$) sowie zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 ($p = 0,003$) weiterhin signifikant sind. Die Adjustierung auf weitere Variablen hat demnach dazu geführt, dass die Gruppen 1 und 2 näher zueinander gerückt sind.

Zusammenfassung

Diagnostische Plots sind wichtige grafische Hilfsmittel, um die Voraussetzungen der verwendeten Modelle zu überprüfen. Im Fall der linearen Regression gibt es eine ganze Reihe von Plots, die zur Diagnostik herangezogen werden können und sollten. Die meisten dieser Plots basieren auf den Residuen des berechneten linearen Modells, weshalb auch von Residuendiagnostik gesprochen wird. Die Plots eignen sich sehr gut, um zu prüfen, ob die notwendigen Voraussetzungen für das vorliegende lineare Modell erfüllt sind. Generell ist jedoch eine gewisse Erfahrung erforderlich, um diese Plots sicher interpretieren zu können. Gerade bei kleinen bis moderaten Stichprobengrößen ist es schwierig, Abweichungen zu erkennen und eine zuverlässige Aussage über das Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen zu treffen. Bei Unklarheiten empfiehlt es sich, einen Statistiker zu Rate zu ziehen.

Literatur

1. Kohl M, Münch F. Statistik Teil 13: Lineare Regression. Die Perfusionologie 2025 (1): 26-31.
2. Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis, 2016. Springer-Verlag New York.
3. R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2025. Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
4. Hedderich J, Sachs L. Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R, 2020. 17. Auflage, Springer-Verlag.
5. Cleveland WS, Grosse E, Shyu WM. Local regression models. Chapter 8 of Statistical Models in S, eds J.M. Chambers and T.J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole, 2018.
6. Lüdtke D, Ben-Shachar MS, Patil I, Waggoner P, Makowski D. Performance: an R package for assessment, comparison and testing of statistical models. Journal of Open Source Software 2021, 6(60), 3139.
7. Hyndman RJ, Khandakar Y. Automatic time series forecasting: the forecast package for R. Journal of Statistical Software 2008, 27(3): 1-22.
8. Kohl M, Münch F. Statistik Teil 16: pp- und qq-Plot. Die Perfusionologie 2025 (4): 174-179.
9. Almeida A, Loy A, Hofmann H. ggplot2 compatible quantile-quantile plots in R. The R Journal 2018, 10(2): 248-261.
10. Gelman A, Hill J. Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models, 2007. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

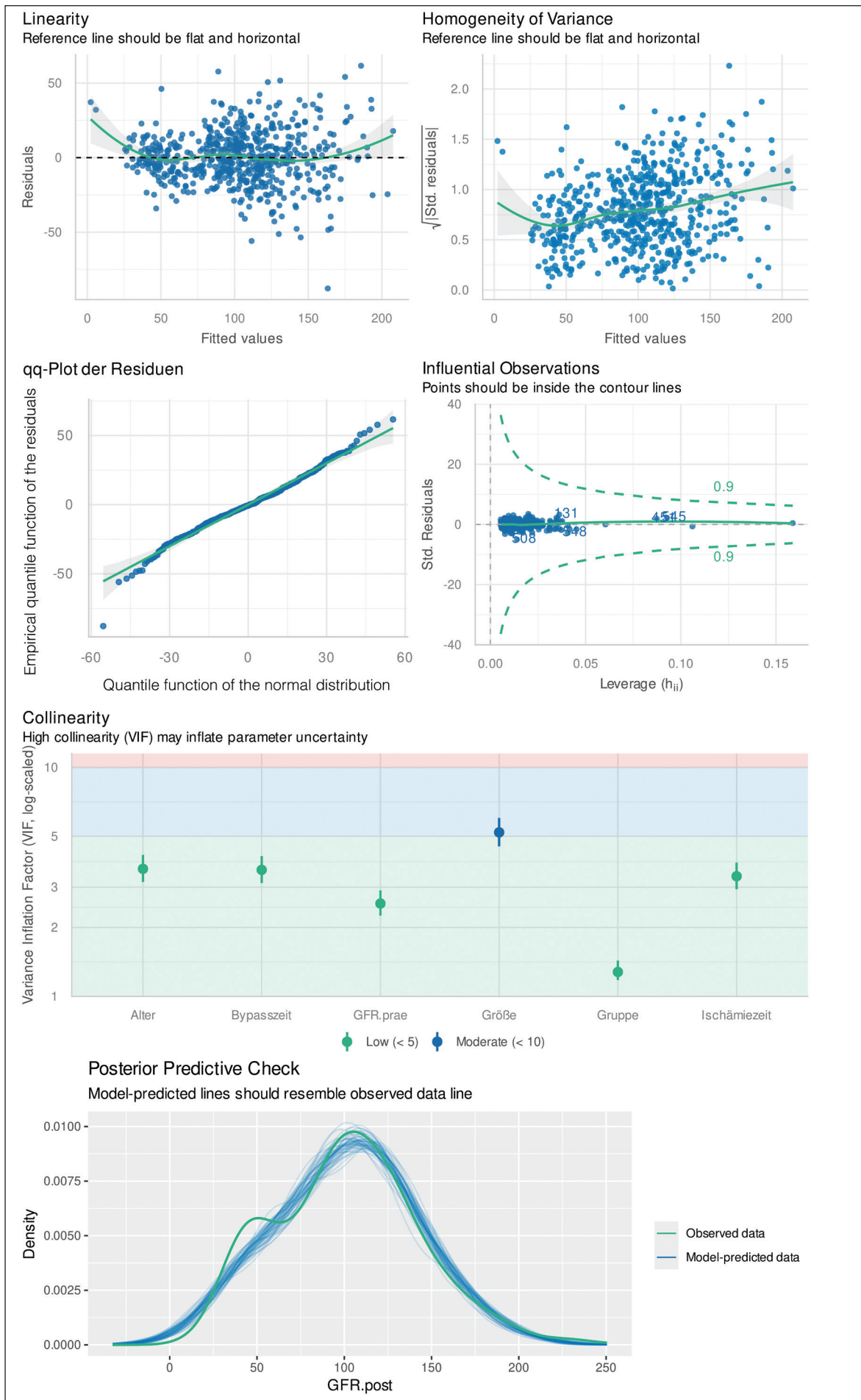


Abb. 12: Diagnostische Plots für das GFR-Beispiel (erstellt mit den Paketen performance [6], qqplotr [9] und ggplot2 [2] der Statistiksoftware R [3])

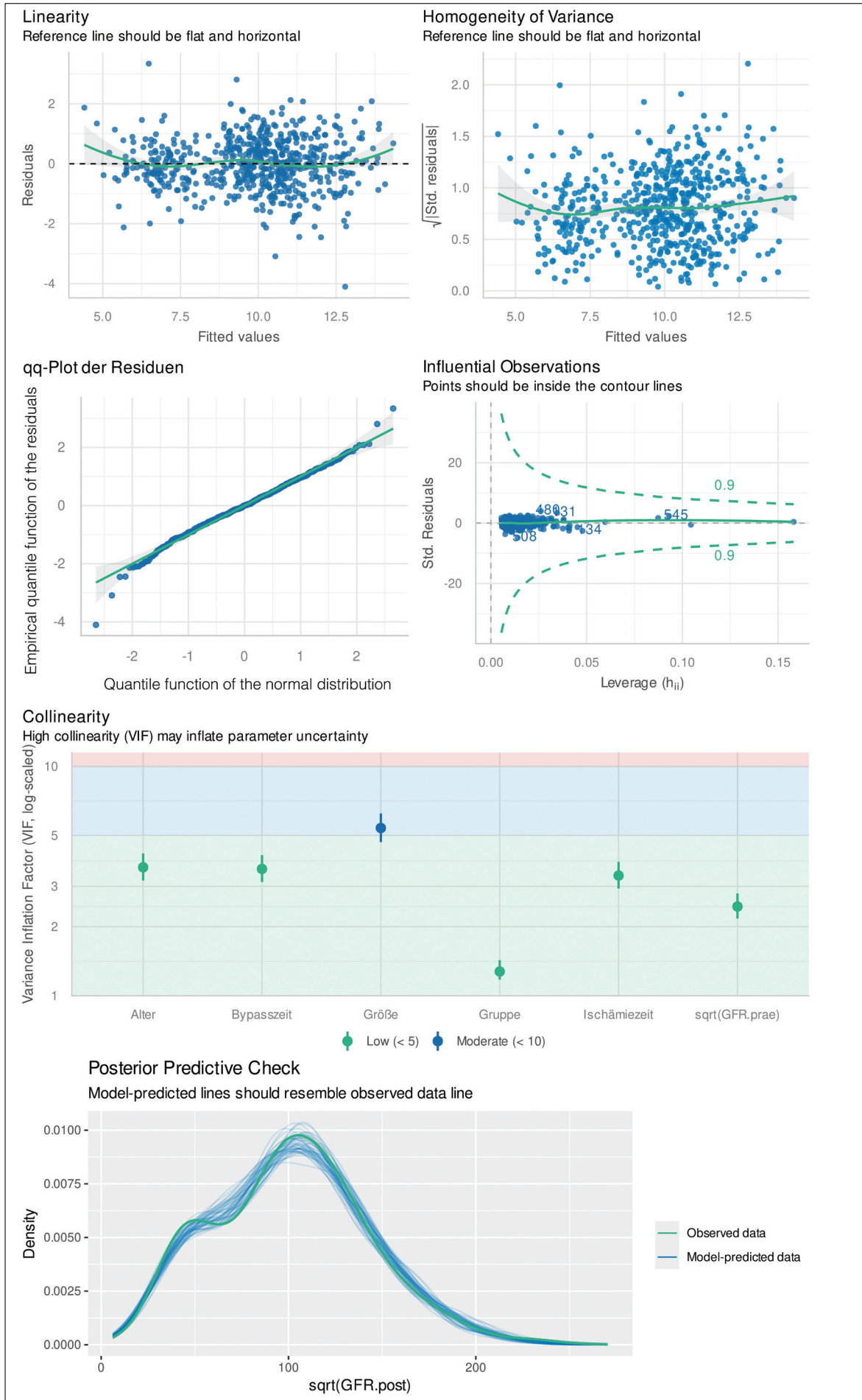


Abb. 13: Diagnostische Plots für das GFR-Beispiel nach Anwendung der Quadratwurzel auf die GFR-Werte (erstellt mit den Paketen performance [6], qqplotr [9] und ggplot2 [2] der Statistiksoftware R [3])

MICS, Myokardprotektion und die Revolution im OP

Warum die Verbindung von Tradition und Innovation die Zukunft sichert.



Lunchsymposium

DGTHG-Jahrestagung in Köln
21. Februar 2026 | 13:45 – 14:45 Uhr

Dieses Symposium stellt die unbequemen Fragen, die über die Zukunft der Herzchirurgie entscheiden – zwischen Tradition, Innovation und Automatisierung. Diskutieren Sie mit führenden Experten über Chancen, Risiken und Strategien für eine sichere und innovative Herzchirurgie.

Vorsitz

Prof. Dr. med. Nicolas Doll, Schüchtermann-Klinik Bad Rothenfelde
Prof. Dr. med. Arjang Ruhparwar, Medizinische Hochschule Hannover

Kleiner Schnitt – große Herausforderungen im OP

Maximale Sicherheit durch Standards und technische Präzision.

Prof. Dr. med. Andreas Liebold, Universitätsklinikum Ulm

Minimalinvasiv ist nicht genug

Warum Myokardprotektion über Erfolg und Misserfolg entscheidet.

Prof. Dr. med. Torsten Doent, Universitätsklinikum Jena

Vom Handwerker zum Algorithmusmanager

Wer führt in Zukunft das Skalpell?

Prof. Dr. med. Arjang Ruhparwar, Medizinische Hochschule Hannover

Gesponsert durch die

DR. F. KÖHLER
CHEMIE
PHARMACEUTICALS



Bericht zur Jahrestagung und Fokustagung Herz

Unter dem Motto „**Fit for Future**“ fand vom 14. bis 16. November 2025 in Leipzig die 54. Internationale Jahrestagung der DGPTM und gemeinsame 17. Fokustagung Herz der DGTHG & DGPTM statt. Es gab die große Präsenzveranstaltung; zahlreiche Kolleg:innen nahmen auch wieder online teil – ein Angebot, das nicht nur während der Tagung, sondern weiterhin durch die online abrufbaren Vorträge einen bemerkenswerten Mehrwert, auch für die Teilnehmenden in Präsenz, bietet.

Der Freitagvormittag begann mit verschiedenen AG-Sitzungen, die bereits einen thematisch breiten Einstieg ermöglichten. Direkt im Anschluss fand die Abteilungsleitersitzung statt, die sich als besonders lebendig erwies. Ein zentrales Thema war die Akademisierung der Perfusiologie, was von Mirko Kaluza intensiv hervorgehoben wurde und zu regen Diskussionen Anlass gab. Gleichzeitig wurde das weiterhin bestehende Problem der Ausbildung neuer Perfusionist:innen angesprochen – ein Thema, das viele Häuser derzeit bewegt und die Zukunft des Berufs maßgeblich beeinflussen wird.

Mit vier sehr gut besuchten Workshops wurde der Nachmittag eingeleitet. Der neue Themenblock „Bewährtes und Neues aus der Industrie“ begann mit spannenden Einblicken in die Langzeitergebnisse von Klappenoperationen und schloss mit Innovationen aus der Industrie ab.

Der Abend begann mit der offiziellen Eröffnungsfeier der multiprofessionellen Tagung, die von den beiden Tagungspräsidenten Sebastian Tiedge (DGPTM) und Alexander Horcke (DGTHG) geleitet wurde. Mit der anschließenden Eröffnung der Industrieausstellung erhielt das Fachpublikum die Gelegenheit sich einen umfassenden Überblick über aktuelle Entwicklungen, innovative Neuerungen und etablierte Produkte auf dem Markt zu verschaffen. Die Ausstellung bot zudem Raum für zahlreiche persönliche Gespräche – fachlicher Austausch über tagesaktuelle Themen fand hier ebenso seinen Platz wie das Wiedersehen mit Kolleg:innen aus früheren Arbeitsstationen oder der gemeinsamen Ausbildungszeit.

Der Samstag stand ganz im Zeichen der wissenschaftlichen Vorträge. Neben den vielfältigen aktuellen Themen aus dem Bereich der Perfusiologie und Technischen Medizin, Rhythmologie und Nachwuchsförderung bot ein seit drei Jahren bestehender eigener Vortragsstrang zur Kinderherzmedizin Einblicke in ein für die tägliche Praxis besonders relevantes und zugleich sensibles Segment. Besonders wichtig für das Fach war auch die erstmalige Joint Session der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT) und der DGPTM. Hier wurden Zukunftsvisionen und Sprunginnovationen aus

dem Bereich Medizintechnik und Ingenieurwissenschaften gepaart mit Perfusiologie auf höchstem Niveau diskutiert. Im Anschluss an das wissenschaftliche Programm fand die Mitgliederversammlung statt. Wichtige Neuerungen wurden vorgestellt, darunter die Möglichkeit, künftig elektronische Fortbildungspunkte (EFN) zu sammeln. Ein besonderer Dank geht in diesem Zusammenhang an Sebastian Melzer, der sich über drei Jahre hinweg unermüdlich für diese Entwicklung eingesetzt hat und dieses Projekt auch weiterhin elektronisch umsetzt.

Den Abschluss des zweiten Tages bildete die gemeinsame Feier der Jungen Foren beider Fachgesellschaften. In entspannter Atmosphäre bot sich eine willkommene Gelegenheit, den Tag ausklingen zu lassen und die Fachgemeinschaft auch jenseits der Vortragsräume zu stärken.

Der letzte Kongresstag begann mit der Verleihung verschiedener Preise, mit denen besondere wissenschaftliche Leistungen gewürdigt wurden. In dem ersten Themenschwerpunkt „AI, Machine Learning – Realität in der Herzmedizin?“ wurde sich tiefgründig und auch ethisch auseinandergesetzt. Der zweite Punkt „Zukunft der Herzmedizin“ startete mit Prof. Dittrich, der eine Laudatio auf unseren Präsidenten PD Dr. Frank Münch hielt, der in diesem Jahr als erster Perfusionist habilitierte. Sichtlich gerührt startete dieser mit dem Vortrag zur Zukunft der Perfusiologie, der mit Dr. Adrian Bauer – unserem Tagungspräsidenten für 2026 und Autor des internationalen Kompetenzpapers zur Qualifikation von Perfusionist:innen – weiterging. Prof. Ingo Dähnert stellte den Erfolg des 15 Jahre alten GBA-Beschlusses zur Kinderherzmedizin vor, der als Blaupause für die gesamte Herzmedizin stehen sollte. Den Abschluss machte der Tagungspräsident der DGTHG unserer Jahrestagung in 2026 und past-Präsident der EACTS Prof. Volkmar Falk, der dem Auditorium wertvolle Einblicke in aktuelle Entwicklungen und internationale Perspektiven bot.

Fazit: Die drei Kongresstage in Leipzig präsentierten sich als rundum inspirierend – sowohl wissenschaftlich als auch menschlich. Die Vielfalt der Themen, die engagierten Diskussionen und die Begegnungen innerhalb der Fachgemeinschaft machten deutlich, dass die Perfusiologie nicht nur vor wichtigen Herausforderungen steht, sondern auch über eine beeindruckend motivierte und zukunftsorientierte Gemeinschaft verfügt. Unter dem Leitmotiv „Fit for Future“ wurde deutlich, dass die Profession auf einem vielversprechenden Weg ist – getragen von fachlicher Entwicklung, kollegialem Austausch und großem persönlichen Engagement vieler Beteiligten.

Euer Nicola Kwapil

Vom Pionier zum Standard: Die Evolution der ECMO-Technologie

Seit über zwei Jahrzehnten prägt Getinge die Entwicklung der extrakorporalen Membranoxygenierung. Mit der Einführung des mobilen Cardiohelp-Systems 2010 wurde ECMO erstmals sicher und zuverlässig sowohl im Luft- als auch im Bodentransport einsetzbar – innerhalb sowie zwischen Kliniken. Dank der Langzeitzulassung von 30 Tagen und der damit verbundenen mobilen Einsatzfähigkeit hat sich die ECMO weltweit als feste Größe in der Patientenversorgung etabliert.

Klinischer Durchbruch in H1N1 und COVID-19

Während der H1N1-Pandemie in 2009 zeigte sich das Potenzial der ECMO bei schwerem Lungenversagen trotz damals begrenzter Evidenz. Der rapide Erfahrungszuwachs führte in den Folgejahren zu einer breiteren klinischen Nutzung. COVID-19 bestätigte diese Entwicklung eindrücklich: ECMO wurde in vielen Zentren zur entscheidenden Therapieoption bei refraktärem ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome). Systeme wie Cardiohelp liefen weltweit im Dauerbetrieb. Auch jenseits pandemischer Ausnahmesituationen bleibt ECMO ein zentraler Baustein in der Behandlung des schweren ARDS.

ECMO in der modernen Reanimationsmedizin

Wenn die konventionelle kardiopulmonale Reanimation nicht mehr ausreicht, kann die extrakorporale CPR (eCPR) mithilfe von ECMO innerhalb weniger Minuten Kreislauf und Oxygenierung stabilisieren. Voraussetzung ist ein gut eingespieltes, interdisziplinäres Team aus Perfusionist:innen, Ärzt:innen, Notfallsanitäter:innen und Intensivpflegekräften und ein klar definiertes Versorgungskonzept.

In etablierten Netzwerken zeigen sich Vorteile für neurologische Ergebnisse und Überleben. Durch die zunehmende Verfügbarkeit kompakter ECMO-Systeme entstehen zudem neue Einsatzmöglichkeiten: In einigen Regionen wird die mobile ECMO inzwischen auch präklinisch erprobt, etwa durch spezialisierte Medical Intervention Cars, die die Technologie direkt zum Patienten bringen.

Unterstützung der ECMO-Teams

Moderne ECMO-Therapie umfasst weit mehr, als die Geräte zur Verfügung zu stellen. Getinge bietet strukturierte, praxisorientierte Schulungen – von der Indikationsstellung bis zum Troubleshooting – und fördert den klinischen Austausch über Symposien und Fortbildungen. Eine



24/7-Hotline unterstützt Anwender bei akuten Fragestellungen und trägt zur Patientensicherheit bei.

Cardiohelp II: Die nächste Generation

Mit Cardiohelp II stellt Getinge die nächste Entwicklungsstufe der mobilen ECMO-Technologie vor. Das System basiert auf jahrzehntelanger klinischer Erfahrung und wurde gemeinsam mit internationalen Anwenderinnen und Anwendern aus Perfusion und Intensivmedizin weiterentwickelt. Die neue Generation legt einen besonderen Fokus auf Benutzerfreundlichkeit, integrierte Entscheidungsunterstützung und höhere Mobilität – zentrale Anforderungen moderner ECMO-Programme in Klinik und Transport.



The Novel St Thomas' Hospital Polarizing Blood Cardioplegia: Results in Hearts with Reduced Ejection Fraction



L. Wolner, P. L. Szabo, M. Inci, L. Weber, S. Hallström, A. Kiss, D. J. Chambers und B. K. Podesser
Interdisciplinary CardioVascular and Thoracic Surgery 2025.
doi:10.1093/icvts/ivaf157; online publiziert: 07.07.2025

Die Anzahl an Patient:innen in der Herzchirurgie mit Komorbiditäten sowie in höherem Alter nimmt stetig zu. Die Autor:innen konstatieren, dass trotz dieser Risikofaktoren nach wie vor überwiegend depolarisierende Kardioplegielösungen verwendet werden, die mit unerwünschten Effekten wie Kalziumüberladung, mitochondrialer Schädigung und erhöhtem Energieverbrauch assoziiert sind. Polarisierende Kardioplegie hingegen zielt darauf ab, das Membranpotenzial nahe dem Ruhemembranpotenzial zu halten und dadurch metabolische und elektrische Störungen zu reduzieren.

In der vorliegenden Studie untersuchten die Autor:innen die Wirksamkeit einer neuartigen polarisierenden Blutkardioplegie nach St Thomas (STH-pol) im Vergleich zu einer etablierten, kaliumbasierten depolarisierenden Standardkardioplegie (STH-control) bei Herzen mit reduzierter Ejektionsfraktion infolge eines chronischen Myokardinfarkts in einem experimentellen Tiermodell.

Hierzu wurde bei Ratten durch eine permanente Ligatur der linken Vorderwandarterie ein Myokardinfarkt induziert.

Sechs Wochen später wurden ausschließlich Tiere mit einer Ejektionsfraktion unter 70 % in die Studie eingeschlossen. Insgesamt 18 Herzen wurden ex vivo in einem erythrozyten-perfundierten Working-Heart-System untersucht. Nach Baseline-Messungen erfolgte ein 60-minütiger kalter ischämischer Herzstillstand entweder mit STH-pol oder STH-control, gefolgt von einer 45-minütigen Reperfusion. Währenddessen wurden hämodynamische Parameter, die Pumpfunktion sowie der myokardiale Sauerstoffverbrauch erfasst.

Die Ergebnisse zeigten, dass beide Kardioplegielösungen eine vergleichbare funktionelle Erholung nach Ischämie ermöglichten. Weder für hämodynamische Parameter wie linksventrikulärem systolischem Druck, Herzzeitvolumen oder koronarem Fluss, noch für die Pumpfunktion unter steigender Nachlast ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch die Konzentrationen von ATP, Phosphokreatin und die Energieladung unterschieden sich nicht signifikant. Allerdings war die Reduktion des myokardialen Sauerstoffverbrauchs nach Ischämie in der STH-pol-Gruppe ausgeprägter, was auf einen geringeren Energiebedarf während des Herzstillstands hindeutet. Zudem zeigten sich tendenziell weniger Arrhythmien in der polarisierenden Gruppe, ohne jedoch eine statistische Signifikanz zu erreichen.

Zusammenfassend zeigt die Studie erstmals, dass eine polarisierende Blutkardioplegie bei Herzen mit chronischer ischämischer Vorschädigung eine mit der klinischen Standardkardioplegie vergleichbare myokardiale Protektion bietet. Diese Ergebnisse sind von translationaler Bedeutung, da sie darauf hindeuten, dass STH-pol auch bei Patient:innen mit ischämischer Kardiomyopathie sicher einsetzbar sein könnte. Weitere Untersuchungen in größeren Tiermodellen und klinischen Studien sind jedoch erforderlich, um potenzielle Vorteile unter klinischen Bedingungen zu bestätigen.

Sven Maier, Freiburg

Vacuum-Assisted Venous Drainage versus Gravitational Venous Drainage in Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Meta-Analysis



K. R. Motawea, A. F. Gadelmawla, M. M. Ibrahim, T. Soliman, Y. A. Kheuka, A. Tzagournis, M. El Diasty, Y. Abu-Omar and M. Pelletier
Perfusion 2025, Vol. 0(0) 1–13.
doi: 10.1177/02676591251409379

Die Sicherstellung eines suffizienten venösen Rückflusses ist eine Grundvoraussetzung für die extrakorporale Zirkulation (EKZ) in der Herzchirurgie. Während die konventionelle Drainage über Schwerkraft (GVD) auf dem Höhenunterschied zwischen Patient:innen und Reservoir basiert, nutzt die vakuumassistierte venöse Drainage (VAVD) aktiven Unterdruck, um den Rückfluss zu steigern. In der Literatur existieren jedoch widersprüchliche Ergebnisse bezüglich der Komplikationsraten beider Methoden. Insbesondere potenzielle Risiken

der VAVD wie Hämolyse und (Mikro)Luftembolien stehen den Vorteilen kleinerer Kanülen und geringerer Priming-Volumina gegenüber. Die Studie von Motawea et al. vergleicht daher systematisch das klinische Outcome beider Verfahren.

Im Rahmen einer Meta-Analyse wurden 16 Studien (RCTs und Kohortenstudien) mit insgesamt 8.426 Patient:innen eingeschlossen. Dabei wurde bei 4.352 Patient:innen VAVD und bei 4.074 Patient:innen GVD eingesetzt. Die methodische Qualität der Studien wurde mittels RoB 2 (Randomisierte Studien) und der Newcastle-Ottawa-Skala (Kohortenstudien) als überwiegend moderat bis hoch eingestuft.

Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in der postoperativen Mortalität zwischen beiden Systemen festgestellt werden (RR = 1,08; p = 0,67). Auch hinsichtlich der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation, der Krankenhausverweildauer und der Extubationszeit zeigten sich keine signifikanten Differenzen.

Allerdings offenbarten sich signifikante Vorteile der VAVD bei den blutungsassoziierten Endpunkten:

Blutverlust: Die VAVD-Gruppe zeigte eine signifikant geringere

Drainage über dem Brustkorb (Mittlere Differenz = -88,7 ml; $p = 0,008$).

Transfusionsbedarf: Die Menge der transfundierten Erythrozytenkonzentrate (EK) war bei VAVD signifikant niedriger (Mittlere Differenz = -0,25 Einheiten; $p < 0,00001$).

Re-Operationen: VAVD war mit einem geringeren Risiko für chirurgische Re-Explorationen ($p = 0,05$) und Re-Operationen ($p = 0,05$) assoziiert.

Hinsichtlich der Sicherheitsparameter wie Schlaganfällen, akutem Nierenversagen oder Myokardinfarkten gab es keine signifikanten Unterschiede. Auch das freie Hämoglobin nach 24 Stunden unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen ($p = 0,13$), was die Sorge vor gesteigerter Hämolyse durch VAVD bei sachgerechter Anwendung entkräftet.

Die Autoren führen die Vorteile der VAVD auf die geringere Menge an Transfusionen von EKs darauf zurück, dass dabei geringere Priming-Volumina ermöglicht werden, was die Hämodilution reduziert. Zudem verbessert der aktive Sog die kardiale Entlastung und senkt den zentralvenösen Druck. Um das Risiko von Hämolyse und Luftembolien zu minimieren, empfehlen die Autoren jedoch ein striktes Monitoring und eine Begrenzung des negativen Drucks auf -20 bis -40 mmHg.

Obwohl die Meta-Analyse klare Vorteile bezüglich einer ge-

ringeren Transfusionsrate von EKs in der VAVD-Gruppe aufzeigt, bleiben einige Punkte diskussionswürdig. Die extrem hohe Heterogenität beim Blutverlust ($I^2 = 91\%$) deutet darauf hin, dass die chirurgischen Standards und Transfusionstrigger zwischen den Zentren stark variieren. So wird in der Studie nicht dargelegt, ob der geringere Blutverlust rein auf die Technik oder auch auf unterschiedliche Operationsarten (minimalinvasive versus konventionelle Chirurgie) bei VAVD-Nutzung zurückzuführen ist.

Zusammenfassend belegt die Meta-Analyse von Motawea et al., dass die VAVD der konventionellen Schwerkraftdrainage hinsichtlich der Reduktion des Fremdblutbedarfs signifikant überlegen ist. Da keine negativen Auswirkungen auf das neurologische Outcome oder die Nierenfunktion identifiziert wurden, unterstreichen die Daten die klinische Sicherheit des Verfahrens bei sachgerechter Anwendung. Die VAVD stellt somit eine evidenzbasierte Alternative zur GVD dar, die das Blutmanagement optimiert, ohne die Patientensicherheit zu gefährden. Ihre Etablierung als Standardverfahren ist daher zu befürworten – vorausgesetzt, das Team verfügt über die entsprechende Expertise und nutzt standardisierte Sicherheitsprotokolle.

Simon Mayer, Stuttgart

Left Ventricular Assist Device (LVAD)-Related Major Adverse Events Account for a Low Number of Emergency Room Admissions in HeartMate 3™ Patients – A 10-Year Retrospective Study



C. Salewski, C. Rustenbach, S. Marinos, et al.
Biomedicines 2025, 13, 1702.
<https://doi.org/10.3390/biomedicines13071702>

Die Implantation von linksventrikulären Unterstützungssystemen (LVADs) bei Patient:innen mit fortgeschrittener Herzinsuffizienz hat in den letzten Jahren zugenommen, insbesondere im Vergleich zur Herztransplantationsrate. Parallel zur wachsenden Patientengruppe nimmt die Anzahl der Vorstellung in Notaufnahmen dieser Patient:innen zu. In der klinischen Praxis liegt häufig der Fokus auf dem Device und damit assoziierte Komplikationen mit der Annahme, dass diese Patient:innen deswegen vorstellig werden.

Mit dem HeartMate 3, einer vollständig magnetisch gelagerten Zentrifugalpumpe, steht eine moderne Generation eines LVAD zur Verfügung, die durch eine reduzierte Komplikationsrate gekennzeichnet ist. Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, den tatsächlichen Anteil LVAD-bezogener Ursachen an Vorstellungen in Notaufnahmen von HeartMate 3-Patient:innen über einen Zeitraum von zehn Jahren zu untersuchen, wobei die genaue Definition der device-assoziierten Komplikationen interpretationsabhängig sein kann.

In der Single-Center-Analyse wurden alle Patient:innen mit implantiertem HeartMate 3 zwischen 2014 und 2024 ausge-

wertet, die in dieser Zeit in einer Notaufnahme aufgenommen wurden. Insgesamt wurden im betrachteten Zeitraum 56 Patient:innen ein LVAD-Device implantiert, von denen 37 von 48 Patient:innen nach Entlassung mindestens einmal die Notaufnahme aufsuchten. Insgesamt hat diese Patientengruppe 100 Vorstellungen in Notaufnahmen ausgelöst.

Die Gründe für die Vorstellung in der Notaufnahme wurden systematisch erfasst und als LVAD-bezogen oder nicht LVAD-bezogen klassifiziert. Zusätzlich erfolgte eine Einteilung in milde Ereignisse mit Normalstationsaufnahme und schwere Ereignisse mit intensivmedizinischer Behandlungsnotwendigkeit. Das Überleben wurde mittels Kaplan-Meier-Analyse untersucht.

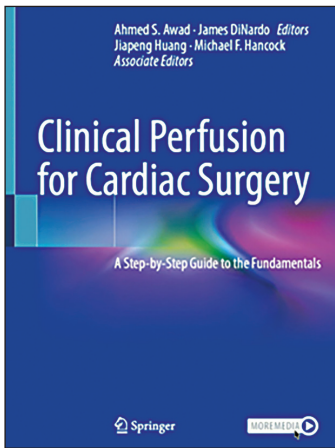
Die Ergebnisse zeigen, dass die überwiegende Mehrheit der Vorstellungen in Notaufnahmen gemäß den Autoren nicht direkt mit dem LVAD zusammenhing. Lediglich acht Prozent der Vorstellungen waren unmittelbar LVAD-bezogen, während schwere, eindeutig device-assoziierte Komplikationen nur zwei Prozent aller Notfälle ausmachten. Die häufigsten Ursachen für eine Vorstellung in einer Notaufnahme waren Herzrhythmusstörungen, Infektionen sowie gastrointestinale Beschwerden. Darüber hinaus traten neurologische, metabolische und traumatische Ursachen auf, die das breite internistische und notfallmedizinische Spektrum dieser Patientengruppe widerspiegeln.

Der Großteil der Notfälle konnte konservativ behandelt werden, und die meisten Patient:innen wurden nach kurzer stationärer Therapie wieder entlassen. Zwar waren intensivpflichtige Vorstellungen mit einer schlechteren Prognose assoziiert, jedoch war kein Todesfall gemäß der Arbeit direkt auf eine LVAD-Komplikation zurückzuführen. Die mittlere Überlebens-

zeit der Patient:innen lag bei nahezu sieben Jahren, was die langfristige Stabilität des LVAD-Systems unterstreicht. Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass schwere LVAD-assoziierte Ereignisse bei HeartMate 3-Patient:innen selten sind und nur einen geringen Anteil an Vorstellungen in Notaufnahmen ausmachen. Die meisten Akutvorstellungen beruhen auf allgemeinen medizinischen Problemen und nicht auf Device-bedingten Komplikationen. Diese Erkenntnisse sprechen

für einen symptomorientierten, patientenzentrierten Ansatz in der Notfallversorgung von LVAD-Patient:innen und liefern wichtige Argumente gegen eine übermäßige Fokussierung auf das Implantat selbst, wobei auch dieses engmaschig von geschultem Personal und einem interdisziplinären Team gesehen und beurteilt werden muss.

Marius Schimmel, Freiburg



Clinical Perfusion for Cardiac Surgery

A Step-by-Step Guide to the Fundamentals

i

Ahmed S. Awad, James DiNardo – Editors
 Jiapeng Huang, Michael F. Hancock – Associate Editors
 Springer Nature 2025
 ISBN 978-3-031-91162-0 (Printausgabe)
 ISBN 978-3-031-91163-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-91163-7>
 514 Seiten
 Preis: Printausgabe 74,89 €; ebook 58,84 €

Textbücher zu Prinzipien der extrakorporalen Zirkulation sind für Studierende aber auch für Erfahrene als Lehrbuch und Nachschlagewerk immer wieder gefragt und wichtig. Nach dem Handbuch für Kardioteknik mit seinen verschiedenen Auflagen und dem nach wie vor aktuellen Standardwerk „Tschaut“, das es seit einigen Jahren als internationale englischsprachige Version gibt, ist gerade im US-amerikanischen Raum seit mehreren Jahrzehnten nichts geschehen. Das dortige Standardwerk „Gravlee“ wurde in seiner 4. Ausgabe 2015 publiziert, die Originalversion hat aber schon mehrere Jahrzehnte auf dem Buckel. So ist es umso erfreulicher, dass Kolleginnen und Kollegen aus Perfusiologie und Ärzteschaft die Herkulesaufgabe für ein neues Werk übernommen haben. Insgesamt haben die vier Herausgeber über 90 Autor:innen gewinnen können; in 12 Kapiteln thematisieren diese biologisch-anatomisch-physiologische Grundlagen, die Geschichte der Perfusion, technische Bestandteile der EKZ, die Anwendung bei Kindern, Erwachsenen und speziellen Krankheitsbildern, die Interaktionen mit biologischen Kaskaden, Transfusion, Antikoagulation, Organprotektion sowie Sicherheitsaspekte und Dokumentation. Gerade die beiden letzten Themen fallen besonders auf, da Textwerke zum Thema Sicherheit über Jahrzehnte nicht mehr publiziert wurden.

Eine Gewichtung fällt auch in anderer Weise auf, da die Perfusion für Neugeborene und Kinder zwei Kapitel umfasst und der schon lange bekannten „goal directed perfusion“ auch umfangreich Raum geboten wird. Insgesamt entspricht dieses damit allen uns bekannten früheren Werken, da sich die Grundlagen natürlich nicht ändern und wir nach wie vor immer pumpen werden. Was aber unterscheidet nun diese 514 Seiten von anderen Autor:innen?

Ziel der Herausgeber war es, anhand oft bebildeter Passagen, die sich sehr konkret auf die tägliche Praxis beziehen und mit denen wir uns deswegen gut identifizieren können, dem Praktiker und Trainee einen Leitfaden an die Hand zu geben. Dies ist in den Kapiteln sehr gut gelungen, es wurden viele illustrierte und teilweise auch kommentierte Bilder aktueller Systeme und Komponenten verwendet. Man fühlt sich beim Lesen wie mit einem Werkstatt-handbuch. Es bleibt aber nicht nur bei praktischen Aspekten. Beispielsweise werden bezüglich Monitorings und goal directed perfusion alle wichtigen und bekannten Aspekte thematisiert, so dass ein praktischer Leitfaden entsteht, in dem man mal eben nachschlagen kann und der nach jedem Kapitel auf weitere wissenschaftliche Artikel verweist.

Man hätte sich wünschen können, dass alle Autor:innen im Inhaltsverzeichnis genannt werden, dies hätte die Übersichtlichkeit gefördert. In diesem Werk haben die Herausgeber allerdings die Autor:innen immer nur am Kapitelbeginn genannt. Leider ist nicht ersichtlich, ob es sich bei den Kolleginnen und Kollegen um Perfusiolog:innen, Herzchirurg:innen oder Anästhesist:innen handelt. Sofern man also nicht den einen oder anderen Namen aus der Vergangenheit oder der Szene kennt, bleibt die Zuordnung der Disziplinen unmöglich.

Ein wenig stiefmütterlich wird die Geschichte der Perfusion behandelt, da hätte man trotz teilweise kurzer Kapitel gerade aus den USA mehr erwarten können. Dies bleibt deutlich hinter bekannten Kapiteln zur Geschichte der Perfusion zurück. Das Stichwortregister ist umfangreich und geht deutlich in die Tiefe, so dass man darüber schnell zu den relevanten Kapiteln gelangt.

In der Summe haben die Herausgeber ein Buch publiziert, das sich durch die praktische Orientierung deutlich von anderen Werken unterscheidet und definitiv auch für die Praxis und die Ausbildung verwendet werden sollte. Gerade die Sicherheitsthemen sind in diesem Rahmen schon etwas Besonderes. Dieser umfangreiche Ratgeber sollte durchaus in jeder Abteilung vorhanden sein.

Johannes Gehron, Gießen

Wie KI die Medizin verändert – Expertinnen und Experten diskutieren im Januar Chancen und Risiken

Bei dem Symposium „Künstliche Intelligenz in der Medizin“, welches im Januar 2026 auf dem Medizin-Campus in Homburg stattfand, drehte sich alles um die Frage, wie KI-basierte Technologien die Gesundheitsversorgung verändern. Das Netzwerk Health.AI, die Universität und das Universitätsklinikum des Saarlandes sowie das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) haben dazu eingeladen.

Künstliche Intelligenz in der Medizin ist kein fernes Zukunftsprojekt, sondern bereits vielfach Teil des Alltags in Klinik, Arztpraxis und Gesundheitsversorgung. KI steckt in zahlreichen Anwendungen und wird zukünftig noch eine weit größere Rolle spielen. Ihre Fähigkeit, große Datenmengen schnell auszuwerten und Muster zu erkennen, die für Menschen schwer auszumachen sind, kann helfen, Krankheiten früher zu entdecken, Therapien besser anzupassen oder schneller neue Medikamente zu entwickeln. KI kann Röntgenbilder analysieren, Blutwerte vergleichen und vorhersagen, wie sich eine Krankheit entwickelt – und sie lernt bei ihrem Einsatz hinzu und verbessert sich selbst. Für Ärzt:innen wird sie zunehmend zum Werkzeug, das sie bei ihren Entscheidungen unterstützen kann. Auch Abläufe im Gesundheitswesen lassen sich mit ihr nachhaltig verbessern und beschleunigen.

Doch der KI-Einsatz wirft zugleich Fragen auf: Wie lässt sich nachvollziehen, wie eine Maschine zu ihrem Ergebnis kommt? Wer trägt die Verantwortung, wenn eine Empfehlung falsch ist? Und wie bleiben Patientendaten geschützt? Um die Chancen der KI für die Medizin zu nutzen und zugleich Risiken zu begrenzen, braucht es den Dialog zwischen Informatik, Medizin und Gesellschaft. Im Rahmen des Symposiums diskutierten Expert:innen aus den Forschungslaboren und Behandlungszimmern aktuelle Entwicklungen, aber auch Herausforderungen und offene Fragen.

Eckthemen waren:

- Einführung in die Grundlagen der Forschung und Entwicklung von Künstlicher Intelligenz und ihre Rolle in der Medizin heute und in Zukunft. Expert:innen erläuterten grundlegende KI-Verfahren und zeigten auf, wie Algorithmen lernen und warum Datenqualität entscheidend ist.
- Zukunftsvisionen und konkrete Projekte: Wie kann KI Aufmerksamkeit und Empathie vermitteln, oder kann sie in der Medikamentenentwicklung, der bildbasierten Diagnostik und Therapie oder der klinischen Praxis zum Einsatz kommen?

- KI-basierte Bildinterpretation und wie Algorithmen helfen können, Röntgen- und CT-Bilder automatisch auszuwerten und schwere Erkrankungen wie Metastasen und Aneurysmen früh zu erkennen.
- Anwendungen im Klinik- und Praxisalltag: Medikamentenmodelle, die berechnen, wie Wirkstoffe wirken könnten; kontextgesteuerte digitale Assistenten für die Unterstützung in der Behandlung; Beispiele für den KI-Einsatz in der Kinderheilkunde und Augenmedizin; wie verändern Digitalisierung und KI die Arbeit in der Hausarztpraxis.

Auch Themen wie Ethik und Verantwortung wurden diskutiert. Es wurde die Frage des Vertrauens in die KI wie auch in das behandelnde Personal beleuchtet. Auch Cybersicherheit und Haftungsfragen bei KI-Einsatz in der medizinischen Praxis sind Thema.

Fünf praxisnahe Workshops wurden zu folgenden Themen angeboten:

- Cognippanion Reallabor Auto (ein Projekt, bei dem es um eine neuartige Mensch-Fahrzeug-Interaktion geht, die darauf abzielt, dass Fahrzeuge durch kontaktloses Monitoring besser auf den Menschen eingehen können)
- Data Literacy – wie man KI effektiv nutzt, vom Prompt bis zur Problemlösung
- Die Rolle des ärztlichen Gelöbnisses im Zeitalter von KI
- Erklärbarkeit von KI – wie Maschinenentscheidungen verständlich werden
- Vom Krankenbett über Code zur besseren Versorgung: Wie Gesundheitsdaten ihren Zweck wechseln dürfen

Neben den Initiatoren steht auch das Netzwerk Health.AI hinter dem Symposium. Health.AI vereint über 180 Partner – von Universität und Kliniken bis zu Unternehmen und Krankenkassen. Ziel ist es, die Chancen der KI für die Gesundheitsversorgung nutzbar zu machen. Das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt unterstützt das Bündnis im Programm „WIR! – Wandel durch Innovation in der Region“ mit rund 14 Millionen Euro. Zahlreiche Projekte erforschen unter dem Dach von Health.AI, wie KI-gestützte Technologien die Prävention, Diagnose und Therapie verbessern können. Dabei geht es nicht nur um Technik, sondern auch um Ethik, Datensicherheit und die Frage, wie Menschen in die Entwicklung einbezogen werden. <https://health-ai.de>

Saarland, Dezember 2025

Wissenschaftlicher Ansprechpartner:

Prof. Dr. Wolfgang Reith, UDS/UKS Neurologie, Telefon: 06841/1624300;
E-Mail: Wolfgang.Reith@uks.eu

Blutzucker normalisieren, Herzinfarkt-Risiko halbieren

Erstmals belegt eine internationale Analyse: Wenn Menschen mit Prädiabetes ihren Blutglukosewert durch Lebensstiländerung wieder in den Normalbereich bringen, halbiert sich ihr Risiko für Herzinfarkt, Herzschwäche und frühen Tod. Diese Erkenntnis könnte die Prävention revolutionieren – und ein neues, messbares Ziel für die Leitlinien etablieren. An der Studie waren Forschende des Universitätsklinikums Tübingen, von Helmholtz Munich und des Deutschen Zentrums für Diabetesforschung (DZD) beteiligt.

Millionen Menschen in Deutschland leben mit erhöhten Blutglukosewerten, ohne es zu wissen. Sie gelten damit als „prädiabetisch“ – ein Frühstadium, das bislang ohne klar definiertes Therapieziel blieb. Menschen mit Prädiabetes erhalten in der Regel die Empfehlung, Gewicht zu verlieren, sich mehr zu bewegen und sich gesünder zu ernähren. Diese Lebensstiländerungen sind sinnvoll: Sie verbessern Fitness, Wohlbefinden und verschiedene Risikofaktoren. Doch eine entscheidende Frage blieb bislang offen: Schützen sie das Herz auch langfristig? Bisher konnte kein Lebensstilprogramm für Menschen mit Prädiabetes überzeugend zeigen, dass es Herzinfarkte, Herzschwäche oder kardiovaskuläre Todesfälle über Jahrzehnte hinweg nachhaltig reduziert. Zusammen mit Kolleg:innen aus den USA und China konnten Forschende des DZD, des Universitätsklinikums Tübingen und von Helmholtz Munich zeigen: Entscheidend ist offenbar nicht die Lebensstiländerung an sich, sondern, ob es Menschen mit Prädiabetes gelingt, dadurch ihre Blutglukosewerte wieder in den Normalbereich zu bringen – mit anderen Worten, ob sie eine Remission des Prädiabetes erreichen. Die Langzeitdaten von mehr als 2.400 Menschen mit Prädiabetes belegen: Menschen, denen es gelingt, ihren Blutglukosewert zu normalisieren, haben ein deutlich geringeres Risiko, an Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu sterben oder wegen Herzschwäche ins Krankenhaus eingeliefert zu werden, als diejenigen, deren Glukosewerte erhöht bleiben – selbst dann, wenn beide Gruppen in ähnlichem Ausmaß an Gewicht verlieren.

In beiden Studien war für die Teilnehmenden das Risiko kardiovaskulärer Todesfälle um rund 50 % geringer, auch die Sterblichkeit insgesamt sank signifikant. Die amerikanische Studie beobachtete ihre Proband:innen über einen Zeitraum von 20 Jahren, ihr chinesisches Pendant sogar über 30 Jahre. Unter Führung des Tübinger Teams wurden diese Datensätze harmonisiert und erneut ausgewertet, um Raten von kardiovaskulärem Tod und Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz bei Personen mit und ohne Prädiabetes-Remission zu vergleichen.

Bisher stützt sich die Herz-Kreislauf-Prävention auf drei Säulen: Blutdruckkontrolle, Senkung des LDL-Cholesterins und Rauchstopp. Mit den neuen Erkenntnissen könnte ein vierter Pfeiler hinzukommen: die nachhaltige Normalisierung der Blutglukose bei Prädiabetes. Die aktuellen Ergebnis-

se deuten darauf hin, dass eine Remission des Prädiabetes nicht nur – wie bereits bekannt – den Ausbruch eines Typ-2-Diabetes verzögert oder verhindert, sondern Menschen auch langfristig vor schweren Herz-Kreislauf-Erkrankungen schützt – und zwar über Jahrzehnte hinweg. Ein nüchterner Blutglukosewert von ≤ 97 mg/dl erwies sich als einfacher Marker für ein dauerhaft geringeres Herzrisiko – unabhängig von Alter, Gewicht oder ethnischer Herkunft. Diese Schwelle könnte weltweit in der Hausarztpraxis Anwendung finden und so die Prävention greifbarer machen.

Deutschland hinkt bei präventiver Gesundheitsversorgung hinterher. Laut dem aktuellen Public Health Index belegt das Land den vorletzten Platz von 18 untersuchten europäischen Ländern bei der Umsetzung wissenschaftlich fundierter Präventionsmaßnahmen. Dies hat zur Folge, dass das Risiko in Deutschland an einer Herz-Kreislauf-Erkrankung zu versterben signifikant erhöht ist im Vergleich mit europäischen Nachbarn. Die neue Studie zeigt, welches Potenzial ungenutzt bleibt – und wie konkrete Zielwerte die öffentliche Gesundheit entscheidend verbessern können. Experten sprechen von einem klaren therapeutischen Fenster: Wenn die Glukosewerte bereits im Stadium des Prädiabetes normalisiert werden, kann das langfristige Risiko für Herzinfarkt, Herzinsuffizienz und vorzeitigen Tod deutlich reduziert werden. Unsere Daten sprechen dafür, Remission ausdrücklich als primäres Therapieziel in Leitlinien zur Prävention von Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu verankern.

Tübingen, Dezember 2025

Wissenschaftlicher Ansprechpartner:

Prof. Dr. med. Andreas L. Birkenfeld
Ärztlicher Direktor
Universitätsklinikum Tübingen, Abteilung Innere Medizin IV
E-Mail: andreas.birkenfeld@med.uni-tuebingen.de

Originalpublikation:

Elsa Vazquez Arreola et al.: Prediabetes Remission and Cardiovascular Morbidity and Mortality:
A post-hoc analysis from DPP05 and DaQingDPOS. The Lancet
DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(25\)00295-5](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(25)00295-5)

Mitteilungen der DGPTM e. V.
Vorstand: PD. Dr. habil. Frank Münch, ECCP,
Universitätsklinikum Erlangen;
Geschäftsstelle DGPTM e. V.:
Rödelstraße 13, 04229 Leipzig,
E-Mail: geschaeftsstelle@dgptm.de

11. Vorstandssitzung der DGPTM 2025



Dienstag, den 21.10.2025, 18:30-19:45 Uhr, online
Teilnehmer:innen: PD Dr. Frank Münch, Jasper Heller, Sebastian Melzer, Simon Mayer, Dr. Marcus Hermann, Michael Baumgärtner, Sabine Lange, Madeleine Noack

TOP 1 | Organisatorisches

Der Präsident der DGPTM, Dr. F. Münch, eröffnete die Sitzung und begrüßte die Anwesenden.

Das Protokoll der vorherigen Sitzung wurde thematisiert. Zukünftig wird ein Abstimmungs-Tool für eine vereinfachte digitale Freigabe genutzt.

Bezüglich der Buchhaltung wurde der aktuelle Stand des Jahresabschlusses 2024 vorgestellt. Die Kassenprüfung wird derzeit organisiert. Der Vorstand besprach den Zeitplan für die finalen Abstimmungen mit dem Steuerberater.

Anschließend wurde die interne IT-Struktur sowie die langfristige Planung von Softwarelizenzen und Hardware-Beschaffungen, auch im Hinblick auf die Neubesetzung des Managing Editors des Journals Die Perfusion, erörtert.

F. Münch berichtete über signifikante Fortschritte im Zusammenhang mit der Einheitlichen Fortbildungsnummer (EFN). Das System wird es Mitgliedern zukünftig ermöglichen, Fortbildungspunkte automatisch über die DGPTM zu erfassen. Dieser Prozess wird formal in der Geschäftsordnung verankert.

TOP 2 | Öffentlichkeitsarbeit DGPTM

Der Vorstand beriet über die Neubesetzung des Managing Editors Die Perfusion/Öffentlichkeitsarbeit. Die finalen Auswahlgespräche sind terminiert. Der Übergabeprozess für die Redaktion wurde besprochen, um die Kontinuität der Zeitschrift

zu gewährleisten und die Arbeitslast im Übergang abzusichern. Das neue News-Tool auf der Website ist technisch umgesetzt und wird nach der Befüllung mit Inhalten in Kürze Live geschaltet.

Die Berichte der Arbeitsgruppen (AGs) für den Newsletter liegen vor. Die AG-News werden in einem separaten Newsletter Anfang November veröffentlicht.

Zudem wurden die Vorbereitungen für die Präsentationen der Abteilungsleitersitzung und der Mitgliederversammlung (MVV) getroffen.

TOP 3 | Jahrestagung 2025 Leipzig

Die Vorbereitungen für die Jahrestagung laufen planmäßig. Eine Präsentation des Vorstands wird während der Tagung auf einem Monitor gezeigt. Die Organisation des Tagungsfotografen wurde bestätigt.

Der aktuelle Status der Workshop-Anmeldungen wurde besprochen. Die technische Umsetzung der Online-Buchungen wird finalisiert, um allen Teilnehmern eine reibungslose Registrierung zu ermöglichen.

Die Anwesenheit des Medtronic Trucks wurde bestätigt. Die Tagesordnung der Mitgliedervollversammlung (MVV), einschließlich der Neuwahl des Schatzmeisters, wurde finalisiert. Da S. Melzer sein Amt niederlegt, stellt sich M. Hermann zur Wahl. S. Melzer rückt auf eine Beisitzer-Position. Die technischen Abläufe und die Präsentationen für die MVV sind vorbereitet.

TOP 4 | Verschiedenes

Der Vorstand berichtete von dem Treffen der AG ECMO am 20.10.2025. Die AG wird neu aufgestellt, um in Leipzig neue Mitglieder zu gewinnen. Kati Obermüller (LMU) und Karsten Osterkamp (Koblenz) werden als neue Sprecher der AG fungieren und auf der Website bekannt gegeben.

Die spezifischen Aufgaben und die Präsenz des Vorstands während des Kongresses werden in der Vorstandssitzung in Leipzig final besprochen, um eine gezielte Mitgliederansprache zu gewährleisten.

*Kollegiale Grüße,
Frank Münch, Präsident der DGPTM
Simon Mayer, Schriftführer*

12. Vorstandssitzung der DGPTM 2025



Donnerstag, den 13.11.2025, 14:00-18:00 Uhr
Teilnehmer:innen: PD Dr. Frank Münch, Jasper Heller, Simon Mayer, Christian Klüß (online), Dr. Marcus Hermann, Michael Baumgärtner

TOP 1 | Organisatorisches

Der Vorstand hat ein vereinfachtes Verfahren zur Protokollfreigabe beschlossen. Zukünftig wird das Protokoll nach Erstellung den Vorstandsmitgliedern zur Prüfung vorgelegt. Es

gilt eine Widerspruchsfrist von vier Tagen. Erfolgt innerhalb dieses Zeitraums keine Rückmeldung, gilt das Protokoll als genehmigt. Dies dient der Beschleunigung interner Prozesse und der zeitnahen Veröffentlichung relevanter Informationen. Die Termine für die Vorstandssitzungen im Jahr 2026 wurden bestätigt; die vier Präsenztermine werden in Leipzig stattfinden. Der Vorstand informierte über den Umzug der Geschäftsstelle innerhalb der Stadt Leipzig. Es werden nach heutigem Stand neue, zentral gelegene Räumlichkeiten im „Musikerviertel“ (Riemenstraße) angemietet. Diese bieten neben den Büros für die Mitarbeiterinnen auch Kapazitäten für Sitzungen und Gremienarbeit.

Das nächste Abteilungsleitenden-Treffen wird im Juni 2027 stattfinden. Termin und Ort werden Anfang 2026 bekannt gegeben.

Die finanzielle Situation der Gesellschaft wurde erörtert. Aufgrund gestiegener Kosten für Veranstaltungen und IT-Infrastruktur sowie notwendiger Investitionen sind die Liquiditätsmittel derzeit gebunden. Der Vorstand arbeitet an einer Optimierung der Kostentransparenz und einer detaillierten Projektkostenrechnung, um die Wirtschaftlichkeit einzelner Bereiche (z. B. Veranstaltungen) noch genauer steuern zu können. Der Jahresabschluss 2024 wird in Zusammenarbeit mit dem Steuerberater zeitnah finalisiert.

In diesem Zusammenhang wurde das erweiterte Leistungsangebot der DGPTM für den Fachbereich und die Mitglieder besprochen. Für Mitglieder gibt es eine kostenlose eigenständige Fachzeitschrift, Rechtsberatung, EFN-Punkte, Geschäftsstelle und Kongressmanagement sowie den Ausbau der digitalen Angebote. Im nationalen und internationalen Vergleich sowie bezogen auf die Größe unserer medizinischen Fachgesellschaft sind wir zukunftsweisend aufgestellt. Diese modernen Möglichkeiten bieten die Chance zur Verbesserung der Kommunikation und Informationsvermittlung.

Prof. Dr. Christian Heim (Bayreuth) wurde von der DGTHG als Tagungspräsident für die Jahrestagung 2027 nominiert. Die Nominierung des/r Tagungspräsident:in seitens der DGPTM erfolgt in der Vorstandssitzung im Mai 2026.

TOP 2 | Zuständigkeitszugänge IT-Struktur

Website und Inhalte: Die Pflege und Aktualisierung der Website werden weiterhin durch das interne Web-Team (Sebastian Melzer, Michael Baumgärtner und Jasper Heller) sichergestellt. Prof. Sven Maier wird zukünftig auf der Website als übergeordneter Ansprechpartner für alle perfusiologischen Belange an der HFU als neuer Kontakt eingepflegt.

Timeline-Projekt: Ein neues Highlight auf der Website ist die historische „Timeline“, die die Geschichte der DGPTM und der Kardiotechnik visuell aufbereitet. Dieses Projekt soll weiter ausgebaut werden, indem historische Dokumente (z. B. Gründungsprotokolle, erste Zeitschriftenausgaben) und Medien interaktiv eingebunden werden, um die Historie der Fachgesellschaft lebendig darzustellen. Hier erhoffen wir uns viele Anregungen unserer Mitglieder.

TOP 3 | Öffentlichkeitsarbeit DGPTM

Personelle Verstärkung: Der Vorstand freut sich, die Einstellung von Frau Antje-Kristin Mosig bekannt zu geben. Sie wird ab dem 5. Januar 2026 die Geschäftsstelle verstärken. Frau Mosig verfügt über einen Bachelor-Abschluss in Buch- und Medienproduktion und einen Master-Abschluss in Medienmanagement sowie umfangreiche Erfahrung in den Bereichen Lektorat, Mediendesign und Hochschuldidaktik. Sie wird primär die Aufgaben als „Managing Editor“ für die Fachzeitschrift Die Perfusion übernehmen sowie die Bereiche Öffentlichkeitsarbeit und Website betreuen. Damit werden diese wichtigen Aufgabenbereiche zukünftig intern in der Geschäftsstelle gebündelt.

Stellenanzeigen: Der Vorstand wies darauf hin, dass die DGPTM auf ihrer Website eine hochfrequentierte Plattform

für Stellenanzeigen bietet. Die Konditionen für Kliniken und Firmen sind im Vergleich zu großen kommerziellen Portalen sehr attraktiv und zielgruppenspezifisch. Mitglieder und Abteilungsleitungen sind eingeladen, offene Stellen aktiv über die Fachgesellschaft auszuschreiben.

TOP 4 | Jahrestagung 2025 Leipzig

Die organisatorischen Vorbereitungen für die Jahrestagung 2025 sind abgeschlossen. Für die Mitgliedervollversammlung (MVV) wurde ein hybrides Abstimmungsverfahren festgelegt, das sowohl den Präsenzteilnehmer:innen als auch online zugeschalteten Mitgliedern eine rechtssichere Stimmenabgabe ermöglicht. Als Ehrengast wird der Präsident der amerikanischen Partnergesellschaft AmSECT Scott Snider erwartet.

Vorstandssitzung mit Gästen



Gäste: Alexander Knappe, Sebastian Tiedge, Prof. Sven Maier, Jan Turra, Mirko Kaluza

TOP 5 | AG Kinder- und Säuglingsperfusion

Sebastian Tiedge berichtete über die erfolgreiche Arbeit der AG. Das Netzwerk umfasst mittlerweile 19 von 22 deutschen Zentren und wurde auf Österreich und die Schweiz ausgeweitet. Für 2026 ist ein erstes Treffen in Bern geplant. Ein wichtiges Anliegen der AG ist die Etablierung von Hybrid-Sitzungen, um auch Mitgliedern, die dienstlich gebunden sind, die Teilnahme an den Treffen zu ermöglichen. Der Vorstand prüft technische Lösungen zur Umsetzung.

TOP 6 | AG Tutoring

Alexander Knappe informierte über den sehr guten Start der Webinar-Reihe für Tutoren, die auf großes Interesse stieß. Die Teilnehmerzahlen werden evaluiert und veröffentlicht. Ein wichtiges Thema ist die Vergabe von Praxissemesterplätzen für Studierende. Um die Transparenz zu erhöhen, soll ein „Ampelsystem“ eingeführt werden, das anzeigt, welche Kliniken aktuell freie Kapazitäten für Praktikanten haben.

TOP 7 | AG Ex-vivo-Organperfusion

Prof. Sven Maier stellte die Aktivitäten der neuen, interdisziplinär besetzten Arbeitsgemeinschaft vor. Ziel ist die Erstellung eines standardisierten Ausbildungsmoduls für die Ex-vivo-Perfusion aller Organe (Herz, Lunge, Leber, Niere). Es besteht eine enge Abstimmung mit der Deutschen Stiftung Organtransplantation (DSO). Ein erstes Ausbildungskonzept soll bis April erarbeitet werden. Mittelfristig sind zertifizierte Kurse an verschiedenen Standorten geplant. Die AG sieht in der zunehmenden Bedeutung von „Organ Care Centern“ eine wichtige Chance zur Weiterentwicklung des Berufsbildes.

TOP 8 | AG Hypothermie

Mirko Kaluza berichtete über die aktuelle Situation bei Hypothermie-Geräten (Geräteverfügbarkeit, Hygiene). Aufgrund aktueller Publikationen zum Thema Hygiene (Aerosolisierung) plant die AG eine Umfrage unter den Kliniken, um Daten zum Status quo, zur Keimbelastung und zu den verwendeten Hygi-

enemaßnahmen zu erheben. Der Vorstand unterstützt dieses Vorhaben, um eine valide Datenbasis für Empfehlungen zu erhalten. Positiv vermerkt wurde, dass mit Prof. Udo Boeken ein fester Ansprechpartner bei der DGTHG für dieses Thema benannt wurde.

TOP 9 | Quiz

Jan Turra und Morten Grünberg haben 2025 das Quiz über-

nommen und werden dies weiter ausbauen. Um das zu unterstützen werden alle Arbeitsgruppen der DGPTM aufgerufen, Fachfragen aus ihren jeweiligen Gebieten beizusteuern, um ein abwechslungsreiches Programm zu gestalten.

*Kollegiale Grüße,
Frank Münch, Präsident der DGPTM
Simon Mayer, Schriftführer*



Abbildungen: jeweils PD Dr. Frank Münch mit Mathias Optiz, Frank-Oliver Große, Olaf Sillmann und Joachim Naumann
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Jubilare

25 Jahre Mitglied in der DGPTM (ehemals DGfK) sind Olaf Sillmann, Holger Schulze Schleithoff, Mathias Optiz, Joachim Naumann, Frank-Oliver Große, Markus Fischer, Andreas Behrendt, Johannes Amberger.

40 Jahre sind Stefan Kasseckert und Albert Dick **bereits Mitglieder in der DGPTM (ehemals DGfK).**

Ganze 50 Jahre Mitglied in der DGPTM (ehemals DGfK) ist Jürgen Witt.

Auch konnte eine weitere Ehrenmitgliedschaft ausgesprochen werden. Diese ging an Dr. rer. medic. Frank Merkle (Leiter Akademie für Kardiotechnik, Berlin) und wurde von Sebastian Melzer überreicht.

Für ihre langjährige Treue und die Unterstützung des Verbandes bedankt sich der Vorstand der DGPTM recht herzlich – mit den besten Wünschen

Dr. Frank Münch, Präsident DGPTM



Von links: Gerd Haimerl (ebenfalls Ehrenmitglied der DGPTM), Dr. rer. medic. Frank Merkle, Sebastian Melzer und Dieter Lorenz (ebenfalls Ehrenmitglied der DGPTM)
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Josef Güttler Stipendium 2025

Als wissenschaftliche Fachgesellschaft fördert die DGPTM Studierende im Bereich Perfusiologie und technische Medizin. Ziel ist die wissenschaftlich-akademische Nachwuchsförderung durch studien- und projektbezogene Mittel. Die Förderungen beziehen sich auf Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten, die Themen der Perfusiologie und technischen Medizin behandeln. Das Stipendium umfasst eine finanzielle Zuwendung in Höhe von 200 EUR pro Monat bei einer maximalen Förderungsdauer von 36 Monaten.

Ihre aussagekräftige Bewerbung senden Sie bitte bis 30.04.2026 an: stipendium@dgptm.de

2025 konnte das Josef Güttler Stipendium an Jhonathan Torres Mosquera, Universitätsklinikum Magdeburg, überreicht werden.

Wir gratulieren recht herzlich!



PD Dr. Frank Münch, Jhonathan Torres Mosquera
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Förderpreise

Diese Auszeichnungen sollen Perfusionist:innen einen zusätzlichen Anreiz geben, Originalarbeiten einzureichen, aber auch besonders Erstautor:innen auf dem Weg unterstützen, regelmäßig Fachbeiträge in der Zeitschrift Die Perfusiologie zu veröffentlichen. Auch dieses Mal wurden die **Förderpreise** und damit die Autor:innen der vom Gutachterbeirat bewerteten besten Beiträge des Jahrgangs 2024 durch die Firma **Terumo Deutschland GmbH** unterstützt. Der Preis wurde von Tilo Barth überreicht. Die Bekanntgabe der Preisträger:innen fand im Rahmen der 54. Internationalen Jahrestagung der DGPTM statt. Das Preisgeld in Höhe von 800 und 500 Euro ging an folgende Perfusionist:innen:

Preis A für die beste Originalarbeit:

Als beste Originalarbeit wurde die Arbeit von Simon Mayer aus Stuttgart mit dem Titel „Relationship Between Low Oxygen Delivery During Extracorporeal Circulation and Postoperative Acute Kidney Injury after Minimally Invasive Cardiac Surgery“



Abb. 1: von links: Dr. Lars Saemann, Simon Mayer, Tilo Barth
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

bewertet, die in **Die Perfusiologie 01 | 2024** veröffentlicht wurde.

Preis B für die beste Erstveröffentlichung:

Die Arbeit von Lukas Fiebig aus Erlangen mit dem Titel "Aktueller Stand der Kardioplegie-Anwendungen in deutschen Herzcentren: eine Ist-Stand-Analyse" wurde als beste Erstveröffentlichung bewertet. Sie wurde in **Die Perfusiologie 03 | 2024** veröffentlicht.

Herzlichen Glückwunsch an die Gewinner und vielen Dank für die Unterstützung und Förderung an die Firma Terumo, Eschborn!



Abb. 2: von links: Dr. Lars Saemann, Lukas Fiebig, Tilo Barth
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Prämierungen auf der 54. Internationalen Jahrestagung der DGPTM

Für die beiden besten Beiträge auf der Jahrestagung im Jahr 2025 gingen zu je 50 Prozent der Abstract und der Vortrag in die Wertung ein. Das Gutachterteam war paritätisch aus Ärzt:innen und Perfusionist:innen zusammengesetzt. Insgesamt bewerteten 62 Gutachter:innen die Abstracts und Präsentationen.

Es ergaben sich folgende Gewinner:

Der Preis der **Fachgesellschaft DGPTM** für das beste Abstract und den besten Vortrag ging an Nicola Kwapil, Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, mit seinem Beitrag „Kompakter ECMO-Trolley – ein Transportsystem für alle Materialien“. Dieser Preis wurde von der Firma **free life Medical GmbH** unterstützt.

Der **DGTHG-Preis** der Fokustagung 2025 wurde in diesem Jahr wieder von der Firma **Dr. Franz Köhler Chemie GmbH** gestiftet und ging an Dr. Claudia Arenz, Universitätsklinikum Bonn, mit „Pulmonalklappendilatation bei frühsymptomatischer Fal-lot-Tetralogie: erste palliative Maßnahme und Einfluss bal-lonbedingter Klappeneinrisse auf die chirurgische Strategie“.

Der Preis für die beiden Tagungspreise betrug jeweils 1000 Euro.

Der **Nachwuchsförderpreis** für den bestbewerteten Beitrag als Kombination aus dem besten Abstract und Vortrag ging an Gloria Nulchis, Universitätsklinikum Tübingen, mit dem Vortrag „Über die allometrischen Interaktionen der fraktalen Eigenschaften des kardiovaskulären Gefäßsystems und das Hagen-Poiseuille'schen Gesetz. Erkenntnisse aus einem mathematischen Modell und der Simulation per Computational Fluid Dynamics für Bypässe“.

Der Preis für die Gewinnerin betrug 500 Euro und wurde von der Firma **Dr. Franz Köhler Chemie GmbH** unterstützt.

Über den **Innovationspreis** will die DGPTM e. V. einen zusätzlichen Anreiz für Erfindergeist, Forschung und Innovation innerhalb des Fachgebietes schaffen. Durch die Vergabe dieses Preises sollen Perfusionist:innen, Studierende sowie Forscher:innen und Entwickler:innen gewürdigt werden, die sich um das Fach Perfusionologie besonders verdient machen. Der Innovationspreis 2025 ging an Nicola Kwapil aus Mainz mit dem Vortrag „Kinder ECMO-Fahrtrage 2.0 – eine standardisierte Lösung für Deutschland“.

Der Preis betrug 1000 Euro und wurde durch die Firma **Euro-sets GmbH Deutschland** unterstützt.



Auf dem Foto von links nach rechts: Sebastian Tiedge, Nicola Kwapil, Rigobert Schnur (free life Medical GmbH) und PD Dr. Alexander Horke
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth



Auf dem Foto von links nach rechts: Sebastian Tiedge, Gloria Nulchis, PD Dr. Alexander Horke und Dr. Stefan Fritz (Dr. Franz Köhler Chemie GmbH)
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth



Auf dem Foto von links nach rechts: Sebastian Tiedge, Dr. Claudia Arenz, PD Dr. Alexander Horke und Dr. Stefan Fritz (Dr. Franz Köhler Chemie GmbH)
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth



Auf dem Foto von links nach rechts: Sebastian Tiedge, Nicola Kwapil, Martin Schmidthöfer (Eurosets GmbH, Deutschland), PD Dr. Frank Münch und PD Dr. Alexander Horke
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Tutoring in der Perfusiologie – von der Tradition zur Profession

Die Ausbildung zum:r Perfusionist:in in Deutschland ist durch eine große Vielfalt an Themen geprägt und bewegt sich in einem Spannungsfeld, das die Perfusiologie seit ihren Anfängen begleitet: Der Diskussion zwischen akademischem Anspruch und handwerklicher Kompetenz [1]. Der entscheidende Maßstab für unser Fach ist jedoch die tägliche professionelle Patientenversorgung, wobei eine fundierte praktische Aus- und Weiterbildung neuer wie auch erfahrener Kolleg:innen unverzichtbar ist.

Perfusionist:innen übernehmen im Rahmen der Globaldelegation die eigenständige Durchführung der EKZ. Dabei handelt es sich um eine komplexe Aufgabe, die auf Basis verbindlicher innerklinischer Standard Operating Procedures (SOPs) geregelt ist [1]. Hier ergibt sich die Anforderung an die Ausbildung: Unabhängig vom beruflichen Hintergrund ist ein einheitlich hohes Kompetenzniveau sicherzustellen [2]. Tutoring dient hier der Absicherung der delegierten Verantwortungsbereiche und bildet damit das Fundament für eine sichere, nachhaltige und personenindividuelle Kompetenzentwicklung. Tutoring erfüllt damit die Forderung des aktuellen Expertenkonsens nach einer strukturierten klinischen Ausbildung [3].

Herausforderungen und Erkenntnisse

Die Rahmenbedingungen in den Kliniken haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Der zunehmende Fachkräftemangel führt dazu, dass neu eingestelltes Personal einen intensiven Einarbeitungsbedarf mitbringt. Gleichzeitig steigen die Anforderungen, da spezialisierte Tätigkeiten zunehmend von einem größeren Teil des Teams abgedeckt werden müssen. Die Einsatzfähigkeit in den breiten Aufgabengebieten der Perfusiologie und Technischen Medizin ist entsprechend anspruchsvoll und kann nur durch eine qualitativ hochwertige, aber auch zeitintensive Einarbeitung erreicht werden [4]. Diesen Bedarf an festen Ansprechpartner:innen unterstrich die Tutoring-Webinarreihe 2025. Die Beiträge von Benjamin Haupt zu den unterschiedlichen Startvoraussetzungen sowie von Katrin Steger und Elrina Joubert-Huebner zur Verantwortungsübernahme zeigten deutlich: Anleitung funktioniert nicht automatisch und nebenbei, sondern braucht professionelle Strukturen.

Vom Projekt zum Standard

Mit dem Start des Projekts „Tutoring in der Ausbildung“ wurden 2025 erste Grundlagen geschaffen. Das Ziel ist nun, diese Basis konsequent auszubauen. Hierfür brauchen wir eine breite Beteiligung, idealerweise aus jeder Ausbildungsklinik. Nur durch den Austausch und das Reviewen der einzelnen



Abb. 1: [Perfusiologie.de](https://www.perfusiologie.de) #Tutoring

Konzepte können wir die praktische Ausbildung standardisieren und damit weiterentwickeln. Darum lädt die Tutoring-Gruppe alle dazu ein, sich einzubringen.

Dass sich der Aufbau verbindlicher Tutoring-Strukturen lohnt, beweist der klinische Alltag: Sie erweisen sich als effizient und wirksam. Eine strukturierte Anleitung fördert die frühzeitige und sichere Einsatzfähigkeit neuer Kolleg:innen und entlastet die Abteilungsleitungen durch systematisch reproduzierbare Ausbildungsqualität. Nicht zuletzt steigert dies die Attraktivität als Arbeitgeber für potenzielle neue Mitarbeitende.

Ausblick

Für das Jahr 2026 ist die Fortführung der Webinarreihe sowie der Ausbau der Projektwebsite vorgesehen, um Materialien wie Checklisten und Ausbildungshilfen zentral verfügbar zu machen. Eine einheitliche Plattform wird hier in den nächsten Monaten im internen Mitgliederbereich der DGPTM aufgebaut, um mit Musterstrukturen die Tutor:innen zu unterstützen. Ergänzend wird eine internationale Perspektive verfolgt. In Zusammenarbeit mit der amerikanischen Fachgesellschaft AmSECT ist für 2026 ein fachlicher Austausch geplant, um Einblicke in Ausbildungskonzepte aus anderen Ländern zu gewinnen.

Langfristig soll Tutoring als fester Bestandteil jeder Abteilung für Perfusiologie verankert werden. Dabei ist die formale Zertifizierung für Tutor:innen in Kooperation mit den Ausbildungsstätten das erklärte Ziel. Sie stellt einen wesentlichen Baustein zur Stärkung der Perfusiologie als eigenständige Profession dar [4]. Geben wir dem großen Engagement in den Kliniken eine verlässliche Struktur, damit die Einarbeitung nicht nur planbar ist, sondern zu einem motivierenden Start in unser faszinierendes Fachgebiet wird!

*Alexander Knappe und Johannes Kuhle
Leitung AG Tutoring*

Literatur

1. Gehron J, Münch F. Multiprofessionalität in der Herzmedizin: Perspektiven in der Perfusiologie und Technischen Medizin. *Z Herz-Thorax-Gefäßschir* 2025; 39. <https://doi.org/10.1007/s00398-024-00685-8>
2. Münch F. Kompetenzen von Perfusionist:innen und Ausbildungsstrukturen in der Perfusiologie. *Z Herz-Thorax-Gefäßschir* 2025; 39, 118–124. <https://doi.org/10.1007/s00398-024-00674-x>
3. Bauer A, Wahba A, Kunst G et al. EBCP Expert consensus statement on basic qualifications and competencies for clinical perfusionists in Europe developed in collaboration with EACTS and EACTAIC. *Eur J Cardiothorac Surg* 2025. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaf336>
4. Münch F, Klüß C, Haupt B et al. „Kompetenzen Perfusiologie und technische Medizin 2030“ – Positionspapier für zukünftige Anforderungen an das Profil eines:r Perfusionist:in. *Die Perfusiologie* 2024; 33, 3–8. <https://doi.org/10.47624/dp.033.nzml4738>

Liebe Leser:innen,

Ich freue mich sehr, seit Januar 2026 die Geschäftsstelle der DGPTM e. V. als Managing Editor der Zeitschrift „Die Perfusiologie“ sowie in der Öffentlichkeitsarbeit zu unterstützen und möchte mich an dieser Stelle kurz vorstellen.

Als bekennende Leserin mit einer Begeisterung für das geschriebene Wort zog es mich nach der Schule in die Verlagswelt. Mit einer Ausbildung als Verlagsbuchhändlerin in Hamburg, dem B.Eng. in Buch- und Medienproduktion und schließlich dem M.Eng. in Medienmanagement in Leipzig suchte ich mir meinen Weg durch dicke Wälzer, magische Fantasiewelten, detailverliebte Bildbände, actionreiche Comic-Hefte, strukturierte XML-Daten und Bleiwüsten. Schließlich landete ich im Bereich der wissenschaftlichen Literatur und Lehrmedien, wo ich für verschiedene Verlagshäuser und eine Hochschule bereits die Umsetzung von Fachbüchern, Unterrichtsmaterialien, Schulbüchern und Studienskripten betreut habe.

Nun für diese Fachgesellschaft zu arbeiten und somit den Austausch innerhalb der Fachrichtung dadurch zu unterstützen, dass ich den dafür benötigten Texten ein passendes Kleid gebe, empfinde ich als ein sinnstiftendes Ziel meiner Arbeit. Daher starte ich nun hochmotiviert in meine neuen Aufgaben innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Perfusiologie und Technische Medizin und freue mich



Antje-Kristin Mosig
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

darauf, von nun an die Ausgaben unseres wissenschaftlichen Journals „Die Perfusiologie“ auf den Weg zu bringen.

Herzliche Grüße, Antje-Kristin Mosig

Herzlichen Dank an Petra Kirsten-Treptow für ihren langjährigen Einsatz

Im Namen des gesamten Redaktionsteams und des Vorstands der DGPTM möchten wir uns herzlich bei Petra Kirsten-Treptow für fast zwölf Jahre engagierte und kompetente Arbeit bedanken. Ihr Organisationstalent, ihre Praxisnähe und ihre redaktionelle Kompetenz haben die Entwicklung unserer Zeitschrift maßgeblich geprägt und bereichert.

Zur Person: Petra Kirsten-Treptow ist verheiratet, Mutter eines mittlerweile 24-jährigen Sohnes und eines Pflegesohnes. Sie wuchs in einem Umfeld auf, das Präzision und Verantwortungsbewusstsein schätzte, Eigenschaften, die sie stets begleitet und geprägt haben.

Nach einer Ausbildung zur Augenoptikerin studierte sie Medizintechnik und schloss dieses Studium als Diplom-Ingenieurin ab. Erste berufliche Erfahrungen sammelte sie in Projektarbeiten am Institut für Krankenhausmanagement, bevor sie in eine Marketingagentur für Medizintechnik wechselte. Dort war sie unter anderem für die vertriebsunterstützende Kommunikation namhafter Unternehmen wie Medtronic, Fresenius Medical Care, Abbott (damals Impella als Start-up) und Life Systems verantwortlich. Im Jahr 2000 wagte sie den Schritt in die Selbstständigkeit und übernahm vielfältige Aufgaben im Bereich Marketing, Redaktion und Qualitätssicherung, unter anderem für wissenschaftliche Studiendokumentationen und Prozessabläufe in der Kosmetikbranche.

2014 wurde sie als externe Managing Editor für die Zeitschrift KARDIOTECHNIK engagiert. In dieser Rolle hat sie den Redaktionsprozess maßgeblich weiterentwickelt und die Zeitschrift durch wichtige Veränderungen begleitet; dazu zählen die Umbenennung in „Die Perfusiologie“ Anfang 2024 sowie die Neugestaltung des Aufbaus und der Artikelstruktur. Seit Februar 2024 erscheint die Zeitschrift unter dem neuen Namen und wurde mit der Ausgabe 1/2025 an die umbenannte Fachgesellschaft DGPTM angepasst.



PD Dr. Frank Münch, Petra Kirsten-Treptow
Quelle: ©DGPTM - Klindtworth

Petra hat den Publikationsprozess stets mit großem Engagement begleitet, eng mit den Autorinnen und Autoren zusammengearbeitet und die Qualität der Veröffentlichungen sichergestellt. Seit 2022 organisiert sie zudem federführend die Schreibwerkstatt für Nachwuchswissenschaftler:innen sowie erfahrene Kolleg:innen.

Mit der aktuellen Ausgabe verlässt Petra die Redaktion und beendet ihre Tätigkeit als externe Redaktionsleitung. Dieser Schritt war die Folge davon, dass der Vorstand der DGPTM, der zugleich Herausgeber der Zeitschrift ist, den Bereich in die Strukturen der Fachgesellschaft integriert hat, um die internen Prozesse der Öffentlichkeitsarbeit weiter zu stärken und Synergien zu fördern.

Liebe Petra, ich möchte dir persönlich und im Namen aller Kolleg:innen für deine geleistete Arbeit danken. Deine Expertise, dein Engagement und deine Herzlichkeit werden uns sicher fehlen. Für deinen weiteren Weg wünschen wir dir alles Gute!
Frank Münch

Discover the new Endoscopic Vessel Harvesting (EVH) Learning Platform made for *you.*



Start your learning journey on EVH and discover Terumo's extensive range of free clinical learning resources tailored to your needs.

Dive into:

- Procedural videos,
- On-demand webinars,
- Comprehensive guides,
- Engaging elearnings,
- and much more!

Scan the QR code and begin learning!



 **TERUMO**
CARDIOVASCULAR



Medtronic

Become
unstoppable

with VitalFlow™
ECMO System

Easier and
smarter
ECMO in
one-system
solution†

With every beat,
expect more.

† Medtronic usability data and design reports on file. "Smarter" compared to Nautilus™ Smart technology.

©2025 Medtronic. Medtronic, Medtronic logo, and Engineering the extraordinary are trademarks of Medtronic. All other brands are trademarks of a Medtronic company.