

Diplomarbeit

**Einsatz von biologischen Materialien für realitätsnahes,  
simulationsbasiertes Training von vaskulären Zugängen bei  
Neugeborenen – Entwicklung von Ausbildungskonzepten auf  
Basis eines systematischen Reviews**

eingereicht von

**Hannah Stefanie Wlattnig**

Zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde**

**(Dr.<sup>in</sup> med. univ.)**

Ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz**

Klinische Abteilung für Neonatologie

Unter der Anleitung von

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Dr. scient. med. Bernhard Schwabberger

Priv.-Doz. Dr. med. univ. Dr. scient. med. Lukas Peter Miledner

Graz, 28. Mai 2026

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, 28. Mai 2026

Hannah Wlattnig eh.

## **Vorwort und Danksagungen**

Meine Motivation Medizin zu studieren, entstand aus einem inneren Streben danach, den menschlichen Körper zu verstehen und jenen zur Seite zu stehen und zu helfen, die es selbst nicht mehr können. Allen voran den Kleinsten und jenen in Extrem- und Notfallsituationen. Ich habe das große Glück, dass meine Eltern mich seit Beginn meines Lebens gefördert, intellektuell gefordert und sehr geliebt haben. Ihnen gebührt das größte Dankeschön. Für die finanzielle, sowie seelische Unterstützung über das gesamte Studium.

Ich hatte zudem die Ehre die Ausbildung zur Rettungsmedizinerin beim Medizinercorps Graz durchlaufen zu dürfen. Im Rahmen dieser wurde mir erneut bewusst, weshalb ich mich für dieses Studium entschieden habe und, dass Ärztin zu sein nicht nur mein Beruf, sondern auch meine Berufung darstellt. Des Weiteren lernte ich die Wichtigkeit des regelmäßigen Trainings praktischer Skills um gut und noch besser zu werden und für Ausnahmesituationen gewappnet zu sein. Ich bin unglaublich dankbar für die Erfahrungen, die ich machen, und die vielen Menschen, die ich in der Zeit meiner Ausbildung kennenlernen durfte. Zudem durfte ich durch das Medizinercorps meinen Erstbetreuer, Bernhard Schwaberger kennenlernen, der mich bereits über die letzten Jahre in meinen Interessen unterstützt und gefördert hat und in der Betreuung rund um diese Arbeit stets ein offenes Ohr hatte, sowie mit guten Ideen und konstruktiver Kritik das Outcome dieser Arbeit maßgeblich positiv unterstützt hat. Hierfür bin ich zutiefst dankbar.

Einen weiteren Dank möchte ich an meinen Co-Betreuer Lukas Miledler aussprechen, der mit seinen konstruktiven Ratschlägen und Anmerkungen ebenfalls zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen hat.

An meine vier Geschwister Caro, Marie, Theo und Arthur: Danke, dass ihr immer für mich da seid und meine Launen im Lernstress und Erzählungen aus den Diensten ausgehalten habt und es auch weiter tut. Ich liebe euch.

Danke an meinen Partner Benni, für deine unermüdlichen aufbauenden Worte und deine Unterstützung und Liebe über die letzten Jahre. Und auch an deine Familie, Dani, Viktor, Max, Nina und Oskar: Danke für euer Verständnis und eure Wärme.

An meine beiden besten Freundinnen Helena und Lena, danke, dass ihr mit mir durch die Höhen und Tiefen des Lebens und des Studiums gegangen seid und noch weiter gehen werdet. Ohne eure seelische Unterstützung wäre ich oft verzweifelt.

## **Zusammenfassung**

**Hintergrund:** Die Anlage vaskulärer Zugänge bei kritisch kranken Neugeborenen stellt aufgrund der speziellen anatomischen Gegebenheiten eine anspruchsvolle und technisch komplexe Maßnahme dar. Gemäß internationalen Leitlinien gilt der Nabelvenenkatheter (NVK) weiterhin als Goldstandard in der neonatalen Reanimation. Weitere Zugangsoptionen zur postnatalen Stabilisierung umfassen den intraossären sowie den peripher-venösen Katheter. Insbesondere in der weiterführenden Intensivtherapie sind zentralvenöse Katheter (ZVK) für Medikamentengabe und parenterale Ernährung von Bedeutung. Aufgrund der prozeduralen Komplexität und der vergleichsweise seltenen Anwendung im klinischen Alltag ist ein regelmäßiges, möglichst realitätsnahes Training sämtlicher Gefäßzugangsmodalitäten unerlässlich. Ziel dieses systematischen Reviews war es, biologische Materialien zu identifizieren, die sich für ein realitätsnahes Simulationstraining vaskulärer Zugänge im Neugeborenenalter eignen. Auf Basis der Ergebnisse sollte ein Vorschlag für ein strukturiertes Ausbildungskonzept in der Fachärzt\*innenausbildung für Pädiatrie entwickelt werden.

**Methoden:** Die systematische Literaturrecherche erfolgte gemäß den Kriterien des PRISMA-Statements in den Datenbanken PubMed, Embase und CINAHL. Auf Grundlage der erhobenen Evidenz wurde an der Klinischen Abteilung für Neonatologie der Medizinischen Universität Graz ein Ausbildungskonzept entwickelt. Dieses basiert auf möglichst realitätsnahen Trainingsmodellen unter Verwendung biologischer Materialien zur Simulation verschiedener Gefäßzugangsmodalitäten. Die Auswahl der eingesetzten Trainingsmodelle erfolgte auf Basis der Ergebnisse des systematischen Literaturreviews.

**Ergebnisse:** Im Rahmen der systematischen Literaturrecherche konnten 15 Referenzen zum Einsatz biologischer Materialien zur Simulation sämtlicher relevanter Gefäßzugangsmodalitäten bei Neugeborenen identifiziert werden. Darauf aufbauend wurde ein Ausbildungskonzept entwickelt, das die Durchführung eines einmaligen „*Neonatal Vascular Access*“-Workshops für Assistenzärzt\*innen im Umfang von vier Stunden vorsieht. Nach einer einstündigen theoretischen Einführung folgt das praktische Training der Anlage eines Notfall-NVK, intraossärer Zugänge und ZVK unter Verwendung von Modellen, die auf

biologischen Materialien basieren. Für das NVK-Training werden humane Nabelschnurreste in einen modifizierten Neugeborenen Simulator integriert. Zur Anlage von intraossären Kathetern kommen Hühnerkeulen und Hühnereier zum Einsatz. Für die Schulung ultraschallgeführter Punktionen zentraler Gefäße im Rahmen der ZVK-Anlage werden eigens präparierte Agar-Agar-Modelle verwendet.

**Conclusio:** Die Anlage vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen ist eine komplexe Fertigkeit, die durch wiederholtes, praxisnahes Training am Simulationsmodell erlernt und gefestigt werden muss. Realitätsgetreue Trainingsmodelle unter Verwendung biologischer Materialien bieten hierfür eine wertvolle Grundlage. Das entwickelte Ausbildungskonzept auf Basis der systematischen Literaturrecherche stellt einen Beitrag zur Standardisierung und Qualitätssicherung in der neonatologischen Ausbildung dar.

## **Abstract**

**Background:** The placement of vascular access in critically ill neonates represents a demanding and technically complex procedure due to specific anatomical characteristics. According to international guidelines, the umbilical venous catheter (UVC) remains the gold standard in neonatal resuscitation. Additional access options for postnatal stabilization include intraosseous and peripheral venous catheters. In ongoing intensive care, central venous catheters (CVC) are of particular importance for the administration of medications and parenteral nutrition. Given the procedural complexity and the relatively infrequent use in daily clinical practice, regular and highly realistic training in all vascular access modalities is essential. The aim of this systematic review was to identify biological materials suitable for realistic simulation training of vascular access in neonates. Based on these findings, a structured proposal for a training concept in postgraduate medical education was developed.

**Methods:** The systematic literature search was conducted in accordance with the PRISMA statement criteria using the PubMed, Embase, and CINAHL databases. Based on the collected evidence, a training concept was developed at the Clinical Division of Neonatology, Medical University of Graz. This concept relies on highly realistic training models that use biological materials to simulate various vascular access modalities. The selection of training models was guided by the results of the systematic literature review.

**Results:** The systematic literature review identified 15 references describing the use of biological materials for simulating all relevant vascular access modalities in neonates. Building on this, a training concept was developed that includes a single four-hour “Neonatal Vascular Access” workshop for resident physicians. Following a one-hour theoretical introduction, participants undergo practical training in the placement of emergency UVCs, intraosseous access, and CVCs using models based on biological materials. For UVC training, human umbilical cord remnants are integrated into a modified neonatal simulator. Chicken thighs and eggs are used for intraosseous catheter placement, while specially prepared agar-agar models are utilized for ultrasound-guided puncture training of central vessels during CVC insertion.

**Conclusion:** Establishing vascular access in neonates is a complex skill that must be acquired and consolidated through repeated, hands-on training using simulation models. Realistic training models based on biological materials provide a valuable foundation for this purpose. The training concept developed on the basis of the systematic literature review contributes to the standardization and quality assurance of neonatal medical education.



# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort und Danksagungen .....                                                      | 3  |
| Zusammenfassung.....                                                                | 5  |
| Abstract.....                                                                       | 7  |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                                         | 11 |
| Abbildungsverzeichnis .....                                                         | 12 |
| Tabellenverzeichnis.....                                                            | 13 |
| 1 Neonatologie.....                                                                 | 14 |
| 1.1 Notfallversorgung .....                                                         | 14 |
| 2 Vaskuläre Zugänge .....                                                           | 23 |
| 2.1 Peripherer Venenkatheter .....                                                  | 23 |
| 2.2 Nabelvenenkatheter .....                                                        | 23 |
| 2.3 Intraossärer Zugang.....                                                        | 28 |
| 2.4 Zentralvenöser Katheter.....                                                    | 30 |
| 3.1 Design.....                                                                     | 34 |
| 3.2 Fragestellung und Zielsetzung .....                                             | 34 |
| 3.3 Suchstrategie .....                                                             | 34 |
| 3.4 Auswahlkriterien .....                                                          | 34 |
| 3.5 Studenauswahl und Datenextraktion.....                                          | 35 |
| 3.6 Qualitätsbewertung .....                                                        | 35 |
| 3.7 Datensynthese .....                                                             | 35 |
| 4 Ergebnisse .....                                                                  | 36 |
| 4.1 Flowchart Systematische Literaturrecherche .....                                | 36 |
| 4.2 Simulation Nabelvenenkatheter .....                                             | 37 |
| 4.2 Simulation Intraossärer Zugang .....                                            | 39 |
| 4.3 Simulation Zentralvenöser Katheter .....                                        | 41 |
| 5 Ausbildungskonzepte .....                                                         | 44 |
| 5.1 Allgemeines.....                                                                | 44 |
| 5.2 Ausbildungskonzept „Neonatal Vascular Access“ .....                             | 44 |
| 5.3 Bereitstellung von Nabelschnüren für Nabelvenenkatheter-Trainings in Graz ..... | 55 |
| 5.3 Workshop .....                                                                  | 57 |
| 6 Diskussion .....                                                                  | 63 |
| 6.1 Literaturrecherche .....                                                        | 63 |
| 6.2 Ausbildungskonzept und Simulationstrainings .....                               | 63 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3 Einsatz biologischer Materialien, ethische Aspekte und Hygienerichtlinien. | 64 |
| 6.4 Limitationen.....                                                          | 65 |
| 6.5 Schlussfolgerung.....                                                      | 66 |
| Referenzliste .....                                                            | 67 |
| 7 Anhang.....                                                                  | 71 |
| 7.1 Poster ÖGKJ .....                                                          | 71 |
| 7.2 Poster EUSEM .....                                                         | 72 |
| 7.3 Poster AGN-Kongress 2026 (1).....                                          | 73 |
| 7.4 Poster AGN-Kongress 2026 (2).....                                          | 74 |

## **Abkürzungsverzeichnis**

LGA *Large for Gestational Age*

NaCl *Natriumchlorid*

NVK *Nabelvenenkatheter*

pVK *peripherer Venenkatheter*

SGA *Small for Gestational Age*

SpO<sub>2</sub> *Sauerstoffsättigung*

SSW *Schwangerschaftswoche*

ZVK *Zentralvenöser Katheter*

## **Abbildungsverzeichnis**

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Petrusa-Index (5) .....                                                             | 16 |
| Abbildung 2: Humane Nabelschnur .....                                                            | 24 |
| Abbildung 3: Fixierung des NVK .....                                                             | 27 |
| Abbildung 4: Intraossärer Zugang .....                                                           | 29 |
| Abbildung 5: Komplikation nach intraossärem Zugang (21) .....                                    | 30 |
| Abbildung 6: Flowchart Systematische Literaturrecherche .....                                    | 36 |
| Abbildung 7: Hühnerei-Modell .....                                                               | 46 |
| Abbildung 8: Hühnerkeulen-Modell .....                                                           | 46 |
| Abbildung 9: Stationsaufbau NVK .....                                                            | 48 |
| Abbildung 10: NVK-Modell .....                                                                   | 49 |
| Abbildung 11: Agar-Agar-Modell .....                                                             | 50 |
| Abbildung 12: Ultraschallgeführte Punktion des Agar-Agar-Modells .....                           | 51 |
| Abbildung 13: Vorbereitung des Hühnerbrust-Modells bei Verwendung von<br>Silikonschläuchen ..... | 53 |
| Abbildung 14: Ultraschallgeführte Punktion des Hühnerbrust-Modells .....                         | 54 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Apgar-Score .....                                                 | 16 |
| Tabelle 2: Vorerfahrung mit vaskulären Zugängen (klinische Realität) .....   | 58 |
| Tabelle 3: Vorheriges Training an biologischem Material .....                | 58 |
| Tabelle 4: Sicherheit im Legen eines NVK (prä vs. post Workshop) .....       | 58 |
| Tabelle 5: Deskriptive Kennwerte NVK .....                                   | 59 |
| Tabelle 6: Sicherheit im Legen eines ZVK (prä vs. post Workshop) .....       | 59 |
| Tabelle 7: Deskriptive Kennwerte ZVK .....                                   | 59 |
| Tabelle 8: Sicherheit beim intraossären Zugang (prä vs. post Workshop) ..... | 60 |
| Tabelle 9: Deskriptive Kennwerte intraossär .....                            | 60 |
| Tabelle 10: Bewertung der Modelle in Schulnoten .....                        | 61 |

# 1 Neonatologie

## 1.1 Notfallversorgung

### 1.1.1 Begriffsdefinitionen

Als Neugeborenes bezeichnet man ein Kind vom 1. bis zum 28. Lebenstag. In dieser Zeitspanne befindet es sich in der Neonatalperiode. Zusätzlich wird zwischen reifen Neugeborenen (vollendete 37. bis < 42. SSW), Frühgeborenen (< 37. SSW) und übertragenen Neugeborenen (> 42. SSW) unterschieden. Ein Kind, das ein Geburtsgewicht unterhalb der 10. Perzentile der populationsspezifischen intrauterinen Wachstumskurve aufweist, nennt man hypotrophes Neugeborenes oder Small for Gestational Age (SGA). Ein eutrophes Neugeborenes weist ein Geburtsgewicht zwischen der 10. und 90. Perzentile auf und ein hypertrophes Neugeborenes, auch als Large for Gestational Age (LGA) bezeichnet, kommt mit einem Geburtsgewicht > 90. Perzentile oder > 4000 g zur Welt. (1) Es wird zudem zwischen einem low-birth-weight-infant (LBW) mit einem Geburtsgewicht < 2500 g, einem very-low-birth-weight-infant (VLBW) mit < 1500 g und einem extremely-low-birth-weight-infant (ELBWI) mit < 1000 g unterschieden. (2)

Vom Beginn der 29. SSW bis zum 7. Lebenstag befindet sich das Kind in der Perinatalperiode. Dieser Zeitraum weist die höchste Morbidität und Mortalität im gesamten Leben auf. Die Ursachen sind vielfältig, beruhen jedoch vorrangig auf sozioökonomischen und medizinischen Gegebenheiten innerhalb einer Gesellschaft. Die perinatale Mortalität hat in den letzten 50 Jahren abgenommen, da in der Medizin viele Fortschritte erzielt wurden. Vor allem hypotrophe Früh- und Neugeborene müssen in dieser Periode besonders überwacht werden. Sie neigen unter der Geburt vermehrt zu einer fetalen Azidose. Da diese Kinder bereits intrauterin chronische Hypoxien erleiden, entwickeln sie im Vergleich zu eutrophen Neugeborenen häufiger eine Polyzythämie. (2) Diese ist definiert als ein venöser Hämatokrit von über 65% und kann zu respiratorischen Störungen, einer zerebralen Minderperfusion und Krampfanfällen führen. (2,3)

### 1.1.2. Postnatale Adaptation

Durch das Abklemmen der Nabelschnur nach der Geburt wird der niedrig-resistente plazentare Kreislauf unterbrochen. Dadurch steigt der systemische Gefäßwiderstand an und der arterielle Blutdruck nimmt zu. Gleichzeitig nimmt der venöse Rückstrom über die Vena cava inferior zum rechten Vorhof ab. Mit dem

Einsetzen der Atmung entfaltet sich die Lunge, wodurch der pulmonale Gefäßwiderstand sinkt und der pulmonale Blutfluss zunimmt. Der vermehrte Rückstrom über die Lungenvenen führt zu einem Druckanstieg im linken Vorhof, sodass sich das Foramen ovale funktionell verschließt. Durch die veränderten Druckverhältnisse mit steigendem systemischem und sinkendem pulmonalem Gefäßwiderstand kommt es zunächst zu einer Umkehr des Blutflusses über den Ductus arteriosus mit einem Links-Rechts-Shunt von der Aorta in die Arteria pulmonalis. Im weiteren Verlauf führt der steigende Sauerstoffpartialdruck sowie der Abfall der Prostaglandinspiegel zu einer funktionellen Kontraktion des Ductus arteriosus Botalli, sodass dieser sich in den ersten Stunden bis Tagen nach der Geburt verschließt. (1)

Die Herzfrequenz kann direkt nach der Geburt kurzfristig bis zu 200 Schläge pro Minute betragen und fällt in den ersten Stunden auf Werte von 120–140 Schlägen pro Minute ab.(2) Die Flüssigkeit, die sich physiologischerweise in der fetalen Lunge befindet, wird während der Geburt durch die Kompression des Thorax ausgepresst, und über das pulmonale Kapillar- und Lymphsystem resorbiert. Mit den ersten Atemzügen wird durch Zwerchfellkontraktion ein negativer intrathorakaler Druck aufgebaut, infolgedessen Luft in die zuvor flüssigkeitsgefüllten Alveolen einströmt und sich die Lunge entfalten kann. Der Beginn der Atmung des Neugeborenen wird primär durch zentrale chemische Reize wie Hyperkapnie, Hypoxie und Azidose sowie durch exogene Faktoren wie Temperaturabfall, taktile Reize und Licht stimuliert. Die normale Atemfrequenz des Neugeborenen beträgt 40-60 Atemzüge pro Minute. (2) Die Wärmeregulation ist postnatal noch nicht vollständig entwickelt. Bei Unterkühlung kommt es zur Aktivierung der Thermogenese im braunen Fettgewebe, wodurch der Sauerstoffverbrauch deutlich ansteigt und sich rasch eine metabolische Azidose entwickeln kann. (1)

### **1.1.3. Erstversorgung**

Die Nabelschnur sollte bei gesunden Neugeborenen verzögert abgeklemmt und durchtrennt werden, idealerweise sollte durch die ersten Atemzüge (oder durch Beatmung) die Lunge zu diesem Zeitpunkt bereits gut belüftet sein. (4) Es sollte nach der Geburt möglichst früh direkten Hautkontakt mit der Mutter bekommen, nachdem es abgetrocknet, stimuliert und mit warmen Tüchern bedeckt wurde. (5)

Um reife Neugeborene postnatal zu beurteilen, eignet sich der *Apgar-Score*. Das Neugeborene wird 1, 5 und 10 Minuten nach der Geburt beurteilt. Bei asphyktischen Neugeborenen soll unverzüglich mit Reanimationsmaßnahmen begonnen werden, die Erhebung des Scores darf hier zu keiner Verzögerung führen. (5)

| Kriterien           | 0                | 1                                    | 2                  |
|---------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------|
| <b>Aussehen</b>     | Blass/zyanotisch | Stamm rosig, Extremitäten zyanotisch | Rosig              |
| <b>Puls</b>         | Kein Puls        | <100/Minute                          | ≥100/Minute        |
| <b>Grimassieren</b> | Keine Reaktion   | Grimassieren                         | Husten/Schreien    |
| <b>Aktivität</b>    | Keine Bewegung   | Geringe Beugung der Extremitäten     | Aktive Bewegung    |
| <b>Respiration</b>  | Keine            | Unregelmäßig, langsam                | Kräftiges Schreien |

**Tabelle 1: Apgar-Score (1)**

Bei unklarem Gestationsalter kann der *Petrussa-Index* (Abb. 1) herangezogen werden. Anhand vereinfachter somatischer Reifezeichen kann das Gestationsalter bestimmt werden. Die Berechnung des Scores erfolgt durch Addition von 30 zu den zusätzlich anhand der Tabelle vergebenen Punkten; die resultierende Summe entspricht der Schwangerschaftsdauer in Wochen. Er ist bei allen Geburten über der 30. SSW anwendbar. (5)

|          | 0                                              | 1                                                    | 2                                                               |
|----------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Haut     | hellrot, verletzlich, durchscheinend, dünn     | rosig, zunehmende Fältelung, fester                  | fest, deutlich sichtbare Falten, Hautabschilferungen            |
| Mamillen | kaum Drüsengewebe                              | Drüsengewebe tastbar, Mamillenhof erkennbar          | Brustdrüsen über dem Hautniveau, Drüsenkörper und -hof palpabel |
| Ohr      | kaum Profil, weich, kaum Knorpelgewebe         | Knorpel in Tragus und Antitragus, zunehmendes Profil | ausgebildeter Helixknorpel, spontanes Rückstellphänomen         |
| Fußsohle | glatt, Fältelung nur vorderes Drittel          | Fältelung des vorderen und mittleren Drittels        | Fältelung über die gesamte Fußsohle                             |
| Genitale | Testes noch inguinal/<br>Labia majora < minora | Testes evtl. noch inguinal/<br>Labia majora = minora | Testes im Scrotum/<br>Labia majora > minora                     |

**Abbildung 1: Petrussa-Index (5)**



### **1.1.3. Reanimation**

#### **1.1.3.1 Beatmung und Kreislauf**

Zeigt das Neugeborene nach ausreichender Stimulation keinen adäquaten Tonus, keine suffiziente Spontanatmung, und/oder eine Herzfrequenz unter 100 Schlägen pro Minute, sollten zunächst die Atemwege freigemacht werden. Besteht danach noch immer keine Atmung oder lediglich Schnappatmung, sollen fünf initiale Beatmungen unter Raumluft, mit dem Kopf in Neutralposition, mit einem Spitzendruck von 30 cm H<sub>2</sub>O und einem PEEP von 6 cm H<sub>2</sub>O durchgeführt werden. Die Inspirationszeit sollte hier im Sinne prolongierter Beatmungen etwa 2–3 Sekunden betragen.

Parallel dazu sollte ein verzögertes Abnabeln nach frühestens 60 Sekunden erwogen werden, sofern dadurch die notwendigen Reanimationsmaßnahmen nicht verzögert werden. Idealerweise erfolgt die initiale Beatmung bei intakter Nabelschnur. Das Monitoring (SpO<sub>2</sub> und/oder EKG) sollte parallel angebracht und die Vitalparameter regelmäßig überprüft werden.

Im Anschluss an die Initialbeatmungen muss die Herzfrequenz sowie die Thoraxexkursionen erneut beurteilt werden. Wenn es zu keinem Anstieg der Herzfrequenz kommt, oder sich der Brustkorb unter Beatmung nicht hebt, muss eine Optimierung der Beatmung erfolgen. Hierzu sollte die Beatmungsmaske überprüft werden; ein 2-Hände-Esmarch-Handgriff wird empfohlen. Die Verwendung eines Guedel- oder Wendl-Tubus kann bei reifen Neugeborenen in Erwägung gezogen werden. Wirkliche mechanische Hindernisse sind selten. Man sollte das Neugeborene nur dann absaugen, wenn andere Ursachen einer insuffizienten Beatmung ausgeschlossen wurden, oder eine offensichtliche Verlegung der Atemwege erkennbar ist. In diesem Fall soll unter direkter Sicht mit einem großlumigen Katheter abgesaugt werden.

Wenn die Herzfrequenz des Neugeborenen ansteigt und der Brustkorb sich hebt, sollen die Beatmungen fortgeführt werden, bis eine suffiziente Spontanatmung einsetzt und die Herzfrequenz über 100/min liegt. Die Beatmungsfrequenz sollte 30 Beatmungen pro Minute betragen, wobei die Inspirationszeit unter einer

Sekunde liegen sollte. Der Spitzendruck kann im Verlauf reduziert werden, wenn sich der Brustkorb ausreichend hebt.

Wenn das Neugeborene trotz adäquater Beatmung keine suffiziente eigene Spontanatmung entwickelt und das Equipment auf seine Funktion überprüft wurde, sollte eine Atemwegssicherung durch eine Larynxmaske oder einen Endotrachealtubus erwogen werden.

Sollte die Herzfrequenz nach 30 Sekunden suffizienter Beatmung weiter unter 60/min betragen oder gänzlich fehlen, muss mit Thoraxkompressionen begonnen werden. Sobald dies der Fall ist, soll mit 100% Sauerstoffkonzentration beatmet werden. Spätestens jetzt sollte – wenn noch nicht erfolgt – die Nabelschnur geklemmt werden. Das Verhältnis von Thoraxkompressionen zu Beatmungen beträgt 3:1. Zusätzlich sollte zu diesem Zeitpunkt ein Gefäßzugang zur Medikamentenapplikation etabliert werden und potenziell reversible Ursachen für den Herz-Kreislauf-Stillstand wie zum Beispiel ein Pneumothorax, eine Hypovolämie oder eine kongenitale Anomalie evaluiert werden. (6)

Bei Frühgeborenen unter der 32+0 SSW gibt es einige Besonderheiten im Reanimationsalgorithmus. Diese Frühgeborenen sollen unter einer externen Wärmequelle ohne vorheriges Abtrocknen in eine Plastiktüte gelegt und zusätzlich mit einer Haube versorgt werden. Bei insuffizienter Atmung sollen eine CPAP-Therapie mit 6 cm H<sub>2</sub>O PEEP und eine Sauerstoffkonzentration von über 30 % bei der Beatmung appliziert werden. Die fünf Initialbeatmungen bei keiner vorhandenen Atmung sollen mit 25 cm H<sub>2</sub>O Spitzendruck durchgeführt werden. (6)

### **1.1.3.2 Gefäßzugänge und Medikamente**

In der ERC-Leitlinie zur Reanimation von Neugeborenen wird der Nabelvenenkatheter (NVK) als Zugang der ersten Wahl beschrieben. Als Alternative ist der intraossäre Zugang erwähnt. Alle empfohlenen Medikamente können sowohl intravenös als auch intraossär verabreicht werden.

Empfohlen wird die Gabe von Adrenalin in einer Dosierung von 10–30 µg/kg Körpergewicht via NVK oder intraossärem Zugang alle 4 Minuten, wenn die Herzfrequenz unter suffizienter Beatmung und nicht ansteigt. Wenn bei dem Neugeborenen noch kein Gefäßzugang etabliert werden konnte, jedoch bereits

erfolgreich endotracheal intubiert wurde, kann eine endotracheale Gabe von 100 mg/kg Körpergewicht Adrenalin erfolgen.

Zusätzlich kann bei einem zu niedrigen Blutglukosespiegel die Gabe von 200 mg/kg Körpergewicht Glukose (entspricht 2 ml/kg Körpergewicht einer 10%-igen Glukoselösung) erwogen werden. Bei einem Verdacht auf Volumenmangel, der nicht auf bereits beschriebene Maßnahmen anspricht, sollen 10 ml/kg Körpergewicht einer isotonen kristalloiden Lösung oder Blutprodukte verabreicht werden. (6)

#### **1.1.3.4 Wärmemanagement**

Ziel des thermischen Managements ist es, die Körpertemperatur von Neugeborenen im Normbereich zwischen 36,5 °C und 37,5 °C zu halten. Die Temperatur des Kindes sollte nach der Geburt regelmäßig oder kontinuierlich überwacht und dokumentiert werden. Hypotherme Neugeborene sollen aktiv wiedererwärmt werden, wobei eine Hyperthermie zu vermeiden ist. In definierten klinischen Situationen (hypoxisch-ischämische Enzephalopathie im Rahmen einer peripartalen Asphyxie) kann nach Stabilisierung bzw. Reanimation auch eine therapeutische Hypothermie in Betracht gezogen werden. (6)

Sofern keine medizinische Intervention erforderlich ist, sollte das Neugeborene unmittelbar nach der Geburt im Haut-zu-Haut-Kontakt („skin-to-skin“) auf die Mutter gelegt oder von ihr selbst gehalten werden. Bei Neugeborenen ab 32+0 Schwangerschaftswochen soll das Kind unmittelbar nach der Geburt abgetrocknet werden; feuchte Tücher sind zu entfernen. Der Kopf ist mit einer Mütze zu bedecken und der Körper mit trockenen, warmen Tüchern abzudecken. Eine kontinuierliche und sorgfältige Beobachtung von Mutter und Neugeborenem ist erforderlich, insbesondere bei Frühgeborenen und bei Kindern mit intrauteriner Wachstumsrestriktion, um sicherzustellen, dass beide normotherm bleiben. Ist dies nicht möglich, sollte der Einsatz einer Kunststoffolie oder -hülle (z. B. Polyethylen) zur Wärmeerhaltung erwogen werden. Benötigt das Neugeborene Unterstützung bei der postnatalen Adaptation oder eine Reanimation, sollte es auf einer vorgewärmten Unterlage unter einem vorgeheizten Wärmestrahler versorgt werden.

Unter dem besonderen Umstand einer präklinischen, ungeplanten Geburt sollten gefunden alternative Maßnahmen zur Wärmeerhaltung eingesetzt werden. (6) Hierfür eignen sich beispielsweise warme Handtücher, die etwa in einer Mikrowelle erwärmt wurden.

### **Umgebungstemperatur**

Das Neugeborene ist vor Zugluft zu schützen. Fenster sollten geschlossen und Klimaanlage entsprechend eingestellt sein. Bei Neugeborenen mit einem Gestationsalter von über 28+0 Schwangerschaftswochen sollte die Temperatur im Geburtsraum zwischen 23 °C und 25 °C liegen. Bei Neugeborenen  $\leq 28+0$  Schwangerschaftswochen wird eine Raumtemperatur von über 25 °C empfohlen. (6)

### **Spezielle Maßnahmen bei Neugeborenen < 32+0 SSW**

Bei Neugeborenen mit einem Gestationsalter unter 32+0 SSW soll der Kopf unmittelbar nach der Geburt abgetrocknet und mit einer Mütze bedeckt werden. Der Körper wird ohne vorheriges Abtrocknen in einen Kunststoffbeutel oder eine Kunststoffolie gelegt. Zusätzlich ist ein vorgewärmter Wärmestrahler zu verwenden. Während eines verzögerten Abnabelns sollten zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung der thermischen Stabilität erwogen werden, beispielsweise eine Erhöhung der Raumtemperatur, die Verwendung vorgewärmter Decken oder einer Thermomaträtze. (6) Im präklinischen Setting soll in Abwesenheit eines Wärmestrahlers hingegen auch der Körper vor Applikation eines Kunststoffbeutels oder einer -folie abgetrocknet werden. In Graz sind auf den Notarzteinsatzfahrzeugen und den Notfallwägen („Jumbos“) zusätzlich auch selbst-erwärmende Ready-Heat-Decken für Neugeborene vorhanden.

#### **1.1.3.5 Management der Nabelschnur**

Das Management der Nabelschnur stellt einen wesentlichen Bestandteil der postnatalen Adaptation dar. Nach Möglichkeit sollte bei allen Geburten ein verzögertes Abnabeln durchgeführt werden, idealerweise nach Einsetzen der Spontanatmung bzw. der initialen Lungenentfaltung des Neugeborenen. Während des verzögerten Abnabelns können Maßnahmen des thermischen Managements,

eine taktile Stimulation sowie die initiale klinische Beurteilung des Neugeborenen erfolgen. Bei Neugeborenen, die keine Unterstützung benötigen, sollte ein verzögertes Abnabeln von mindestens 60 Sekunden angestrebt werden. Sofern eine Stabilisierung des Neugeborenen bei intakter Nabelschnur sicher möglich ist, wird ein längeres verzögertes Abnabeln bevorzugt, insbesondere bei Frühgeborenen unter 34 Schwangerschaftswochen.

Bei Neugeborenen, die eine Reanimation benötigen, sollte die Nabelschnur frühzeitig, in der Regel innerhalb von weniger als 30 Sekunden, abgeklemmt werden, um notwendige lebensrettende Maßnahmen nicht zu verzögern. Alternativ können medizinische Maßnahmen, wie beispielsweise die initiale Beatmung, auch bei intakter Nabelschnur durchgeführt werden, sofern dies organisatorisch und infrastrukturell umsetzbar ist.

Das sogenannte „Cord Milking“ ist bei Frühgeborenen unter 28+0 Schwangerschaftswochen nicht empfohlen. Bei Neugeborenen ab 28+0 Schwangerschaftswochen kann es als alternative Maßnahme immer dann in Betracht gezogen werden, wenn ein verzögertes Abnabeln nicht durchgeführt werden kann. (6)

#### **1.1.3.6 Postreanimationsversorgung**

Nach Etablierung einer effektiven Ventilation und eines suffizienten Kreislaufs sollte das Neugeborene in einer Umgebung versorgt oder dorthin verlegt werden, die eine engmaschige Überwachung sowie eine vorausschauende weiterführende Behandlung ermöglicht.

Ein zentraler Bestandteil der Postreanimationsversorgung ist das Management des Glukosestoffwechsels. Die Blutglukosewerte sollten frühzeitig sowie in regelmäßigen Abständen gemessen werden, bis stabile Normwerte erreicht sind. Dies gilt insbesondere für Neugeborene, die bei der Geburt reanimiert wurden. Hypoglykämien, Hyperglykämien sowie ausgeprägte Schwankungen der Blutglukosekonzentration sind zu vermeiden.

Die Körpertemperatur ist engmaschig oder kontinuierlich zu überwachen und im Bereich von 36,5 °C bis 37,5 °C zu halten.

Nach Abschluss der Reanimationsmaßnahmen und einer sorgfältigen klinischen, biochemischen sowie – sofern verfügbar – neurophysiologischen Beurteilung

sollte bei potenziell geeigneten Neugeborenen die Einleitung einer therapeutischen Hypothermie mit einer Zieltemperatur von 33–34 °C erwogen werden. Die Durchführung der Kühltherapie hat anhand klar definierter Einschlusskriterien und standardisierter Protokolle zu erfolgen, da eine unkritische oder nicht indizierte Anwendung mit potenziellen Risiken verbunden ist. Falls erforderlich, ist ein sicherer Transport des Neugeborenen in ein entsprechend ausgestattetes Zentrum zu organisieren, in dem die kontinuierliche Überwachung und Behandlung fortgeführt werden kann.

Im Rahmen der respiratorischen und kardiopulmonalen Stabilisierung sind Hypoxie und Hyperoxie konsequent zu vermeiden. Zusätzlich kann die postduktale Sauerstoffsättigung überwacht werden, um Hinweise auf eine pulmonale Hypertonie zu erkennen. Bei mechanischer Beatmung ist insbesondere auf die Vermeidung einer unbeabsichtigten Hypokapnie zu achten. (6)

## **2 Vaskuläre Zugänge**

### **2.1 Peripherer Venenkatheter**

Ein intravenöser Zugang kann bereits innerhalb weniger Minuten nach der Geburt notwendig werden, um zur postnatalen Stabilisierung Medikamente, Flüssigkeit, Blutprodukte oder Nährstoffe zu verabreichen. (7) Eine Möglichkeit hierfür ist der periphere Venenkatheter (pvK). (8) Die empfohlenen Punktionsorte bei Neugeborenen und Säuglingen stellen die Stirnvene (V. temporalis superficialis / V. frontalis), der Handrücken (Rete venosum dorsale manus), der Fußrücken (Rete venosum dorsale pedis) oder der Knöchel (V. saphena magna und parva) dar. In der Notfallsituation oder bei frustraner Punktion der eben genannten Venen, kann auch die Ellenbeuge punktiert werden. (2) In der Neonatologie wird die Punktion der Ellenbeuge zur Anlage peripherer Venenkatheter in der Regel vermieden, um diese Punktionsstelle für die Anlage peripher-inserterter zentraler Katheter (PICC) zu erhalten.

#### **2.1.1 Material**

Zur Anlage eines pvK benötigt man:

- Venenverweilkanüle
- Sterile Tupfer
- 2-ml-Spritzen
- Hautdesinfektionslösung
- Pflasterstreifen zur Fixierung (9)

#### **2.1.2 Durchführung**

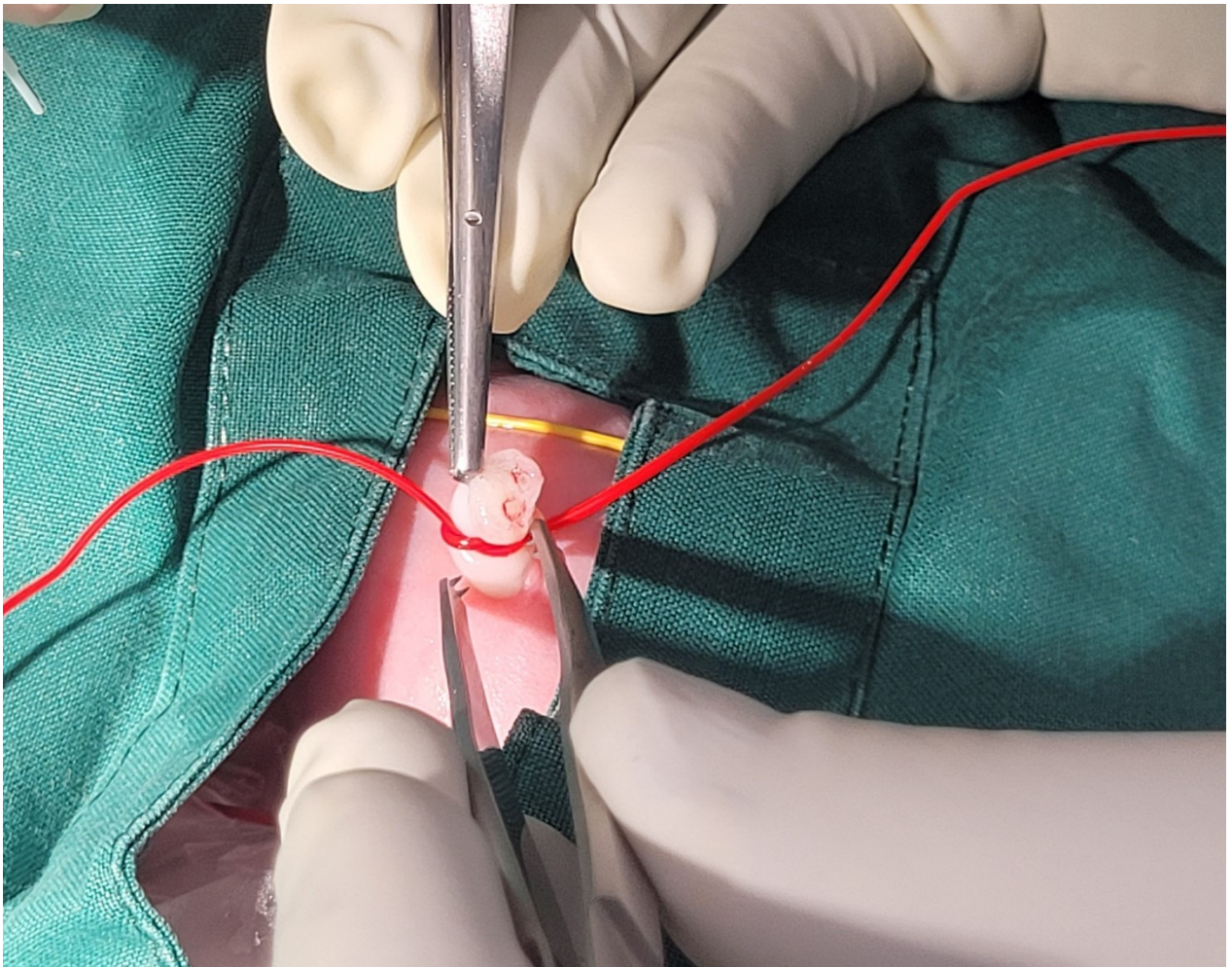
Die gewählte Punktionsstelle wird mit einem Tupfer, auf den die Desinfektionslösung aufgetragen wurde, desinfiziert. Die Haut an der gewählten Punktionsstelle kann leicht gespannt werden. Wird der Hand- oder Fußrücken gewählt, kann das entsprechende Gelenk etwas gebeugt werden. Die Kanüle wird mit einem Winkel von ca. 10 Grad über der Vene angelegt und danach durch die Haut in die Vene geschoben. Anschließend sollte sie mit einer 0,9 %-NaCl-Spülung durchgespült und danach fixiert werden. (9)

### **2.2 Nabelvenenkatheter**

Der Nabelvenenkatheter (NVK) stellt den Goldstandard zur Medikamentenverabreichung in der Reanimation von Neugeborenen dar. (10) Bei

angestrebter zentraler Lage sollte die Positionierung der Katheterspitze mittels sonographischer oder röntgenologischer Bildgebung kontrolliert werden. In Notfallsituationen stellt die Anlage eines prähepatischen NVK für die rasche Applikation von Medikamenten eine praktikable Alternative dar, bei der auf eine Bildgebung verzichtet werden kann.

### 2.2.1 Anatomie



**Abbildung 2: Humane Nabelschnur**

Die von Amnion überzogene Nabelschnur enthält zwei Arterien (Arteriae umbilicales) und eine Vene (Vena umbilicales). Die Arterien transportieren kohlenstoffdioxidreiches Blut und Stoffwechselprodukte zur Plazenta. Die Vene transportiert sauerstoffreiches Blut von der Plazenta zum Fetus. Die drei Gefäße sind in ein Bindegewebe mit Wharton Sulze als gallertartige Grundsubstanz eingebettet. Physiologisch werden diese Gefäße nach der Geburt nicht mehr zur



Versorgung benötigt. (11) Die Nabelvene tritt in das Pfortadersystem ein und weist Abzweigungen zur linken und rechten Vena portae hepatis sowie zum Ductus venosus auf, der seinerseits in die Vena cava inferior mündet. (12) Ein NVK in zentraler Lage hat den Vorteil einer Bioverfügbarkeit von 100 % durch Umgehung des First-pass-Effekts. Bei intrahepatischer Fehllage aufgrund der beschriebenen Abzweigungen in die Leber Abzweigungen in die Leber oder bei prähepatischer Positionierung im Notfallsetting stellt sich dies jedoch anders dar. (13) Aufgrund der komplexen Anatomie ist die Anlage somit komplikationsbehaftet, weshalb die korrekte Positionierung des NVK von besonderer Bedeutung ist.

### **2.2.2 Indikation**

Die Indikation zur Anlage eines zentralen NVK auf der neonatologischen Intensivstation umfasst insbesondere die längerfristige intravenöse Therapie mit Medikamenten, Infusionen oder parenteraler Ernährung sowie die Durchführung von Blutabnahmen. In Notfallsituationen kann unabhängig davon ein prähepatischer NVK als rascher Gefäßzugang zur Medikamenten- oder Volumenapplikation angelegt werden. Nabelfehlbildungen, Infektionen wie Omphalitis, Peritonitis oder nekrotisierende Enterokolitis, Bauchwanddefekte wie Omphalozele oder Gastroschisis sowie Zwerchfellhernien mit intrathorakaler Leberlage („liver-up“). (14)

### **2.2.3 Material**

Benötigtes Material für die sterile, zentrale Anlage (präklinisch nicht realisierbar):

- Hautdesinfektionsmittel, sterile Tupfer und Kompressen, Abdecktücher
- Spritzen verschiedener Größen, Skalpell, Schere, Nadelhalter, Nadelbändchen, Nahtmaterial
- Steriler Mantel, sterile Handschuhe, Mundschutz, Haube
- Sterile Kanüle, isotone Flüssigkeit
- 2 Anatomische und 2 chirurgische Pinzetten, Knopfsonde, Klemme
- Katheter in gewünschter Größe mit gewünschter Anzahl an Lumen (2,6–5 French, ein- bis dreilumig)
- Sonografiegerät mit sterilem Überzug und Ultraschallgel (14)

#### **2.2.4 Durchführung:**

Die Bauchhaut sowie der Nabelstumpf müssen desinfiziert und das Neugeborene mit einem sterilen Tuch abgedeckt werden. Etwa 5 mm oberhalb des Hautniveaus wird der Nabelstumpf mit einem Nabelbändchen umschlungen. Das Bändchen kann geknotet oder mit einer Klemme fixiert werden, um eine Blutung aus den Nabelgefäßen zu vermeiden. Die Nabelschnur wird mit einem Skalpell auf eine Stumpflänge von 1-2 cm gekürzt. Für eine gerade Schnittführung wird die Unterseite einer Metallklemme als Führung verwendet. Eine zweite Person hält die Nabelschnur mit zwei chirurgischen Pinzetten so, dass die Öffnung der Nabelvene gut einsehbar ist. Anschließend wird der NVK mit einer anatomischen Pinzette vorgeschoben. Währenddessen wird das Nabelbändchen etwas gelockert, um eine Obstruktion des Gefäßes zu vermeiden, bis der Katheter positioniert ist. Wie weit er vorgeschoben werden soll, kann man an einem Nomogramm ablesen. Anschließend soll eine Lagekontrolle mittels Sonografie und/oder Röntgen durchgeführt werden; bei inkorrekt Lage erfolgt eine Repositionierung. Idealerweise liegt die Katheterspitze am Übergang der Vena cava inferior zum rechten Vorhof. Bei korrekter Lage wird der NVK meist durch Annähen fixiert. (15)

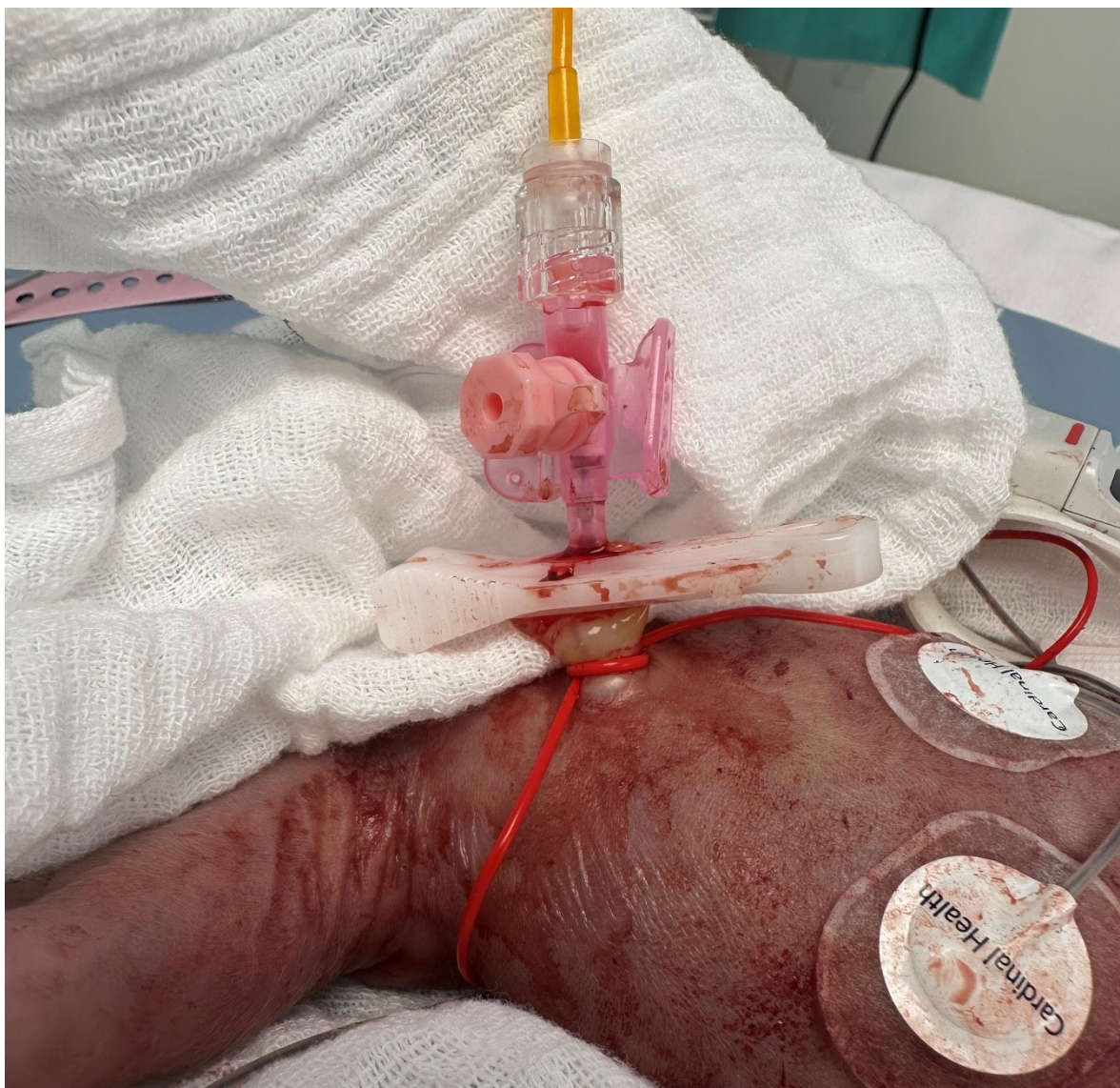
#### **2.2.5 Prähepatischer Nabelvenenkatheter als Notfallzugang**

In Reanimationsszenarien und, außerhalb des Settings einer neonatologischen Intensivstation, auch bei allen weiteren neonatalen Notfällen mit Notwendigkeit einer intravenösen Medikamentenapplikation ist die Anlage eines peripher positionierten, prähepatischen NVK gerechtfertigt. Da es in solchen Notfallsituationen nicht, oder selten möglich ist, steril zu arbeiten und zusätzlich – insbesondere in der prähospitalen Notfallmedizin – oben angeführtes Material zu einem Teil nicht vorhanden ist, wird für die Anlage eines Notfall-NVK in der Regel weniger Material benötigt:

- Einweg-Nabelklemme
- Venenverweilkanüle 20 oder 18 Gauge
- Skalpell
- Metallklemme oder Magill-Zange
- Nabelbändchen

Wie oben beschrieben erfolgt zunächst die Anlage eines Nabelbändchens sowie das Kürzen des Nabelstumpfes mit Skalpell entlang einer Metallklemme oder

Magill-Zange. Der zuvor mit NaCl 0,9% vorgespülte Katheter wird in die Nabelvene vorgeschoben. Der Katheter wird prähepatisch bis knapp unterhalb der Bauchdecke vorgeschoben, da eine radiologische Lagekontrolle in diesem Setting nicht möglich ist. (16,17) Hierfür können Venenverweilkanülen für Erwachsene verwendet werden; der Stahlmandrin muss jedoch vor Anlage entfernt werden. (18) Fixiert werden kann der NVK mithilfe einer Einweg-Nabelklemme am Übergang zwischen Plastikflügel und transparentem Schlauch der Venenverweilkanüle. (19)



**Abbildung 3: Fixierung des NVK**

## **2.3 Intraossärer Zugang**

Der intraossäre Zugang wird insbesondere in Situationen erforderlich, in denen eine rasche Medikamenten- und Volumengabe oder die Gabe von Blutprodukten notwendig ist, ein peripher-venöser oder umbilikal-venöser Zugang jedoch nicht realisierbar ist oder entsprechende Punktionsversuche frustriert geblieben sind. Die Medikamentenaufnahme erfolgt über den intramedullären Blutgefäßraum des roten Knochenmarks. Über die Zentralvenen des Knochenmarks sowie die ableitenden Venen des Knochens, gelangen die applizierten Flüssigkeiten schnell in die Systemzirkulation. Die Dosierungen entsprechen denen der intravenösen Applikation. (20) Der empfohlene Punktionsort bei Neugeborenen liegt etwa 1–2 cm unterhalb der Tuberositas tibiae auf der anteriomedialen Tibiafläche. Die Liegedauer des intraossären Zugangs sollte aufgrund der möglichen Risiken und Komplikationen möglich kurzgehalten werden. (15)

### **2.3.1 Indikation**

Laut den aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) stellt der intraossäre Zugang „einen alternativen Notfallzugang zur Gabe von Medikamenten und Flüssigkeit“ in der Neugeborenenreanimation dar, wenn ein NVK nicht etabliert werden kann. (10) Zusätzlich kann bei aussichtslos schwierigem Venenstatus, beispielsweise im Rahmen einer schweren Hypovolämie, bei großflächigen Verbrennungen oder bei ausgeprägter Hypothermie primär eine intraossäre Punktion erfolgen. (20)

### **2.3.2 Material**

- Hautdesinfektionsmittel
- Intraossäre Punktionskanüle in geeigneter Größe mit manuellem oder bohrgestütztem Insertionssystem
- Infusionsleitung, 3-Wege-Hahn oder Verbindungssystem zur Medikamenten- und Flüssigkeitsapplikation, Spritzen mit NaCl 0,9 %
- Fixationsmaterial (z. B. sterile Fixationspflaster)





**Abbildung 4: Intraossärer Zugang**

### **2.3.3 Durchführung**

Die Lagerung zur Anlage eines intraossären Katheters erfolgt in Außenrotation des Beines mit leichter Beugstellung des Kniegelenkes auf weichem Untergrund, beispielsweise einer Stoffwindel. Nach Hautdesinfektion wird die Punktionskanüle am oben beschriebenen Punktionsort aufgesetzt und durch die Haut bis zum Knochen vorgeschoben. Bei manuellen Systemen erfolgen anschließend Drehbewegungen unter gleichzeitigem festem Druck, um das Periost zu durchdringen und den Markraum zu erreichen. Bei Verwendung eines batteriebetriebenen Knochenbohrsystems erfolgt das Einführen durch kurzes Bohren durch die Kortikalis in den Markraum. Sobald der Markraum erreicht ist, spürt man einen deutlichen Widerstandsverlust. (15) An vielen neonatologischen Abteilungen sowie präklinisch auf Notarzteinsatzfahrzeugen werden intraossäre Punktionssysteme mit bohrgestützter Insertionshilfe vorgehalten (z.B. EZ-IO®-Intraossärsystem). Es wird empfohlen, regelmäßige Trainings durchzuführen, um die Handhabung zu optimieren und Komplikationen zu minimieren.



**Abbildung 5: Komplikation nach intraossärem Zugang (21)**

### **2.3.4 Komplikationen**

Zu den möglichen Komplikationen zählen Fehllage, Paravasat, Fraktur des punktierten Knochens, Verletzung der Epiphysenfuge, Kompartmentsyndrom, Unterschenkelamputation und Osteomyelitis.(22)

## **2.4 Zentralvenöser Katheter**

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zentralen (CICC) und peripher eingeführten zentralvenösen Kathetern (PICC).

### **2.4.1 Allgemeine Komplikationen von zentralvenösen Kathetern**

Zu den potenziellen Komplikationen zählen neben Fehlpositionierung und Katheter-assoziierten Infektionen auch die Perforation der Herzwand mit nachfolgender Perikardtamponade, die Entstehung von Thrombosen und konsekutiven Embolien, sowie der Katheterabriss.(23)

### **2.4.2 Peripher eingeführter zentralvenöser Katheter**

Peripher eingeführte zentralvenöse Katheter (PICC) sind insbesondere bei längerfristiger intravenöser Therapie oder parenteraler Ernährung indiziert. Auch hochosmolare und venenreizende Substanzen können über PICC über einen längeren Zeitraum appliziert werden. (15) Nachteile sind das mögliche Auftreten einer venösen Insuffizienz und der vergleichsweise geringe Katheterdurchmesser,

der die schnelle Infusion größerer Volumenmengen, Blutabnahmen oder Transfusionen erschweren kann. (24)

PICC sind in verschiedenen Größen (28-23 Gauge) und Längen (15-50 cm) verfügbar. Es gibt ein- oder zweilumige Katheter, die aus Silikon oder Polyurethan bestehen. (24)

#### **2.4.2.1 Material**

- PICC-Katheterset
- Anatomische Pinzette
- Drei-Wege-Hahn
- 3 x 2 ml-Spritze (zwei davon mit NaCl 0,9% gefüllt)
- Hautdesinfektionsmittel, sterile Tupfer, Pflaster
- Steriles Schlitztuch (15)

#### **2.4.2.2 Durchführung**

Bevorzugte Stellen für die Punktion sind die Vena cephalica und Vena basilica im Bereich der Ellenbeuge, sowie die Venen des Handrückens. An der unteren Extremität bieten die Vena saphena magna und parva eine Alternative zur oberen Extremität. Hier können Diaphanoskopie oder Ultraschall hilfreiche Methoden sein, um ein passendes Gefäß zu finden und dessen Verlauf zu evaluieren. Die erforderliche Katheterlänge wird bei Punktion an der oberen Extremität von der Punktionsstelle bis zur Mitte des Sternums abgeschätzt. Bei Punktion an der unteren Extremität erfolgt die Abschätzung von der Punktionsstelle bis etwa 2 cm oberhalb des Nabels.

Wenn eine geeignete Vene gewählt wurde, wird die umliegende Haut gründlich gereinigt und desinfiziert. Anschließend wird das Gefäß mit einer Punktionskanüle punktiert. Sobald Blut zurückfließt, wird der Hohnadel entfernt, und der einzuführende Katheter mit der Pinzette bis zur zuvor bestimmten Länge vorgeschoben. Die korrekte Lage des PICC sollte mittels Bildgebung (Röntgen oder Ultraschalldiagnostik) verifiziert werden. (24) Die optimale Lage ist erreicht, wenn die Katheterspitze in Projektion auf den Übergang der Vena cava superior (bei Anlage an den oberen Extremitäten) bzw. Vena cava inferior (bei Anlage an den unteren Extremitäten) in den rechten Vorhof dargestellt wird. (15)

### **2.4.3 Zentral eingeführter zentralvenöser Katheter**

Die Indikationen für zentral eingeführte zentralvenöse Katheter (CICC) entsprechen jenen von PICC, wobei die Komplikationsrate meist höher angegeben wird. (23) Mittels ultraschallgeführter Punktion kann die Komplikationsrate aber deutlich reduziert werden. Für CICC werden meist mehrlumige Katheter gewählt, was einen Vorteil dieser Methode darstellt. Zusätzlich können über den CICC diagnostische Blutabnahmen gemacht werden. Die bevorzugten Punktionsorte bei Anlage mittels Seldinger-Technik sind die Vena brachiocephalica, die Vena jugularis interna und die Vena femoralis. Die erforderliche Katheterlänge bzw. Einführtiefe sollte vor der Anlage anhand der Strecke von der Punktionsstelle bis zum rechten Vorhof abgeschätzt werden.

#### **2.4.3.1 Material**

- Seldinger-Katheterset
- 3 x 2 ml-Spritze (zwei davon mit NaCl 0,9% gefüllt)
- Steriles Schlitztuch
- 2 x Drei-Wege-Hahn
- Infusionsleitungen mit NaCl 0,9%
- Ggf. Nahtmaterial
- Anatomische Pinzette
- Sterile Tupfer
- Schere, Nadelhalter
- Hautdesinfektionsmittel
- Ultraschallgerät, steriles Ultraschallgel, sterile Ultraschallsondenabdeckung

#### **2.4.3.2 Durchführung**

Nach gründlicher Desinfektion des Punktionsareals und sterilem Abdecken wird die Punktionskanüle mit einer mit 0,9 % NaCl gefüllten Spritze verbunden. Das venöse Gefäß wird unter Ultraschallstützung punktiert. Fließt Blut unter Aspiration zurück, wird die Kanüle mit einer Hand fixiert, die Spritze entfernt und der Seldinger-Draht über die Kanüle vorgeschoben. Danach wird die Punktionskanüle entfernt und der Dilator über den liegenden Draht unter vorsichtigen Drehbewegungen eingeführt. Nun wird der Dilator wieder entfernt und der vorgefüllte Katheter über den Draht vorgeschoben.



Der Katheter wird bis zur zuvor bestimmten Länge eingeführt. Nach Entfernung des Führungsdrahtes sollte über alle Lumina Blut aspirierbar sein. Die korrekte Lage wird mittels Röntgen überprüft. (15)

#### **2.4.3.3 Komplikationen**

Mögliche Komplikationen sind ein Pneumothorax, Hämatothorax, Perikardtamponade (z. B. bei Infusionsperikard) oder Hämatombildung und Nachblutung. (15)

## **3 Methodik**

### **3.1 Design**

Gemäß den Kriterien des PRISMA-Statement wurde im Zeitraum von März 2025 bis Oktober 2025 eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Diese erfolgte in den medizinischen Datenbanken PubMed, CINAHL und Embase. Anhand von Medical Subject Headings (MeSH-Terms), Cinahl Subject Headings und Emtree (Embase Subject Headings) wurde die Suche eingegrenzt. Zusätzlich wurden die Referenzlisten der eingeschlossenen Artikel manuell durchsucht.

### **3.2 Fragestellung und Zielsetzung**

Ziel der systematischen Literaturrecherche war es, randomisierte Studien und Best-Practice-Beispiele zur Simulation vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen zu identifizieren. Auf Basis der Ergebnisse sollte ein Konzept für ein Simulationstraining für die Klinische Abteilung für Neonatologie an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde entwickelt werden.

### **3.3 Suchstrategie**

Für die Suche wurden die Begriffe „neonate“, „newborn“, „simulation training“, „vascular access“, „intravenous catheterization“, „umbilical catheter“ und „intraosseus“ verwendet. Diese wurden mithilfe der booleschen Operatoren „OR“ und „AND“ verknüpft. Die Suchstrategie wurde für die einzelnen Datenbanken angepasst und erweitert. Zusätzlich wurden Filter für den Publikationszeitraum (1990–2025) sowie für die Sprache (Deutsch und Englisch) angewendet. Des Weiteren erfolgte eine manuelle Referenzlisten-Suche der Trefferliste der Datenbanken, sowie eine iterative Literatursuche im Sinne der „Berry-Picking“-Methode.

### **3.4 Auswahlkriterien**

Nach Entfernung von Duplikaten wurden die Abstracts der identifizierten Artikel überprüft. Deren Volltexte wurden danach anhand der vordefinierten Ein- und Ausschlusskriterien auf Eignung geprüft. Zu den Einschlusskriterien zählten:

- Verwendung biologischer Materialien
- Beschreibung des Aufbaus der Simulationsmodelle

- Eignung der Modelle zum Training vaskulärer Zugänge

Ausgeschlossen wurden Artikel, in denen ausschließlich nicht-biologische Materialien verwendet wurden. Aufgrund der begrenzten Datenlage wurden teilweise auch Studien eingeschlossen, die nicht ausschließlich neonatale Modelle untersuchten, sondern den anatomischen Verhältnisse von Erwachsenen basierten.

### **3.5 Studienauswahl und Datenextraktion**

Die initiale elektronische Literaturrecherche wurde ab 15. März 2025 durchgeführt und zuletzt am 21. Oktober 2025 aktualisiert. Nach Entfernung von Duplikaten erfolgte die unabhängige Sichtung der Abstracts der identifizierten Treffer sowie der Referenzlisten relevanter Publikationen durch zwei Reviewer (Hannah Wlattnig und Bernhard Schwabegger). Bei abweichenden Bewertungen wurde durch Diskussion ein Konsens erzielt. Anschließend wurden die Volltexte der potenziell relevanten Arbeiten anhand der vorab definierten Ein- und Ausschlusskriterien geprüft; die finale Auswahl der einzuschließenden Studien erfolgte im gemeinsamen Austausch der Autoren.

Die eingeschlossenen Studien wurden hinsichtlich der verwendeten Materialien sowie des Aufbaus der Simulationsmodelle. Aufgrund wurde auf die Erstellung einer quantitativen Vergleichsübersicht verzichtet.

Die eingeschlossenen Artikel wurden hinsichtlich der verwendeten Materialien und sowie des Aufbaus der Simulationsmodelle vergleichend analysiert.

### **3.6 Qualitätsbewertung**

Für die Bewertung des Verzerrungsrisikos wurde das „Cochrane Risk of Bias Tool for Randomized Controlled Trials“ verwendet.

### **3.7 Datensynthese**

Aufgrund der geringen Anzahl eingeschlossener Studien sowie deren methodischer und inhaltlicher Heterogenität wurde auf die Durchführung einer quantitativen Datensynthese (z. B. Metaanalyse) verzichtet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Flowchart Systematische Literaturrecherche

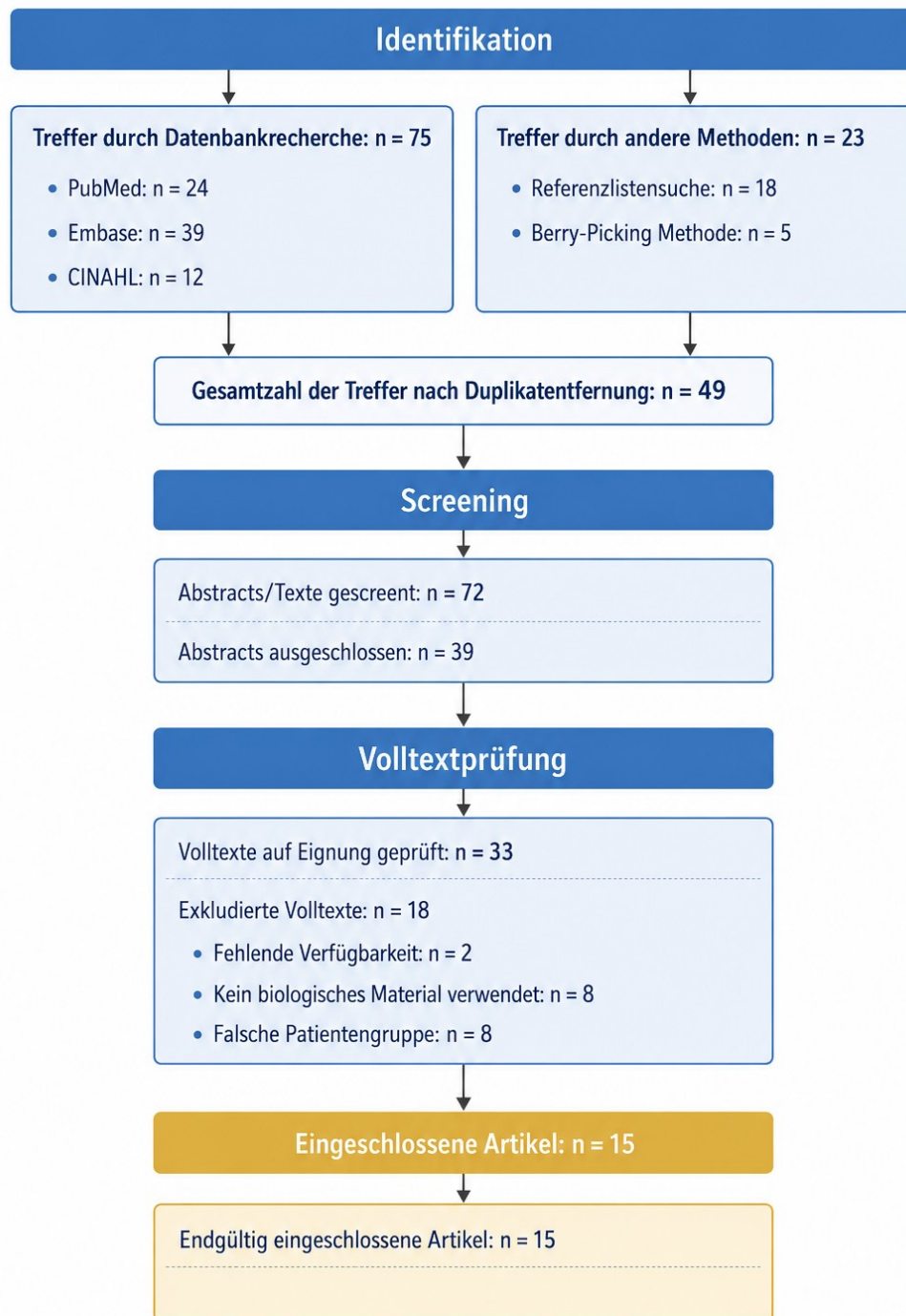


Abbildung 6: Flowchart Systematische Literaturrecherche (25)

## 4.2 Simulation Nabelvenenkatheter

Es wurden insgesamt 4 Artikel identifiziert, die sich speziell mit der Simulation der Anlage eines NVK befassten. Zwei der identifizierten Artikel beschrieben die Verwendung von ausschließlich biologischem Material (humane Nabelschnurreste) und deren Integration in eine Simulationspuppe. Des Weiteren verglich eine randomisierte Cross-Over-Studie die Verwendung echter Nabelschnüre mit simulierten Nabelschnur-Modellen für das Training von Notfallszenarien.

Der Gebrauch von biologischem Material in Form konservierter humaner Nabelschnurreste zur Simulation der Anlage eines NVK wird sowohl von Miledner et al. als auch von Sawyer et al. beschrieben. Für die Verwendung von Nabelschnurresten ist in der Regel keine gesonderte Einwilligung erforderlich, da es sich um medizinisches Abfallmaterial handelt. Dennoch ist bei der Verwendung biologischer Materialien ein besonderes Augenmerk auf die Sicherheit der Trainierenden zu legen. Entsprechend sollte bei allen Übungen geeignete Schutzkleidung, bestehend aus Brille, Maske, einem Schutzanzug und Handschuhen, getragen werden. (26)

In Graz wurde 2017 ein realistisches Trainingsmodell entwickelt, da zuvor kein zufriedenstellendes Modell verfügbar war. Das hierfür benötigte Material umfasst folgendes:

- Einmal-Trinkflasche für Babys, gefüllt mit Kochsalzlösung, mit Trinksauger
- Humane Nabelschnurreste
- Baby-Puppe (27)

Die Öffnung an der Spitze des Trinksaugers wurde durch Einschneiden erweitert. Der humane Nabelschnurrest wurde danach durch die erweiterte Öffnung im Sauger geschoben und in die mit Kochsalz befüllte Flasche gegeben. Anschließend wurde kreisrunde Löcher in der Größe des Flaschenquerschnitts in die Bauchwand und in den Rücken der Puppe geschnitten, durch welches die Flasche positioniert werden konnte. Somit konnte der Nabelschnurrest durch das Loch an der abdominalen Seite der Puppe nach außen geführt werden.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Modells besteht darin, dass bei jedem neuerlichen Gebrauch nur der Nabelschnurrest ausgetauscht werden muss. Das Modell wird regelmäßig bei Trainings an der Klinischen Abteilung für Neonatologie in Graz für NVK-Trainings eingesetzt. Die Teilnehmenden schätzen vor allem, dass sie die Möglichkeit haben, realistische anatomische Verhältnisse vorzufinden und die Differenzierung von Arterien und Venen trainieren zu können. Zusätzlich können an dem Modell alle in realitas benötigten Schritte für die Anlage eines NVK geübt werden, was von den Teilnehmenden dieser Trainings als sehr positiv beschrieben wird. (27)

Der zweite Artikel aus dem Jahr 2018 beschreibt ebenfalls die Verwendung humaner Nabelschnurreste zur Simulation der NVK-Anlage. Der technische Aufbau unterscheidet sich nicht wesentlich von dem soeben beschriebenen Modell von Milder et al. Der einzige Unterschied ist, dass Sawyer et al. hier keine vollständige Trinkflasche, sondern lediglich den Trinksauger mit Deckel verwenden, worüber ein Gummihandschuh gestülpt wird, der anschließend in eine Puppe integriert wird. (26)

Eine randomisierte Cross-over Studie verglich den Gebrauch von echten und simulierten Nabelschnurresten in der notfallmäßigen Anlage eines NVK unter Assistenzärzt\*innen. Dabei wurden humane Nabelschnurreste als realistischer empfunden und in der Anwendung präferiert. Die Teilnehmenden benötigten bei den echten Nabelschnüren mehr Zeit zur Katheteranlage als bei den simulierten Modellen ( $153 \pm 71$  Sekunden vs.  $88 \pm 35$  Sekunden;  $p < 0,001$ ).

Als mögliche Erklärung führten die Autoren an, dass insbesondere die Differenzierung zwischen Arterien und Vene bei realem Gewebe zeitaufwendiger ist.. In der Gruppe, die zuvor bereits an der simulierten Nabelschnur trainiert hatte, wurde jedoch kein zeitlicher Unterschied festgestellt. Daraus leiten die Autoren ab, dass ein Training an simulierten Nabelschnüren sinnvoll sein kann, um die grundlegenden Abläufe zu erlernen. Zusammengefasst argumentieren Sawyer et al. anhand ihrer Studie, dass beide Trainingsformen – reale und simulierte Nabelschnurreste – komplementär eingesetzt werden können. (28)

## 4.2 Simulation Intraossärer Zugang

Vier verschiedene Artikel bzw. Erwähnungen wurden in der Recherche identifiziert.

In einer Studie aus dem Jahr 2021 wurden drei verschiedene Systeme zur intraossären Punktion in der Reanimation von Neugeborenen getestet. Hierfür wurde ein Tiermodell genutzt. Keller et al. nutzten ungekochte Hühnerknochen, da diese hinsichtlich Länge und Durchmesser mit neonatalen Knochen vergleichbar sind. Anhand von Ultraschall-Messungen wurde gezeigt, dass die fetale Tibia in der 40. SSW eine Länge von etwa 6–7 cm aufweist. Der mittlere diaphysale Durchmesser einer neonatalen Tibia beträgt ca. 6 mm, mit einem mittleren medullären Durchmesser von 4 mm an der proximalen Tibia und einer mittleren kortikalen Dicke von 1,2 mm. Zur Validierung wurden die verwendeten Hühnerknochen vor Studienbeginn vermessen. Um die Infusion von Flüssigkeiten bestmöglich zu visualisieren, wurden die Knochen vor der intraossären Insertion am distalen Ende abgeschnitten. Zusätzlich wurden Weichteile und die nicht-ossären Strukturen in der Vorbereitung entfernt, da der Fokus dieser Studie nicht im Training des korrekten Legens des Zugangs, sondern im Vergleich der unterschiedlichen Systeme zur intraossären Kanülierung lag. (29)

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2009 untersuchten Shavit et al. zwei verschiedene intraossäre Punktionssysteme bei Kindern und verglichen deren Anwendung. Hierfür wurden ungekochte Truthahnbeine verwendet, da deren Dimensionen am ehesten den anatomischen Verhältnissen pädiatrischer Patient\*innen entsprechen. (30)

Boon et al. führten eine Studie an Leichen von 14 Neugeborenen durch. Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Einstichstelle der intraossären Nadel und der Lage der Epiphysenfuge sowie die Beurteilung der Einfachheit der Nadeleinführung an verschiedenen Positionen der Tibia bei Neugeborenen. Insgesamt wurden 28 Tibiae nach Platzierung von jeweils vier Nadeln präpariert. Die Einstichstellen waren:

1. durch die Tuberositas tibiae (Position A),
2. 10 mm distal der Tuberositas tibiae (Position B),
3. 20 mm distal der Tuberositas tibiae (Position C) und

#### 4. 10 mm proximal der Tuberositas tibiae (Position D).

Anschließend wurden die Abstände zwischen den Nadelspitzen und dem distalen Ende der Epiphysenfuge gemessen.

Bei einem hohen Anteil der Nadelplatzierungen an Position A wurde die Epiphysenfuge direkt verletzt. Die meisten Platzierungen an Position B lagen rechtsseitig in einem Abstand von 10 bis 16 mm und linksseitig von 10 bis 15 mm zur Epiphysenfuge. Zudem konnten alle Nadeln an dieser Position problemlos eingeführt werden. Obwohl die Platzierungen an Position C einen großen Abstand zur Epiphysenfuge aufwiesen, erwies sich die Einführung der Nadeln aufgrund der dicken Kortikalis in den meisten Fällen als sehr schwierig. Sämtliche Platzierungen an Position D führten in die Epiphyse oder in die Epiphyse und den Kniegelenksspalt.

Die Autoren empfehlen daher eine Einstichstelle von mindestens 10 mm distal der Tuberositas tibiae, um Verletzungen der Epiphysenfuge zu vermeiden und gleichzeitig eine unkomplizierte Einführung der intraossären Nadel zu gewährleisten. (31)

Des Weiteren liegen nicht publizierte Erfahrungsberichte zur Verwendung von Hühnereiern für das Training intraossärer Zugänge vor, beispielsweise unter Einsatz von Knochenbohrsystemen wie dem EZ-IO® (Teleflex Incorporated, Wayne, PA, USA) im Rahmen von Neonatal Vascular Access-Kursen der NEVAT (Neonatal Vascular Access Team, Nonprofit-Organisation) sowie der Special Interest Group „Neonatal and Pediatric Vascular Access“ der ESPR (European Society for Paediatric Research).

Durch die Nutzung von Hühnereiern kann insbesondere der erforderliche Anpressdruck beim Einbringen des Bohrsystems realitätsnah trainiert werden. Beim Durchdringen der Eierschale entsteht ein charakteristischer Widerstandsverlust, der das taktile Feedback beim Eintritt in die Markhöhle simuliert. Dies ermöglicht ein kontrolliertes Vorschieben der Kanüle während des Bohrvorgangs und hilft, ein unkontrolliertes „Überschießen“ zu vermeiden. Durch einen niedrigen Anpressdruck kann das Risiko einer Perforation der kontralateralen Kortikalis beziehungsweise eines vollständigen Durchbohrens des



Knochens reduziert werden. (Referenz: Persönliche Kommunikation mit Bernhard Schwabegger, November 2025)

### **4.3 Simulation Zentralvenöser Katheter**

Welche Modelle sich für das Training der ZVK-Anlage am besten eignen, wurde in diversen Studien untersucht. Ein häufig beschriebenes Modell ist das sogenannte Hühnerbrust-Modell, das auf verschiedene Arten reproduziert wurde. Ault et al. aus Los Angeles verwendeten ein ganzes Huhn, in welches Gummischläuche mit einem Durchmesser von 0,2 mm präpariert wurden. Diese Schläuche wurden mit rot eingefärbtem Wasser gefüllt, um Blut zu simulieren, und an beiden Enden abgeklemmt. Die Kosten pro Modell betrugen 20 US-Dollar. Das Ziel ihrer Untersuchung war die Entwicklung eines Modells zur Schulung der ultraschallgeführten Punktion zentralvenöser Katheter. Im Rahmen eines praktischen Trainings mit dem beschriebenen Modell wurden vor sowie nach der Einheit Fragebögen erhoben. Das Training wurde als sehr effektiv bewertet; zudem zeigte sich eine statistisch signifikante Verbesserung des Sicherheitsgefühls beim ultraschallgeführten Gefäßzugang ( $p < 0,001$ ). (32)

Wagner et al. von der Medizinischen Universität Wien verwendeten eine Hühnerbrust, in welche zwei simulierte Gefäße (Latexschläuche mit einem Durchmesser von 2 bzw. 4 mm) inseriert wurden. Diese wurden mit rot eingefärbtem Wasser gefüllt und an einem Ende abgeklemmt. Am anderen Ende wurden Spritzen mit der roten Flüssigkeit angesteckt. Die Modelle wurden im Anschluss in eine Plastikfolie eingewickelt. Im Rahmen eines Workshops wurde die ultraschallgeführte ZVK-Anlage trainiert und davor erfolgte eine theoretische Einführung. Die Kosten pro Modell beliefen sich auf ungefähr 15 Euro. Im Training wurde die benötigten Versuche für eine erfolgreiche Punktion dokumentiert. Die Studie zeigt, dass ein Fertigkeitstraining für ultraschallgeführte Gefäßzugänge an sehr kleinen Gefäßen mithilfe eines kostengünstigen Gewebemodells praktikabel ist. Die Ergebnisse stimmen mit früheren Studien überein und belegen, wonach Training die praktischen Fähigkeiten bei ultraschallgeführten Punktionen verbessert. Nach dem standardisierten Training sank die Zahl der Fehlpunktionen sowohl bei der In-Plane- (IP) als auch bei der Out-of-Plane-(OOP) Technik signifikant ( $p < 0,001$ ). Allerdings verlängerten sich – im Gegensatz zu früheren Studien – die durchschnittlichen Insertionszeiten. Einige Teilnehmende zeigten

nach dem Kurs sogar schlechtere Ergebnisse als davor; die Ursachen hierfür sind unklar. (33)

Erfahrene wie unerfahrene Ärztinnen und Ärzte profitierten vom Training, wobei die Leistungsverbesserungen je nach Technik und Erfahrungsniveau unterschiedlich ausfielen. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung regelmäßiger Auffrischungseinheiten. Das Training war zeit- und kosteneffektiv und lässt sich gut in Weiterbildungsprogramme integrieren.

Ein ähnliches Modell beschrieben Rippey et al. im Jahr 2015. Hierbei wurden zwei Hühnerbrüste übereinandergelegt und dazwischen simulierte Gefäßstrukturen positioniert: Ein länglicher (mit roter Flüssigkeit befüllter) Luftballon mit 12–16 mm Innendurchmesser (ID) zur Simulation einer zentralen Vene und ein Ballon oder ein Latexschlauch mit 8 mm ID als zentrale Arterie. Durch Anpassung der Durchmesser können auch kleinere, oberflächlichere Gefäße simuliert werden. Der Aufbau des Modells dauert etwa 10 Minuten. Laut Rippey et al. ähnelt das Erscheinungsbild und das dynamische Verhalten beim Durchdringen des Gewebes mit der Nadel stark dem menschlichen Gewebe. Auch Unterschiede im Widerstand zwischen venösen und arteriellen Strukturen werden realitätsnah dargestellt. (34)

Ein vergleichbares Modell wurde von Clanahan et al. 2023 für das Training arterieller Zugänge verwendet. Eine Evaluierung zeigte eine hohe Akzeptanz unter den Teilnehmenden; 86 % bewerteten das Modell als realistisch und berichteten von einem relevanten Lernzuwachs. (35)

Ein weiteres, modifiziertes Hühnerbrust-Modell wurde von Chakroun-Walha et al. beschrieben. Dabei wurde in eine Hühnerbrust ein Harnkatheter präpariert, wobei der Katheter geblockt wurde, um eine Dislokation zu verhindern. Der angeschlossene Urinbeutel wurde mit gefärbter Flüssigkeit befüllt und diente als Reservoir zur Simulation eines Gefäßsystems. (36)

Ein einziger Artikel befasste sich mit der Verwendung von Agar-Agar-Modellen zur ultraschallgeführten Gefäßpunktion. Earle et al. (2015) beschrieben dabei im African Journal of Medicine veröffentlicht einen wesentlichen Vorteil von Agar gegenüber Gelatine, da Agar nicht gekühlt werden muss und die Modelle wiederverwendet werden können. Die Autoren testeten verschiedene

Konzentrationen und Arten von Agar-Agar und identifizierten folgende Mischung als das am besten geeignete: 750 mL Wasser wurden mit 38 g Agar vermischt und langsam erhitzt, bis die Lösung aufkochte. Zusätzlich wurde ein Esslöffel Mehl hinzugefügt. Danach wurde die Hälfte der Mischung in ein Plastikgefäß gegossen und für 20 Minuten trocknen gelassen, bis anschließend die flüssigkeitsgefüllten Ballons als Gefäße eingelegt wurden. Anschließend wurde der restliche Agar-Mischung darüber gegossen und das Modell erneut bei Raumtemperatur ausgehärtet. (37)

## **5 Ausbildungskonzepte**

### **5.1 Allgemeines**

Ein Ausbildungskonzept im medizinisch-ärztlichen Bereich beschreibt strukturiert, wie angehende Ärztinnen und Ärzte fachlich, praktisch und persönlich zu kompetenten Berufsangehörigen entwickelt werden. Im Zentrum steht eine kompetenzorientierte Ausbildung, bei der nicht nur Wissen vermittelt wird, sondern auch klinisches Denken, praktische Fertigkeiten, Kommunikation und professionelle Haltung systematisch aufgebaut werden. Ein solches Konzept schafft Transparenz und Orientierung, indem es Lernziele, Inhalte, Methoden, Verantwortlichkeiten und den zeitlichen Ablauf der Ausbildung festlegt. Da Medizin ein praxisnaher Beruf ist, betont ein Ausbildungskonzept das Lernen am Patienten, begleitet durch Supervision, strukturiertes Feedback und Simulationstrainings, um Patient\*innensicherheit zu gewährleisten und Routine zu entwickeln, bevor komplexere Tätigkeiten eigenständig übernommen werden. Durch kontinuierliche Evaluation und Feedbackschleifen wird der Lernfortschritt überprüft und das Ausbildungskonzept selbst verbessert. Insgesamt dient ein Ausbildungskonzept dazu, die Ausbildung zielgerichtet und sicher zu gestalten und sowohl die Qualität des Lernens als auch die Sicherheit der Patient\*innen zu gewährleisten. (38,39)

### **5.2 Ausbildungskonzept „Neonatal Vascular Access“**

#### **Ziele:**

Das vorliegende Ausbildungskonzeptes leistet einen Beitrag zur Standardisierung und Qualitätssicherung in der neonatologischen Ausbildung. Die definierten Lernziele umfassen:

- A) Erwerb bzw. Auffrischung der theoretischen Grundlagen der folgenden vaskulären Zugänge: ZVK, NVK, intraossärer Zugang.
- B) Kenntnis der relevanten anatomischen Besonderheiten bei Neugeborenen
- C) Verständnis der erforderlichen Materialien und Ressourcen für oben genannte Zugangswege
- D) Die Fähigkeit der praktischen Durchführung und die Kenntnis über den Ablauf von ZVK, NVK und intraossärem Zugang bei Neugeborenen
- E) Erkennen möglicher Komplikationen und adäquates Management

**Methoden und Ablauf:**

Der entwickelte Workshop umfasst eine Gesamtdauer von vier Stunden. Nach einer etwa einstündigen theoretischen Einführung folgt das praktische Training zur Anlage eines Notfall-NVK, intraossärer Zugänge und ZVK. unter Verwendung von Modellen. Für das praktische Training werden Modelle auf Basis biologischer Materialien eingesetzt. Für das NVK-Training werden humane Nabelschnurreste in modifizierte Neugeborenenensimulatoren integriert. Zur Schulung intraossärer Zugänge kommen Hühnerkeulen sowie Hühnereier zum Einsatz. Für die Ausbildung in ultraschallgeführter Gefäßpunktionen im Rahmen der ZVK-Anlage werden speziell präparierte Agar-Agar-Modelle sowie Hühnerbrust-Modelle verwendet.

Die theoretische Einführung wird von einer erfahrenen Fachärztin bzw. von einem erfahrenen Facharzt für Neonatologie durchgeführt. Die Inhalte können abhängig vom jeweiligen Standort und den lokal verfügbaren Materialien etwas variieren. Vermittelt werden sollen die relevanten anatomischen Grundlagen, das benötigte Material sowie die einzelnen Schritte der jeweiligen Verfahren. Ein besonderer Fokus liegt auf möglichen Komplikationen und deren Management. Im Anschluss an den theoretischen Teil erfolgt die Klärung offener Fragen. Danach werden die einzelnen Trainingsstationen vorgestellt und demonstriert, bevor die Teilnehmenden die praktischen Übungen unter Anleitung durchführen.

## Material:

### Station „Intraossärer Zugang“:

- Hühnerkeulen
- Rohe Hühnereier
- Knochenbohrsysteme, z.B. EZ-IO® (Teleflex Incorporated, Wayne, PA, USA), inklusive passende Knochennadel-Sets
- Isotone Kochsalzlösung 0,9%
- 10 ml-Spritzen
- Schutzausrüstung: Schutzbrille, Maske, Schutzkittel und Handschuhe



Abbildung 7: Hühnerei-Modell



Abbildung 8: Hühnerkeulen-Modell

Anmerkung:

Bei der Durchführung der beschriebenen Simulationen sind die geltenden Hygienerichtlinien strikt einzuhalten. Insbesondere ist zu beachten, dass Knochenbohrsysteme, die im klinischen Alltag im direkten Patientenkontakt verwendet werden, für Trainingszwecke mit biologischem oder potenziell kontaminiertem Material nicht eingesetzt werden dürfen. Entsprechende Simulationen sollten daher ausschließlich in dafür vorgesehenen Simulationszentren unter Verwendung separater Knochenbohrsysteme durchgeführt werden, um eine Kontamination und Gefährdung von Patientinnen und Patienten auszuschließen.

*Station „Nabelvenenkatheter“:*

- Humane Nabelschnurreste
- Baby-Trinkflaschen mit Trinksauger-Aufsatz
- Einmalnabelklemmen
- Intravenöse Zugänge
- Isotone Kochsalzlösung 0,9%
- 10 ml-Spritzen
- Pinzetten
- Adaptierte neonatale Simulationspuppe
- Schutzausrüstung: Schutzbrille, Maske, Schutzkittel und Handschuhe



**Abbildung 9: Stationsaufbau NVK**





**Abbildung 10: NVK-Modell**

**Anmerkung:**

Bei der Simulation der Nabelvenenkatheterisierung unter Verwendung humaner Nabelschnurreste ist zu berücksichtigen, dass es sich um potenziell infektiöses biologisches Material handelt. Entsprechend sind die geltenden Hygienerichtlinien strikt einzuhalten. Insbesondere ist das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (Schutzbrille, Maske, Schutzkittel und Handschuhe) erforderlich. Darüber hinaus ist ein strukturiertes Konzept zur Vermeidung von Nadelstichverletzungen vorzuhalten und konsequent umzusetzen, um die Sicherheit der Teilnehmenden zu gewährleisten.

*Station „Zentralvenöser Katheter“:*

a) **Agar-Agar-Modell** (Material für 2 Modelle):

- Längliche Latex-Luftballons
- Rote Lebensmittelfarbe
- 1,5 Päckchen Agar-Agar (ca. 80 g, optimal 900 g/cm<sup>2</sup>), alternativ auch 5%ige Gelierstärke
- 2 Esslöffel Mehl
- 1,5 L Wasser
- 2 leere Gefäße (z.B. Kunststoffboxen, leere Milchkartons)

Vorbereitung:

Wasser mit Mehl und Agar-Agar vermischen und langsam unter ständigem Rühren aufkochen lassen, bis die Masse ausreichend eingedickt ist. Danach in die Formen gießen, jedoch noch etwas Platz frei lassen. Die Luftballons mit dem rot gefärbten Wasser füllen, zuknoten und in die noch flüssige Agar-Agar-Masse als simulierte Blutgefäße einlegen. Nun die restliche Masse darüber gießen, sodass die Luftballons bedeckt sind. Trocknen lassen und nach dem Abkühlen bis zur Verwendung in den Kühlschrank stellen.



**Abbildung 11: Agar-Agar-Modell**



**Abbildung 12: Ultraschallgeführte Punktion des Agar-Agar-Modells**

b) **Hühnerbrust-Modell** (Material für 2 Modelle):

- 2 Hühnerbrüste
- 4 Silikonschläuche (ID2-5mm) oder längliche Ballons
- Plastik-Frischhaltefolie
- Rote Lebensmittelfarbe
- Schraubenzieher
- Wasser
- 8 Klemmen
- 4 x 20 ml-Spritzen
- Ultraschall-Gerät
- Ultraschall-Gel
- 4 Rückschlagventile
- Schutzausrüstung: Schutzbrille, Maske, Schutzkittel und Handschuhe

Vorbereitung:

Die Silikonschläuche werden auf die gewünschte Länge zugeschnitten. Anschließend wird die Hühnerbrust mithilfe eines Schraubenziehers vorsichtig durchstoßen, sodass die Schläuche hindurchgeführt werden können. Dies funktioniert am besten, indem ein Schlauch über den Schraubenzieher gestülpt und gemeinsam durch das Gewebe geführt wird. Dieser Schritt wird pro Modell zweimal durchgeführt, wobei die Schläuche möglichst parallel und nahe beieinander positioniert werden sollten. An einem Ende werden die Schläuche jeweils klemmen. Danach wird das rot gefärbte Wasser in die 20 ml-Spritzen aufgezogen, diese über ein Rückschlagventil mit den Schläuchen verbunden und die Flüssigkeit in die Schläuche injiziert. Die Spritzen verbleiben während des Trainings am System angeschlossen. Im Anschluss werden die Modelle in Frischhaltefolie eingewickelt und bis zur Verwendung kühl gelagert.

Werden anstelle von Silikonschläuchen Luftballons verwendet, empfiehlt es sich, die Hühnerbrust einmal quer durchzuschneiden und zwei Luftballons auf das untere Teilstück zu legen und leicht in das Gewebe zu drücken. Danach wird das zweite Teilstück darauf platziert und das gesamte Modell mit Frischhaltefolie



umwickelt.. Sollten die Luftballons im Verlauf des Trainings Flüssigkeit verlieren, können diese unkompliziert ausgetauscht werden.

Anmerkung:

Bei der Durchführung der beschriebenen Simulationen sind die geltenden Hygienerichtlinien strikt einzuhalten. Insbesondere ist zu beachten, dass patientennahe Ultraschallgeräte und -sonden, die im klinischen Alltag im direkten Patientenkontakt verwendet werden, für Trainingszwecke mit biologischem oder potenziell kontaminiertem Material nicht eingesetzt werden dürfen. Entsprechende Simulationen sollten daher ausschließlich in dafür vorgesehenen Simulationszentren unter Verwendung separater Ultraschallgeräte und Sonden durchgeführt werden, um eine Kontamination und Gefährdung von Patientinnen und Patienten auszuschließen.



**Abbildung 13: Vorbereitung des Hühnerbrust-Modells bei Verwendung von Silikonschläuchen**



**Abbildung 14: Ultraschallgeführte Punktion des Hühnerbrust-Modells**

**Personelle und fachliche Bedingungen:**

Der Workshop sollte durch zumindest eine Fachärztin oder einen Facharzt für Neonatologie betreut werden. Diese Person sollte auch die theoretische Einführung übernehmen. Idealerweise ist jede Trainingsstation durch eine Fachärztin oder einen Facharzt besetzt, um eine enge Supervision sowie individuelles Feedback zu gewährleisten.

**Zielgruppe:**

Die primäre Zielgruppe stellen Ärztinnen und Ärzte in Ausbildung zur Fachärztin oder zum Facharzt für Kinder- und Jugendheilkunde dar. Darüber hinaus kann das Konzept auf weitere Berufsgruppen ausgeweitet werden, insbesondere auf Ärztinnen und Ärzte in Ausbildung zur Notärztin/zum Notarzt, oder Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, die im Rahmen ihrer präklinischen Tätigkeit mit neonatalen Notfallsituationen konfrontiert sind.

**5.3 Bereitstellung von Nabelschnüren für Nabelvenenkatheter-Trainings in Graz**

In Zusammenarbeit mit der Klinischen Abteilung für Neonatologie und der Klinischen Abteilung für Geburtshilfe des LKH-Universitätsklinikums Graz, dem Medizinercorps Graz, der Paediatric Simulation Group Graz, dem Notarztstützpunkt Graz-Ost (Standort LKH-Universitätsklinikums Graz), sowie der Arbeitsgemeinschaft für Notfallmedizin (AGN) wurde ein standardisierter Prozess zur Bereitstellung von Nabelschnurresten aus dem Kreißsaal der Klinischen Abteilung für Geburtshilfe Graz entwickelt und in einer Richtlinie zusammengefasst.

Ziel ist es, potenzielle Infektions- und Gesundheitsrisiken zu minimieren sowie Missbrauch und unsachgemäßen Umgang zu verhindern. Der Prozess umfasst alle relevanten Schritte – von der Kontaktaufnahme mit der leitenden Hebamme über die korrekte Asservierung der Nabelschnurreste bis hin zur dokumentierten Abholung durch autorisierte Vertreterinnen und Vertreter der beteiligten Organisationen. Ebenso werden die einzuhaltenden Hygienemaßnahmen während des Trainings und die fachgerechte Entsorgung als gefährlicher medizinischer Abfall verbindlich geregelt.

Die erstellte Richtlinie bildet somit die Grundlage für eine sichere, standardisierte und langfristig verfügbare Nutzung von Nabelschnurresten im Rahmen simulationsbasierter NVK-Trainings für definierte Ausbildungsträger in Graz.

### **5.3.1 Prozessabbildung**

- Kontaktaufnahme mit leitender Hebamme oder deren Vertreterin und Bekanntgabe von Termin und Menge der benötigten Nabelschnüre unter Nennung des Ausbildungsträgers (ggfs. untenstehende Kontaktpersonen kontaktieren).



- Asservierung von gekühlten Nabelschnüren in mit NaCl 0,9%-gefüllten verschließbaren Plastikboxen (Kein Formaldehyd!) (Keine Nabelschnüre von Müttern mit bekannten Virusinfektionen) im Zeitfenster von maximal 24-36 Stunden vor dem vereinbarten Abholtermin.



- Abholung der Nabelschnüre durch Vertreter\*innen des Ausbildungsträgers unter Ausweisung und Dokumentation der Identität und Ausgabe durch die Stützpunkthebamme.



Bereitstellung von schwarzen Mülltonnen für „gefährlichen medizinischen Abfall“ zur fachgerechten Abfallentsorgung.



## 5.3 Workshop

Das oben beschriebene Ausbildungskonzept wurde im September 2025 das erste Mal an der Medizinischen Universität Graz umgesetzt. Insgesamt nahmen 24 Personen teil. Die Teilnehmenden waren Studierende (allesamt ausgebildete NKI-Rettungsmedizinerinnen oder Rettungsmediziner des Medizinercorps Graz), sowie Assistenzärztinnen und Assistenzärzte der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde, aber auch Fachärztinnen und Fachärzte an der Klinischen Abteilung für Neonatologie am LKH-Universitätsklinikum Graz.

| <i>Charakteristik der Teilnehmenden</i> | <i>n</i> |
|-----------------------------------------|----------|
| <i>Fachärztin/Facharzt</i>              | 7        |
| <i>Assistenzärztin/Assistenzarzt</i>    | 4        |
| <i>Studierende</i>                      | 13       |

### 5.3.1 Auswertung der Fragebögen

Im Rahmen des Workshops wurden 24 Teilnehmende mittels zweier standardisierter Fragebögen vor und nach dem Workshop befragt. Der Post-Workshop-Fragebogen konnte nur bei 21 Teilnehmenden vollständig ausgewertet werden. Gegenstand des Trainings waren der NVK, der ultraschallgeführte ZVK sowie der intraossäre Zugang, die jeweils an Simulationsmodellen auf Basis biologischer Materialien geübt wurden. Die Selbsteinschätzung der Sicherheit erfolgte auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 („Trifft zu“) bis 5 („Trifft gar nicht zu“).

Bezüglich der Vorerfahrung gaben 41,6 % der Teilnehmenden an, zuvor keinen der genannten Zugänge in der klinischen Praxis bei Neugeborenen etabliert zu haben. Jeweils 33,3 % berichteten zumindest einen NVK oder einen ZVK gelegt zu haben, während lediglich drei Personen zuvor die Anlage eines intraossären Zugangs durchgeführt hatten. Bis auf vier Personen hatten alle Teilnehmenden bereits vor dem Workshop an Gefäßtraining an Simulationsmodellen auf Basis biologischen Materials geübt, wobei 19 von 24 Personen explizit Erfahrungen mit der NVK-Anlage in Skilltrainings angaben.

| <b>Zugang</b>                     | <b>Anzahl</b> | <b>Prozent</b> |
|-----------------------------------|---------------|----------------|
| <i>Keine praktische Erfahrung</i> | 10            | 41,6 %         |
| NVK                               | 8             | 33,3 %         |
| ZVK                               | 8             | 33,3 %         |
| Intraossär                        | 3             | 12,5 %         |

**Tabelle 2: Vorerfahrung mit vaskulären Zugängen (klinische Realität)**

| <b>Variable</b>                                   | <b>Anzahl</b> | <b>Prozent</b> |
|---------------------------------------------------|---------------|----------------|
| <i>Training an biologischem Material (gesamt)</i> | 20            | 83,3 %         |
| <i>Davon NVK-spezifisch</i>                       | 19            | 79,1 %         |

**Tabelle 3: Vorheriges Training an biologischem Material**

Die Selbsteinschätzung der Sicherheit beim Legen vaskulärer Zugänge wurde vor und nach dem Workshop anhand einer fünfstufigen Likert-Skala erhoben (1 = trifft zu, 5 = trifft gar nicht zu). Die Auswertung erfolgte deskriptiv unter Angabe von Häufigkeiten, Median und Interquartilsabstand (IQR).

Für den NVK zeigte sich prä-Workshop eine heterogene Verteilung der Antworten. Der Median lag bei 3 (IQR 2–4). Neun der 24 Teilnehmenden (37,5 %) ordneten sich den Kategorien hoher Sicherheit (1–2) zu, während elf Personen (45,8 %) eine eher geringe oder keine Sicherheit (4–5) angaben.

Post-Workshop zeigte sich eine deutliche Verschiebung in Richtung höherer Sicherheit. Der Median sank auf 2 (IQR 2–3), und 14 Teilnehmende (66,7 %) wählten die Antwortkategorien 1 oder 2. Die Kategorie „trifft gar nicht zu“ wurde nach dem Workshop nicht mehr gewählt.

| <b>Antwortkategorie</b> | <b>Prä (n)</b> | <b>Post (n)</b> |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| 1                       | 1              | 2               |
| 2                       | 8              | 12              |
| 3                       | 4              | 1               |
| 4                       | 6              | 6               |
| 5                       | 5              | 0               |

**Tabelle 4: Sicherheit im Legen eines NVK (prä- vs. post-Workshop)**

| <b>Zeitpunkt</b> | <b>Median</b> | <b>IQR</b> | <b>Anteil hohe Sicherheit (1–2)</b> |
|------------------|---------------|------------|-------------------------------------|
| <i>Prä</i>       | 3             | 2–4        | 42,9 %                              |
| <i>Post</i>      | 2             | 2–3        | 66,7 %                              |

**Tabelle 5: Deskriptive Kennwerte NVK**

Beim ZVK überwogen prä-Workshop niedrige Sicherheitseinschätzungen. Der Median lag bei 5 (IQR 4–5), wobei lediglich eine Person (4,2 %) eine hohe Sicherheit angab. Die Mehrheit der Teilnehmenden ordnete sich den Kategorien 4 oder 5 zu.

Post-Workshop zeigte sich eine breitere Streuung mit einer deutlichen Verschiebung hin zu niedrigeren Likert-Werten. Der Median betrug 2 (IQR 2–4). Zwölf der 21 auswertbaren Teilnehmenden (57,1 %) bewerteten ihre Sicherheit mit „trifft eher zu“, während die Kategorie „trifft gar nicht zu“ nicht mehr gewählt wurde.

| <b>Antwortkategorie</b> | <b>Prä (n)</b> | <b>Post (n)</b> |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| 1                       | 0              | 0               |
| 2                       | 1              | 12              |
| 3                       | 0              | 4               |
| 4                       | 9              | 5               |
| 5                       | 14             | 0               |

**Tabelle 6: Sicherheit im Legen eines ZVK (prä- vs. Post-Workshop)**

| <b>Zeitpunkt</b> | <b>Median</b> | <b>IQR</b> | <b>Anteil hohe Sicherheit (1–2)</b> |
|------------------|---------------|------------|-------------------------------------|
| <i>Prä</i>       | 5             | 4–5        | 4,8 %                               |
| <i>Post</i>      | 2             | 2–4        | 57,1 %                              |

**Tabelle 7: Deskriptive Kennwerte ZVK**

Auch für den intraossären Zugang zeigte sich prä-Workshop eine überwiegend geringe Sicherheitseinschätzung. Der Median lag bei 4 (IQR 3–5). Fünf Teilnehmende (20,8 %) gaben eine hohe Sicherheit (Auswahlkategorie 1 und 2) an, während 15 Personen (71,4 %) eine geringe oder keine Sicherheit (Kategorie 4 und 5) berichteten. Post-Workshop verschob sich die Verteilung deutlich in Richtung höherer Sicherheit. Der Median sank auf 2 (IQR 2–3), und 14 Teilnehmende (66,7 %) ordneten sich den Kategorien 1 oder 2 zu. Die niedrigste Sicherheitskategorie wurde post-Workshop nicht mehr gewählt.

| <b>Antwortkategorie</b> | <b>Prä (n)</b> | <b>Post (n)</b> |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| 1                       | 0              | 2               |
| 2                       | 5              | 12              |
| 3                       | 4              | 4               |
| 4                       | 10             | 3               |
| 5                       | 5              | 0               |

**Tabelle 8: Sicherheit beim intraossären Zugang (prä- vs. Post-Workshop)**

| <b>Zeitpunkt</b> | <b>Median</b> | <b>IQR</b> | <b>Anteil hohe Sicherheit (1–2)</b> |
|------------------|---------------|------------|-------------------------------------|
| <i>Prä</i>       | 4             | 3–5        | 23,8 %                              |
| <i>Post</i>      | 2             | 2–3        | 66,7 %                              |

**Tabelle 9: Deskriptive Kennwerte intraossärer Zugang**

Zur statistischen Analyse der prä- und post-Workshop-Selbsteinschätzungen wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verwendet. Für alle drei Zugangsarten zeigte sich eine signifikante Verschiebung der Sicherheitseinschätzung hin zu niedrigeren Likert-Werten (höhere Sicherheit) nach dem Workshop.

Die Aussage, dass Modelle aus biologischem Material realitätsnäher sind als solche aus anderen Materialien, wurde prä-Workshop von 10 Teilnehmenden und post- Workshop von 16 Teilnehmenden als völlig zutreffend bewertet.

Die Bewertung des Workshops erfolgte zusätzlich anhand von Fragen zur Realitätsnähe der verwendeten Materialien, zur ethischen Unbedenklichkeit sowie zur Beurteilung der einzelnen Trainingsmodelle. Die Einschätzungen wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala beziehungsweise mittels Schulnoten erhoben.

20 von 24 Teilnehmenden bewertete die im Workshop eingesetzten Materialien als realitätsnah. Zwölf Personen stimmten dieser Aussage vollständig zu, acht weitere eher zu, während lediglich eine Person die neutrale Kategorie wählte. Eine ablehnende Bewertung wurde nicht abgegeben. Unabhängig davon gaben 20 von 21 Teilnehmenden an, künftig gerne an ähnlichen Workshops teilnehmen zu wollen.

Auch hinsichtlich der ethischen Unbedenklichkeit der verwendeten Materialien überwog eine positive Einschätzung. Sechzehn Teilnehmende bewerteten den Workshop als ethisch unbedenklich, drei stimmten eher zu, während zwei

Personen die Kategorie „trifft eher nicht zu“ wählten. Die Antwortkategorie „trifft gar nicht zu“ wurde nicht vergeben.

Die einzelnen Trainingsmodelle wurden differenziert beurteilt. Das ZVK-Modell aus Hühnerbrust erhielt überwiegend gute Bewertungen: 28,6 % der Teilnehmenden vergaben die Note 1, 61,9 % die Note 2 und 19 % die Note 3. Ähnlich fiel die Bewertung des ZVK-Agar-Agar-Modells aus, das zu 23,8 % mit der Note 1, zu 52,3 % mit der Note 2 und zu 23,8 % mit der Note 3 beurteilt wurde.

Das NVK-Puppenmodell wurde besonders positiv bewertet. 71,4 % der Teilnehmenden vergaben die Bestnote 1, 19 % die Note 2 und 19 % die Note 3. Auch die Modelle für den intraossären Zugang erzielten überwiegend gute Bewertungen. Das Hühnerrei-Modell wurde von 38,0 % der Teilnehmenden mit der Note 1 und von 23,8 % mit der Note 2 bewertet; 19,0 % vergaben die Note 3, während lediglich eine Person die Note 4 vergab. Die Hühnerkeulen als Modell für den intraossären Zugang wurden ausschließlich mit den Noten 1 (76 %) und 2 (23,8 %) bewertet.

Insgesamt zeigen die Bewertungen eine hohe Akzeptanz der verwendeten Materialien sowie eine überwiegend positive Einschätzung der einzelnen Trainingsmodelle hinsichtlich ihrer Eignung für das praktische Training vaskulärer Zugänge.

| <b>Trainingsmodell</b> | <b>Note 1<br/>(%)</b> | <b>Note 2<br/>(%)</b> | <b>Note 3<br/>(%)</b> | <b>Note 4<br/>(%)</b> | <b>Note 5<br/>(%)</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ZVK – Hühnerbrust      | 28,6                  | 61,9                  | 19,0                  | 0                     | 0                     |
| ZVK – Agar-Agar        | 23,8                  | 52,3                  | 23,8                  | 0                     | 0                     |
| NVK – Puppe            | 71,4                  | 19,0                  | 19,0                  | 0                     | 0                     |
| i.o. – Hühnerrei       | 38,0                  | 23,8                  | 19,0                  | 1,0                   | 0                     |
| i.o. – Hühnerkeule     | 76,0                  | 23,8                  | 0                     | 0                     | 0                     |

**Tabelle 10: Bewertung der Modelle in Schulnoten**

### **5.3.2 Kritik und Verbesserungsvorschläge:**

Zwei Teilnehmende wünschten sich eine stabilere Fixierung der Nabelschnurreste, um ein Verrutschen in die Flasche während des Trainings zu verhindern. Eine mögliche Verbesserung besteht in einer zusätzlichen Fixierung an der Innenseite der Flasche zu befestigen.

Im praktischen Training zeigte sich zudem, dass die Punktion der verwendeten Silikonschläuche für die ZVK-Anlage erschwert war, da deren Wandstärke und Materialsteifigkeit ein realistisches Punktionsverhalten nur eingeschränkt abbildeten. Für zukünftige Trainings wird daher der Einsatz elastischer, dünnwandiger Materialien (z. B. Latexschläuche oder ballonartige Strukturen) empfohlen.

## **6 Diskussion**

### **6.1 Literaturrecherche**

In der durchgeführten Literaturrecherche zeigte sich, dass bislang nur begrenzt Daten über Simulationstrainings von vaskulären Zugängen bei Neugeborenen unter Verwendung biologischen Materials gibt. Es fanden sich 15 relevante Artikel, die eingeschlossen werden konnten. Der Großteil der verfügbaren Literatur befasst sich mit dem Training von ZVK, wobei hier das Hühnerbrust-Modell in unterschiedlichen Ausführungen am häufigsten erwähnt wird. (36,37) Angesichts der Tatsache, dass der NVK in den Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) und der American Heart Association (AHA) als bevorzugter vaskulärer Zugang in der neonatalen Reanimation gilt, erscheint die vergleichsweise geringe Anzahl an Studien zur Simulation mittels humaner Nabelschnurreste überraschend. (6)

Eine mögliche Erklärung hierfür liegt im erhöhten organisatorischen und hygienischen Aufwand, der mit der Verwendung menschlichen Materials, insbesondere hinsichtlich Konservierung, Lagerung und Entsorgung, verbunden ist. Für den intraossären Zugang werden hauptsächlich nicht-biologische Modelle beschrieben. Als biologische Alternativen finden sich vor allem Modelle auf Basis von Hühner- oder Truthahnkeulen. (29,30)

Trainingskonzepte, welche keine biologischen Materialien verwendeten und in der Literaturrecherche ausgeschlossen wurden, können zusätzlich in den Übungen integriert werden. Ein Vorteil von Modellen aus wiederverwendbarem Material besteht darin, spontane Trainings ohne Hygieneauflagen abhalten zu können. Weiters sei der Aspekt des Verbrauchs von tierischem Material zu nennen, welcher bei einem bereits hohen Fleischkonsum pro Kopf in Europa ethische Fragen aufwirft. (40)

### **6.2 Ausbildungskonzept und Simulationstrainings**

Das auf Basis der Literaturrecherche entwickelte Ausbildungskonzept soll einen Beitrag zur Qualitätssicherung in der neonatologischen Ausbildung darstellen. Es umfasst einen vierstündigen Workshop mit theoretischer Einführung und anschließendem praktischen Training der Anlage von NVK, ZVK und intraossären Zugängen vor.

Das Konzept wurde bereits im Rahmen eines Workshops am LKH-Universitätsklinikum in Graz umgesetzt und zeigte hohe Akzeptanz unter den Teilnehmenden. Es konnte eine deutliche Verbesserung der subjektiven Sicherheit im Umgang mit den trainierten Verfahren nachgewiesen werden. Zudem äußerte die Mehrheit der Teilnehmenden den Wunsch nach einer regelmäßigen Durchführung vergleichbarer Trainings. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung simulationsbasierter Trainingsformate und zeigen, dass das praktische Üben von vaskulären Zugängen an realitätsnahen Modellen eine zentrale Rolle in der Ausbildung darstellt.

### **6.3 Einsatz biologischer Materialien, ethische Aspekte und Hygienerichtlinien**

Der Einsatz biologischer Materialien in der simulationsbasierten Ausbildung vaskulärer Zugänge bietet mehrere wesentliche Vorteile gegenüber rein technischen Simulationsmodellen. Insbesondere im Vergleich zu herkömmlichen Simulatoren zeigen biologische Modelle häufig eine höhere Realitätsnähe hinsichtlich Gewebebeschaffenheit, haptischem Feedback und Widerstandsverhalten bei Punktionen. Diese Faktoren sind entscheidend für das Erlernen feinmotorischer Fertigkeiten, insbesondere bei ultraschallgeführten Verfahren oder der Anlage intraossärer Zugänge.

Darüber hinaus stellen biologische Materialien eine kostengünstige und niedrighschwellige Alternative dar. High-Fidelity-Simulatoren sind mit hohen Anschaffungskosten verbunden, und auch Wartung, Verschleißteile sowie Ersatzkomponenten verursachen kontinuierlichen finanziellen und organisatorischen Aufwand. Im Gegensatz dazu sind biologische Materialien wie tierische Gewebe oder humane Nabelschnurreste in der Regel leicht verfügbar und mit geringem Kostenaufwand einsetzbar. Dies ermöglicht eine häufigere Durchführung von Trainings und somit eine nachhaltige Verbesserung praktischer Fertigkeiten.

Neben diesen praktischen Vorteilen sind jedoch auch ethische Aspekte zu berücksichtigen. Der Umgang mit biologischem Material – insbesondere mit humanem Gewebe wie Nabelschnurresten – erfordert einen verantwortungsvollen und klar geregelten Prozess. Hierzu zählen definierte Abläufe zur Gewinnung, Asservierung, Ausgabe und Entsorgung des Materials. Das in dieser Arbeit



beschriebene Grazer Modell stellt ein positives Beispiel dar, da es eine strukturierte und transparente Handhabung dieser Prozesse gewährleistet und somit sowohl ethischen als auch rechtlichen Anforderungen Rechnung trägt.

Darüber hinaus ist die Sicherheit der Teilnehmenden von zentraler Bedeutung. Es sollten standardisierte Konzepte zur Vermeidung und zum Management von Nadelstichverletzungen implementiert werden, um das Risiko von Infektionen und Verletzungen zu minimieren. Dies umfasst sowohl präventive Maßnahmen als auch klare Handlungsalgorithmen im Falle eines Zwischenfalls.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt betrifft die Einhaltung hygienischer Standards. Die Verwendung biologischer Materialien erfordert eine strikte Trennung zwischen Trainingsumgebung und patientennahen Bereichen. Insbesondere dürfen klinisch eingesetzte Geräte, wie Ultraschallgeräte und -sonden, nicht für Trainingszwecke mit potenziell kontaminiertem Material verwendet werden. Simulationen sollten daher ausschließlich in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten unter Verwendung separater Ausrüstung durchgeführt werden. Ergänzend sind geeignete Hygienemaßnahmen, einschließlich persönlicher Schutzausrüstung und fachgerechter Entsorgung, konsequent einzuhalten.

Insgesamt zeigt sich, dass der Einsatz biologischer Materialien eine wertvolle Ergänzung zu bestehenden Simulationskonzepten darstellt. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine strukturierte organisatorische Einbettung unter Berücksichtigung ethischer, sicherheitsrelevanter und hygienischer Aspekte.

## **6.4 Limitationen**

Aufgrund der begrenzten Datenlage konnte keine quantitative Datensynthese durchgeführt werden. Eine Erweiterung der Recherche auf andere Altersgruppen hätte möglicherweise eine größere Datenbasis geliefert, wurde jedoch bewusst zugunsten einer spezifischen Betrachtung des neonatologischen Settings nicht durchgeführt. Ein weiterer limitierender Faktor ist die geringe Teilnehmerzahl des durchgeführten Workshops. Für belastbarere Aussagen zur Effektivität des Ausbildungskonzepts wären größere Stichproben sowie wiederholte Trainings und Evaluationen erforderlich.

## **6.5 Schlussfolgerung**

Die Verwendung biologischer Materialien zum Training von vaskulären Zugängen bei Neugeborenen stellt eine effektive Möglichkeit dar, um relevante, praktische Skills realitätsnahe zu üben. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass diese Eingriffe selten durchgeführt werden, jedoch häufig in kritischen Situationen erfolgen, ist ein regelmäßiges Training essenziell.

Die in dieser Arbeit beschriebenen Modelle zeichnen sich durch ihre einfache Herstellung sowie ihre Kosteneffizienz aus und sind daher gut in bestehende Ausbildungskonzepte integrierbar.

Für die Anwendung humaner Nabelschnurreste wurde im Rahmen dieser Arbeit ein strukturiertes Bereitstellungskonzept für den Standort Graz entwickelt. Die Implementierung vergleichbarer Prozesse an anderen Zentren ist zu empfehlen, da diese eine standardisierte, sichere und praktikable Durchführung simulationsbasierter Trainings erheblich erleichtern kann.

## Referenzliste

1. Muntau A, Abt JC, Steingröver J. Pädiatrie hoch2. 1. Auflage. München: Elsevier; 2018. 1 S. (hoch2).
2. Meyer S, Bağci S, Herausgeber. Duale Reihe Pädiatrie. 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2025. 1 S. (Duale Reihe). doi:10.1055/b000000645
3. Jeevasankar M, Agarwal R, Chawla D, Paul VK, Deorari AK. Polycythemia in the newborn. Indian J Pediatr. Januar 2008;75(1):68–72. doi:10.1007/s12098-008-0010-0
4. Hooper SB, Polglase GR, Te Pas AB. A physiological approach to the timing of umbilical cord clamping at birth. Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed. Juli 2015;100(4):F355–60. doi:10.1136/archdischild-2013-305703
5. Genzel-Boroviczény O, Nußbaum C, Herausgeber. Checkliste Neonatologie. 7., überarbeitete Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2022. 1 S. (Checklisten der aktuellen Medizin). doi:10.1055/b000000523
6. Hogeveen M, Monnelly V, Binkhorst M, Cusack J, Fawke J, Kardum D, u. a. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Newborn Resuscitation and Support of Transition of Infants at Birth. Resuscitation. Oktober 2025;215:110766. doi:10.1016/j.resuscitation.2025.110766
7. Duck S. Neonatal intravenous therapy. J Intraven Nurs Off Publ Intraven Nurses Soc. 1997;20(3):121–8. PubMed PMID: 9214923.
8. Baik-Schneditz N, Pichler G, Schwabegger B, Mileder L, Avian A, Urlesberger B. Peripheral Intravenous Access in Preterm Neonates during Postnatal Stabilization: Feasibility and Safety. Front Pediatr. 10. August 2017;5:171. doi:10.3389/fped.2017.00171
9. Jorch G, Hübler A, Herausgeber. Neonatologie: Die Medizin des Früh- und Reifgeborenen [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010 [zitiert 12. Januar 2025]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/b-002-85528> doi:10.1055/b-002-85528
10. Madar J, Roehr CC, Ainsworth S, Ersda H, Morley C, Rüdiger M, u. a. Versorgung und Reanimation des Neugeborenen nach der Geburt: Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. Notf Rettungsmedizin. Juni 2021;24(4):603–49. doi:10.1007/s10049-021-00894-w
11. Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, Herausgeber. Duale Reihe Anatomie. 5. aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2020. 1 S. (Duale Reihe).

12. Silbernagl S, Draguhn A. Taschenatlas Physiologie. 9. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018. 1 S.
13. Thorsteinn Loftsson, Herausgeber. Essential pharmacokinetics: a primer for pharmaceutical scientists. Amsterdam Boston: Elsevier Academic Press; 2015. 170 S.
14. Hoppen T, Paulun A. Nabelvenenkatheter in der neonatologischen Intensivbehandlung – Teil 1: Katheteranlage. Neonatol Scan. Juni 2020;09(02):131–43. doi:10.1055/a-0990-0266
15. Hübler A, Jorch G, Herausgeber. Neonatologie: Die Medizin des Früh- und Reifgeborenen. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2019. 1 S.
16. Kaßberger F. Neugeborene: Erstversorgung und Reanimation ohne Kinderarzt. Notarzt. April 2019;35(02):85–98. doi:10.1055/a-0807-4359
17. Schwabberger B, Eichinger M, Martensen J, Baik-Schneditz N, Pocivalnik M, Urlesberger B. Regionale Handlungsempfehlungen zur notärztlichen Versorgung Frühgeborener nach präklinischer Geburt für die Steiermark. Notarzt. Dezember 2019;35(06):314–22. doi:10.1055/a-0903-2357
18. Hoppen T, Paulun A. Nabelvenenkatheter in der neonatologischen Intensivbehandlung – Teil 2: Risiken und mögliche Komplikationen. Neonatol Scan. September 2020;09(03):213–25. doi:10.1055/a-1081-7539
19. Schwabberger B, Schlatzer C, Freidorfer D, Bruckner M, Wolfsberger CH, Miledler LP, u. a. The Use of a Disposable Umbilical Clamp to Secure an Umbilical Venous Catheter in Neonatal Emergencies—An Experimental Feasibility Study. Children. 26. November 2021;8(12):1093. doi:10.3390/children8121093
20. Weiss M, Henze G, Eich C, Neuhaus D. Intraossäre Infusion: Eine wichtige Technik auch für die Kinderanästhesie. Anaesthesist. September 2009;58(9):863–75. doi:10.1007/s00101-009-1605-1
21. Miledler LP, Urlesberger B, Schwabberger B. Use of Intraosseous Vascular Access During Neonatal Resuscitation at a Tertiary Center. Front Pediatr. 18. September 2020;8:571285. doi:10.3389/fped.2020.571285
22. Scrivens A, Reynolds PR, Emery FE, Roberts CT, Polglase GR, Hooper SB, u. a. Use of Intraosseous Needles in Neonates: A Systematic Review. Neonatology. 2019;116(4):305–14. doi:10.1159/000502212
23. Maier RF, Obladen M, Stiller B. Obladens Neugeborenenintensivmedizin: Evidenz und Erfahrung. 10. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer; 2024. 1 S.
24. Dettl T, Pirotte T, Veyckemans F. Vascular access in the neonate. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. September 2010;24(3):403–18. doi:10.1016/j.bpa.2010.02.017

25. Treffer durch Datenbankrecherche (n=75) PubMed (n=24) Embase (n=39) Cinahl (n=12) Treffer durch andere Methoden (n=23) Referenzlistensuche (n=18) Berry-Picking Methode (n=5) Treffer nach Entfernung der Duplikate (n=49) Abstracts/Texte gescreent (n=72) Volltexte auf Eignung geprüft (n=33) Exkludierte Volltexte (n=18) Fehlende Verfügbarkeit (n=2) Kein biologisches Material verwendet (n=8) Patientengruppe (n=8) Eingeschlossene Artikel (n=15), ChatGPT 5.2, OpenAI, 20.12.2025, <https://chatgpt.com>.
26. Sawyer T, Gray M, Hendrickson M, Jacobson E, Umoren R. A Real Human Umbilical Cord Simulator Model for Emergency Umbilical Venous Catheter Placement Training. *Cureus*. 5. November 2018. doi:10.7759/cureus.3544
27. Mileders LP, Pocivalnik M, Schwabberger B, Pansy J, Urlesberger B, Baik-Schneditz N. Practice of umbilical venous catheterization using a resource-efficient 'blended' training model. *Resuscitation*. Januar 2018;122:e21–2. doi:10.1016/j.resuscitation.2017.11.060
28. Sawyer T, Starr M, Jones M, Hendrickson M, Bosque E, McPhillips H, u. a. Real vs simulated umbilical cords for emergency umbilical catheterization training: a randomized crossover study. *J Perinatol*. Februar 2017;37(2):177–81. doi:10.1038/jp.2016.194
29. Keller A, Boukai A, Feldman O, Diamand R, Shavit I. Comparison of three intraosseous access devices for resuscitation of term neonates: a randomised simulation study. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed*. Mai 2022;107(3):289–92. doi:10.1136/archdischild-2021-321988
30. Shavit I, Hoffmann Y, Galbraith R, Waisman Y. Comparison of two mechanical intraosseous infusion devices: A pilot, randomized crossover trial. *Resuscitation*. September 2009;80(9):1029–33. doi:10.1016/j.resuscitation.2009.05.026
31. Boon JM, Gorry DLA, Meiring JH. Finding an ideal site for intraosseous infusion of the tibia: An anatomical study. *Clin Anat*. Januar 2003;16(1):15–8. doi:10.1002/ca.10071
32. Ault MJ, Rosen BT, Ault B. The use of tissue models for vascular access training: Phase I of the procedural patient safety initiative. *J Gen Intern Med*. Mai 2006;21(5):514–7. doi:10.1111/j.1525-1497.2006.00440.x
33. Wagner M, Hauser K, Cardona F, Schmölzer GM, Berger A, Olischar M, u. a. Implementation and Evaluation of Training for Ultrasound-Guided Vascular Access to Small Vessels Using a Low-Cost Cadaver Model. *Pediatr Crit Care Med*. November 2018;19(11):e611–7. doi:10.1097/PCC.0000000000001721
34. Rippey JCR, Blanco P, Carr PJ. An Affordable and Easily Constructed Model for Training in Ultrasound-guided Vascular Access. *J Vasc Access*. September 2015;16(5):422–7. doi:10.5301/jva.5000384
35. Clanahan JM, De Silva GS, Ohman JW. Adapted chicken model for training percutaneous arterial access. *JVS-Vasc Insights*. 2024;2:100100. doi:10.1016/j.jvsvi.2024.100100

36. Sanchez-de-Toledo J, Villaverde I. Advanced Low-Cost Ultrasound-Guided Vascular Access Simulation: The Chicken Breast Model. *Pediatr Emerg Care*. September 2017;33(9):e43–5. doi:10.1097/PEC.0000000000000620
37. Chakroun-Walha O, Karray R, Jerbi M, Affes H, Nasri A, Salem I, u. a. Catheterized chicken for training on ultrasound-guided vascular access: A simple, cost-effective, and effective model. *Afr J Emerg Med*. Juni 2024;14(2):91–5. doi:10.1016/j.afjem.2024.03.005
38. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. 1. Oktober 2004;13(suppl\_1):i2–10. doi:10.1136/qshc.2004.009878
39. Kolb DA. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Second edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc; 2015. 390 S.
40. EuroMeatNews [Internet]. 2025 [zitiert 22. Mai 2026]. EU Commission predicts stable development for meat production and consumption. Verfügbar unter: <https://euomeatnews.com/Article-EU-Commission-predicts-stable-development-for-meat-production-and-consumption/8729>

Für die sprachliche Optimierung des Textes wurde das KI-Sprachmodell ChatGPT von OpenAI (Stand: Mai 2026) verwendet. Weitere Informationen:  
<https://openai.com/chatgpt>

## 7 Anhang

### 7.1 Poster ÖGKJ



## Systematische Literaturrecherche zum Einsatz biologischer Materialien für realitätsnahe Trainings vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen und Entwicklung eines Ausbildungskonzepts

Wlattnig H.<sup>1</sup>, Miledler L.<sup>1,2</sup>, Leonhartsberger H.<sup>1</sup>, Pichler G.<sup>1</sup>, Schwabberger B.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinische Abteilung für Neonatologie, Univ. Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Graz, Österreich

<sup>2</sup> Paediatric Simulation Group Graz (PaeSiGG), Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

**Einleitung:** Die Anlage vaskulärer Zugänge bei kritisch kranken Neugeborenen stellt eine anspruchsvolle und technisch komplexe Maßnahme dar. Gemäß internationalen Leitlinien gilt der Nabelvenenkatheter (NVK) als Goldstandard in der neonatalen Reanimation. Weitere Zugangsoptionen zur postnatalen Stabilisierung umfassen den intraossären sowie peripher-venösen Katheter. Insbesondere in der weiterführenden Intensivtherapie sind zentralvenöse Katheter (ZVK) für Medikamentengabe und parenterale Ernährung von Bedeutung.

Aufgrund der prozeduralen Komplexität und der vergleichsweise seltenen Anwendung im klinischen Alltag ist ein regelmäßiges, möglichst realitätsnahes Training unerlässlich. Ziel dieses systematischen Reviews war es, biologische Materialien zu identifizieren, die sich für ein realitätsnahes Simulationstraining vaskulärer Zugänge im Neugeborenenalter eignen.

Auf Basis der Ergebnisse sollte ein strukturierter Vorschlag für ein Ausbildungskonzept in der Fachärzt:innenausbildung entwickelt werden.

**Methodik:** Die systematische Literaturrecherche erfolgte gemäß den Kriterien des PRISMA-Statements in den Datenbanken PubMed, Embase und CINAHL. Auf Grundlage der erhobenen Evidenz wurde an der Klinischen Abteilung für Neonatologie der Medizinischen Universität Graz ein Ausbildungskonzept entwickelt. Dieses basiert auf möglichst realitätsnahen Trainingsmodellen unter Verwendung biologischer Materialien zur Simulation verschiedener Gefäßzugangsmodalitäten. Die Auswahl der eingesetzten Trainingsmodelle erfolgte auf Basis der Ergebnisse des systematischen Literaturreviews.

**Ergebnisse:** Die Literaturrecherche konnten 15 Studien oder Artikel identifiziert werden, welche die Verwendung von biologischen Materialien erwähnen. Basierend darauf wurde ein Ausbildungskonzept erstellt, das einen 4-stündigen Workshop mit Theorievortrag und Praxisstationen umfasst.



**Abbildungen:** Das praktische Training umfasst die Anlage eines Notfall-NVK, intraossärer Zugänge und ZVK unter Verwendung von Modellen, die auf biologischen Materialien basieren. Für das NVK-Training werden humane Nabelschnurreste in einen modifizierten Neugeborenen Simulator integriert (Abb.1). Zur Anlage von intraossären Kathetern kommen Hühnerkeulen und Hühnereier zum Einsatz (Abb.2). Für die Schulung ultraschallgestützter Punktionen zentraler Gefäße im Rahmen der ZVK-Anlage werden eigens präparierte Agar-Agar-Modelle verwendet (Abb.3).

**Diskussion:** Die Anlage vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen ist eine komplexe Fertigkeit, die durch wiederholtes, praxisnahes Training am Simulationsmodell erlernt und gefestigt werden muss. Realitätsgetreue Trainingsmodelle unter Verwendung biologischer Materialien bieten hierfür eine wertvolle Grundlage. Das entwickelte Ausbildungskonzept auf Basis der systematischen Literaturrecherche stellt einen Beitrag zur Standardisierung und Qualitätssicherung in der neonatologischen Ausbildung dar.

**Kontakt:** bernhard.schwabberger@medunigraz.at



## EUSEM 2025

Vienna | 27-28 September Pre-congress  
Austria | 28 September-1 October Congress  
EUSEM 2025  
AAEM

### Systematic literature review and educational concept for realistic neonatal vascular access training using biological materials

Waltling H.<sup>1,2</sup>, Miederer L.P.<sup>1</sup>, Leonhartsdorfer H.<sup>1,2</sup>, Pöhler G.<sup>1</sup>, Schwaberg B.<sup>1,2</sup>  
1 Division of Neonatology, Department of Pediatrics and Adolescent Medicine, Medical University of Graz, Austria  
2 Mediziner Corps Graz, Austrian Red Cross, Styrian Regional Association, Graz, Austria



#### Introduction

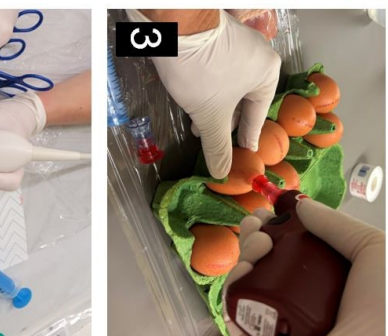
Establishing vascular access in critically ill neonates poses significant technical challenges due to their unique anatomical conditions. International guidelines continue to recommend the umbilical venous catheter (UVC) as the gold standard during neonatal resuscitation. Alternative approaches include intraosseous and peripheral venous access. In rare situations, ultrasound-guided central venous catheter (CVC) insertion may also represent a viable option. Given the rarity of prehospital neonatal emergencies and limited practical exposure among emergency physicians and paramedics, regular training is essential. This systematic review aims to identify biological materials suitable for realistic neonatal vascular access training and suggests a structured educational program tailored for emergency medical personnel.

#### Methods

A systematic literature search following PRISMA guidelines was conducted using PubMed, Embase, and CINAHL databases. The search strategy combined controlled vocabulary (MeSH, Emtree) and free-text terms related to neonates, simulation training, vascular access and biological materials. Based on the identified evidence, a simulation-based training program was developed using biological materials to realistically simulate neonatal vascular access procedures applicable in emergency settings.

#### Results

The literature review identified 15 studies supporting the use of biological materials in neonatal vascular access training. Based on these findings, a four-hour "Neonatal Vascular Access" workshop was designed for emergency physicians and paramedics. The workshop structure consists of a one-hour theoretical introduction followed by practical hands-on training utilizing biological simulation models. Specifically, human umbilical cord remnants integrated into adapted neonatal manikins were employed for realistic UVC training (Figure 1), while chicken thighs and eggs were utilized for practicing intraosseous access (Figure 2 & 3). For ultrasound-guided central venous catheter insertion training, specially prepared agar-agar models as well as chicken breasts with embedded silicone tubes were employed (Figure 4 & 5). This workshop has already been conducted for emergency physicians and paramedics of the Mediziner Corps Graz and received very positive feedback.



1 Human umbilical cord remnants integrated into a neonatal manikin (Fig. 1).  
2 Chicken thighs (Fig. 2) and eggs (Fig. 3) for practicing intraosseous access. Agar-agar models (Fig. 4) and prepared chicken breasts with embedded silicone tubes (Fig. 5) for ultrasound-guided central venous catheter insertion training.

#### Discussion

Vascular access in neonates is a complex skill requiring frequent, realistic hands-on training. High-fidelity simulation using biological materials significantly enhances the authenticity and effectiveness of training. The proposed evidence-based educational concept contributes to standardizing training practices and improving the quality of neonatal emergency care.

Contact: bernhard.schwaberg@medunigraz.at



## 7.3 Poster AGN-Kongress 2026 (1)



### Systematische Literaturrecherche zum Einsatz biologischer Materialien für realitätsnahe Trainings vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen

Wlattnig H.<sup>1,2</sup>, Miledler L.P.<sup>1</sup>, Leonhartsberger H.<sup>1,2</sup>, Pichler G.<sup>1</sup>, Schwabberger B.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinische Abteilung für Neonatologie, Univ. Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Graz, Österreich

<sup>2</sup> Mediziner corps Graz, Österreichisches Rotes Kreuz Landesverband Steiermark, Graz, Österreich

#### Fragestellung

Die Anlage vaskulärer Zugänge bei kritisch kranken Neugeborenen stellt im präklinischen Notfallwesen aufgrund anatomischer und physiologischer Besonderheiten eine hochanspruchsvolle Maßnahme dar. Internationale Leitlinien empfehlen den Nabelvenenkatheter (NVK) weiterhin als Goldstandard in der neonatalen Reanimation. Weitere relevante Zugangsoptionen zur postnatalen Stabilisierung umfassen den intraossären sowie den peripher-venösen Gefäßzugang. Aufgrund der Seltenheit entsprechender Einsatzsituationen, der hohen prozeduralen Komplexität und der begrenzten praktischen Erfahrung von Notärzt:innen und Rettungspersonal ist ein regelmäßiges, realitätsnahes Training aller Gefäßzugangsmodalitäten essenziell. Ziel dieses systematischen Reviews ist es, biologische Materialien für realitätsnahe Trainingsmodelle neonataler Gefäßzugänge zu identifizieren und darauf aufbauend ein strukturiertes Workshopkonzept für Notfallsanitäter\*innen des Mediziner corps Graz zu entwickeln.

#### Methoden

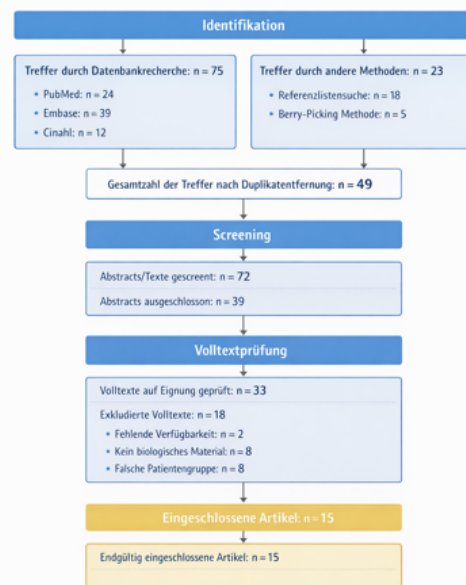
Eine systematische Literaturrecherche nach PRISMA-Richtlinien wurde in den Datenbanken PubMed, Embase und CINAHL durchgeführt. Basierend auf der identifizierten Evidenz wurde ein praxisorientiertes Ausbildungskonzept entwickelt, das biologische Materialien zur realitätsnahen Simulation vaskulärer Zugangsverfahren im Neugeborenenalter nutzt.

#### Ergebnisse

Insgesamt wurden 15 relevante Publikationen identifiziert, die den Einsatz biologischer Materialien im Training neonataler Gefäßzugänge beschreiben.

#### Diskussion

Die Anlage vaskulärer Zugänge bei Neugeborenen ist eine komplexe Fertigkeit, die durch wiederholtes, praxisnahes Training am Simulationsmodell erlernt und gefestigt werden muss. Das vorgeschlagene evidenzbasierte Ausbildungskonzept leistet einen Beitrag zur Standardisierung von Trainingsmaßnahmen und zur Verbesserung der Qualität der neonatalen Notfallversorgung im präklinischen Notfallsetting.



09.-11. April 2026 | 12. Kongress der  
Arbeitsgemeinschaft für Notfallmedizin



notfallmedizin

## 7.4 Poster AGN-Kongress 2026 (2)



### Prä-Post-Fragebogen-Evaluation eines Workshops zu neonatalen Gefäßzugängen mittels realitätsnaher Trainingsmodelle auf Basis biologischer Materialien

Wlattnig H.<sup>1,2</sup>, Miledler L.P.<sup>1</sup>, Leonhartsberger H.<sup>1,2</sup>, Pichler G.<sup>1</sup>, Schwabberger B.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinische Abteilung für Neonatologie, Univ. Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Graz, Österreich

<sup>2</sup> Mediziner corps Graz, Österreichisches Rotes Kreuz Landesverband Steiermark, Graz, Österreich

#### Fragestellung

Neonatale Gefäßzugänge stellen im präklinischen und klinischen Notfallsetting seltene, jedoch hochkomplexe Maßnahmen dar. Ziel dieser Untersuchung war es, die Veränderung der subjektiven Handlungssicherheit nach Teilnahme an einem neu etablierten Workshop zur Anlage neonataler Gefäßzugänge zu untersuchen. Das Hands-on-Training erfolgte dabei an von den Autor:innen entwickelten und adaptierten, realitätsnahen Modellen auf Basis biologischer Materialien.

#### Methoden

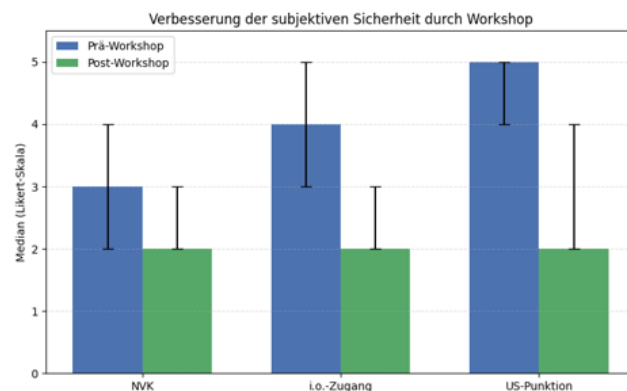
Im September 2025 wurde an der Medizinischen Universität Graz eine Pilotstudie als explorative Prä-Post-Fragebogen-Evaluation im Rahmen eines erstmals durchgeführten „Neonatal Vascular Access“-Workshop umgesetzt. Teilnehmende waren Notfallsanitäter:innen des Mediziner corps Graz sowie Assistenzärzt:innen der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz. Insgesamt 24 Teilnehmende wurden vor und nach dem Workshop mittels standardisierter Fragebögen befragt (Rücklaufquote 100%). Die subjektive Sicherheit bei der Anlage eines Nabelvenenkatheters (NVK) und eines intraossären (i.o.) Zugangs sowie bei der ultraschallgezielten Punktion zentraler Gefäße wurde auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 („trifft zu“) bis 5 („trifft gar nicht zu“) erhoben. Die statistische Auswertung der gepaarten Daten erfolgte mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

#### Ergebnisse

Für alle drei Gefäßzugangsarten zeigte sich nach Workshopteilnahme eine signifikante Verbesserung der subjektiven Sicherheitseinschätzung mit einer Verschiebung zu niedrigeren Likert-Werten. Für den NVK sank der Median von 3 (IQR 2–4) auf 2 (IQR 2–3); der Anteil der Teilnehmenden mit hoher Sicherheit (Likert 1–2) erhöhte sich von 43% auf 67% ( $p=0,0368$ ). Auch für den i.o.-Zugang zeigte sich eine deutliche Verbesserung: Der Median sank von 4 (IQR 3–5) prä-Workshop auf 2 (IQR 2–3) post-Workshop. Bei der ultraschallgezielten Punktion zentraler Gefäße dominierten vor dem Workshop sehr niedrige Sicherheitseinschätzungen (Median 5, IQR 4–5). Nach dem Training sank der Median auf 2 (IQR 2–4); die niedrigste Sicherheitskategorie wurde nicht mehr gewählt.

#### Diskussion

Ein realitätsnahes Simulationstraining mit biologischen Modellen im Rahmen des neu etablierten Workshops war mit einer signifikanten Steigerung der subjektiven Handlungssicherheit bei neonatalen Gefäßzugängen assoziiert.



09.-11. April 2026 | 12. Kongress der  
Arbeitsgemeinschaft für Notfallmedizin

 notfallmedizin

## 7.5 Liste der KI-System-Anwendungen

Titel/Prompt: Treffer durch Datenbankrecherche (n=75) PubMed (n=24) Embase (n=39) Cinahl (n=12) Treffer durch andere Methoden (n=23) Referenzlistensuche (n=18) Berry-Picking Methode (n=5) Treffer nach Entfernung der Duplikate (n=49) Abstracts/Texte gescreent (n=72) Volltexte auf Eignung geprüft (n=33) Exkludierte Volltexte (n=18) Fehlende Verfügbarkeit (n=2) Kein biologisches Material verwendet (n=8) Patientengruppe (n=8) Eingeschlossene Artikel (n=15)

Name und Version des Tools: ChatGPT, Version 5.2

Anbieter: Open AI

Datum der Generierung: 20.12.2025

Adresse des Tools: <https://chatgpt.com>

Super, jetzt haben wir alle Zahlen, um ein **vollständiges PRISMA-Flowchart** zu erstellen. Ich formuliere es **grafikfertig als Textversion** mit allen Angaben, die du direkt in deine Arbeit übernehmen oder als Vorlage für ein farbiges Diagramm nutzen kannst.

-----

Treffer durch Datenbankrecherche: n = 75

- PubMed: n = 24
- Embase: n = 39
- Cinahl: n = 12

Treffer durch andere Methoden: n = 23

- Referenzlistensuche: n = 18
- Berry-Picking Methode: n = 5

Gesamtzahl der Treffer vor Duplikatentfernung: n = 98

Nach Duplikatentfernung: n = 49

Screening

-----

Abstracts/Texte gescreent: n = 72

Abstracts ausgeschlossen: n = 39 (Differenz zu gescreenten Abstracts)

Volltextprüfung

-----  
Volltexte auf Eignung geprüft: n = 33

Volltexte ausgeschlossen: n = 18

- Fehlende Verfügbarkeit: n = 2
- Kein biologisches Material verwendet: n = 8
- Falsche Patientengruppe: n = 8

Eingeschlossene Artikel  
-----

Endgültig eingeschlossene Artikel: n = 15

| <b>Abschnitt</b> | <b>Farbe</b> |
|------------------|--------------|
| Identifikation   | Hellblau     |
| Screening        | Hellgelb     |
| Volltextprüfung  | Orange       |
| Eingeschlossen   | Hellgrün     |

Wenn du willst, kann ich daraus **direkt ein grafisches, PRISMA-typisches Flowchart** erstellen, mit farblich abgestimmten Boxen, Pfeilen und den Zahlen – fertig zum Einfügen in deine Arbeit.

Willst du, dass ich das jetzt mache?

ja bitte, bitte verwende insgesamt nur 2-3 Farben, kein grün oder orange

Identifikation (Blau)  
-----

Treffer durch Datenbankrecherche: n = 75

- PubMed: n = 24
- Embase: n = 39
- Cinahl: n = 12

Treffer durch andere Methoden: n = 23

- Referenzlistensuche: n = 18
- Berry-Picking Methode: n = 5

Gesamtzahl der Treffer nach Duplikatentfernung: n = 49

## Screening (Blau)

---

Abstracts/Texte gescreent: n = 72

Abstracts ausgeschlossen: n = 39

## Volltextprüfung (Gelb)

---

Volltexte auf Eignung geprüft: n = 33

Exkludierte Volltexte: n = 18

- Fehlende Verfügbarkeit: n = 2
- Kein biologisches Material verwendet: n = 8
- Falsche Patientengruppe: n = 8

## Eingeschlossene Artikel (Gelb)

---

Endgültig eingeschlossene Artikel: n = 15

